

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL

LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

“INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS GRÁFICO PARA

OBTENER FRECUENCIAS DE SÍMBOLOS ESCRITOS EN

IMÁGENES DE TEXTO”

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

PRESENTADO POR

Claudio Gabriel Zambrano Orozco


Guayaquil – Ecuador

2010

AGRADECIMIENTO


Agradezco primeramente a Dios y de manera muy especial a mis padres quienes obraron incluso más allá de sus fuerzas para apoyarme en mi formación profesional, así mismo a mi esposa que ha sido mi ayuda y apoyo en todos mis emprendimientos.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Patricia Chávez

Profesora de Materia de Graduación



Ing. Juan Carlos Avilés

Delegado de la Facultad

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Claudio Gabriel Zambrano Orozco

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1	
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
1.1 BINARIZACIÓN	3
1.2 FRAGMENTACIÓN O SEGMENTACIÓN	4
1.3 REPRESENTACIÓN VECTORIAL DE LOS COLORES	5
1.4 ESCALA DE GRISES	6
CAPÍTULO 2	
DESARROLLO DEL ANALIZADOR	9
2.1 ALCANCE	9
2.2 IMPLEMENTACIÓN	10
2.2.1 Preparación de la Imagen	11
2.2.2 Análisis Digital Automático	13
2.2.3 Revisión de Resultados	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
ANEXO: MANUAL DE USUARIO	
BIBLIOGRAFÍA	

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace del interés que tengo por conocer el pensamiento original que los autores quisieron transmitir a través de las Sagradas Escrituras, y dado que el lenguaje escrito es un medio sensitivo utilizado para transmitir un pensamiento, se requiere hallar la relación escritura - pensamiento.

La manera de conocer este pensamiento inicia en el descubrimiento de la esencia del lenguaje original y sin duda alguna el hombre ya ha ingresado en el estudio de este lenguaje prácticamente desaparecido, puesto que el hebreo bíblico tiene diferencias con el hebreo moderno.

Automatizar estos estudios mediante el uso de los avances tecnológicos y por su puesto el procesamiento digital de señales, fue lo que dio origen a este aplicativo, muy básico, muy elemental, pero es el inicio de una herramienta de mucha utilidad al combinar eficientemente las técnicas de procesamiento con la imaginación.

El objetivo de esta aplicación es básicamente el tratamiento de una imagen obtenida por fotografiar algún conjunto de símbolos hebreos y obtener las frecuencias de estos símbolos así como su ubicación en la imagen total, de esta manera el especialista en escritura antigua podrá sacar conclusiones útiles para la comprensión del lenguaje.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 BINARIZACIÓN

La mayor parte de los algoritmos para reconocer escritura están escritos a partir de imágenes binarias, por lo que se hace conveniente el paso de una imagen en niveles de gris (o color) a una binaria, además esto permite reducir el volumen de los datos a tratar. La binarización de una imagen digital consiste en convertir la imagen digital en blanco y negro, de tal manera que se preserven las propiedades esenciales. Uno de los métodos para poder binarizar una imagen digital es mediante el histograma de dicha imagen. A través del histograma obtenemos una gráfica donde se muestran el número de píxeles por cada nivel de gris que aparecen en la imagen. Para realizar la binarización, se deberá elegir un valor adecuado dentro de los niveles de grises (umbral), de tal forma que el histograma forme un valle en ese nivel. Todos los niveles de grises menores al umbral calculado se convertirán en negro y todos los mayores en blanco.

1.2 FRAGMENTACIÓN O SEGMENTACIÓN

Una vez obtenida la imagen binaria se deberá fragmentar o segmentar en las diferentes componentes conexas (parte de la imagen donde todos los píxeles son adyacentes entre sí) que la componen. La fragmentación o segmentación de la imagen constituye una de las mayores dificultades del reconocimiento, y se hace necesaria para poder reconocer cada uno de los caracteres de la imagen binaria. La fragmentación o segmentación es la operación que permite la descomposición de un texto en diferentes entidades lógicas. Estas entidades lógicas deben ser lo suficientemente invariables, para ser independientes del escritor, y lo suficientemente significativas para su reconocimiento.

Con la segmentación se debería localizar las zonas de interés y separar por dichas zonas. Las zonas de interés estarán caracterizadas por unos atributos comunes como son dimensión, superficie, densidad, inclinación, longitud del trazo, etc. No existe ningún método genérico para realizar la segmentación de la imagen que sea lo suficiente eficaz para el análisis de un texto. Por ejemplo, uno de los métodos sería separar la imagen en entidades con una conexión mínima con la vecina:

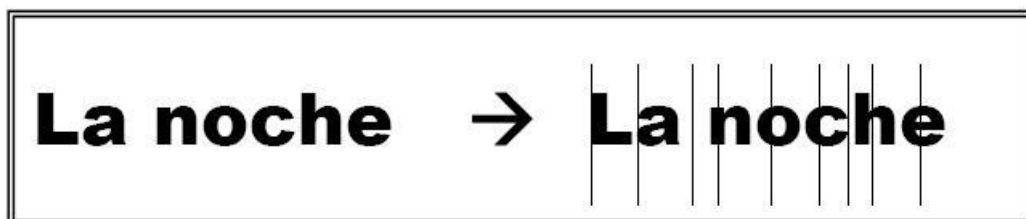


Imagen 1.1: Segmentación de una imagen verticalmente

Aquí se ve reflejado que en las letras “n” y “h” el método fallaría, porque las separaría por la mitad ya que existe una conexión mínima dentro de ellas. Otro ejemplo, sería utilizar un método que segmentase la imagen en entidades que no tuviesen ningún punto en común. En imágenes perfectas daría un resultado favorable. Sin embargo, en la realidad, teniendo en cuenta el ruido, esto resulta complicado.

1.3 REPRESENTACIÓN VECTORIAL DE LOS COLORES

Las imágenes pueden ser representadas en un mapa de bits que consiste en filas de píxeles donde cada elemento tiene un valor numérico que marca su color. Los colores se codifican en tres bytes, es decir 3 valores numéricos que van de 0 a 255 cada uno representando así su descomposición en los tres colores primarios: rojo, verde y azul. Matemáticamente puede interpretarse un color como un vector en el espacio tridimensional de Rojo, Verde y Azul.

Bajo esta interpretación pueden aplicarse algunos conceptos de la geometría analítica en el tratamiento de colores y en la generación de filtros o transformaciones.

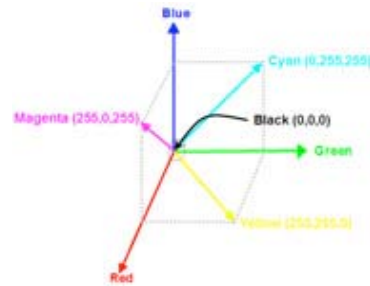


Imagen 1.2 Espacio tridimensional de colores

Una imagen es una codificación en un dominio espacial bidimensional estático y esto nos permite que podamos contar con nuevas imágenes a partir de las originales haciendo uso de transformaciones o filtros aplicados a sus píxeles.

1.4 ESCALA DE GRISES

En el espacio de colores, los vectores en la dirección del vector $(1, 1, 1)$ representan diferentes tonalidades de gris. Así, cualquier píxel (r, g, b) de una imagen, proyectado sobre este vector nos dará su contribución gris a una nueva imagen que formemos con todas las proyecciones de los píxeles originales.

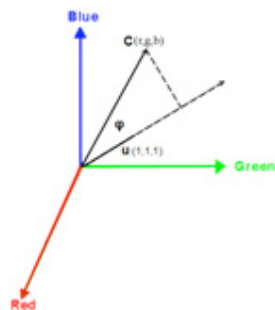


Imagen 1.3. El gris en el Espacio vectorial de Colores

Del álgebra de vectores sabemos que el producto escalar:

$$\mathbf{C} \cdot \mathbf{u} = (r, g, b) \cdot (1, 1, 1) = r + g + b = |\mathbf{C}| \times |\mathbf{u}| \times \cos(\varphi)$$

Que nos da al calcular las magnitudes de los vectores:

$$r + g + b = \sqrt{3(r^2 + g^2 + b^2)} \cos(\varphi)$$

Pero como la proyección de C en la dirección de u es:

$$\sqrt{(r^2 + g^2 + b^2)} \cos(\varphi) = \text{Proy}_{\mathbf{C}_u}$$

Entonces:

$$\text{Proy}_{\mathbf{C}_u} = \frac{r + g + b}{\sqrt{3}}$$

El mayor valor que puede tomar esta expresión es $255\sqrt{3}$ y como debemos cuidar que la magnitud de esta expresión nunca rebase 255 debemos normalizarla multiplicando por $1/\sqrt{3}$, así:

$$\text{ProyC}_{u_n} = \frac{r+g+b}{3}$$

Es la proyección normalizada de un píxel en la dirección de los grises.

De esta manera una imagen a colores puede ser transformada en escala de grises aplicando este concepto a cada píxel.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL ANALIZADOR

2.1. ALCANCE

Para el desarrollo del Analizador Gráfico de Símbolos de Escritura, el cual llamaremos a partir de ahora “Analizador”, se establecieron algunas definiciones preliminares que marcan el alcance del mismo.

- EL Analizador conseguirá una introducción básica al estudio de símbolos de escritura, por lo que los resultados estarán limitados a obtener datos específicos tales como:
 - o Símbolos diferentes hallados en una imagen
 - o Cantidad de repeticiones por cada símbolo
 - o Ubicación de cada símbolo y sus repeticiones en la imagen.
- El Analizador tendrá herramientas propias de preparación de la imagen con el fin de aplicar algunos conceptos del procesamiento digital, estas herramientas serán básicas entre ellas tenemos:
 - o Conversión de Imagen original en escala de grises y en binaria.
 - o Aplicación de filtro eliminador de ruido “sal y pimienta”

- o Eliminator de pixeles agrupados y aislados de nuestros símbolos de interés.
- El Analizador permitirá al usuario revisar cada símbolo hallado mediante una herramienta de selección incluida.
- El Analizador está diseñado para descubrir símbolos en una imagen, por lo tanto en la segmentación no se utilizarán métodos por conexiones mínimas sino por conexiones nulas, por lo tanto es responsabilidad del analista conseguir buenas fotografías que minimicen el error. La razón de esto es a fin de no alterar los símbolos y permitir que sea el observador quien saque conclusiones de los resultados.

2.2 IMPLEMENTACIÓN

Para llegar a los resultados deseados, se ha creado una interfaz que presentará las opciones de preparación de la imagen de una manera dinámica, de forma que estas herramientas estarán disponibles cuando sea posible su uso.

Se utilizó Matlab para el desarrollo y las pruebas han sido realizadas con imágenes descargadas en internet y con fotografías de escritos reales en Hebreo. A continuación se explicará la lógica de desarrollo utilizada en el Analizador

2.2.1 Preparación de la Imagen

La imagen original cargada por el usuario, es guardada en una matriz y convertida en escala de grises y en binaria en variables diferentes. Para la binarización se utilizó el umbral calculado por Matlab a través del método de Otsu.

En estos momentos el botón de “Escala Grises” aparece como la única opción de manera que al elegirla, se muestra el contenido de la variable que posee la imagen en grises, el botón cambia a la opción “Binarizar” de manera que si se presiona tendremos a la vista la imagen en blanco y negro. Se utiliza una bandera de estado para conocer cuál es la imagen que se está mostrando.

Cuando la imagen mostrada está en escala de grises, se permite sólo la opción de “Filtrar Ruido” con el objetivo de verificar lo que ocurre al aplicar el filtro en el modo de escala de grises.

Cuando la imagen mostrada es binaria, están disponibles cuatro opciones que pueden ser aplicadas:

- Filtrar Ruido.- Aplica un filtro mediano utilizando una máscara de 3x3 para eliminar ruido de sal y pimienta. Esta máscara recorre toda la imagen pixel a pixel verificando los valores del vecindario de cada uno manteniendo los bordes y eliminando además de pixeles aislados, líneas delgadas que resultan ruido y que atraviesan los

símbolos. Debe tenerse cuidado al aplicar este filtro en las imágenes con texto en hebreo pues podría eliminar parte de la integridad de los símbolos afectando el análisis final.

- Eliminar Píxeles.- Sólo elimina grupos de píxeles aislados. Por medio de una barra de deslizamiento se escoge la cantidad de píxeles agrupados que deseamos sean eliminados.
- Análisis de Bordes.- Se incluyó para una observación de los símbolos por bordes. Es muy vistoso cuando tenemos imágenes que buena resolución. Se utiliza el algoritmo de Canny para detección de bordes y se crea una nueva variable para guardar la imagen final por si el usuario desea aplicar al Análisis final sobre los bordes y no sobre símbolos llenos.
- Análisis de Plantillas.- Es el propósito de la preparación de la imagen que lo veremos a continuación.



Imagen 2.1 Preparación de la Imagen

2.2.2. Análisis Digital Automático

Esta opción es la principal de nuestro Analizador, ya que es aquí donde de manera automática se realiza la segmentación de la imagen y la búsqueda de símbolos con sus frecuencias.

Luego de cada tratamiento la imagen queda almacenada lista para ser tomada por esta función, una vez cargada la imagen según el último tratamiento, se utiliza la técnica de segmentación por etiquetas, es decir a cada símbolo continuo se le asigna una etiqueta numérica para discriminar entre ellos. La discriminación utilizará lo que he llamado “nivel de correlación”, la función pregunta al usuario el nivel que desea utilizar de la siguiente manera:



Imagen 2.2 Correlación

La correlación es la similitud que deben tener los símbolos entre sí al ser analizados. Más adelante se explicará con datos matemáticos en qué consiste esta similitud. Ya que esta función del Analizador realizará un barrido y comparará símbolo por símbolo verificando la similitud, se permite al usuario escoger en tres niveles:

Alto.- Que equivale a una similitud del 75%. Este nivel es recomendable por si queremos utilizar el analizador en imágenes donde los símbolos escritos están muy bien dibujados de manera que la comparación entre unos y otros tiene un umbral del 0.25 de error.

Medio.- Equivalente al 50%. Este nivel es el recomendado para símbolos con menor nitidez, en las pruebas realizadas ha sido eficaz en este nivel debido a la calidad de las imágenes utilizadas.

Bajo.- La similitud es del 30%. Es decir un gran nivel de tolerancia. Esta correlación podría ser útil para símbolos muy diferentes entre sí y que muestren una mala caligrafía de manera que el Analizador pueda agrupar los aproximados al 30% en similitud.

Una vez escogida esta opción, la función procede a revisar el tamaño máximo de los símbolos etiquetados, para ello se realiza un barrido total y donde encuentra una etiqueta, se revisa el largo y ancho en pixeles acumulando el máximo valor en las respectivas variables asignadas las mismas que al final recibirán un incremento forzado del 10%. Estos valores máximos serán utilizados para crear las plantillas de cada símbolo

etiquetado, el incremento del 10% es para dejar holgura en las plantillas correspondientes a los símbolos de mayor tamaño.

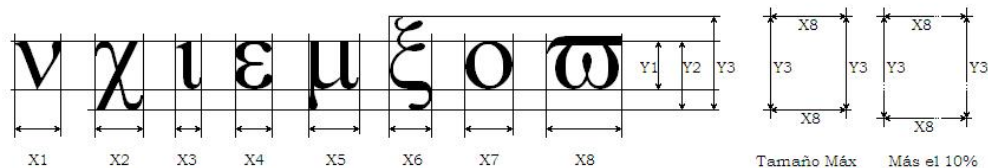


Imagen 2.3 Tamaño de Plantillas

En el gráfico podemos observar un grupo de 8 símbolos griegos en este caso. Cada uno de ellos tiene su respectiva longitud y anchura, a medida que se revisa cada símbolo los valores máximos se van actualizando hasta que al final tendremos una base según el tamaño máximo y luego se incrementa el 10% mencionado. Este último rectángulo marcará el tamaño que deberán tener todas las plantillas para poder compararlas.

En el siguiente paso, se vuelve a realizar el barrido total obteniendo cada símbolo etiquetado realizando un recorte del símbolo en la imagen general y rellenando con ceros hacia las cuatro direcciones para completar el tamaño calculado de la plantilla en el paso anterior. Cada una de estas plantillas se irán grabando en un arreglo de matrices de (M_{ry}, M_{cx}, Num) dimensiones, donde M_{ry} y M_{cx} son los valores máximos de largo y ancho calculado, en nuestra imagen anterior corresponden a los valores $Y3$ y $X8$ y Num es la cantidad de símbolos etiquetados que marcará el número de plantillas que se crearán. De esta manera las plantillas quedan grabadas a manera de un libro donde una está detrás de la otra.

Luego de cada plantilla que es reconocida y agregada al arreglo, se presenta esta imagen en la parte inferior de la interface del Analizador y se hace una pequeña pausa para una breve observación.

Una vez culminado este proceso de crear las plantillas, se procede a la creación de la matriz de correlación. Esta matriz es un arreglo de 2 dimensiones de Num x Num, es decir matriz cuadrada cuyo tamaño será la cantidad de símbolos etiquetados. Los índices de las filas y columnas corresponderán a cada una de las plantillas agregadas al arreglo en el paso anterior. Las coordenadas (i,j) contendrán el valor que indicará si la plantilla “i” tiene o no un nivel de correlación con la plantilla “j” mayor al escogido por el usuario previamente.

El proceso consiste en la comparación de las plantillas del arreglo de matrices, cada una es comparada con todas las demás y el valor de la comparación es ubicado en la coordenada (i,j) de la matriz. La comparación hecha en Matlab utiliza la siguiente fórmula matemática:

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right) \left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}}$$

Donde A y B representan las matrices a ser comparadas y los valores \bar{A} y \bar{B} son los promedios de cada una de las matrices. Se realiza un cálculo de similitud entre ambas matrices y r es el resultado que oscila entre 0 y 1. Es un escalar de tipo real que representa el porcentaje de similitud entre ambas

matrices. Es aquí donde utilizamos el nivel de correlación elegido por el usuario, ya que al calcular para cada par de plantillas (i,j), si el valor resultante es mayor al nivel elegido, éste es reemplazado por “1”, caso contrario se sobrescribe un “0”.

Al final de este cálculo obtenemos una matriz de manera que el valor (i,j) que puede ser “1” o “0” indica si los símbolos “i” y “j” de nuestro arreglo de plantillas, corresponde al mismo símbolo.

i, j	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
01	1	0.67	0.61	0.03	0.16	0.17	0.11	0.16	0.13	0.07	0.33	-0.09	0.3	-0.14	-0.27	-0.29	-0.1
02	0.67	1	0.8	0.04	0.29	0.26	0.12	0.28	0.12	0.08	0.31	0.06	0.29	0.11	0.19	0.22	0.01
03	0.61	0.8	1	0.02	0.25	0.24	0.05	0.25	0	0	0.23	0.02	0.23	0.06	0.26	0.29	0.08
04	0.03	0.04	0.02	1	0.09	0.05	0.81	0.04	0.65	0.9	0.33	-0.32	0.42	-0.33	0.16	0.21	0.2
05	0.16	0.29	0.25	0.09	1	0.66	0.11	0.81	0.12	0.12	0.16	0.13	0.16	0.07	0.03	0.07	0.13
06	0.17	0.26	0.24	0.05	0.66	1	0.12	0.76	0.15	0.11	0.2	-0.2	0.17	0.13	0.04	0.09	0.12
07	0.11	0.12	0.05	0.81	0.11	0.12	1	0.11	0.74	0.91	0.39	0.41	0.38	0.45	0.08	0.1	0.13
08	0.16	0.28	0.25	0.04	0.81	0.76	0.11	1	0.1	0.1	0.18	0.16	0.18	0.12	0.03	0.07	0.12
09	0.13	0.12	0	0.65	0.12	0.15	0.74	0.1	1	0.74	0.41	0.24	0.35	0.26	0.15	0.13	0.3
10	0.07	0.08	0	0.9	0.12	0.11	0.91	0.1	0.74	1	0.4	0.37	0.43	0.38	0.17	0.18	0.2
11	0.33	0.31	0.23	0.33	0.16	0.2	0.39	0.18	0.41	0.4	1	0.38	0.82	0.38	0.19	0.18	0.02
12	-0.09	-0.06	-0.02	-0.32	-0.13	-0.2	0.41	0.16	0.24	0.37	0.38	1	0.44	0.85	0.2	0.21	0.15
13	0.3	0.29	0.23	0.42	0.16	0.17	0.38	0.18	0.35	0.43	0.82	0.44	1	-0.44	-0.12	-0.11	0.06
14	-0.14	-0.11	-0.06	-0.33	-0.07	-0.13	-0.45	-0.12	-0.26	-0.38	-0.38	0.85	0.44	1	0.22	0.21	0.1
15	-0.27	-0.19	-0.26	0.16	-0.03	-0.04	0.08	-0.03	0.15	0.17	-0.19	0.2	0.12	0.22	1	0.9	0.58
16	-0.29	-0.22	-0.29	0.21	-0.07	-0.09	0.1	-0.07	0.13	0.18	-0.18	0.21	0.11	0.21	0.9	1	0.48
17	-0.1	-0.01	-0.08	0.2	0.13	0.12	0.13	0.12	0.3	0.2	0.02	0.15	0.06	0.1	0.58	0.48	1

Tabla 2.1. Matriz Correlación 1

En la tabla anterior observamos una matriz de correlación con los datos resultantes del proceso matemático utilizando la fórmula indicada. Como

resulta lógico los valores en la diagonal principal son exactamente “1” puesto que se compara la plantilla consigo misma. Si se aplica el nivel de correlación del 50% obtendríamos la matriz de correlación de la siguiente manera:

i, j	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
01	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
05	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
08	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Tabla 2.2. Matriz Correlación 2

Se consideran los valores absolutos de manera que el signo negativo desaparece y luego se aplica el nivel elegido para obtener nuestra matriz de correlación. En el proceso automatizado se mantienen las dos matrices en valores absolutos, es decir aquella con los valores de correlación exactos en decimal y aquella con los valores lógicos de 1 y 0 es decir binaria.

A continuación se realiza la verificación de los símbolos diferentes hallados para lo cual revisamos en cada fila de la matriz de correlación la cantidad de "1" que tenemos, esto nos indica cuántas veces se encontró el símbolo "i" en nuestro arreglo de plantillas. Para el caso de la matriz que estamos presentando, la fila $i = 1$ tiene 3 valores verdaderos (1), vemos que estos valores corresponden a las posiciones de $j = 1, 2$ y 3 , de la misma manera ocurre para $i = 2$ y 3 . Debemos comprender que en fila $i = 1$ el dato que estamos observando es que las plantillas 1, 2 y 3 contienen el mismo símbolo, de esta manera si queremos continuar al siguiente símbolo diferente, debemos obviar las filas $i = 2$ y 3 .

Al revisar la fila $i = 4$ encontramos verdaderos $j = 4, 7, 9$ y 10 , es decir que la cuarta plantilla contiene al mismo símbolo que las plantillas 4, 7, 9 y 10, entonces utilizando el mismo razonamiento anterior, para continuar revisando símbolos diferentes, ahora debemos obviar las plantillas 4, 7, 9 y 10.

La siguiente fila en ser revisada es para $i = 5$ donde los valores verdaderos están en $j = 5, 6$ y 8 donde concluimos una vez más que la quinta plantilla contiene el mismo símbolo que las plantillas 6 y 8 las cuales obviamos.

La siguiente fila sería $i = 11$ donde los valores verdaderos están el $j = 11$ y 13 al obviar estas filas, continuamos con $i = 12$ donde el valor verdadero está en $j = 12$ y 14 al obviarlas, nos saltamos a $i = 15$ donde los valores verdaderos están en $j = 15, 16$ y 17 . De esta manera culmina el conteo.

El mecanismo que se ha utilizado para automatizar este proceso descrito previamente, es por medio de la creación de un vector índice y de un vector posición que tendrán como longitud exactamente la cantidad de plantillas que tenemos, es decir corresponde al valor de Num que también es la dimensión de filas y columnas de nuestra matriz de correlación, se utilizará una variable i inicializada en 1 que se irá desplazando.

Ambos vectores se inicializan con todos sus campos en cero y realizarán una tarea en conjunto de la siguiente manera:

Vectores inicializados, $i = 1$



La variable i buscará en el Vector índice la posición donde se encuentra el siguiente cero. Dado que i se inicializa en $i = 1$, siempre empezará por esta posición ya que el vector tiene todos sus valores en cero. Inmediatamente se revisa la fila i en la matriz de correlación binaria y se realizan dos acciones.

Se suman todos los valores de la fila i de la matriz de correlación con los valores del vector índice, la función es indicarnos el avance de los símbolos totales considerados.

Resultado de la quinta posición, i avanza a 11

Vector Índice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
	i																		

Vector Posición	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultado de la décimo primera posición, i avanza a 12

Vector Índice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0		
	i																			

Vector Posición	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultado de la décimo segunda posición, i avanza a 15

Vector Índice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	i																	

Vector Posición	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Resultado de la décimo quinta posición, i queda fuera de rango

Vector Índice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Vector Posición	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	4	0	5	0	6	0	0
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Luego de este procedimiento, en el vector de posición tenemos la información de cuáles son los símbolos diferentes y cuántos hay en la imagen original, en nuestro ejemplo tenemos que hay 6 símbolos diferentes y se encuentran en las posiciones 1, 4, 5 11, 13 y 15 y a medida que se realiza esto, se van anidando las plantillas “únicas”, es decir aquellas que poseen los símbolos diferentes ubicados en estas posiciones dentro del arreglo de plantillas, esta imagen anidada será presentada en la parte inferior del analizador.

En este momento se realiza una acción especial para evitar que un mismo símbolo tenga semejanza con dos o más símbolos diferentes. Esto ocurre en imágenes con gran cantidad de símbolos donde el nivel de correlación elegido da lugar que un mismo símbolo sea semejante a varios símbolos diferentes entre sí.

Se utiliza el vector posición y las matrices de correlación, de manera que en la matriz de valores decimales se recorren cada fila donde se encuentra nuestros símbolos diferentes, para nuestro ejemplo serían las filas 1, 4, 5 11, 13 y 15. Al llegar a cada fila, se recorren los valores horizontales (columnas) y en cada lugar que se halle un valor mayor al del nivel elegido por el usuario, se realiza la comparación con los valores verticales de los demás símbolos únicos a fin que la repetición sea excluyente dejando sólo el mayor de ellos y reflejando esto en la matriz de correlación binaria.

A medida que se realiza esta validación excluyente, se cuentan las frecuencias de cada símbolo y se agregan en un vector de frecuencia de manera que en cada posición “i” de este vector se ubica la suma vectorial de la fila de nuestra matriz de correlación binaria modificada.

Finalmente terminado este análisis tenemos la siguiente interfaz presentada por el analizador:



Imagen 2.4. Análisis Completo

2.2.2 Revisión de Resultados

Para facilitar la revisión de los resultados finales, el usuario tendrá una nueva opción por medio del Botón “Seleccionar Símbolo”. Al hacer click en

este botón aparecerán unos ejes de selección para dirigirlos hacia el símbolo que deseamos revisar.



Imagen 2.5 Revisión de Resultados

El símbolo elegido será resaltado en color rojo y presentado en la ventana superior izquierda y se mostrará la frecuencia del mismo indicando así las repeticiones halladas en la imagen original con la ayuda de la matriz de correlación binaria.

Al contar con la matriz de correlación así como nuestro vector de frecuencias, se hace posible realizar estas variaciones que nos facilitan el objetivo del Analizador que es justamente identificar dónde y cuántas veces se repiten los símbolos en la imagen de escritura hebrea cargada.

Al tener los ejes de selección y hacer click en el símbolo deseado, una variable recoge las coordenadas de las cuales se utiliza el valor de “x” que correspondería al orden de las columnas. Este valor es dividido para el ancho máximo de las plantillas Mcx previamente calculado con lo que obtenemos un valor entero que indica el orden del símbolo anidado.

Aquí utilizamos nuestro vector posición y de frecuencias. Cuando localizamos la posición del símbolo seleccionado, por ejemplo el símbolo tercero como está en la imagen 2.5 mostrada anteriormente, vamos al vector de posición y buscamos el valor 3. Este valor se encuentra en la 5ta posición de este vector lo cual nos indica que los datos que necesitamos de este símbolo se encuentran en la 5ta posición del vector de frecuencias y en la 5ta fila de nuestra matriz de correlación.

Así observamos que este 3er símbolo se repite 3 veces y en la matriz de correlación, fila 5 vemos que estas 3 repeticiones corresponden a los símbolos etiquetados con 5, 6 y 8, utilizando estos datos procedemos a convertir la imagen donde teníamos cada símbolo etiquetado, de binaria a RGB. En dicha imagen segmentada contamos con 17 símbolos etiquetados del 1 al 17 donde queremos que el fondo continúe en color blanco, los símbolos etiquetados con 5, 6 y 8 se presenten en color rojo y los demás en color negro. Con la teoría de colores sabemos que los valores RGB para cada pixel de nuestra imagen deben ser de la siguiente manera:

Blanco: 1, 1, 1

Rojo: 1, 0, 0

Negro: 0, 0, 0

La imagen tal como la tenemos posee valores del 0 al 17 incluyendo el fondo, pues para trabajarla, el fondo está marcado con el valor cero. La lógica utilizada es hacer un barrido total a la matriz y las posiciones que contienen los valores de 5, 6 y 8, así como el fondo son convertidos a 1 y el resto de datos son convertidos a cero. Luego se toma la imagen binarizada que contiene 1 en el fondo y 0 en las posiciones de todos los símbolos y se la convierte en datos tipo `double`. Al realizar la concatenación de la primera imagen con 2 veces la segunda, queda el resultado en RGB y conforme a lo que requeríamos.

De similar manera se procede con la imagen de resultado donde sólo se cambia el símbolo seleccionado a rojo, de esta manera llevamos el control de cuál símbolo se está revisando.

Siguiente y Anterior

En el caso que una imagen analizada nos provea más de 10 símbolos diferentes, se cuenta con los botones “Siguiente” y “Anterior”.

Cuando se crean los vectores de frecuencia y de relación, se lleva un contador de símbolos diferentes, si este valor supera la cantidad de 10, se presenta sólo los primeros 10 símbolos y se hace visible el botón “Siguiente”.

Cada vez que se presiona este botón se avanza de 10 en 10 hasta llegar al final mostrándose en el proceso el botón “Anterior” de manera que se puede retroceder para observar los 10 símbolos previos.

Así se concluye el proceso de revisión y con esto el objetivo específico planteado para este Analizador, el mismo que puede ser mejorado acorde a las necesidades para un análisis completo.

Verificando los resultados con la herramienta propia del Analizador tenemos el siguiente cuadro comparativo entre los datos reales y los obtenidos del analizador:

Imagen	Real		Obtenido del Analizador			
	Total	Diferentes	Dif Alto	Dif Medio	Dif Bajo	Total
Hebreo00	17	6	10	6	5	17
Hebreo01	173	24	28	13	5	170
Hebreo02	168	18	22	9	2	165
Hebreo03	37	16	16	5	4	37
Hebreo05	69	13	36	11	8	69

Imagen	Errores	
	Err Total	Err Dif
Hebreo00	0.00%	0.00%
Hebreo01	1.73%	16.67%
Hebreo02	1.79%	22.22%
Hebreo03	0.00%	0.00%
Hebreo05	0.00%	15.38%

“Total” hace referencia al conteo de todos los símbolos en la imagen y “Diferentes” o “Dif” se refiere a los símbolos diferentes que se repiten. Se hicieron análisis utilizando los 3 niveles de correlación y se han resaltado los valores con los que se calculó el error.

Luego de esto podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. El valor apropiado para las comparaciones entre símbolos del lenguaje hebreo depende de la calidad de la imagen. En aquellas de mayor nitidez donde principalmente los símbolos tienen una buena

caligrafía, se obtuvieron mejores resultados con el 75% es decir la correlación “Alta”, mientras que con aquellas donde el peso de la imagen es pequeño (29K) y la caligrafía hace que los símbolos difieran entre sí, se obtuvo mejores resultados con el 50% es decir la correlación “Media”, en ningún caso la “Baja” fue de utilidad ya que los errores se incrementaban enormemente.

2. Los símbolos detectados como diferentes entre sí se ven afectados por la elección de etiquetas por imágenes conexas donde no se aplican mayores tratamientos para eliminar las conexiones mínimas. Esta afectación resulta más positiva que negativa en miras al objetivo de esta herramienta, ya que el observador podrá analizar visualmente cada símbolo y es fácil determinar los casos en que 2 símbolos diferentes están unidos por delgados tramos. Si se eliminaran las conexiones mínimas muchos símbolos se verían afectados al dividirse en 2 o más partes dificultando la comprensión de la forma real del símbolo.
3. El análisis de símbolos de escritura exige una buena preparación de las imágenes originales, en nuestro caso las imágenes tomadas para prueba estaban libres de ruido, aunque para facilitar el análisis se consideraron en la mayoría de los casos como ruido a los puntos Masoretas del lenguaje hebreo. Si las imágenes no fueran nítidas, serían necesarias otras herramientas de tratamiento previo.
4. Este sistema de análisis permite automatizar un estudio de símbolos donde un especialista podría obtener conclusiones variables en

profundidad, ya que es factible descubrir patrones de uso de símbolos en el lenguaje en general o utilizados en cada escrito diferente.

Con estas conclusiones se cumple el alcance del Analizador el cual puede ser mejorado en muchas maneras acorde a las necesidades.

Entre las recomendaciones para este sistema de análisis podemos indicar:

1. Incluir mayor cantidad de herramientas de preparación de la imagen tales como modificaciones en la luminosidad, adaptaciones geométricas que permitan restaurar una imagen afectada por el ángulo que fue tomada la fotografía, editor de pixeles para eliminar áreas grandes que no son de interés y afectan en el análisis automático.
2. Agregar herramienta de edición en el análisis de resultados, de esta manera los símbolos que el observador considera deben estar unidos o separados pueden ser trabajados de forma directa a fin de mejorar las identificaciones de símbolos diferentes y las frecuencias de cada uno en la imagen global.
3. Utilizar una herramienta de programación de bajo nivel a fin de optimizar los tiempos y recursos invertidos por el ordenador y poder analizar imágenes de mayor peso con gran cantidad de símbolos.

Finalmente tal como fue indicado en la introducción, las mejoras que pueden ser agregadas sólo están limitadas por la imaginación del que se propone a realizarlas.

ANEXO: MANUAL DE USUARIO

A.1 Cargar Imagen

Al cargar el Analizador, antes de realizar acción alguna, observamos la siguiente interfaz con el usuario:



Imagen 1

En esta pantalla la única opción activa es el botón “Cargar Imagen”, al dar click en este botón, aparece un cuadro del explorador para abrir el archivo tipo imagen que deseemos, según se muestra a continuación:

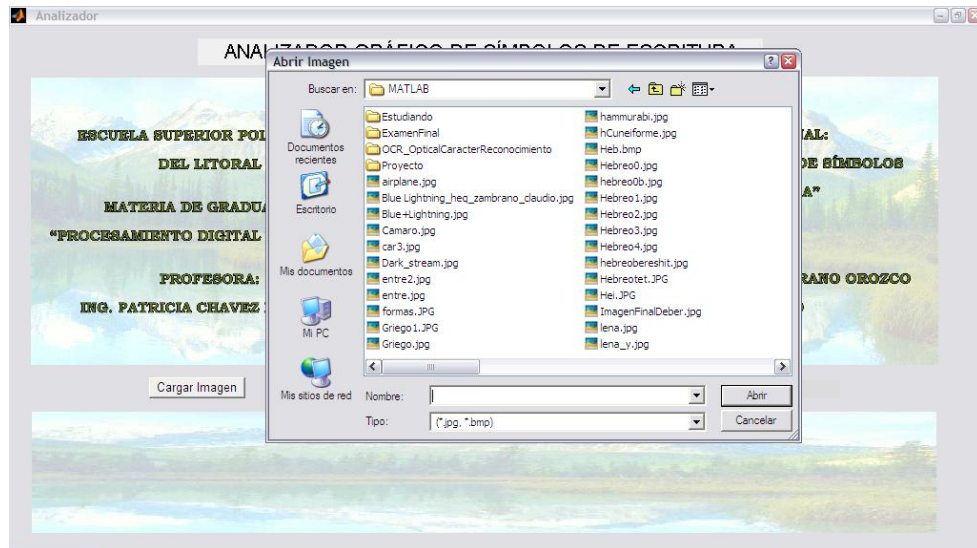


Imagen 2

Seleccionamos la imagen “Abrir”. Observaremos que la imagen se carga en los dos cuadros de la pantalla del Analizador de la siguiente manera:



Imagen 3

A.2 Grises/Binaria

Para la muestra se ha tomado un texto pequeño en hebreo. Ahora aparece la opción “Escala Grises” con la cual podemos convertir la imagen a color en escala de grises y luego en binaria de manera alternada, basta dar click para observar las variaciones.



Imagen 4

Si la imagen original esta en escala de grises, no notaremos la diferencia salvo que en este momento aparece una nueva opción que es “Filtrar Ruido”, cuando la imagen es a colores veremos lo siguiente:



Imagen 5

Al dar click nuevamente en el botón que ahora indica “Binarizar” observamos la conversión de la imagen, esta vez a binaria:



Imagen 6

En este momento otras opciones aparecen en la interface del Analizador.

A.3 Filtrar Ruido

Ahora aplicaremos el filtro para observar cómo afecta a la imagen binaria activando o desactivando la opción del filtro:



Imagen 7

Queda al criterio del usuario si aplicar el filtro resulta conveniente o no.

A.4 Eliminar Píxeles

Al activar la opción “Eliminar Píxeles” aparecerá una barra de deslizamiento que mostrará un valor. Este valor corresponde a la cantidad de píxeles agrupados que serán eliminados.

La barra puede ser desplazada hacia la derecha para aumentar los pixeles o hacia la izquierda para deshacer, con un valor de 5 pixeles agrupados para eliminarlos la imagen del ejemplo queda de la siguiente manera:



Imagen 8

Comparando con la imagen 6 es posible notar los pixeles eliminados. En estos momentos el usuario puede definir a su criterio si la imagen está lista o no para ser analizada. Tendremos casos en que además de aplicar el filtro será necesario utilizar esta herramienta y no bastará con 5 pixeles agrupados, todo esto debe ser bajo nuestra apreciación.

A.5 Análisis Bordes

Esta opción, nos proporcionará una manera alterna del análisis de plantillas, si es nuestro deseo realizar la verificación de los símbolos observando sólo los bordes podemos utilizar esta opción:



Imagen 9

A.6 Análisis Plantillas

Esta opción es la principal de nuestro Analizador, ya que es aquí donde de manera automática se realiza la segmentación de la imagen y la búsqueda de símbolos con sus frecuencias.

Al dar click en “Análisis Plantillas” aparecerá un cuadro de diálogo solicitando el nivel de correlación por medio del cual el usuario elige qué tan estricta sea elección de símbolos diferentes, donde “Alto”, “Medio” y “Bajo” corresponden al 75%, 50% y 30% respectivamente.



Imagen 10

Una vez elegido el grado de correlación, cada plantilla que es reconocida se presenta en la parte inferior.



Imagen 11

De la misma manera si se realizó un análisis de bordes previamente, las plantillas aparecerán como les corresponde:



Imagen 12

Una vez culminado el análisis, se muestra el resultado:



Imagen 13

En la barra de información aparece un número “6” que indica el valor total de símbolos diferentes encontrados y mostrados gráficamente en la parte inferior.

Para el caso de haber realizado análisis de bordes previamente, la imagen resultante sería de la siguiente manera:



Imagen 14

En el caso que la cantidad de símbolos diferentes encontrados en la imagen supere los 10, aparecerá la opción “Siguiente” y luego “Anterior” para avanzar y retorceder a fin de observar cada grupo de símbolos.



Imagen 15

A.7 Seleccionar Símbolo

Para facilitar la revisión de los resultados finales, el usuario tendrá la opción “Seleccionar Símbolo”. Al hacer click en este botón aparecerán unos ejes de selección para dirigirlos hacia el símbolo que deseamos revisar.



Imagen 16

Al escoger el área que corresponde a la plantilla que contiene al símbolo, éste será presentado en la parte superior izquierda en tamaño ajustado a la ventana, en la imagen superior derecha se mostrará en color rojo el símbolo elegido en todas las posiciones donde se encuentre, en la presentación de símbolos que está en la parte inferior se cambiará de la misma manera el símbolo seleccionado a color rojo y en la línea de información que se encuentra sobre el botón de “Seleccionar Símbolo” aparecerá la frecuencia respectiva, es decir el número de veces que el símbolo está en la imagen total.



Imagen 17

BIBLIOGRAFÍA

1. Mario I. Chacon; Procesamiento Digital de Imágenes; Editorial Trillas SA; 2007.
2. Rafael C. Gonzalez y Richard E. Woods; Tratamiento Digital de Imágenes; Copublicación de Addison-Wesley Iberoamericaca, S.A. y Ediciones Díaz de Santos, S.A.; 1996.
3. Jorge Valverde Rebaza; Obtener el Histograma de una Imagen; <http://jc-info.blogspot.com/2009/02/obtener-el-histograma-de-una-imagen-en.html>; Junio 2010
4. Omar Sánchez; Modelos Control y Sistemas de Visión; <http://omarsanchez.net/histotransf.aspx>; Junio 2010.
5. Mark Galer, Les Horvat; Tratamiento digital de imágenes; ANAYA MULTIMEDIA; 1 edición (06/2003).
6. MathWorks – Company ; MathWorks; <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/>; Septiembre 2009.
7. Samira Hervella Azouzi; Editor de Imágenes basado en Regiones. Aplicación en entorno Matlab; EUETIT.-Terrassa; 2006
8. Diego Barragán, Luis Moreno, Ángel Valdivieso; Matlab – Manejo de Simulink desde Matlab; www.matpic.com; Septiembre 2009.
9. García de Jalón, José Ignacio Rodríguez, Jesús Vidal; Aprenda Matlab como si estuviera en Primero; Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid; 2005