**USIT**

USITv1.0.3 es el paquete software utilizado para las etapas de preprocesamiento, extracción de características y comparación en el reconocimiento del iris. La librería USIT se compone de un conjunto de diversos y múltiples algoritmos dedicados cada uno de ellos a una etapa concreta del reconocimiento como se describirá a continuación.

La etapa de preprocesamiento en el reconocimiento del iris se compone a su vez de otra serie de tareas como son la **detección de falsedad** para evitar falsos reclamos como una imagen impresa del iris o una grabación del mismo, a través de técnicas de medición de indicadores de espécimen vivo. La **evaluación de calidad** para la detección y corrección de factores como el emborronado por desenfoque y la dilatación de pupila es otra de las tareas dentro de la etapa del preprocesamiento, así como la **segmentación del iris** una vez localizado. Es para esta última fase para la que la librería USIT aporta dos algoritmos, “caht” y “wahet”. Estos algoritmos usan modelos geométricos a través de círculos y elipses para representar las partes del limbus (anillo limbal) y la pupila del ojo humano.

*Existen varios sistemas para la segmentación del iris, siendo el sistema de* ***Daugman*** *el empleado en los algoritmos que incluye la librería USIT. Este sistema presenta un iris de tamaño entre 100 y 200 pixeles a una distancia de 15-46 cm usando una lente 330mm.*

El algoritmo **Caht** emplea un modelo circular para el limbus y la pupila, que son los límites externos e internos del iris. Esta basado en los métodos de **la transformada circular de Hough** y la mejora de contraste. La transformada de Hough es una técnica utilizada para la detección de figuras en imágenes digitales que realiza un proceso mediante el cual se divide la imagen en regiones y objetos cuyos píxeles poseen atributos similares. Principalmente es una técnica para detectar líneas rectas en imágenes, aunque también sirve para la detección de curvas, siendo muy robusta frente al ruido y la existencia de huecos en la frontera. Aprovechando las cualidades de dicha técnica, este algoritmo aplica una transformada circular para la detección de los bordes internos y externos del iris.

**Wahet** propone un algoritmo basado en dos etapas para la localización y mapeo de la textura del iris dentro de las coordenadas polares de Daugman. En esta solución la detección del centro y la localización del límite del iris se desacoplan al contrario de lo que sucedía en los algoritmos con un enfoque mas tradicional, siendo por tanto el espacio de búsqueda para cada estado reducido. Este algoritmo utiliza un modelo elíptico a diferencia del modelo circular del algoritmo anterior, pero si comparte el uso de la transformada de Hough aunque emplea una adaptación multiescala de la misma para estimar la posición aproximada del centro del iris y una transformada elipsopolar de Hough para encontrar el segundo límite basado en la salida del primero.

La extracción de características es la etapa que más interés despierta y la que mayor tiempo de investigación ha necesitado en el reconocimiento del iris. Actualmente existen múltiples y diversos algoritmos y métodos para extraer las características principales de una imagen, siendo hoy día un campo en el que se continúa investigando para conseguir mejorar en lo ya existente y ajustar aun mas la selección de dichas características. Esta etapa permite un amplio abanico de soluciones y propuestas como se puede observar en las que ofrece la librería **USIT**, siendo la fase de la misma la que más algoritmos propone como posibles soluciones.

Cada uno de los algoritmos presentados en la etapa de extracción de características por la librería **USIT** expone sus propias técnicas y métodos basados en mejoras de soluciones ya existentes algunos y en novedosas técnicas aplicadas a las matemáticas otros. Todos comparten en común el uso de las librerías **OpenCV** y **Boost** para la implementación de los mismos. En los siguientes apartados se hará un pequeña descripción del funcionamiento y finalidad de cada uno de los algoritmos.

El algoritmo **Log Gabor** trata la imagen como si fuese una señal a la que le analiza la frecuencia como hacen la mayoría de los filtros, pero en este caso los filtros Gabor permiten analizar simultáneamente las características de espacio y frecuencia, lo que significa que es posible determinar en que parte de la imagen se produce una determinada frecuencia. De este modo la frecuencia está localizada.

Al tratar las imágenes como una señal, se suele trabajar en el dominio de la frecuencia mediante la transformada de Fourier. En definitiva, los filtros de Gabor conforman un banco de filtros capaces de extraer información sobre las texturas de una imagen aprovechando la información sobre la distribución espacio-local de color o nivel de intensidades que esta provee.

De este modo los filtros aplicados a las texturas se pueden utilizar para realizar operaciones como la de realzar las variaciones de intensidad allí donde se producen y así poder detectar las características principales de la imagen. También se puede utilizar para suavizar la imagen reduciendo las variaciones de intensidad entre pixeles vecinos, eliminar ruido modificando aquellos pixeles cuyo nivel de intensidad sea muy diferente al de sus vecinos y detectar bordes en aquellos pixeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Los filtros que se utilizan en este algoritmo son máscaras (matriz de coeficientes) que se aplican a la textura de la imagen para obtener el efecto deseado. El tipo de filtrado vendrá determinado por el tipo de la máscara.

Otro de los métodos que contiene la librería USIT es el implementado por el algoritmo **QSW** (Quadratic Spline Wavelet), el cual se basa en la idea básica de que la fuerte variación en puntos locales de la textura en la imagen del iris denotan la aparición o desaparición de una estructura de imagen importante, y por tanto son utilizados para representar las características principales del iris.

El procedimiento de extracción de características de este algoritmo incluye dos pasos; uno primero en el que se construye un conjunto de intensidades de una dimensión para caracterizar la información mas importante de la imagen original del iris en dos dimensiones, y un segundo paso en el que usando una clase wavelet, una secuencia de posiciones de puntos locales con fuertes variaciones en dichas señales de intensidades se registra como característica.

Al igual que el algoritmo **Log Gabor**, se realiza una descomposición de la textura a señal de una dimensión, por la que la textura del iris es normalizada.

El siguiente algoritmo de la librería USIT corresponde al algoritmo **KO**. La tarea de extracción de características en este algoritmo se realiza aplicando un análisis de cambios basado en la suma acumulativa. Este método sugiere descartar partes de la textura del iris en forma de grados, de 45º a 315º para el lado derecho de la textura y de 135º a 225º del lado izquierdo.

El proceso que sigue este algoritmo para la extracción de características de la textura de un iris es el siguiente; una vez obtenida dicha textura se divide en regiones básicas de tamaño 8x3 pixeles, es decir, cada región se compondrá de 24 pixeles o celdas. Para cada una de esas regiones se calcula el valor medio de intensidades de escala de grises. Dichas regiones son agrupadas horizontal y verticalmente, siendo recomendable que los grupos estén compuestos por cinco regiones. Finalmente se calcula la suma acumulativa sobre cada grupo para generar un código del iris. Si las sumas acumulativas están en un pendiente creciente se codificará con un 1, si en caso contrario la pendiente es decreciente se codificará con un 2, para cualquier otro caso se asignará un 0 al código.

Con el fin de obtener un vector binario de características de la textura del iris, el código resultante del iris se reorganizará de tal modo que la primera mitad contenga todas las pendientes ascendentes y la segunda mitad todas las pendientes descendentes.

La mayoría de los algoritmos que propone esta librería se fundamentan en las teorías que **Rathbeg** empleó en la investigación y desarrollo de su tesis doctoral sobre la biometría a través del reconocimiento del iris. De echo, uno de los algoritmos que compone la librería USIT (el algoritmo **CR**) esta basado en el algoritmo estándar de Rathbeg, cuya base se encuentra en reducir el número de bits a comparar del código binario que representa la textura del iris. Trata de minimizar la información sobre un 5% combinándola en los primeros bits, es decir, en los primeros bits del código del iris es donde se concentra la combinación de los mismos. De esta forma se consigue descartar de forma rápida y temprana los códigos que sean improbables de emparejar, evitando así el tener que comparar todos los bits de cada código del iris, lo que produciría un aumento en tiempo de cómputo incremental.

El algoritmo basado en el contexto (**CB)** es también empleado en como método en la librería USIT. Este algoritmo lo que hace es ir examinando la textura del iris en bloques de X x Y píxeles, donde el valor de cada uno de los píxeles de esos bloques es discreteado mapeando los valores de escala de grises de todos los píxeles incluidos (Pi) a un número natural inferior a un parámetro **k** predefinido, donde **n** es el número de posibles valores de escala de grises que se puede tomar. Una vez que todos los píxeles de la textura del iris son discretizados se calcula el valor medio de los píxeles contenidos en cada bloque, asignándole dicho valor al bloque como código del mismo. Finalmente, se genera un código de iris de dos dimensiones con respecto al número de filas obtenidas y concatenando los códigos resultado de todos los bloques de pixeles X x Y discretizados (Pi /n/k).

Otro de los algoritmos que compone esta librería es el basado en la transformada discreta del coseno. El algoritmo **DCT** (discrete cosine transform) es una variación de la transformada discreta de Fourier donde la imagen se descompone en suma de de cosenos. Este tipo de algoritmo es usado para la comprensión y reducción de datos, aunque el ámbito que se le da en la librería USIT es para la extracción de diferentes características de una imagen. Lo que hace el algoritmo DCT es comprimir toda la información de la imagen concentrándola en unos pocos coeficientes que se localizan en la esquina superior izquierda de la matriz de valores reales resultantes. La imagen que resulta de esta operación mostrará bajos valores o cero en los píxeles, exceptuando la esquina superior izquierda de la misma, donde las intensidades son mas altas. Estos coeficientes de baja frecuencia y alta intensidad que se sitúan en la esquina superior izquierda son los que llevan la mayoría de la información de la imagen original. Una vez que el algoritmo ha realizado el proceso de comprensión de la imagen y situado los coeficientes mas relevantes de la imagen, se suelen emplear dos métodos para la extracción de características en base a esos coeficientes obtenidos.

El primero de ellos emplea una técnica basada en ventanas cuadradas para extraer los coeficientes con menor frecuencia de la matriz resultante L x L = L2. Este método hace uso de que DCT pone la mayoría de la información de la señal en el componente dc y los componentes de menor frecuencia. Se van creando ventanas cuadradas desde el origen (0,0) de la matriz y se van obteniendo los coeficientes de dichas submatrices en orden descendente. El segundo método es una alternativa zig-zag donde los coeficientes se seleccionan dependiendo de su magnitud.

El último de los algoritmos de la etapa de extracción de características que provee la librería USIT fusiona las modalidades biométricas de iris y cara. El algoritmo **GFCF** (Gaussian Face and Face-part Classifier Fusion) se basa en el reconocimiento del iris con una separación previa en conjuntos de buena calidad, por lo que debe realizar previamente una detección robusta y eficiente de los ojos en la cara. Este algoritmo combina múltiples y diferentes propuestas de detección de objetos para resolver la detección de caras en ambientes heterogéneos y la localización del ojo antes de la segmentación. Fusiona detectores de objetos arbitrariamente que realizan la tarea de extracción de características calculando propiedades de regiones de la imagen, seleccionando características discriminatorias que se evalúan con respecto al objeto a ser detectado y clasificando juzgando si una ventana data representa al objeto en si o no.