

Estudio de las técnicas de reconocimiento facial en obras de arte a través de la visión por computador.

Autor:

José Antonio Ochoa de Aspuru Paniagua.

Director:

Xavier Baró Solé.

Salamanca, a 13 de Enero de 2015

Resumen (abstract)

La visión por computador es una rama de la ciencia y tecnología dedicada a extraer información de imágenes digitales, con el fin de simular artificialmente el sistema visual humano en una máquina.

El objetivo de esta investigación es comprobar la utilidad de las técnicas actuales de reconocimiento facial a través de la visión por computador, en entornos museísticos.

Para alcanzar este fin, he seguido las estrategias de diseño y creación, para crear una aplicación que me permita posteriormente realizar una serie de experimentos, los cuales me proporcionarán los datos necesarios con los que evaluar la funcionalidad de estas técnicas existentes en obras de arte, en mi caso concretamente, sobre cuadros.

Aunque existen muchísimos proyectos de investigación acerca del reconocimiento facial a través de visión por computador, apenas se han realizado investigaciones aplicadas a entornos museísticos donde podría tener muchísima utilidad.

Palabras clave

Reconocimiento facial, visión por computador, entornos museísticos.

Introducción

Una de las ramas de la Inteligencia Artificial que ha experimentado un mayor crecimiento en estos últimos años es la Visión por Computador. Esta es la disciplina que estudia cómo procesar, analizar e interpretar imágenes de forma automática. Estas técnicas tienen aplicaciones en muchos ámbitos, como la seguridad, la medicina, la navegación automática o los entornos museísticos, por poner algunos ejemplos.

Son muchas las compañías interesadas en este campo, por poner un ejemplo Google utiliza la Visión por computador en muchos de sus productos: detección de caras y matrículas en StreetView (para hacerlos irreconocibles), reconocimiento de caras en Picasa o reconocimiento de objetos en Goggles.

Existen infinidad de estudios sobre el reconocimiento facial a través de visión por computador (concretamente los primeros trabajos relacionados con este campo se realizaron en 1950, aunque no fue hasta 1980 cuando empezaron a aparecer revistas, congresos y asignaturas dedicadas a la visión por computador en las universidades), pero casi todos ellos están centrados en fotografías o videos y no en obras de arte.

La digitalización y el etiquetado de obras de arte es una de las ramas donde mas usos se podrían obtener del reconocimiento facial a través de visión por computador y es en este campo, donde últimamente se está empezando a manifestar un interés creciente.

Aunque existen algunas propuestas interesantes sobre la problemática de la clasificación automática de obras de arte, hoy en día la capacidad de las máquinas todavía está muy lejos de la capacidad humana, y es en este contexto donde se centra esta línea de investigación.

Desarrollo del tema de investigación

Conceptos Básicos y estado del arte:

Todo sistema de reconocimiento facial se puede dividir en tres partes:

- **Procesado de las imágenes:** consiste en intentar compensar todo lo que puede provocar que dos imágenes de la misma cara sean diferentes.
- **Extracción de características:** en esta fase se extraen una serie de valores característicos de cada imagen, como pueden ser los coeficientes de algún desarrollo, la salida de un filtro, etc.
- **Comparación de características:** se comparan los valores característicos de la imagen de test con los de las imágenes de entrenamiento y se calcula una medida de semejanza.

Las técnicas de reconocimiento facial se clasifican a su vez en tres tipos, según los métodos utilizados para la extracción de características (ya que es la parte mas importante):

- Técnicas basadas en la extracción de características geométricas de la cara como pueden ser las posiciones relativas o las dimensiones de ciertos elementos como las cejas, ojos, nariz, boca y contorno de la barbilla.
- Técnicas basadas en procedimientos de emparejamiento de plantillas en las que zonas de la imagen son comparadas con zonas equivalentes de otra imagen utilizando alguna distancia para poder calibrar su grado de semejanza o discrepancia.
- Técnicas basadas en la aplicación de transformadas, como puede ser la transformada de Karhunen-Loeve, una de las mas aplicadas.

Voy a empezar analizando cronológicamente los artículos mas destacados que he encontrado durante la fase de búsqueda de bibliografía, donde se habla de todas estas técnicas de reconocimiento facial, indicando tanto los avances mas relevantes, como los problemas que se han encontrado estos investigadores a lo largo de sus estudios.

En 1987 Sirovich y Kirby realizaron el primer trabajo de reconocimiento facial [1], que utilizaba el análisis de componentes principales o PCA, para generar unas imágenes semejantes a caras llamadas eigenpictures. El objetivo era caracterizar un conjunto de caras con un mínimo número de parámetros para solucionar el problema general de la caracterización e identificación, de los patrones para la representación de caras sacadas de imágenes.

El primer paso para comprender los sistemas de reconocimiento basados en eigenfaces es conocer la filosofía que se oculta detrás del PCA, que se utiliza para generarlas, y que permite un mejor entendimiento de la representación de las imágenes de caras mediante eigenfaces.

En este trabajo se presenta un método basado en la transformada de Karhunen-Loeve, donde se nos plantea el concepto de Eigenfaces, que son un conjunto de vectores propios usados en visión por computador para diferenciar las facciones significativas de una imagen facial. Estos vectores producen la reducción de dimensión y se podría considerar que cualquier rostro humano puede ser considerado como una combinación de estas caras estándar. En la actualidad los sistemas basados en eigenfaces siguen teniendo probablemente el mejor balance entre complejidad, rapidez de ejecución y resultados.

Sobre las técnicas de reconocimiento facial basadas en la extracción de características geométricas y las basadas en el emparejamiento de plantillas se hizo un estudio en 1993 a cargo de Roberto Brunelli y T. Poggio [2] en él, se investigaron dos nuevos algoritmos de identificación facial aplicando una serie de experimentos sobre la misma base de datos, siempre con fotos tomadas de frente. Por un lado, la identificación a través de un vector de características geométricas como la anchura de la nariz o la forma de la barbilla y por otro la identificación a través de plantillas de coincidencias en escala de grises, donde se separaron las distintas partes de la cara en distintas plantillas (ojos, boca, nariz...).

Los resultados del experimento indicaron que la identificación a través de plantillas de coincidencia es mucho mas fiable y sencilla de implementar pero por el contrario, la identificación basada en características, si está bien implementada, es mucho mas rápida y requiere de mucha menos memoria de procesamiento.

No obstante, quedó demostrado también, que para mejorar ambos algoritmos se deberían unir ambas técnicas y usar las características geométricas en cada una de las plantillas individuales, de esta manera a la vez que tendríamos la fiabilidad de la correlación ganaríamos en velocidad de procesamiento y uso de la memoria.

En 1997 B. Moghaddam y A. Pentland realizaron un estudio [3] que en vez de usar PCA (análisis de componentes principales) como lo hicieron estudios anteriores, crearon una técnica no supervisada para el aprendizaje visual, que se basaba en la estimación de la densidad en espacios de alta dimensión. Utilizando descomposición

por medio de eigenspaces, estos métodos generan una representación lineal reducida de las imágenes de las caras, de manera que cada cara sea proyectada en un espacio de menor dimensión donde se lleva a cabo su reconocimiento.

Esta técnica se aplicó, teniendo más éxito que otras técnicas utilizadas anteriormente, al reconocimiento y codificación de rostros humanos basando su principal atención en la densidad de los objetos en el espacio-tiempo.

Se trataron dos tipos de estimaciones de densidad : una gaussiana multivariante (para distribuciones unimodales) y un modelo de mezcla de Gaussianas (para distribuciones multimodales).

Sobre este mismo marco (eigenspace), en el 2005 J. Ruiz-del-Solar y P. Navarrete realizaron un estudio comparativo independiente [4], entre algunos de los principales enfoques basados en el espacio propio. Por un lado se usaron tres algoritmos para el método estándar: PCA, FLD y EP. Con los métodos diferenciales se usaron dos enfoques: el prediferencial y postdiferencial. En ambos casos se uso para la clasificación: bayesiano y SVM y todas las pruebas realizadas se hicieron sobre una base de datos Yale facial y FERET.

Los mejores resultados se obtuvieron con el enfoque post-diferencial, usando un clasificador bayesiano o SVM y aunque los métodos del núcleo obtuvieron las mejores tasas de reconocimiento, tenían problemas con la baja velocidad de procesamiento y la dificultad de ajustar los parámetros del núcleo.

Casi todos los estudios sobre reconocimiento facial usan bases de datos donde aparte de la cara se mostraban otros elementos en las imágenes, como pueden ser el pelo, el fondo o los hombros. En el año 2001 los investigadores F. Chen, H.-Y.M. Liao, J.-C. Lin y C.-C. Han se plantean la pregunta de por que los sistemas de reconocimiento facial deberían centrarse únicamente en la parte del rostro, cuando el resto de elementos que aparecen en las imágenes de estas bases de datos, ocupan mucha mas proporción a veces, que la propia cara [5]. Tras distintas pruebas realizadas sobre dos bases de datos distintas, una centrada solo en las caras y otra genérica, se comprueba que los elementos que aparecen en las imágenes de las bases de datos que no son propiamente la cara influyen muchísimo en los resultados obtenidos y por consiguiente, se demuestra que muchos estudios e investigaciones se habían realizado en base a bases de datos erróneas, que no se limitaban solo a imágenes de rostros puros como debería de ser. De aquí la importancia, a la hora de empezar a realizar pruebas, de tener una base de datos fiable y mas en este campo donde todas las pruebas y algoritmos se desarrollan en base a las imágenes las mismas.

Hasta el año 2005 la mayor parte de las investigaciones sobre reconocimiento facial se centraban en algoritmos que solo usaban imágenes frontales con unas determinadas condiciones lumínicas. Es en este año cuando los investigadores R. Gross, S. Baker, I. Matthews y T. Kanade este redactaron un artículo [6] donde se planteaban los problemas derivados de usar distintas poses y condiciones lumínicas con esos mismos algoritmos, y la importancia de estos factores en la detección de rostros.

Analizaron dos algoritmos que tenían en cuenta tanto la pose como la iluminación, Egen Light-Fields y Bayesian face subregions, obteniendo en ambos casos muy buenos resultados sin tener que limitarse a un numero determinado de imágenes frontales y aprovechando las posibilidades de tener imágenes con diferentes ángulos. Aun así el margen de mejora en estos campos seguía siendo muy amplio, pero esto supuso un paso mas en la búsqueda del acercamiento de la detección de rostros por medio de la visión por computador a la del ojo humano.

Llegados a este punto y tras años de investigación se hacen las preguntas de si es viable dar con una solución perfecta y hacia que dirección va el futuro del reconocimiento facial.

En el año 2004, Luis Torres realiza un estudio sobre este tema [7]. Aunque hasta esta fecha se han hecho avances muy importantes todos ellos están situados en

escenarios muy específicos y si se sacan de los mismos se siguen planteando numerosos problemas, como son la baja calidad de imagen, las distintas condiciones lumínicas o los distintos ángulos de las poses. De aquí podemos sacar ya como conclusión, que aunque se han implementado infinidad de técnicas de reconocimiento facial, a la hora de escoger una u otra debemos hacerlo según el marco donde vayamos a utilizarlas ya que cada una de ellas tiene éxito bajo unas condiciones muy concretas [8].

Como ya comenté anteriormente, casi todos los estudios también estaban realizados sobre imágenes fijas, una de las alternativas que mas futuro tiene es el uso de técnicas de reconocimiento facial que se basan en el tratamiento de video, las cuales nos dan múltiples ventajas respecto a las imágenes estáticas como son el aportar mucha mas información, ya que tendremos más frames para elegir en cual realizar la clasificación, el poder hacer un seguimiento de la cara lo que conlleva tener cambios de pose y distintas expresiones faciales que compensar o la continuidad temporal la cual nos permitiría reutilizar la información de clasificación obtenida de los frames de alta calidad para procesar los frames de baja calidad.

Hasta la fecha se han desarrollado algunos sistemas de reconocimiento facial basados en video con mucho éxito, por ejemplo, salas inteligentes que pueden reconocer a las personas e iniciar automáticamente las acciones apropiadas. Otro ejemplo son los sistemas que detectan la fatiga de un conductor, monitorizando las expresiones de la cara y los movimientos de cabeza o los sistemas de control de acceso y en cajeros, donde el video se adquiere en un ambiente relativamente controlado y el tamaño de la cara es aceptable. Por contra en aplicaciones de video-vigilancia por ejemplo, el reconocimiento y la identificación facial todavía son una tarea difícil debido a:

- Baja calidad de video: normalmente la grabación se hace en la calle, con una iluminación inadecuada y, además, las personas no son colaborativas, en el sentido de que no ayudan a ser reconocidas. Para solucionarlo, se pueden aplicar técnicas de superresolución.
- Imagen pequeña de la cara: debido a las condiciones de adquisición de la imagen, el tamaño de la cara suele ser más pequeño que los que hay en la base de datos. Eso no sólo hace que la tarea sea más difícil, si no que también afecta a la exactitud del proceso de segmentación, así como a la detección de los puntos más importantes utilizados en el reconocimiento.

Luis Torres concluye su estudio de investigación haciendo la siguiente reflexión: si el ojo humano puede hacerlo una máquina también, todo es cuestión de tiempo para que se solventen todos los problemas actuales en este campo que tantos usos tiene y en el que tantos investigadores, de diversas ramas, trabajan actualmente, los cuales deberían unirse mas a menudo para trabajar cooperativamente en vez de ir cada uno por su línea de investigación, ya que ramas como la neurociencia o la psicofísica tienen mucho que aportar.

La importancia de la neurociencia en el campo de la visión por computador es debida a que solo el sistema visual humano es, el que a día de hoy, reconoce a la perfección un rostro. Por este motivo, su estudio es de vital importancia y nos debemos fijar en su funcionamiento para que la comprensión de los procesos visuales humanos puedan ayudar a mejorar las técnicas de reconocimiento facial.

Entre las características que se analizan se pueden destacar:

- Los seres humanos reconocen caras familiares en imágenes de muy baja resolución.
- La capacidad de tolerar la degradación aumenta con la familiaridad.
- Las cejas son uno de los rasgos faciales mas importantes.
- El movimiento de la cara facilita su reconocimiento.
- Los rasgos faciales se procesan de forma integral.

Uno de los últimos avances en el campo del reconocimiento facial se lleva a cabo en el año 2009, L. Sirovich y M. Meytlis. basándose en estudios realizados sobre la corteza cerebral de los primates se dan cuenta de la importancia de la simetría [9]. En estos estudios se demostró que los impulsos neuronales en los humanos son mayores al tener una cara completa al igual que le ocurría a los primates. A raíz de este dato se crea un algoritmo de reconocimiento que, por criterios razonables, da identificación frontal casi perfecta incluso bajo diversas condiciones de iluminación natural, fallando solo en casos donde las tomas de los sujetos se hicieron con los ojos cerrados.

Podría seguir hablando de los innumerables estudios que hay sobre el reconocimiento facial a través de visión por computador ya que sobre esta materia existe muchísima información derivada de los cientos de estudios realizados, pero a partir de este punto donde he seleccionado los avances más importantes en este campo en los últimos años, centraré mi investigación en la aplicación de esta tecnología en entornos museísticos viendo su viabilidad aplicada a obras de arte y los posibles usos que podría tener en el caso de que su implementación fuese viable.

Aunque se ha estudiado mucho sobre el reconocimiento facial aplicado a fotografías o videos, hay muy pocos estudios científicos fiables sobre su uso aplicado a obras de arte.

Posiblemente el primer estudio científico del que tengamos constancia data del año 2013 y fue realizado en la universidad de California por Ramya Srinivasan, Amit Roychowdhury, Conrad Rudolph, Jeanette Kohl [10]. Este artículo nos habla del que posiblemente sea el primer estudio sobre los usos del reconocimiento facial a través de visión por computador aplicado a obras de arte. El estudio se realizó en base a unas obras de arte de un periodo artístico muy concreto, el barroco y el renacimiento, ya que sobre estas dos épocas se contaba con suficiente información sobre los artistas, las técnicas que aplicaban y sobretodo las identidades de los personajes aparecidos en la mayoría de sus retratos y obras. Los historiadores en muchos retratos no pueden asegurar con exactitud la identidad de cada una de las personas que aparecen retratadas y la tecnología de reconocimiento facial podría ser de gran ayuda como una medida cuantificable de similitud aparte de aportar otra serie de datos que servirían para resolver otro tipo de cuestiones sobre estas obras de arte. A la hora de aplicar el reconocimiento facial sobre obras de arte, hay que tener en cuenta aparte de los problemas ya conocidos cuando se ha aplicado esta técnica sobre fotografías o rostros humanos y que son derivados de la variación de poses, iluminación o distintas expresiones faciales, otros como el encontrar una base de datos fiable con retratos de la misma persona pintados por el mismo o diferentes artistas o el conocer las características de los estilos de cada artista en las diferentes épocas.

Este mismo grupo de investigación recibió una gran subvención para continuar sus estudios sobre el reconocimiento facial, aplicado a obras de arte [11]. Aunque el reconocimiento facial a través de visión por computador lleva muchos años siendo estudiado, aun sigue teniendo fallos y está lejos de alcanzar la misma precisión que el ojo humano. Si ya es de por sí complicado aplicarlo a personas o imágenes fotográficas de las mismas, con obras de arte se plantean muchísimos más problemas y datos a tener en cuenta para su correcto funcionamiento, como son las distintas metodologías que hay que aplicar, donde se tiene que tener en cuenta a expertos en arte e historiadores para determinar por ejemplo, como pintaba o esculpía un determinado artista o los estilos de una determinada época. En los años que este grupo de investigación lleva probando las técnicas y algoritmos de reconocimiento facial sobre obras de arte ya han conseguido por ejemplo reconocer a un sujeto en dos piezas distintas, como fueron una escultura y un cuadro de distintos autores además. Si esta tecnología resultara fiable sus usos podrían abarcar desde la catalogación de obras de arte en museos, hasta su aplicación en el reconocimiento de escritura antigua.

Open CV

OpenCV es una librería libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicativos de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

Open CV es multiplataforma, Existiendo versiones para Linux, Mac OS X y Windows. Contiene mas de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de Visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica.

OpenCV dispone de un conjunto muy completo de herramientas de reconocimiento y clasificación de objetos basadas en el análisis por componentes principales y el cálculo de atributos. Los clasificadores pueden ser generados automáticamente liberando al usuario de tener que especificar complejas reglas para el reconocimiento de objetos. Suministra herramientas de reconocimiento de formas capaces de procesar datos continuos, discretos e incluso simbólicos. El núcleo del módulo incluye el conjunto de clasificadores, los operadores de aprendizaje, una rutina de reagrupamiento (clustering) estándar, operadores de evaluación y análisis de atributos, así como funciones utilitarias para el PRE-procesamiento y constitución de bases de aprendizaje y la generación de clasificadores definidos por el usuario.

Diseño y creación de la Aplicación para IOS.

Para realizar la fase de desarrollo se ha implementado una aplicación que corre bajo el sistema operativo IOS, la cual, haciendo uso de la cámara del dispositivo y realizando una fotografía sobre un cuadro aplica técnicas de detección de rostros y en el caso de que detecte alguno nos marcará en pantalla el área que la compone. También nos permite usar la galería de imágenes de nuestro dispositivo para realizar esta tarea.

El motivo de elegir IOS como la plataforma para desarrollar la aplicación, es que todos los dispositivos que lo usan tienen cámara incorporada y que mejor forma de realizar pruebas de un proyecto de investigación basado en visión por computador que de esta manera. Esto sumado a que me gustaría convertirla en una aplicación didáctica para darle un uso mas allá de este proyecto fue lo que hizo decantarme por esta plataforma aunque me costase un esfuerzo mayor, ya que yo no conocía nada de objective c.

Para la detección de rostros se utiliza el algoritmo Viola & Jones el cual detecta en la imagen, las partes deseadas a partir de varios clasificadores disponibles.

El sistema de detección de Viola-Jones utiliza grupos de características simples para llevar a cabo la detección. El uso de estas características posibilita una velocidad mucho mayor a la hora de detectar caras frente a un sistema basado en píxeles y beneficia la codificación en el dominio ad-hoc.

Viola y Jones utilizan 4 tipos de características en su sistema de detección: dos tipos basados en dos rectángulos, un tipo basado en tres rectángulos y un tipo basado en cuatro rectángulos, como podemos ver a continuación:



De manera simplificada, las características pueden ser vistas como evaluaciones de la intensidad de conjuntos de píxeles. La suma de la luminancia de los píxeles en la región blanca se resta de la suma de los píxeles en la región oscura. El valor obtenido mediante la diferencia es el valor de la característica y puede combinarse con otros formando hipótesis en regiones de una imagen.

A la hora de crear un sistema de detección facial resulta crucial encontrar un compromiso entre velocidad y eficiencia. Mediante el uso de una nueva representación de las imágenes, llamada imagen integral, Viola y Jones describen un método de evaluación de características de manera efectiva y a mayor velocidad.

El concepto de la imagen integral es fácilmente comprensible. Esta estructura se construye tomando la suma de los valores de luminancia de los píxeles que se encuentran por encima y a la izquierda de un cierto punto en la imagen. Viola y Jones presentan la imagen integral como la integral doble de una imagen primero a lo largo de las filas y después a lo largo de las columnas.

las filas y después a lo largo de las columnas. La imagen integral en el punto (x,y) viene dada por:

$$ii(x,y) = \sum_{a \leq x, b \leq y} i(a,b)$$

Donde $ii(x,y)$ es la imagen integral y $i(x,y)$ es el valor de la imagen en unas coordenadas específicas.

La importancia de la imagen integral se basa en la capacidad de calcular rápidamente la suma de píxeles dentro de un área determinado de la imagen.

Cualquier

suma dentro de un área de la imagen puede calcularse utilizando cuatro referencias.

Por lo tanto la diferencia entre dos regiones puede calcularse utilizando 8 referencias dentro de la imagen. Sin embargo, teniendo en cuenta que, por ejemplo los dos primeros tipos de características utilizan dos regiones rectangulares adyacentes la diferencia puede realizarse utilizando 6 referencias, en el caso del tercer tipo se utilizarían 8 referencias y en el cuarto tipo 9 referencias.

Una vez encontradas las características dentro de una imagen, más bien dentro de un conjunto de imágenes de entrenamiento, el objetivo del sistema es encontrar aquellas características que mejor definan una cara y nos ayuden a localizarla en una imagen. La hipótesis planteada en las publicaciones de Viola y Jones establece que un pequeño número de esas características pueden combinarse para formar un clasificador.

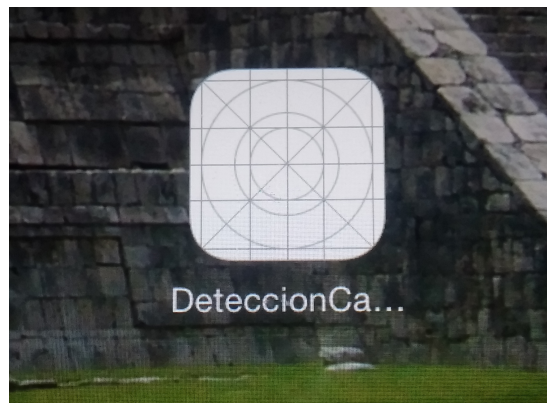
En nuestro caso se optó por usar para la detección de caras, el clasificador "haarcascade_frontalface_alt.xml" también incluido en las OpenCv, que nos permite encontrar en una imagen caras en posición frontal.

Cada vez que hacemos una foto esta además se almacenará en nuestro dispositivo lo cual permitirá posteriormente analizarlas mas cómodamente.

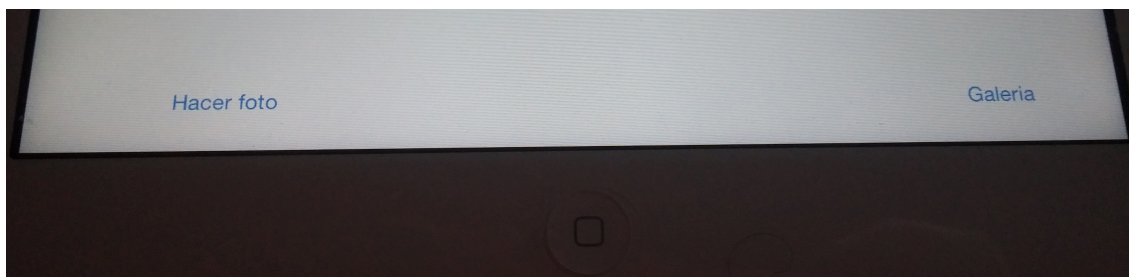
El funcionamiento paso a paso que sigue mi app sería el siguiente:

- Carga el clasificador.
- Carga la imagen.
- Convierte a grayscale.
- Detecta las caras.
- Recorre todas las caras encontradas.
- Obtiene el punto desde el que parte para dibujar el rectángulo.
- Obtiene el color del rectángulo.
- Dibuja el rectángulo alrededor de la cara.
- Y finalmente aplica los cambios sobre la imagen y la muestra por pantalla.

Aplicación en un IPAD:



Nos da las dos opciones tomar la foto desde la cámara o Galería:



Tomamos la fotografía:



Y finalmente se aplica la detección de rostros:



Experimentos

Lo primero que hice fue crear la base de datos para realizar las pruebas. Para ello, entrando en museos online los cuales tienen imágenes en alta resolución de sus cuadros, seleccioné diez artistas de renombre de diferentes épocas y estilos y a su vez de cada uno de ellos elegí diez retratos realizados por los mismos de diferentes personajes tanto masculinos como femeninos.

Los artistas seleccionados fueron:

1. Caravaggio
2. El Greco
3. Goya
4. Leonardo da Vinci
5. Monet
6. Murillo
7. Rembrandt
8. Van Gogh
9. Velazquez
10. Zuloaga

Tras realizar este paso apliqué el reconocimiento de rostros a todas las caras para sacar el porcentaje de detección en cada uno de los artistas, obteniendo los siguientes resultados:

Artista	Porcentaje de detección
Caravaggio	9/10
El Greco	10/10
Goya	10/10
Leonardo da Vinci	10/10
Monet	9/10
Murillo	10/10
Rembrandt	10/10
Van Gogh	7/10
Velazquez	10/10
Zuloaga	8/10

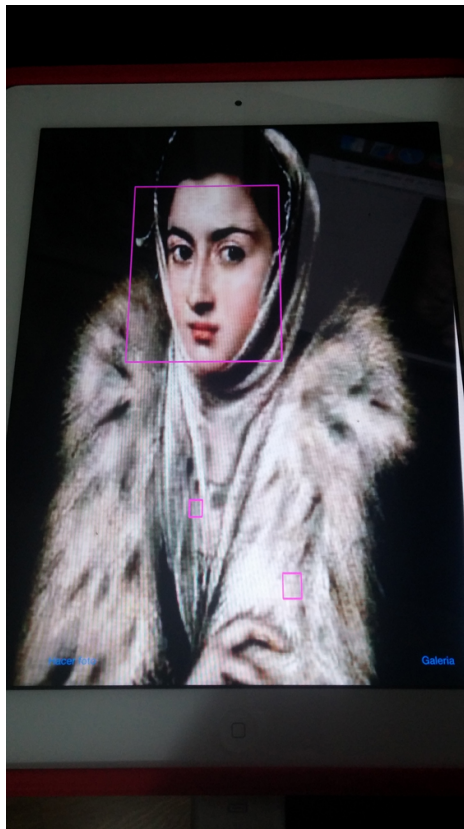
Resultados Obtenidos:

El porcentaje de detección de rostros como se ve en la tabla anterior es muy elevado, concretamente estamos hablando de un 92%.

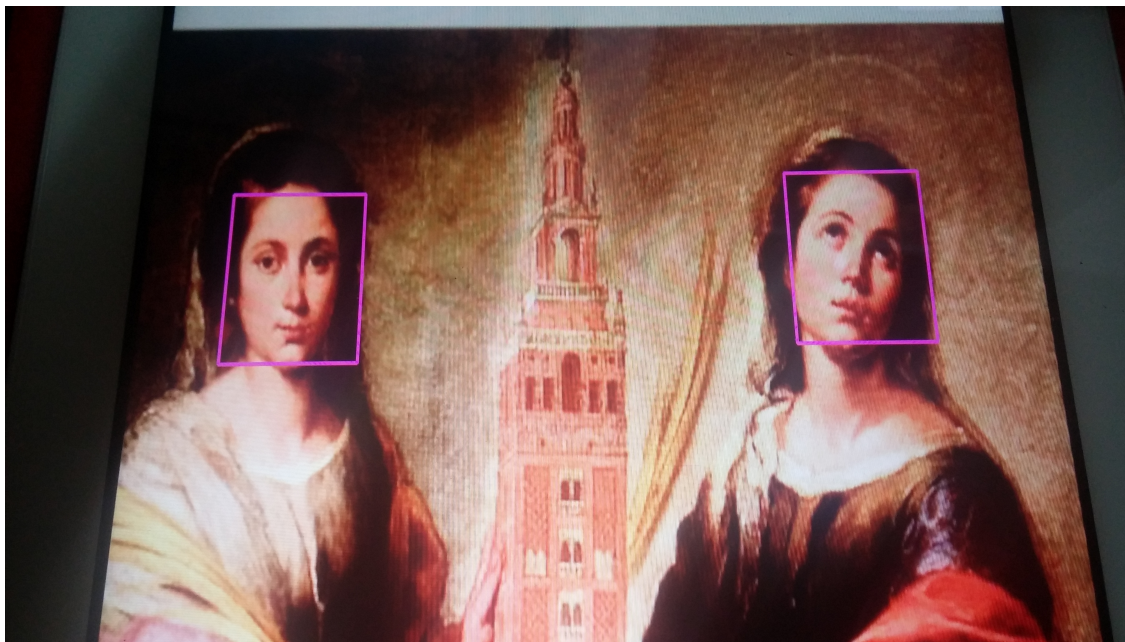
Con el artista que mas ha fallado ha sido con Van Gogh, lo cual era de suponer al ser estilo posimpresionismo, pero incluso en sus retratos el porcentaje es bastante elevado ya que solo han fallado rostros con barba, el resto los ha detectado correctamente.



En la mayoría de cuadros de El Greco aunque detectaba los rostros perfectamente de los retratados confundía partes del cuadro con caras:



Por último, indicar que incluso en retratos donde existían mas de un personaje la detección de rostros ha sido perfecta como puede verse a continuación:



Conclusiones

En este proyecto de investigación se ha intentado comprobar la utilidad de las técnicas actuales de reconocimiento facial a través de la visión por computador, en entornos museísticos.

En la planificación del proyecto aparte de la detección de rostros sobre Cuadros, se pretendía posteriormente implementar un módulo de reconocimiento facial a través de PCA (Principal Component Analysis), pero esta labor debido a que no pensé que me costase tanto entender el funcionamiento de las OpenCv, y mi desconocimiento del lenguaje Objective C donde he tenido que pasar muchísimas variables de C++ y ha hecho que no complete esta parte de la investigación que estaba planeada en primer momento a tiempo para la entrega final, aunque seguiré desarrollando la aplicación ya que mi intención es crear con ella una aplicación didáctica.

Sobre la funcionalidad de las técnicas actuales de detección de rostros en cuadros queda patente que el porcentaje de acierto es muy elevado. Los fallos vienen dados de los problemas ya conocidos cuando se ha aplicado esta técnica sobre fotografías o rostros humanos y que son derivados de la variación de poses, iluminación o distintas expresiones faciales, pero a su vez en este campo existen otros factores como son el encontrar una base de datos fiable con retratos de la misma persona pintados por el mismo o diferentes artistas o el conocer las características de los estilos de cada artista en las diferentes épocas, algo que ha quedado vigente al realizar las pruebas sobre los cuadros posimpresionistas de van gogh.

Aun queda mucho camino en este campo por recorrer, pero debido a los múltiples usos que se pueden sacar de estas técnicas aplicadas a museos queda mas que patente que merece la pena seguir investigando en este apasionante campo.

Referencias

1. **Autores:** L. Sirovich, M. Kirby.
Título: low-dimensional procedure for the characterization of human faces
Lugar de publicación: Journal of the optical society of America a-optics image science and vision
Fecha: 1987.
2. **Autores:** Roberto Brunelli , T. Poggio.
Título: Face recognition: features versus templates.
Lugar de publicación: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
Fecha: 1993.
3. **Tipo de recurso:** Artículo.
Autores: B. Moghaddam, A. Pentland.
Título: Probabilistic Visual Learning for Object Representation.
Lugar de publicación: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.
Fecha: 1997.
4. **Autores:** F. Chen, H.-Y.M. Liao, J.-C. Lin, C.-C. Han.
Título: Why recognition in a statistics-based face recognition system should be based on the pure face portion: a probabilistic decision-based Prof.
Lugar de publicación: PATTERN RECOGNITION.
Fecha: 2001.
5. **Autor:** Luis Torres.
Título: Is there any hope for face recognition?.
Lugar de publicación: Proc. of the 5th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, WIAMIS 2004.
Fecha: 2004.
6. **Autores:** W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, A.Rosenfeld.
Título: Face Recognition: A Literature Survey.
Lugar de publicación: ACM Computing Surveys (CSUR).
Fecha: 2003.
7. **Autores:** R. Gross, S. Baker, I. Matthews, T. Kanade.
Título: Face recognition across pose and illumination.
Lugar de publicación: HANDBOOK OF FACE RECOGNITION (Libro).
Fecha: 2005.
8. **Autores:** J. Ruiz-del-Solar, P. Navarrete.
Título: Eigenspace-based face recognition: a comparative study of different approaches.
Lugar de publicación: IEEE transactions on systems man and cybernetics part c-applications and reviews.
Fecha: 2005.

9. **Autores:** P. Sinha, B. Balas, Y. Ostrovsky, R. Russell.
Título: Face recognition by humans: Nineteen results all computer vision researchers should know about.
Lugar de publicación: PROCEEDINGS OF THE IEEE.
Fecha: 2006.

10. **Autores:** L. Sirovich, M. Meytlis.
Título: Symmetry, probability, and recognition in face space.
Lugar de publicación: Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America.
Fecha: 2009.

11. **Autores:** Bettye Miller, Conrad Rudolph, Amit Roy-Chowdhury, Jeanette Kohl.
Título: Research on Application of Face-recognition Software to Portrait Art Shows Promise.
Lugar de publicación: Targeted News Service.
Fecha: 2013.

12. **Autores:** Ramya Srinivasan , Amit Roy-chowdhury , Conrad Rudolph , Jeanette Kohl.
Título: Recognizing the Royals- Leveraging Computerized Face Recognition for Identifying Subjects in Ancient Artworks.
Lugar de publicación: ACM.
Fecha: 2013.