

Capítulo 7. Conclusiones y trabajo a futuro.

En este proyecto se analizaron varios trabajos y métodos existentes para estudiar sus ventajas y elegir los que se determinaron más eficientes. Esto ayuda a conocer el marco teórico del problema a resolver, el cual representó un reto.

7.1 Conclusiones

Para llegar al final de este trabajo de tesis, se fueron ejecutando diferentes etapas, en los cuales se realizaron una secuencia de pasos para la investigación. Cada paso dejó muchos conocimientos y experiencia en el uso de los métodos.

Los resultados obtenidos dan una muestra del uso de procesamiento de imágenes integrando anotaciones ontológicas, las cuales fueron aplicadas de forma práctica. La ontología permite refinar las búsquedas, lo que ocasiona poder encontrar imágenes similares y relevantes para las consultas. En este trabajo se ven aplicados los conocimientos que se fueron adquiriendo a través de la investigación, al analizar métodos y sistemas de recuperación de imágenes existentes, para resolver el problema definido y cumplir con el objetivo de esta tesis.

Se cumplieron cada uno de los objetivos específicos que se definieron al inicio, especificados en el Capítulo 1.

- Se analizaron las características de algunos sistemas actuales de recuperación de información, para así conocer los métodos y técnicas que utilizadas en procesos como extracción de características, indexación de las imágenes y la comparación entre imágenes para llevar a cabo el proceso de recuperación. Para cumplir este objetivo, se analizaron también diferentes métodos para la representación de forma, que es el enfoque de esta tesis. Se evaluaron las ventajas y desventajas de estas técnicas, para poder seleccionar aquellas que arrojaron buenos resultados y fueran fáciles de implementar. En esta etapa de la investigación, se adquirieron los conocimientos de varios métodos así como las ventajas y desventajas que presentan en su aplicación. En los Capítulos 1, 2 y 3 se realizó un análisis breve de sistemas actuales de recuperación de información y de algunas técnicas de representación de forma respectivamente, se describieron sus las características, ventajas y desventajas que sirviendo de base para elegir aquellas técnicas a seguir en este trabajo.
- Se seleccionaron algunas técnicas que fueron analizadas, que presentaron las características necesarias para su óptima integración al modelo de indexación, como es facilidad, sencillez, rapidez y eficiencia en su ejecución. Partiendo del análisis realizado, se optó por elegir y combinar algunas técnicas que presentan las características buscadas y obtienen buenos resultados al aplicarlas. Como se especificó en el Capítulo 3, se eligió la

técnica de evolución de la curva, que permite reducir la información irrelevante combinándola con la técnica de representación de espacio tangencial, que permite manejar fácilmente la gráfica que define y que representa a la curva del objeto.

- Se especificó una técnica de descripción de semántica, que representa a los objetos de una imagen, por medio de una estructura ontológica. Para definir esta estructura, se analizaron las características y ventajas que presenta el uso de ontologías para la clasificación y representación de semántica y como podía ayudar en la recuperación de imágenes. Este análisis se encuentra en el Capítulo 4. También se define una secuencia de pasos, en donde se describe como crear una estructura ontológica. Se creó una estructura ontológica, que es utilizada en la recuperación de imágenes, a partir esta secuencia de pasos.
- Se diseñó un método híbrido, que integra características de bajo nivel, como son la forma y el color de la imagen, con características de alto nivel como es la semántica que define la imagen. El modelo se describe en el Capítulo 5. Se explica como se implementaron las técnicas elegidas, la secuencia que deben tener éstas para su correcta ejecución, la manera en como realiza la comparación por color y como se integra la estructura ontológica. Esta estructura se definió en forma de árbol, para facilitar el proceso la recuperación de imágenes, especificando la semántica que previamente fue asignada en imágenes para clasificarlas dentro de la estructura. Para la comparación por color, se trabajó con el sistema RGB, el cual se dividió en 8 rangos de igual tamaño para cada canal, facilitando y reduciendo el tiempo de comparación de todo el rango de colores del sistema RGB (0-255).
- Se realizó la implementación del modelo híbrido propuesto y así como también algunas pruebas para medir grado de precisión y la evaluación de los resultados obtenidos. El modelo se evaluó, utilizando las técnicas de representación de formas sin utilizar la estructura ontológica, con lo que se obtuvieron resultados buenos aunque no muy precisos. También se evaluó usando anotaciones ontológicas, obteniendo mejores resultados, con lo que se demostró, que el modelo híbrido propuesto, cubrió el objetivo general y cada uno de los objetivos específicos.
- Publicación de un artículo sobre el modelo implementado. Se realizó un artículo sobre el modelo híbrido de indexación, el cual fue aceptado para su publicación en el Primer Encuentro de Estudiantes en ciencias de la Computación E2C2 [95].

La principal aportación de este trabajo, a nivel conceptual es la propuesta de un modelo híbrido de indexación de formas, basado en características de bajo nivel y en semántica descriptiva. Las evaluaciones del modelo, muestran que la combinación de las técnicas de representación de formas, evolución de la curva y función de espacio tangencial, obtienen buenos resultados, además de ser fáciles de implementar. Cada técnica en particular, fue

evaluada para definir la configuración con la que trabajaría mejor. Además se probó que el uso de la estructura ontológica, puede ser muy eficiente a la hora de clasificar imágenes en base a su significado semántico. La estructura de árbol ontológico resultó ser un gran apoyo para la recuperación, ya que provee mejores resultados en las consultas especificadas, demostrando su eficiencia en la clasificación de la semántica de la imagen.

A un nivel práctico, se obtuvo un prototipo del modelo híbrido propuesto, donde se codificaron las técnicas de representación de forma que se eligieron, la técnica de comparación por color y la estructura ontológica.

- Se realizó el análisis sobre las técnicas y métodos existentes, para elegir aquellos que presentaron mayores ventajas en su uso e implementación.
- Se definió la jerarquía de la estructura ontológica, especificando varios dominios pequeños para la evaluación del funcionamiento del modelo.
- Se especificó la secuencia de pasos para el uso de las técnicas de representación de forma para la recuperación de imágenes.
- Se implementó el modelo propuesto mediante un software.

Aunque en la evaluación algunos resultados obtenidos no son del todo satisfactorios. El trabajo realizado como ya se mencionó, establece una base para futuras extensiones y complementos en esta investigación.

7.1.1 Modelo híbrido de indexación de imágenes.

7.1.1.1 Comparación de color

Como se vio en las evaluaciones y pruebas, la comparación de color por consulta visual, usando un histograma segmentando el rango RGB en 8 segmentos, permitió realizar las búsquedas de forma más sencilla y rápida, reduciendo el número de comparaciones de 768 a sólo 24 para cada imagen. Mientras menos segmentos se tengan, sería más rápida la comparación y habría más imágenes recuperadas, ya que van a coincidir en un mismo rango, aún teniendo tonos muy diferentes.

La desventaja que tiene éste método, es que una pequeña variación de una unidad en cualquier canal RGB, varía los resultados de las imágenes recuperadas

En la comparación de color en una consulta de texto la ventaja que existe también es la facilidad en la búsqueda, ya que se recuperan sólo las imágenes que contienen el nombre del color especificado.

Otra desventaja que se presenta es que el número de colores posibles está limitado sólo a 6. Al igual que el otro método de comparación de color, las pequeñas variaciones en cualquier canal pueden afectar la clasificación del color.

7.1.1.2 Comparación de forma

Con las pruebas realizadas, para la evolución de la curva, se escogió un número adecuado, que no fuera muy alto ni tampoco pequeño por los problemas que se explicaron en la evaluación del modelo en el Capítulo 6. El tamaño elegido fue de 50 segmentos, resultando ser óptimo para distinguir el objeto a partir de la curva evolucionada. Este proceso se realiza de una forma rápida, ya que las operaciones realizadas son sencillas y fáciles de ejecutar.

La importancia en este paso, la tiene como ya se mencionó en el Capítulo 5, la asignación correcta de la medida de relevancia, que nos lleva a la obtención de una curva representativa del contorno de la imagen original, eliminando la información irrelevante. Lo cual representa una ventaja para el tiempo de procesamiento, al manejar menor cantidad de información.

La representación de la gráfica de la función de espacio tangencial, se forma fácilmente partiendo de la curva evolucionada. Al tener una cantidad pequeña de segmentos, como es 50, se tienen el mismo número de escalones. Se realiza una cantidad pequeña de comparaciones, entre cada par de imágenes, lo que representa una ventaja, además de tener una eficiente recuperación.

La desventaja que puede presentarse en la comparación de formas durante la recuperación, es que imágenes parecidas a simple vista, que varían en su forma, pueden tener una distancia mayor, aunque mínima, que la comparación con otra imagen que contiene un objeto no tan similar a simple vista y la cual tienen una distancia menor que la otra imagen más similar. Por ejemplo, sin utilizar términos ontológicos, si queremos recuperar las imágenes que tienen un triángulo, esperamos obtener todas las imágenes que contengan triángulos. Las diferencias que presenten los triángulos entre sí, como el tamaño de la altura o de la base, pueden afectar el orden de recuperación de las imágenes que a nuestro criterio deben tener. Por ejemplo se puede obtener la imagen de un trapecio antes que la de algún triángulo. Esto puede ocurrir con cualquier imagen donde las distancias determinan, la similitud en la forma de las imágenes.

7.1.2 Comparación de anotaciones ontológicas

El uso de anotaciones ontológicas añade muchas ventajas a la recuperación de información. La ventaja se puede observar en que la búsqueda se enfoca en una cantidad reducida de imágenes relacionadas con el término que se especificó, disminuyendo el tiempo de búsqueda, ya que no se pierde tiempo en buscar en toda la colección de imágenes. Solamente se busca entre las imágenes clasificadas en la categoría del término relacionado.

La desventaja que se tiene es que en una consulta por imagen, la clase que se determina que pertenece la imagen a buscar, puede ser incorrecta por las variaciones que tienen las formas de los objetos, como se vio anteriormente en las conclusiones de la comparación de formas. En

el peor de los casos, en el conjunto de las imágenes recuperadas aparecerían imágenes en las primeras posiciones, que a nuestra vista no sean tan similares a la consulta que se especificó, sin embargo, en las demás posiciones se tendrán las imágenes que si corresponden al conjunto de imágenes que se deben recuperar.

7.1.3 Comparación del modelo con prototipos existentes.

En el capítulo 2 se analizaron algunos métodos para la recuperación de información basados en contenido, algunos de ellos se muestran en la Tabla 7.1, también se encuentra el modelo de indexación propuesto en este trabajo de tesis.

Tabla 7.1: Comparación de algunos métodos analizados en el Capítulo 2 y el modelo de indexación que se propone en esta tesis.

| | Uso de semántica a nivel de objeto | Basado en Formas | Basado en color | Basado en textura |
|---------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Métodos probabilísticos | Si | No | Si | No |
| Métodos basados en color | No | No | Si | Si |
| Métodos jerárquicos de texto | Si | No | Si | No |
| Lógica Difusa | No | No | Si | No |
| Modelo de indexación propuesto | Si | Si | Si | No |

Los métodos que se estudiaron tienen diferencias en la forma de comparación de imágenes. Los métodos que manejan la semántica de las imágenes pueden presentar mayor exactitud en la recuperación de formas, ya que la recuperación se hace basándose en un criterio común. La desventaja de los métodos probabilísticos es que su recuperación es una aproximación y no un dato preciso, ya que se basa en probabilidades. Su ventaja es que su jerarquía de nodos, permite compartir probabilidades, que al ser correctas, se comparte a los correspondientes niveles inferiores. Este método no utiliza las formas como método de extracción de características.

Los métodos analizados que se basan en color, hacen la comparación de color y textura. La desventaja que presentan, es que el nombre del color no se puede relacionar con el objeto de alguna imagen, lo que re presenta una desventaja. Es necesario tener un dominio muy específico que se pueda definir por medio del color, para recuperar las imágenes correctamente.

Los métodos jerárquicos de texto, utilizan la semántica para recuperar imágenes en base a categorías definidas por palabras claves, las cuales describen el contenido de las imágenes. Para no tener problemas de almacenamientos, estos términos se limitan a un dominio predefinido y subjetivo.

Los métodos que utilizan la lógica difusa funcionan mejor en métodos de clasificación de imágenes. En base al histograma de colores se asignan pesos a las imágenes clasificándolas con variables de inferencia difusa. Este método es muy eficiente cuando se tienen una gran cantidad de apariciones de alguna imagen, se restringe a un dominio de imágenes del mismo tipo.

En algunos trabajos la semántica se asigna no en base a métodos de extracción de características de bajo nivel sino por criterios humanos. Otros se basan en datos estadísticos, donde la semántica se asigna de acuerdo a casos recuperados anteriormente que tienen las mismas estadísticas. Éste puede ser un método fácil y rápido de recuperación pero puede ser ineficiente si las estadísticas no corresponden a un mismo objeto. También se enfocan a distinguir semántica en cuanto al tipo de imagen que se esta comparando y no de acuerdo al objeto que lo contiene. Los métodos probabilísticos siempre recuperan aproximaciones y no aseguran resultados precisos. El modelo que se propone y desarrolla en esta tesis, hace uso de la semántica a nivel de objeto, recuperando forma y color de las imágenes. Se define un dominio y se clasifica previamente, las imágenes predefinidas se clasifican en las categorías, extrayendo los vectores de características de bajo nivel. La ventaja que presenta es la recuperación de imágenes, basándose en la extracción automática de características de bajo nivel y en base a las categorías definidas a las que pertenece. La desventaja que presenta es que con algunas variaciones en las imágenes, se pueden recuperar imágenes que representen menor distancia de similitud para el modelo, pero que a simple vista no se traten de objetos similares. Para extender las categorías de la clasificación se ocuparía mas espacio en memoria para almacenar los vectores de características de color y forma de cada imagen.

7.2 Trabajo a futuro

A continuación se presenta lo que se puede considerar como posible trabajo a futuro para extender y complementar esta tesis de investigación.

- Utilizar métodos de pre-procesamiento de imágenes, para extraer el objeto de la imagen, tener mayor control del procesado de la imagen y no utilizar otras herramientas de procesamiento.
- Trabajar con imágenes más complejas que contengan varios objetos en la imagen y no necesariamente con un fondo plano, como se plantea en esta tesis. Utilizar tal vez, métodos de segmentación y procesar las regiones para encontrar y clasificar los objetos en la imagen.
- Complementar este trabajo con soluciones más sofisticadas. Trabajar con más descriptores de imágenes, como textura u ofrecer otra técnica de comparación de color basándose en sistemas como CMYK, YUN, HUE, IQ, etc. y no necesariamente trabajar con el método de histograma.

- Extender la estructura ontológica para abarcar un dominio más completo, aumentando el número de características, datos de las imágenes. Probar otras estructuras ontológicas más complejas.

Las posibilidades pueden ser muchas, para el crecimiento de este modelo propuesto. En el campo de procesamiento de imágenes, siempre hay mejoras que se pueden integrar, para crear un sistema capaz de obtener resultados más exactos de una manera eficiente.