

<b>Universidad</b>	Universidad Tecnológica de Pereira
<b>Programa Académico</b>	Ingeniería de Sistemas y Computación
<b>Nombre del Semillero</b>	JointDeveloper
<b>Nombre del Grupo de Investigación</b>	Sirius
<b>Línea de Investigación</b>	Visión por computador
<b>Nombre del Tutor del Semillero</b>	John Haiber Osorio Ríos
<b>Email Tutor</b>	john@sirius.utp.edu.co
<b>Título del Proyecto</b>	Método propuesto para hallar correspondencias entre imágenes usando hipergrafos
<b>Autores del Proyecto</b>	Leiver Andrés Campeón Benjumea Yensy Helena Gómez Villegas Julio Hernando Vargas Juan Sebastián Vega Patiño
<b>Ponente (1)</b>	Leiver Andrés Campeón Benjumea
<b>Documento de Identidad</b>	1088328826
<b>Email</b>	leiverandres@utp.edu.co
<b>Ponente (2)</b>	Juan Sebastián Vega Patiño
<b>Documento de Identidad</b>	1088325692
<b>Email</b>	sebasvega95@utp.edu.co
<b>Teléfonos de Contacto</b>	3204108508 - 3168702957
<b>Nivel de formación de los estudiantes ponentes</b>	Noveno (9) semestre
<b>Modalidad</b>	Ponencia <ul style="list-style-type: none"> <li>● Investigación en curso <b>X</b></li> <li>● Investigación terminada</li> </ul>
<b>Área de la Investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ciencias naturales</li> <li>● Ingenierías y tecnologías <b>X</b></li> <li>● Ciencias médicas y de la salud</li> <li>● Ciencias agrícolas</li> <li>● Ciencias sociales</li> <li>● Humanidades</li> <li>● Artes, arquitectura y diseño</li> </ul>

# Método propuesto para hallar correspondencias entre imágenes usando hipergrafos

Leiver Andrés Campeón Benjumea<sup>1</sup>, Yensy Helena Gómez Villegas<sup>2</sup>, Julio Hernando Vargas<sup>3</sup>, Juan Sebastián Vega Patiño<sup>4</sup>

## Resumen

Establecer correspondencias entre un par de imágenes es una pieza fundamental para muchas aplicaciones de *computer vision*. Este proyecto propone un algoritmo para solucionar el problema de correspondencias usando hipergrafos como estructura matemática que representa las imágenes. La construcción de los hipergrafos es hecha a partir de la triangulación de Delaunay realizada con el conjunto de características visuales extraídas de la imagen que se quiere comparar. Además se propone una medida de similitud que combina las propiedades geométricas de las hiperaristas y los descriptores SURF de los nodos que las componen. Con el algoritmo propuesto se obtuvieron buenos resultados con imágenes de prueba sometidas a diferentes transformaciones lineales.

**Palabras clave** hipergrafos, imágenes, correspondencia, *computer vision*

## Introducción

*Computer vision* es un campo interdisciplinario que analiza imágenes con el objetivo de interpretar y entender su contenido. Dentro de este campo se ha buscado simular, por medio de algoritmos, la capacidad del ojo humano para identificar patrones y relacionar características de diferentes imágenes. Esto ha mejorado la calidad de vida de las personas a través de aplicaciones como: Sistemas de control de tráfico [1], versiones de vehículos autónomos [2], reconocimiento de patrones en exámenes médicos [3], clasificación de imágenes [4], entre otras [5].

La tarea de hacer que una computadora relacione características de un par de imágenes se conoce como el problema de correspondencias (*Image Matching*), el cual ha sido estudiado utilizando diversas técnicas que abordan la solución como lo son: El método de correspondencia basado en descriptores SIFT (Scale Invariant Feature Transform) [6], el método espectral [7] y los métodos basados en grafos [8]; sin embargo algunos algoritmos implementados resultan no ser suficientemente buenos debido a la cantidad de variaciones que sufren las imágenes (iluminación, contraste, ángulo de captura) [9]; en este proyecto de investigación se plantea el uso de hipergrafos [10] para dar solución al problema de correspondencias y analizar los resultados ante diferentes variaciones.

## Planteamiento del problema

Uno de los problemas fundamentales en *computer vision* es, dados los puntos característicos de dos imágenes, encontrar una relación entre ambos conjuntos que maximice una medida de

---

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Pereira. Email: leiverandres@utp.edu.co

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de Pereira. Email: yensy@sirius.utp.edu.co

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Pereira. Email: jhvargas@utp.edu.co

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica de Pereira. Email: sebasvega95@utp.edu.co

similitud. Para realizar esta tarea se ha recurrido a diferentes estructuras matemáticas como tensores [11], grafos [7], y recientemente hipergrafos [12]. Los hipergrafos son útiles para modelar situaciones en las cuales existen muchas relaciones entre los objetos que componen el problema; y ya que las imágenes contienen elementos que guardan exactamente este tipo de relaciones internas, estos pueden ser utilizados como representaciones adecuadas [13], lo que permite reducir un problema a una correspondencia entre hipergrafos; obteniendo resultados más consistentes que otros métodos.

Teniendo en cuenta que los hipergrafos han sido aplicados en varios algoritmos de visión por computador, mostrando buenos resultados [14] [15] [16] ¿Será posible proponer e implementar un algoritmo para hallar correspondencias entre dos imágenes usándolos, que sea invariante ante transformaciones de escalamiento, rotación y traslación?

### **Justificación**

Las cámaras están en todas partes, desde los teléfonos móviles hasta centros médicos con el propósito de monitorear y generar datos. Dotar a las máquinas de capacidad para entender la gran cantidad de escenas que se registran todo el tiempo es uno de los principales objetivos de la industria y la academia. En los últimos años aplicaciones basadas en tratamiento de imágenes y en general de productos del campo de visión por computador se han convertido en parte cotidiana en nuestras sociedades que mejoran la calidad de vida de muchos y expanden nuestras capacidades.

Para los humanos encontrar similitudes entre escenas es una acción que se realiza permanentemente y que requiere muy poco esfuerzo, sin embargo para una computadora es una tarea difícil debido a aspectos como: cambios significativos del punto de vista, cambios de iluminación, texturas difíciles de diferenciar, sobreposición de los objetos, entre otros; por ello es importante seguir explorando opciones que mejoren las propuestas hechas hasta el momento, soluciones que obtengan un mejor rendimiento o sean más precisas en casos particulares.

### **Objetivos**

Objetivo general:

Proponer e implementar un algoritmo que solucione el problema correspondencia entre imágenes usando hipergrafos, que sea invariante ante escalamiento, rotación y traslación.

Objetivos específicos:

- Investigar el estado del arte de los algoritmos de correspondencia.
- Modelar un algoritmo de correspondencia de imágenes invariante a escalamiento, rotación y traslación.
- Analizar las pruebas de desempeño del algoritmo ante diferentes transformaciones sobre imágenes.

### **Referente teórico**

La estrategia que utiliza el algoritmo es plantear el problema de correspondencia entre imágenes como una correspondencia entre hipergrafos. La teoría de los hipergrafos es amplia, pero para esta aplicación basta con verlos como un conjunto de relaciones entre elementos (comúnmente llamados nodos). Estas relaciones pueden ser de orden arbitrario, pero se elegirán triplas. Para construir el hipergrafo, necesitamos tanto de los nodos como de las relaciones (denominadas hiperaristas).

Para hallar los nodos se utiliza el algoritmo *Speeded up robust features* (SURF), que obtiene un conjunto de puntos que caracterizan la imagen, y para cada uno de estos puntos asocia un vector que lo describe [17]. Así, cada uno de los puntos hallados por SURF será un nodo del hipergrafo.

Se han elegido triplas como hiperaristas porque una tripla de puntos no colineales corresponde a un triángulo; así que para construir las relaciones entre nodos basta con calcular una triangulación de los puntos característicos de la imagen y tomar cada triángulo como una hiperarista. Se elige la triangulación de Delaunay al tener propiedades que la hacen única si se mantiene la posición general de los puntos [18]; como es el caso al rotar, trasladar o escalar la imagen. La correspondencia entre las hiperaristas es entonces equivalente a encontrar los triángulos más similares entre las dos imágenes, y luego relacionar los puntos de estos triángulos uno a uno. Para hallar la similitud entre los triángulos se utilizan propiedades geométricas y los descriptores proporcionados por SURF.

### **Metodología, enfoque y tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo exploratorio debido a que se no conocen soluciones definitivas al problema de correspondencia entre imágenes y el campo de visión por computador está abierto a nuevos algoritmos o mejoras a los propuestos hasta ahora.

Para cumplir con el objetivo del proyecto en primer lugar se debe comprender la teoría básica sobre hipergrafos y el estado del arte del problema de correspondencia, para lo cual se recolectan artículos relacionados con el tema, usando las bases de datos a las cuales la Universidad Tecnológica de Pereira está suscrita tales como: IEEE Xplore, Springer, ACM Digital Library. Además de revistas importantes de visión por computador como CVPR.

Una vez el problema está lo suficientemente documentado se procede a formular una solución alternativa a las actuales, para lo cual otros enfoques al problema pueden constituir un apoyo importante. El propósito de este proyecto no es realizar comparativas con otras soluciones de otros autores ni determinar qué solución tiene mejor desempeño.

Finalmente se realizan pruebas con diferentes conjuntos de imágenes que presenten transformaciones como: escalamiento, rotación y traslación; esto con el objetivo de analizar el desempeño de la solución propuesta. Es necesario documentar toda clase de parámetros que afecten los resultados de la pruebas.

### **Resultados esperados**

Anteriormente se mencionó que para realizar la correspondencia entre las imágenes, se debía encontrar una medida de similitud entre triángulos y aplicarla a la triangulación de los puntos característicos de las mismas. La medida de similitud usada consta de tres partes:

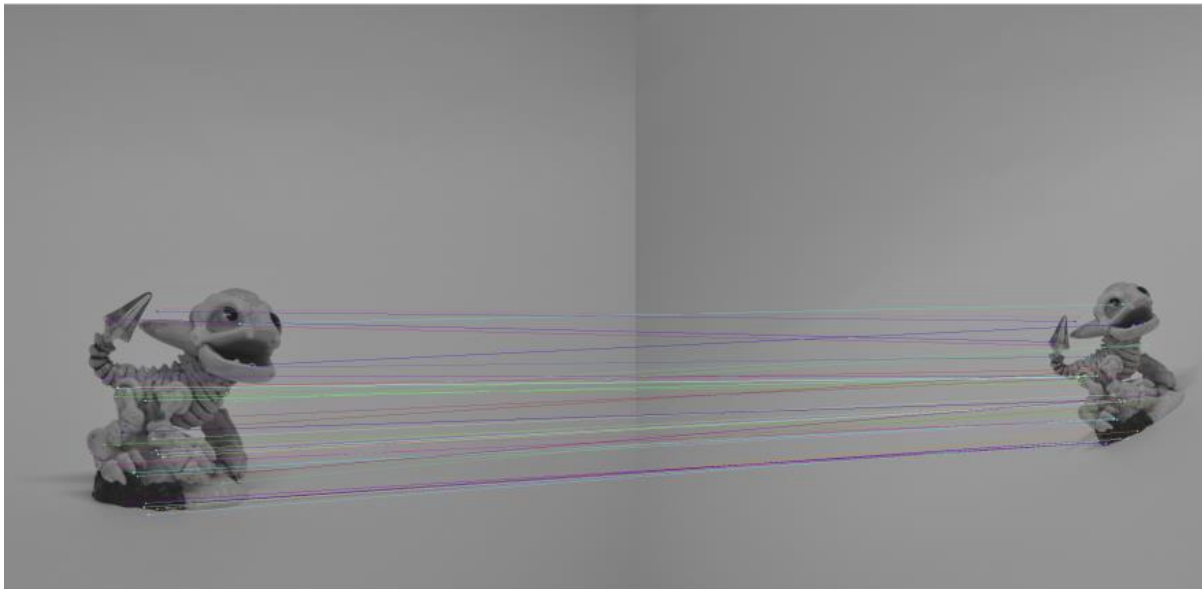
- Similitud de los ángulos
- Similitud de los lados
- Similitud de los descriptores

La similitud de los ángulos consiste en promediar la diferencia del seno de los ángulos correspondientes de cada triángulo. La similitud de los lados es la desviación estándar entre las razones de los lados correspondientes de los triángulos. La similitud de los descriptores es la media entre distancia euclidiana entre los vectores proporcionados por SURF para los

puntos correspondientes de cada triángulo.

Finalmente, a cada similitud se le aplica la función exponencial decreciente y se realiza un promedio ponderado entre ellas; obteniendo un valor entre 0 y 1 que mide qué tan similares son dos triángulos.

Relacionando los triángulos que maximizan esta medida de similitud se han obtenido unos buenos resultados con algunas imágenes de prueba:



### **Conclusiones**

- Abstractar el problema de la correspondencia por medio de hipergrafos simplifica la implementación de algoritmos al ser más fácil trabajar con esta estructura matemática que directamente sobre la matriz de valores RGB de las imágenes.
- Calcular la triangulación de los puntos característicos de las imágenes es un método prometedor en algoritmos de *computer vision* debido a sus propiedades y a su invariabilidad ante transformaciones comúnmente encontradas en el mundo real; como lo son la rotación, la traslación y el escalamiento.

### **Impactos**

Una solución al problema de correspondencia constituye un aporte importante, debido a que hallar similitudes entre imágenes es un paso obligatorio para algoritmos como: reconstrucción de imágenes y escenas 3D, registro de movimiento, generación de imágenes de alto rango dinámico, seguimiento de objetos y muchos otros.

### **Bibliografía**

- [1] D. A. Forsyth y J. Ponce, *Computer Vision: A Modern Approach: A Modern Approach*. Pearson Higher Ed, 2015.
- [2] N. A. Stanton y M. S. Young, «Vehicle automation and driving performance», *Ergonomics*, vol. 41, n.º 7, pp. 1014-1028, 1998.
- [3] Y. Xie, M. D. Cham, C. Henschke, D. Yankelevitz, y A. P. Reeves, «Automated

- coronary artery calcification detection on low-dose chest CT images», en *Medical Imaging 2014: Computer-Aided Diagnosis*, 2014.
- [4] J. Yu, D. Tao, y M. Wang, «Adaptive hypergraph learning and its application in image classification», *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, n.º 7, pp. 3262-3272, jul. 2012.
- [5] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [6] D. G. Lowe, «Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints», *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 60, n.º 2, pp. 91-110, 2004.
- [7] M. Leordeanu y M. Hebert, «A spectral technique for correspondence problems using pairwise constraints», en *Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05) Volume 1*, 2005.
- [8] D. Conte, P. Foggia, C. Sansone, y M. Vento, «THIRTY YEARS OF GRAPH MATCHING IN PATTERN RECOGNITION», *Int. J. Pattern Recognit Artif Intell.*, vol. 18, n.º 03, pp. 265-298, 2004.
- [9] N. Pinto, D. D. Cox, y J. J. DiCarlo, «Why is real-world visual object recognition hard?», *PLoS Comput. Biol.*, vol. 4, n.º 1, p. e27, ene. 2008.
- [10] A. Bretto y L. Gillibert, «Hypergraph-Based Image Representation», en *Lecture Notes in Computer Science*, 2005, pp. 1-11.
- [11] O. Duchenne, F. Bach, I.-S. Kweon, y J. Ponce, «A Tensor-Based Algorithm for High-Order Graph Matching», *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 33, n.º 12, pp. 2383-2395, dic. 2011.
- [12] M. Leordeanu, A. Zanzfir, y C. Sminchisescu, «Semi-supervised learning and optimization for hypergraph matching», en *2011 International Conference on Computer Vision*, 2011.
- [13] A. Bretto, *Hypergraph Theory: An Introduction*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [14] H. Zhang, B. Du, Y. Wang, y P. Ren, «A Hypergraph Matching Framework for Refining Multi-source Feature Correspondences», en *Lecture Notes in Computer Science*, 2015, pp. 108-117.
- [15] R. Zass y A. Shashua, «Probabilistic graph and hypergraph matching», en *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2008.
- [16] J. Lee, M. Cho, y K. M. Lee, «Hyper-graph matching via reweighted random walks», en *CVPR 2011*, 2011.
- [17] H. Bay, T. Tuytelaars, y L. Van Gool, «SURF: Speeded Up Robust Features», en *Lecture Notes in Computer Science*, 2006, pp. 404-417.
- [18] Z. Rahmati, V. King, y S. Whitesides, «Kinetic data structures for all nearest neighbors and closest pair in the plane», en *Proceedings of the 29th annual symposium on Symposium on computational geometry - SoCG '13*, 2013.