

## Herramientas de análisis de imágenes digitales para la visión artificial

Jorge Kamlofsky, María Lorena Bergamini

CAETI – Facultad de Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana

Av. Montes de Oca 745. Ciudad de Buenos Aires

(+54 11) 43015323; 43015240 ; 43015248

[Jorge.Kamlofsky@uai.edu.ar](mailto:Jorge.Kamlofsky@uai.edu.ar); [Maria.Bergamini@uai.edu.ar](mailto:Maria.Bergamini@uai.edu.ar)

### Resumen

La visión artificial por reconocimiento de formas permite identificar, contar, clasificar, etc. Dependiendo de su posición, orientación y tamaño, un objeto puede generar millones de imágenes diferentes, lo que dificulta su identificación. Por ello, los métodos de reconocimiento deben tener en cuenta estas transformaciones geométricas, focalizándose en los invariantes.

Las características topológicas de un objeto pueden estudiarse por medio del análisis de los bordes. Convexidad, concavidad, curvatura, puntos extremos, agujeros, circularidad son algunas de los rasgos que pueden detectarse siguiendo los puntos frontera del objeto.

Las formas se pueden identificar y clasificar definiendo sistemas de representación apropiados y métricas acordes, que pretenden ser de fácil y económica generación y manejo, a fin de utilizarse en tiempo real.

**Palabras clave:** Topología digital, visión artificial, invariantes geométricos, reconocimiento de formas

### Contexto

El tema de investigación que abarca este proyecto está siendo estudiado por el grupo desde fines de 2011. Se desarrolla en el Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI), dependiente de la Facultad de Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana (UAI).

Los proyectos de investigación que se desarrollan en el CAETI se organizan en 5 líneas temáticas identificadas como prioritarias. El proyecto aquí presentado se enmarca en la línea prioritaria de Algoritmos y Software. Esta línea se orienta al diseño de software atendiendo el creciente aumento en la complejidad de las tareas a resolver, manteniendo calidad, tiempos y costos controlados. También se interrelaciona con proyectos de la línea prioritaria Automatización y Robótica. En esta línea se combinan mecánica, electrónica, física, informática, control, e inteligencia artificial para diseñar y manufacturar sistemas robóticos que puedan sustituir al ser humano en ciertas tareas.

### Introducción

El reconocimiento visual de objetos es una capacidad básica con la que cuentan los organismos más desarrollados. La identificación de patrones usando visión permite realizar tareas como clasificación,

vigilancia, manipulación, selección, navegación, etc. El avance de los desarrollos tecnológicos permitió que esta capacidad se incorpore a dispositivos robóticos diseñados para fines específicos en una amplia variedad de aplicaciones que van desde la asistencia en la industria hasta el desempeño de tareas hogareñas.

La visión artificial en estos dispositivos cuenta con un sistema automatizado de reconocimiento por extracción de rasgos característicos de un objeto, que luego se comparan con una base de datos o con la información aprendida por el sistema incorporado. Una dificultad que surge en la práctica es que el objeto observado puede estar en cualquier posición, con cualquier nivel de brillo y de iluminación, o parcialmente oculto, lo que podría incidir negativamente en la comparación con la base almacenada. Existen investigaciones y avances en el desarrollo de metodologías de reconocimiento que tienen en cuenta estas variantes y responden con buenas tasas de precisión en condiciones controladas. El desafío es mejorar los procedimientos involucrados en visión artificial para lograr desempeños correctos en situaciones de la vida real. Y esto no sólo supone el reconocimiento exitoso, sino la respuesta pronta en dicha tarea, para adecuarse a implementaciones en tiempo real.

El desarrollo de nuevas tecnologías de análisis de imágenes abre nuevas ventanas a los procesos de automatización: identificación, conteo y/o seguimiento de objetos en movimiento, dactiloscopia, diagnóstico médico por imágenes, etc. Dado que las imágenes digitales, sobre todo en secuencias de tiempo real, involucran una alta cantidad de información digital, no es razonable aplicar métodos basados en análisis pixel a pixel, que requerirían tiempos computacionales incompatibles con el

tiempo real. Es fundamental el diseño de algoritmos optimizados que puedan realizar tareas de reconocimiento de objetos manejando eficientemente la mínima información necesaria de la imagen.

El desarrollo de herramientas de soporte para la detección automática de objetos en tiempo real es un área que se ve favorecida por el crecimiento de la capacidad computacional, que permite alta velocidad de procesamiento y el aumento del poder de almacenamiento. En general, los algoritmos se estructuran en dos fases: aprendizaje y testeo. Se han desarrollado diversas estrategias para cada una de estas fases. Sin embargo, ningún algoritmo para reconocimiento de objetos es 100% preciso y óptimo [13].

Una noción importante en visión artificial es similaridad de forma. Se han definido medidas de similaridad entre formas para aplicar en algoritmos basados en aprendizaje por entrenamiento. Muchos investigadores han propuesto medidas de similaridad, o distancias entre formas, que tienen en cuenta la distancia interna [8], partes visualmente significativas [7], entre otros.

En una imagen binaria, los puntos del objeto que son adyacentes al complemento constituyen el borde del mismo. En imágenes en escala de grises o en color, el borde se identifica con los puntos de máximo gradiente. Este subconjunto es de gran interés en el análisis de objetos dentro de imágenes, ya que muchas características del objeto (conexión, convexidad, dimensiones, agujeros, puntos angulosos, circularidad, partes rectas, etc.) pueden estudiarse por medio de su borde. El reconocimiento por análisis de bordes requiere eficientes procedimientos de extracción de características geométricas: curvatura, segmentos rectos y zonas de convexidad y concavidad. Estos procedimientos

deben ser suficientemente insensibles al ruido presente en imágenes reales, a fin de obtener resultados confiables.

El análisis de formas digitales fue abordado en [9] proponiendo la separación en partes convexas. El objeto se fragmenta en partes significativamente convexas, y se construye un grafo, donde los vértices representan cada una de las partes en que se dividió el objeto. Las aristas del mismo indican las adyacencias entre las partes convexas.

Una tarea central en geometría digital es el reconocimiento de rectas digitales [15]. Varios enfoques del análisis diferencial en geometría digital se basan en reconocimiento de segmentos de líneas rectas [1,6], o estimación de derivadas por convolución [11].

Un concepto clave en el estudio geométrico de imágenes digitales es el de curvatura. Varias generalizaciones de la definición de curvatura proveniente de geometría diferencial a la geometría digital han sido sugeridas. La definición de curvatura para curvas digitales ha dado lugar a diversos estimadores [2,4,10,14]. Varios de estos estimadores de curvatura se basan en medir segmentos digitales, lo cual es muy sensible a la presencia de ruido en la imagen. En [12] se trata el ruido en imágenes digitales mediante el concepto de segmentos borrosos. Este concepto se fundamenta en la noción de barra digital [5], que es una generalización de la definición de segmentos digitales.

Con estos conceptos, en [3] se propone un método de aproximación de curvas digitales por polígonos, y se define el patrón de evolución de curvatura discreta, lo que disminuye notablemente la cantidad de información a tratar al hacer la comparación de formas para su reconocimiento. Además, se propone una medida de similaridad de formas,

orientada al reconocimiento automático de objetos.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

El objetivo es generar conocimiento teórico y práctico en el área de análisis de imágenes. En el aspecto teórico se estudian cuestiones de geometría digital, definición, extracción y cálculo de características geométricas de objetos en una imagen digital. Desde el punto de vista práctico se pretende desarrollar algoritmos que permitan llevar a cabo reconocimiento automático y eficiente de objetos, para ser aplicados a sistemas de visión artificial.

En términos específicos, se profundiza el estudio de las características invariantes de una imagen digital frente a ciertas transformaciones geométricas. Estas invariantes se aplican para definir métodos de representación simplificada y medidas de similaridad.

Se estudian descriptores invariantes frente a transformaciones afines, es decir, descriptores independientes de la proporción.

Se definen medidas de similaridad relacionados con cada uno, o con ciertos conjuntos pertinentes de descriptores.

Los resultados teóricos obtenidos fundamentan un algoritmo de reconocimiento de objetos, que será diseñado e implementado para tal fin.

Finalmente, los algoritmos se implementarán en un sistema de visión artificial en tiempo real, para detectar ciertos objetos.

## **Resultados y Objetivos**

Se ha desarrollado un método de representación de formas para el reconocimiento eficiente de objetos. El método se basa en aproximar inicialmente

el borde de un objeto por un polígono y obtener luego una representación de la evolución de la curvatura (o patrón de giro) a lo largo de todo el contorno. Dicha representación simplificada permite realizar comparaciones entre curvas digitales simples, de modo de poder obtener una medida de similitud entre formas, como una distancia entre patrones de giro.

Un concepto central en la aproximación de formas por polígonos es el de segmento recto digital (SRD). Se han estudiado caracterizaciones algebraicas y sintácticas de SRD y de barras digitales (generalización del concepto de SRD).

La poligonalización inicial se lleva a cabo con un procedimiento basado en barras digitales. La aproximación sustituye conjuntos de puntos por segmentos rectos, cuando tales conjuntos tienen un ancho menor que cierta tolerancia.

A partir del polígono aproximante, se genera el patrón de giro, que involucra la idea de la evolución de la curvatura. Este patrón contiene toda la información necesaria para extraer características geométricas de la forma analizada, ya que resulta ser invariante frente a traslaciones, rotaciones, simetrías y escalado uniforme.

La invariancia frente a rotaciones se logra por la detección de la orientación de la forma.

Así, está bien definida la medida de similitud, como distancia entre patrones de giro.

## Formación de Recursos Humanos

Este proyecto se desarrolla bajo la dirección de la Dra. María Lorena Bergamini. Actualmente el equipo se completa con el investigador Licenciado Jorge Kamlofsky, la Licenciada Nora

Sarti, la Profesora Carina Hamilton y la Licenciada Luciana Klacherian.

La tesis de grado de Kamlofsky (2011) y la de Klacherian (2014), ambas para alcanzar el título de Licenciado/a en Matemática, se enmarcaron en esta línea de investigación.

Actualmente Kamlofsky está finalizando su tesis de maestría en Tecnología Informática, en UAI; y comenzará el doctorado en Ingeniería en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

## Referencias

- [1] Debled-Renneson I., Reveillès J.-P. A linear algorithm for segmentation of digital curves. *Int. J. Patt. Recogn. Artif. Intell.* 9 (4), pp. 635 – 662, 1995.
- [2] Hermann S., Klette R. A comparative study on 2D curvature estimators. *Int. Conference on Computing: Theory and Applications (ICCTA'07)*, pp. 584-589, 2007.
- [3] Kamlofsky, Jorge; Bergamini María Lorena. Patrón de Evolución de Angulo de Giro para el Reconocimiento de Objetos en Imágenes Digitales, JAIHO, 2013.
- [4] Kerautret B., Lachaud J.-O. Curvature Estimation along Noisy Digital Contours by Approximate Global Optimization. *Patt. Recogn.* 42(10), pp. 2265 – 2278, 2008.
- [5] Klette R., Rosenfeld A. Digital Straightness – a review. *Discrete Appl. Math.* 139, pp. 197-230, 2004.
- [6] Lachaud J-O., Vialard A., Vieilleville F. Fast, accurate and convergent tangent estimation on digital contours. *Image Vision Comput.* 25(10), pp. 1572–1587, 2007.

- [7] Latecki L. J., Lakämper R. Shape Similarity Measure Based on Correspondence of Visual Parts, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 22(10), pp. 1185-1190, 2000.
- [8] H. Ling H, Jacobs D.. Shape Classification Using the Inner-Distance, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 29(2), pp. 286-299, 2007.
- [9] Liu H. R., Liu W., Latecki L. J., Convex Shape Decomposition, *IEEE IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2010.
- [10] Liu H. R., Latecki L. J., Liu W. A Unified Curvature Definition for Regular, Polygonal, and Digital Planar Curves. *Int. J. Comput. Vis.* 80, pp. 104–124, 2008.
- [11] Malgouyres R., Brunet F., Fourey S. Binomial convolutions and derivatives estimation from noisy discretizations. In: Coeurjolly D., Sivignon I., Tougne L., Dupont F. (eds.) *Discrete Geometry for Computer Imagery*, LNCS, 4992, pp. 370-379. Springer, Heidelberg, 2008.
- [12] Nguyen T.P., Debled-Rennesson I. Curvature Estimation in Noisy Curves. In: Kropatsch W., Kampel M., Hanbury A. (eds.) *Computer Analysis of Images and Patterns*, LNCS, 4673, pp. 474-481, Springer, Heidelberg, 2007.
- [13] Prasad D. Survey of The Problem of Object Detection In Real Images. *Int. J. of Images Processing* 6 (6), pp. 441- 466, 2012.
- [14] Roussillon T., Lachaud J-O. Accurate Curvature Estimation Along Digital Contours With Maximal Digital Circular Arcs. In: Aggarwal J., Barneva R., Brimkov V. Koroutchev K., Korutcheva E. (eds.) *Combinatorial Image Analysis*. LNCS, 6636, pp. 43-55, Springer, Heidelberg, 2011.
- [15] Ucska-Wehlou H. Digital lines, Sturmian words and continued fraction. *Uppsala Dissertations in Mathematics* 65, 2009.