

Transformaciones geométricas para facilitar la identificación de objetos en imágenes digitales

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; Maria.Bergamini@uai.edu.ar

Resumen

La visión artificial por reconocimiento de patrones es un concepto que permite dar visión de mayor calidad, ver en tiempo real o bien dar visión artificial a dispositivos de menor capacidad tecnológica. Dependiendo de su posición, orientación o tamaño, un objeto puede generar millones de imágenes diferentes, lo que dificulta su identificación.

Las características distintivas de un objeto suelen encontrarse en los bordes del mismo. Allí se buscan detalles de sectores del borde que estén en la menor cantidad de objetos, de modo de hacer rápida la obtención de resultados.

Pero estos *patrones* del borde tienen relación con su ubicación dentro del borde del objeto, y también con la inclinación y escala del mismo. Dotando a una imagen digital de una topología y aprovechando las propiedades invariantes de la topología, se estudiará un algoritmo que mediante transformaciones geométricas específicas, obtenga una curva factible de ser comparada con formas estándares a fin de reconocer el objeto cuyo borde es tal curva.

Palabras claves

Topología Digital, Visión artificial, invariantes geométricos, reconocimiento de patrones.

Contexto

El proyecto presentado comenzó en agosto 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. Los proyectos de investigación que se desarrollan en el CAETI se organizan a lo largo de 5 líneas temáticas identificadas como prioritarias. El proyecto aquí presentado se enmarca en la línea prioritaria de Automatización y Robótica. La automatización y la robótica son ejes fundamentales dentro del desarrollo tecnológico, tanto por sus implicancias en los escenarios productivos como para el ciudadano común. Trabajar sobre estas áreas no sólo involucra desarrollar las habilidades que permiten obtener nuevo conocimiento, sino indagar campos adyacentes que colaboran para redefinir los alcances de esta actividad.

Introducción

El reconocimiento de patrones específicos para la identificación de un objeto dentro de una imagen hace que el proceso de visión artificial sea mucho más eficiente, permitiendo incrementar la calidad de visión, trabajar en tiempo real o bien reducir los requisitos tecnológicos para crear un sistema de visión. El desarrollo de esta tecnología abre nuevas

ventanas en los procesos de automatización: identificación y conteo de vehículos, seguimiento de objetos en movimiento, detección de fuego sin utilización de sensores de temperatura, diferenciación de formas humanas y animales en alarmas perimetrales, lectura de chapas patentes, dactiloscopia, diagnóstico médico por imágenes, etc.

Las aplicaciones de visión artificial se sostienen en el concepto matemático de Topología Digital (Eckhardt, Latecki, 2003). En este contexto se aplica el *Teorema de curvas de Jordan* en el plano digital, que afirma que toda curva simple cerrada contenida en un conjunto conexo separa al conjunto en dos subconjuntos: su interior o agujero y su complemento o fondo. Este Teorema requiere las nociones topológicas de vecindad, adyacencia, camino, conectividad, arco y curva. El Teorema de curvas de Jordan permite separar un objeto del resto de la imagen digital en la que se encuentra inmerso. Los trabajos en el área de Topología Digital y Geometría Digital de Eckhardt y Latecki (1994) y Latecki et al. (2000) han marcado una clara guía en esta línea.

En la práctica, se aplica un algoritmo para identificar a la curva que representa el borde o frontera de un objeto dentro de una imagen digital. El algoritmo permite localizar los puntos de un conjunto conexo que limitan con su complemento y los del complemento que limitan con el conjunto, conformando así la frontera del mismo (Kamlofsky, 2011).

Gross y Latecki (1995) proponen un conjunto de patrones de frontera que no se deforman en el proceso de digitalización, y demuestran que, bajo ciertas condiciones, son los únicos patrones locales que pueden ocurrir. Esto permite estudiar propiedades geométricas del objeto digitalizado (convexidad, curvatura) y detectar ruido.

Un concepto clave en el estudio geométrico de imágenes digitales es el de curvatura. Se han sugerido varias generalizaciones de la definición de curvatura proveniente de geometría diferencial a la geometría digital. En particular, en Liu et al. (2008) se plantea medir la curvatura en imágenes digitales basándose en una función altura medida con

una rotación de ejes. Este nuevo concepto coincide con la definición estándar de curvatura en curvas suaves cuando el número de alturas es suficientemente alto, y coincide con el concepto de ángulo de giro en una curva poligonal.

La tarea siguiente consiste en definir qué tipo de objeto tiene a esa curva por borde, analizando las propiedades geométricas del mismo. Éstas se pueden comparar con ciertos patrones previamente recopilados, identificando de este modo al objeto en cuestión.

Pero estos patrones están relacionados con la posición, ángulo de inclinación y tamaño del objeto. Pueden tenerse patrones guardados en diferentes posiciones, tamaños o inclinaciones, o bien, más lógicamente y eficientemente, puede guardárselos en una única posición, tamaño e inclinación.

La tecnología de visión por reconocimiento de patrones utiliza el concepto de "voting" para decidir acerca de a qué objeto corresponde la imagen analizada (van Erp et al., 2002). Mediante voting se compara la imagen con patrones y se decide con cuál se identifica, midiendo la similitud entre el objeto y los patrones candidatos.

Para esta comparación, se aplican transformaciones geométricas en los objetos.

Wu et al. (2010) proponen un modelo de base activa para representar clases de objetos, junto con un algoritmo de aprendizaje y reconocimiento de patrones. Sugieren representar el borde de una clase de objetos por una base de elementos en determinada posición y orientación. En la etapa de aprendizaje, los elementos de la base son seleccionados y aplicados a plantillas de aprendizaje, perturbando levemente su posición y orientación, ajustando estos parámetros a la imagen. Finalmente, se propone un esquema de detección y reconocimiento.

La identificación de formas en general se basa en una medida de similaridad con los patrones existentes en una base de datos. Muchos investigadores han propuesto medidas de similaridad, o distancias entre formas, que tienen en cuenta la distancia interna (Ling y

Jacobs, 2007), partes visualmente significativas (Latecki y Lakämper, 2000), entre otros.

Enfoques actuales proponen técnicas de aprendizaje de similaridad, para mejorar la performance de reconocimiento. Éstos se basan en propagación en vecindades lineales – LNP- (Wang et al. 2006), aprendizaje multi-visual (Brefeld y Buscher, 2005), modelos generativos (Lawrence, Jordan, 2004), entre otros.

En otra línea de investigación, se estudian transformaciones de imágenes digitales que preservan las propiedades topológicas (conexidad, agujeros, etc). Estas transformaciones abarcan afinamiento mediante la eliminación de puntos simples, o conjuntos simples, segmentación basado en atlas, etc. (Faisan et al., 2008; Passat et al., 2009)

Líneas de Investigación y Desarrollo

Dada una imagen digital, un primer paso posible para su reconocimiento, es la identificación de la/s curva/s que separa el objeto del fondo.

Luego de recorrer la frontera de un objeto en una imagen digital, la tarea siguiente consiste en identificar qué tipo de objeto tiene a esa curva por borde, analizando las propiedades geométricas del mismo. Esta identificación puede llevarse a cabo por comparación con ciertos patrones previamente recopilados y estandarizados. Dado que cada patrón se guarda en una determinada posición y escala, se requiere modificar la imagen analizada (o su frontera) mediante transformaciones geométricas, de modo que mantenga las propiedades de su geometría intrínseca (conexión, agujeros, convexidad, concavidad, puntos de curvatura máxima y mínima, puntos de inflexión, etc).

Se requiere profundizar el estudio del comportamiento de curvas digitales mediante transformaciones geométricas, el efecto de éstas sobre las características topológicas y geométricas, a fin de determinar cuáles son factibles de ser aplicadas. Los resultados

teóricos obtenidos fundamentarán un algoritmo de reconocimiento de imágenes, que será diseñado e implementado para tal fin.

Finalmente se pretende elaborar un set de patrones para poner a prueba un sistema de lectura de caracteres.

Resultados y objetivos

El proyecto pretende avanzar en el desarrollo teórico de la topología digital, específicamente estudiando procesos de discretización y su efecto sobre las características geométricas del objeto, y cómo estas características se mantienen o no en un proceso de transformación geométrica (rotación, escalamiento). Y desde el punto de vista práctico, enfocando hacia las aplicaciones concretas, se pretende diseñar e implementar un algoritmo que, dado un objeto en una imagen digital, lo transforme en un objeto equivalente (aprovechando propiedades invariantes de la topología) a fin de facilitar la identificación del objeto mediante comparación con patrones.

Formación de recursos humanos

Este proyecto bianual se desarrolla bajo la dirección de la Dra. María Lorena Bergamini. Actualmente el equipo se completa con el investigador Licenciado Jorge Kamlofsky. La tesis de grado de Kamlofsky con la que accedió al título de Licenciado en Matemática, y dirigida por la Dra. Samira Abdel Masih y el Ing. Néstor Balich, sirvió de investigación alentadora del proyecto aquí presentado.

Referencias

1. U. Brefeld, C. Buscher, T. Scheffer, Multiview Discriminative Sequential Learning, Proc. European Conf. Machine Learning, 2005.
2. U. Eckhardt and L. Latecki, Topologies for the digital spaces Z^2 and Z^3 .

- Computer Vision Image Understanding, 90, 2003, pp. 295-312
3. U. Eckhardt and L. Latecki: Digital Topology. In Current Topics in Pattern Recognition Research, Research Trends, Council of Scientific Information, Vilayil Gardens, Trivandrum, India, 1994.
 4. S. Faisan, N. Passat, V. Noblet, R. Chabrier, C. Meyer. Topology Preserving Warping of Binary Images: Application to Atlas-Based Skull Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2008 Lecture Notes in Computer Science, 5241, pp. 211-218 (2008)
 5. Gross, L. Latecki. Digital geometric invariance and shape representation, IEEE, 1995.
 6. J. Kamlofsky, Topologia digital: base para la visión artificial. Tesis de grado. Facultad de Tecnología Informática. UAI. Buenos Aires, 2011
 7. L. J. Latecki, R.-R. Ghadially, R. Lakaemper, and U. Eckhardt: Continuity of the discrete curve evolution. Journal of Electronic Imaging 9 (3), pp. 317-326, 2000.
 8. L.J. Latecki, R. Lakämper. Shape Similarity Measure Based on Correspondence of Visual Parts, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence 22(10), pp. 1185-1190, 2000.
 9. N.D. Lawrence, M.I. Jordan, Semi-Supervised Learning via Gaussian Processes, Advances in Neural Information Processing Systems, MIT Press, 2004
 10. H. Ling, D. Jacobs, Shape Classification Using the Inner-Distance, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence 29(2), pp. 286-299, 2007.],
 11. H. Liu, L. J. Latecki, W. Liu. A Unified Curvature Definition for Regular, Polygonal, and Digital Planar Curves. Int J Comput Vis 80, pp 104–124, 2008.
 12. N. Passat, M. Couprie, L. Mazo, G. Bertrand. Topology-Preserving Thinning in 2-D Pseudomanifolds. Discrete Geometry for Computer Imagery Lecture Notes in Computer Science, 5810, pp. 217-228, 2009
 13. van Erp, M.; Vuurpijl, L.; Schomaker, L.; An overview and comparison of voting methods for pattern recognition. Proceedings of the Eighth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR'02), pp 195-200, 2002
 14. F. Wang, J. Wang, C. Zhang, H. Shen, Semi-Supervised Classification Using Linear Neighborhood Propagation, Proc. IEEE CS Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 2006.
 15. Y. N. Wu, Z. Si, H. Gong, S. C. Zhu. Learning active basis model for object detection and recognition, Int J Comput Vis 90, pp 198–235, 2010.