

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 y seguir objetos. Dependiendo de su posición, orientación o tamaño, un objeto puede generar millones de imágenes diferentes, lo que dificulta su identificación.

Las características topológicas de un objeto pueden estudiarse por medio de un análisis de los bordes. Convexidad, concavidad, curvatura, puntos extremos pueden detectarse siguiendo los puntos frontera del objeto, y en su conjunto permiten identificar el mismo.

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, se estudian estrategias de reconocimiento de formas.

Palabras claves

Topología digital, visión artificial, invariantes geométricos, reconocimiento de patrones.

Contexto

El proyecto 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 (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.

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.

Dado que las imágenes digitales, sobre todo en secuencias de tiempo real, involucran una alta cantidad de información digital. Es fundamental el diseño de algoritmos eficientes que puedan realizar tareas de reconocimiento de objetos manejando sólo la información necesaria de la imagen.

Las aplicaciones de visión artificial se sostienen en el concepto matemático de *topología digital*. La topología digital es un marco teórico adecuado para el análisis de objetos dentro de imágenes digitales. En este contexto se aplica el *Teorema de curvas de Jordan* en el plano digital: 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.

En la práctica, se aplica un algoritmo para demarcar la curva que representa el borde de un objeto dentro de una imagen digital.

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 la literatura del área se han propuesto diversos estimadores de la curvatura digital, y estudiado sus propiedades (invariancia ante movimientos rígidos y escalas, convergencia a la curvatura continua, etc)

Para identificar qué objeto tiene a esa curva por borde, ésta se compara con ciertos patrones.

La tecnología de visión por reconocimiento de patrones utiliza el concepto de *voting* para decidir acerca de a qué objeto corresponde la imagen analizada. 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.

Se han propuesto distintos métodos de representación, medidas de similaridad, y procesos de aprendizaje para el reconocimiento de patrones.

Las medidas de similaridad o distancias entre formas, tienen en cuenta la distancia interna, partes visualmente significativas, entre otras ideas.

Líneas de Investigación y Desarrollo

Dos estrategias para identificar y seguir objetos en movimiento son usadas: análisis de los bordes del objeto y análisis de sus esqueletos. En ambos casos, sólo se analiza una pequeña cantidad de información (píxeles), pero ese conjunto de puntos obtenidos mantiene propiedades topológicas respecto del conjunto original.

Los puntos del objeto que son adyacentes al complemento constituyen el borde del objeto. Dicho borde puede verse como una curva digital simple cerrada. Este subconjunto es de gran interés en el análisis de objetos dentro de imágenes, ya que muchas características (convexidad, dimensiones, agujeros, etc.) pueden estudiarse por medio de ese subconjunto.

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 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 pretende profundizar el estudio del comportamiento de curvas digitales mediante transformaciones, 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.

El proceso de digitalización, y el sistema de adquisición de la imagen generan ruido, que tiene una presencia notoria en las fronteras de los objetos donde aparecen formas de dientes de serrucho. Esto dificulta su estudio, ya que el análisis de bordes por geometría diferencial es sensible a las irregularidades del borde, producto del proceso de digitalización y adquisición de imagen. Es necesario eludir la influencia del mencionado ruido, a fin de, por un lado, reconocer eficientemente el objeto, y por otro, optimizar el uso de memoria.

Resultados y objetivos

El proyecto pretende avanzar en el desarrollo *teórico* de topología digital:

- procesos de discretización y su efecto sobre las características geométricas del objeto
- cómo estas características se mantienen o no en un proceso de transformación geométrica (rotación, escala, perspectiva).

Desde el punto de vista *práctico*, 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.

A fin de suavizar y simplificar la curva de borde, se diseñó un algoritmo para aproximar una curva digital por un polígono, con tolerancia de error variable, lo que brinda una enorme ganancia en capacidad de procesamiento.

Como preprocesamiento de este algoritmo, se aplica un método para disminuir la cantidad de puntos de la curva, sin perder información. Este preprocesamiento consiste en detectar sucesiones de puntos de borde que están sobre una recta y eliminar los todos esos puntos, excepto los extremos.

Teniendo un polígono que aproxima una curva digital, se puede aproximar la curvatura en cada parte de la curva mediante los ángulos de giro en los vértices del polígono. La sucesión de ángulos de giro muestra un patrón específico de la forma analizada, y es invariante a la escala y rotación. Además, ciertas características que se pueden detectar con dicho patrón son invariantes frente a movimientos de perspectivas (puntos de inflexión, puntos de curvatura máxima, bordes rectos, etc.). El patrón normalizado luego se compara con patrones de objetos conocidos, se mide la similaridad, y se reconoce cuál es el objeto en la imagen.

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 y Luciana Klacherian (estudiante de Licenciatura en Matemática - UAI).

La tesis de grado de Kamlofsky sirvió de investigación alentadora del proyecto aquí presentado. Luciana Klacherian, se encuentra desarrollando su tesis, en la que estudia caracterizaciones de rectas digitales y segmentos de rectas digitales.

Referencias

1. U. Eckhardt, L. Latecki. Topologies for the digital spaces Z^2 and Z^3 . Computer Vision Image Understanding, 90, pp. 295-312, 2003.
2. A. Gross, L. Latecki. Digital geometric invariance and shape representation, IEEE, 1995.
3. J. Kamlofsky. Topología digital: base para la visión artificial. Tesis de grado. Facultad de Tecnología Informática. UAI. Buenos Aires, 2011.
4. J. Kamlofsky, M. L. Bergamini. Aproximación de formas de objetos digitales por polígonos, VII Jornadas Argentinas de Robótica, 2012.

5. H. Ling, D. Jacobs. Shape Classification Using the Inner-Distance, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 29(2), pp. 286-299, 2007.
6. H. R. 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.