

Herramientas de análisis de imágenes digitales para identificación y localización de objetos

María Lorena Bergamini, Jorge Kamlofsky

CAETI – Facultad de Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana

Av. Montes de Oca 745. Ciudad de Buenos Aires

(+54 11) 43015323; 43015240 ; 43015248

María.Bergamini@uai.edu.ar; Jorge.Kamlofsky@uai.edu.ar

Resumen

En este trabajo se proponen e implementan herramientas de análisis de imágenes orientadas al desarrollo de algoritmos para reconocimiento, localización y clasificación de objetos en imágenes digitales.

Los objetos se pueden reconocer por su forma, y éstas se identifican definiendo sistemas de representación apropiados y métricas acordes, que deben ser de fácil y económica generación y manejo, a fin de utilizarse en tiempo real.

Se estudian representaciones compactas de formas que priorizan la reducción en la cantidad de datos a tratar, sin perder información acerca de la forma que está describiendo.

Se analizan alternativas de representación de configuraciones espaciales, y su incidencia en la proyección planar sobre una imagen digital bidimensional.

Palabras clave: visión artificial, invariantes geométricos, rectas digitales, curvatura digital, configuración espacial.

Contexto

El tema de investigación que abarca este proyecto está siendo estudiado por el grupo desde 2012. 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

La identificación y localización automática de objetos en imágenes digitales mediante reconocimiento de

patrones, a partir de un sistema de visión artificial, 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.

Específicamente, entre estas tareas podemos mencionar control de calidad en la línea de fabricación, sistema de monitoreo de un predio para detección de intrusos, sistema automatizado de barreras en un estacionamiento privado, control de tránsito en determinada vía, conteo y seguimiento de objetos en movimiento, digitalización de información proveniente de soporte físico (papel, cartelería, patentes, etc), dactiloscopia, asistencia al diagnóstico médico por imágenes, etc.

La estimación automática de la posición de un objeto rígido moviéndose en el espacio tridimensional, a partir de imágenes bidimensionales del objeto, o a partir de datos proporcionados por sensores ubicados en el mismo, constituye un problema de fundamental importancia en la tecnología actual. Y junto con la tarea de determinar la posición, surge la necesidad de gobernar y controlar el movimiento automáticamente (Murray et al., 1994).

Para imágenes digitales que representan objetos tridimensionales, la tarea de reconocimiento es desafiante, ya que se cuenta con una proyección planar del mismo, perdiendo una dimensión. Esta representación parcial del objeto se puede enriquecer con proyecciones en distintas direcciones (multicámara), lo que aporta más información (sin llegar a reproducir completamente el objeto real). Más desafiante aún es la tarea cuando hay

problemas de iluminación, oclusión, ruido, etc.

El desarrollo de herramientas matemáticas para cumplir esta tarea ha sido foco de investigaciones de matemáticos e informáticos dedicados a visión computacional, videojuegos y robótica. Estas aplicaciones requieren formas eficientes de representar transformaciones de coordenadas en el espacio; sobre todo en operación y control online de cámaras o dispositivos robóticos.

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 (Prasad, 2012).

El reto es mejorar los procedimientos involucrados en visión artificial para lograr desempeños correctos en las distintas aplicaciones.

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, basados en una representación compacta de la misma [Latecki & Lakämper, 2000; Ling & Jacobs, 2007; Kamlofsky & Bergamini, 2013].

En una imagen digital, los puntos de máximo gradiente de tono constituyen el borde de una figura. 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.

Una tarea central en geometría digital es el reconocimiento de rectas digitales (Ucska-Wehlou, 2009). Relacionado con esto, 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 (Hermann & Klette 2007; Kerautret & Lachaud, 2008; Liu & Latecki, 2008). 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 (Nguyen & Debled-Renesson, 2007).

En aplicaciones en tiempo real (por ejemplo, reconocimiento de intrusos en una cámara de seguridad, control de ingreso y egreso vehicular en rutas) el uso de los recursos de procesamiento y almacenamiento debe ser eficiente.

En Kamlofsky y Bergamini (2013) se propone un método de aproximación de curvas digitales por polígonos, y se define

una representación compacta de la forma, a través del patrón de curvatura acumulada, 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, basada en la curvatura acumulada.

Hasta aquí, en el grupo de investigación, se han estudiado objetos a través de su representación bidimensional en el plano. Nos enfrentamos ahora a la tarea de incorporar la tercera dimensión, para la identificación y localización, considerando volúmenes, ubicación en el espacio, yuxtaposición, oclusión, etc.

Es necesario operar con un óptimo sistema de representación de configuraciones espaciales. Antes esta cuestión surgen diversas parametrizaciones posibles, que se fundamentan principalmente en matrices de rotación, ángulos de Euler, cuaterniones, y otras derivadas de estos elementos.

Existen varias alternativas para representar posiciones o movimiento 3D, y las distintas estrategias implican ventajas y desventajas de implementación que deben ser tenidas en cuenta (Kamlofsky & Bergamini, 2015a, 2015b).

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

El objetivo de este proyecto es generar conocimiento teórico y práctico en el área de análisis de imágenes. En un proyecto anterior se centró el estudio en objetos digitales 2D, y en esta continuación se pretende estudiar los invariantes geométricos en la representación bidimensional de objetos tridimensionales en imágenes digitales.

En el aspecto teórico se estudiarán cuestiones de geometría digital, geometría proyectiva, localización espacial, definición, extracción y cálculo de invariantes geométricos y descriptores de objetos en una imagen digital; distintas parametrizaciones de configuraciones espaciales. Desde el punto de vista práctico se pretende implementar dicho conocimiento teórico en algoritmos que permitan llevar a cabo reconocimiento y localización automáticos y eficientes de objetos en una escena tridimensional, para ser aplicados a sistemas de visión artificial.

Se estudian descriptores invariantes frente a transformaciones afines y proyectivas, y se definen medidas de similaridad relacionados con cada uno, o con ciertos conjuntos pertinentes de descriptores.

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

Resultados y Objetivos

Los objetivos específicos son

a) Estudiar en forma teórica la definición de características geométricas en objetos digitales 3D.

b) Estudiar las distintas herramientas matemáticas para el cálculo de configuraciones de objetos en una escena.

b) Estudiar la preservación de propiedades de un objeto mediante ciertas transformaciones geométricas (afines y proyectivas).

c) Proponer métodos de representación simplificada de objetos y medidas de similaridad, compatibles con el procesamiento en tiempo real.

d) Estudiar, desarrollar y comparar técnicas de representación de posiciones y movimientos en 3D

e) Aplicar las técnicas y métodos propuestos para la determinación de ubicación espacial a partir de análisis de imágenes.

e) Diseñar algoritmos de reconocimiento y clasificación de objetos en imágenes digitales.

Hasta el momento, en el grupo de investigación se ha desarrollado un método de representación de formas digitales, basado en la aproximación de la forma del objeto por un polígono y obtener luego una representación de la evolución de la curvatura a lo largo de todo el contorno. Dicha representación simplificada permite realizar comparaciones entre curvas digitales, de modo de poder obtener una medida de similitud entre formas.

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). Este tema está siendo estudiado por un tesista de Licenciatura en Matemática.

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

La invariancia frente a rotaciones se logra identificando puntos de curvatura extrema (sharp points). Esto permite dividir el contorno en partes significativas.

Otro enfoque para la poligonalización de una curva digital es mediante la cobertura tangente. Esto implica determinar arcos de curva que son tangentes de todos sus puntos. Estas ideas

constituyen el tema de estudio de una tesis de Licenciatura en Matemática.

Formación de Recursos Humanos

Este proyecto es la continuación de uno desarrollado en el período 2014-2016. En ese sentido, contamos con experiencia en el tema objeto de estudio. Los integrantes del proyecto tienen una sólida formación en matemática, necesaria para enfocar los objetivos propuestos. Hay dos alumnos de Licenciatura en Matemática desarrollando su tesis de grado en esta área, y un alumno de posgrado finalizando su tesis de Maestría en Tecnología Informática, y desarrollando su tesis de Doctorado en Ingeniería.

Referencias

- Hermann S., Klette R. “A comparative study on 2D curvature estimators”. *Int. Conf. on Comp.: Theory and Applications*, pp. 584-589, 2007.
- Kamlofsky J., Bergamini M.L. “Cuaterniones en visión 3D”. *Revista MACI (Matemática Aplicada, Computacional e Industrial)*, Vol 5, pag. 517-520, 2015a.
- Kamlofsky J., Bergamini M.L. “Parametrizaciones de Movimientos Rígidos en 3D para Visión Artificial”. *CONAISI 2015*, UTN, FRBA, 2015b.
- Kamlofsky, J. Bergamini M. L. “Patrón de Evolución de Angulo de Giro para el Reconocimiento de Objetos en Imágenes Digitales”, *JAIIO*, 2013.
- Kerautret B., Lachaud J.-O. “Curvature Estimation along Noisy Digital Contours by Approximate Global Optimization”. *Patt. Recogn.* 42(10), pp. 2265 – 2278, 2008.
- 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.
- Ling H, Jacobs D. “Shape Classification Using the Inner-Distance”, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 29(2), pp. 286-299, 2007.
- 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.
- Murray R., Li Z., Sastry S. “A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation”. *CRC Press*, Inc. Boca Raton, FL, USA, 1994.
- 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.
- Prasad D. “Survey of The Problem of Object Detection In Real Images”. *Int. J. of Images Processing* 6 (6), pp. 441-466, 2012.
- Ucska-Wehlou H. “Digital lines, Sturmian words and continued fraction”. *Uppsala Dissertations in Mathematics* 65, 2009.