



PRACTICA 2

Título:	Transformada Hough
Fecha:	10-03-2023
Preparado por:	Martínez Marqueda Luis Eduardo
Aprobado por:	Dr. Marco Antonio Negrete Villanueva



Resumen

En esta práctica, se llevó a cabo la implementación de un algoritmo de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough. El objetivo principal consistió en detectar y resaltar las líneas presentes en las imágenes adquiridas en tiempo real mediante una cámara.

El proceso de detección de líneas mediante la Transformada de Hough se dividió en varios pasos. En primer lugar, se aplicó un conjunto de operaciones de preprocesamiento a la imagen capturada por la cámara. Estas operaciones incluyeron la conversión a escala de grises y la reducción de la resolución para facilitar el procesamiento.

A continuación, se utilizaron los bordes previamente detectados mediante el algoritmo de Canny como base para la detección de líneas. La Transformada de Hough se aplicó a la imagen de bordes para encontrar los parámetros de las líneas presentes, como la distancia desde el origen y el ángulo de inclinación.

La Transformada de Hough se implementó mediante la creación de una matriz de votación que representaba los posibles parámetros de las líneas. Cada punto de borde en la imagen contribuyó a votos en la matriz, indicando la presencia de líneas que podrían pasar por ese punto. Los valores de votación más altos correspondieron a los parámetros de las líneas más probables.

Después de la votación, se realizaron umbrales en la matriz de votación para determinar las líneas detectadas. Aquellas líneas que superaron el umbral establecido fueron consideradas como líneas finales. Los parámetros de estas líneas fueron utilizados para trazar las líneas sobre la imagen original.

Finalmente, se mostraron las imágenes resultantes de cada etapa del proceso de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough. Esto incluyó la visualización del fotograma original, la imagen de bordes, así como las líneas detectadas y trazadas sobre la imagen original.

La implementación del algoritmo de Transformada de Hough permitió detectar y resaltar las líneas presentes en las imágenes capturadas en tiempo real, proporcionando una herramienta útil para aplicaciones de visión por computadora y análisis de imágenes.



Introducción

La Transformada de Hough es un algoritmo ampliamente utilizado en el campo del procesamiento de imágenes y la visión por computadora para detectar y extraer líneas y formas geométricas en una imagen. Fue propuesta por Paul Hough en 1962 como una solución para detectar líneas rectas en imágenes de manera robusta y precisa.

En el contexto histórico, la introducción de la Transformada de Hough fue un hito importante en el campo del procesamiento de imágenes. Antes de su propuesta, la detección de líneas en imágenes presentaba desafíos significativos, ya que se basaba en métodos heurísticos y era sensible al ruido y a las variaciones en la iluminación y la textura de la imagen.

El algoritmo de Hough abordó estas limitaciones al presentar un enfoque sistemático y basado en principios matemáticos para la detección de líneas. En lugar de buscar directamente las líneas en el espacio de la imagen, la Transformada de Hough mapea las líneas a través de una representación paramétrica en un espacio transformado.

Esta representación paramétrica permite detectar líneas incluso cuando están parcialmente ocultas, interrumpidas o tienen brechas en su estructura. Además, la Transformada de Hough es robusta al ruido y puede detectar líneas con alta precisión, lo que la convierte en una herramienta valiosa en aplicaciones que requieren detección de bordes y líneas, como la robótica, la visión artificial y el análisis de imágenes médicas.

Desde su introducción, la Transformada de Hough ha sido objeto de extensas investigaciones y desarrollos. Se han propuesto variantes y extensiones de la transformada original para detectar formas más complejas, como círculos y elipses, así como para mejorar su eficiencia computacional y su capacidad de lidiar con imágenes en tiempo real.

El impacto de la Transformada de Hough en el campo del procesamiento de imágenes ha sido significativo. Su enfoque sistemático y su capacidad para superar las limitaciones de los métodos anteriores han contribuido a su amplia adopción y aplicación en una variedad de campos. Hoy en día, la Transformada de Hough sigue siendo una técnica fundamental en el procesamiento de imágenes y continúa siendo objeto de investigación y desarrollo continuo para abordar nuevos desafíos y aplicaciones en el análisis de imágenes y la visión por computadora.



Objetivos

- Aplicar el detector de bordes de Canny de la practica anterior.
- Aplicar la Transformada Hough para detectar líneas en una imagen.

Marco teórico

La Transformada de Hough es una técnica ampliamente utilizada en el procesamiento de imágenes y la visión por computadora para detectar formas geométricas en imágenes digitales. Fue propuesta por Paul Hough en 1962 y ha sido objeto de numerosas investigaciones y desarrollos desde entonces.

La Transformada de Hough se utiliza principalmente para detectar líneas rectas en una imagen, aunque también se ha extendido para detectar otros tipos de formas, como círculos y elipses. La idea fundamental detrás de la Transformada de Hough es representar las líneas (o formas) en un espacio de parámetros, en lugar de en el espacio de píxeles de la imagen.

El proceso de detección de líneas mediante la Transformada de Hough consta de los siguientes pasos principales:

1. Detección de bordes: Al igual que en otros algoritmos de detección de bordes, se utiliza un detector de bordes, como el algoritmo de Canny, para resaltar los bordes presentes en la imagen. Esta etapa es importante para identificar los puntos que formarán parte de las líneas detectadas.
2. Transformada de Hough: Una vez que se han detectado los bordes en la imagen, se aplica la Transformada de Hough para detectar las líneas presentes. La Transformada de Hough utiliza un espacio de parámetros, conocido como espacio de Hough, en el que cada punto representa una línea posible en la imagen original. Para cada punto de borde en la imagen, se calcula un conjunto de líneas posibles en el espacio de Hough y se incrementa el valor correspondiente en el espacio de Hough.
3. Umbral y detección de líneas: Después de aplicar la Transformada de Hough, se realiza un umbral en el espacio de Hough para seleccionar las líneas más prominentes. Se



eligen los puntos en el espacio de Hough que superen un cierto umbral predefinido. Estos puntos corresponden a las líneas detectadas en la imagen original.

4. Conversión de parámetros: Una vez que se han detectado las líneas en el espacio de Hough, se realiza una conversión de los parámetros de las líneas de vuelta al espacio de píxeles de la imagen original. Esto implica transformar las líneas representadas por coordenadas en el espacio de Hough a líneas en el espacio de píxeles de la imagen.

La Transformada de Hough ofrece varias ventajas en la detección de líneas, como la capacidad de detectar líneas incluso si están interrumpidas o incompletas, y la invariancia a cambios en la posición, escala y rotación de las líneas.

La Transformada de Hough se ha aplicado con éxito en una amplia gama de aplicaciones, como reconocimiento de objetos, detección de líneas en imágenes médicas y análisis de carreteras en sistemas de conducción autónoma.

Desarrollo

En el desarrollo de la práctica se implementó un algoritmo de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough. A continuación, se describirá cada etapa del algoritmo y su función dentro del proceso de detección de líneas.

1. Preparación del entorno:

- Se importaron las bibliotecas necesarias, como cv2 (OpenCV) y numpy, para el procesamiento de imágenes y cálculos matemáticos.
- Se definió una función para realizar la conversión de coordenadas de la Transformada de Hough al espacio de píxeles de la imagen.

2. Detección de bordes:

- Se utilizó un detector de bordes, como el algoritmo de Canny, para resaltar los bordes presentes en la imagen. Esta etapa es importante para identificar los puntos que formarán parte de las líneas detectadas por la Transformada de Hough.

3. Transformada de Hough:



- Se aplicó la Transformada de Hough para detectar las líneas presentes en la imagen. La Transformada de Hough utiliza un espacio de parámetros, conocido como espacio de Hough, en el que cada punto representa una línea posible en la imagen original.
 - Para cada punto de borde en la imagen, se calculó un conjunto de líneas posibles en el espacio de Hough y se incrementó el valor correspondiente en el espacio de Hough.
4. Umbral y detección de líneas:
- Se aplicó un umbral en el espacio de Hough para seleccionar las líneas más prominentes. Se eligieron los puntos en el espacio de Hough que superaron un cierto umbral predefinido. Estos puntos corresponden a las líneas detectadas en la imagen original.
5. Conversión de parámetros:
- Se realizó una conversión de los parámetros de las líneas detectadas en el espacio de Hough a coordenadas en el espacio de píxeles de la imagen. Esto permitió obtener las líneas finales que representan los bordes detectados en la imagen original.
6. Interfaz de usuario y ejecución del algoritmo:
- Se creó una interfaz de usuario mediante trackbars para ajustar los parámetros del algoritmo de Hough, como el umbral de detección de líneas.
 - Se capturó el video en tiempo real desde la cámara y se aplicó el algoritmo de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough a cada fotograma.
 - Se mostraron las imágenes resultantes de cada etapa del proceso de detección de líneas, incluyendo el fotograma original y las líneas detectadas.
7. Finalización del programa:
- El programa se detuvo si se presionó la tecla "Esc" y se liberaron los recursos de la cámara y las ventanas de visualización.

Este programa implementa el algoritmo de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough y proporciona una interfaz interactiva para ajustar los parámetros del algoritmo en

tiempo real. A diferencia del algoritmo de Canny utilizado en la práctica anterior, en este caso se aplicó la Transformada de Hough para detectar y resaltar líneas en la imagen.

Análisis de resultados

En el análisis de resultados para el algoritmo de detección de bordes de Canny con Transformada de Hough, se observan diferentes etapas del proceso y se realizan ajustes a los parámetros clave. A continuación, se describen las principales observaciones y los resultados obtenidos en cada ventana:

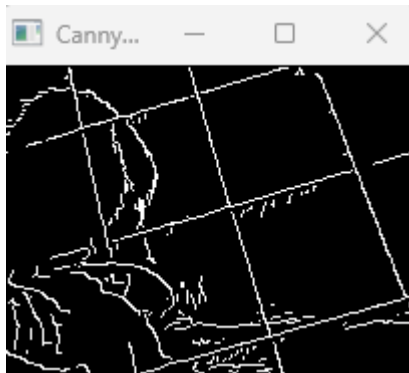
1. Ventana "Original":

En esta ventana se muestra el fotograma original capturado desde la cámara en tiempo real. Es la imagen de entrada que se utiliza para la detección de bordes.



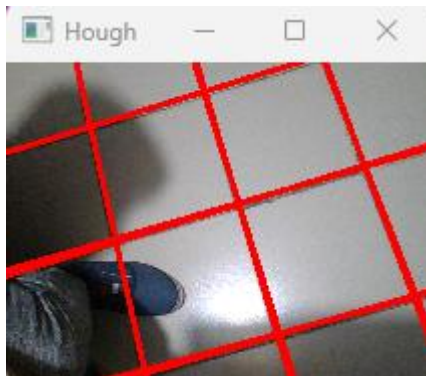
2. Ventana "Canny Result":

En esta ventana se presenta el resultado de la detección de bordes utilizando el algoritmo de Canny. Los bordes se muestran como píxeles blancos sobre un fondo negro, resaltando las regiones donde se encuentran los bordes detectados.



3. Ventana "Hough":

En esta ventana se muestran las líneas detectadas utilizando la Transformada de Hough sobre la imagen original. Las líneas se trazan a partir de los parámetros obtenidos en la transformada y representan los bordes lineales presentes en la imagen.

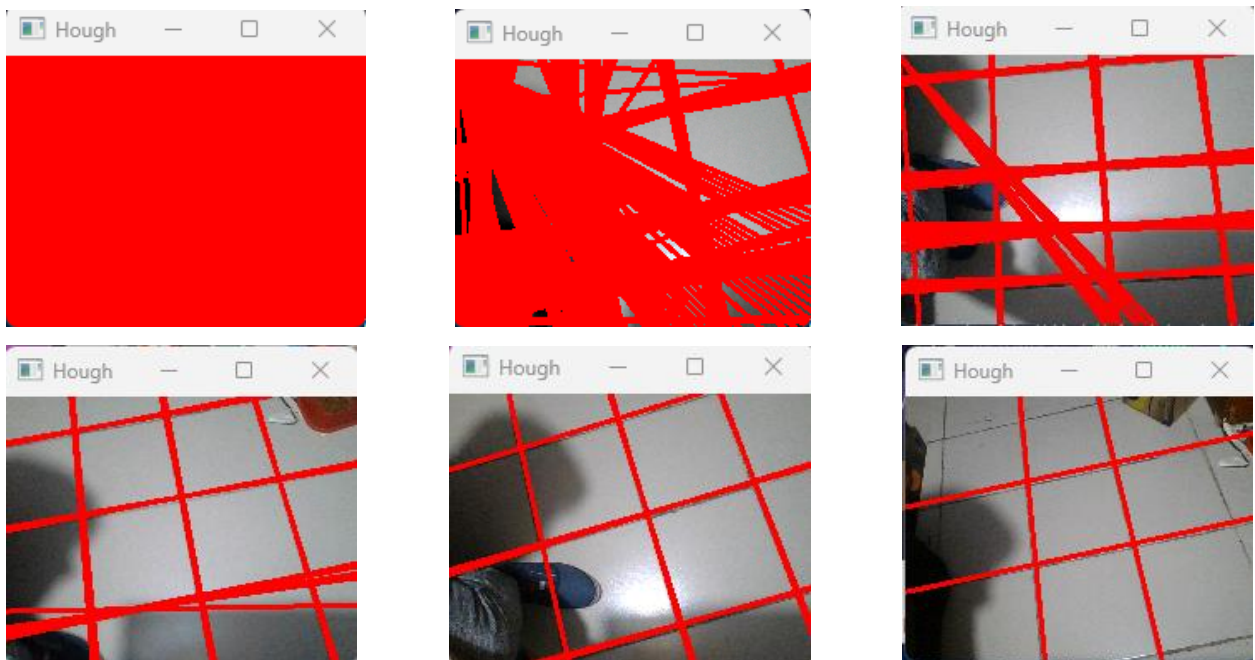


Durante el proceso de experimentación, se realizaron ajustes a los parámetros clave, como el tamaño del kernel, la desviación estándar y los umbrales de detección. A continuación, se describen las principales observaciones obtenidas, dejando de lado todas las variaciones del detector de bordes de Canny puesto que estos ya se discutieron en la práctica pasada, estos solo se ajustan para tener la mejor detección de bordes posible como entrada de la detección de líneas:

1. Ajuste del umbral de la Transformada de Hough:

Al ajustar el umbral de la Transformada de Hough, se puede controlar la cantidad de líneas detectadas. Un umbral más bajo permite detectar más líneas, incluyendo las de menor prominencia. Esto puede ser útil para capturar líneas sutiles o poco definidas en

la imagen. Sin embargo, en algunos casos extremos, un umbral muy bajo puede llevar a la detección excesiva de líneas, donde incluso áreas que no corresponden a líneas reales pueden ser consideradas como tales y resaltadas, lo que puede llevar a una sobre interpretación. Por ejemplo, en el extremo de un umbral muy bajo, se puede observar que toda la imagen se pinta de rojo, ya que se considera casi cualquier conjunto de píxeles como una línea. Es importante encontrar un equilibrio adecuado al ajustar el umbral de la Transformada de Hough para obtener resultados precisos y relevantes en función del contexto de la aplicación. Por otro lado, un umbral más alto establece un límite más alto para considerar una línea como válida, lo que resulta en una detección más selectiva y la aparición de líneas más prominentes. En situaciones extremas, un umbral muy alto puede llevar a la falta de detección de líneas, donde incluso líneas reales pueden ser ignoradas si no alcanzan el nivel de prominencia establecido por el umbral. Las imágenes están ordenadas con un umbral de 0, 7, 12, 15, 20, 25



En resumen, la combinación del algoritmo de Canny y la Transformada de Hough permite detectar y trazar los bordes lineales presentes en una imagen. Los ajustes a los parámetros clave permiten adaptar el algoritmo a diferentes escenarios y mejorar la detección de bordes.



Conclusiones

En esta práctica se implementó el algoritmo de detección de bordes utilizando la Transformada de Hough. A través de la experimentación y observación de los resultados obtenidos, se pudieron destacar varias conclusiones importantes.

El algoritmo de Hough demostró ser una técnica efectiva para detectar y trazar líneas en una imagen. Su capacidad para transformar las coordenadas de los píxeles en parámetros de una línea en el espacio de Hough permitió identificar y representar las líneas presentes en la imagen original.

La detección de líneas mediante la Transformada de Hough es robusta frente a ruido y discontinuidades en la imagen. Al ajustar el umbral de detección, se puede controlar la sensibilidad y selectividad de las líneas detectadas, permitiendo adaptar el algoritmo a diferentes escenarios y objetivos específicos.

Es importante tener en cuenta que el éxito de la detección de líneas mediante la Transformada de Hough depende en gran medida de la calidad de la imagen y la presencia de características distintivas en las líneas a detectar. En casos donde las líneas sean más difusas o no se ajusten claramente a una representación paramétrica, la detección puede ser menos precisa o incluso fallar.

Durante la experimentación, se observó que los ajustes de los parámetros, como el tamaño del kernel en el filtro Gaussiano y el umbral de la Transformada de Hough, influyeron en los resultados obtenidos. La selección adecuada de estos parámetros es crucial para lograr una detección de líneas precisa y minimizar la detección de líneas falsas o innecesarias.

El algoritmo de detección de bordes utilizando la Transformada de Hough es una herramienta poderosa para identificar y trazar líneas en una imagen. A través de la experimentación y el ajuste de los parámetros, se puede obtener una detección precisa y adaptada a las necesidades específicas de cada aplicación.



Bibliografía

1. Ballard, D. H. (1981). Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. Pattern Recognition.
2. Illingworth, J., & Kittler, J. (1988). A survey of the Hough transform. Computer Vision, Graphics, and Image Processing.