



PRACTICA 4

Título:	Detector de esquinas de Harris
Fecha:	17-03-2023
Preparado por:	Martínez Marqueda Luis Eduardo
Aprobado por:	Dr. Marco Antonio Negrete Villanueva



Resumen

En este trabajo, se abordó la implementación de un algoritmo de detección de bordes utilizando el método de Harris. El objetivo principal consistió en identificar las esquinas presentes en una imagen y resaltarlas como puntos de interés. La detección de esquinas es un paso fundamental en diversas aplicaciones de visión por computadora, como el reconocimiento de objetos, seguimiento de objetos y calibración de cámaras.

El algoritmo de detección de bordes de Harris se basa en el cálculo de la respuesta de Harris para cada píxel de la imagen. Esta medida se obtiene a partir de los valores propios de la matriz de segundo momento, la cual captura las propiedades locales de la estructura de la imagen. La respuesta de Harris se utiliza para determinar si un píxel es parte de una esquina o no. Para ello, se compara la respuesta con un umbral predefinido, y aquellos píxeles cuya respuesta supere el umbral se consideran como bordes o esquinas.

El proceso de detección de bordes de Harris consta de varios pasos. En primer lugar, se calculan los gradientes en dirección x y y de la imagen utilizando los operadores de Sobel. Estos gradientes representan las derivadas parciales de la imagen en las direcciones horizontal y vertical. A continuación, se construye la matriz de segundo momento, la cual combina los gradientes calculados para cada píxel y su vecindario. Esta matriz refleja la distribución de gradientes en la región local alrededor de cada píxel.

Una vez obtenida la matriz de segundo momento, se calculan los valores propios de la matriz mediante el cálculo del determinante y la traza. Estos valores propios representan las características intrínsecas de la estructura local de la imagen. Posteriormente, se aplica la fórmula de Harris para cada píxel, utilizando los valores propios, y se obtiene su respuesta de Harris. Esta respuesta indica la presencia de una esquina en el píxel evaluado.

Para suprimir los no máximos y obtener una detección más precisa de las esquinas, se realiza un proceso de supresión de no máximos en la imagen de respuesta de Harris. Esto implica comparar la respuesta de cada píxel con sus vecinos inmediatos y mantener solo aquellos píxeles cuya respuesta sea mayor que la de sus vecinos.



Finalmente, se obtienen las coordenadas de las esquinas detectadas y se pueden visualizar en la imagen original como puntos de interés. Estas esquinas representan los puntos destacados de la imagen que pueden ser utilizados en diversas aplicaciones de visión por computadora. La implementación del algoritmo de detección de bordes de Harris permite identificar y resaltar las esquinas presentes en una imagen, lo cual resulta útil en tareas de análisis de imágenes, reconocimiento de objetos y seguimiento de características. Además, el algoritmo puede ser aplicado a diferentes tipos de imágenes, como imágenes en escala de grises o imágenes en color, lo que lo convierte en una herramienta versátil en el campo de la visión por computadora.

Introducción

La detección de bordes y líneas en imágenes es un problema fundamental en el campo del procesamiento de imágenes y la visión por computadora. En este trabajo, se aborda la implementación de un algoritmo basado en la Transformada de Hough para la detección de líneas en imágenes en tiempo real.

La Transformada de Hough es un método matemático que permite detectar líneas y formas geométricas en una imagen de manera robusta y precisa. Fue propuesta por Paul Hough en 1962 y ha sido ampliamente utilizada en diversas aplicaciones, desde el reconocimiento óptico de caracteres hasta la detección de objetos en imágenes médicas.

Antes de la introducción de la Transformada de Hough, la detección de líneas en imágenes presentaba desafíos significativos. Los métodos tradicionales se basaban en heurísticas y eran sensibles al ruido, la variación en la iluminación y la textura de la imagen. Además, no eran capaces de detectar líneas parcialmente ocultas o interrumpidas.

La Transformada de Hough abordó estas limitaciones al presentar un enfoque sistemático y basado en principios matemáticos. En lugar de buscar directamente las líneas en el espacio de la imagen, la transformada mapea las líneas a través de una representación paramétrica en un espacio transformado. Esta representación paramétrica permite detectar líneas incluso cuando están parcialmente ocultas o tienen brechas en su estructura.

El algoritmo de detección de líneas utilizando la Transformada de Hough se divide en varios pasos. En primer lugar, se realiza un preprocesamiento de la imagen, que puede incluir la



conversión a escala de grises y la reducción de la resolución para facilitar el procesamiento. A continuación, se detectan los bordes de la imagen utilizando el algoritmo de Canny o algún otro método de detección de bordes.

Una vez obtenidos los bordes, se aplica la Transformada de Hough para encontrar los parámetros de las líneas presentes en la imagen, como la distancia desde el origen y el ángulo de inclinación. Esto se logra construyendo una matriz de votación en la cual cada punto de borde contribuye a votos para las posibles líneas que podrían pasar por ese punto.

Posteriormente, se realizan umbrales en la matriz de votación para determinar las líneas detectadas. Aquellas líneas que superan el umbral establecido son consideradas como líneas finales y sus parámetros se utilizan para trazar las líneas sobre la imagen original.

La implementación de este algoritmo permite detectar y resaltar las líneas presentes en imágenes en tiempo real, lo cual es útil en aplicaciones como la detección de carriles en sistemas de asistencia al conductor, la detección de bordes en imágenes médicas y el reconocimiento de objetos en robótica.

La Transformada de Hough es un método poderoso para la detección de líneas en imágenes. Su enfoque sistemático y su capacidad para superar las limitaciones de los métodos anteriores han contribuido a su amplia adopción y aplicación en diversas áreas. La implementación de este algoritmo en tiempo real ofrece una herramienta valiosa para el procesamiento de imágenes y la visión por computadora.

Objetivos

- Aplicar el detector de bordes de Canny de la práctica 02.
- Aplicar el concepto de gradiente y matriz de segundo momento para detectar esquinas.
- Aplicar el detector de esquinas de Harris sobre un flujo de video.



Marco teórico

El algoritmo de detección de esquinas de Harris es otra técnica importante en el campo del procesamiento de imágenes y la visión por computadora. Fue propuesto por Chris Harris y Mike Stephens en 1988 como un método para identificar puntos de interés o esquinas en una imagen.

Las esquinas son puntos en la imagen donde la dirección de las líneas cambia significativamente, lo que las hace útiles para tareas como el seguimiento de objetos, el reconocimiento de patrones y la alineación de imágenes. El algoritmo de Harris busca identificar estos puntos de interés a través de un análisis de los cambios locales en la intensidad de la imagen.

El proceso de detección de esquinas de Harris se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Cálculo de los gradientes: En primer lugar, se calculan las derivadas parciales de la imagen en las direcciones x e y . Esto se puede lograr utilizando operadores de derivada como los operadores de Sobel.
2. Cálculo de la matriz de segundo momento: A partir de los gradientes calculados, se construye una matriz de segundo momento para cada píxel de la imagen. Esta matriz captura las propiedades locales de la estructura de la imagen y se utiliza para evaluar la presencia de una esquina.
3. Cálculo de los valores propios: A partir de la matriz de segundo momento, se calculan los valores propios que representan las magnitudes de las principales direcciones de cambio en cada punto de la imagen. Estos valores propios proporcionan información sobre la presencia y la orientación de las esquinas.
4. Cálculo de la respuesta de Harris: Utilizando los valores propios, se calcula una medida llamada respuesta de Harris para cada píxel de la imagen. La respuesta de Harris se utiliza para determinar si un píxel es parte de una esquina o no. Se basa en una fórmula que involucra los valores propios y un parámetro de ajuste llamado factor de esquina.
5. Supresión de no máximos: Para evitar la detección de múltiples esquinas en una misma región, se aplica una supresión de no máximos a la respuesta de Harris. Solo se mantienen los píxeles que tienen una respuesta de Harris más alta en su vecindario.



6. Umbralización y detección de esquinas: Finalmente, se aplica un umbral a la respuesta de Harris para seleccionar los píxeles que superan cierto valor umbral. Estos píxeles se consideran esquinas y representan los puntos de interés detectados en la imagen.

El algoritmo de detección de esquinas de Harris ha demostrado ser efectivo en la identificación de puntos de interés en diversas aplicaciones, como la reconstrucción 3D, el registro de imágenes y la navegación de robots. Su capacidad para detectar esquinas en imágenes ha sido fundamental en el campo de la visión por computadora y ha sentado las bases para otros algoritmos más avanzados de detección de características.

Desarrollo

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

1. Preparación del entorno:

Se importaron las bibliotecas necesarias, como cv2 (OpenCV) y numpy, para el procesamiento de imágenes y cálculos matemáticos.

Se definieron las funciones necesarias para la convolución, obtención de kernels y cálculos de gradiente.

2. Detección de bordes:

Se utilizó el algoritmo de Canny para detectar los bordes presentes en la imagen o en el fotograma actual del video. Esto se logra aplicando una serie de operaciones de convolución y umbralización.

El resultado de esta etapa es una imagen binaria en la cual los píxeles de borde se representan como blancos y el resto de los píxeles como negros.

3. Detección de esquinas de Harris:

- Se implementó el algoritmo de detección de esquinas de Harris utilizando la matriz de segundo momento y la respuesta de Harris.



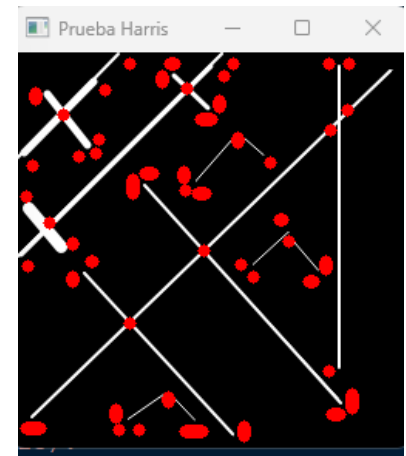
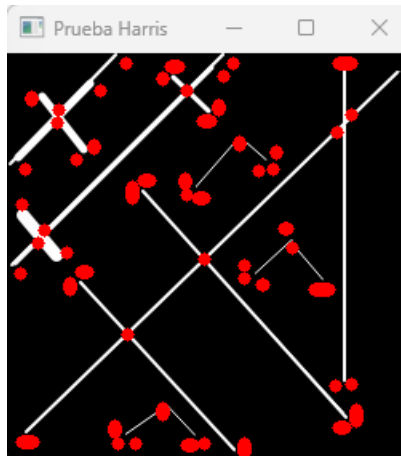
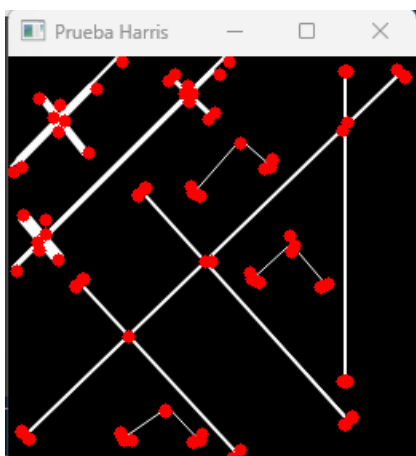
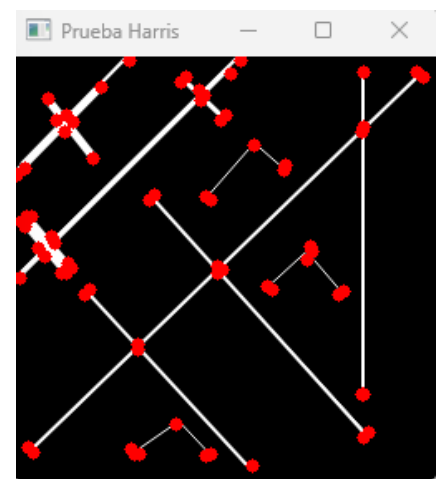
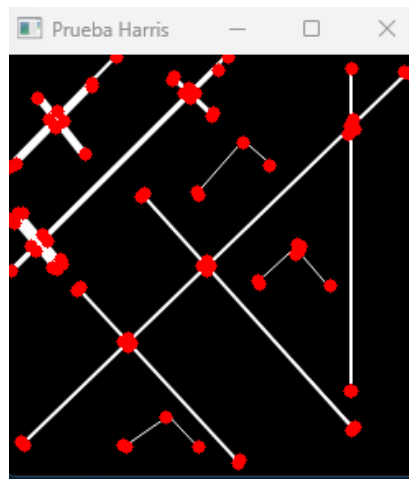
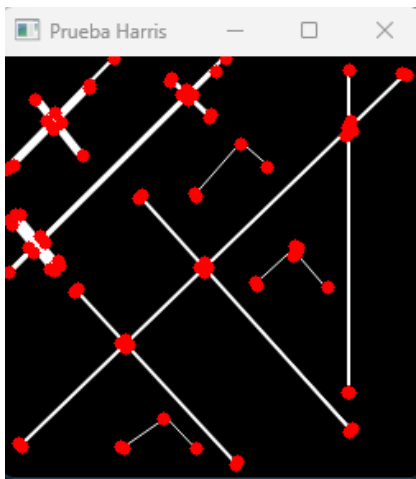
- Se calculó la matriz de segundo momento de la imagen utilizando los operadores de gradiente de Sobel.
 - A partir de la matriz de segundo momento, se calcularon los valores propios para cada píxel, lo que permitió obtener la respuesta de Harris.
 - Aplicando un umbral adecuado en la respuesta de Harris, se detectaron las esquinas presentes en la imagen o en el fotograma actual del video.
4. Visualización de las esquinas detectadas:
- Se dibujaron los círculos en la imagen original o en el fotograma actual del video para resaltar las esquinas detectadas.
 - Esto se logró utilizando la función `cv2.circle` de OpenCV para dibujar los círculos en la posición de cada esquina detectada.
5. Interfaz de usuario y ejecución del algoritmo:
- Se creó una interfaz de usuario utilizando trackbars para ajustar los parámetros del algoritmo, como el umbral de detección de esquinas.
 - Se capturó el video en tiempo real desde la cámara o se cargó una imagen en el programa.
 - Para cada fotograma del video o para la imagen cargada, se aplicó el algoritmo de detección de esquinas de Harris y se visualizaron las esquinas detectadas.
6. Finalización del programa:
- El programa se detuvo si se presionó la tecla "Esc" o si se alcanzó el final del video en tiempo real.
 - Se liberaron los recursos de la cámara y se cerraron las ventanas de visualización.

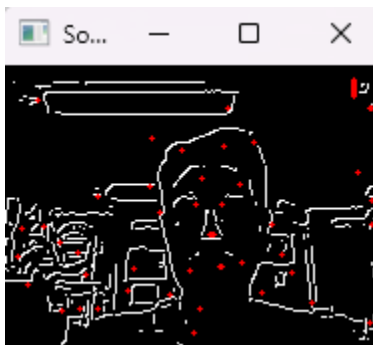
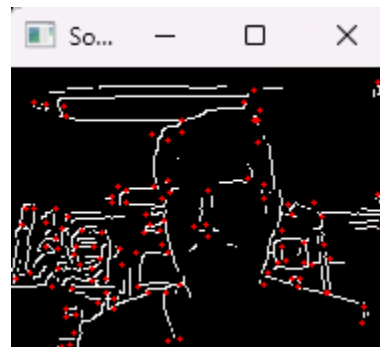
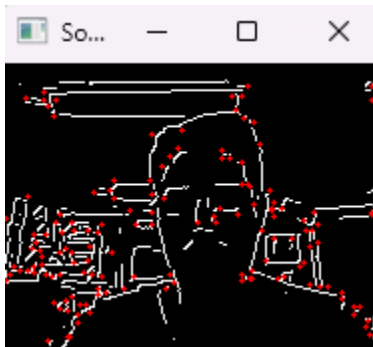
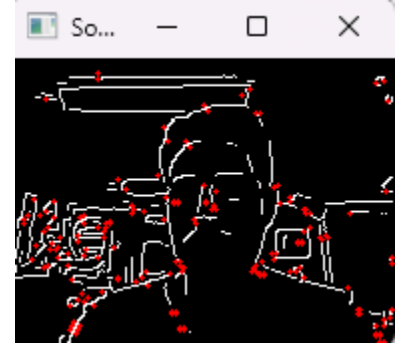
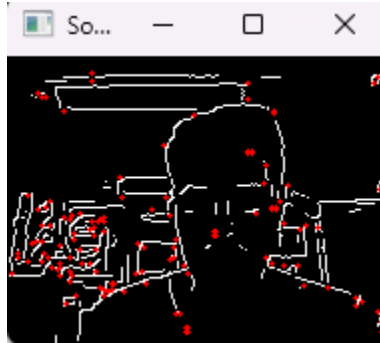
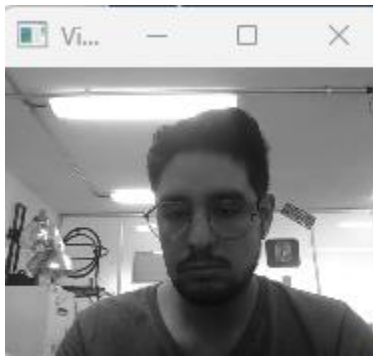
Este programa implementa el algoritmo de detección de esquinas utilizando el método de Harris y proporciona una interfaz interactiva para ajustar los parámetros del algoritmo en tiempo real. A diferencia del algoritmo de detección de líneas utilizado en la práctica anterior, en este caso se aplicó el método de Harris para detectar y resaltar las esquinas en la imagen.

Análisis de resultados

En el análisis de resultados para el algoritmo de detección de esquinas de Harris, se realizaron ajustes al parámetro clave de tamaño de ventana. A continuación, se presenta una descripción general de los resultados obtenidos:

Se realizaron pruebas utilizando diferentes tamaños de ventana (2, 3, 5, 7, 12 y 15) para evaluar su impacto en la detección de esquinas. A medida que se incrementa el tamaño de la ventana, se observa una mayor estabilidad en la detección de esquinas. Las esquinas detectadas son más consistentes y muestran una mejor correspondencia con las esquinas reales en la imagen. A continuación, se presentan las imágenes de los resultados obtenidos para cada tamaño de ventana:





En estas imágenes, se pueden apreciar las esquinas detectadas en cada tamaño de ventana en el orden anteriormente indicado y se puede observar cómo varía la precisión de la detección en función del tamaño seleccionado.

En resumen, el tamaño de ventana utilizado en el algoritmo de detección de esquinas de Harris juega un papel fundamental en la precisión de la detección. Se recomienda seleccionar un tamaño de ventana adecuado para obtener resultados confiables y precisos.



Conclusiones

En esta práctica, se implementó el algoritmo de detección de esquinas de Harris para identificar y marcar las esquinas presentes en una imagen. A través de la experimentación y observación de los resultados obtenidos, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- El algoritmo de detección de esquinas de Harris demostró ser efectivo para la identificación de esquinas en una imagen. Basado en el cálculo de los valores propios de la matriz de segundo momento, el algoritmo resalta las regiones de la imagen que representan esquinas o intersecciones entre bordes.
- La detección de esquinas mediante el algoritmo de Harris es sensible al tamaño de la ventana utilizada. Un tamaño de ventana adecuado permite una detección precisa de las esquinas reales en la imagen, mientras que un tamaño inadecuado puede llevar a falsos positivos o a una detección poco precisa de las esquinas.

Durante la experimentación, se observó que el tamaño de ventana influyó en la estabilidad y precisión de la detección de esquinas. Un tamaño de ventana mayor proporcionó resultados más estables y consistentes, resaltando las esquinas de manera más precisa. Sin embargo, un tamaño de ventana excesivamente grande puede generar múltiples puntos de detección en una misma esquina o detectar puntos en áreas que no corresponden a esquinas reales.

Es importante tener en cuenta que la calidad de la imagen y las características distintivas de las esquinas influyen en el éxito de la detección. En casos donde las esquinas sean poco definidas o no se ajusten claramente a las características del algoritmo de Harris, la detección puede ser menos precisa o incluso fallar.

La selección adecuada del tamaño de ventana es fundamental para obtener una detección de esquinas confiable y precisa. Se recomienda ajustar este parámetro en función de las características de la imagen y las esquinas a detectar, buscando un equilibrio entre la sensibilidad y la selectividad del algoritmo.

El algoritmo de detección de esquinas de Harris es una valiosa herramienta para identificar y marcar esquinas 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. Shapiro, L. G., & Stockman, G. C. (2001). Computer vision. Prentice Hall.