

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**Nombre: Roberto Erick Aguilar Morales**

**Matricula: 1871004**

**Carrera: Ingeniero en Tecnologías del Software**

**Métodos de detección de patrones y texturas**

**Materia: VISION COMPUTACIONAL**

**Docente:** **RAYMUNDO SAID ZAMORA PEQUEÑO**

**Hora: N1-N2 Días: Martes**

**Fecha: 25/11/24**

**Filtros de Gabor**

**Introducción**

En el campo de la visión computacional, la extracción de características es fundamental para tareas como la clasificación, segmentación y reconocimiento de patrones en imágenes. Uno de los métodos más efectivos para analizar texturas y características locales es el uso del filtro de Gabor. Este filtro combina información del dominio espacial y de frecuencia, lo que lo hace ideal para detectar patrones orientados y estructuras repetitivas. Inspirado en la sensibilidad de los receptores visuales en el córtex humano, el filtro de Gabor es ampliamente utilizado en aplicaciones biométricas, análisis de texturas y reconocimiento de objetos.

El objetivo de esta investigación es explorar las propiedades del filtro de Gabor, sus aplicaciones prácticas y ejemplos concretos en los que ha demostrado ser eficaz, concluyendo con un análisis de sus ventajas y limitaciones.

**Definición del Filtro de Gabor**

En visión computacional, el filtro de Gabor se define como una función de ventana gaussiana multiplicada por una función sinusoidal. La fórmula matemática para un filtro de Gabor 2D es:

Un conjunto de letras blancas en un fondo blanco

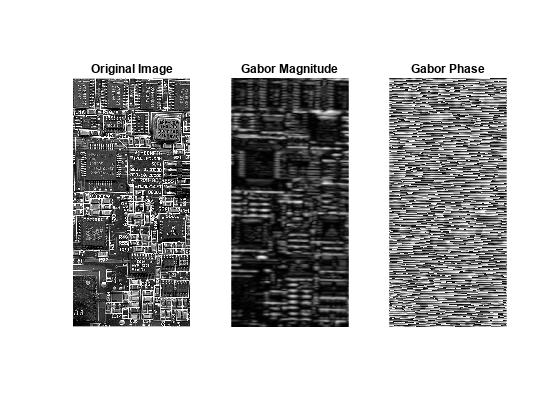
Descripción generada automáticamente con confianza media

* ***x***y***y***son las coordenadas espaciales
* ***λ***es la longitud de onda del filtro (en píxeles)
* ***θ***es la orientación del filtro (en grados)
* ***σx****​*y***σy****​*son los desvíos estándar de la distribución gaussiana en el eje x y y, respectivamente

El filtro de Gabor es una herramienta que emula la manera en que el sistema visual humano percibe bordes, texturas y frecuencias espaciales. Su diseño matemático permite detectar estructuras orientadas, como líneas, bordes y patrones periódicos. Este filtro es parametrizable en cuanto a la orientación, frecuencia y escala, lo que lo hace altamente adaptable a diferentes problemas en visión computacional.

* **Dominio espacial**: La forma gaussiana asegura que el filtro esté localizado en una región específica de la imagen.
* **Dominio frecuencial**: La onda senoidal identifica características de una frecuencia espacial particular.

Este equilibrio entre localización en el espacio y en la frecuencia es lo que le otorga su poder en el análisis de imágenes.



**Método Paso a Paso**

A continuación, se describe un procedimiento general para usar Filtros de Gabor en la detección de texturas y patrones:

**1. Preparación de la Imagen**

* Convertir la imagen a escala de grises (si está en color) para simplificar el análisis.
* Normalizar la intensidad de los píxeles para mejorar la consistencia.

**2. Configuración de los Parámetros del Filtro**

* Definir un conjunto de orientaciones (por ejemplo: 0°, 45°, 90°, 135°).
* Seleccionar múltiples frecuencias espaciales (λ\lambdaλ) para capturar detalles en distintas escalas.
* Ajustar los valores de σ\sigmaσ y γ\gammaγ para adaptarlos a la textura objetivo.

**3. Aplicación del Banco de Filtros**

* Crear un "banco de filtros", es decir, un conjunto de Filtros de Gabor con diferentes parámetros.
* Aplicar cada filtro a la imagen, lo que generará una nueva imagen resaltando características específicas (bordes, patrones).

**4. Extracción de Características**

* Analizar la respuesta del filtro en cada píxel. Esto puede implicar calcular la magnitud de la respuesta o estadísticas como el promedio o la desviación estándar.
* Combinar las respuestas de todos los filtros para obtener un conjunto de características representativas de la imagen.

**5. Interpretación y Visualización**

* Visualizar las respuestas de los filtros aplicados, lo que permite identificar claramente los patrones detectados.
* Comparar los resultados con la imagen original para observar las texturas resaltadas.

**Ejemplos de Uso**

**Reconocimiento Biométrico**

En el reconocimiento de iris, el filtro de Gabor se utiliza para extraer las texturas únicas de la superficie del iris, que son invariables a cambios de iluminación y ruido. Un conjunto de filtros de diferentes orientaciones y frecuencias crea un "mapa de características" del iris, que luego se compara con una base de datos para identificar a un individuo.

* **Caso de estudio**: En un sistema de seguridad basado en biometría, el algoritmo de Daugman (1993) usa filtros de Gabor 2D para extraer un "código de iris", que consiste en un conjunto binario representativo de las texturas únicas del iris. Este enfoque sigue siendo uno de los más efectivos y ampliamente utilizados.

**Clasificación de Texturas**

El filtro de Gabor es especialmente útil para clasificar regiones de una imagen en función de sus texturas. Por ejemplo, en imágenes de satélite, se aplica para diferenciar áreas urbanas, agrícolas y forestales.

* **Técnica**: Se aplica un banco de filtros de Gabor con diferentes orientaciones y frecuencias, extrayendo características estadísticas (media, varianza, energía) de las respuestas. Estas características se alimentan a un modelo de clasificación, como SVM o k-NN, para segmentar la imagen.
* **Ejemplo práctico**: Un estudio en teledetección utiliza filtros de Gabor para analizar imágenes de alta resolución, clasificando áreas urbanas con patrones texturales regulares y distinguiéndolas de bosques con texturas más heterogéneas.

**Reconocimiento de Escritura**

El filtro de Gabor se emplea para detectar características orientadas, como trazos de escritura, en documentos escaneados.

* **Caso práctico**: En sistemas OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres), se aplican filtros de Gabor en múltiples direcciones para resaltar trazos en diferentes orientaciones. Esto mejora la segmentación y el reconocimiento de caracteres manuscritos y superpuestos.

**Limitaciones y Consideraciones**

**Costo computacional**: Aplicar múltiples filtros en una imagen grande puede ser intensivo en tiempo y recursos.

**Parámetros sensibles**: Ajustar los parámetros requiere conocimiento previo del dominio de la imagen.

**Dependencia del ruido**: Las texturas pueden verse afectadas por ruido, lo que dificulta la extracción de características.

**Conclusión**

El filtro de Gabor es una herramienta robusta y versátil en visión computacional, especialmente útil para el análisis de texturas y patrones orientados. Su capacidad de combinar información frecuencial y espacial lo hace relevante en aplicaciones biométricas, clasificación de texturas y segmentación de imágenes. Sin embargo, uno de sus principales desafíos es el costo computacional, especialmente cuando se requieren múltiples orientaciones y frecuencias.

A pesar de estas limitaciones, su implementación en tareas prácticas ha demostrado un rendimiento notable. La combinación de Gabor con técnicas modernas como aprendizaje profundo puede optimizar aún más su uso, integrándolo en soluciones híbridas. En conclusión, el filtro de Gabor sigue siendo una herramienta esencial en el arsenal de métodos para el análisis de imágenes en visión computacional.

**References**

Gabor, D. (1946). *Theory of Communication*. Journal of the Institution of Electrical Engineers, 93(26), 429-457.

Jain, A. K., & Farrokhnia, F. (1991). *Unsupervised Texture Segmentation Using Gabor Filters*. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics.