

Restauración de Imágenes Borrosas usando Programación Lineal Regularizada

Ronaldo Carlos Mamani Mena

Universidad Nacional del Altiplano
Curso: Métodos de Optimización

Contexto del Problema

- Las imágenes se degradan por movimiento, ruido o fallas de captura.
- Es necesario restaurarlas cuando no se pueden volver a capturar.
- El problema se modela como una ecuación integral de Fredholm (mal condicionada).
- Los métodos clásicos usan mínimos cuadrados (norma L_2), sensibles al ruido.

¿Por qué Programación Lineal?

- La norma L1 es más robusta frente al ruido y valores atípicos.
- Se formula el problema como:

$$\text{mín } \|Ax - b\|_1 \quad \text{s.a. } x \geq 0$$

- Se introduce el error $e = Ax - b$ y se descompone: $e = e^+ - e^-$
- Esto permite usar un modelo de Programación Lineal (PL) estándar.

Modelo Regularizado

- Se mejora el modelo añadiendo regularización:

$$\text{mín } \|Ax - b\|_1 + \alpha \|x\|_1 + \gamma \|\nabla x\|_1$$

- $\alpha \|x\|_1$: evita valores extremos.
- $\gamma \|\nabla x\|_1$: suaviza variaciones para imágenes más homogéneas.
- Se usan matrices D_h y D_v para aproximar derivadas.

Implementación y Resultados

- Se resolvió con el método de punto interior (más eficiente que Simplex).
- Comparado con: Lucy-Richardson, Wiener, Tikhonov, BDNSM.
- Métricas utilizadas:
 - PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)
 - SSIM (Structural Similarity Index)
 - Error relativo
- El modelo propuesto obtuvo mejores resultados visuales y métricos.

Conclusiones

- La programación lineal con norma $L1$ permite restauraciones robustas al ruido.
- La regularización mejora la homogeneidad sin perder detalles importantes.
- Supera métodos clásicos en calidad y precisión.
- Es una alternativa efectiva y sólida en restauración de imágenes borrosas.