

# IMAGING

Relazione

**Cheikh Ibrahim · Zaid**

Matricola: 0000974909

**Xia · Tian Cheng**

Matricola: 0000975129

Anno accademico  
2021 – 2022

Corso di Calcolo Numerico  
Alma Mater Studiorum · Università di Bologna

## Introduzione

Il progetto consiste nel ricostruire un'immagine a partire da una sua istanza alterata da uno sfocamento noto e un rumore casuale.

Si tratta di un problema solitamente affrontato elaborando immagini provenienti da un dispositivo di acquisizione che nel suo processo di cattura deve digitalizzare un segnale analogico. Per risolvere tali problemi sono note diverse formulazioni. Quelle impiegate per questo progetto sono:

- Minimi quadrati
- Minimi quadrati con regolarizzazione di Tikhonov
- Minimi quadrati con regolarizzazione tramite variazione totale

È noto che risolvere il problema di deblur come minimi quadrati in modo diretto è mal condizionato e per questo si introducono tecniche di regolarizzazione.

Per misurare la qualità dei risultati verranno impiegate due metriche:

- Mean Squared Error (MSE) [AGGIUNGERE DESCRIZIONE]
- Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) [AGGIUNGERE DESCRIZIONE]

## Esecuzione preliminare

Per avere una visione sul comportamento delle varie formulazioni, è stata eseguita una prima sperimentazione sull'immagine in Figura 1

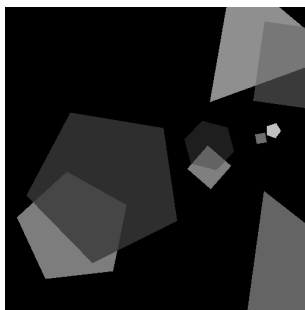


Figura 1: Immagine di test

### Prima esecuzione

La prima esecuzione è stata eseguita con un kernel  $5 \times 5$  con  $\sigma = 0.5$  e rumore gaussiano con deviazione standard  $]0, 0.05]$ .

### Stima di $\lambda$

Per valutare il risultato dei vari metodi, è necessario prima determinare il valore  $\lambda$  del termine di regolarizzazione degli algoritmi che lo prevedono. Il seguente grafico mostra il valore del PSNR al variare di  $\lambda \in [0.01, 1]$  con passo 0.01:

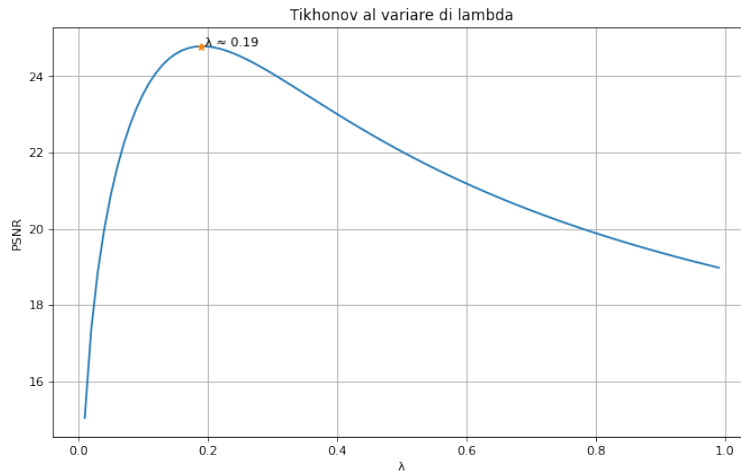


Figura 2:  $\lambda = 0.19$  e  $\text{PSNR} \simeq 24.79$

Analogamente, il seguente grafico mostra la variazione del PSNR per  $\lambda \in [0.01, 1]$  con passo 0.01:

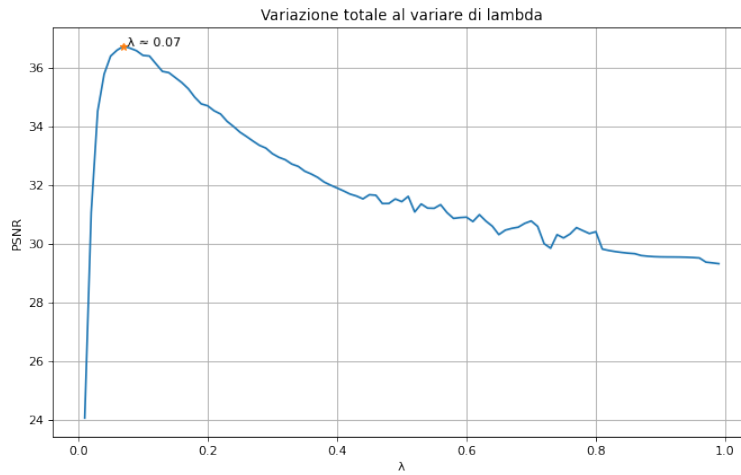


Figura 3:  $\lambda = 0.07$  e  $\text{PSNR} \simeq 36.74$

## Esecuzione

I risultati della prima esecuzione sono osservabili in Figura 4.

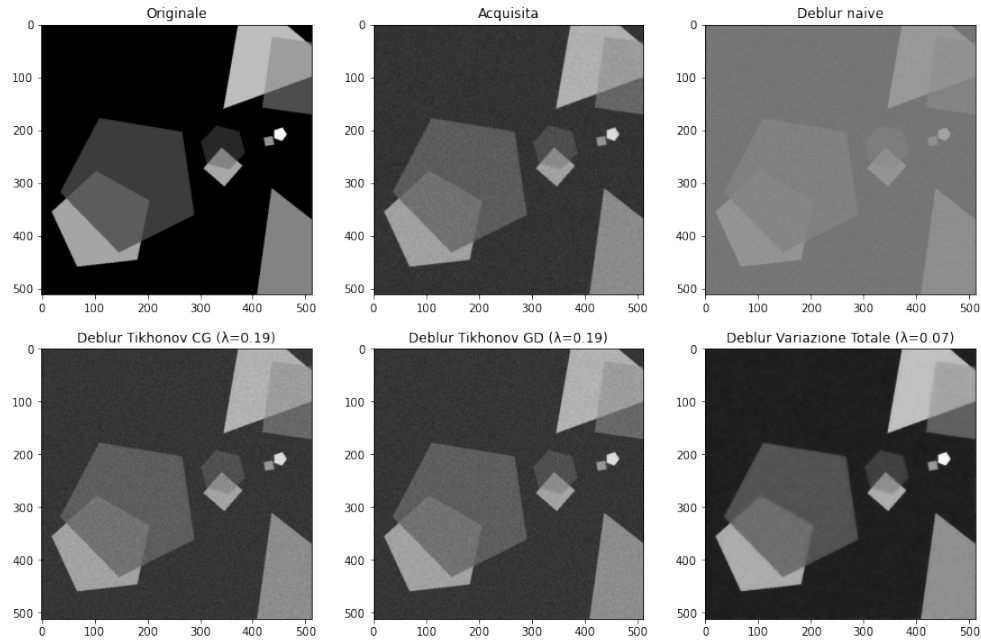


Figura 4: Risultato sulle varie formulazioni

	Acquisita	Naive	Tikhonov CG	Tikhonov GD	Variazione totale
MSE	$0.2699 \cdot 10^{-2}$	$0.2047 \cdot 10^0$	$0.33197 \cdot 10^{-2}$	$0.3320 \cdot 10^{-2}$	$0.2119 \cdot 10^{-3}$
PSNR	25.6878	6.8874	24.7890	24.7890	36.7382
Iter.		140	14	48	14

Come atteso, il risultato ottenuto con la formulazione come problema ai minimi quadrati senza regolarizzazione ha prodotto un'immagine molto distante dall'originale.

Utilizzando la regolarizzazione di Tikhonov, si è ottenuto un risultato quasi invariato rispetto all'immagine acquisita se non addirittura peggiore; mentre a livello di velocità, il metodo del gradiente ha richiesto più iterazioni rispetto al metodo del gradiente coniugato. Con la regolarizzazione tramite variazione totale, il risultato ottenuto è invece migliore rispetto agli altri metodi e molto vicina all'immagine originale.

La ragione per cui Tikhonov ha prodotto tale risultato è probabilmente dovuto al fatto che il rumore "sovrasta" il blur.

## Seconda esecuzione

Per vedere le prestazioni di Tikhonov in uno scenario differente, è stata effettuata una seconda esecuzione sulla stessa immagine di partenza con blur ottenuto da un kernel  $24 \times 24$  con  $\sigma = 3$  e rumore con deviazione standard  $]0, 0.05]$ .

## Stima di $\lambda$

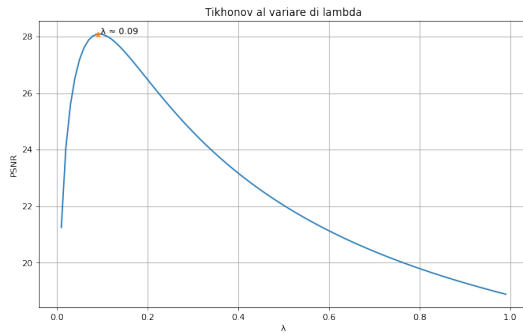


Figura 5:  $\lambda = 0.09$  e  $\text{PSNR} \simeq 28.09$

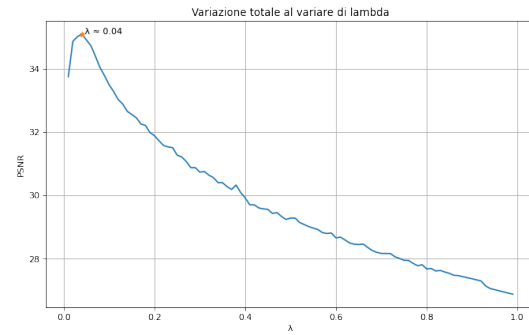


Figura 6:  $\lambda = 0.04$  e  $\text{PSNR} \simeq 35.09$

## Esecuzione

I risultati sono rappresentati in Figura 7.

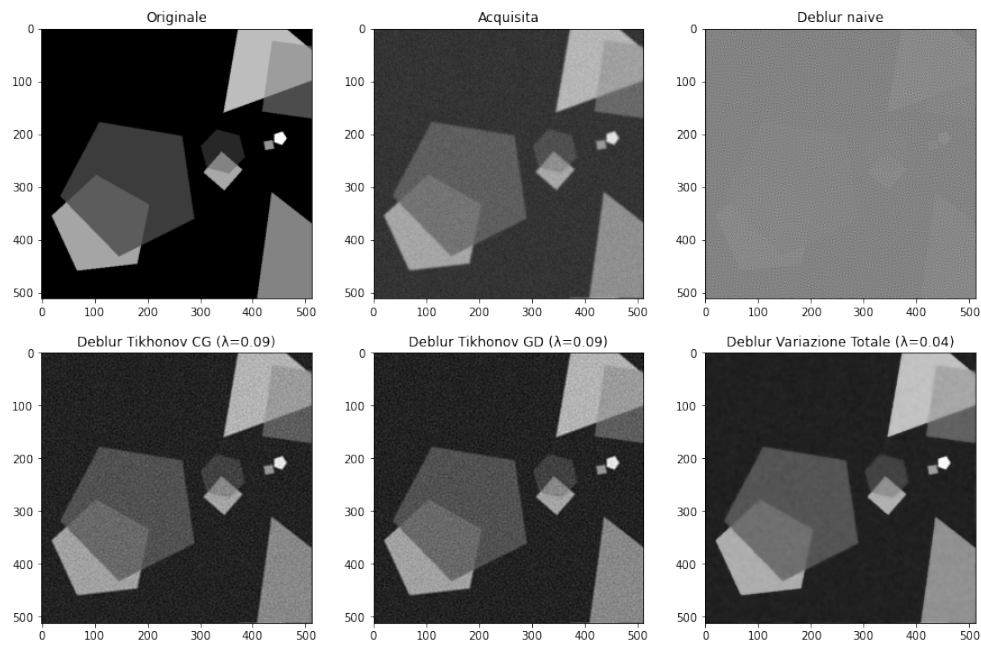


Figura 7: Risultato sulle varie formulazioni

	Acquisita	Naive	Tikhonov CG	Tikhonov GD	Variazione totale
MSE	$0.3204 \cdot 10^{-2}$	$0.5719 \cdot 10^{-1}$	$0.1553 \cdot 10^{-2}$	$0.1553 \cdot 10^{-2}$	$0.3094 \cdot 10^{-3}$
PSNR	24.9437	-7.5735	28.0889	28.0890	35.0944
Iter.		200 (max)	18	99	29

Anche in questo caso, il metodo naive non ha prodotto soluzioni accettabili, mentre la regolarizzazione tramite variazione totale, come nel caso precedente, ha prodotto il risultato migliore.

Il metodo regolarizzato con Tikhonov invece, a differenza dell'esecuzione precedente, ha prodotto un risultato migliore dell'immagine acquisita e, analogamente, il numero di iterazioni del metodo che minimizza con il gradiente coniugato è minore rispetto al metodo del gradiente.

## **Confronto gradiente coniugato e metodo del gradiente**

### **Semi-convergenza**

### **Risultati su esecuzioni multiple**