

# METODI DI DECONVOLUZIONE DI IMMAGINI AFFETTE DA MOTION BLUR

---

Candidato: Guglielmo Menchetti

Relatore: Fabrizio Argenti

*Corso di Laurea Triennale Ingegneria Informatica*

*Università degli Studi di Firenze*

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione*

*28 Aprile 2017*



1. Introduzione
2. Deblurring Non-Blind
3. Deblurring Blind
4. Risultati
5. Conclusioni

# INTRODUZIONE

---

Il **blur** è modellato come

$$f = g * p + n = Hg + n$$

dove:

- $g$  - immagine non degradata
- $p$  - funzione di blur (PSF)
- $n$  - rumore additivo
- $H$  - matrice di convoluzione

Degradazione di un'immagine:

- **Uniform Motion Blur** - Movimento della fotocamera
- **Non-Uniform Motion Blur** - Spostamento degli elementi della scena

## Uniform Motion Blur Lineare

$$p(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{L} & \text{se } y = x \tan \theta \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

dove  $L$  è la **lunghezza** del blur e  $\theta$  il suo **angolo**



Sviluppo di un metodo di **deblurring**

- **Non-Blind** - con PSF conosciuta
- **Blind** - con PSF incognita

# DEBLURRING NON-BLIND

---

- Deconvoluzione come problema **Linear Least Square**

$$\hat{g} = \arg \min_g \|g * p - f\|_2^2 = \arg \min_g \|Hg - f\|_2^2$$

- Image Restoration è un problema
  - *ill-conditioned*
  - *ill-posed*
- Sparsità dell'immagine come **conoscenza a priori**

# Rappresentazione sparsa

Si rappresenta l'immagine come

$$g = Dz$$

dove

- $g$  - immagine vettorizzata (**ordine lessicografico**)
- $D$  - Dizionario di Basi (**Wavelet**)
- $z$  - vettore dei coefficienti sparso

$$\|z\|_0 \ll \dim(z)$$

- Problema di deconvoluzione **Regularized Least Square**

$$\hat{z} = \arg \min_z \|HDz - f\|_2^2 + \lambda \|z\|_0$$

Problema: **Non-Convesso**

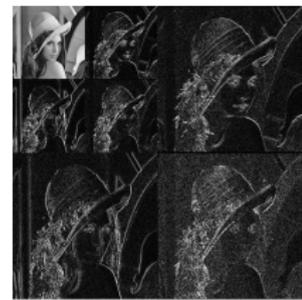
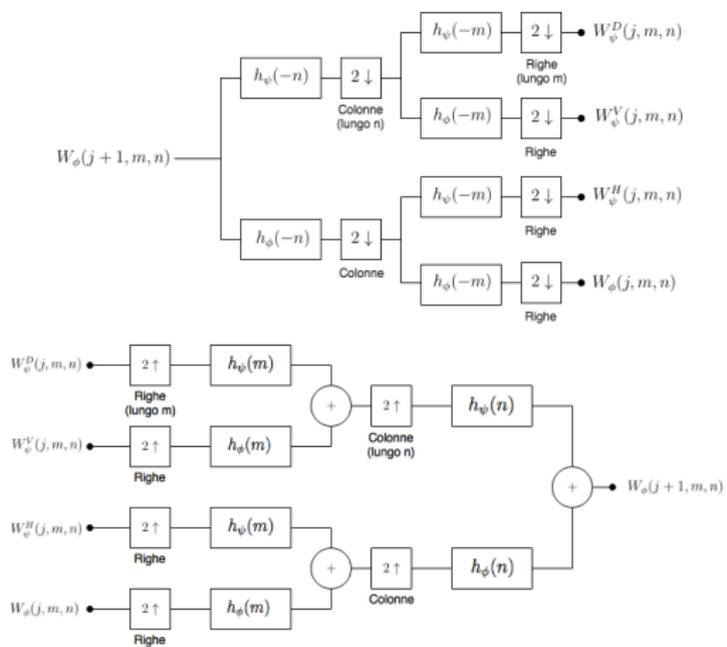
- Si considera il **Rilassamento Convesso**

$$\hat{z} = \arg \min_z \|HDz - f\|_2^2 + \lambda \|z\|_1$$

- Si ottiene

$$\hat{g} = D\hat{z}$$

# Trasformata Wavelet



Banco di filtri di Decomposizione e di Ricostruzione

- Forma standard di un problema **Regularized Least Square**

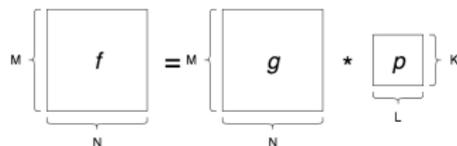
$$\hat{z} = \arg \min_z \|Az - f\|_2^2 + \lambda \|z\|_1$$

- L1\_Ls
  - Interior Point
- GPSR
  - Gradient Projection

# Convoluzione

Definizione classica

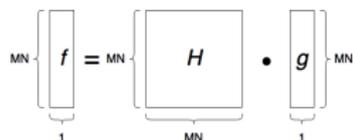
$$f(m, n) = g(m, n) * p(m, n) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} g(i, j) p(m - i, n - j)$$



Prodotto Matrice-Vettore

$$f = Hg$$

$$f = H_c H_r g$$



# Matrice $H_c$

Matrice  $M \times M$

$$B = \begin{vmatrix} p_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ p_1 & p_0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ p_{LK} & p_{LK-1} & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & p_2 & p_1 & p_0 \end{vmatrix}$$

Si ottiene la **matrice di filtraggio per colonne**  $MN \times MN$

$$H_c = \begin{vmatrix} B & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & B & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & B & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & B \end{vmatrix} = \text{kron}(I, B)$$

# Matrice $H_r$

La matrice  $B$  definita come prima, di dimensioni  $N \times N$

La matrice di filtraggio per righe  $MN \times MN$

$$H_r = \begin{pmatrix} p_0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & \cdots \\ 0 & p_0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 & \cdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 & \cdots \\ p_1 & 0 & \cdots & \cdots & p_0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots \\ 0 & p_1 & 0 & \cdots & 0 & p_0 & \ddots & 0 & \cdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_1 & 0 & \cdots & 0 & p_0 & \cdots \\ \vdots & \vdots \end{pmatrix} = \text{kron}(B, I)$$

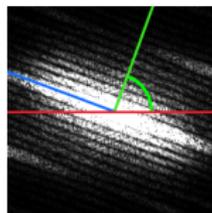
# DEBLURRING BLIND

---

# Stima della PSF

Si determina la PSF stimando i parametri  $\theta$  (**angolo**) e  $L$  (**lunghezza**) dell'immagine degradata  $f(x, y)$

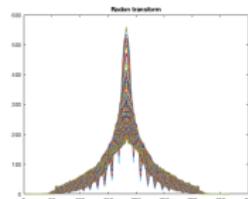
Si studia lo **Spettro di Potenza** -  $\log |F(u, v)|$



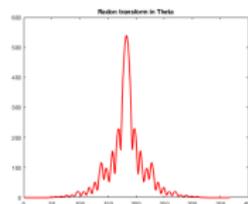
**Trasformata Radon** -  $R(\phi(x, y), \theta, \rho)$

$$\int \int \phi(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy$$

Si calcola  $R(\log |F(u, v)|, \theta, \rho)$  e  
si stima l'**angolo**  $\hat{\theta}$



Si calcola  $R(\log |F(u, v)|, \hat{\theta}, \rho)$  e  
si stima la **lunghezza**  $L$

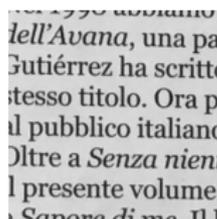


# RISULTATI

---

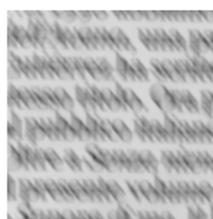
- Effettuati su immagini  $256 \times 256$  pixel
- PSF costruita con il metodo *fspecial* di MATLAB
- Aggiunta del rumore additivo Gaussiano Bianco
- Confronto con i metodi di MATLAB
  - *deconvwnr*
  - *deconvlucy*
  - *deconvblind*

# Non-Blind - "Text" con $L = 20$ e $\theta = 130$



ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

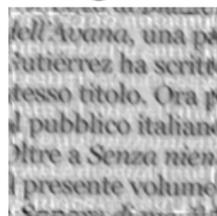
Originale



Blurred

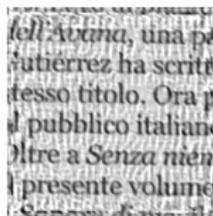


PSF



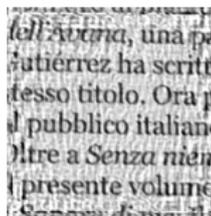
ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

*deconvwnr*



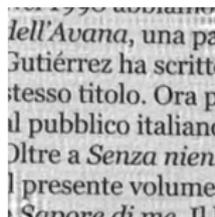
ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

*deconvlucy*



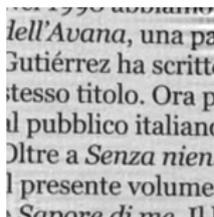
ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

*deconvblind*



ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

*GPSR*



ell'Avana, una pa  
Gutiérrez ha scritt  
stesso titolo. Ora p  
il pubblico italia  
Oltre a Senza nien  
Il presente volume  
Senza di me Il

*L1\_Ls*

# Non-Blind - "Lena" con $L = 25$ e $\theta = 90$



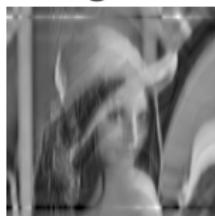
Originale



Blurred



PSF



*deconvwnr*



*deconvlucy*



*deconvblind*



*GPSR*



*L1\_Ls*

# Blind - "Lena" con $L = 25$ e $\theta = 60$



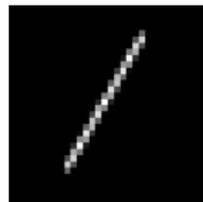
Originale



Blurred



PSF originale



PSF stimata

$L = 25$  e  $\theta = 60$



*deconvblind*



*GPSR*



*L1\_Ls*

# Blind - "Scimmia" con $L = 20$ e $\theta = 110$



Originale



Blurred

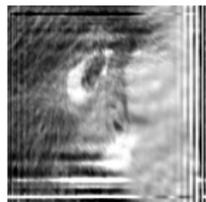


PSF originale



PSF stimata

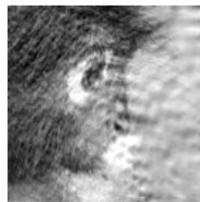
$L = 23$  e  $\theta = 110$



*deconvblind*



*GPSR*



*L1\_Ls*

# Blind - "Thai"

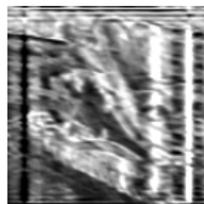


Blurred



PSF stimata

$$L = 22 \text{ e } \theta = 172$$



*deconvblind*



*GPSR*



*L1\_Ls*

# CONCLUSIONI

---

## Risultati ottenuti:

- Sviluppo di metodi Blind e Non-Blind di deblurring di immagini
- Risultati confrontati con le routine di MATLAB
- Tecniche efficaci in termini di qualità visiva

## Sviluppi futuri:

- Miglioramento della stima della PSF
- Applicazione di un metodo di stima congiunta della PSF

Grazie per l'attenzione

# METODI DI DECONVOLUZIONE DI IMMAGINI AFFETTE DA MOTION BLUR

---

Candidato: Guglielmo Menchetti

Relatore: Fabrizio Argenti

*Corso di Laurea Triennale Ingegneria Informatica*

*Università degli Studi di Firenze*

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione*

*28 Aprile 2017*

