

Rete Convolutionale per Image Deblurring

Gruppo

May 28, 2025

Abstract

L'obiettivo del progetto è l'applicazione di una U-Net Convolutionale al fine di migliorare la qualità dell'immagine in input rimuovendo il Blur causato dal moto del soggetto acquisito (*Motion Blur*) o causato dalla messa a fuoco dell'obiettivo (*Focus Blur*)

1 Introduction

[1]

2 Theory and Traditional Approach

Una immagine con Blur è modellata matematicamente come convoluzione tra ground-truth image latente e blur kernel, dove si quest'ultimo essere *shift-invariant*. In questo caso, l'estrazione dell'immagine sharp è un problema di *Image Deconvolution*, la quale è suddivisa in *Non-blind-deconvolution* e *Blind-deconvolution*.

Formulazione Matematica:

$$\mathbf{b} = \mathbf{i} * \mathbf{k} + \mathbf{n}$$

Dove:

\mathbf{b} : Immagine con blur

\mathbf{i} : Immagine *ground-truth* latente

\mathbf{k} : Blur Kernel

\mathbf{n} : Rumore presente nell'immagine per contare imperfezioni causate dall'acquisizione (quantizzazione, saturazione del colore, risposta non lineare della camera, ...) (Esempio: rumore gaussiano)

Non-Blind Deconvolution In questa metodologia tradizionale, il blur kernel è noto a priori (Esempio: Point Spread Function Gaussiana per Blur senza direzione, Linea con direzione e lunghezza per Blur con direzione).

Uno dei primi metodi utilizzati in questa categoria, implementato come comparazione, è la *Wiener Deconvolution*, il cui obiettivo è la ricerca di un filtro \mathbf{g} tale che, tramite convoluzione con l'immagine blurred \mathbf{b} . Espresso nel dominio di Fourier:

$$\hat{\mathbf{I}} = \mathbf{G}\mathbf{B} \quad (1)$$

$$\mathbf{G} = \frac{|\mathbf{K}|^2}{|\mathbf{K}|^2 + \frac{1}{\text{SNR}}} \frac{1}{\mathbf{K}} \quad (2)$$

Dove:

\mathbf{G} e \mathbf{K} : trasformate di Fourier di \mathbf{g} e \mathbf{k}

SNR: Signal to noise ratio (infinitamente alto se rumore assente)

Un'implementazione di tale metodo di Deblurring si basa su un metodo di ottimizzazione convessa chiamato *Alternating Direction Method of Multipliers* (ADMM)¹

Blind Deconvolution In questa metodologia, il blur kernel è ignoto², dunque parte dell'algoritmo è la *PSF estimation*, modellata come stima di una stima di densità di probabilità

3 Model Architecture

4 Observations

5 Results

Glossary

blind-deconvolution Metodo di estrazione di ground-truth image in cui il blur kernel è ignoto. 1

non-blind-deconvolution Metodo di estrazione di ground-truth image in cui il blur kernel è noto. 1

shift-invariant Un kernel è shift-invariant se e solo se la sua trasformata di Fourier non cambia con la traslazione del contenuto dell'immagine. 1

References

- [1] Yuning Cui et al. "Revitalizing Convolutional Network for Image Restoration". In: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 46.12 (2024), pp. 9423–9438. DOI: 10.1109/TPAMI.2024.3419007.

¹https://stanford.edu/class/ee367/reading/lecture6_notes.pdf

²I metodi con neural network rientrano in questa categoria