

Analisi della performance per metodi di tipo Projection-Correction in problemi di Motion Deblurring

Componenti del gruppo:

- Sara Casadio
- Enrico Ferraiolo
- Giovanni Maria Savoca

Professore di Riferimento: Davide Evangelista.

Descrizione del progetto: Il progetto si propone di confrontare le performance di due algoritmi del tipo Projection-Correction quando applicati al problema di ricostruzione di immagini mediche affette da *motion blur*. L'attenzione principale è posta sul confronto di due algoritmi particolarmente noti per le loro performance in letteratura, ovvero:

- **Diffusion Posterior Sampling (DPS),**
- **Regularization by Denoising with Diffusion (RED-Diff).**

Entrambi i metodi sono basati su modelli Diffusivi pre-addestrati, che dovranno quindi essere addestrati sulle immagini del dataset di training indicato in seguito. Più in particolare, il progetto è diviso in due fasi:

1. **Implementazione e addestramento di un Modello Diffusivo sui dati medicali considerati:** il framework di riferimento è quello dei *Denoising Diffusion Implicit Models (DDIM)*, una categoria di modelli diffusivi noti per la loro flessibilità ed elevata qualità generativa, nonché della loro semplicità. Questa fase non richiede l'utilizzo di alcun operatore. Infatti, i modelli diffusivi sono in genere addestrati tramite training non supervisionato, e pertanto richiedono la conoscenza di un solo dataset di training fatto da immagini ground-truth, senza alcuna immagine corrotta al suo interno.
2. **Definizione dei metodi DPS e RED-Diff:** Una volta addestrato il modello diffusivo, si richiede di implementare gli algoritmi DPS e RED-Diff, presenti in letteratura (ulteriori riferimenti sono disponibili nella sezione dedicata alla bibliografia di questo PDF), sul modello DDIM addestrato al punto precedente, utilizzando un'operatore di motion blur disponibile (ad esempio) nel pacchetto IPPy, discusso durante il corso.

Ottimizzatori da implementare e confrontare: Il progetto prevede la sperimentazione dei due algoritmi indicati sopra, ovvero:

- **Diffusion Posterior Sampling (DPS)**
- **Regularization by Denoising with Diffusion (RED-Diff)**

Applicazione: Il caso di studio sarà il problema di *Motion Deblurring* su immagini mediche. L'obiettivo è ottenere un'immagine nitida a partire da un'osservazione degradata da motion blur, utilizzando regolarizzazione e opportune tecniche iterative. I parametri specifici dell'operatore di Motion Blur sono a scelta dell'utente. Si consiglia un `kernel_size` di **almeno 5**, mentre il `motion_angle` è a vostra discrezione.

Dataset: Mayo Clinic Dataset (CT), scaricabile da:

https://drive.google.com/drive/folders/13BEiz6t57qSbwBpCtfqllmYTLmkhQeFE?usp=share_link

Risoluzioni previste:

- Test principali su immagini **128×128**.
- Possibile estensione a immagini **256×256**, se compatibile con i tempi e la complessità computazionale.

Output Attesi: E' richiesto agli studenti di produrre i seguenti obiettivi che, se svolti tutti nella maniera corretta, permetteranno di raggiungere la valutazione massima dell'esame. E' chiaramente possibile fare esperimenti ulteriori oltre a quelli richiesti in seguito, che verranno tenuti in considerazione a patto che tutti quelli indicati in seguito vengano svolti in maniera completa.

1. **Addestramento** corretto di un **modello diffusivo (DDIM)** su immagini del dataset indicato.

2. **Implementazione** di entrambi gli algoritmi **DPS** e **RED-Diff**, con integrazione del modello DDIM nella pipeline di ricostruzione.
3. **Simulazione** di un'osservazione con motion blur tramite operatore noto, e applicazione dei metodi per la rimozione del blur.
4. **Esperimenti** su immagini 128×128, con almeno un confronto diretto tra i due metodi (DPS vs RED-Diff).
5. **Valutazione** quantitativa dei risultati, tramite almeno una metrica di qualità (es. PSNR o SSIM), su più immagini di test.
6. **Codice ben organizzato e modulare**, accompagnato da una raccolta dei risultati più significativi che dovranno essere esposti in sede d'esame (le modalità di tale esposizione saranno comunicati in classe nelle prossime lezioni).

Bibliografia: In seguito si riportano alcuni papers di riferimento che possono aiutare nello svolgimento del progetto. La letteratura scientifica (specialmente in questo ambito) è però generalmente molto complessa e richiede una serie di conoscenze di base difficili da raggiungere. Per questo motivo, si consiglia di fare uso dei **numerosi** blog e siti web che descrivono le metodologie richieste dal progetto con un linguaggio estremamente più semplice di quello dei papers, oltre che di LLM che possono aiutare nello sviluppo e nella comprensione del codice. Infine, ricordo che scopo di questo progetto è una “collaborazione” diretta col docente di riferimento, motivo per cui non esitate a mandarmi mail o fissare ricevimenti in un qualunque momento.

- Diffusion models [basics]: <https://arxiv.org/abs/2006.11239>
- DDIM: <https://arxiv.org/abs/2010.02502>
- DPS: <https://arxiv.org/abs/2209.14687>
- RED-Diff: <https://arxiv.org/abs/2305.04391>

Consegna: Il progetto **NON** deve essere consegnato. I risultati ottenuti dall'esecuzione degli esperimenti del progetto saranno discussi in sede d'esame, con le modalità che verranno comunicate nelle prossime lezioni.