

Relazione DEBLUR

Progetto del corso di Calcolo Numerico, A.A. 20/21, dell'Università di Bologna.

Realizzato da:

- Han Chu, matricola n° 0000882776
- Simone Zimotti, matricola n° 0000914803

Implementazione del programma

Il programma da realizzare ha il compito di rimuovere la corruzione in un'immagine. La corruzione è data dalla sfocatura gaussiana e il rumore additivo, i quali dipendono da una varianza σ^2 , nel caso della sfocatura gaussiana, da un diametro.

A livello didattico abbiamo utilizzato il metodo di discesa del gradiente dove il passo è calcolato con l'algoritmo di backtracking. Le funzioni sulle quali applicare tale metodo, sono:

- il metodo classico (naive)
- il metodo ottimizzato (si tronca sull'iterato con errore minimo)
- il metodo col parametro di regolarizzazione
- il metodo col parametro di regolarizzazione stimato col principio di discrepanza
- il metodo col parametro di regolarizzazione in norma 1

Per efficienza, il metodi col parametro di regolarizzazione e quello in norma 1 calcolano il valore λ utilizzando un ciclo for su un intervallo di valori equidistanti. In tale intervallo non è sempre presente il punto di minimo per tutte le immagini, quindi un metodo più efficace ma meno efficiente è di utilizzare un ciclo while e determinare λ iterando su diversi valori.

Nel programma il range copre 15 punti equidistanti che parte dal valore start; il suo intervallo è $[start, 15 * start]$. Il valore di inizio per i vari metodi col parametro di regolarizzazione sono:

- in norma due (classico): 0.0005
- col principio di discrepanza: 0.005
- in norma uno: 0.1

Inoltre gli algoritmi di discesa del gradiente terminano al più dopo 100 iterazioni o se la norma di Frobenius dell' i -esimo gradiente è minore di 0.00001.

Analisi

Analisi dell'immagine al variare dei parametri di corruzione

Dopo aver effettuato alcune analisi sull'immagine di default, possiamo concludere che:

- La varianza del rumore ha un rapporto indirettamente proporzionale alla qualità dell'immagine: più cresce la varianza, più l'immagine risulta danneggiata.
- La varianza della sfocatura incide solo se il diametro della sfocatura è maggiore di 1 ed ha un rapporto direttamente proporzionale alla qualità dell'immagine.
- Il diametro della sfocatura ha un rapporto indirettamente proporzionale alla qualità dell'immagine: più cresce, meno è nitida l'immagine.

Analisi dell'immagine originale

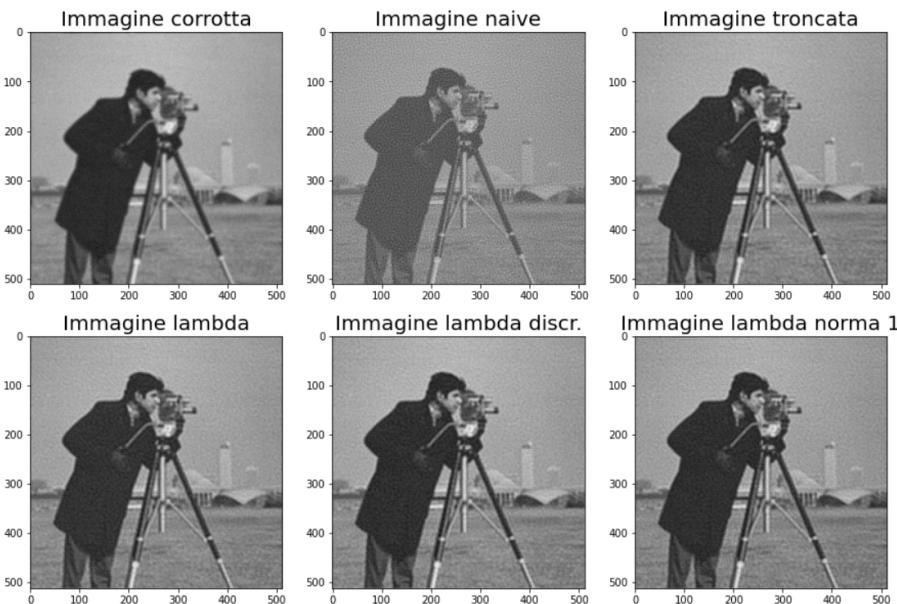


Utilizzando l'immagine di default:

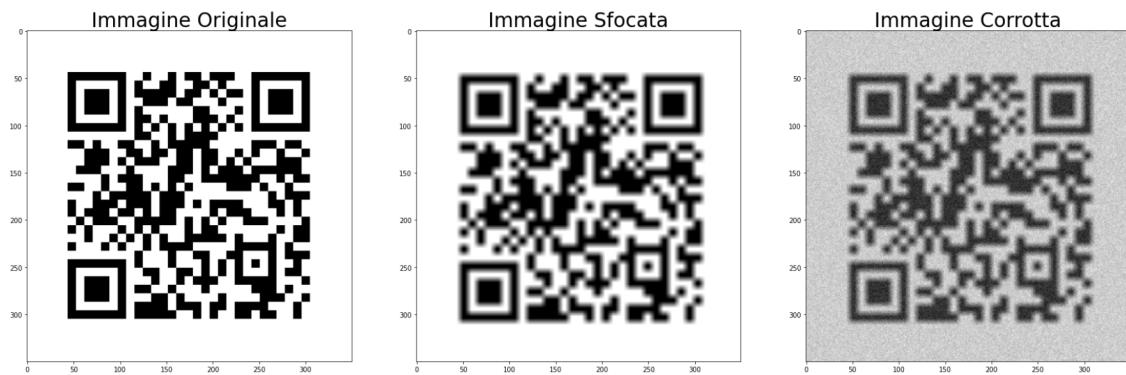
- L'algoritmo di discesa ha semiconvergenza sull'iterato 11.
- Il valore di lambda euristico è di 0.0035.
- Il valore di lambda calcolato col principio di discrepanza è di 0.03.
- Il valore di lambda calcolato in norma 1 è di 0.6.

La seguente tabella riassume l'errore relativo e il PSNR dei vari metodi:

Metodo utilizzato	Errore relativo	PSNR
Immagine corrotta	0.056537094515330635	19.25581589587803
Metodo di discesa	0.0385443783297775	14.508064035324209
Troncato	0.021132696884158354	22.645192887052108
Lambda	0.02105152107647136	22.60069488173128
Lambda col principio di discrepanza	0.03466484130271025	23.634208278841147
Lambda in norma 1	0.020666743228268412	22.373069036187655



Analisi immagine geometrica

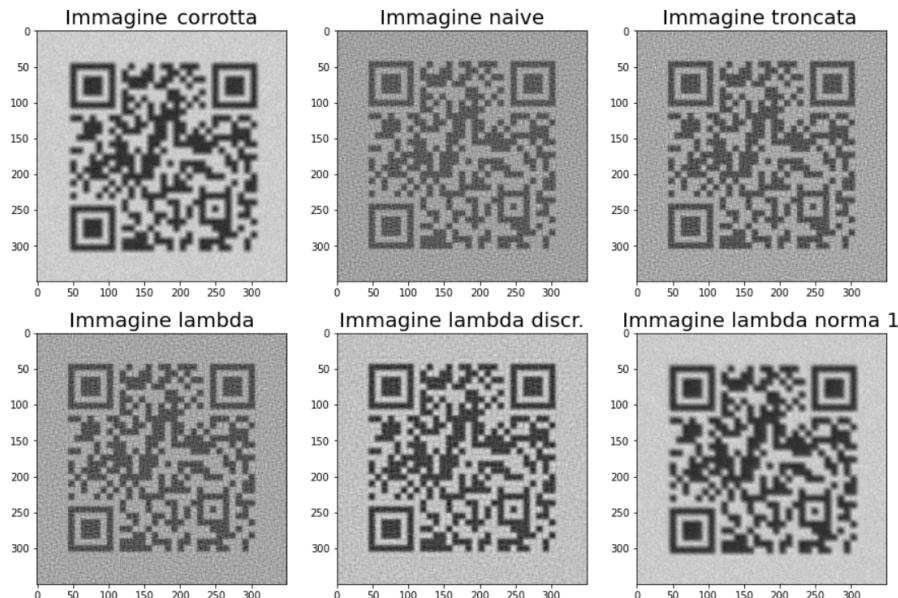


Utilizzando l'immagine geometrica:

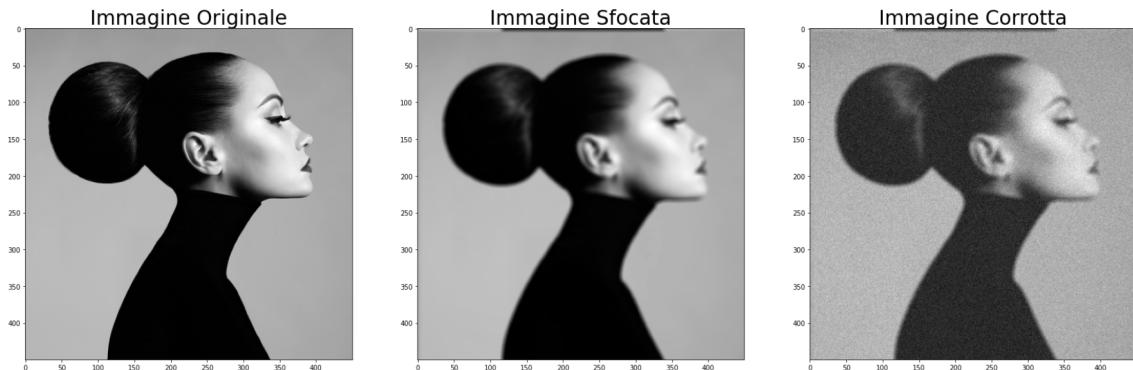
- L'algoritmo di discesa ha semiconvergenza sull'iterato 72.
- Il valore di lambda euristico è di 0.0005.
- Il valore di lambda calcolato col principio di discrepanza è di 0.035.
- Il valore di lambda calcolato in norma 1 è di 0.02.

La seguente tabella riassume l'errore relativo e il PSNR dei vari metodi:

Metodo utilizzato	Errore relativo	PSNR
Immagine corrotta	0.15187300376496124	57.774480767631964
Metodo di discesa	0.052430290988606014	58.432511920349484
Troncato	0.05139864441183869	59.80201306854141
Lambda	0.05139734686586465	59.72689296262145
Lambda col principio di discrepanza	0.06587921280637699	63.65975864058412
Lambda in norma 1	0.14712125168641121	58.671918763867254



Analisi immagine fotografica

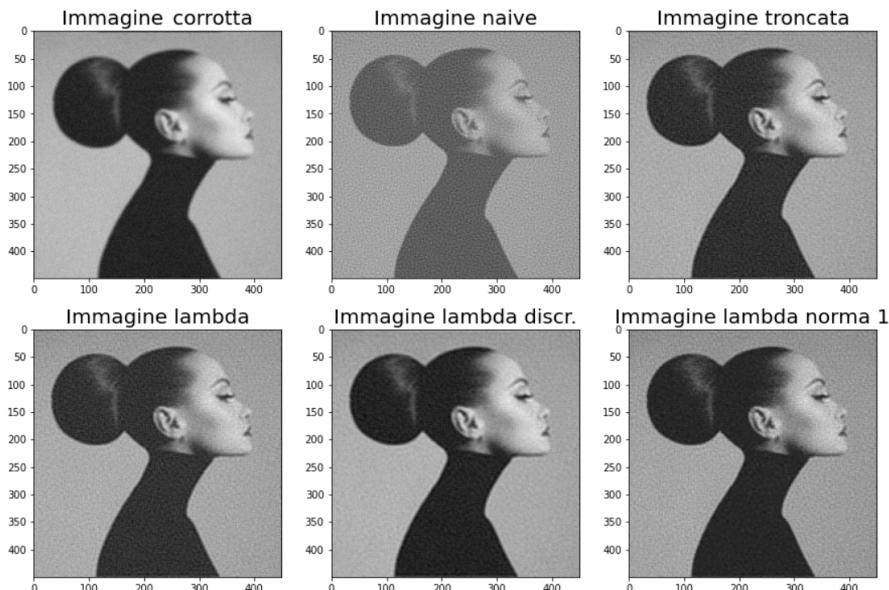


Utilizzando l'immagine fotografica:

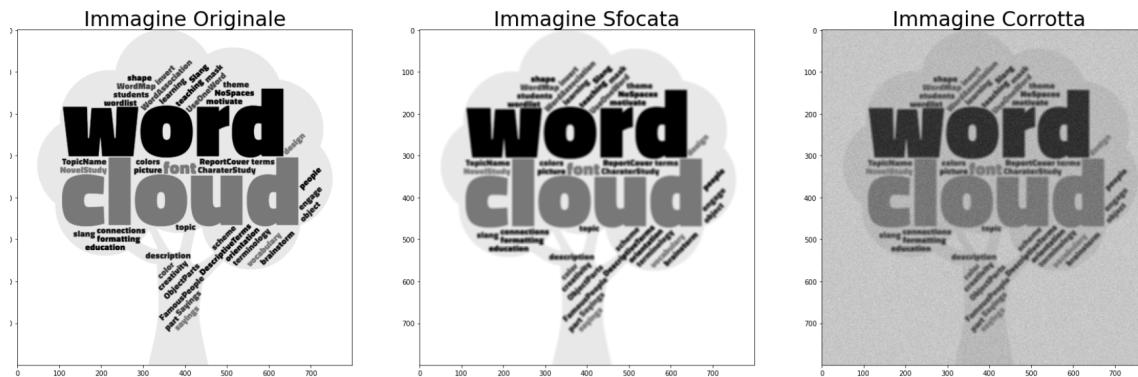
- L'algoritmo di discesa ha semiconvergenza sull'iterato 18.
- Il valore di lambda euristico è di 0.0055.
- Il valore di lambda calcolato col principio di discrepanza è di 0.03.
- Il valore di lambda calcolato in norma 1 è di 1.2.

La seguente tabella riassume l'errore relativo e il PSNR dei vari metodi:

Metodo utilizzato	Errore relativo	PSNR
Immagine corrotta	0.06077251599161697	20.001130852680838
Metodo di discesa	0.04261074095822437	13.889762824011074
Troncato	0.023122498060293727	21.40237502384865
Lambda	0.02295366109558526	21.477701698532243
Lambda col principio di discrepanza	0.03261142770654433	23.870878631801567
Lambda in norma 1	0.021494502413084742	21.68372117077702



Analisi immagine contenente del testo

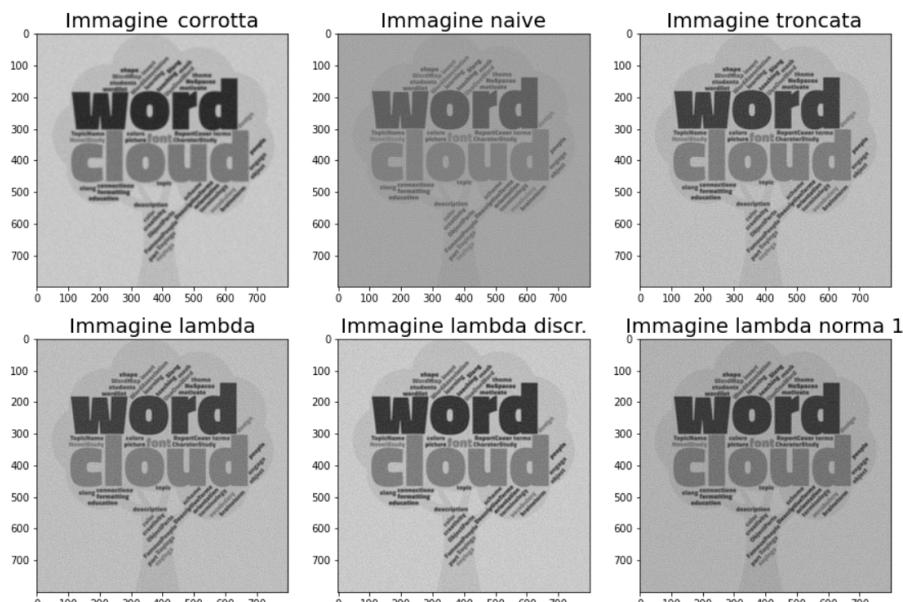


Utilizzando l'immagine contenente del testo:

- L'algoritmo di discesa ha semiconvergenza sull'iterato 19.
 - Il valore di lambda euristico è di 0.0015.
 - Il valore di lambda calcolato col principio di discrepanza è di 0.03.
 - Il valore di lambda calcolato in norma 1 è di 0.9.

La seguente tabella riassume l'errore relativo e il PSNR dei vari metodi:

Metodo utilizzato	Errore relativo	PSNR
Immagine corrotta	0.05640451690514237	15.361361763799234
Metodo di discesa	0.03040287208033784	10.128092477224286
Troncato	0.020925864181459437	16.864840317414554
Lambda	0.02090569733137979	16.859530375655286
Lambda col principio di discrepanza	0.033410957339426596	18.752963423186987
Lambda in norma 1	0.020274672483450277	16.506291511819732



Discussione dei risultati

Utilizzando i parametri di default di corruzione, si può affermare che i colori chiari vengono alterati in maniera significativa anche con un indice di rumore basso. Il metodo naive se ha un numero di iterazioni alto può tendere ad oscurare l'immagine, infatti il metodo troncato ha un'immagine più chiara. I metodi di troncamento e quello di lambda euristico sono simili, mentre quello con lambda euristico sebbene abbia un errore relativo più alto, ha anche il PSNR alto; difatti è quello qualitativamente più bello alla vista. Il metodo che utilizza lambda in norma 1 rende l'immagine più sfocata ma è meno rumorosa.

Si osserva che il metodo con troncamento e quelli con lambda euristico sono i migliori da un punto di vista dell'errore relativo, sebbene il PSNR indica come immagine più simile quella con lambda calcolata tramite il principio di discrepanza.

I risultati ottenuti dagli errori relativi e il PSNR sono simili fra tutte le immagini tranne nell'immagine 1, quindi è possibile che le immagini con figure geometriche e in bianco e nero (assenza di grigi) può incidere. Inoltre anche il PSNR dell'immagine 1 è diverso rispetto agli altri PSNR delle altre immagini.