

Super-Risoluzione di immagini termiche: confronto fra algoritmi “single image” e “multiple images”

Pasquale Cascarano¹, Francesco Corsini², Stefano Gandolfi², Emanuele Mandanici², Elena Loli Piccolomini³, Luca Tavasci², Fabiana Zama¹

¹Dipartimento di Matematica, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato 5 – 40126 Bologna (BO)

²Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Viale Risorgimento 2 – 40136 Bologna (BO)

³Dipartimento di informatica, Università di Bologna, via Malaguti 1/D – 40126 Bologna (BO)

I rilievi termografici stanno acquisendo sempre maggiore rilevanza, anche grazie alla crescente sensibilità che si va diffondendo riguardo al tema dell'efficienza energetica e della diagnostica non invasiva. Questi rilievi possono essere svolti con diversi sensori e a diversa scala, principalmente in funzione della distanza di presa dall'oggetto/area che si intende indagare. Una delle principali limitazioni delle immagini termiche (che ha immediate ripercussioni anche sulla logistica dei rilievi oltre che sulla qualità del dato finale) è la scarsa risoluzione spaziale, di molto inferiore a quella usuale nel campo del visibile. Ciò è dovuto alla bassa energia emessa nelle bande interessate (tipicamente comprese tra 7 e 16 micron) e alla necessità di mantenere un buon rapporto segnale rumore. Ne risulta, spesso, una limitata capacità di caratterizzare piccoli dettagli o definire in modo preciso bordi e aree.

Il processing del dato termografico è inoltre reso più complesso dalla necessità di preservare quanto più possibile la radiometria originale. Questo prerequisito è essenziale per poter applicare algoritmi di calibrazione radiometrica in grado di compensare gli effetti dell'atmosfera e dell'emissività delle superfici osservate, garantendo così una buona accuratezza in termini di temperature misurate per ciascun pixel.

La limitata risoluzione spaziale delle immagini termiche rende dunque particolarmente interessante l'utilizzo di algoritmi di super-risoluzione, algoritmi cioè che a partire da una o più immagini a bassa risoluzione sono in grado di ricostruire un'immagine a più alta risoluzione. Soluzioni per la super-risoluzione di immagini sono sviluppate già da molti anni e vengono applicate in diversi contesti. Solo recentemente, però, sono state implementate dai produttori nei firmware di alcune termocamere, al fine di aumentarne le prestazioni contenendo i costi. Va sottolineato, tuttavia, che non tutti gli algoritmi di super-risoluzione offrono adeguate garanzie sulla conservazione dell'informazione radiometrica originale; perciò è opportuno restringere la scelta ad alcune specifiche tipologie.

In questo lavoro è stata considerata la particolare classe di algoritmi di super-risoluzione basati su funzioni di regolarizzazione. Si tratta essenzialmente di metodi variazionali, in cui la soluzione viene calcolata attraverso un problema di

ottimizzazione, basato su una funzione obiettivo che consente di bilanciare la distribuzione statistica del rumore e opportune proprietà di regolarità della soluzione (che rappresentano una conoscenza a priori), mediante un parametro di regolarizzazione, calcolato in modo adattivo.

Uno dei principali vantaggi di questa classe di algoritmi è dato dalla possibilità di operare sia sulla singola immagine sia su una serie di immagini acquisite in tempi vicini e con minime variazioni della posizione di presa rispetto all'oggetto del rilievo. Questa caratteristica consente una applicazione estremamente flessibile per diversi rilievi termografici in differenti contesti. Ad esempio, la soluzione basata su immagini singole potrà essere efficacemente applicata ad immagini termiche da aereo, consentendo anche una maggiore flessibilità nella pianificazione del volo. Al contrario, per applicazioni di termografia terrestre che non riguardino soggetti in movimento, si potrà sfruttare nel processo di ricostruzione la maggiore informazione derivante da acquisizioni multiple.

Sono quindi in corso sperimentazioni su immagini campione estratte da due rilievi termografici. Il primo è un rilievo termografico da aereo sulla città di Bologna con finalità legate allo studio dell'efficienza energetica degli edifici. Il secondo, invece, è un rilievo terrestre di un edificio storico, sempre a Bologna e con finalità di diagnosi sulle dispersioni di calore. Nel primo caso viene appunto testata la modalità ad immagine singola, mentre nel secondo la modalità ad immagini multiple.

Dalle immagini termiche reali vengono generate, tramite metodi di sotto-campionamento, dataset simulati di immagini a più bassa risoluzione. Gli algoritmi di super-risoluzione vengono poi applicati per ricostruire l'immagine di partenza. In questo modo è possibile verificare la qualità del processo, sia in termini di statistiche complessive, sia di valori puntuali. I primi risultati mostrano che gli algoritmi proposti consentono una migliore capacità di ricostruire i valori di temperatura superficiale effettivi in corrispondenza di punti caldi e freddi, se comparati con tecniche di miglioramento dell'immagine più tradizionali. Tali algoritmi, inoltre, hanno il vantaggio di non richiedere nessun tipo di addestramento.

Bibliografia

- E. Mandanici, L. Tavasci, F. Corsini, S. Gandolfi, A multi-image super-resolution algorithm applied to thermal imagery, *Applied Geomatics* 11(3), 2019, 215-228.
- D. Lazzaro, E. L. Piccolomini, F. Zama, A nonconvex penalization algorithm with automatic choice of the regularization parameter in sparse imaging, *Inverse Problems* 35, 2019.
- F. Corsini, La super risoluzione di immagini termiche, 63° Convegno Nazionale SIFET, Gaeta, 20-22 giugno 2018.