

Image Forensics

Giuseppe Messina

Dipartimento di Matematica e Informatica, Università di Catania

Image Processing LAB – <http://iplab.dmi.unict.it>



Sommario

- Problematiche legate all'acquisizione dei dati
- Image Quality in ambito investigativo
- Tecniche di Enhancement/Restoration
- Conclusioni



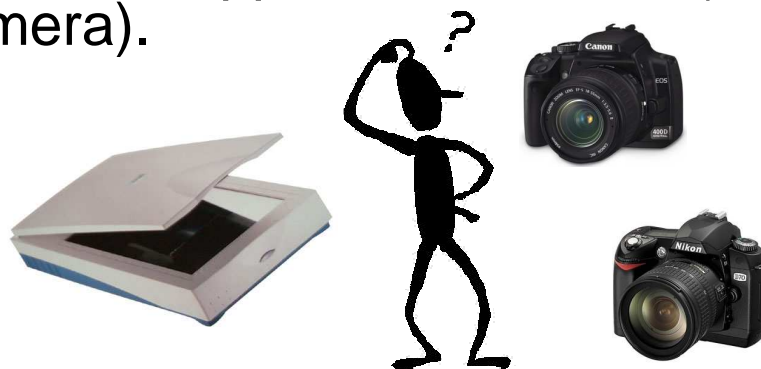
Introduzione

- Malgrado le tecniche Digitali abbiano apportato notevoli vantaggi al mondo della fotografia, per la loro natura **digitale sono facilmente alterabili**.
- Questo particolare rende notevolmente critico l'utilizzo di prove digitali in ambito forense.



Digital Forensics Tasks

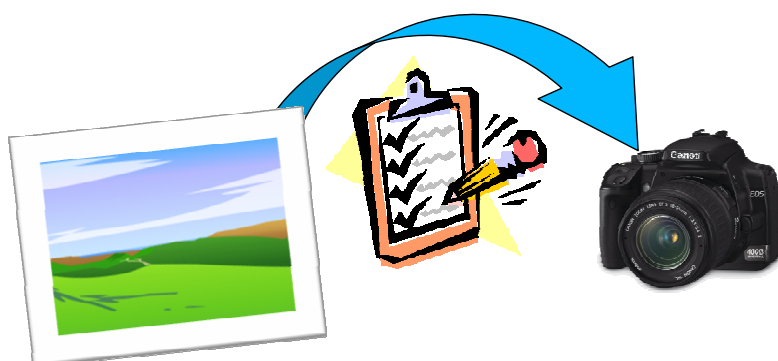
- **Image Source Identification:**
Individuazione del tipo di sorgente che ha generato l'immagine, sia dal punto di vista di modello (macchina fotografica Canon, Nikon, Hp, Olympus, ecc.) sia dal punto di vista dell'apparecchiatura (scanner, fotocamera).



Digital Forensics Tasks

- **Device identification:**

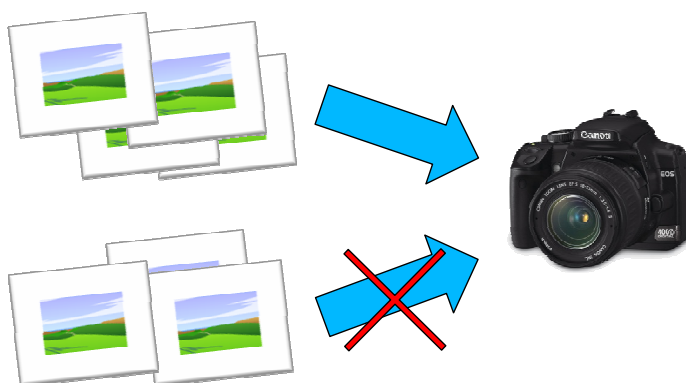
validare l'associazione di una fotografia ad un ben preciso dispositivo (provare che una ben determinata macchina fotografica ha scattato la fotografia in esame)



Digital Forensics Tasks

- **Device linking groups:**

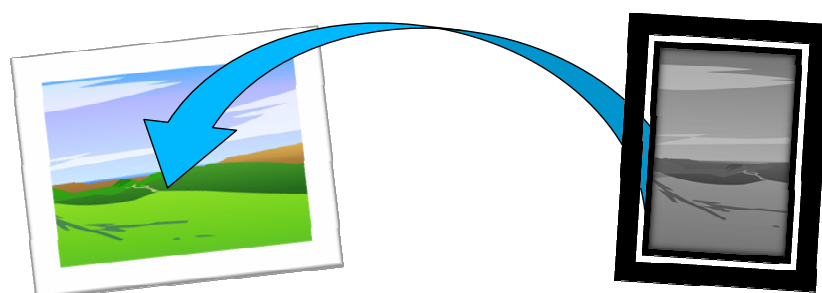
Raggruppare insieme di fotografie associandole a un determinato dispositivo (escludendo eventuali intrusi)



Digital Forensics Tasks

- **Processing History Recovery:**

l'obiettivo è ricostruire la storia della manipolazione attuata sulla fotografia in oggetto (es. compressione lossy, filtering, resizing, contrast/ brightness adjustment, etc.)



Digital Forensics Tasks

- **Image Forgery Identification:**

Identificazione di manipolazione, ovvero inserimento o cancellazione di particolari, del contenuto di un'immagine, mediante analisi dei dati.

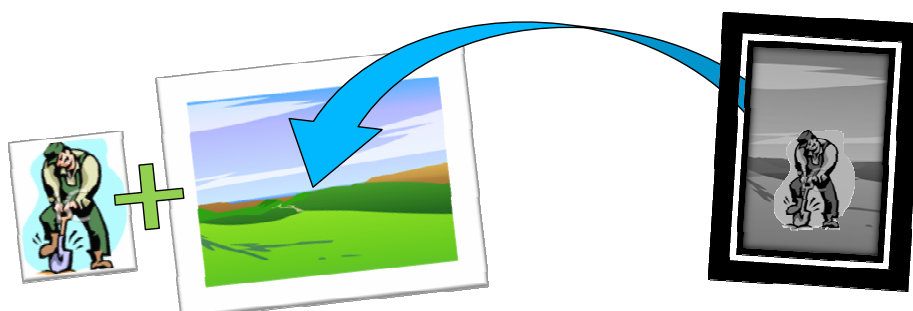


Image Forensics

I principali campi applicativi nell'ambito dell'elaborazione dell'immagine per uso forense possono essere raggruppati come segue:

- **Image Reconstruction:** Restauro di immagini deteriorate al fine di indentificare, anche parzialmente, il contenuto originale.
- **Self Embedding:** Tecniche di inserimento ed estrazione di informazioni all'interno dell'immagine al fine di alterarne il contenuto (per esempio sostituendi il reale codice di una targa di una macchina con uno fittizio);
- **Video Analysis:** Analisi comportamentale, per esempio al fine di individuare comportamenti sospetti oppure abbandono, o furto di oggetti.
- **Ricostruzione 3D:** Estrazione delle informazioni tridimensionali contenute all'interno della scena per ricavare misure originali (per esempio l'altezza di un individuo, oppure la velocità di un mezzo).
- **Steganografia:** Individuazione di informazioni nascoste all'interno di un'immagine mediante watermarking o tecniche simili.



Image Processing in ambito investigativo

- Image enhancement/restoration volta a classificare/confrontare e/o validare
 - Informazioni, Dati biometrici, ecc.
- Ricostruzione 3D e misure (Fotogrammetria)

→ Forensic Image Processing



Image enhancement/restoration



- Recuperare un maggior numero di informazioni dall'analisi di un'immagine



Classificazione di informazioni



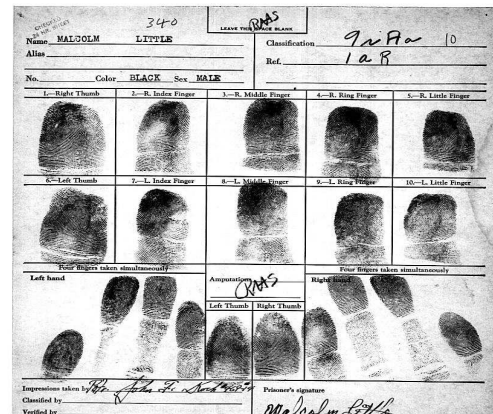
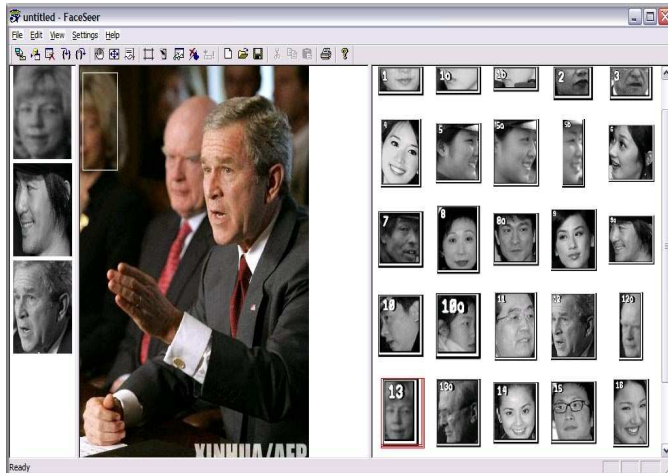
- Organizzazione delle informazioni visive secondo certi criteri

- Pastiglie
- Impronte di scarpe, pneumatici...
- Proiettili
- ...



Biometria

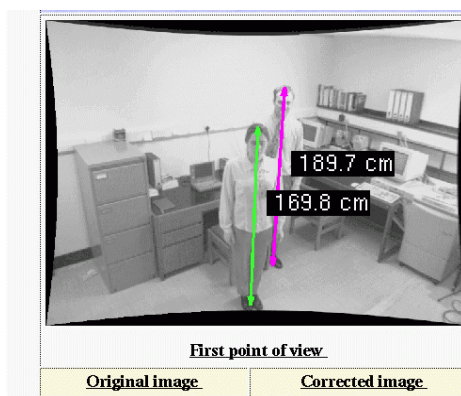
- Confrontare e riconoscere caratteristiche fisiologiche o comportamentali di un individuo



- Impronte digitali
- Palmo della mano
- Facce
- Iride
- Forma dell'orecchio
- ...



Fotogrammetria e Ricostruzione 3D



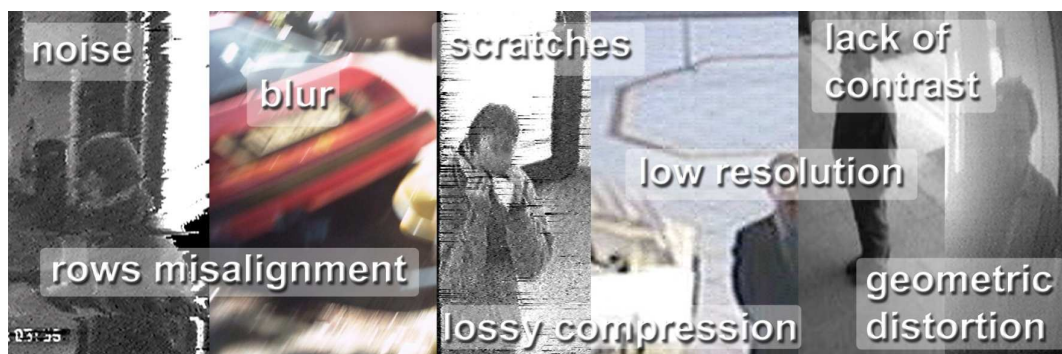
- Valutazione di dimensioni in una scena tramite proporzioni con grandezze note.



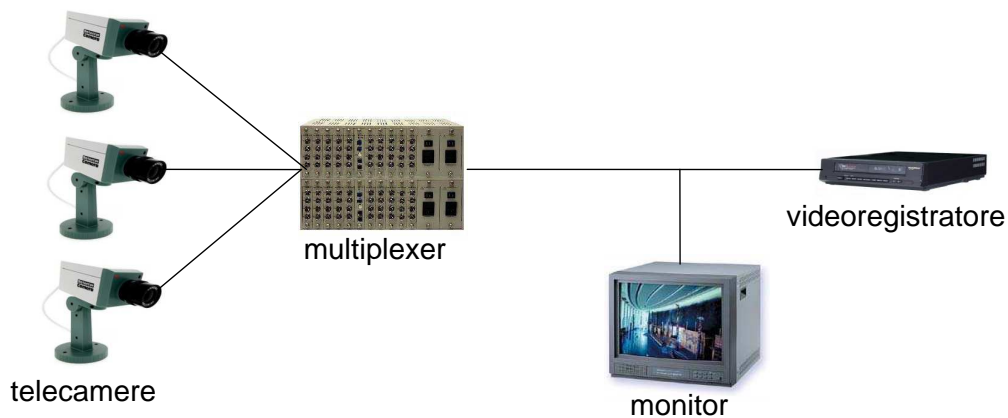
- Analisi della dinamica di un evento
- Analisi di oggetti, luoghi, volti ...



Miglioramento di Qualità

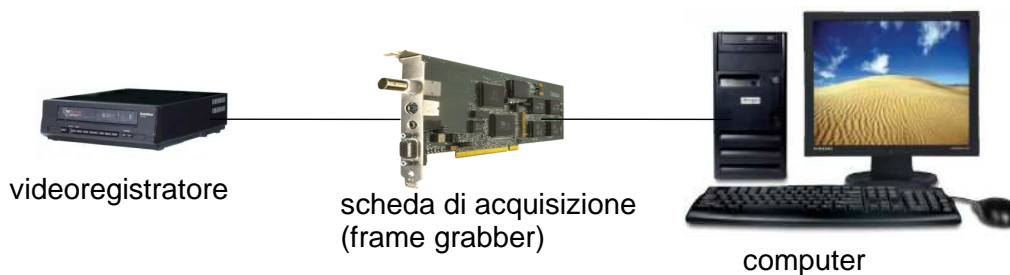


Dispositivi di acquisizione



Analogico o digitale?

- Molto spesso i filmati sono memorizzati su videocassetta
- Occorre digitalizzarli prima dell'elaborazione

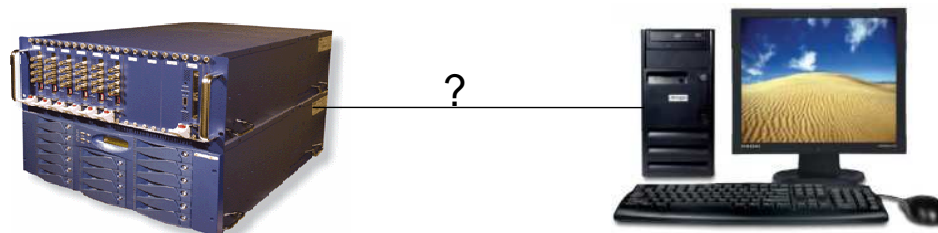


Caratteristiche del digitale

- Non soggetto ad usura

Ma...

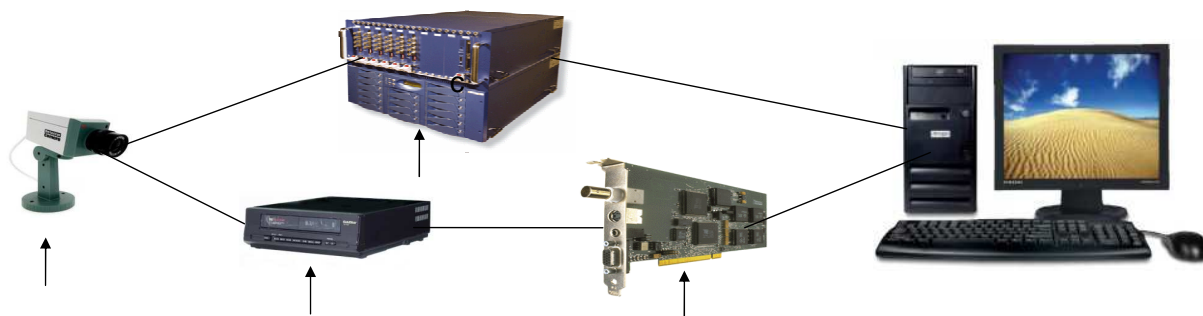
- Come lo connetto?
- In che formato sono i filmati?
- Come lo sostituisco (interruzione del servizio)?



Le fasi del processo

Diversi tipi di disturbi (noise) vengono introdotti:

- nell'acquisizione di informazioni (telecamera)
- nella memorizzazione analogica (VCR)
- nella memorizzazione digitale (DVR o frame grabbers)



Acquisizione (I)



- Sfocatura (**Blurring**)
- Immagine in movimento
- Rumore (**Noise**)
- ...



Acquisizione (II)



- Scarsa luminosità/contrasto
- Distorsioni Geometriche
- Standard adottati
- ...



Memorizzazione analogica



- Usura dei dispositivi
- Interferenze
- ...



Memorizzazione digitale

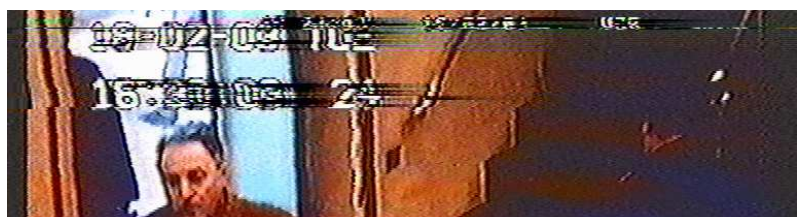
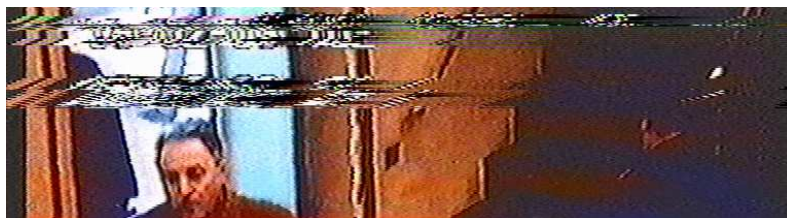


- Compressione lossy (es. JPEG)
- Compressione della dinamica
- ...



Image enhancement/restoration

- Si propone di enfatizzare/modificare alcune caratteristiche del segnale originale per migliorarne la qualità (**enhancement**) o invertire il processo di degrado (**restoration**)

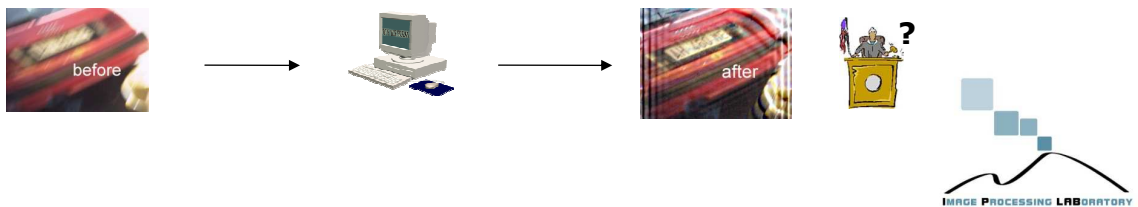


Implicazioni

Il dato digitale è per sua natura molto sensibile a manipolazioni. Risulta semplice (ed economico) da manipolare.

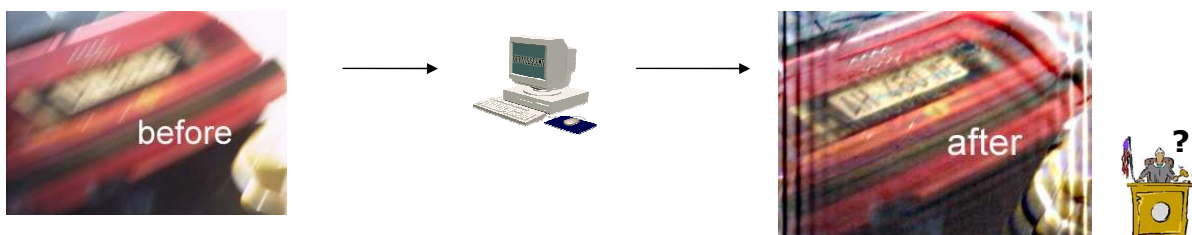
Diverse le problematiche in ambito investigativo/forense da gestire:

- Che differenza c'è fra **miglioramento** o **manipolazione** dell'immagine? Quali elaborazioni sono ammissibili?
- **Digital Forgery** (qual è l'originale? qual è l'elaborato?)



Miglioramento o Manipolazione?

- Problema:
 - ◆ L'immagine è stata elaborata
 - ◆ **COME?**



Procedura

1. **Preservare** l'immagine originale
2. **Documentare** tutti i passi dell'elaborazione
3. Immagine elaborata esattamente **riproducibile** a partire da quella originale tramite il processo documentato

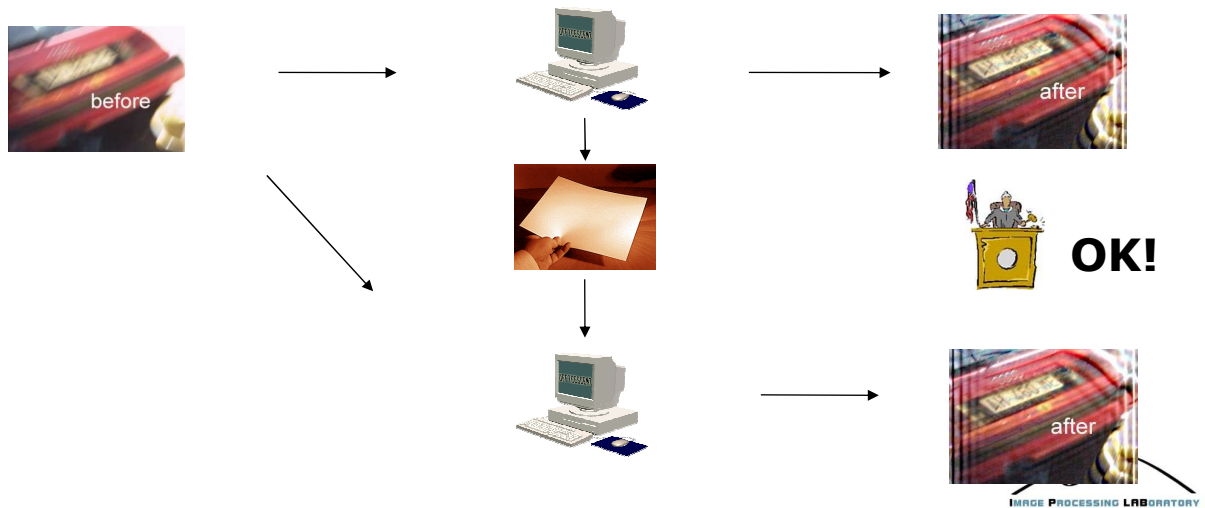


Image Enhancement/Restoration

- I problemi presentati possono essere in parte risolti con tecniche di image processing.
- Vari tipi di elaborazioni:
 - nel dominio dello spazio
 - nel dominio della frequenza
 - nel dominio del tempo (es. informazioni provenienti da più fotogrammi)
- Per ogni tipo di problema possono essere applicate diverse tecniche con differenti prestazioni, complessità e costo computazionale.

Riduzione del rumore

originale



passa-basso



filtro adattivo nello spazio



originale

rovinata

median "+"

median 3x3

- esempio "ad hoc", ma la tecnica è alla base di filtri più complessi

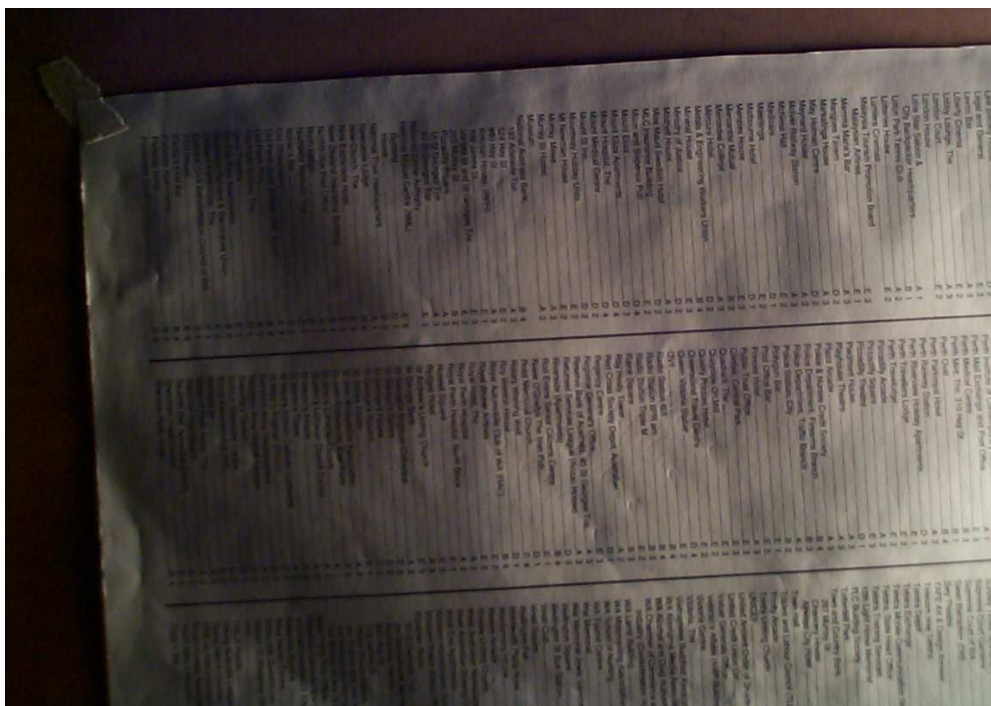
Rumore da compressione



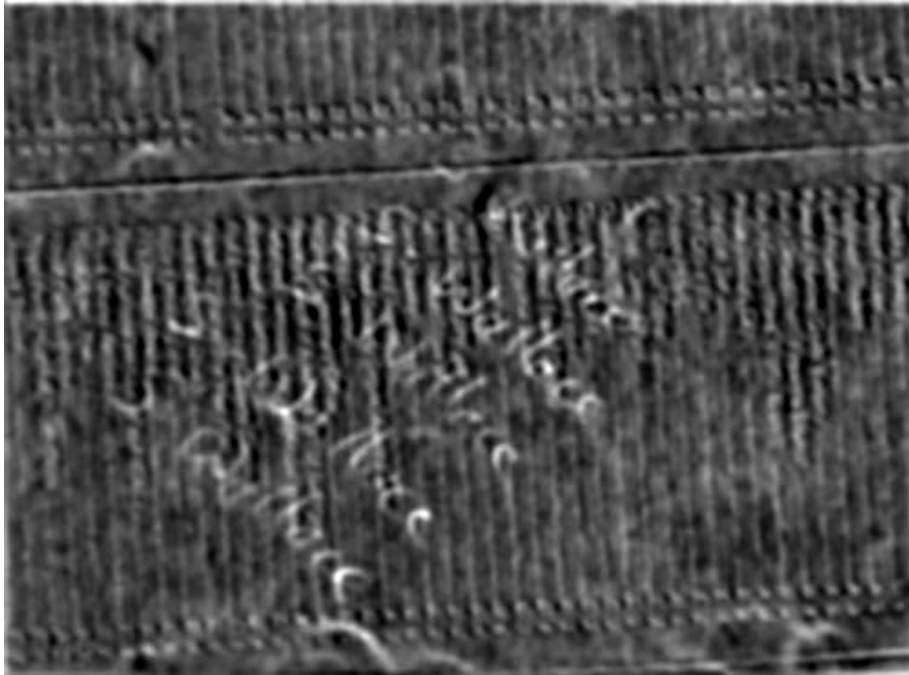
originale (jpeg)

filtrata

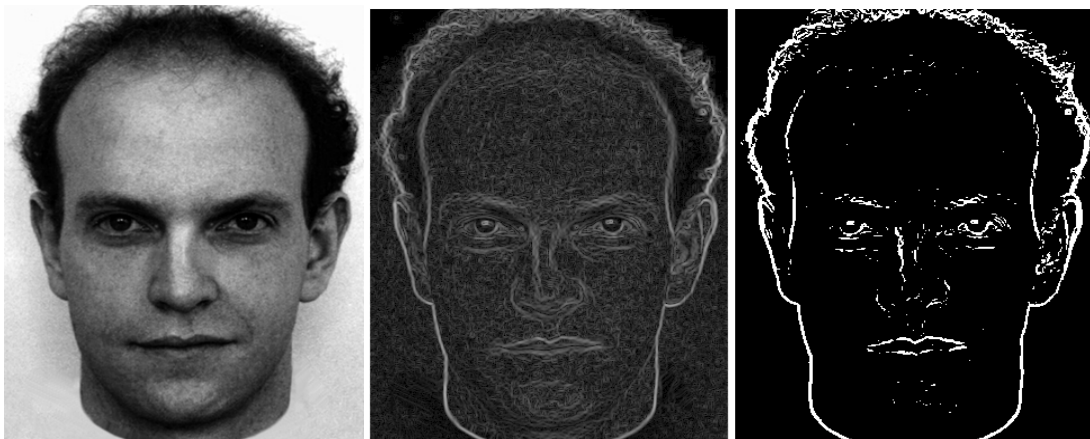
Edge detection



Sid Wallace...



Ancora edge



Interpolazione

- Nelle immagini digitali **non è possibile** aumentare il **dettaglio** ingrandendo l'immagine.



Zoom



Zoom 8x

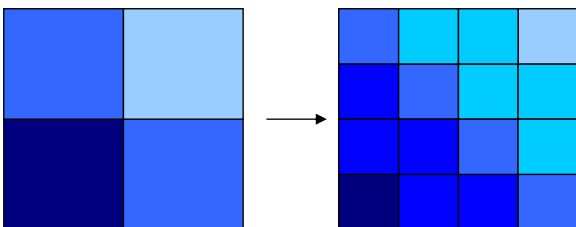


Interpolazione



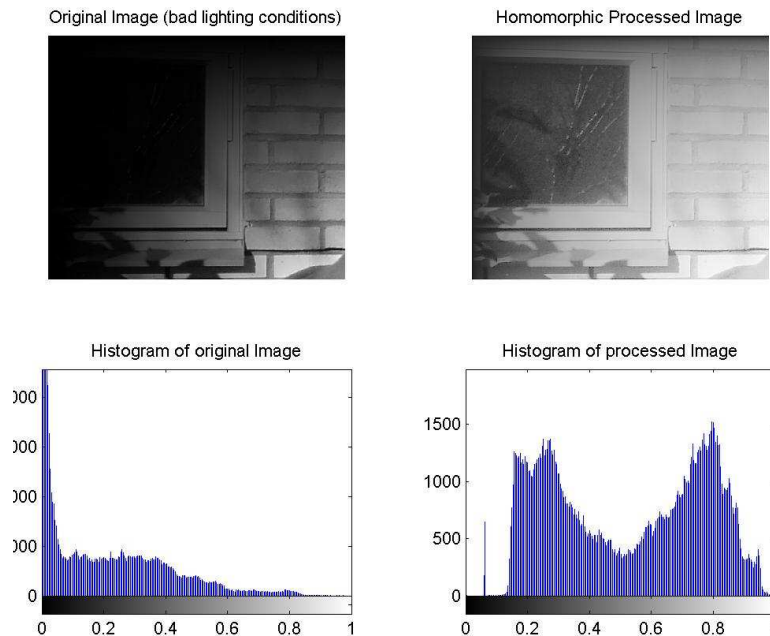
8x bicubica

8x Adattiva



Filtri omomorfici

Correggono le condizioni di cattiva illuminazione

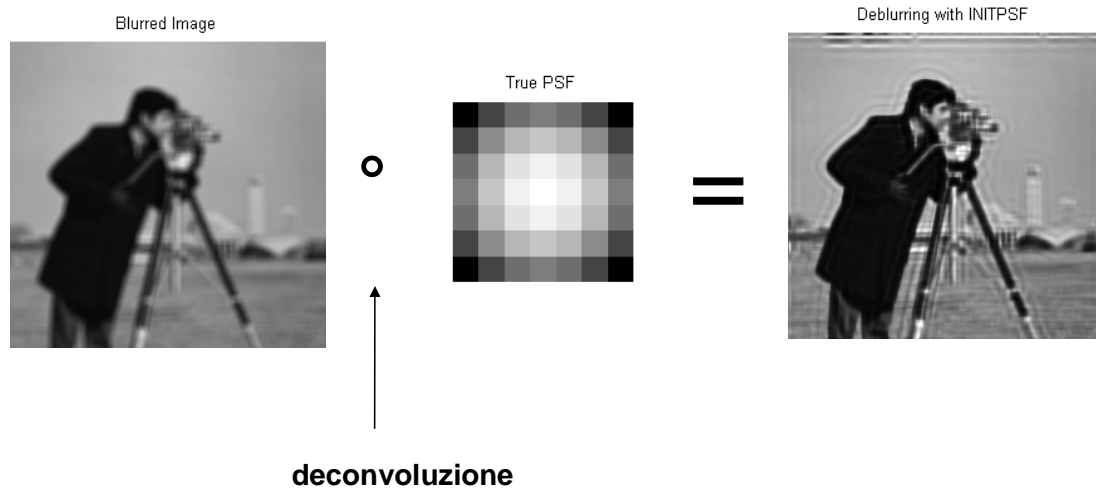


Sfocatura: PSF

- L'immagine sfocata può essere considerata come il risultato della convoluzione di un'immagine messa correttamente a fuoco con una funzione detta "point spread function" (PSF).
- La PSF rappresenta la matrice di pixel che nel caso ideale corrisponde ad un unico pixel di intensità massima (impulso). Per la sfocatura viene spesso adottato un modello di PSF gaussiano bidimensionale.

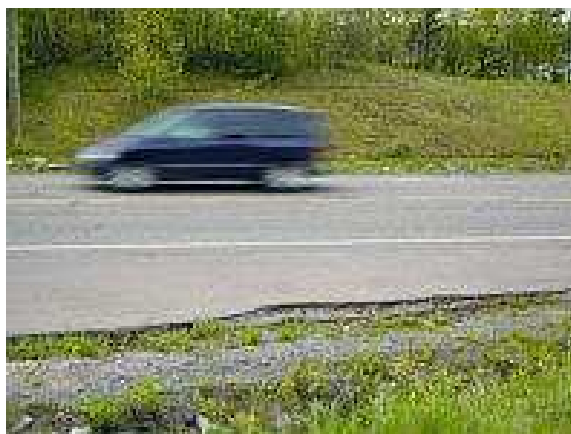


Deconvoluzione

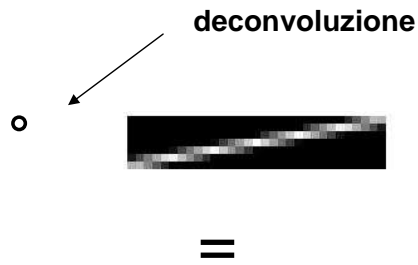


Motion blur

- Se un elemento della scena si muove troppo velocemente rispetto alla telecamera può verificarsi la sfocatura da movimento (“motion blur”). E’ molto frequente nelle riprese notturne, in quanto, a causa di scarsa luminosità, il tempo di apertura è più elevato.



Motion Deblurring



Interlacciamento



Deinterlacciamento



immagine dal campo dispari

immagine dal campo pari



Deinterlacciamento adattivo



deinterlacciamento
lineare



un esempio di
deinterlacciamento
adattivo



Frame integration

- Data una sequenza di immagini che riprendono la stessa scena disturbate da rumore casuale a media nulla si puo' fare la media fra pixel corrispondenti su diversi frame.
- Con un numero infinito di fotogrammi il rumore dovrebbe annullarsi. Pur non avendo un infinito set di immagini...
.. anche con un numero piuttosto ridotto i risultati possono essere notevoli!



Frame integration



10 fotogrammi con rumore

frame
integration →



Image registration

- Per effettuare frame integration è necessario che le immagini rappresentino esattamente la stessa scena. Questa ipotesi non è sempre soddisfatta, in quanto se la telecamera non è fissa o c'è qualche soggetto in movimento la scena è soggetta a cambiamenti in ogni fotogramma.
- Il processo atto ad allineare due immagini (o particolari di esse) viene detto **registrazione**. In generale, la registrazione di immagini è il processo tramite cui vengono fatte sovrapporre due o più immagini rappresentanti una scena presa in istanti differenti, da diversi punti di vista o con diversi sensori.



Stabilizzazione

- Molto spesso per registrazione si intende l'allineamento di immagini spostate di una semplice traslazione, ad esempio per stabilizzare un ripresa mossa.



media senza registrazione

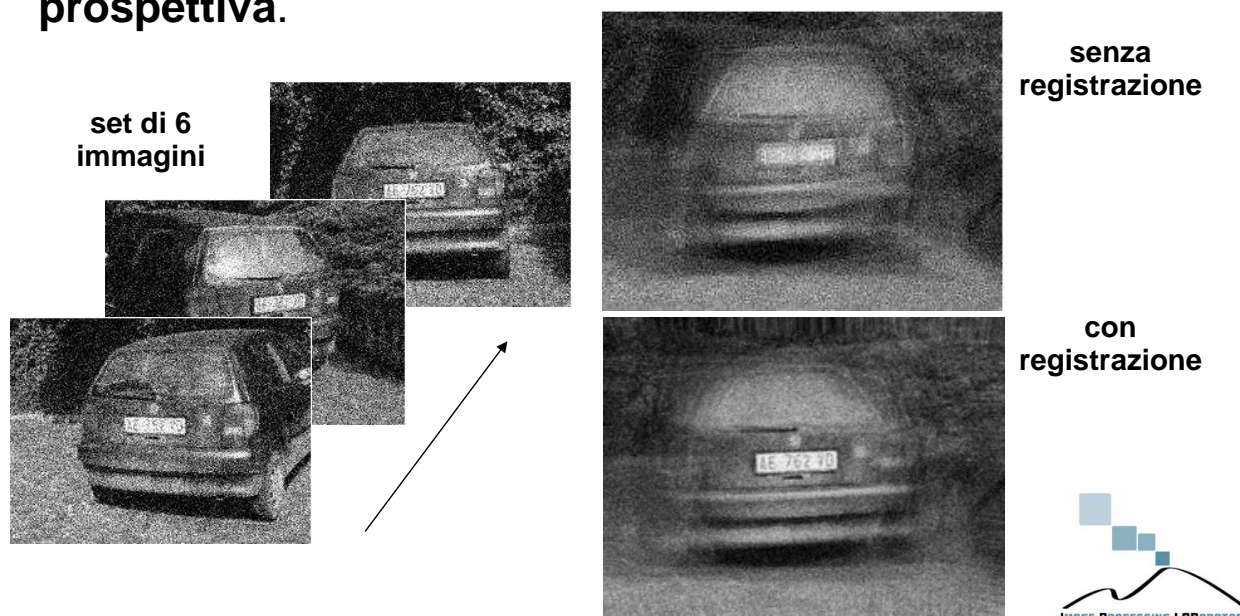


media con registrazione



Correzione prospettica

- Tecniche più avanzate permettono di recuperare anche altri tipi di trasformazioni, come ad esempio l'effetto della **prospettiva**.



Super risoluzione

- Tecnica per ottenere, a partire da più immagini in bassa risoluzione rappresentanti la stessa scena, un'immagine a risoluzione maggiore.
- Risultati potenzialmente notevoli.
- Ci sono molti algoritmi in letteratura, ma fanno spesso troppe assunzioni, non sempre verificate nei casi reali, che nella pratica impediscono di ottenere i risultati desiderati.

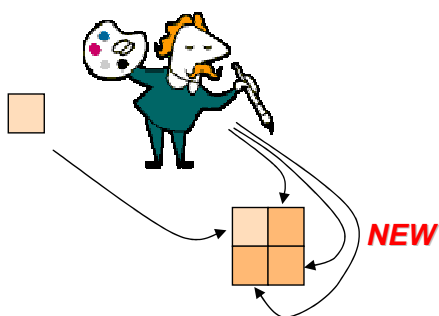
Idea di base

- Nel processo di acquisizione l'immagine reale è stata sottoposta a sottocampionamento e sfocatura.
- Si utilizzano le informazioni provenienti da diversi fotogrammi per ricostruire le informazioni perse nel processo di acquisizione.
- Prima parte: processo di registrazione (con accuratezza superiore al pixel)
- Seconda parte: ricostruzione dei dati mancanti (ad esempio con interpolazione).

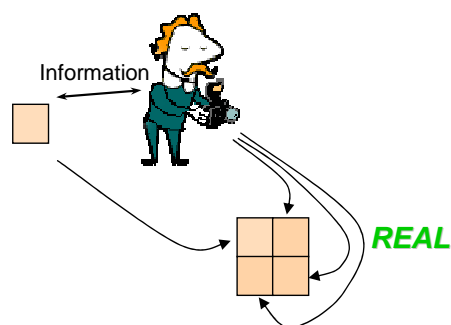


Zooming vs Super resolution

➤ *“Interpolazione di informazione **NUOVA**”.*



➤ *Incremento di risoluzione
volta a recuperare
“Informazione **REALE**”*

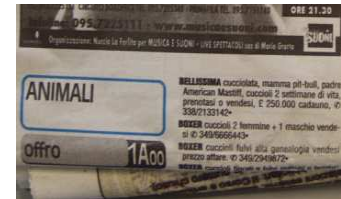


Esempi

- Immagine ad alta risoluzione creata da una sequenza di frame da una scena reale (multi-frame acquisition with CCD sensor)

(original size: 640x480 => upsampled : 1280x960).

LR Image



Motion detection

- Spesso i sistemi di videosorveglianza hanno dei meccanismi automatizzati per avvertire il personale responsabile (ad esempio con un allarme) qualora venga percepito del moto in scene riprese che dovrebbero essere statiche, ad esempio perché vi è vietato l'accesso.
- Le tecnica utilizzata per riconoscere il movimento è detta in generale **motion detection**.
- Le tecniche più elementari consistono nel calcolare semplicemente quanto è diverso un fotogramma da quello precedente o da uno di riferimento (detto background); se tale differenza, che può essere calcolata in vari modi, supera una certa soglia allora il sistema segnala all'utente una presunta presenza di moto.



Motion detection



immagine di riferimento

immagine senza movimento



immagine con movimento



immagine differenza



immagine differenza



Separazione di componenti

- Estrazione di diverse componenti di un'immagine.
- Diverse tecniche, ad esempio:
- Color deconvolution: isola le tonalità desiderate;
- Independent component analysis: separa due segnali sufficientemente scorrelati.



Digital Forgery

- E' possibile utilizzare tecniche per la detection automatica di eventuali manipolazioni "maliziose" delle immagini digitali.
- E' stato coniato il termine "*Photoshopping*" per denotare l'azione volta a falsificare digitalmente medicine, scene di guerra, ed in generale immagini digitali di qualsiasi natura ("Photoshop Forensic", C. Baron 2008).



Digital Forgery



(a) Original



(d) Tampered region, TIFF



(b) Forgery



(f) Tampered region, JPEG 90



Digital Forgery



G2 Original



G2 Forgery



Regions detected as forged



Digital Forgery nella Stampa

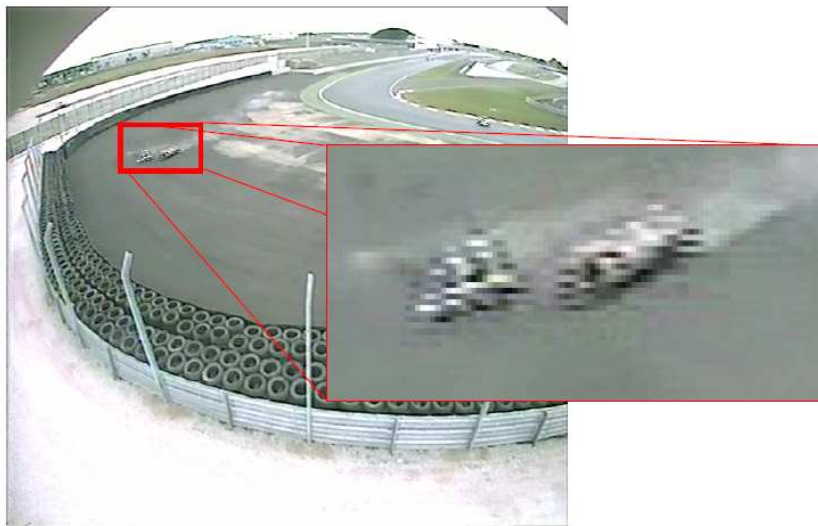
See also: www.cs.dartmouth.edu/farid/research/digitaltampering



Digital Forgery nella Stampa



- Altri aspetti
 - Identificazione della camera (modello, marca , ecc.)
 - Fotogrammetria (misurazioni da scena 2D)



Contatti

Per ulteriori dettagli o info si visiti il sito

Image Processing Lab

Università di Catania

www.dmi.unict.it/~iplab

Oppure email

battiato@dm.unict.it

