Investigare su Immagini e Video

Sebastiano Battiato
Dipartimento di Matematica e Informatica,
Università di Catania

Image Processing LAB – http://iplab.dmi.unict.it
battiato@dmi.unict.it

Sommario

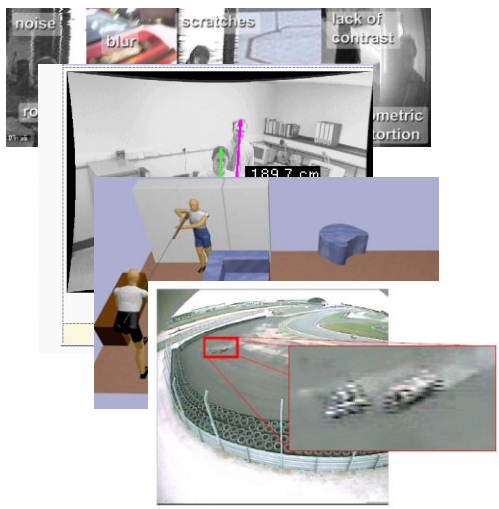
- Introduzione «tecnica» alle Immagini/Video Digitali
- ***Image/Video Forensics***
- Tecniche di Analisi, Enhancement, Restoration, …
- Digital Forgery (Panoramica)
- Limiti e potenzialità dei software per l'Image Forensics
- ***Alcuni casi di studio ;)***
- ***Demo (AMPED vs ImageJ)***

Image (Video) Forensics

"Forensic Image (Video) analysis is the application of IMAGE SCIENCE and DOMAIN EXPERTISE to interpret the content of an image or the image itself in legal matters" (SWGIT – www.fbi.gov)

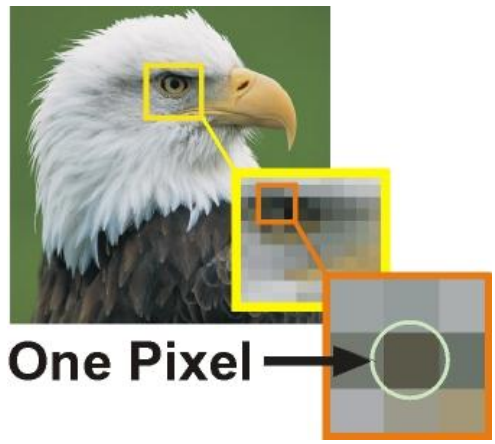
Esempi..

- Image Reconstruction
- Self Embedding
- Video Analysis
- 3D Reconstruction
- Steganography
- Image Forgery Identification
- Image Source Identification



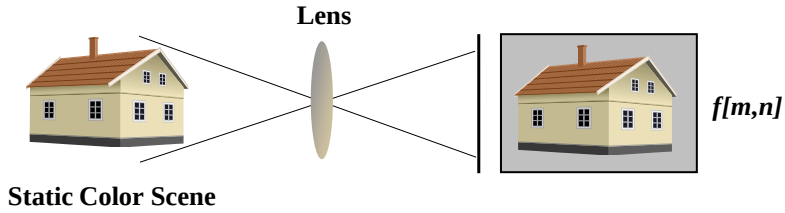
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Immagini Digitali



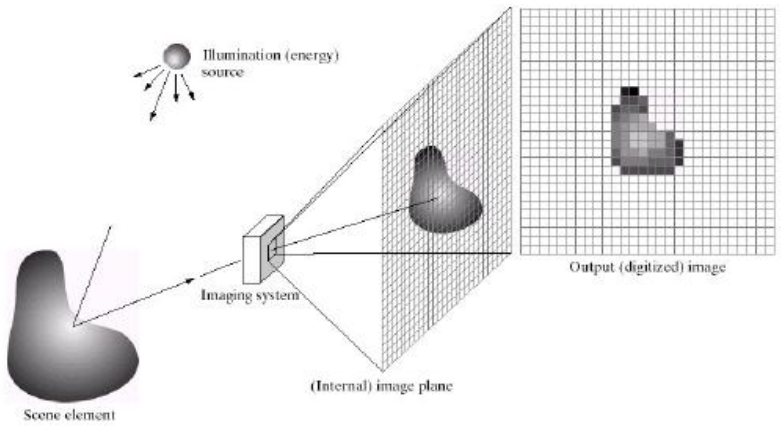
Le immagini Digitali

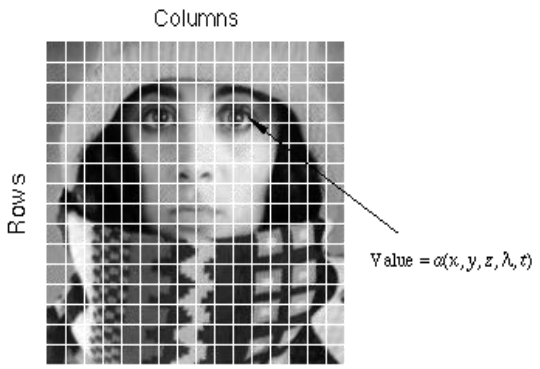
Un'immagine è una funzione 2D *f(x.y)* che rappresenta una misura opportuna di una o più caratteristiche (luminosità, colore, ecc.) di una data scena.



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Acquisizione dell'immagine

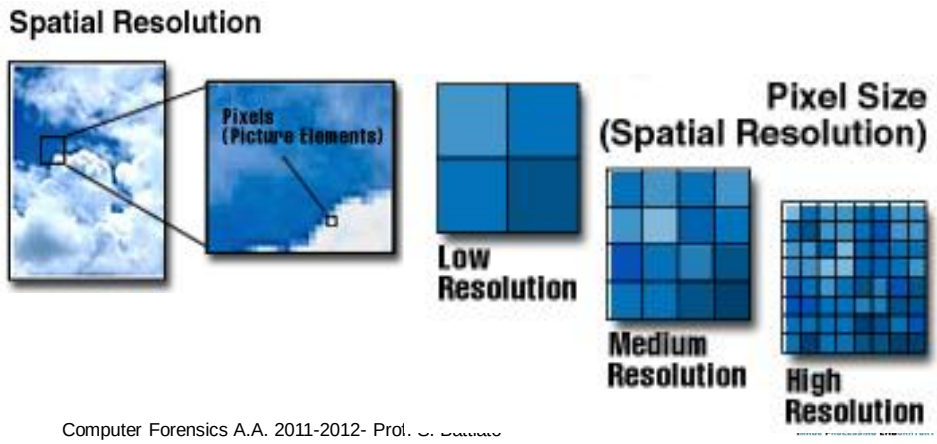




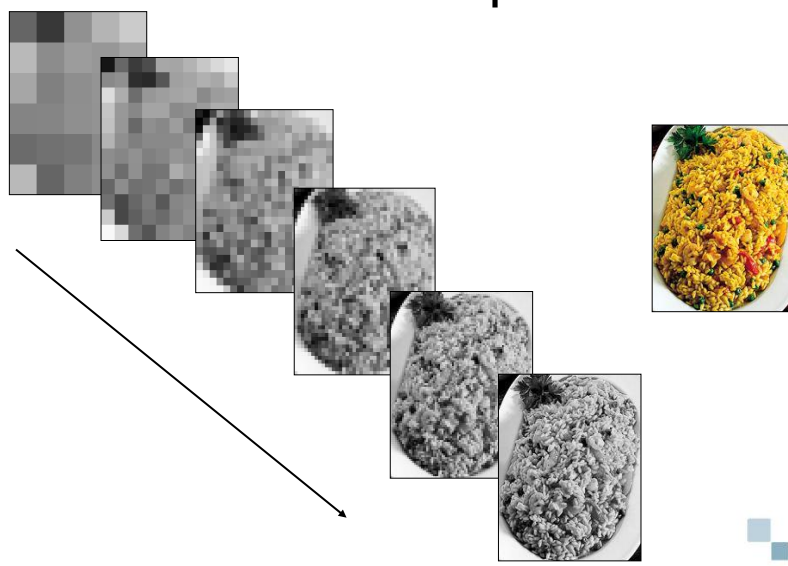
Un'immagine digitale monocromatica è una matrice I= *f(x,y)* di valori discreti di intensità luminosa (livelli di grigio), costituita da *M*N* pixel (*pict*ure *el*ements, detti talvolta pel), ciascuno dei quali ha un valore appartenente all'intervallo [0, *L*-1] essendo *L* i livelli possibili di intensità (o di grigio).

Risoluzione Spaziale

La risoluzione spaziale si riferisce al numero specifico di punti di informazione (pixel – Picture Element) di un' immagine.



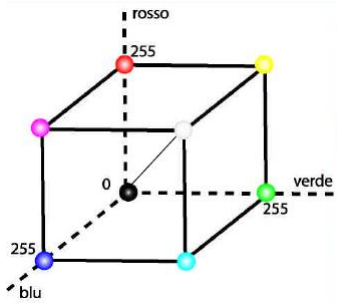
Risoluzione Spaziale

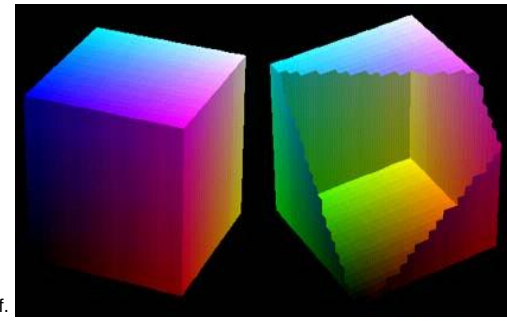


Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

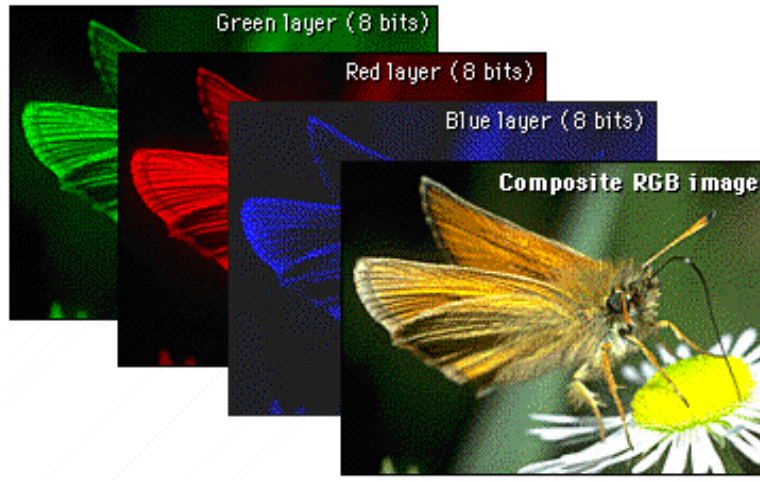
I colori: Lo spazio RGB

E' molto comune descrivere i colori riferendosi allo spazio colore RGB (**red**, **green**, e **blue**). Lo spazio RGB è basato sul fatto che ogni colore possa essere rappresentato da una "miscela" dei tre colori primari **red**, **green**, e **blue**. I vari contributi sono assunti indipendenti l'uno dall'altro (e quindi rappresentanti da direzioni perpendicolari tra loro). La retta che congiunge nero e bianco è la retta dei grigi.



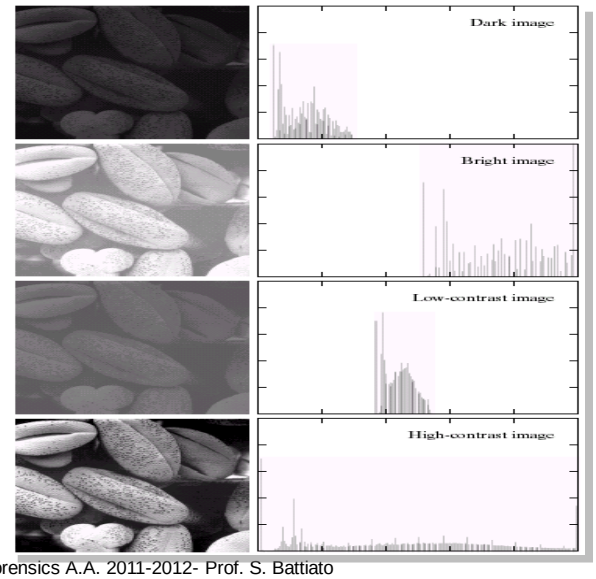


TrueColor (24 bit)



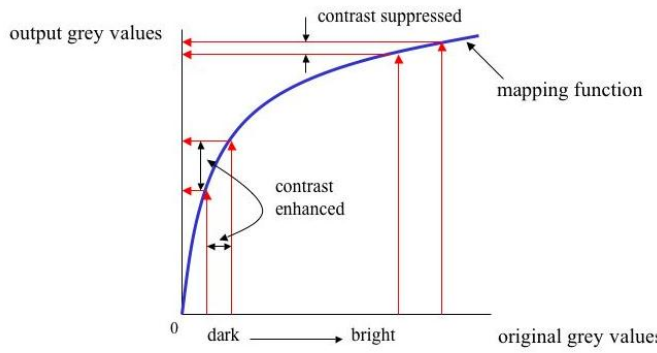
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Istogrammi di Intensità



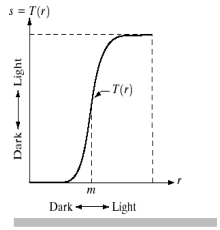
Agire sul contrasto

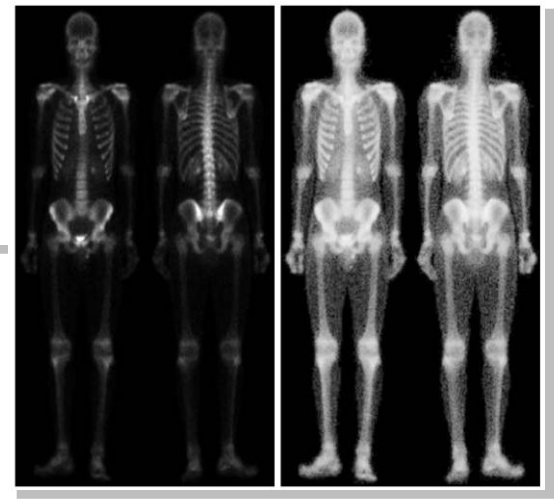
- E' possibile migliorare l'aspetto di una immagine attraverso l'utilizzo delle cosiddette look-up tables.



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

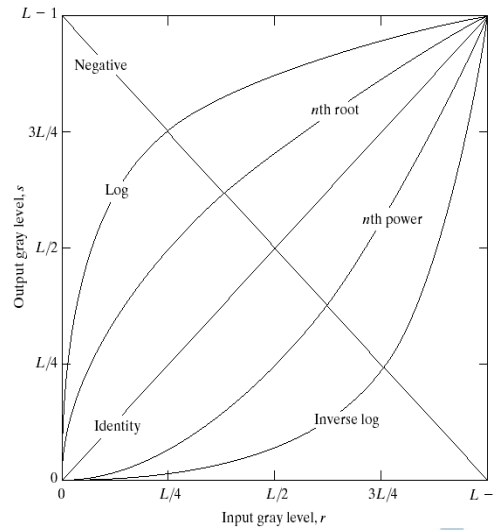
Contrast Enhancement





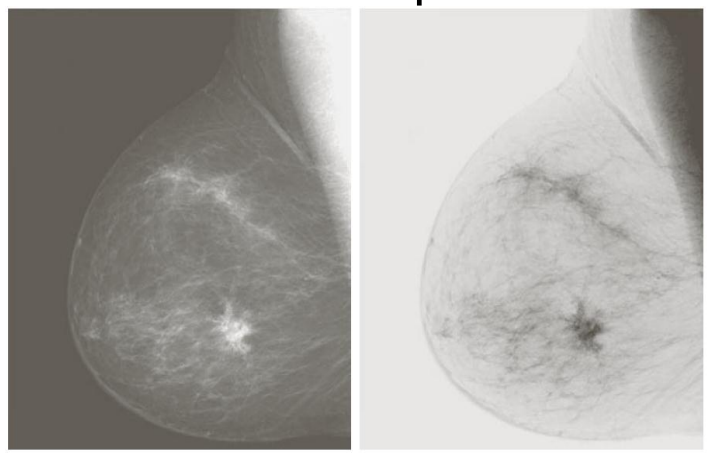
L'immagine di output avrà un contrasto maggiore visto che i valori di grigio più piccoli di *m* vengono resi più scuri mentre quelli più grandi vengono resi più chiari.

In generale quindi utilizzando un grafico come quello mostrato in figura si riescono ad implementare le cosiddette ***look-up tables*** **(LUT)**, in grado di implementare operazioni puntuali anche di tipo non banale.



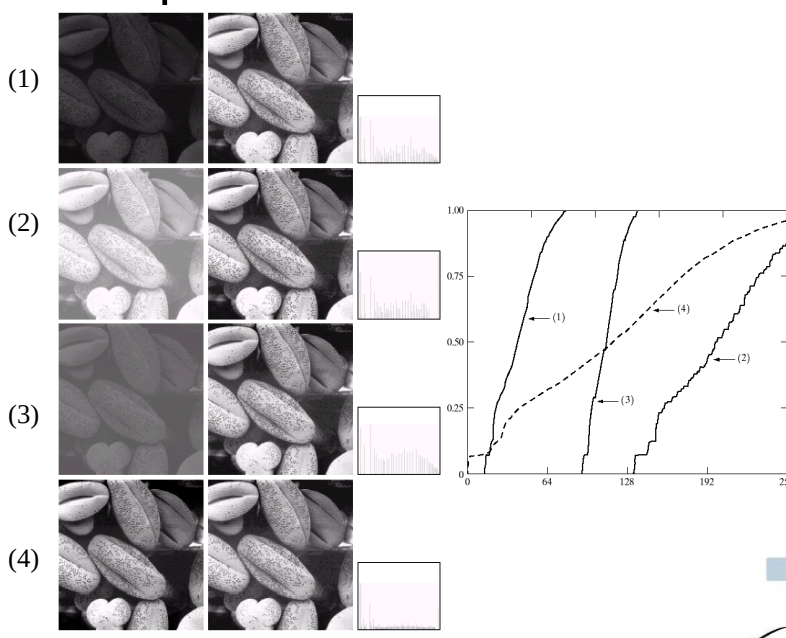
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Esempio



(a) Mammografia digitale (b) Negativo dell'immagine ottenuta usando la trasformazione "negativa"

Equalizzazione

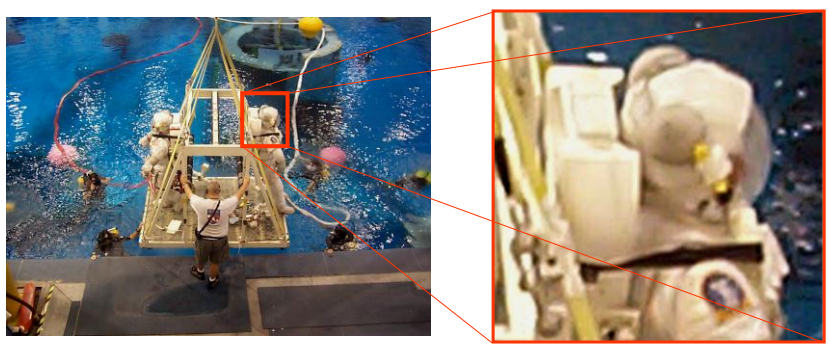


Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Filtraggi convolutivi

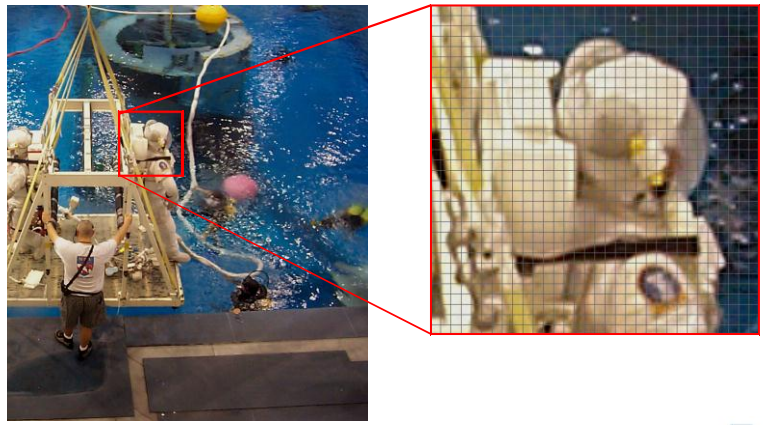
- Si utilizzano delle maschere (kernel-mask) convolutive i cui valori (detti anche pesi) definiscono il comportamento del filtro.

Esempio

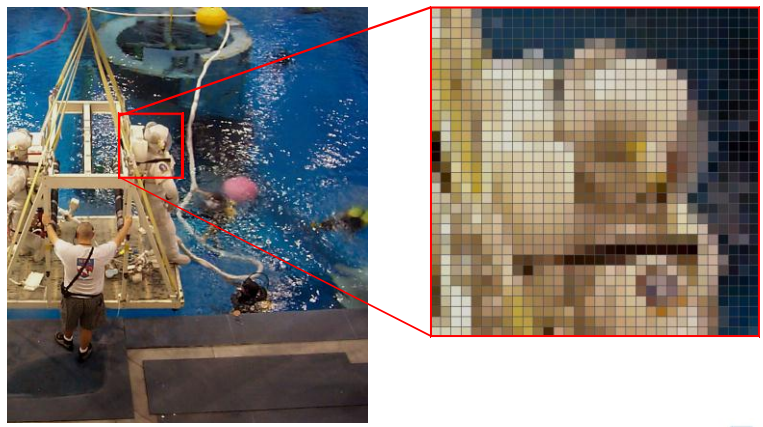


Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Sampling

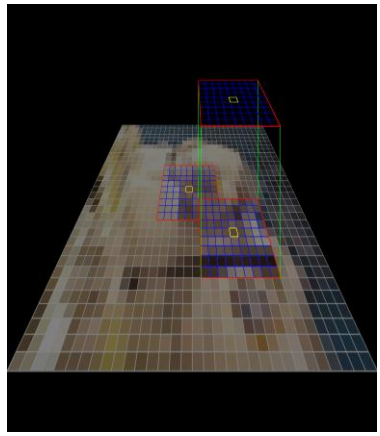


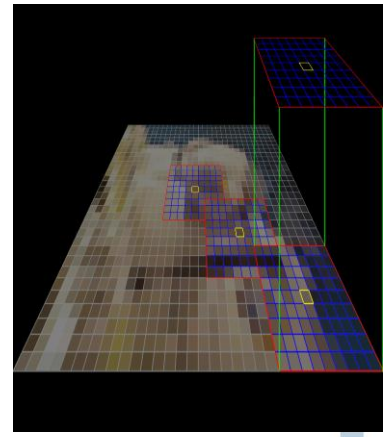
Semplice media locale (pixelization)



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

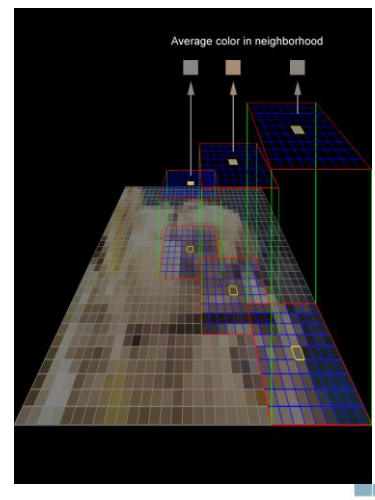
Intorno locale





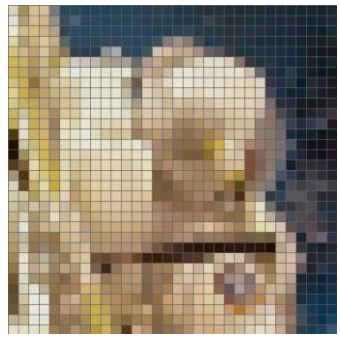
Intorno locale

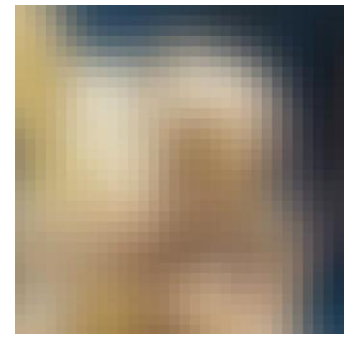
Per ciascun pixel è possibile applicare una funzione che restituisca un valore in funzione del suo intorno (neighborhood)



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Media 3X3





Filtraggio Spaziale

In questo caso:

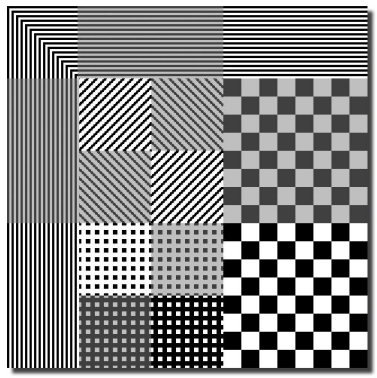
$$R = \sum_{i=1}^{mn} \mu_i z_i$$

dove i μ_i sono i coefficienti del filtro e gli z_i sono i valori dei pixel dell'immagine da filtrare. Il meccanismo qui illustrato è simile al concetto di *convoluzione* proprio del dominio delle frequenze: da questo deriva il nome assegnato a questi filtri di *maschere di convoluzione*.

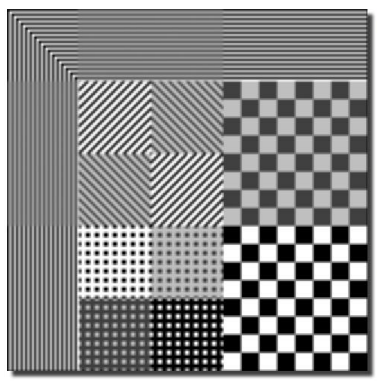
w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Esempi

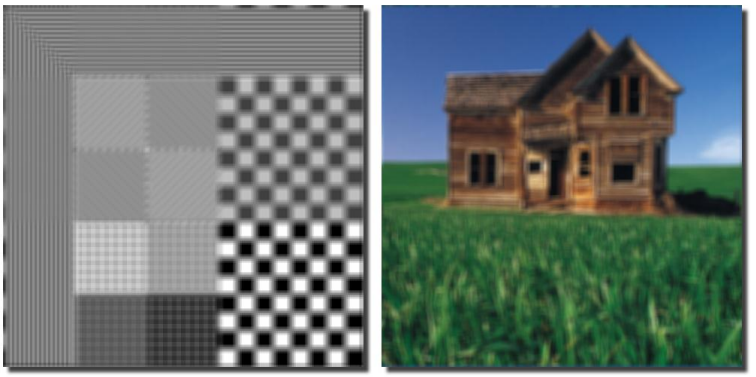


$$\frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

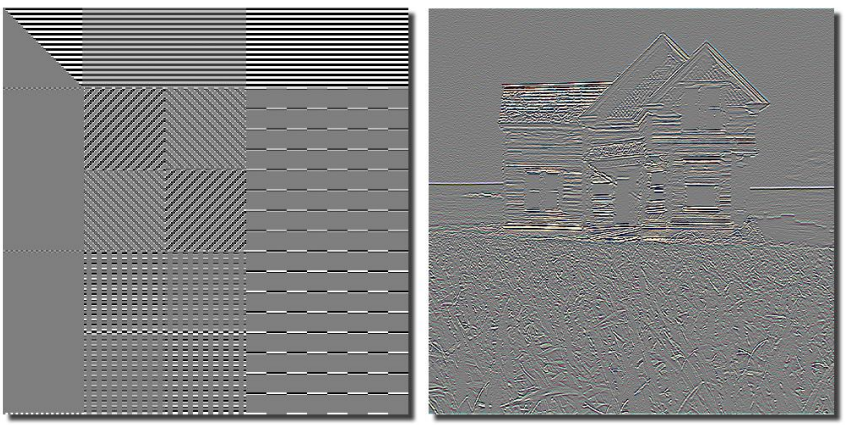


Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

$$\frac{1}{81}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

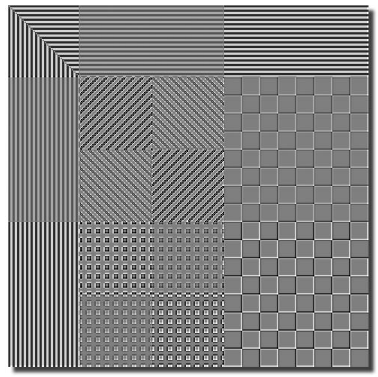


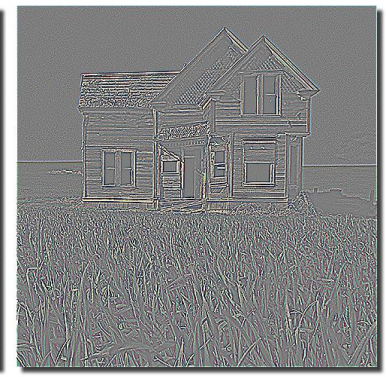
$$\begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ -1 \end{bmatrix}$$



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$





Operatori e maschere

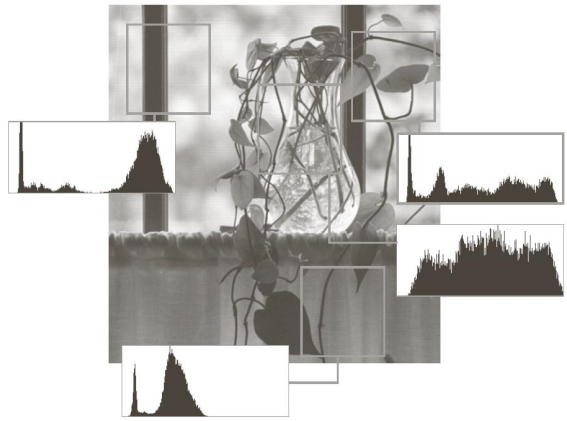
- N-box
- N-binomiale
- Sobel x,y
- Laplaciano
- Edge Enhancing
- Shifting

- Noise Reduction (*order-statistics filters*)
- Unsharp Masking

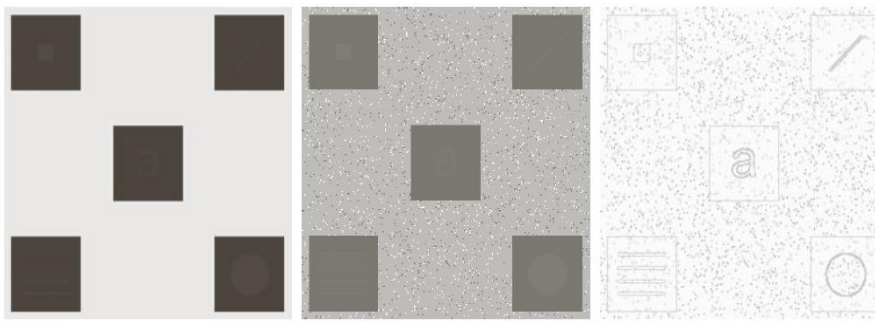
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Si può fare di meglio?

L'equalizzazione dell'istogramma vista in precedenza, non si presta ad un miglioramento dell'immagine relativo a dettagli in piccole aree (piccolo numero di pixel), in quanto essa prevede una trasformazione basata sulla distribuzione dei livelli di grigio nella intera immagine.

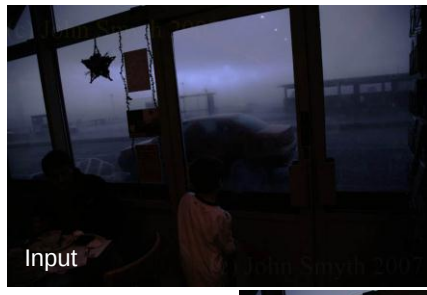


Esempio 1



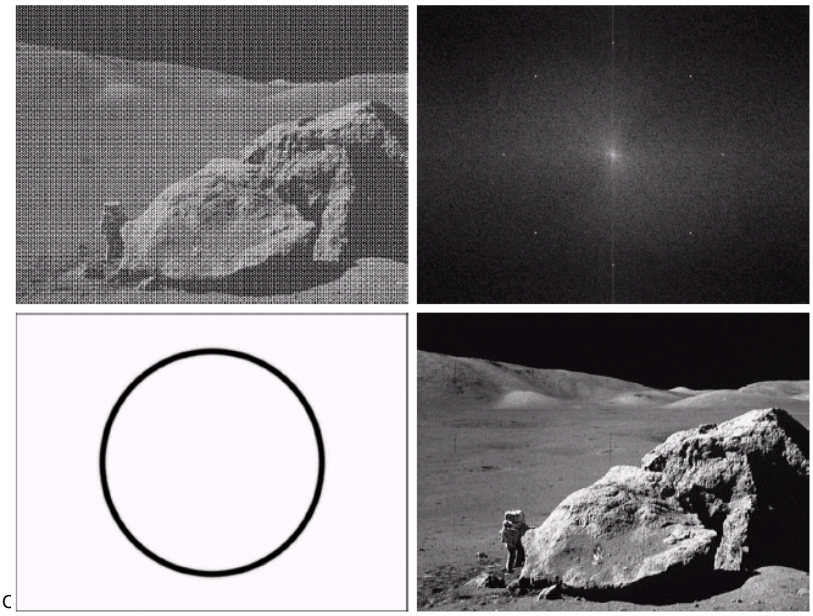
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Esempio 2



Esempio 3

Esempio 4



Conoscere i dati…

Standard di compressione

Formati (recenti e non solo)

Problema dei formati proprietari (es. Video Sorveglianza)

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Formati Grafici

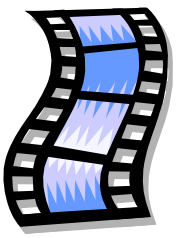
Compressi/non Compressi

- BMP
- GIF
- PNG
- JPEG
- J2K
- TIFF
- PPM/PGM
- Raw
- ..

Video Digitali: fondamenti

- Un video digitale è costituito da una sequenza di immagini statiche che vengono visualizzate in sequenza con una certa frequenza temporale.

- Video come segnale discreto
  - Campionamento temporale della scena
  - Ad ogni istante la scena è “fotografata”



- Sequenza video
  - Successione di istantanee
  - ⇒ Fotogrammi (*frame*)

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Video Digitali: fondamenti

Per poter trasmettere o memorizzare dei file video è necessario definire degli standard riguardanti sia gli algoritmi di codifica/decodifica dei flussi multimediali, sia i protocolli necessari al loro trasferimento e al loro controllo sulla rete.

Video Digitali

- Risoluzione spaziale
- Risoluzione temporale (frame-rate)
- Formati di codifica
- Encoder/Decoder (Codec)
- Motion Estimation

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

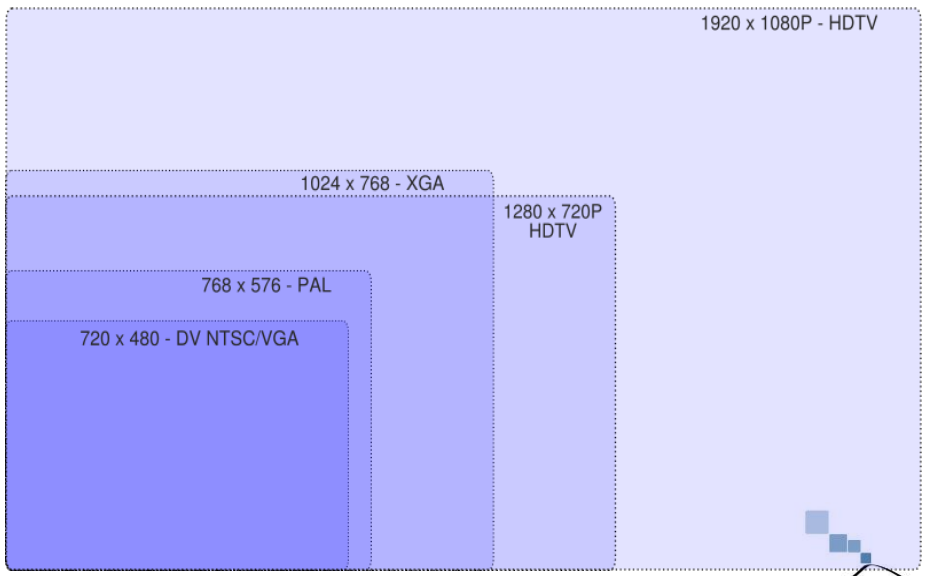
Risoluzione temporale

La frequenza delle immagini, anche chiamata **frame rate**, è il numero di immagini per unità di tempo che vengono visualizzate.

Gli standard PAL (Europa, Asia, Australia, etc.) e SECAM (Francia, Russia, parti dell'Africa etc.) hanno 25 fps, mentre l'NTSC (USA, Canada, Giappone, etc.) ha 29.97 fps. La pellicola ha una registrazione ad un frame rate minore, 24fps.

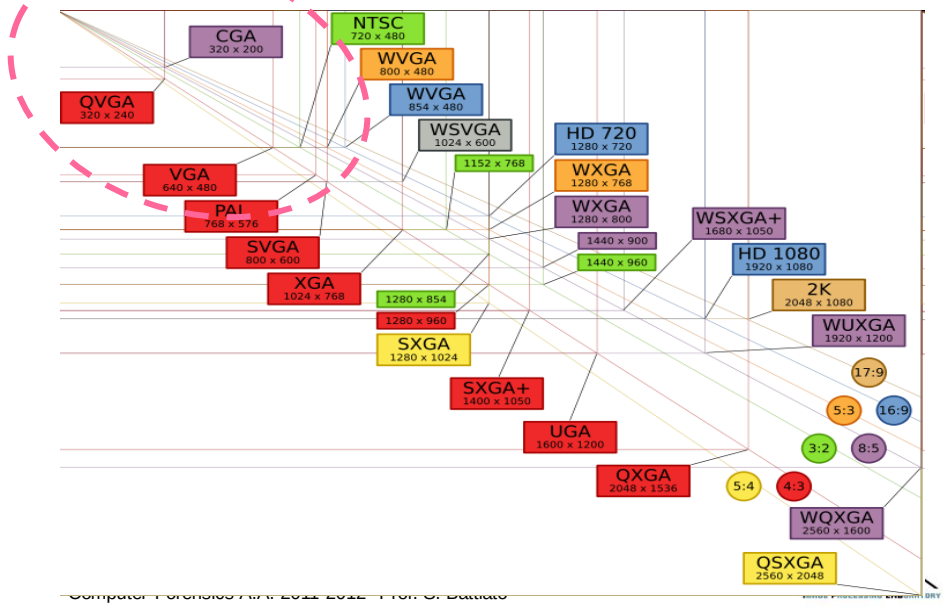
Per raggiungere l'illusione di un' immagine in movimento il frame rate minimo è di circa 10 fotogrammi al secondo.

Risoluzione dei formati



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Mobile Imaging



ASPECT RATIO

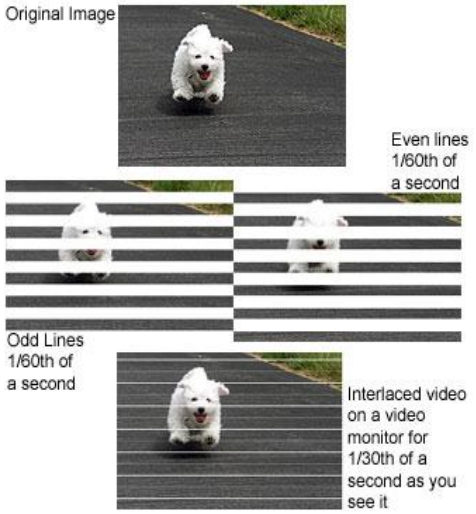
L'aspect ratio è il rapporto tra larghezza/altezza dell'immagine.

- **4:3** è il formato standard televisivo. Con la nascita dei Dvd e dei nuovi formati televisivi digitali è destinato alla scomparsa.
- **16:9 Widescreen** è caratterizzato da dimensioni orizzontali più ampie del 4:3, con le proporzioni panoramiche tipiche dello schermo cinematografico. Ne esistono varianti più o meno allargate.
- **Il Letterbox** permette di visualizzare il widescreen su schermi 4:3. L'immagine viene scalata fino a farlo rientrare nello schermo con l'aggiunta di due bande nere orizzontali sopra e sotto il video.
- **Pan&Scan** è un'altra tecnica per visualizzare il widescreen su 4:3. La differenza col letterbox sta nel mostrare solo la parte centrale dell'immagine tagliandola sui lati.

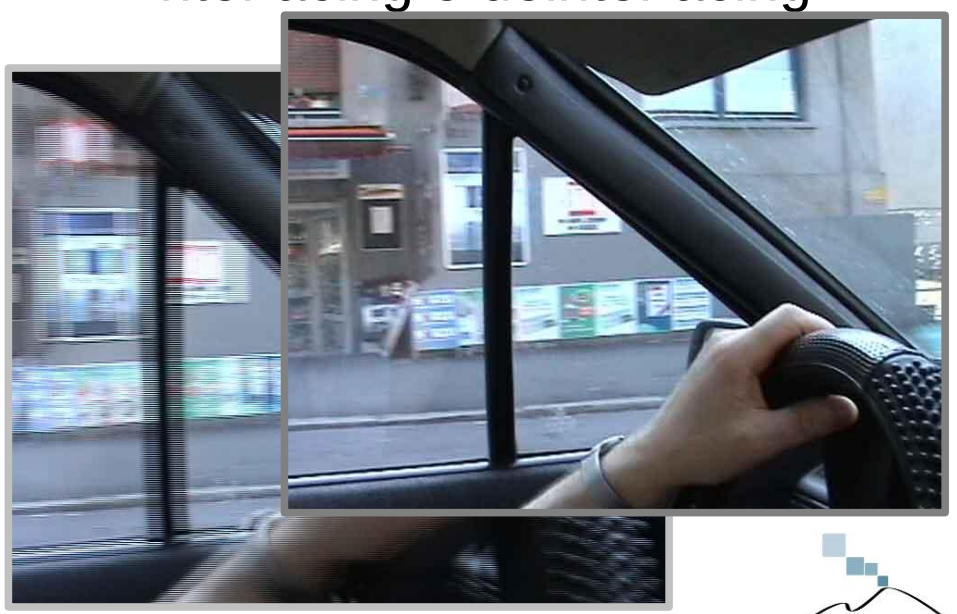
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Interlacing

- Immagine divisa in *field* pari o dispari
- Si alternano i *field* per metà tempo rispetto ai *fps* del filmato
- Su monitor si notano artefatti, sul televisore non accade



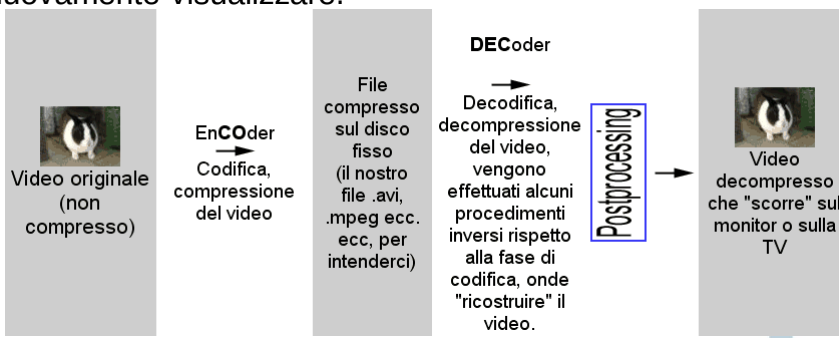
Interlacing e deinterlacing



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

La compressione video

Un ***CoDec video*** (*Co-Dec = Coder/Decoder*) è un software composto da due parti: l'en**Co**der che comprime la sequenza di immagini (video) archiviandola in un file ed un **Dec**oder necessario per decomprimere la sequenza e poterla nuovamente visualizzare.



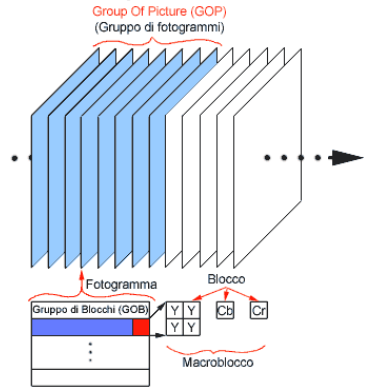
Lossless/Lossy

Anche le tecniche di compressione video possono essere suddivise in **tecniche *lossless***, dove la compressione è un processo perfettamente reversibile che avviene senza perdita di informazione e **tecniche *lossy*** dove la compressione non è reversibile, nelle quali video compresso e decompresso non sono più perfettamtente identici in quanto al momento della compressione sono state volutamente eliminate alcune informazioni ritenute "sacrificabili".

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Video

Un video è costituito da una successione di immagini che si susseguono in rapida sequenza. Quindi quando si comprime un flusso video si stanno sostanzialmente comprimendo delle immagini.



Come è possibile comprimere un video?

Si utilizzano tecniche che sfruttano alcune caratteristiche intrinseche del video stesso, in combinazione con le caratteristiche del sistema visivo umano.

In particolare è possibile comprimere un segnale video attaccando:

- la ridondanza spaziale e la ridondanza temporale
- le caratteristiche del sistema visivo umano

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Come è possibile comprimere un video?

In particolare è possibile comprimere un segnale video:

- ***Rimuovendo la ridondanza (ripetitività) statistica contenuta in un video*** e mantenendo solo le informazioni effettivamente utili; si cerca una rappresentazione "meno correlata" delle immagini, eliminando le "ripetizioni".
  - Si può dimostrare che **pixels adiacenti**, vicini, all'interno di una stessa immagine, presentano caratteristiche molto simili per quel che riguarda il colore e la luminosità; la ***codifica intra-frames*** si occupa di rimuovere questa ripetitività altresì detta ***ridondanza spaziale*** all'interno dello stesso fotogramma.

Come è possibile comprimere un video?

- Esiste inoltre una netta **correlazione non solo tra i pixel dello stesso fotogramma**, ma anche tra i **pixels di fotogrammi adiacenti**: un fotogramma ed i due vicini (il successivo ed il precedente) spesso risultano pressoché identici (fanno eccezione le situazioni in cui si hanno cambi di scena); questa ***ridondanza temporale*** tra fotogrammi vicini che ne sfrutta le loro minime differenze, viene trattata dalla ***codifica inter-frames***.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Come è possibile comprimere un video?

- ***Sfruttando alcune peculiarità del sistema visivo umano***: la *scarsa sensibilità dell'occhio alle alte frequenze video* soprattutto se si tratta di immagini in movimento. E' possibile "tagliare", buttar via, alcune informazioni soprattutto relativamente alle alte frequenze di un'immagine senza introdurre artefatti visibili. Il sistema visivo umano non è infatti in grado di percepire le variazioni nei dettagli di figure molto frastagliate; è molto difficile rendersi conto di una perdita di dettaglio nelle fronde di alcuni alberi in movimento; molto più semplice invece notare anche la più piccola variazione di colore o luminosità nell'azzurro di un cielo limpido e sereno sullo sfondo di un video.

Compressione statica

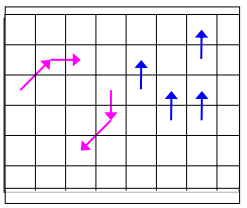
- Conversione dello spazio di colore: da RGB a YUV 4:1:1
- ***Blocking***: l'immagine viene suddivisa in macroblocchi di 16x16 pixels
- DCT, Discrete Cosine Transform
- Quantizzazione
- Zig-Zag Scanning (Scansione a Zig-Zag)

Sostanzialmente si esegue una compressione in stile JPEG!!!!

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Block Matching

- Esplicita l'idea di rendere uniforme il moto di pixel vicini
  - Frame partizionato in blocchi non sovrapposti
  - Un vettore di moto per ogni blocco



Formati di Codifica

- Il "formato" è una sorta di scatola che contiene il codec e lo integra con il sistema.
- Il "**codec**" (COmpressore-DECompressore) è un software che dice al computer con quali operazioni matematiche deve manipolare le immagini per comprimerle e quali eseguire per visualizzare quelle compresse.
- I codec esistenti sono tantissimi al contrario dei formati.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Formati di Codifica

- Elenco dei principali formati:(.avi - .mpeg e mpeg2 - .hdv - .mpeg4 o .divx - .wmv - .mov - .flv - .3gp - .asf - .flm - .real media audio/video - .dv)

Video Standard

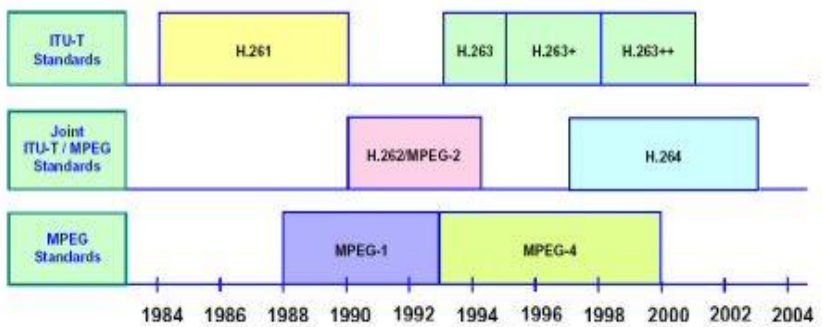


Figure 1. Progression of the ITU-T Recommendations and MPEG standards.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

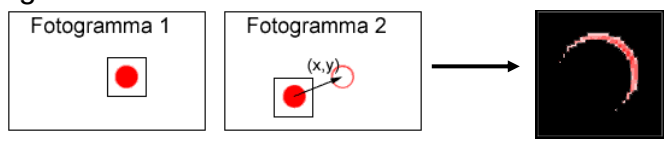
Altri CodecVideo

- Sorenson video - Quicktime – Real Video Indeo video - Cinepack - Mpeg1 -Mpeg2 - Mpeg4 - H264 - DIVX e XVID

Motion Estimation (ME)

L'encoder individua tra i fotogrammi adiacenti (nel solo fotogramma precedente, o nel precedente e nel successivo a secondadei casi) **il blocco più simile** (se non uguale).

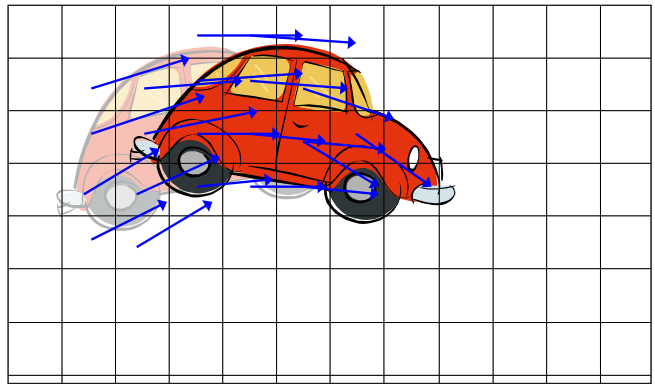
Dopodichè viene associato al blocco su cui è stata effettuata l'analisi, un **vettore di moto**, cioè una coppia di numeri tipo (x,y) = (-1,4) che individuano sul piano ipotetico rappresentato dal fotogramma, il vettore di spostamento, che indica verso e entità dello spostamento del blocco passando dal fotogramma 1 al fotogramma 2.



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

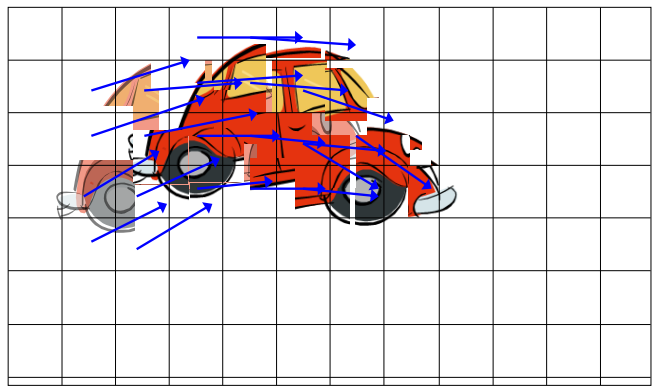
Esempio

- Vettori di moto



Esempio

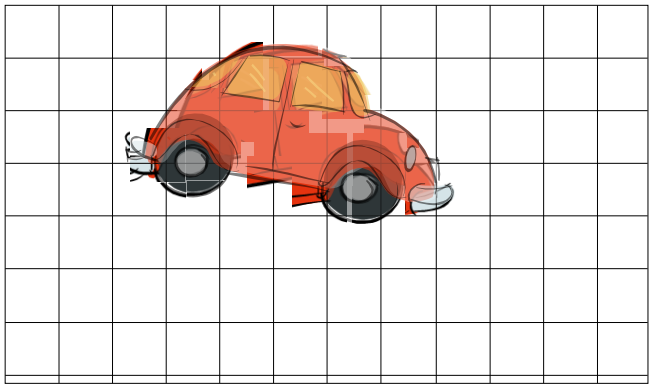
- Compensazione del moto (per blocchi)



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

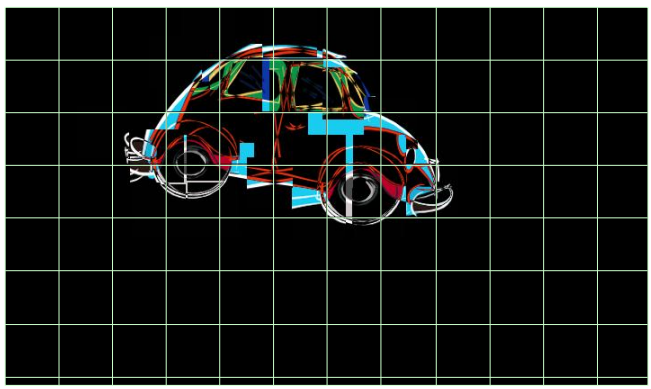
Esempio

- Differenza tra *previsione* e *frame reale*



Esempio

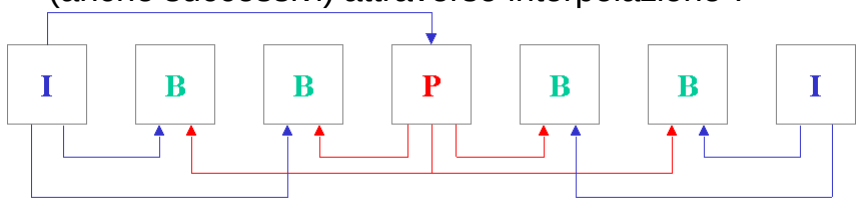
- Errore di compensazione



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Frames I/P/B

- Gli standard MPEG prevedono la classificazione dei frame in tre tipi: I, B, P .
- ***I*** *frame* è un frame video completamente indipendente.
- ***P*** *frame (predictive frame)* si basa su un precedente I frame.
- ***B*** *frame* (*bi-directional frame*) è costituito da informazioni ricavate sia da I frame che P frame (anche successivi) attraverso interpolazione .



Intra-Frames

I fotogrammi di tipo **I**, chiamati anche Intra-Frames o Key-Frames (fotogrammi chiave), sono fotogrammi che vengono codificati utilizzando le informazioni contenute nel fotogramma stesso e non contengono nessun riferimento od informazione sui fotogrammi adiacenti; in pratica sono compressi alla stregua di un'immagine singola, allo stesso modo di quando un'immagine viene salvata in formato JPEG. Nessun tipo di compressione temporale (ovvero compressione che tiene conto anche dei fotogrammi successivi e/o precedenti) viene applicata a questi fotogrammi.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Intra-Frames

In genere i fotogrammi chiave vengono inseriti dal codec ogni qualvolta vi sia un **repentino cambiamento** tra due immagini successive. Se inoltre viene specificato un **intervallo massimo** tra un fotogramma chiave ed il successivo il codec dovrà necessariamente inserire un fotogramma chiave anche se non strettamente necessario.

P-Frames

Il fotogramma P, (Predicted frames) viene codificato utilizzando informazioni acquisite in base al fotogramma che lo precede, sia questo di tipo I o di tipo P. Ogni macroblocco di 16x16 pixels di un P-Frame **può essere codificato** in modo indipendente (come nel caso dell'I-Frame) oppure può essere **compensato**, cioè bilanciato utilizzando informazioni del fotogramma precedente.

Utilizzando le somiglianze tra fotogrammi successivi i fotogrammi P risultano essere più piccoli dei corrispondenti I-Frames.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

P-Frames

Un fotogramma di tipo P **contiene le informazioni della posizione** (X',Y') nel fotogramma corrente in cui si è spostato un blocco che aveva coordinate (X,Y) in quello precedente (Motion Estimation/Compensation).

Lo svantaggio dell'utilizzo di questo tipo di fotogrammi si ha in fase di **decodifica**; è infatti necessario "ricostruire" ciascun fotogramma P prima di poterlo visualizzare, e per far questo si deve sempre partire dal fotogramma P seguente all'ultimo fotogramma chiave.

B-frames / Bi-directional encoding

Per i fotogrammi di tipo B la ricerca del moto (motion estimation/ compensation) è effettuata non solo sul fotogramma **precedente** (come nel caso di P-Frames) ma anche sul fotogramma **successivo**. La codifica ed anche la decodifica risultano quindi decisamente più complesse.

Sostanzialmente i fotogrammi B sono di tipo "Bidirezionale", nel senso che fanno riferimento sia a ciò che li precede, sia a quello che segue. Inserire in un fotogramma informazioni che si riferiscono ad un fotogramma successivo è possibile solo alterando l'ordine in cui i fotogrammi vengono archiviati all'interno del file video compresso.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Esempio

Supponiamo di avere 4 fotogrammi da comprimere.

Il primo di questi sarà necessariamente un fotogramma chiave (I-Frame), mentre vogliamo che i successivi due siano B-Frames (che generalmente hanno una dimensione di 1/4 del P-Frame corrispondente). L'ultimo deve essere necessariamente un P-frame, in quanto i fotogrammi B necessitano dopo di loro di qualcosa da cui essere derivati. In sequenza avremmo:

n° fotogramma	1	2	3	4
tipo di fotogramma:	I	B	B	P

I fotogrammi verranno archiviati all'interno del filmato in questo modo:

n° fotogramma	1	4	2	3
tipo di fotogramma:	I	P	B	B

Esempio

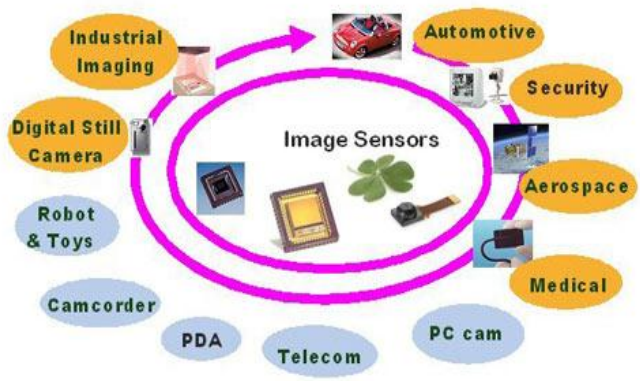
Dopo aver codificato l'I-Frame, l'encoder salta avanti di due fotogrammi e codifica quello che è destinato ad essere il fotogramma P (ovvero il quarto) e lo codifica come se seguisse immediatamente l'I-frame:

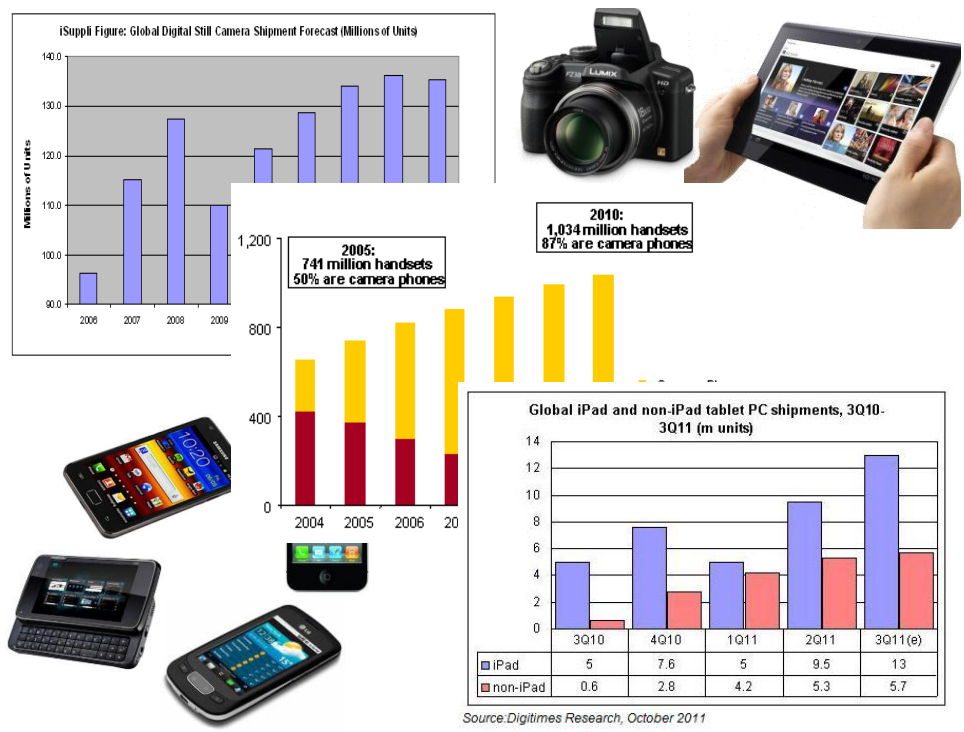
n° fotogramma	1	4
tipo di fotogramma:	I	P

Questo processo genererà un P-frame di dimensioni superiori a quello che si avrebbe codificando come P-frame il 2° fotogramma, in quanto generalmente vi saranno più cambiamenti (ovvero differenze) tra il 1° fotogramma ed il 4° che non tra il 1° ed il 2°. Tuttavia, l'utilizzo dei due B-frame porterà complessivamente ad una riduzione del numero di informazioni (dimensioni) necessarie alla codifica (come ho già detto un B-frame occupa 1/4 delle dimensioni di un P-frame).

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Imaging Devices





Mobile Imaging

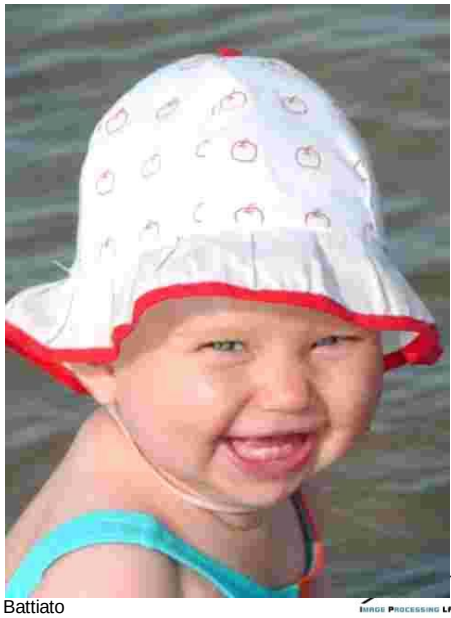
Major technical trade-offs and image quality consequences

1. High compression rate	**• Visible JPEG artifacts**
2. Low embedded image processing capabilities	**• Rough demosaicing** **• Ringing** **• Aliasing** **• Low quality exposure control** **• Low color quality control**
3. Small size sensor & optics	**• High sensitivity to noise**
4. Wide angle lens & few lens elements	**• Blur** **• Vignetting (& color vignetting)** **• Distortion**
5. Lack of flashgun & long exposure time	**• Blur (moving blur)** **• Interferences due to fluorescent lighting**

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

High compression rate

visible DCT artifacts (block effects)



Low embedded image processing capabilities

- Rough demosaicing

  Noisy picture and artifacts

- Low quality exposure control

  Lack of contrast in the picture

- Low color quality control

  Color balance problems

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Very small and wide angle optics

- High sensitivity to noise

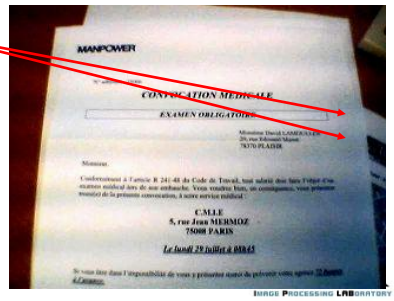
Wide angle lens & few lens elements

- High level of blur
- High level of distortion
- High level of vignetting

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Lack of flashgun & Long exposure time

- Moving blur
- Interferences due to fluorescent lighting



Implicazioni in ambito “forense”

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?)

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Implicazioni

- Valgono gli stessi principi generali della **digital forensics** per la trattazione dei reperti digitali
  - Preservazione dell'originale
  - Acquisizione integra e non ripudiabile
  - Utilizzo di copie di lavoro
  - Documentazione e ripetibilità
- In generale, ogni manipolazione tende ad evidenziare particolari presenti, non a cambiare i contenuti dell'immagine

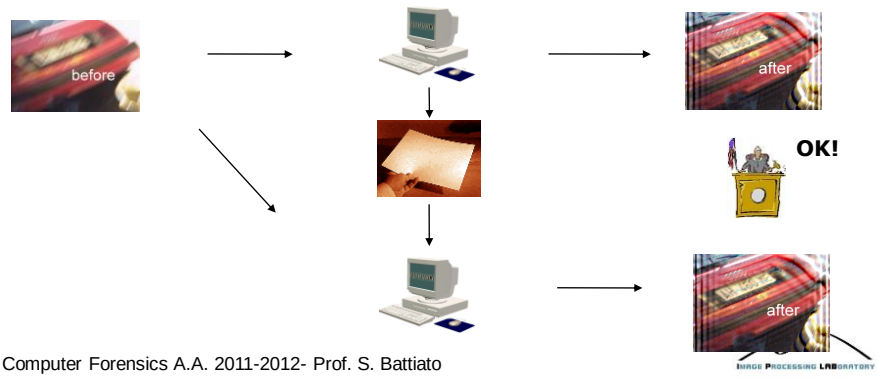
Miglioramento o Manipolazione?

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

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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



Fantasy

- Avete visto come si ingrandiscono le foto in film come Blade Runner o in serie come CSI e RIS?

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

CSI

Fantasy

- Non si possono "creare" informazioni che non ci sono…
- Si possono però enfatizzare informazioni che non si vedono, ma ci sono

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Di che si tratta?

Ovuli di Droga

Scansioni di tomografia computerizzata (TAC), utilizzate solitamente in ambito sanitario per malattie, vengono ora sfruttate per individuare pacchetti di droga nascoste nelle cavita del corpo per contrabbando illegale. (Fonte: Università di Berna)

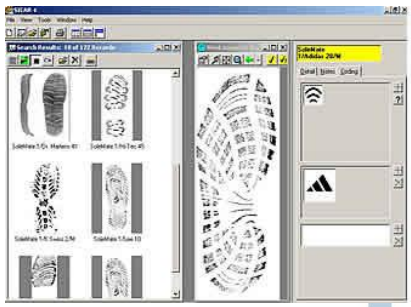
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Image enhancement/restoration

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

Classificazione di informazioni

- Organizzazione delle informazioni visive secondo certi criteri

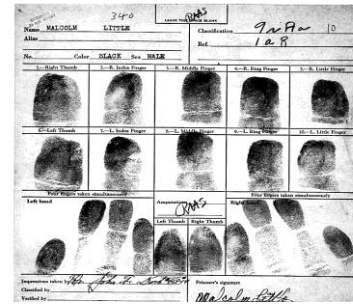


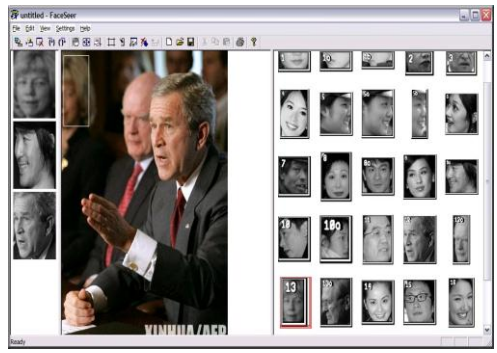
- Pastiglie
- Impronte di scarpe, pneumatici...
- Proiettili
- ...

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Biometria

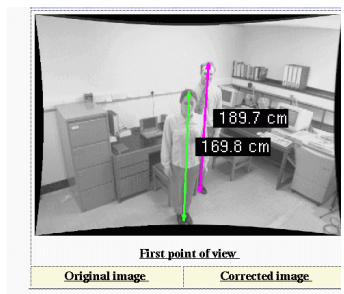
- Confrontare e riconoscere caratteristiche fisiologiche o comportamentali di un individuo





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

Fotogrammetria e Ricostruzione 3D



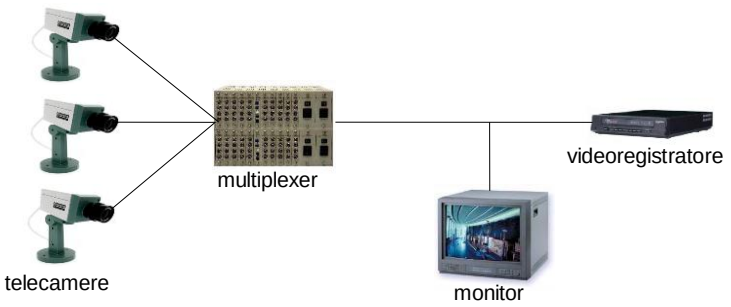
- Valutazione di dimensioni in una scena tramite proporzioni con grandezze note.

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

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Miglioramento di Qualità

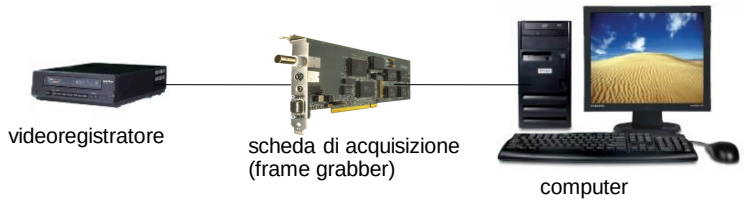
Dispositivi di acquisizione



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Analogico o digitale?

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

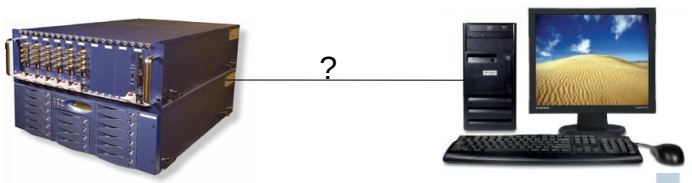


Caratteristiche del digitale

- Non soggetto ad usura

Ma...

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

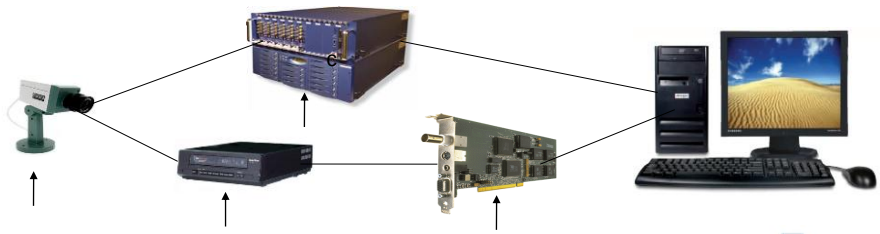


Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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)

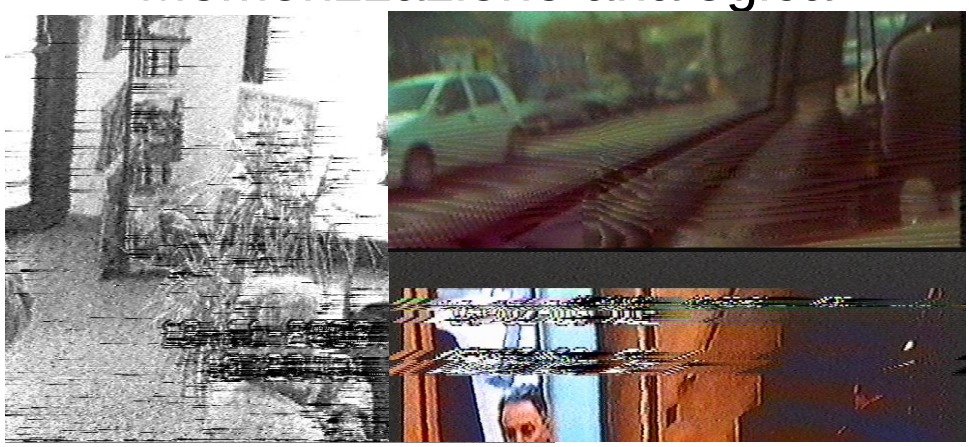
- Sfocatura (***Blurring***)
- Immagine in movimento
- Rumore (*Noise*)
- ...

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Acquisizione (II)

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

Memorizzazione analogica



- Usura dei dispositivi
- Interferenze
- ...

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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**)

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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

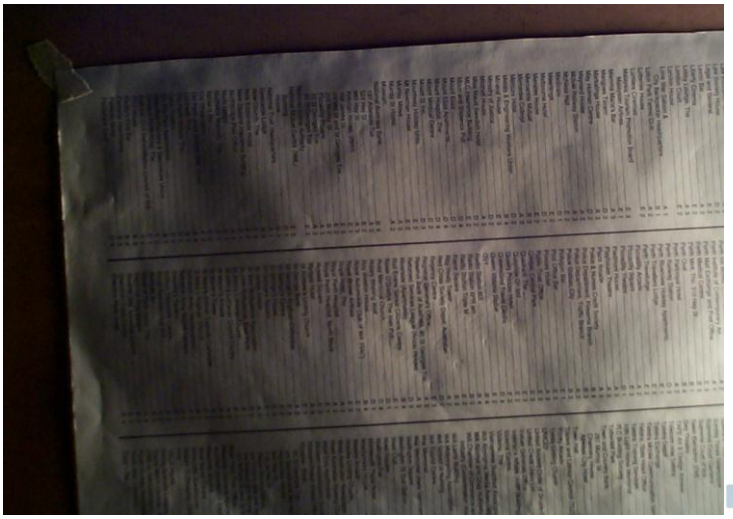
- esempio “ad hoc”, ma la tecnica è alla base di filtraggi più complessi

Rumore da compressione

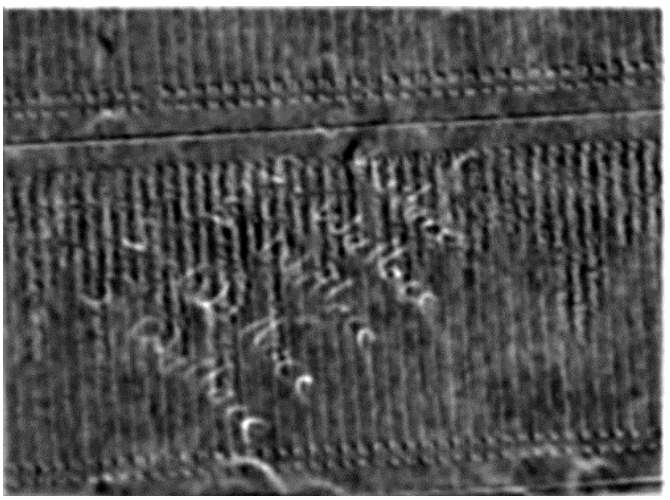
originale (jpeg) **filtrata**

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Edge detection



Sid Wallace...



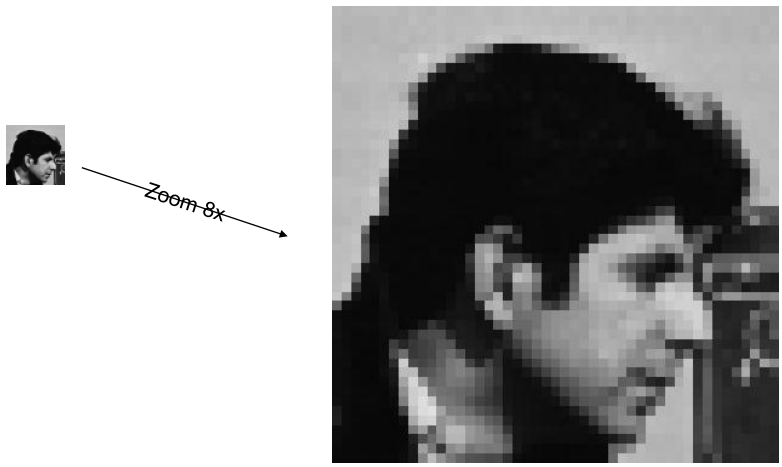
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Ancora edge

Interpolazione

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

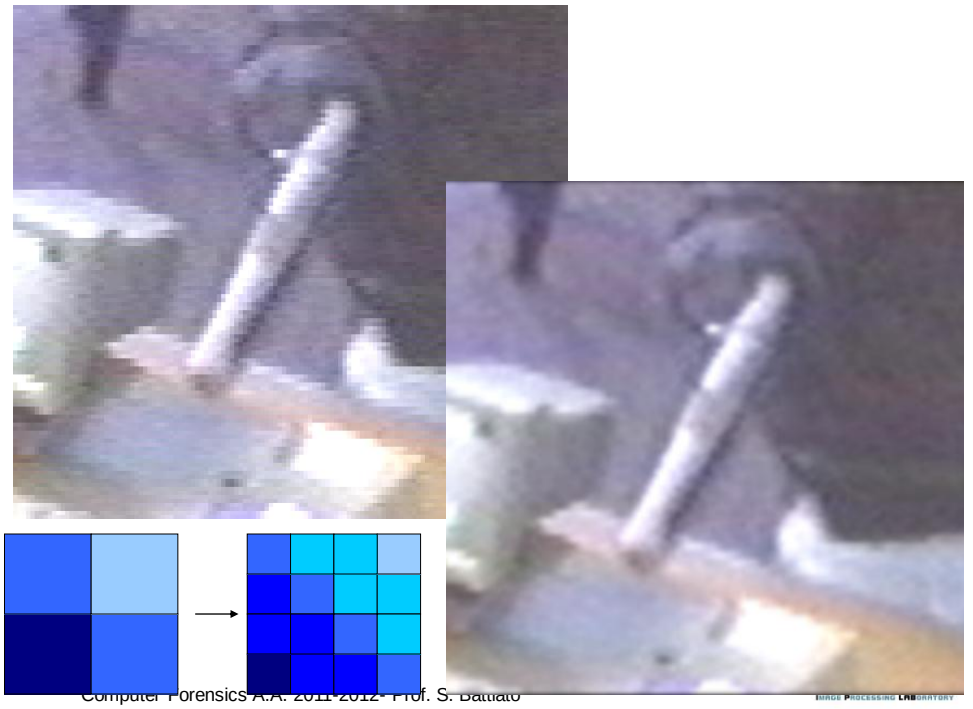
Zoom



Interpolazione

8x bicubica **8x Adattiva**

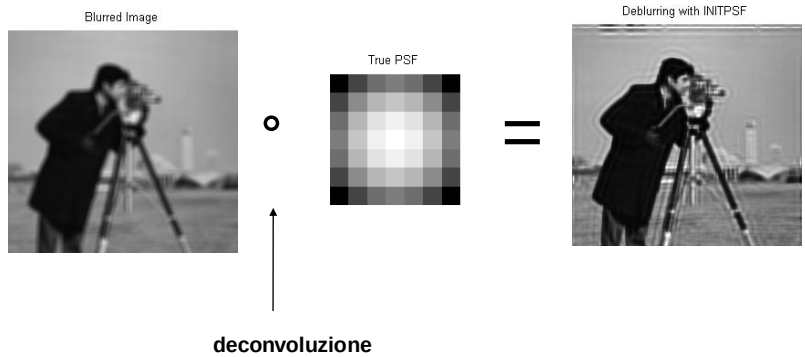
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it



Sfocatura

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Deconvoluzione

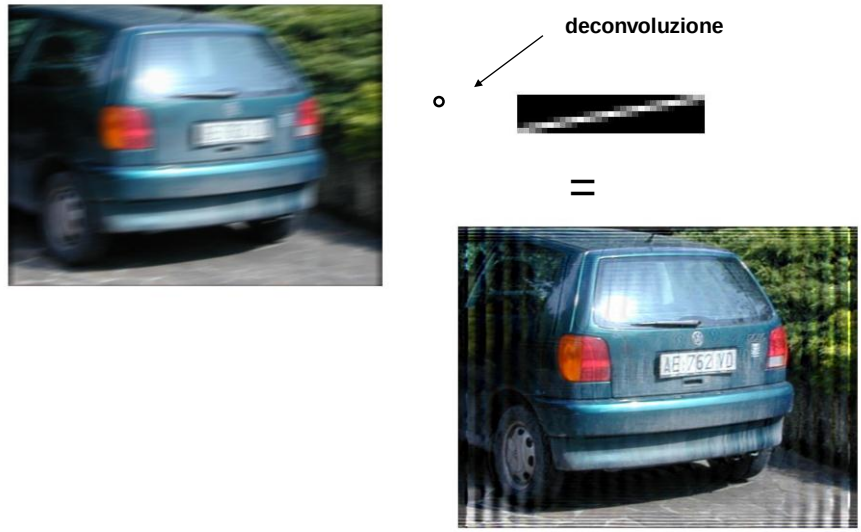


Motion blur

- 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.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Motion Deblurring



Interlacciamento

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Deinterlacciamento

immagine dal campo dispari **immagine dal campo pari**

Deinterlacciamento adattivo

deinterlacciamento lineare

un esempio di deinterlacciamento adattivo

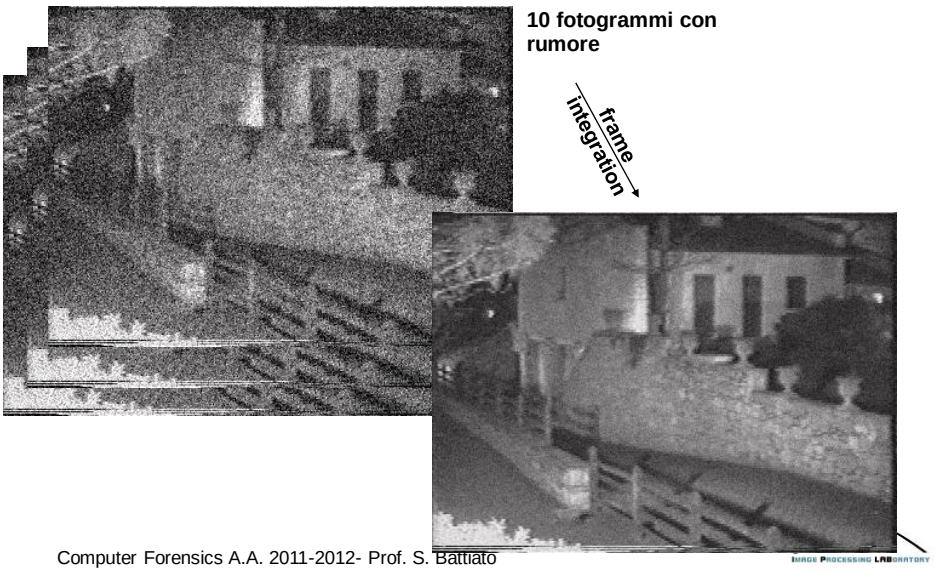
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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



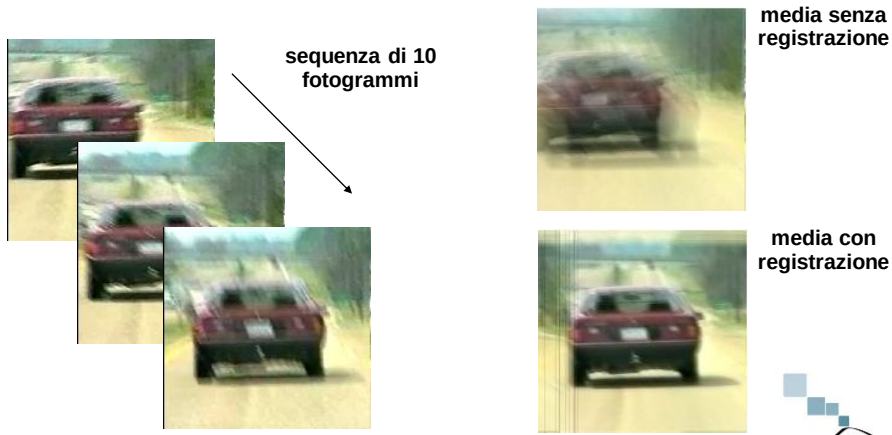
Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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

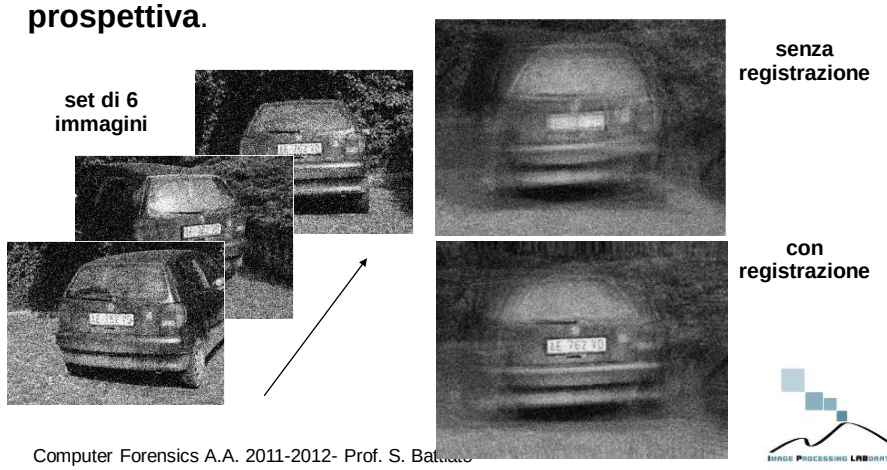
- Molto spesso per registrazione si intende l'allineamento di immagini spostate di una semplice traslazione, ad esempio per stabilizzare un ripresa mossa.



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

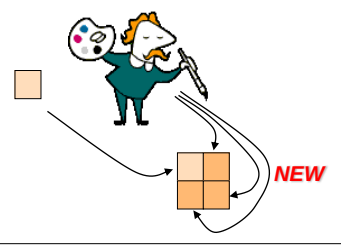
Idea di base

- 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.

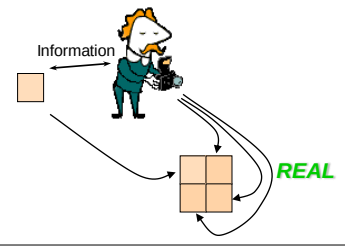
- Prima parte: processo di registrazione (con accuratezza superiore al pixel)
- Seconda parte: ricostruzione dei dati mancanti (ad esempio con interpolazione).

Zooming vs Super resolution

- ***"Interpolazione di informazione NUOVA".***



- ***Incremento di risoluzione volta a recuperare "Informazione REALE"***



Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

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).

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.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Motion detection

immagine di riferimento

immagine senza movimento

immagine con movimento

immagine differenza

immagine differenza

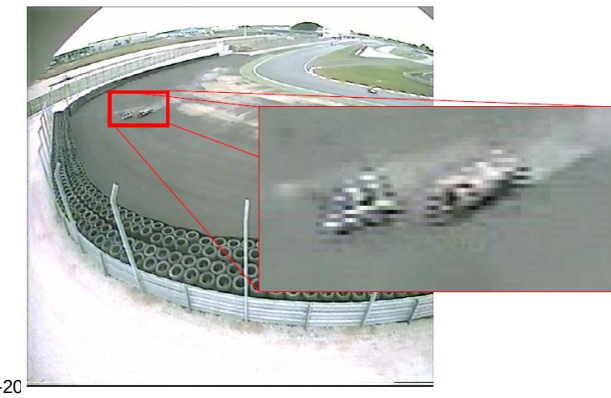
Separazione di componenti

- 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.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Other

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



Conclusioni

- Le tecniche di Image (video) Forensic costituiscono sicuramente un ulteriore strumento di indagine a disposizione degli investigatori per poter estrarre ed inferire, utili informazioni dalle immagini (e dai video) digitali anche nel caso di dispositivi mobili.

- Per essere in grado di recuperare o di inferire delle evidenze di prova è comunque necessaria una adeguata competenza specifica che richiede uno studio sistematico dei **fondamenti della teoria dell'elaborazione delle immagini e dei video digitali**. I software esistenti agevolano il lavoro degli investigatori ma non riescono per forza di cose ad automatizzare in maniera sistematica ed efficiente tali operazioni e richiedono l'ausilio di professionisti esperti.

Prof. Sebastiano Battiato
battiato@dmi.unict.it

Referenze (1)

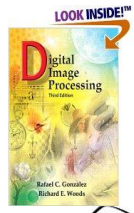
Elaborazione delle Immagini Digitali - terza edizione

di Gonzalez, Woods - Ottobre 2008 Pagine:840

Euro 53,00 (on line 45 euro)

ISBN 9788871925066

Capitoli 1-5, 10



http://hpe.pearson.it/gonzalez

http://www.imageprocessingplace.com

Referenze (2)

Fondamenti di Image Processing

di S. Battiato, F. Stanco

Ottobre 2006 Pagine: 150 Prezzo: 20 Euro – EdiArgo ISBN: 88-88659-49-8

Referenze

- S. Battiato, G. Messina, R. Rizzo - ***Image Forensics - Contraffazione Digitale e Identificazione della Camera di Acquisizione: Status e Prospettive*** - Chapter in *IISFA Memberbook 2009 DIGITAL FORENSICS* - Eds. G. Costabile, A. Attanasio - Experta, Italy 2009;
- S. Battiato, G.M. Farinella, G. Messina, G. Puglisi - ***Digital Video Forensics: Status e Prospettive*** -Chapter in *IISFA Memberbook 2010 DIGITAL FORENSICS* - Eds. G. Costabile, A. Attanasio - Experta, Italy 2010.
- S. Battiato, F. Stanco - *Fondamenti di Image Processing Guida teorico/pratica per l'elaborazione e la codifica di immagini digitali* – ISBN: 88-88659-49-8 - EdiArgo, October 2006.
- R.C. Gonzalez, R.E. Woods - *Elaborazione delle Immagini Digitali* - ISBN: 9788871925066 *Pearson* Italia (2008) - Supervised by S.Battiato and F. Stanco.

Contatti

Per ulteriori dettagli o info si visiti il sito

Image Processing Lab

Università di Catania

www.dmi.unict.it/~iplab

Oppure email

battiato@dmi.unict.it