

Introduzione

Stefano Ferrari

Università degli Studi di Milano
stefano.ferrari@unimi.it

Elaborazione delle immagini
anno accademico 2010–2011

Elaborazione delle immagini

L'Informatica è la scienza che studia come

- ▶ rappresentare,
- ▶ elaborare e
- ▶ trasmettere

l'informazione.

L'**Elaborazione delle immagini** si occupa in particolare dell'informazione contenuta nelle immagini (digitali).

Cosa è un'immagine?

Qualche definizione:

- ▶ figura esteriore percepita mediante la vista [Garzanti];
- ▶ metodica di rappresentazione secondo coordinate spaziali indipendenti di un oggetto o di una scena [Wikipedia];
- ▶ rappresentazione, riproduzione della forma esteriore di un corpo [De Agostini].

Generalmente si intende una rappresentazione di oggetti o scene su un supporto bidimensionale:

- ▶ quadro,
- ▶ fotografia,
- ▶ grafico.

Il concetto si può estendere ad una rappresentazione volumetrica (e.g., statua).

Definizione di immagine digitale

- ▶ Matematicamente, un'immagine viene definita come una funzione, $f : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^n$.
- ▶ Tipicamente, $m = 2$ e, nel caso più semplice, $n = 1$.
- ▶ Quando le coordinate spaziali e il valore della funzione sono finiti e discretizzati, l'immagine viene detta *digitale*.

$$f : \mathbb{Z}^m \rightarrow \mathbb{Z}^n$$

- ▶ Gli elementi che costituiscono un'immagine digitale sono detti "pixel" (contrazione di *picture element*) o "pels" (o anche "image elements").

Cosa significa elaborare le immagini?

- ▶ In prima approssimazione, si può considerare immagine ciò che percepiamo per mezzo della vista.
- ▶ “Vedere” è un compito molto complesso, ed è il risultato di una catena di elaborazione molto variegata.
- ▶ Allo stesso modo, anche l’elaborazione delle immagini è una disciplina che ha contorni sfumati.
- ▶ Inoltre, usa metodi o fornisce strumenti ad altre discipline.

Cosa significa elaborare le immagini? (2)

- ▶ Almeno tre discipline
 - ▶ elaborazione di immagini (*image processing*)
 - ▶ analisi di immagini (*image understanding*)
 - ▶ visione artificiale (*computer vision*)hanno sovrapposizioni.
- ▶ Tipicamente si riconoscono tre categorie di elaborazione, caratterizzate dal livello di astrazione:
 - ▶ basso livello (miglioramento di immagine);
 - ▶ medio livello (estrazione di caratteristiche);
 - ▶ alto livello (riconoscimento di oggetti).
- ▶ Esempio: OCR (*optical character recognition*)
 - ▶ basso livello: eliminazione del rumore, binarizzazione;
 - ▶ medio livello: individuazione dei caratteri;
 - ▶ alto livello: riconoscimento dei caratteri, della struttura del testo.

Quali applicazioni per l'elaborazione di immagini?

- ▶ In diversi campi applicativi, le informazioni vengono acquisite sotto forma di immagini.
- ▶ L'elaborazione delle immagini serve per:
 - ▶ facilitarne l'interpretazione;
 - ▶ estrarne informazioni.
- ▶ Alcuni campi applicativi:
 - ▶ medicina;
 - ▶ industria:
 - ▶ controllo qualità;
 - ▶ automatizzazione;
 - ▶ sicurezza:
 - ▶ applicazioni biometriche;
 - ▶ lettura targhe;
 - ▶ rilevamenti topografici;
 - ▶ astronomia;
 - ▶ ... e tanti altri!

Quali applicazioni per l'elaborazione di immagini? (2)

- ▶ Per esempio, negli osservatori astronomici.

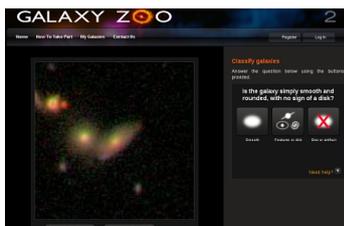


Centro di calcolo dell'osservatorio di Harvard, fine 1800.

La catalogazione delle stelle veniva realizzata con metodi manuali sulla base di lastre fotografiche.

http://www.womanastronomer.com/harvard_computers.htm

- ▶ Molti compiti non sono facilmente automatizzabili:



Progetto Galaxy Zoo.

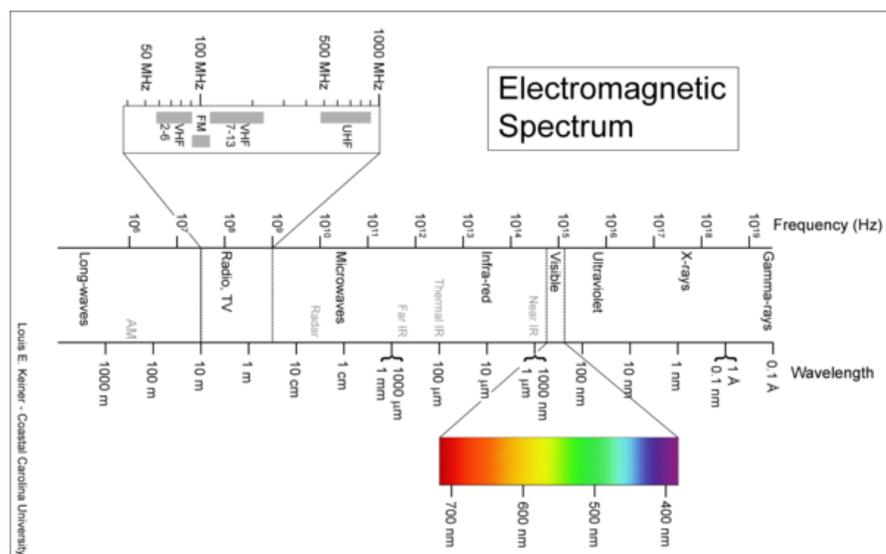
Si chiede l'aiuto di volontari (senza particolari conoscenze astronomiche) per classificare le galassie.

<http://www.galaxyzoo.org/>

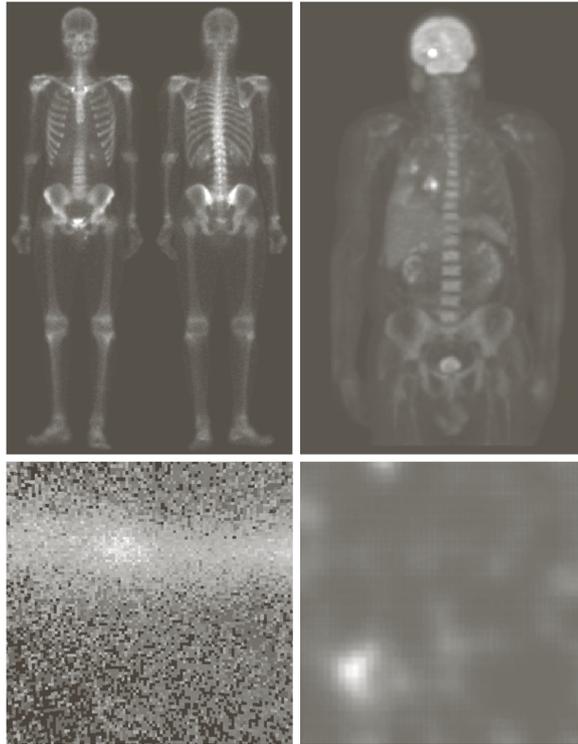
Quali immagini?

- ▶ Una possibile classificazione si basa sulla sorgente irradiante:
 - ▶ onde elettromagnetiche;
 - ▶ onde acustiche;
 - ▶ ultrasuoni;
 - ▶ fascio di elettroni.

Spettro elettromagnetico



Immagini da raggi gamma

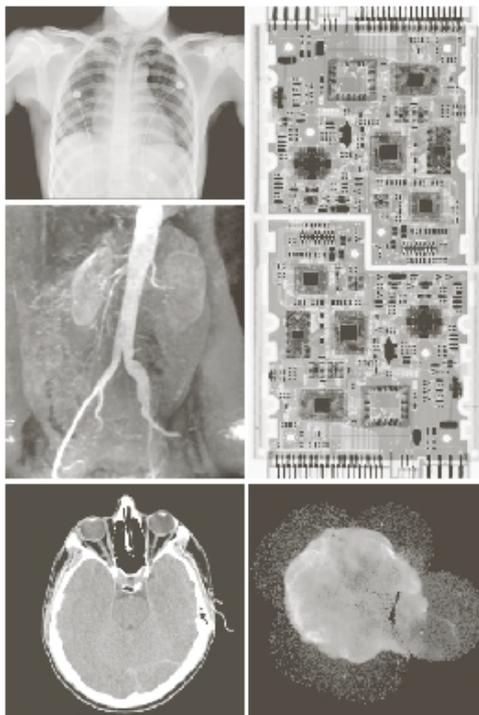


a	b
c	d

(a) gamma-ray imaging per iniezione di isotopo radioattivo; (b) positron emission tomography (PET); (c) Cygnus Loop; (d) radiazione gamma di una valvola di un reattore nucleare.

NB: (c) e (d) catturano la naturale radiazione dell'oggetto osservato.

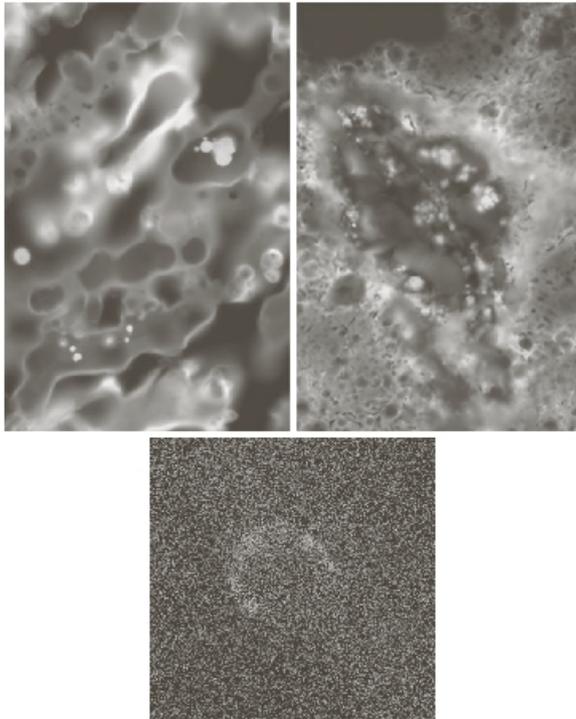
Immagini da raggi X



a	d
b	e
c	

(a) radiografia; (b) angiografia; (c) computerized axial tomography (CAT); (d) immagine ai raggi X di scheda elettronica per ispezione durante la produzione; (e) Cygnus Loop.

Immagini da ultravioletti

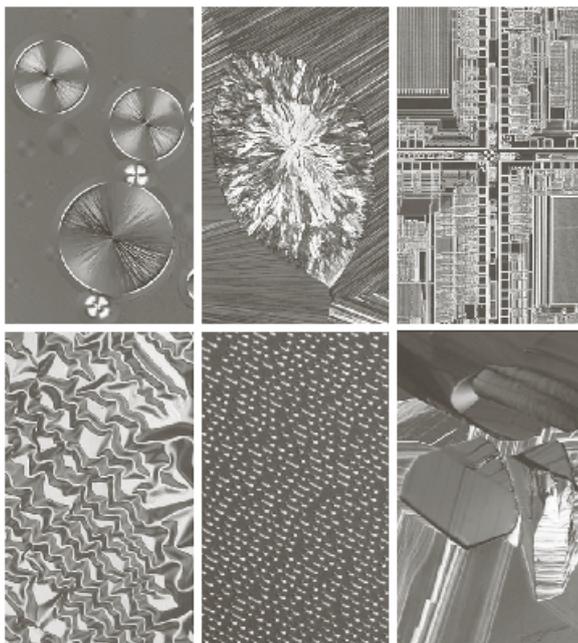


a	b
c	

(a) grano sano; (b) grano malato; (c) Cygnus Loop.

Le immagini UV sfruttano spesso il fenomeno della fluorescenza, naturale o indotta.

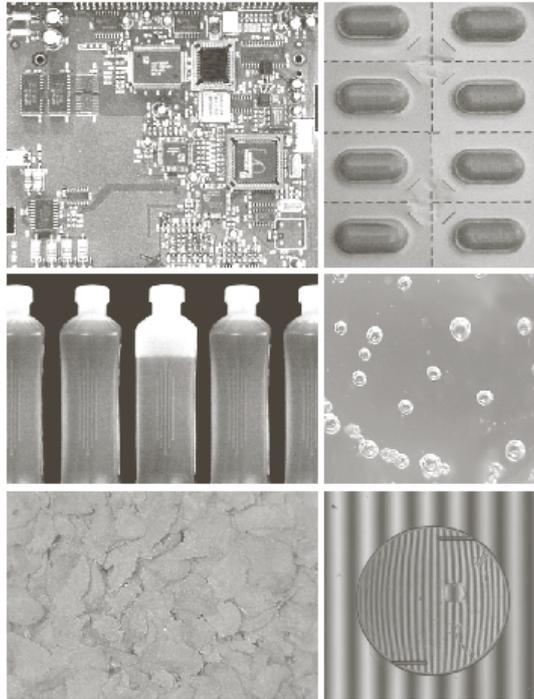
Immagini da visibile



a	b	c
d	e	f

(a) Taxol (agente anticancro); (b) colesterolo; (c) microprocessore; (d) film di ossido di nichel; (e) superficie di un cd audio; (f) superconduttore organico.

Immagini da visibile (2)



a	b
c	d
e	f

Esempi di controllo industriale:

(a) componenti mancanti; (b) pillole mancanti; (c) quantità accettabili; (d) difetti di produzione (troppe bolle); (e) difetti di produzione (qualche fiocco bruciato?); (f) difetti di produzione (impianto ottico con distorsioni).

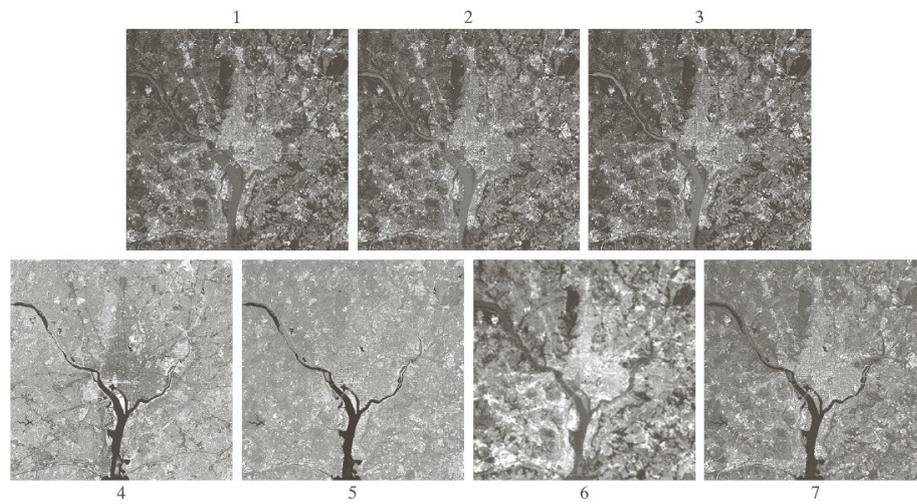
Immagini da visibile (3)



a	b
c	
d	

Esempi di applicazioni di sicurezza e tracciamento: (a) impronte digitali; (b) conteggio banconote e tracciamento del numero di serie; (c) lettura automatica della targa; (d) lettura automatica della targa (con correzione prospettica).

Immagini da visibile ed infrarosso



a	b	c	
d	e	f	g

(a) blu; (b) verde; (c) rosso; (d) infrarosso vicino; (e) infrarosso ad onda corta; (f) infrarosso termico; (g) infrarosso medio.

Immagini da visibile e infrarosso (2)



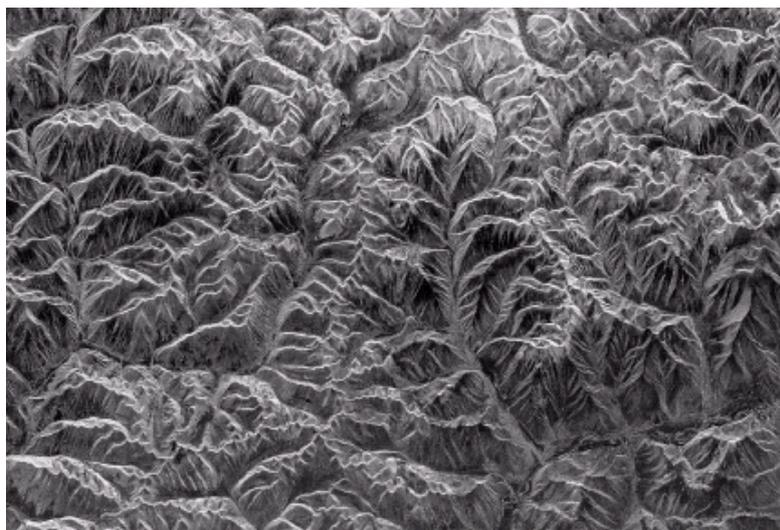
Le immagini da satellite per uso meteorologico fanno uso di bande multiple. L'immagine è dell'uragano Katrina (2005) nella banda del visibile e infrarosso.

Immagini da infrarosso satellitare



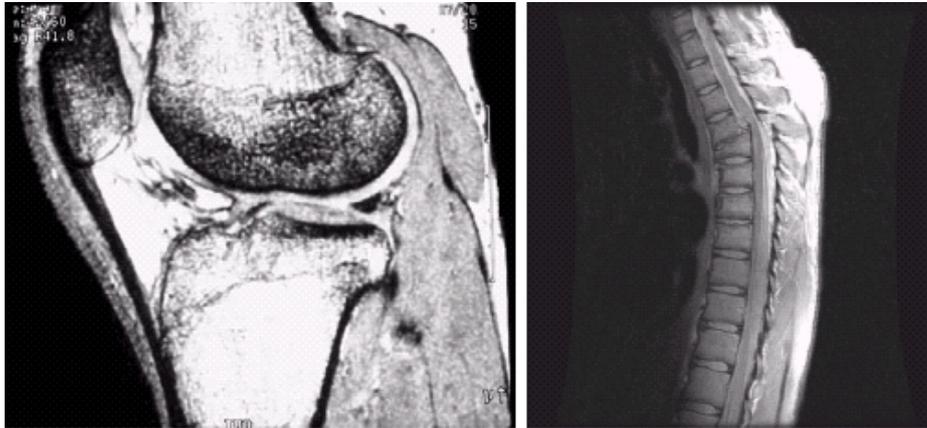
Le emissioni nella banda infrarossa forniscono chiari indizi di attività umana.

Immagini da radar satellitare



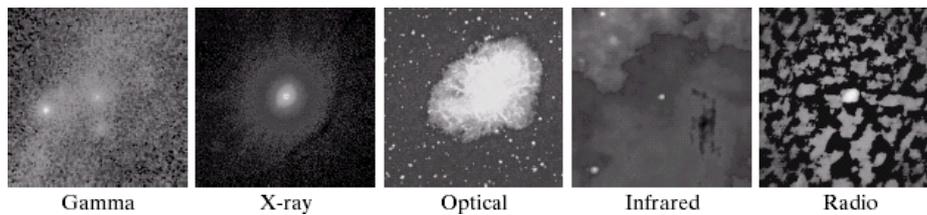
Le microonde possono attraversare le nuvole e anche alcuni strati di vegetazione, ghiaccio e sabbia. Un radar satellitare emette un impulso e, tramite un'antenna, rileva le onde riflesse.

Immagini da onde radio



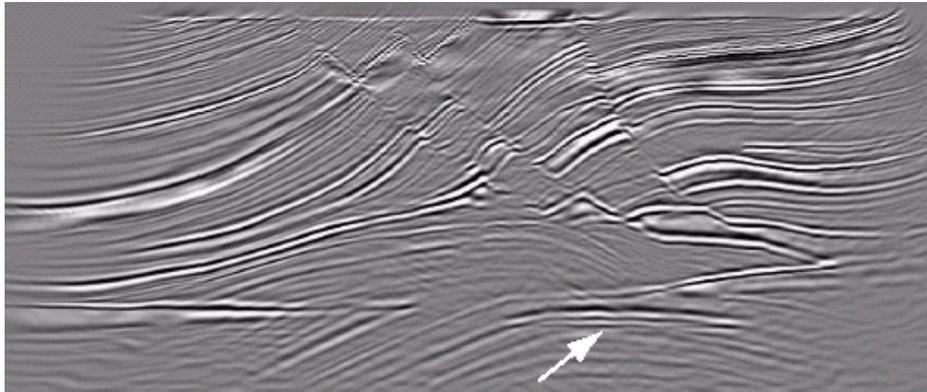
Le onde radio vengono usate in medicina, per esempio, per la risonanza magnetica (*magnetic resonance imaging*, MRI).

Immagini multispettrali



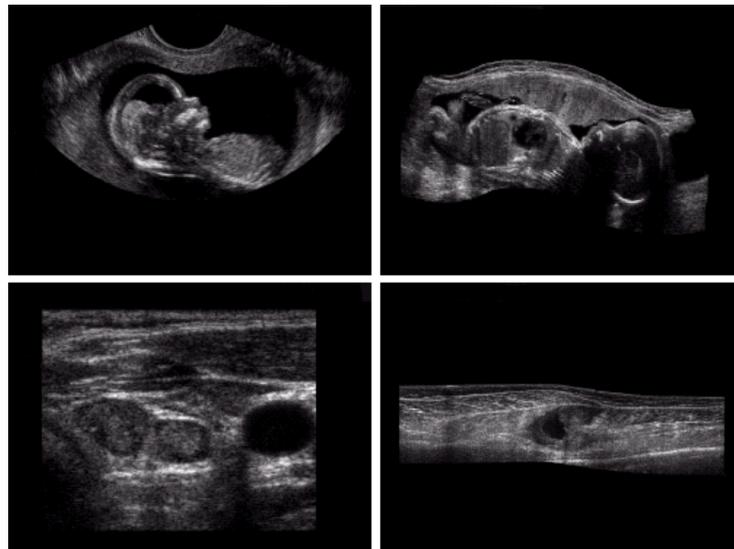
La pulsar del Granchio ripresa in diverse sottobande dello spettro elettromagnetico. Lo stesso oggetto può apparire molto diverso, in quanto la sua radiazione elettromagnetica emessa non è uniforme nello spettro.

Immagini da onde sonore



Rilevando l'eco di onde acustiche opportunamente emesse, si può tracciare un profilo delle proprietà di riflessione del suolo (o del fondale marino) e individuare così i materiali stratificati nel sottosuolo.

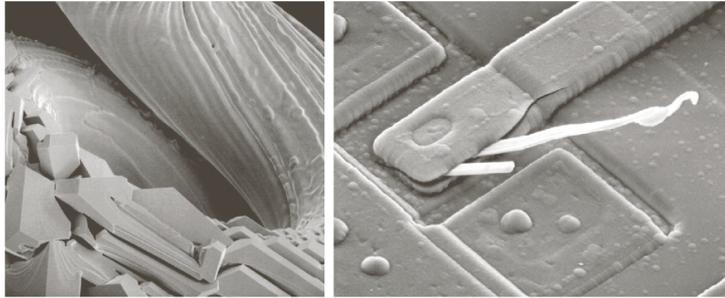
Immagini da ultrasuoni



a	b
c	d

Le onde ultrasonore vengono impiegate in medicina per l'ecografia.
(a) e (b) feti; (c) tiroide; (d) muscolo lesionato.

Immagini da fasci elettronici



I fasci di elettroni vengono usati in due tecniche microscopiche:

- ▶ *transmission electron microscopy* (TEM), dove la frazione del fascio che riesce ad attraversare l'oggetto viene acquisita;
- ▶ *scanning electron microscope* (SEM), dove viene rilevata l'interazione dell'oggetto con il fascio elettronico.

(a) filamento di tungsteno bruciato; (b) circuito elettronico danneggiato dal calore (il filamento bianco è prodotto dall'ossidazione).

Altri tipi di immagine

Tramite tecniche di elaborazione delle immagini si possono produrre anche immagini di altro tipo. Un esempio sono le immagini di profondità (*depth image*, *range image*, $2\frac{1}{2}D$ image).

