



# Fondamenti di Elaborazione di Immagini

## Introduzione

Raffaele Cappelli

[raffaele.cappelli@unibo.it](mailto:raffaele.cappelli@unibo.it)

# Obiettivi del corso

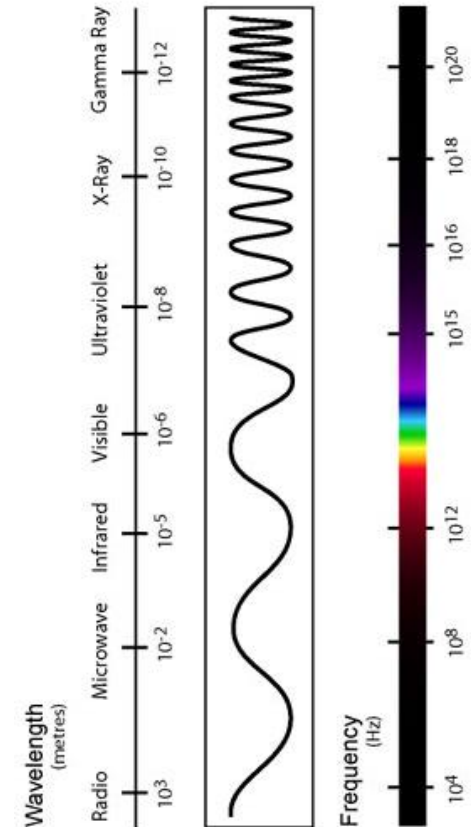
- Il corso introduce i principali concetti e le tecniche di base per l'elaborazione delle immagini digitali
- Digital Image Processing
  - «Elaborazione delle immagini digitali per mezzo di un computer»
- Obiettivi:
  - Fornire allo studente le conoscenze necessarie per:
    - Lavorare con le immagini applicando trasformazioni ed eseguendo opportuni algoritmi
    - Implementare gli algoritmi di base per l'elaborazione delle immagini in un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti

# Importanza dell'elaborazione delle immagini

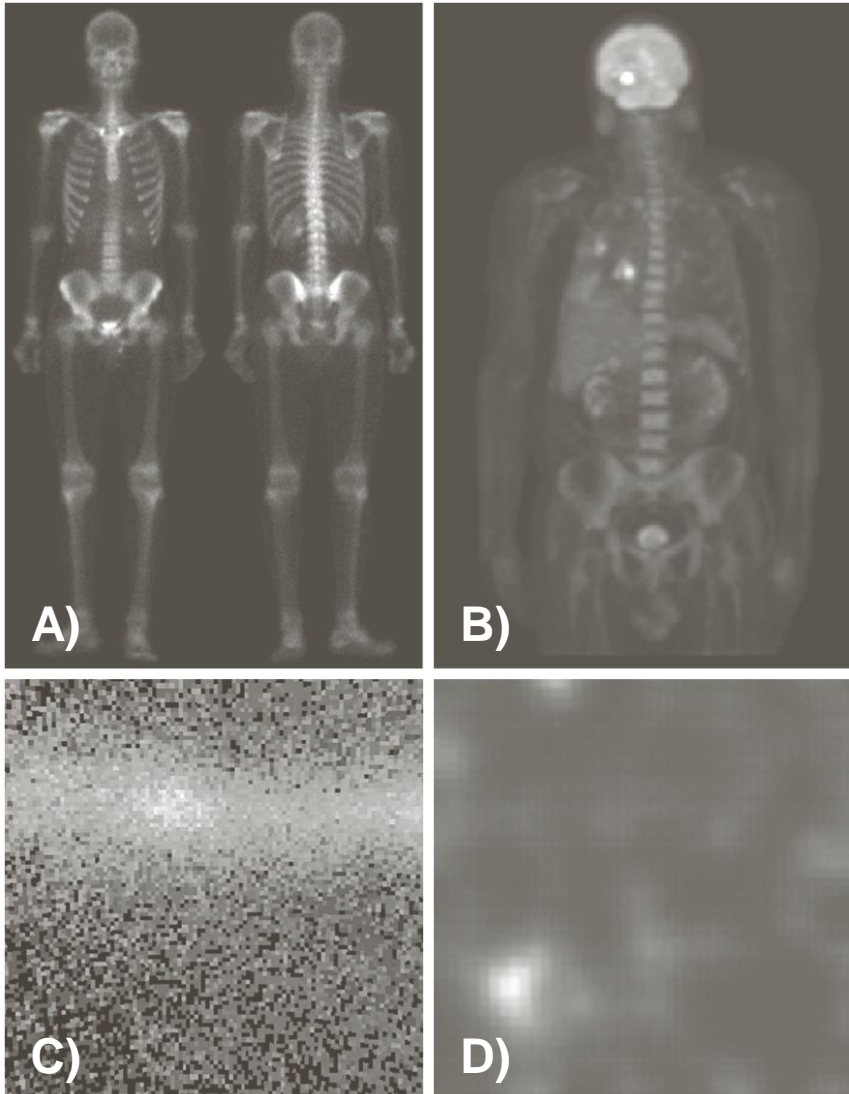
- Due principali aree di applicazione:
  - Miglioramento delle informazioni nelle immagini per una migliore interpretazione da parte dell'uomo
  - Elaborazione delle immagini per la memorizzazione, la trasmissione, la rappresentazione e l'analisi da parte dell'elaboratore
  
- Fonti da cui si possono acquisire immagini:
  - La **vista** è il più sofisticato dei nostri sensi e l'immagine occupa un ruolo prioritario nella **percezione umana**
  - Tuttavia, i dispositivi di acquisizione possono lavorare con tutte le componenti dello **spettro elettromagnetico**, dai raggi gamma alle onde radio
  
- L'elaborazione delle immagini è utilizzata con successo in settori di grande importanza sociale ed economica

# Applicazioni

Sorgente di energia	Esempi di applicazione
Raggi gamma	Medicina nucleare
	Osservazioni astronomiche
Raggi X	Diagnosi medica
	Processi industriali
Ultravioletto	Microscopia a fluorescenza
	Osservazioni astronomiche
Infrarosso e visibile	Microscopia
	Immagini satellitari
	Controllo qualità
	Riconoscimento dei caratteri
	Riconoscimento biometrico
Microonde	Immagini radar da satellite
Onde radio	Risonanza magnetica
Ultrasuoni	Ecografia
Fascio di elettroni	Microscopio elettronico
Generazione sintetica	Frattali
	Immagini generate da modelli 3D

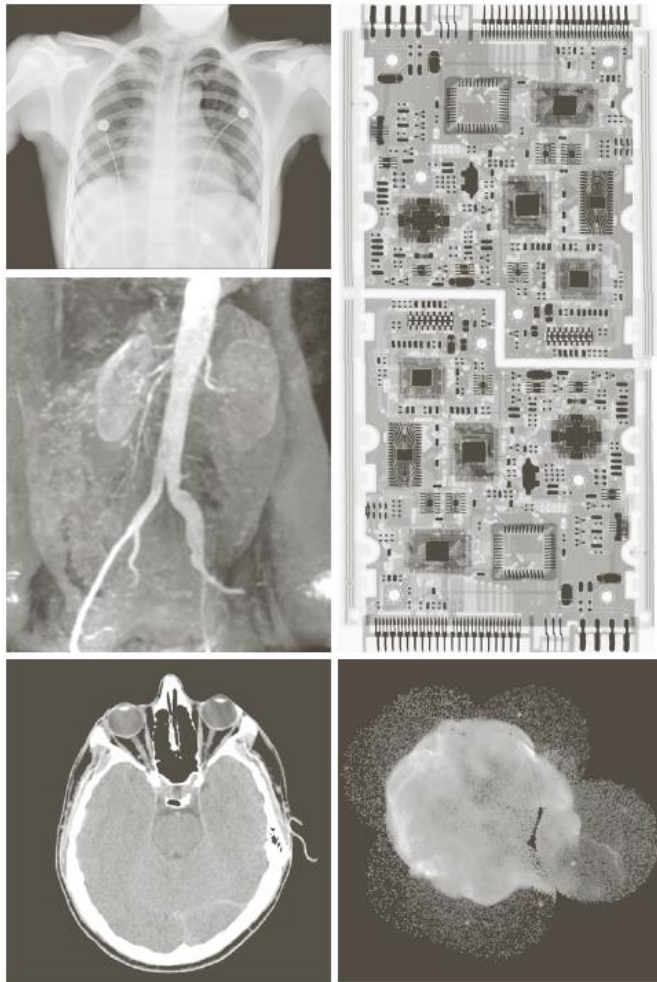


# Applicazioni (2)

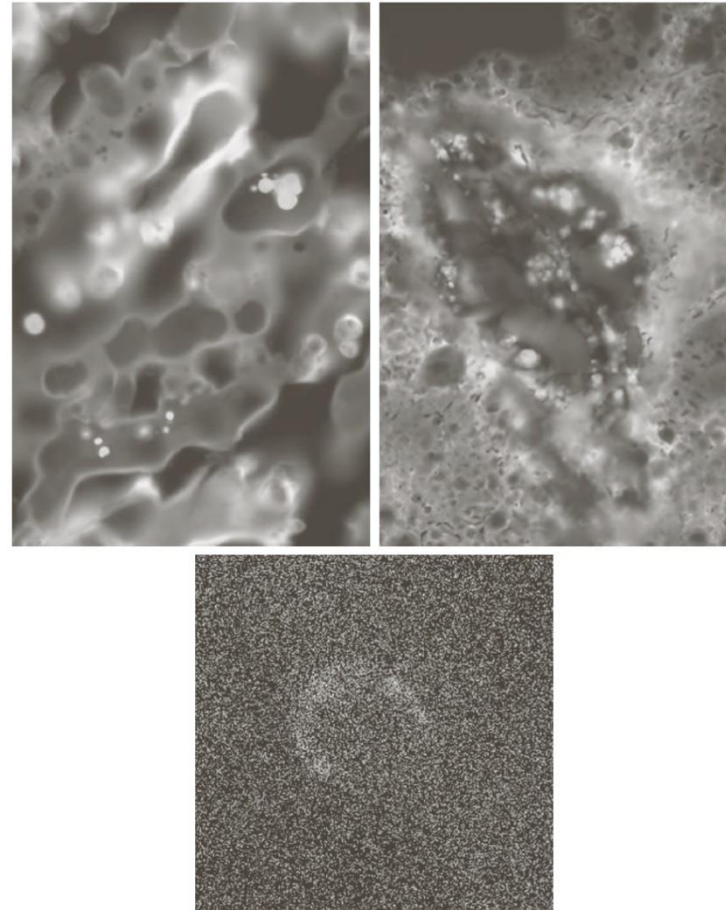


- Immagini a raggi gamma:
  - A) Scansione delle ossa rilevando i raggi gamma emessi da isotopi radioattivi introdotti nel paziente
  - B) Tomografia a emissione di positroni
  - C) Immagine della nebulosa del Cigno (da una stella esplosa 15000 anni fa)
  - D) Raggi gamma di una valvola di un reattore nucleare

# Applicazioni (3)

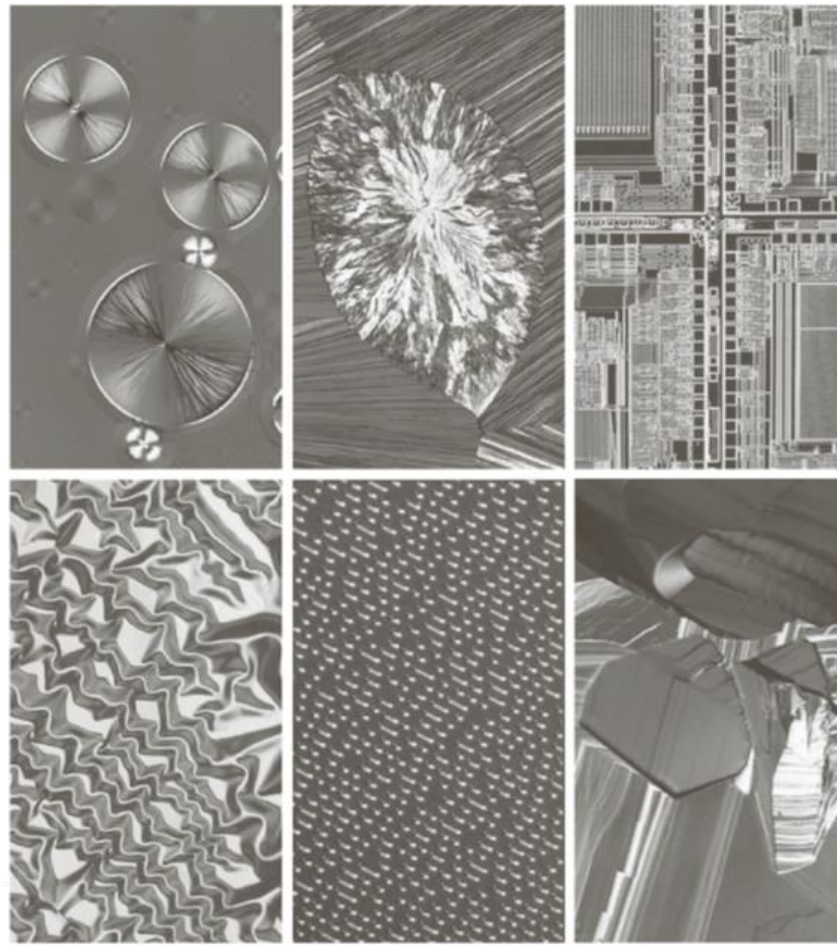


**FIGURE 1.7** Examples of X-ray imaging. (a) Chest X-ray. (b) Aortic angiogram. (c) Head CT. (d) Circuit boards. (e) Cygnus Loop. (Images courtesy of (a) and (c) Dr. David R. Pickens, Dept. of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center; (b) Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School; (d) Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.; and (e) NASA.)



**FIGURE 1.8** Examples of ultraviolet imaging. (a) Normal corn. (b) Smut corn. (c) Cygnus Loop. (Images courtesy of (a) and (b) Dr. Michael W. Davidson, Florida State University, (c) NASA.)

# Applicazioni (4)



**FIGURE 1.9** Examples of light microscopy images. (a) Taxol (anticancer agent), magnified 250 $\times$ . (b) Cholesterol—40 $\times$ . (c) Microprocessor—60 $\times$ . (d) Nickel oxide thin film—600 $\times$ . (e) Surface of audio CD—1750 $\times$ . (f) Organic superconductor—450 $\times$ . (Images courtesy of Dr. Michael W. Davidson, Florida State University.)

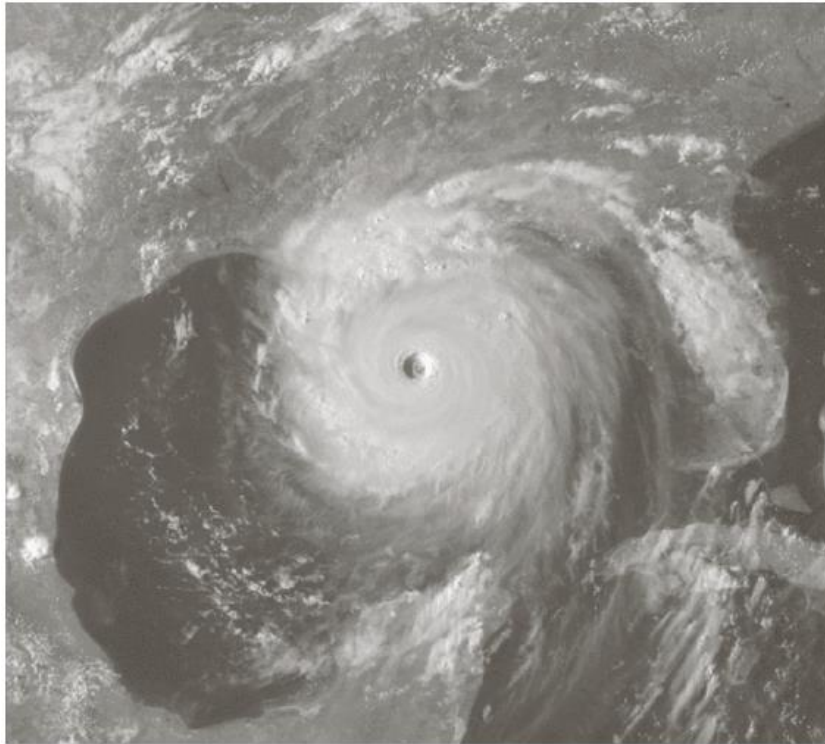
# Applicazioni (5)



Immagini satellitari



# Applicazioni (6)

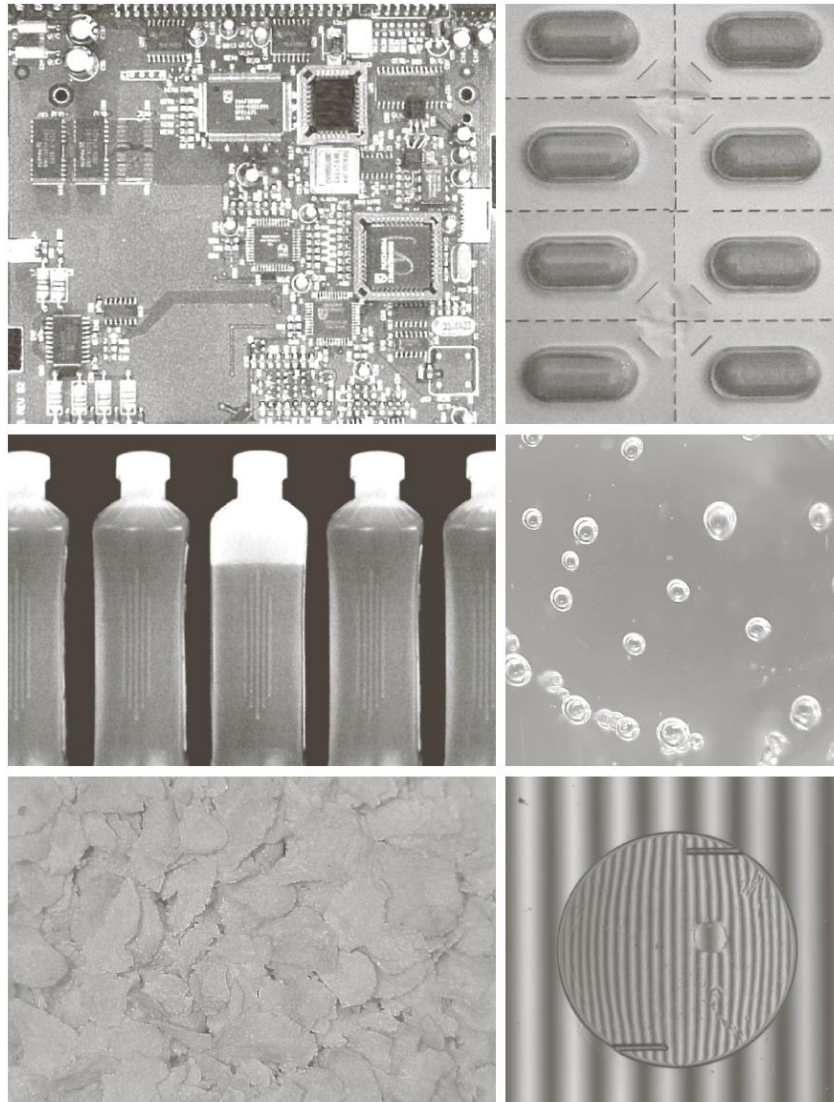


**FIGURE 1.11**  
Satellite image of Hurricane Katrina taken on August 29, 2005. (Courtesy of NOAA.)



**FIGURE 1.12**  
Infrared satellite images of the Americas. The small gray map is provided for reference. (Courtesy of NOAA.)

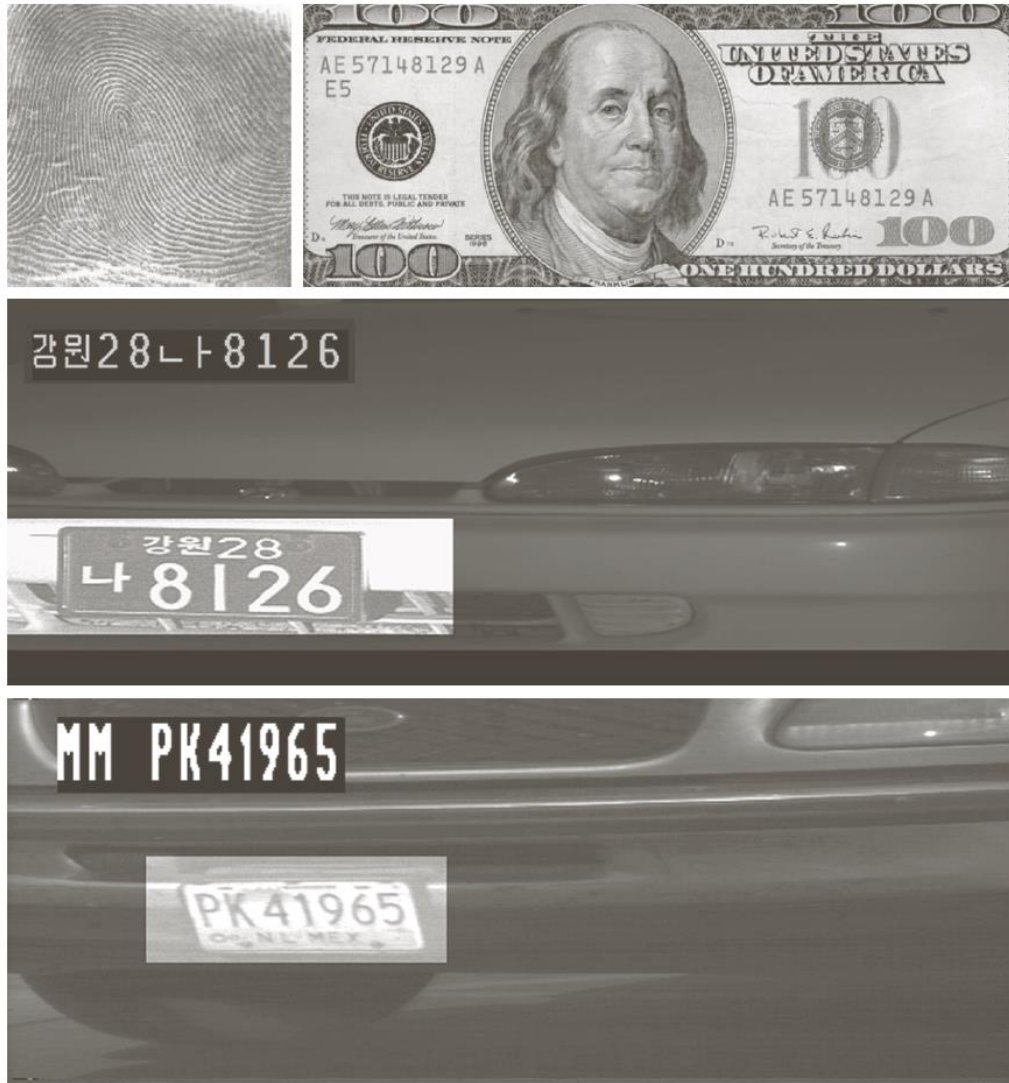
# Applicazioni (7)



a	b
c	d
e	f

**FIGURE 1.14**  
 Some examples of manufactured goods often checked using digital image processing.  
 (a) A circuit board controller.  
 (b) Packaged pills.  
 (c) Bottles.  
 (d) Air bubbles in a clear-plastic product.  
 (e) Cereal.  
 (f) Image of intraocular implant.  
 (Fig. (f) courtesy of Mr. Pete Sites, Perceptics Corporation.)

# Applicazioni (8)



a b  
c  
d

**FIGURE 1.15** Some additional examples of imaging in the visual spectrum. (a) Thumb print. (b) Paper currency. (c) and (d) Automated license plate reading. (Figure (a) courtesy of the National Institute of Standards and Technology. Figures (c) and (d) courtesy of Dr. Juan Herrera, Perceptics Corporation.)

# Applicazioni (9)

**FIGURE 1.16**  
Spaceborne radar  
image of  
mountains in  
southeast Tibet.  
(Courtesy of  
NASA.)

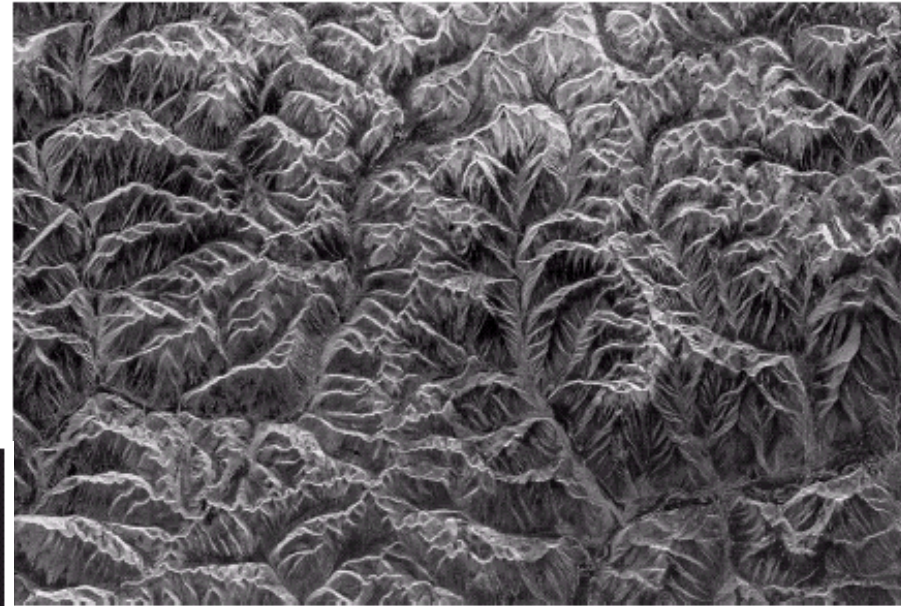
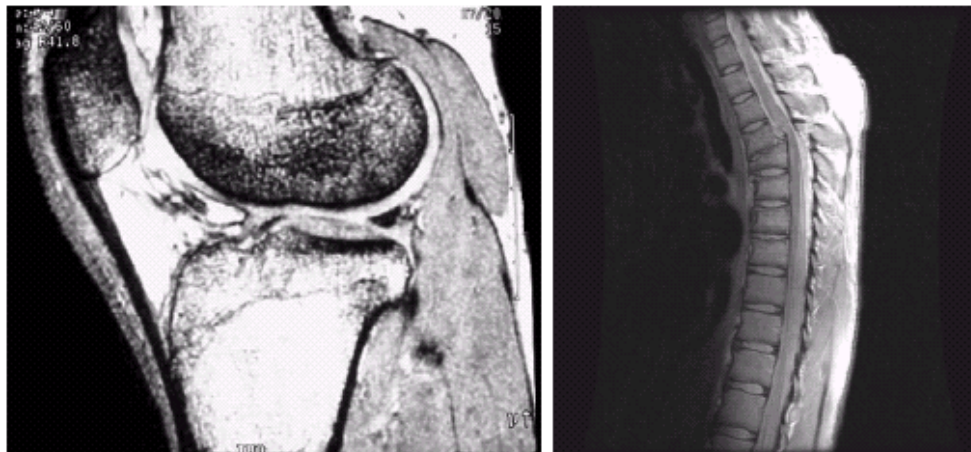


Immagine radar (energia delle microonde riflessa e rilevata da un'antenna)

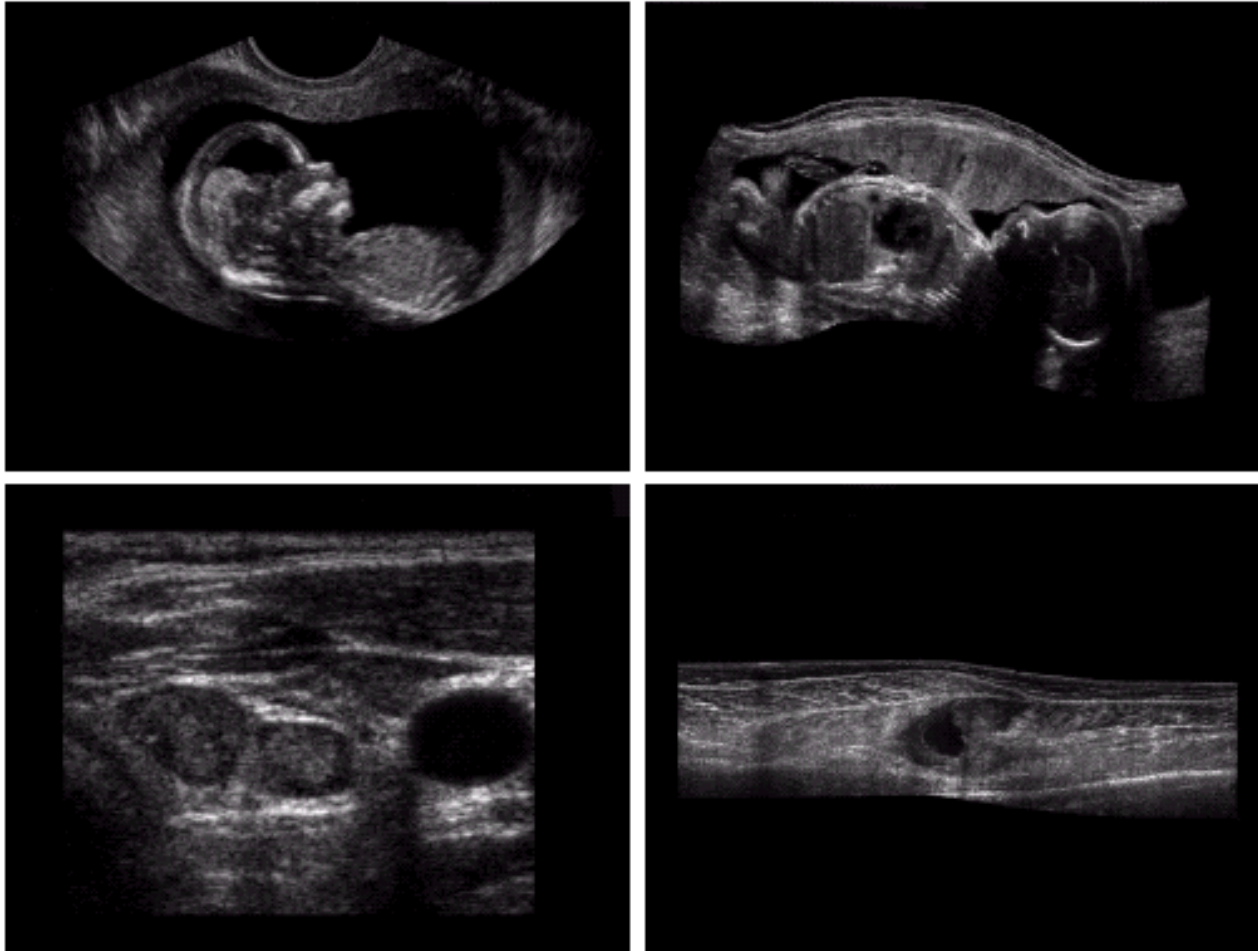
## Risonanza magnetica (onde radio)



a b

**FIGURE 1.17** MRI images of a human (a) knee, and (b) spine. (Image (a) courtesy of Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School, and (b) Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

# Applicazioni (10)

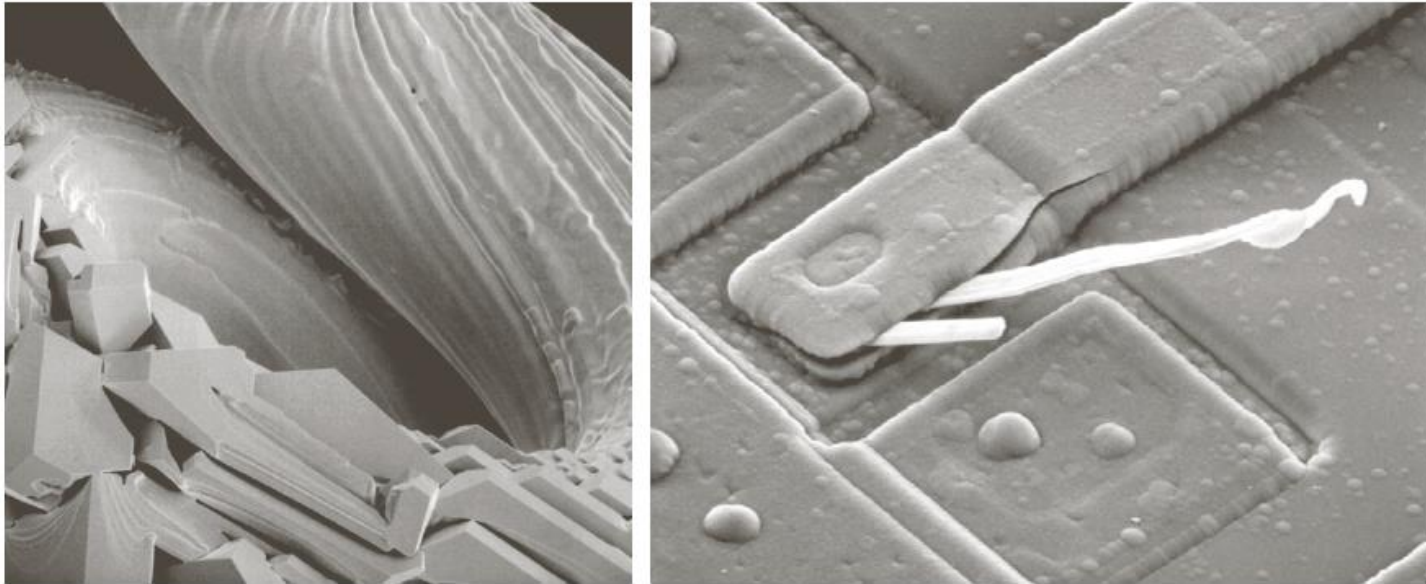


a	b
c	d

**FIGURE 1.20**  
Examples of ultrasound imaging. (a) Baby. (2) Another view of baby. (c) Thyroids. (d) Muscle layers showing lesion. (Courtesy of Siemens Medical Systems, Inc., Ultrasound Group.)

# Applicazioni (11)

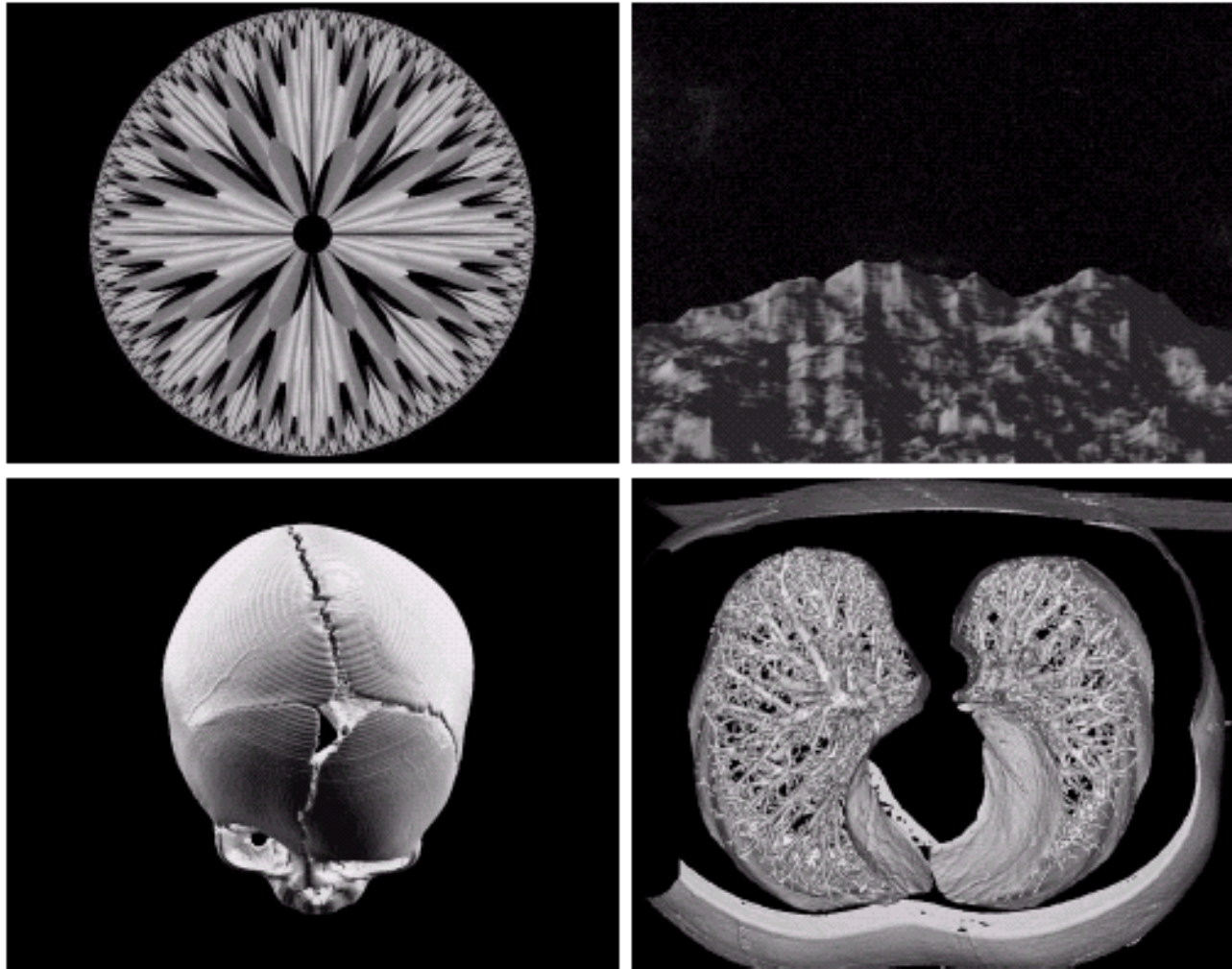
Immagini ottenute da microscopi elettronici



a b

**FIGURE 1.21** (a) 250 $\times$  SEM image of a tungsten filament following thermal failure (note the shattered pieces on the lower left). (b) 2500 $\times$  SEM image of damaged integrated circuit. The white fibers are oxides resulting from thermal destruction. (Figure (a) courtesy of Mr. Michael Shaffer, Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene; (b) courtesy of Dr. J. M. Hudak, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.)

# Applicazioni (12)



a b  
c d

**FIGURE 1.22**  
(a) and (b) Fractal images. (c) and (d) Images generated from 3-D computer models of the objects shown. (Figures (a) and (b) courtesy of Ms. Melissa D. Binde, Swarthmore College, (c) and (d) courtesy of NASA.)

# Discipline affini

## ■ Computer Vision (CV)

- Insieme di processi che mirano a costruire una **descrizione** del mondo esterno a partire da immagini
- **Emulare** gli effetti della **visione umana** attraverso acquisizione, elaborazione e comprensione delle immagini
- È un settore della vasta disciplina del Artificial Intelligence (AI)

## ■ Image Analysis

- La «comprensione delle immagini» è una disciplina dai contorni più sfumati, che si colloca a metà strada fra Elaborazione delle Immagini e Computer Vision

## ■ Image processing o Image Analysis?

- Spesso la distinzione viene fatta definendo l'**elaborazione delle immagini** una disciplina nella quale **sia l'input che l'output degli algoritmi sono immagini**
- Si includono solitamente anche i processi con i quali si ricavano attributi a partire da immagini e si caratterizzano i singoli oggetti in esse contenuti
- **Esempio: analisi automatica di un testo**
  - Acquisizione pagina, pre-elaborazione, individuazione singoli caratteri e loro riconoscimento: **Image Processing**
  - Attribuire un significato al contenuto: **Image Analysis** (o **CV**, a seconda del livello di comprensione richiesto)



# Programma del corso

- Operazioni di base sulle immagini digitali
  - Sui singoli pixel, locali, globali
- Estrazione dei bordi e segmentazione
  - Gradiente, edge detection, tecniche di binarizzazione
- Topologia digitale
  - Metriche, distanze, etichettatura componenti, thinning
- Morfologia matematica
  - Operatori di base, morfologia in scala di grigio
- Template Matching
- Esercitazioni in laboratorio in C#

# Prerequisiti

- Conoscenza teorica e pratica degli argomenti di base trattati nei corsi:
  - Algebra e geometria
  - Architetture degli elaboratori
  - Programmazione
  - Programmazione ad oggetti
  
- Le esercitazioni saranno svolte in C# (.NET)
  - Gli elementi fondamentali del linguaggio C# e del framework .NET saranno illustrati a lezione e durante le esercitazioni
  - È indispensabile:
    - Una buona conoscenza del linguaggio C, oppure (preferibile) di un linguaggio object-oriented (C++, C#, Java)

# Altre informazioni

## ■ Modalità d'esame

- Prova scritta (su algoritmi di elaborazione immagini in C# analoghi a quelli sperimentati e implementati durante le esercitazioni)
- Prova teorica (interrogazione orale o questionario scritto)

## ■ Testi

- Dispense fornite dal docente
- Per approfondire gli argomenti trattati nel corso:
  - R. C. Gonzalez e R. E. Woods, *Digital image processing*, Prentice Hall, Terza Edizione (2008).

## ■ Le dispense e le informazioni più aggiornate saranno reperibili nella homepage del corso

- <http://bias.csr.unibo.it/FEI>