



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής  
Σχολή Μηχανικών  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών

---

# Επεξεργασία Εικόνας

7<sup>ο</sup> εξάμηνο

Ακαδημαϊκό έτος 2019-2020

# Ταυτότητα μαθήματος & Διαδικαστικά 1/2

- Διδάσκων:
  - Αθανάσιος Βουλόδημος, Επίκουρος Καθηγητής
- Πρόγραμμα
  - Θεωρία: Δευτέρα 13:00 – 16:00
  - Εργαστήριο: Τρίτη 11:00 – 13:00 (/14:00)
  - Το Εργαστήριο θα γίνεται σε ομάδες. Κάθε ομάδα θα έχει ένα εργαστηριακό μάθημα ανά 2 ή 3 εβδομάδες.

# Ταυτότητα μαθήματος & Διαδικαστικά 2/2

- Αξιολόγηση
  - Τελική εξέταση Θεωρίας: 60%
  - Εργαστήριο (Δύο εργασίες προς παράδοση κατά τη διάρκεια του εξαμήνου & εργαστηριακή εξέταση): 40%
- Προϋποθέσεις για να περάσει ένας φοιτητής το μάθημα:
  - $(0.60 \times \text{Βαθμός\_Θεωρίας} + 0.40 \times \text{Βαθμός\_Εργαστηρίου}) \geq 5.0$  &&
  - $\text{Βαθμός\_Θεωρίας} \geq 4.0$  &&
  - $\text{Βαθμός\_Εξέτασης\_Εργαστηρίου} \geq 4.0$
- «Μεταβατικές διατάξεις»
  - Κατοχύρωση βαθμών
  - Θέματα φοιτητών που ακολουθούν πρόγραμμα ΤΕΙ και φοιτητών που έχουν ήδη περάσει μόνο Θεωρία ή μόνο Εργαστήριο

# Βιβλιογραφία

- R.C. Gonzalez and, R.E. Woods, Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας, 4<sup>η</sup> έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2018.
- Ι.Ν. Έλληνας, Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο: Από τη Θεωρία στην Πράξη, Εκδ. Λύχνος, 2010.
- Ν. Παπαμάρκος, Ψηφιακή Επεξεργασία & Ανάλυση Εικόνας, Εκδ. Γκιούρδας, 2005

Οι περισσότερες διαφάνειες των διαλέξεων προέρχονται από τις διαφάνειες και το υλικό του Καθηγητή κ. **Ν. Βασιλά** για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημαϊκό έτος 2017-2018.

## Περισσότερη Βιβλιογραφία

- K.R. Castleman, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.
- W.K. Pratt, *Digital Image Processing*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1991.
- A.K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- A. Rosenfeld and A.C. Kak, *Digital Picture Processing*, Vol. 1 & 2, 2nd ed., Academic Press, New York, 1982.
- T. Pavlidis, *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Computer Science Press, Rockville, MD, 1982.
- D.H. Ballard and C.M. Brown, *Computer Vision*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

## Στόχος μαθήματος

Η εξοικείωση με υπολογιστικές και προγραμματιστικές τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας που περιλαμβάνουν τους διάφορους μετασχηματισμούς εικόνας, τα γραμμικά χωρικά φίλτρα στα πεδία του χρόνου και των συχνοτήτων, τη δισδιάστατη μορφολογία και την κατάτμηση εικόνας.

# Ιστορική Αναδρομή

- Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας (ΨΕΕ) είναι ένας επιστημονικός κλάδος που έχει τις ρίζες του στις αρχές της δεκαετίας του 1920.
- Μία από τις πρώτες εφαρμογές ήταν η βελτίωση της ποιότητας ψηφιοποιημένων εικόνων εφημερίδων που μεταδίδονταν μέσω υποβρύχιου καλωδίου από το Λονδίνο στη Νέα Υόρκη.
- Το καλωδικό σύστημα *Bartlane* μετάδοσης κωδικοποιημένων εικόνων μείωσε τον χρόνο μετάδοσης κατά πλάτος του Ατλαντικού από περίπου μία εβδομάδα σε λιγότερο από τρεις ώρες.
- Την δεκαετία του 1960, χάρη στη NASA και στις νέες δυνατότητες που μας παρείχαν οι Η/Υ, η ώθηση που δόθηκε στην περιοχή από πλευράς μεθόδων επεξεργασίας ήταν εντυπωσιακή και η πρόοδος μέχρι σήμερα ραγδαία.

# Τι ονομάζεται εικόνα?

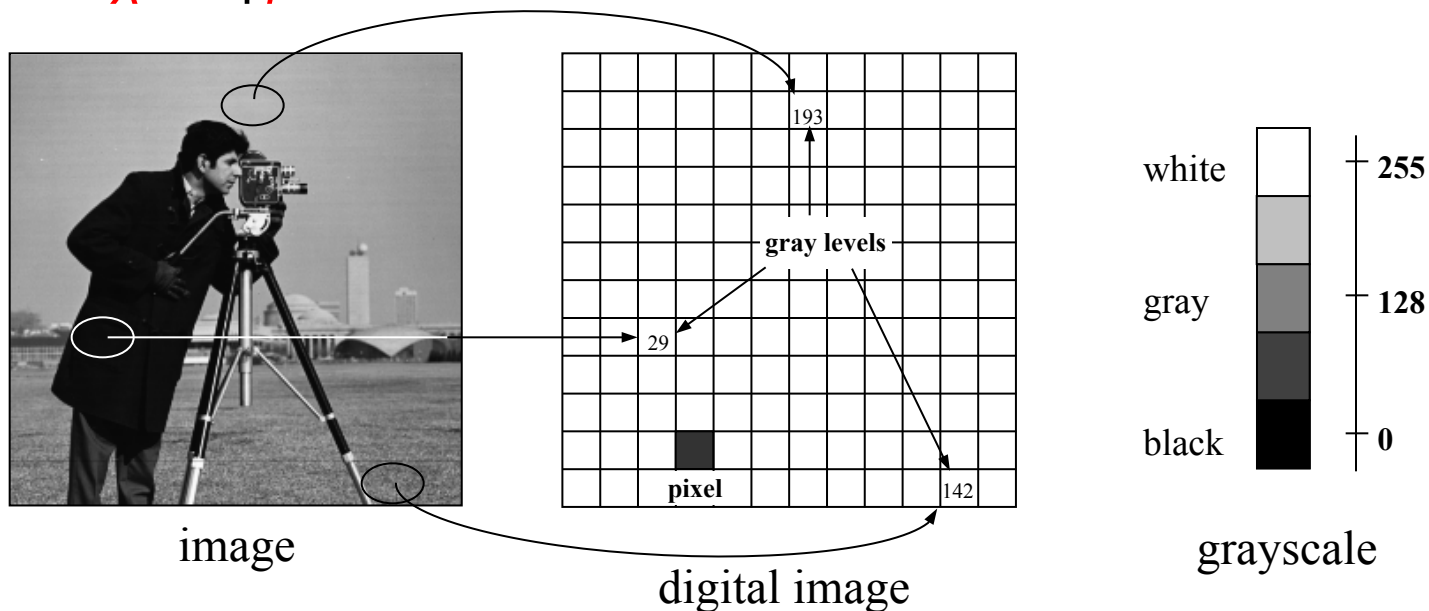
Με τον όρο *μονοχρωματική εικόνα* ή απλά *εικόνα* θα εννοούμε μια δισδιάστατη (2D) συνεχή συνάρτηση  $f(x, y)$  της έντασης του φωτός όπου  $x$  και  $y$  είναι οι χωρικές συντεταγμένες και η τιμή της  $f$  σε κάποιο σημείο  $(x, y)$  είναι ανάλογη της φωτεινότητας της εικόνας σ' εκείνο το σημείο.





# Τι ονομάζεται ψηφιακή εικόνα?

Η **ψηφιακή εικόνα** είναι μια εικόνα  $f(x, y)$  που έχει ψηφιοποιηθεί τόσο ως προς τις χωρικές συντεταγμένες όσο και ως προς την φωτεινότητα. Μια ψηφιακή εικόνα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας του οποίου οι δείκτες γραμμής και στήλης προσδιορίζουν ένα σημείο της εικόνας και η τιμή του αντίστοιχου στοιχείου προσδιορίζει την **απόχρωση του γκριζου** (δηλαδή την φωτεινότητα εκπεφρασμένη σε μια κλίμακα ακεραίων) σ' εκείνο το σημείο. Τα στοιχεία του πίνακα θα ονομάζονται **εικονοστοιχεία** ή **pixels**.



# Άλλοι ορισμοί

- **Εικόνα** είναι το αποτέλεσμα ενός μετασχηματισμού των σημείων του τρισδιάστατου πραγματικού χώρου στις δύο διαστάσεις. Με τον όρο **μετασχηματισμός σημείων** εννοούμε τον μετασχηματισμό κάποιου (-ων) μετρήσιμου (-ων) μεγέθους (-ών) από σημείο του τρισδιάστατου χώρου σε σημείο του δισδιάστατου χώρου.
- **Φυσική εικόνα** είναι η εικόνα που προέρχεται από την καταγραφή, μέσω αισθητήρων, της αλληλεπίδρασης της φωτεινής ακτινοβολίας με φυσικά αντικείμενα.
- **Ψηφιακή εικόνα** είναι η αριθμητική αναπαράσταση (με τη μορφή 2D πίνακα) ενός αντικειμένου με διακριτά εικονοστοιχεία και φωτεινότητα που δίνεται σε κλίμακα ακεραίων (κβαντισμένη κλίμακα του γκριζου).

# Παραδείγματα μετρήσιμων μεγεθών

- η φωτεινότητα (brightness)
- η υψομετρική διαφορά (elevation)
- η θερμοκρασία
- η πίεση
- η πυκνότητα
- το μαγνητικό πεδίο της Γής
- το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της Γής
- η ραδιενεργός ακτινοβολία

# Παραδείγματα διανυσματικών μεγεθών

- φωτεινότητα σε διάφορα κανάλια (μπάντες) του ορατού φάσματος (π.χ. RGB εικόνες)
- φωτεινότητα στο ορατό ή και μή ορατό φάσμα (π.χ. πολυφασματικές LANDSAT εικόνες)
- κάποιος συνδυασμός βαθμωτών μεγεθών

# Τι εννοούμε με τον όρο επεξεργασία εικόνας?

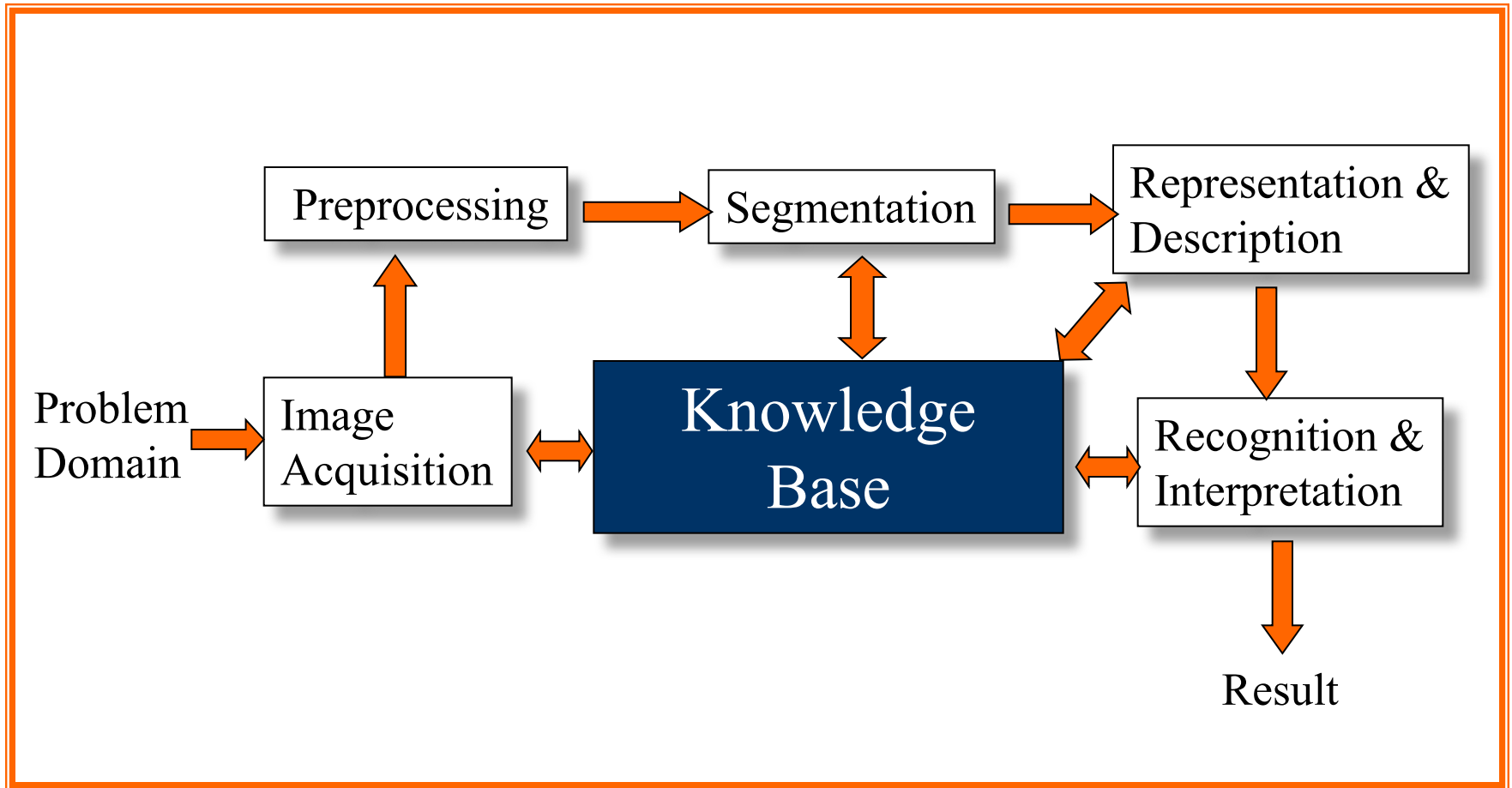
- *Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας* είναι ο κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που εφαρμόζει μία σειρά από λειτουργίες σε μια ψηφιακή εικόνα, με σκοπό να ληφθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα δίνεται, συνήθως, σε μορφή ψηφιακής εικόνας.
- Αν θεωρήσουμε τις εικόνες ως 2D σήματα τότε η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας αποτελεί ειδική περίπτωση του επιστημονικού πεδίου της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος.
- Αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας και στην ανάδειξη του περιεχομένου της είτε για ανθρώπινη αντίληψη είτε για αυτόματη ερμηνεία από τον Η/Υ.



# Παραδείγματα επεξεργασίας εικόνας

- Καθαρισμός εικόνας από θόρυβο.
- Γεωμετρική διόρθωση (π.χ. σε δορυφορικές εικόνες, κατά τη δημιουργία ορθοφωτογραφιών, κ.λπ.)
- Εξομάλυνση εικόνας
- Τονισμός ή ενίσχυση ορισμένων στοιχείων μιας εικόνας ώστε να γίνουν πιο ευδιάκριτα
- Εντοπισμός αντικειμένων ή ομοιογενών περιοχών (κατάτμηση)
- Συμπίεση εικόνας

# Θεμελιώδη στάδια στην Επεξεργασία Εικόνας\*



\*Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, 1992

# Επιστημονικά πεδία σχετικά με εικόνα (Visual Computing)

- **Γραφικά Υπολογιστών:** δημιουργία/σύνθεση εικόνων.
- **Επεξεργασία Εικόνας:** τονισμός ή άλλου είδους επεξεργασία της εικόνας – το αποτέλεσμα είναι συνήθως μια άλλη εικόνα.
- **Όραση Υπολογιστών (Μηχανική Όραση):** ανάλυση & κατανόηση του περιεχομένου μιας εικόνας.

Input/Output	Image	Description
Image	Image Processing	Computer Vision
Description	Computer Graphics	AI

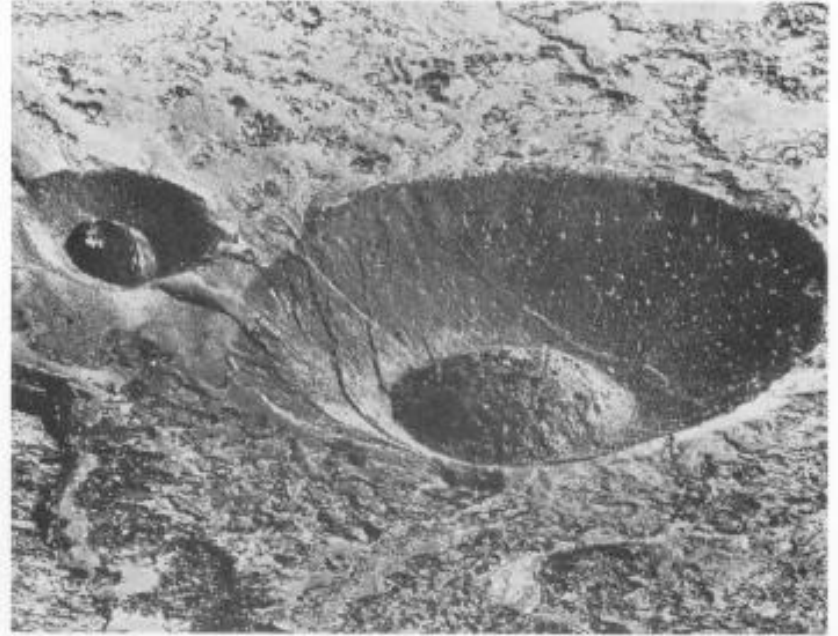
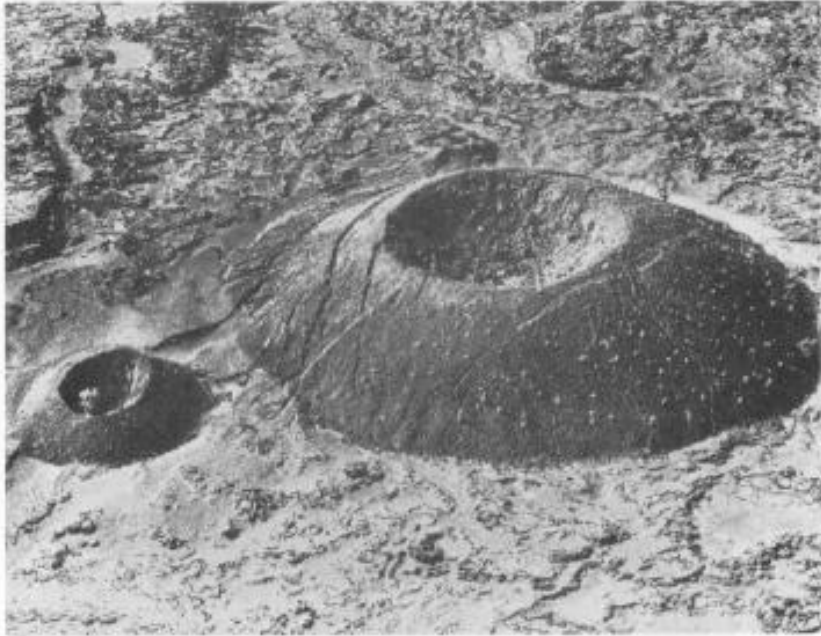


Το μάθημα αυτό αφορά πρωτίστως εισαγωγική ύλη στο πεδίο της ΨΕΕ. Όμως, όταν θα αναφερθούμε στην κατάρτιση εικόνας στην ανάλυση υφής ή στην εξαγωγή χαρακτηριστικών για περιγραφή της μορφής των αντικειμένων θα ακουμπήσουμε το όριο μεταξύ της ΨΕΕ και της Όρασης Υπολογιστών.

Οι ακόλουθες διαφάνειες δείχνουν πόσο δύσκολη είναι, ακόμα και για τους ανθρώπους, η σωστή ερμηνεία κάποιων εικόνων όταν η πληροφορία είναι ελλιπής, όταν υπάρχουν ασάφειες, οφθαλμαπάτες, κ.λπ.

⇒ **Η Όραση Υπολογιστών δεν είναι κάτι απλό!**

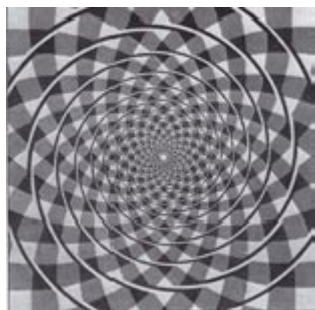
# Αμφίβολη ερμηνεία



## Ελλιπής πληροφορία



# Γεωμετρία στην ανθρώπινη όραση



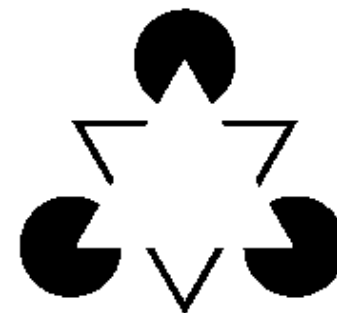
Fraser's spiral



Zollner's deception



Relative position



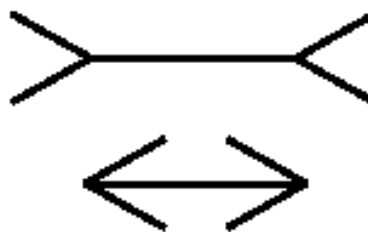
Kanizsa's triangle



Poggendorf  
1860



Hering  
1861



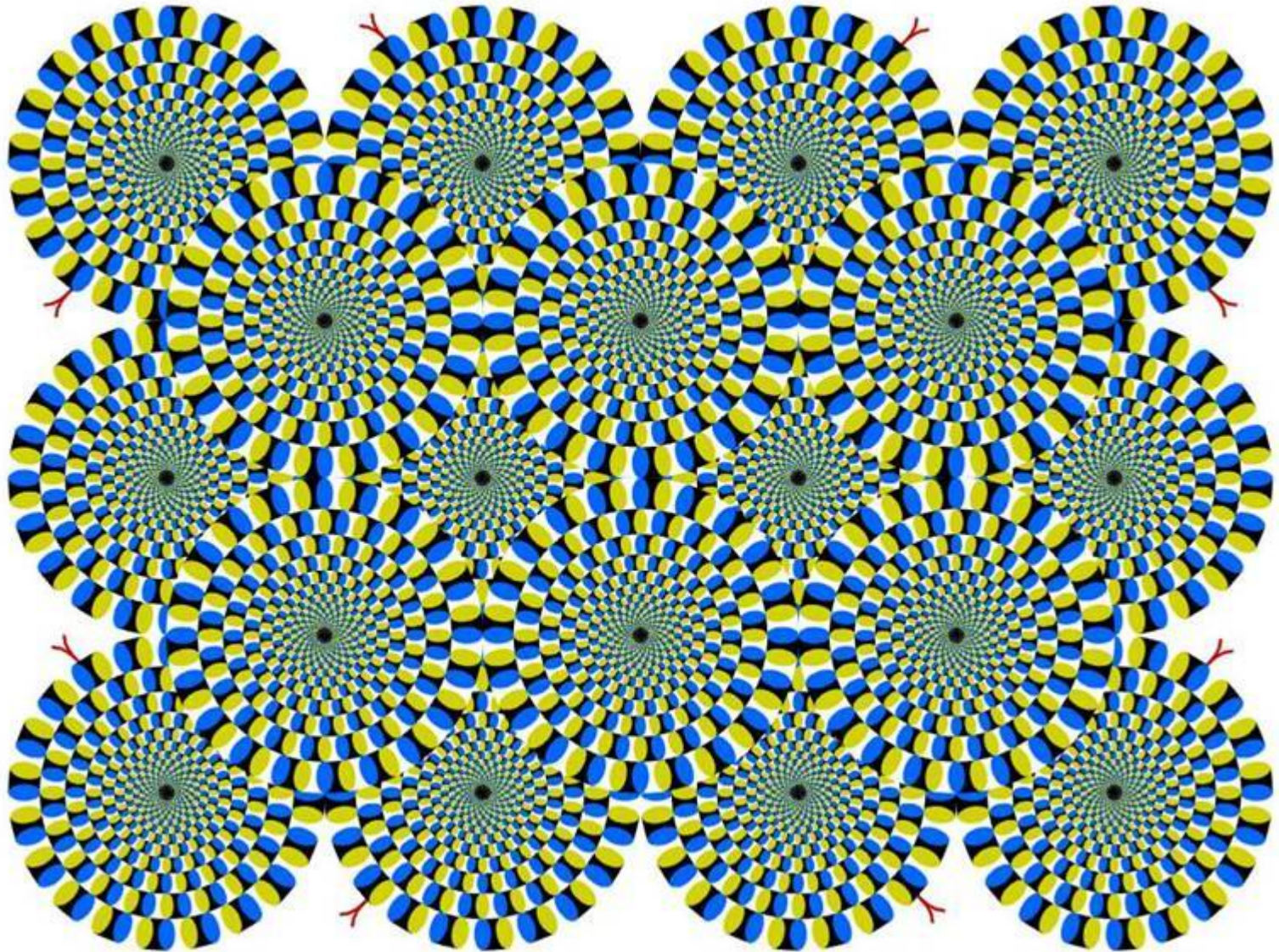
Müller-Lyer  
1889



Delboeuf  
1892

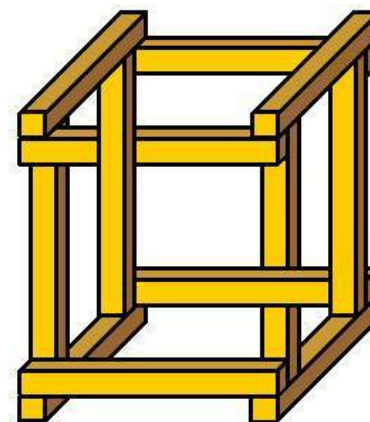


Κινούνται ή όχι?





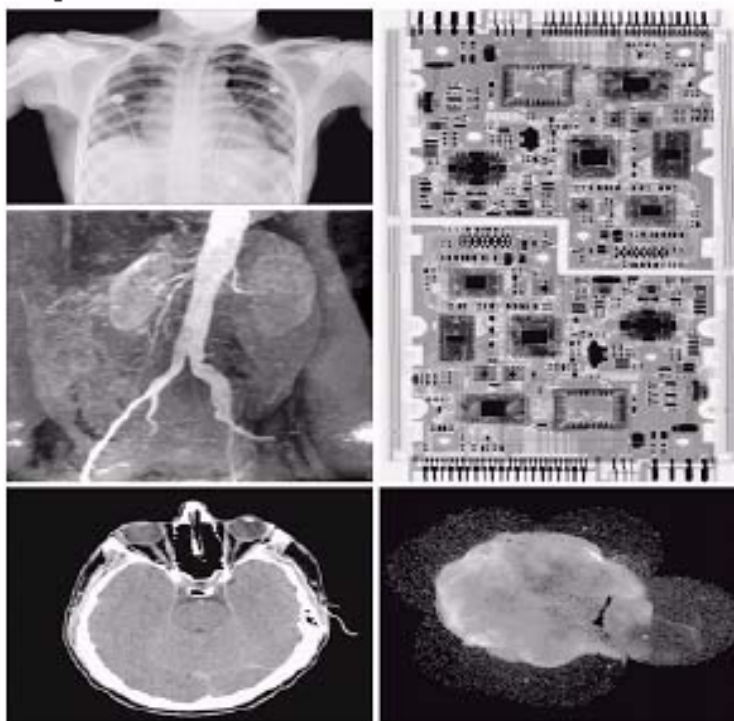
# Παραλλαγές του κύβου του Escher



**Παραδείγματα πεδίων που  
χρησιμοποιούν τεχνικές  
επεξεργασίας εικόνας**

# X-ray Imaging

a	d
b	
c	e

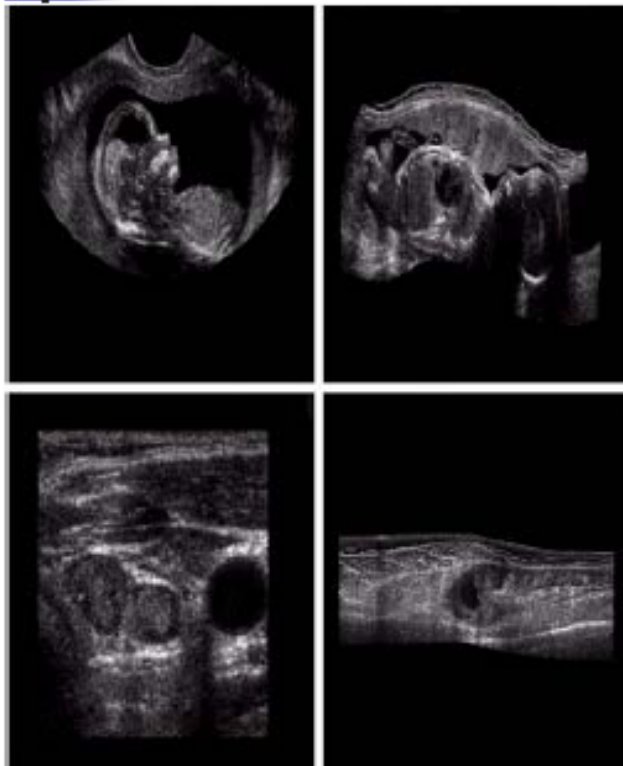


- Medical diagnostics
  - (a) chest X-ray (familiar)
  - (b) aortic angiogram
  - (c) head CT
- Industrial imaging
  - (d) Circuit board
- Astronomy
  - (e) Cygnus Loop



# Ultrasound Imaging

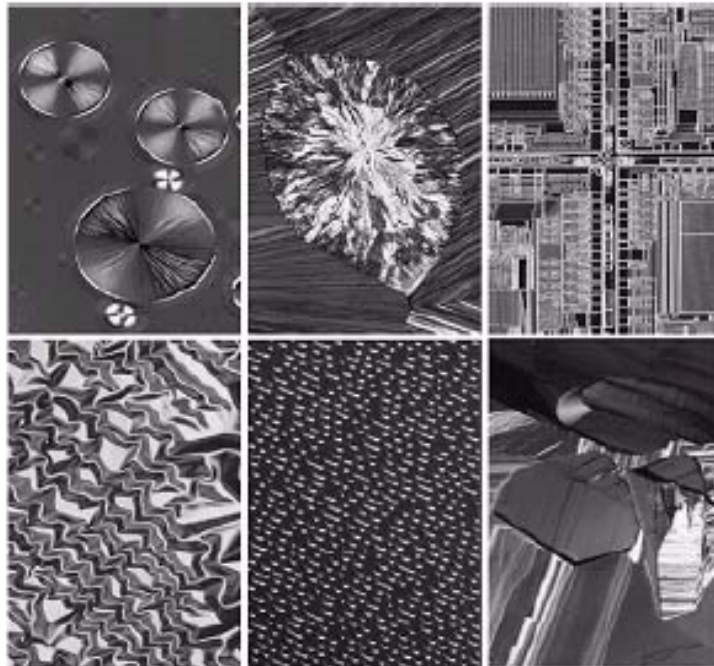
a	b
c	d



- Manufacturing
- Medicine
  - (a) Baby
  - (b) Another view of baby
  - (c) Thyroids
  - (d) Muscle layers showing lesion

# Imaging in Visible and Infrared Bands

a	b	c
d	e	f



- Astronomy
- Light microscopy
  - pharmaceuticals
    - (a). taxol (anticancer agent)
    - (b). cholesterol
  - Microinspection to materials characterization
    - (c). Microprocessor
    - (d). Nickel oxide thin film
    - (e). Surface of audio CD
    - (f). Organic superconductor

## ■ Remote sensing

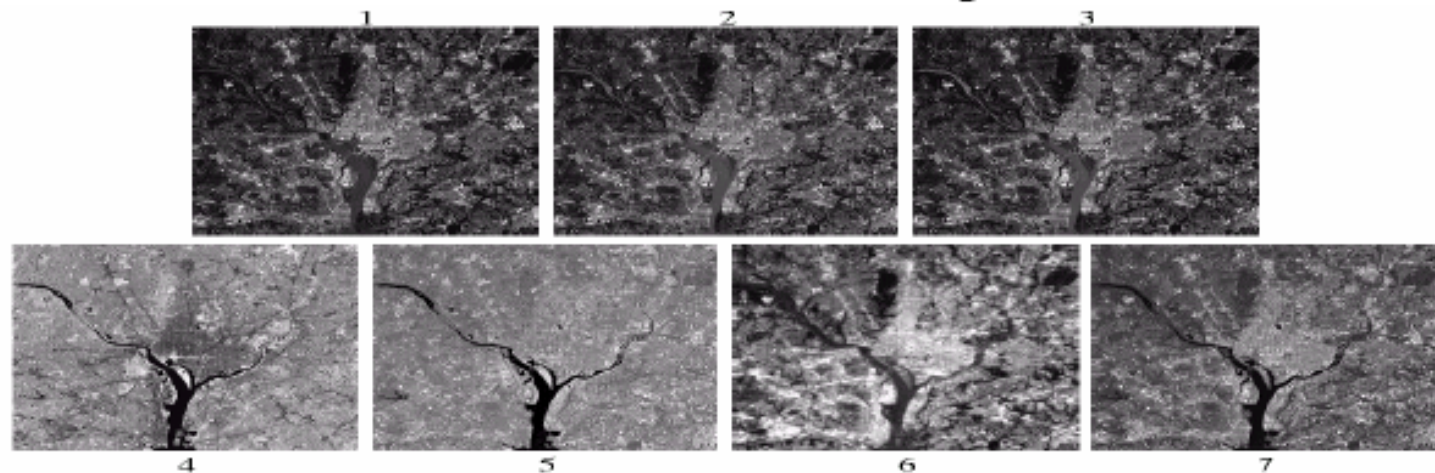
To monitoring  
environmental  
conditions on  
the planet

**TABLE 1.1**  
Thematic bands  
in NASA's  
LANDSAT  
satellite.

## Thematic bands in visual and infrared regions

Band No.	Name	Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping

## NASA's LANDSAT: Washington DC

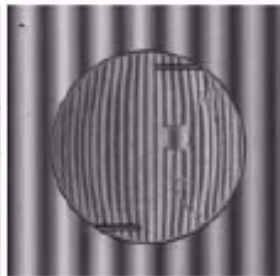
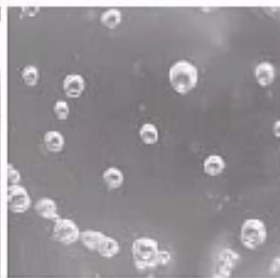
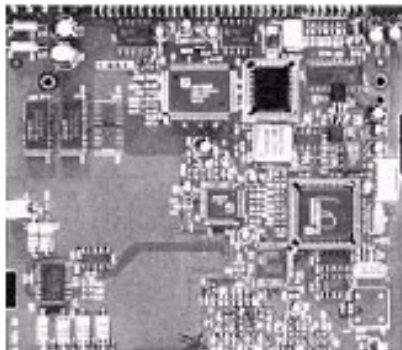


**FIGURE 1.10** LANDSAT satellite images of the Washington, D.C. area. The numbers refer to the thematic bands in Table 1.1. (Images courtesy of NASA.)

■ Industry : visual spectrum

(automated visual inspection of manufactured goods)

a	d
b	e
c	f



(a). A circuit board: inspect them for missing parts

(b). Pill container: look for missing pills

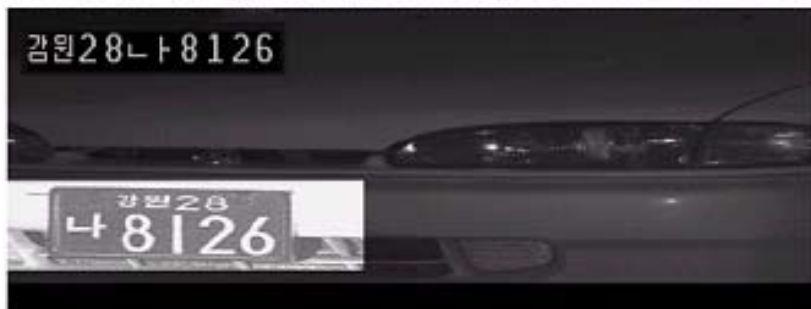
(c). Bottles : look for bottles that are not filled up to an acceptable level

(d). Bubbles in clear-plastic product : detect unacceptable number of air pockets

(e). Cereal : inspection for color and the presence of anomalies such as burned flake.

(f). Image of replacement lens for human eye : inspection of damaged or incorrectly manufactured implants

- Law enforcement : visual spectrum



(a). Thumb print:  
automated search of a  
database for a potential  
matches

(b). Paper currency :  
automated counting /  
reading of the serial  
number for tracking  
and identifying bills

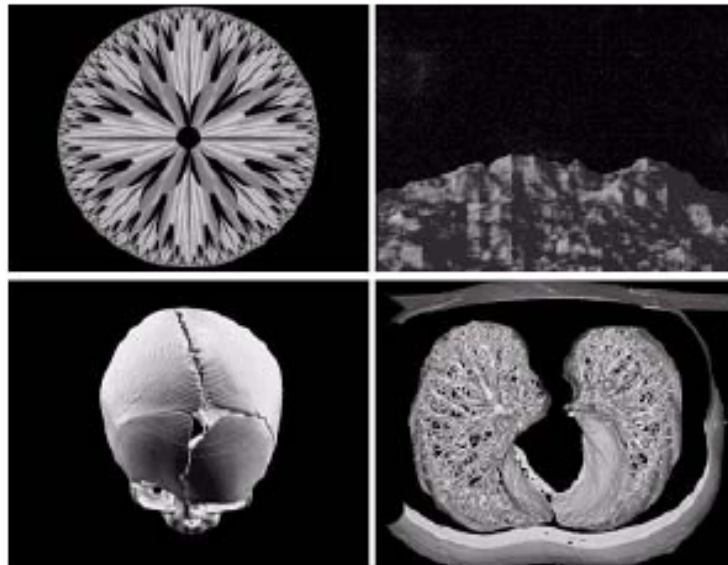
(c) and (d) Automated  
license plate reading





# Generated images by computer

a	b
c	d



- Fractals : an iterative reproduction of a basic pattern according to some mathematical rules
  - (a) and (b)
- 3-D computer modeling
  - (c) and (d)

# **Βιβλιογραφία**

Οι διαφάνειες βασίζονται στο υλικό του Καθηγητή κ. Ν. Βασιλά για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημ. έτος 2017-2018.