

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

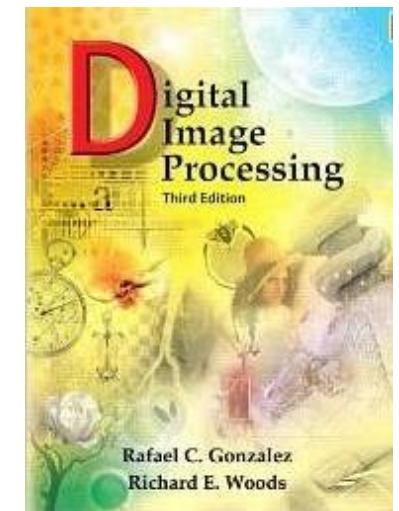
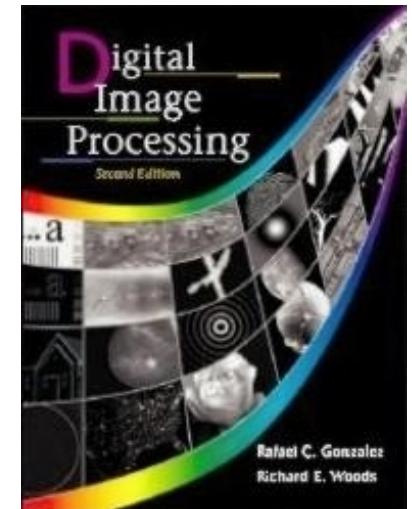
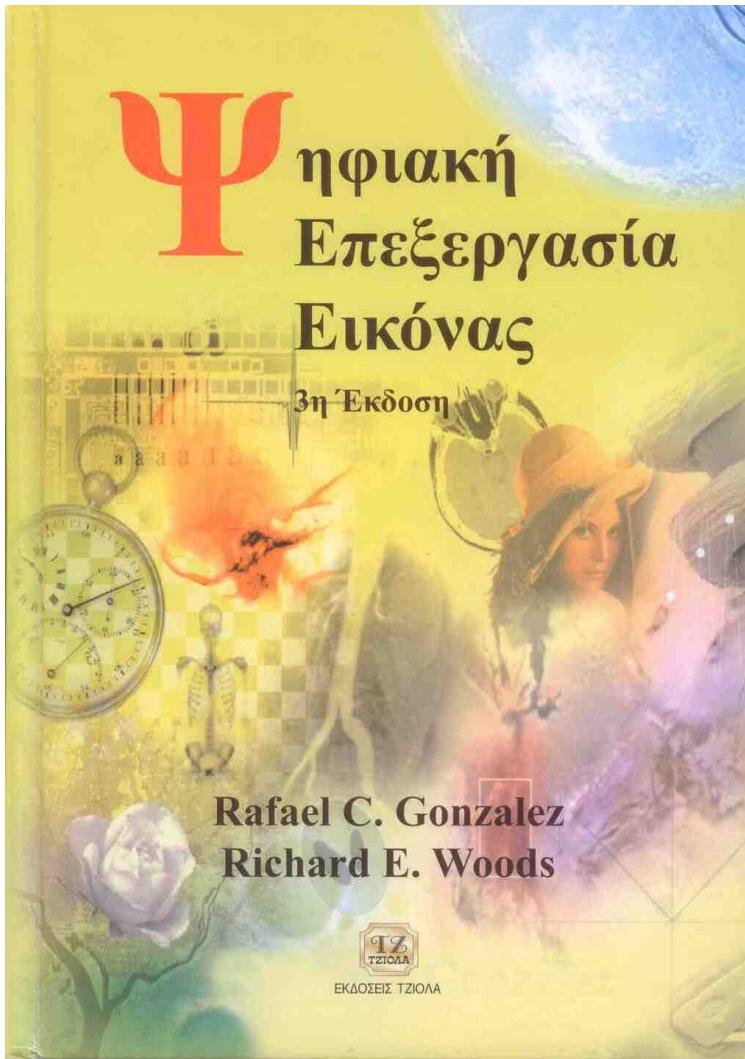
Εισαγωγή

Γιώργος Σφήκας
sfikas@cs.uoi.gr

Images taken and/or material adapted from, unless otherwise denoted:

R. Gonzalez and R. Woods. Digital Image Processing, Prentice Hall, 2008;
Digital Image Processing course by Brian Mac Namee, Dublin Institute of Technology;
Publications in <http://www.cs.uoi.gr/~sfikas>

Βιβλίο μαθήματος



Γ.Σφήκας – Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας (ΜΥΕ037)

Βιβλίο μαθήματος



Περίληψη διάλεξης

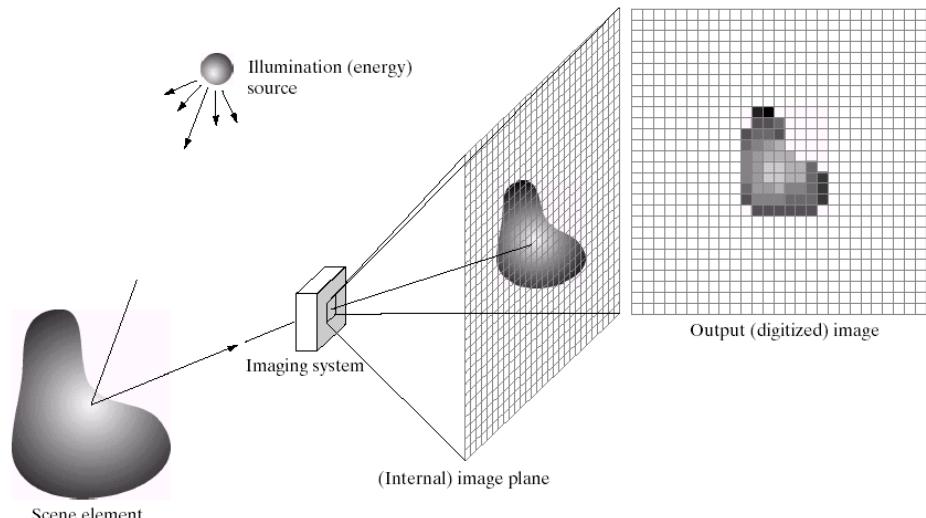
Σε αυτή τη διάλεξη θα δούμε:

- Τι είναι μια ψηφιακή εικόνα;
- Τι είναι η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας;
- Ιστορία της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας
- Παραδείγματα εφαρμογών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας
- Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ

Τι είναι ψηφιακή εικόνα;

Ψηφιακή εικόνα είναι μια αναπαράσταση
μιας δισδιάστατης εικόνας σαν ένα
πεπερασμένο σύνολο διακριτών τιμών

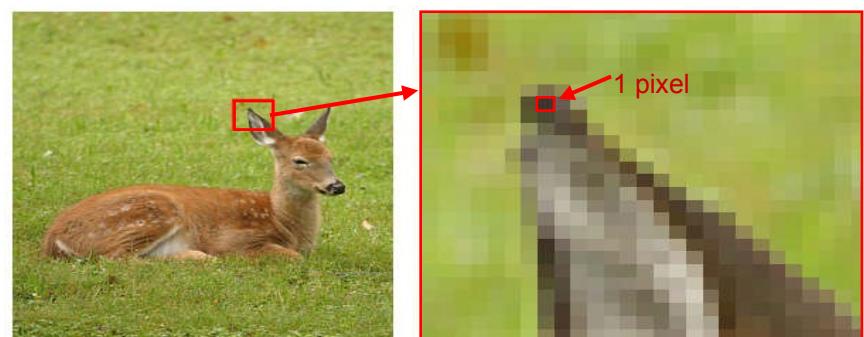
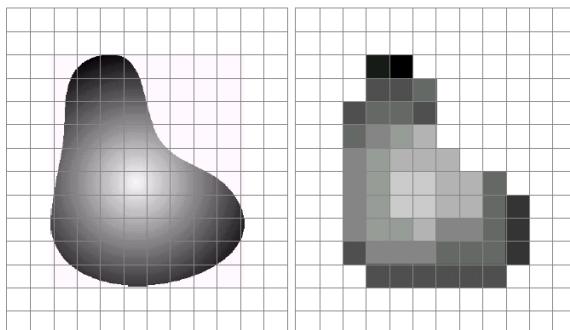
Τα στοιχεία αυτού του συνόλου ονομάζονται
εικονοστοιχεία ή pixels



Τι είναι ψηφιακή εικόνα;

Τα εικονοστοιχεία τυπικά παίρνουν τιμές ανάλογα με την φωτεινότητα του σημείου ή το χρώμα του (στις φυσικές εικόνες)

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης συνεπάγεται ότι μια ψηφιακή εικόνα είναι κατ' ανάγκη μια κατά προσέγγιση αποτύπωση της πραγματικότητας



Τι είναι ψηφιακή εικόνα;

Τυπικά σε μια ψηφιακή εικόνα έχουμε :

- 1 βαθμωτή τιμή ανά σημείο (BW / Grayscale)
- 3 βαθμωτές τιμές ανά σημείο (Red, Green, Blue)
- 4 βαθμωτές τιμές ανά σημείο (Red, Green, Blue, “Alpha”/Opacity)
- ...



Σε αυτό το μάθημα θα μελετήσουμε περισσότερο τις εικόνες επιπέδων του γκρι – « Grayscale »

Τι είναι ψηφιακή επεξεργασία εικόνας;

Η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας αφορά κυρίως δύο μεγάλες εφαρμογές

- Την βελτίωση της πληροφορίας που φέρει η εικόνα ώστε να γίνει πιο εύχρηστη για τον άνθρωπο
- Η επεξεργασία της πληροφορίας της εικόνας ώστε να γίνει πιο κατάλληλη για αποθήκευση, μετάδοση και αναπαράσταση για χρήση με σύστημα αναγνώρισης προτύπων

Τι είναι ψηφιακή επεξεργασία εικόνας;

Τα όρια μεταξύ επεξεργασίας εικόνας και τεχνητής όρασης (computer vision) είναι πολλές φορές δυσδιάκριτα !

Τι είναι ψηφιακή επεξεργασία εικόνας;

Το συνεχές από την επεξεργασία εικόνας μέχρι την τεχνητή όραση μπορεί να αναλυθεί ως προβλήματα και τεχνικές διαφόρων επιπέδων:

Χαμηλό επίπεδο

Είσοδος: Εικόνα

Έξοδος: Εικόνα

Παραδείγματα:

Απομάκρυνση
θορύβου, όξυνση
εικόνας

Μέσο επίπεδο

Είσοδος: Εικόνα

Έξοδος:
Χαρακτηριστικά

Παραδείγματα:

Αναγνώριση
αντικειμένου,
Κατάτμηση

Υψηλό επίπεδο

Είσοδος:

Χαρακτηριστικά

Έξοδος: Ερμηνεία

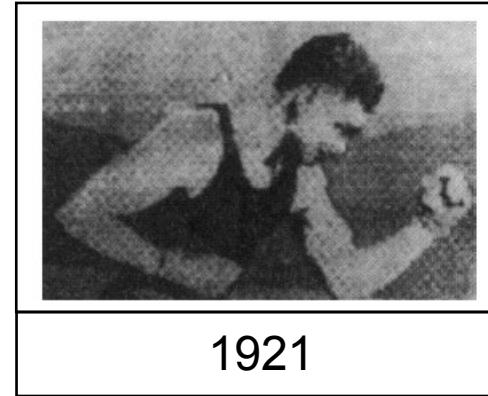
Παραδείματα:

Κατανόηση σκηνής,
αυτόνομη πλοήγηση

Ιστορία της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας

Αρχές δεκαετία του 1920: Οι πρώτες εφαρμογές

- Η υπηρεσία μετάδοσης *Bartlane cable picture*
- Μια εικόνα ψηφιοποιήθηκε και μεταδόθηκε ψηφιακά μέσω υποθαλάσσιας σύνδεσης Λονδίνου και Νέας Υόρκης . Χρόνος μετάδοσης: 3 ώρες
- Οι εικόνες ανακατεσκευάστηκαν στην πλευρά του λήπτη με έναν εκτυπωτή τηλέγραφου και την μέθοδο halftoning

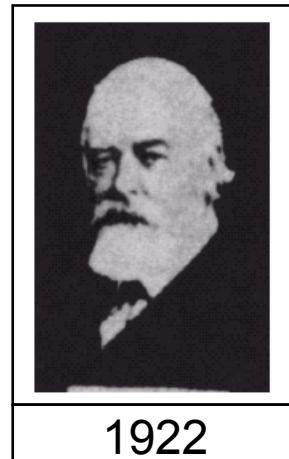


Ιστορία της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας

Μέσα μέχρι τέλη δεκαετίας 1920:

Βελτιώσεις στο σύστημα *Bartlane* έδωσαν εικόνες υψηλότερης ανάλυσης

- Νέοι τρόποι ανακατασκευής με βάση φωτογραφικές τεχνικές
- Αυξημένος αριθμός τόνων / επιπτέδων του γκρι

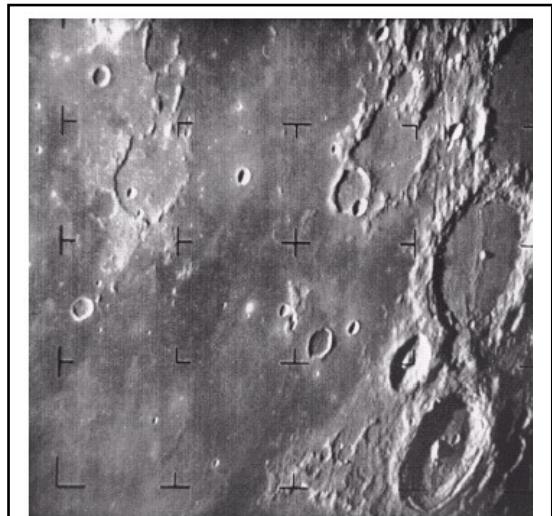


Ψηφιακή εικόνα 15 τόνων (1929)

Ιστορία της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας

Δεκαετία 1960: Η εμφάνιση των υπολογιστών αλλά και οι ανάγκες των αποστολών στο διάστημα δίνουν νέα ώθηση

– **1964:** Η ποιότητα των εικόνων της σελήνης που λήφθηκαν από την σεληνάκατο *Ranger 7* βελτιώνεται μέσω υπολογιστή

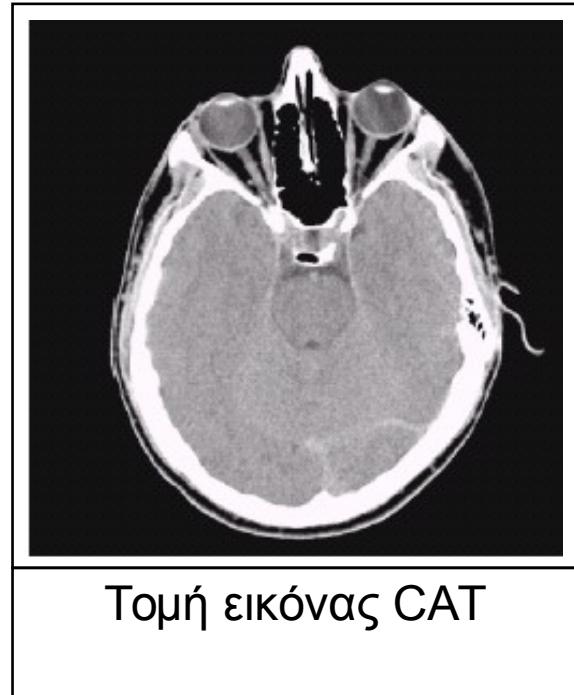


Λήψη της σελήνης 17 λεπτά πριν την προσελήνωση (1964)

Ιστορία της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας

Δεκαετία 1970: Η ΨΕΕ αρχίζει να χρησιμοποιείται σε ιατρικές εφαρμογές

- 1979: Οι Godfrey N. Hounsfield & Allan M. Cormack κερδίζουν Νόμπελ Ιατρικής για την εφεύρεση της τομογραφίας
- Η τεχνολογία πίσω από την πολύ γνωστή αξονική τομογραφία (CAT scan)



Ιστορία της Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας

Δεκαετία 1980s - Σήμερα: Τα πεδία εφαρμογών της ΨΕΕ αυξάνονται ραγδαία

- Βελτίωση / ανακατασκευή εικόνας
- Κατανόηση εικόνας
- Καλλιτεχνικά εφέ
- Ιατρική οπτικοποίηση
- Επιθεώρηση γραμμής παραγωγής
- Επικοινωνία Ανθρώπου - Μηχανής

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι τύποι ψηφιακής εικόνας

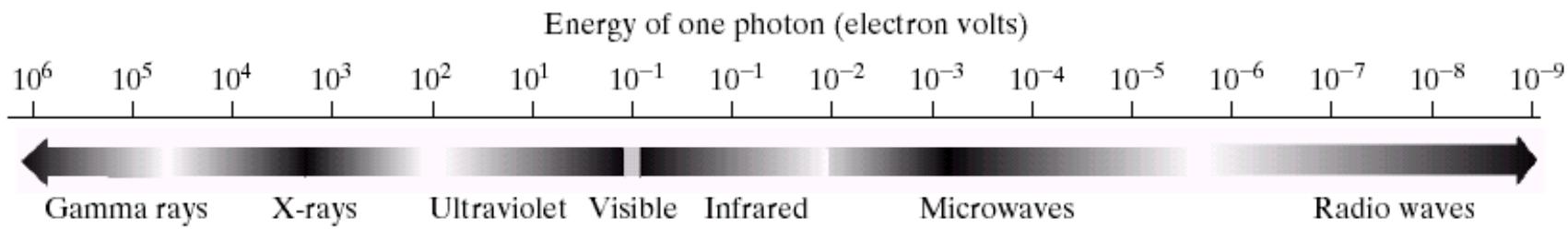
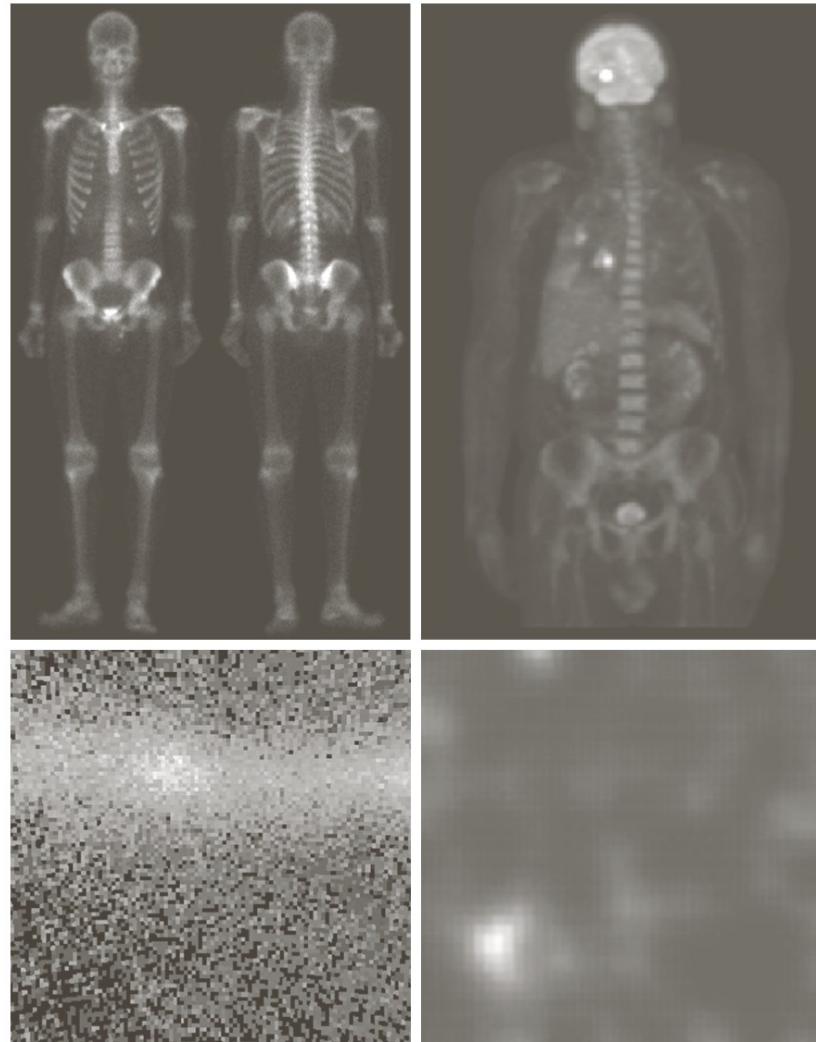


FIGURE 1.5 The electromagnetic spectrum arranged according to energy per photon.

Εικόνες ακτίνων Γάμμα

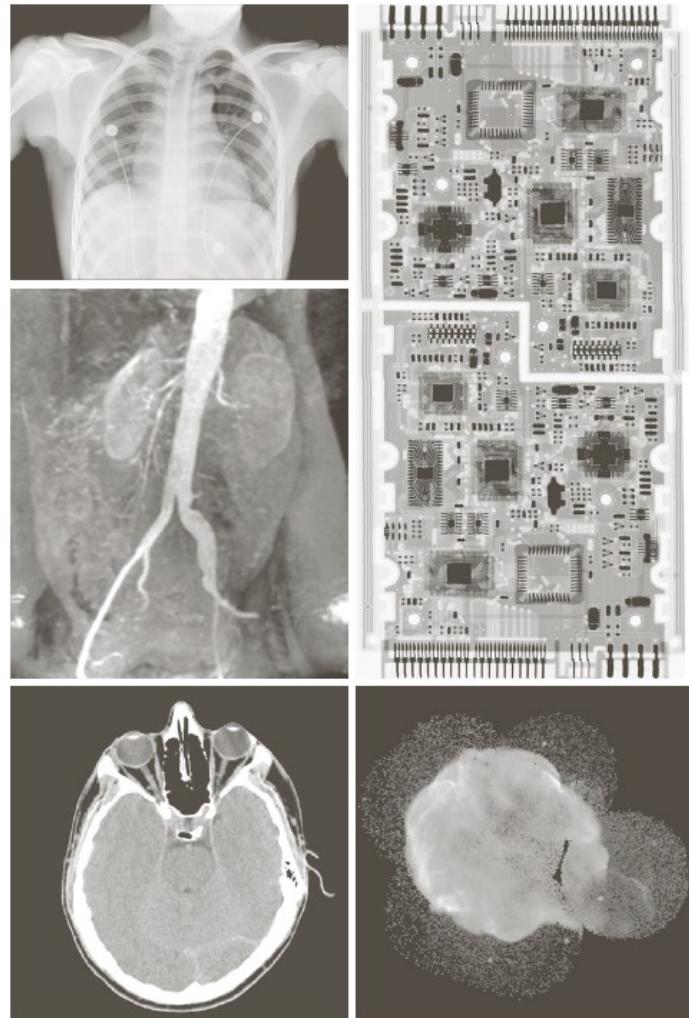
- Positron Emission Tomography (PET)



- Φυσική ακτινοβολία από τον «βρόχο του Κύκνου»
- Βαλβίδα πυρηνικού αντιδραστήρα

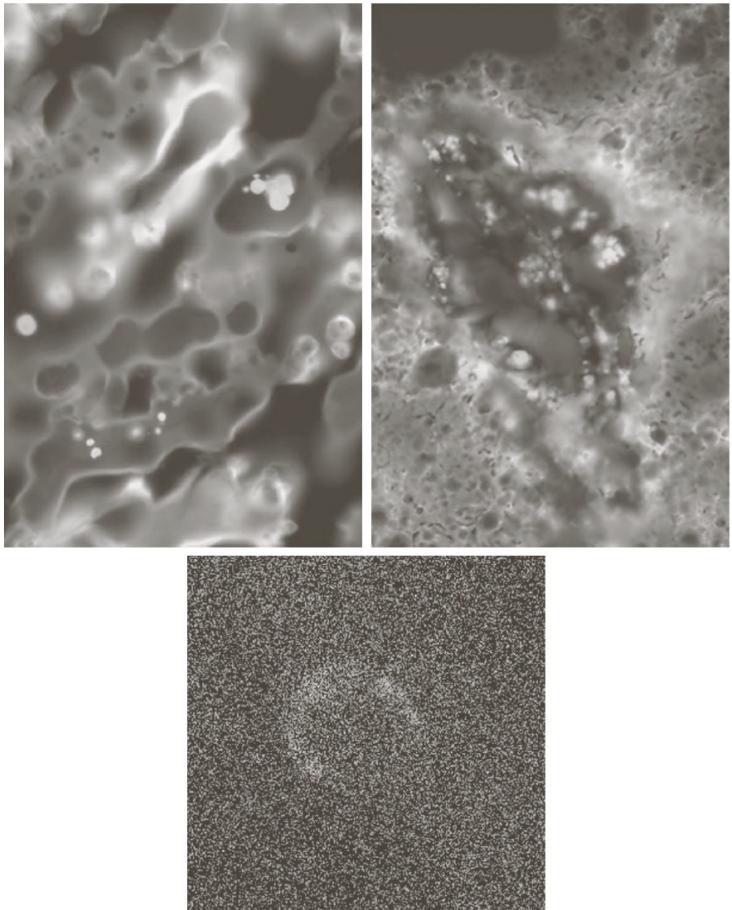
Εικόνες ακτίνων X

- Εικόνα ακτίνες X σε στήθος ασθενούς
- Αγγειογραφία
 - Καθετήρας με μέσω αύξησης contrast
- Computed Axial Tomography (CAT)
- Κατασκευαστικά λάθη σε κυκλώματα
- Βρόχος του Κύκνου



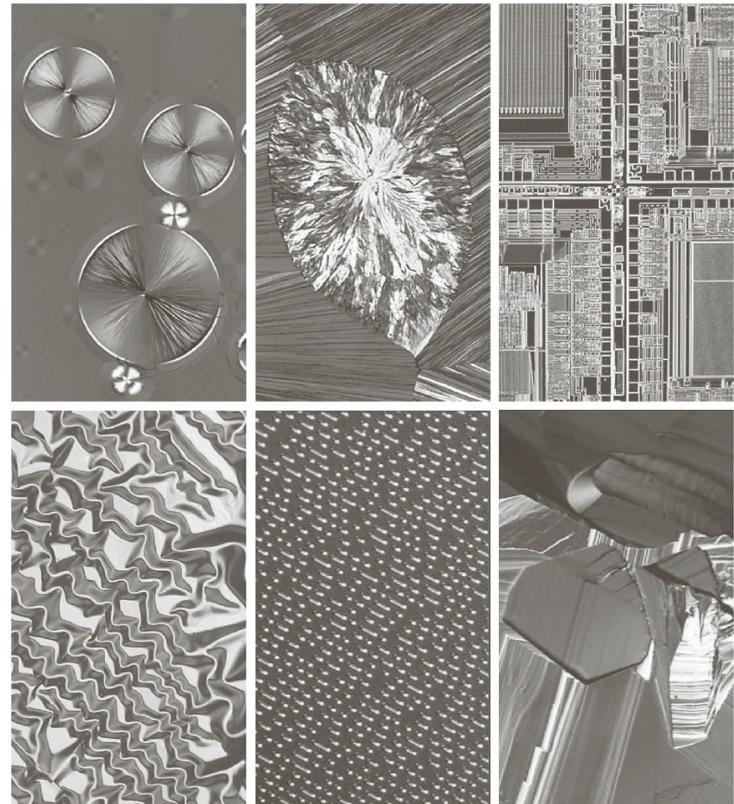
Υπεριώδης ακτινοβολία

- Μικροσκοπία φθορισμού
 - Υγιές καλαμπόκι
 - Καλαμπόκι με νόσο (smut disease)
- Βρόχος του Κύκνου



Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

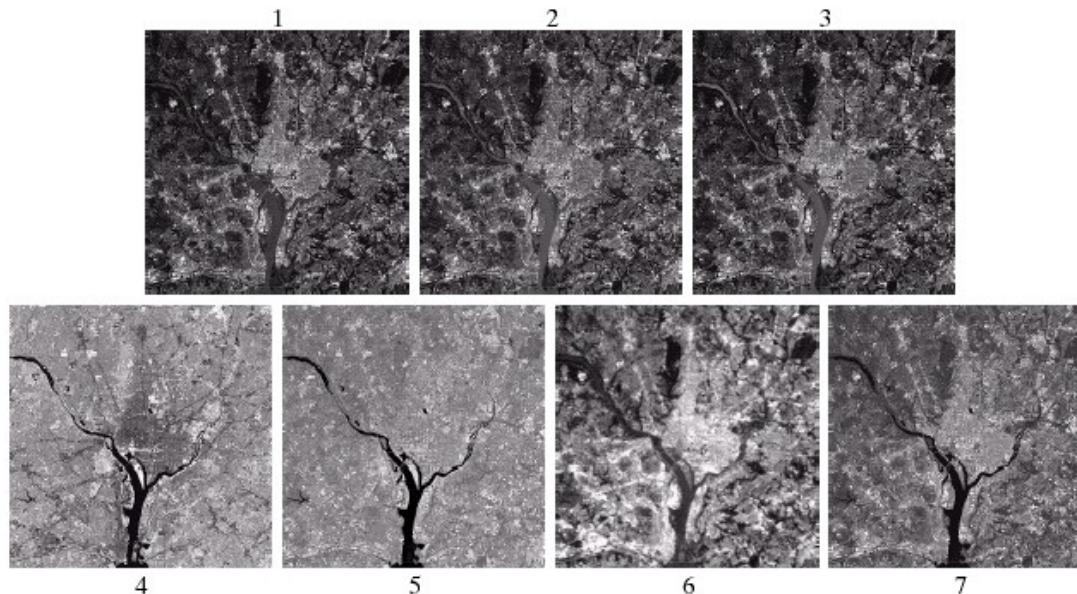
- Μικροσκοπία
 - Taxol (anticancer agent)
250x
 - Cholesterol 40x
 - Microprocessor 60x
 - Nickel oxide thin film
600x
 - Surface of audio CD
1750x
 - Organic superconductor
450x



Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

Τηλεπισκόπηση (Remote sensing)

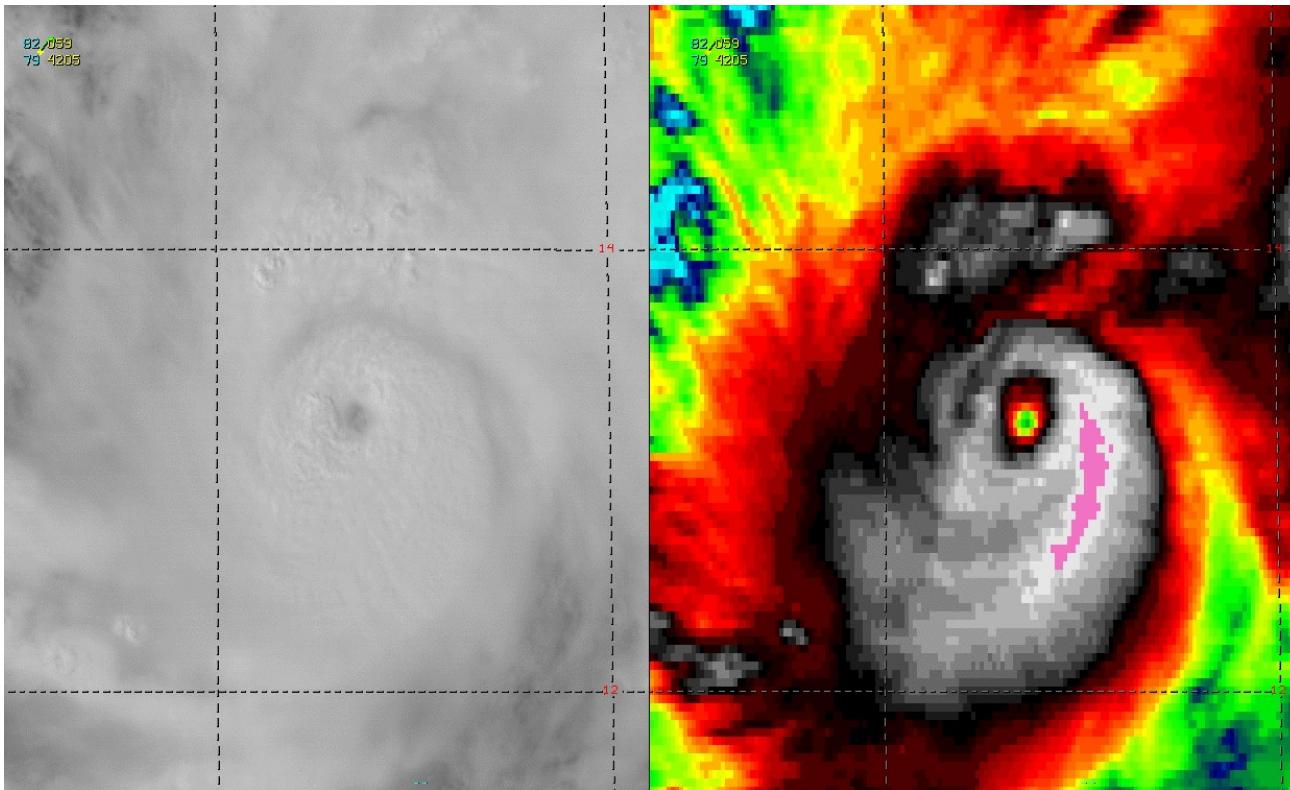
– Ταξινόμηση ζωνών εδάφους (LANDSAT)



LANDSAT thematic bands of Washington DC area

Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

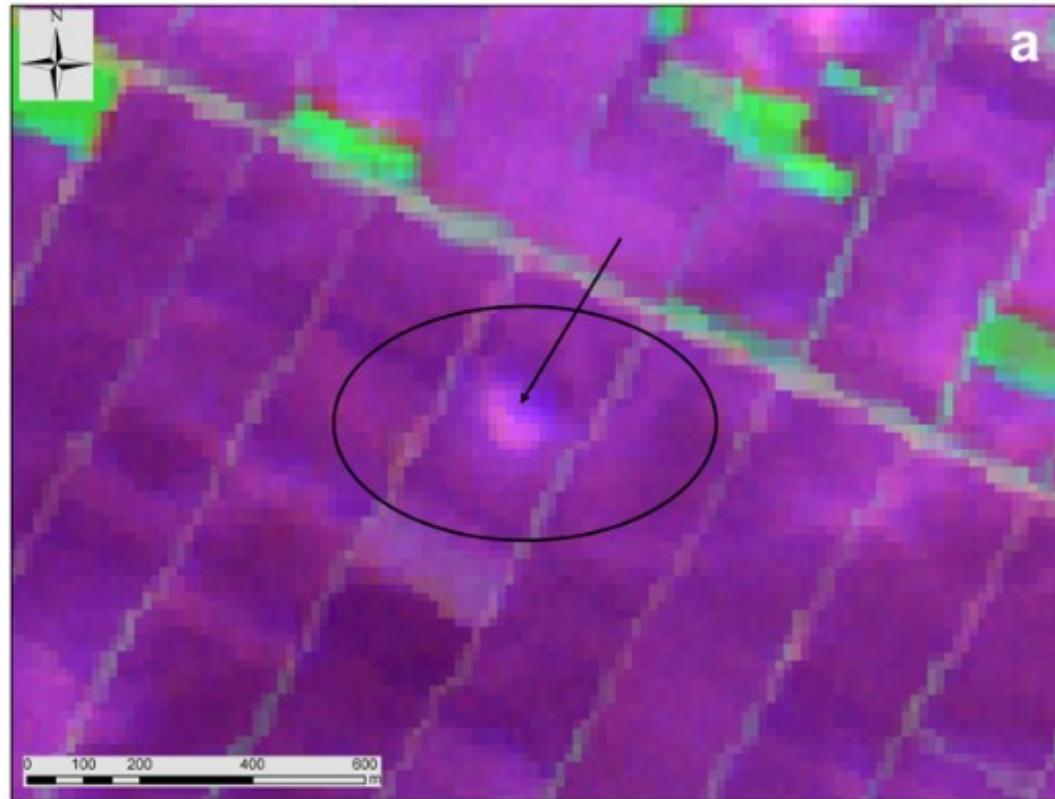
Τηλεπισκόπηση (Remote sensing) - Μετεωρολογία



Τυφώνας Matthew - GOES-13 Εικόνες σε μήκη κύματος $0.63 \mu m$ (ορατό φάσμα, αριστερά) και $10.7 \mu m$ (υπέρυθρο φάσμα, δεξιά) [image from CIMSS Satellite website of the Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin-Madison]

Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

Τηλεπισκόπηση (Remote sensing)

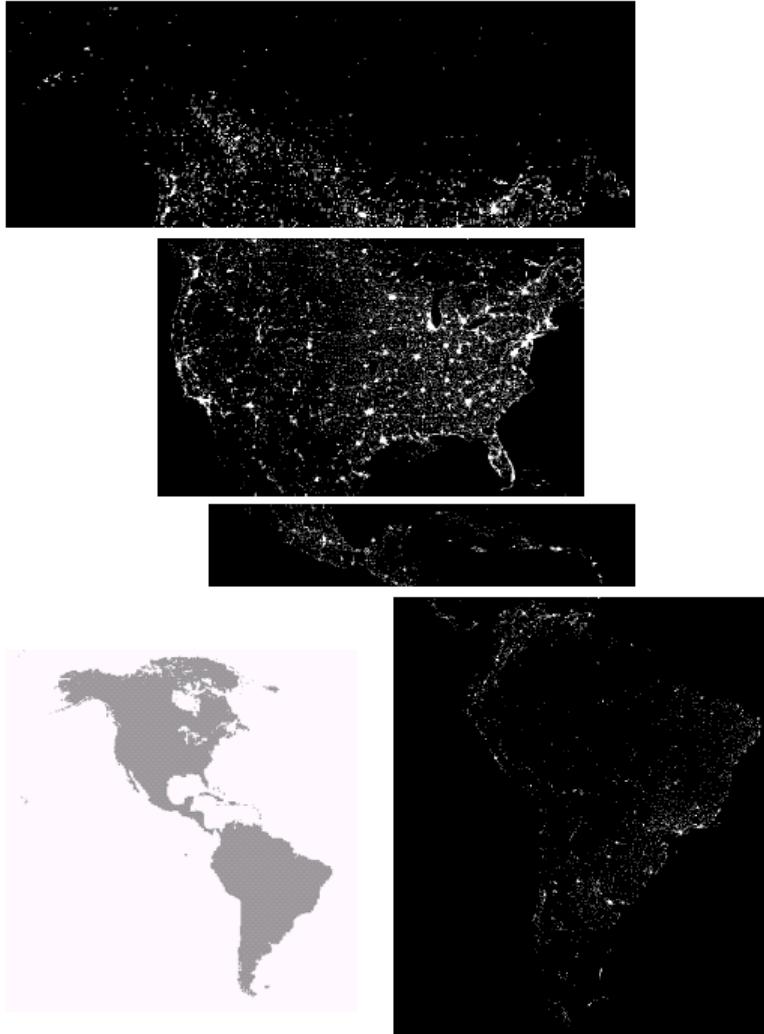


Νεολιθικός οικισμός « Φαρσαλίτης » [Alexakis et al., « Integrated GIS, remote sensing and geomorphologic approaches for the reconstruction of the landscape habitation of Thessaly during the neolithic period », J.Archaeological Science 2011

Γ.Σφήκας – Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας (MYE037)

Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

- Χάρτης νυχτερινής ακτινοβολίας
 - Ζώνη υπέρυθρων
 - Χρήσιμο για την εκτίμηση της κατανομής της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας



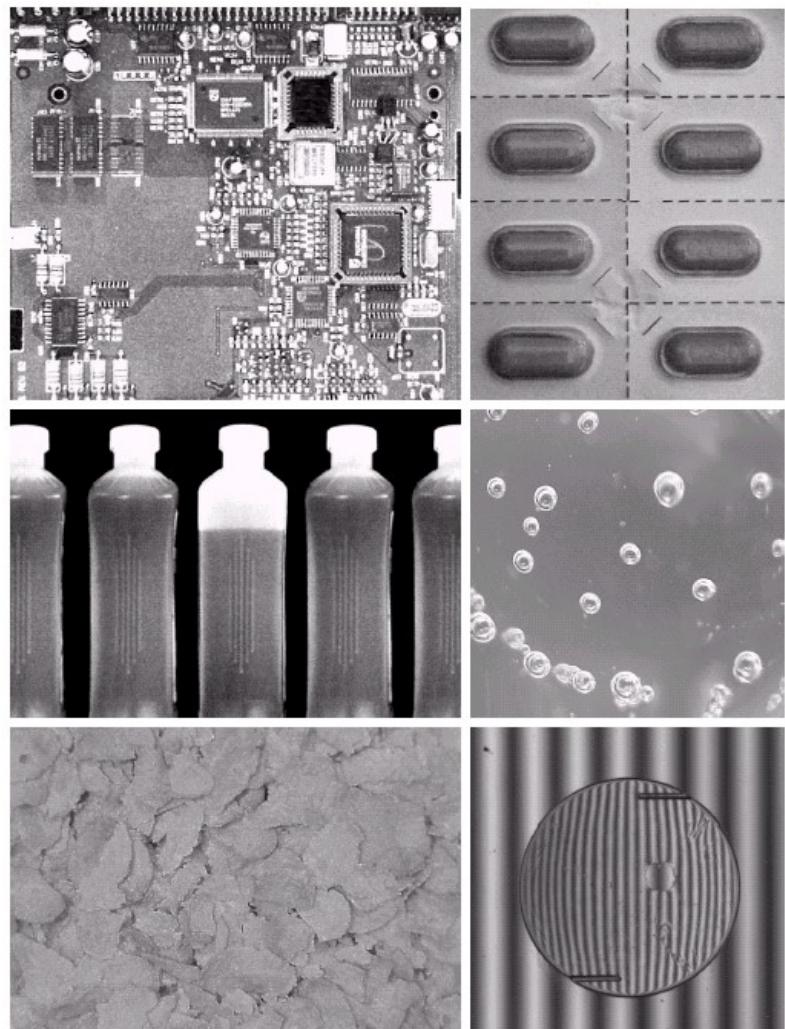
Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

- Χάρτης νυχτερινής ακτινοβολίας
 - Ζώνη υπέρυθρων
 - Χρήσιμο για την εκτίμηση της κατανομής της χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας



Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

- Επιθεώρηση γραμμής παραγωγής
 - Ηλεκτρονικά
 - Φαρμακευτικά
 - Εμφιάλωση
 - Θύλακες αέρα
 - Άλλες ατέλειες



Ορατή και υπέρυθρη ακτινοβολία

- Εντοπισμός και αναγνώριση
 - Αναγνώριση αποτυπώματος
 - Αυτόματη καταμέτρηση
 - Αναγνώριση χαρτονομίσματος
 - Εντοπισμός πινακίδων αυτοκινήτου και αναγνώριση χαρακτήρων

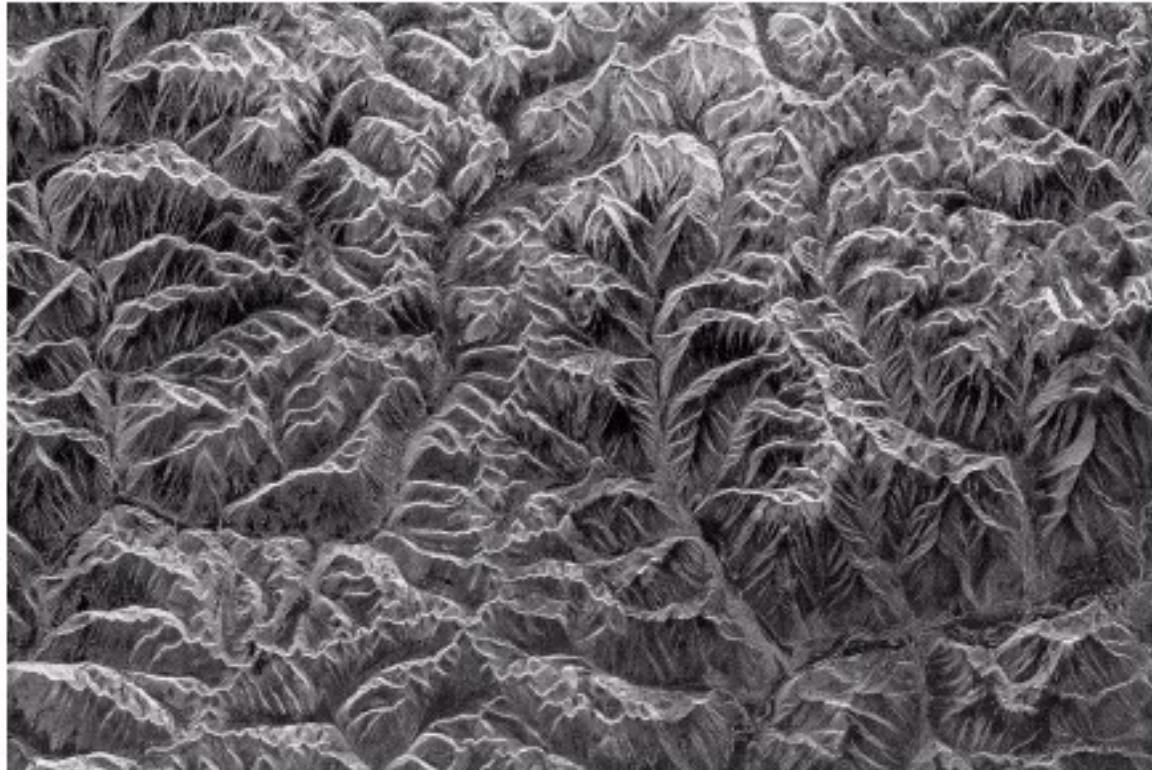


Απτεικόνιση με μικρούματα

- Ραντάρ

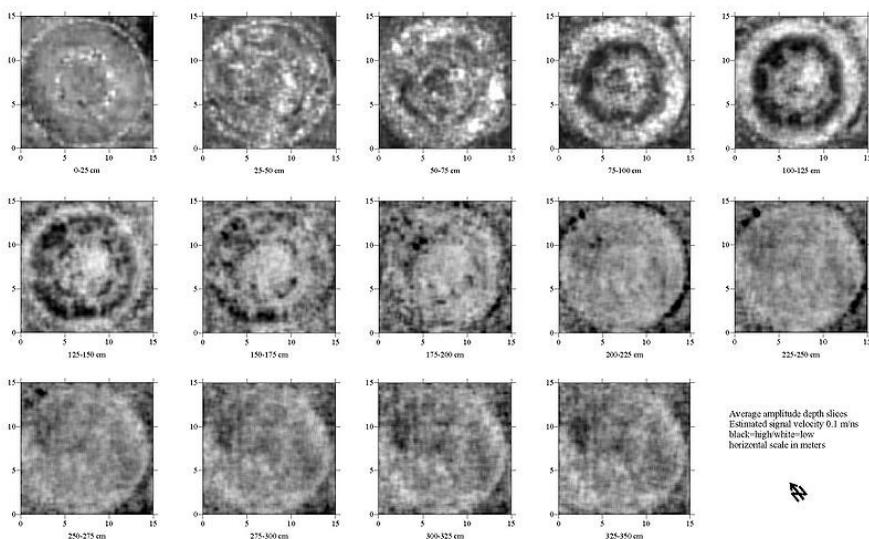
- Αποστέλλει και παραλαμβάνει ανακλούμενη ακτινοβολία

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



Απεικόνιση με μικροκύματα

- Ένα ιδιαίτερο είδος ραντάρ
 - Γεωραντάρ (Ground-penetrating radar, GPR)



Ερευνητής χρησιμοποιώντας
Γεωραντάρ

Απεικόνιση υπόγειας κρύπτης σε
αρχαίο νεκροταφείο

Απεικόνιση στην ζώνη των ραδιοκυμάτων

• Μαγνητική Τομογραφία Εικόνας (MRI)

- Ασθενής τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο και ραδιοκύματα μεταδίδονται μέσα από το σώμα
- Πραγματοποιείται συντονισμός με στοιχεία ανθρώπινων ιστών (πχ μόρια νερού)

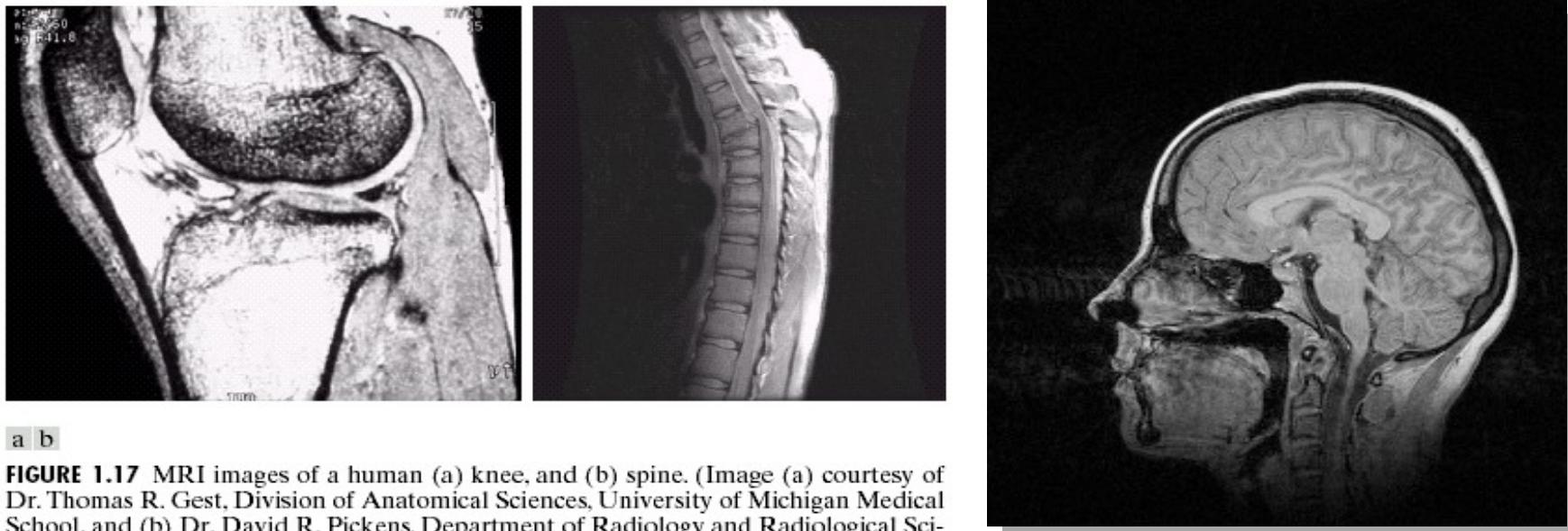


FIGURE 1.17 MRI images of a human (a) knee, and (b) spine. (Image (a) courtesy of Dr. Thomas R. Gest, Division of Anatomical Sciences, University of Michigan Medical School, and (b) Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

Απτεικόνιση στην ζώνη των ραδιοκυμάτων

- Αστρονομία

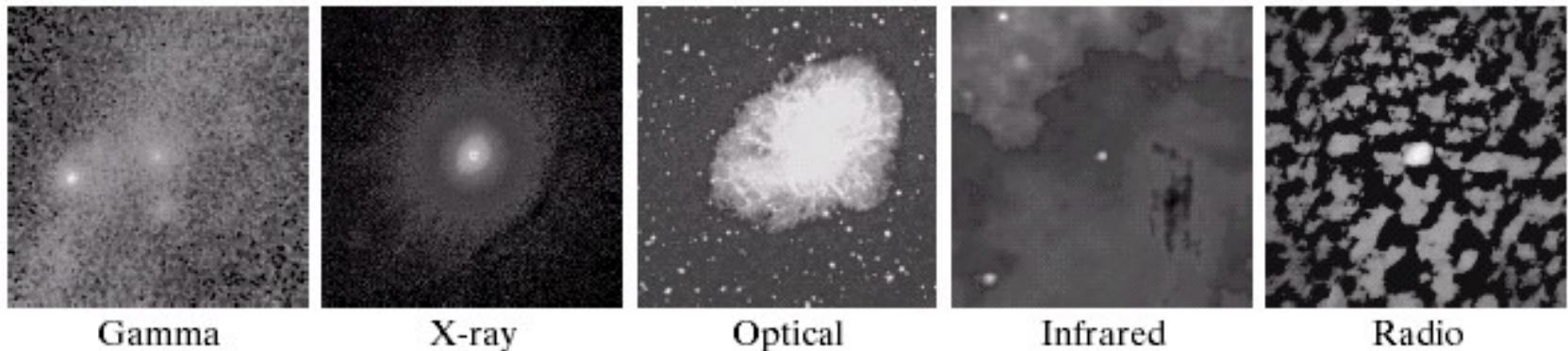
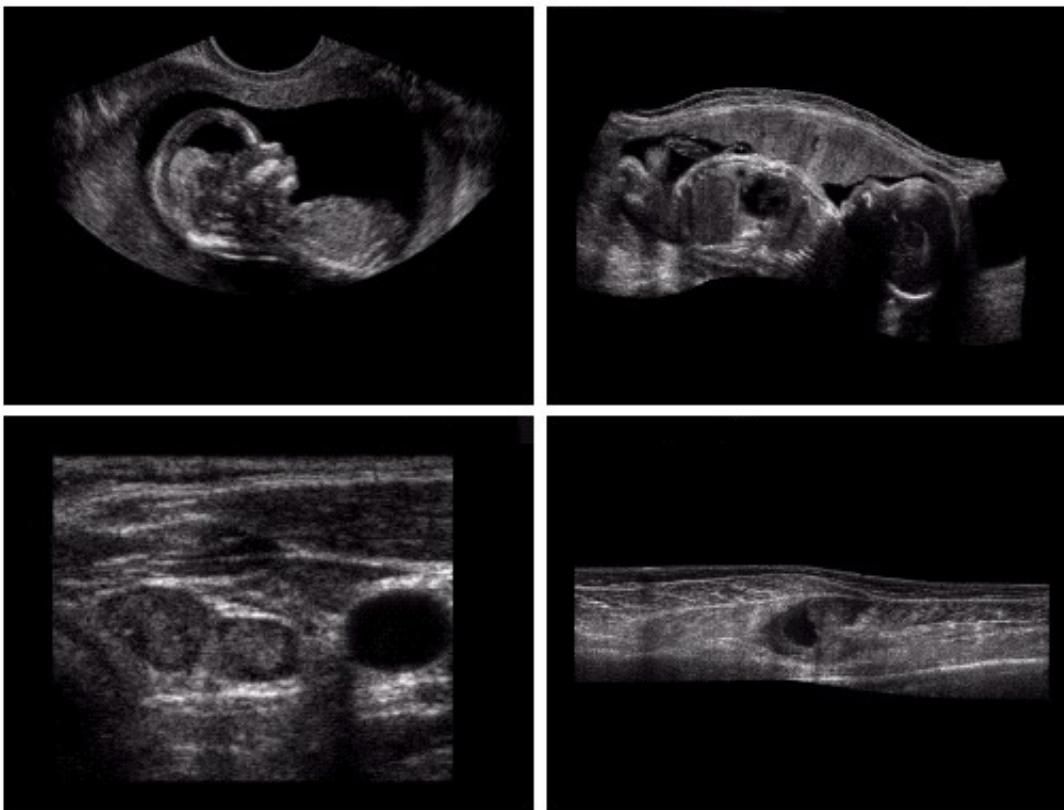


FIGURE 1.18 Images of the Crab Pulsar (in the center of images) covering the electromagnetic spectrum. (Courtesy of NASA.)

Άλλοι τύποι απτεικόνισης

- Εικόνες υπερήχων

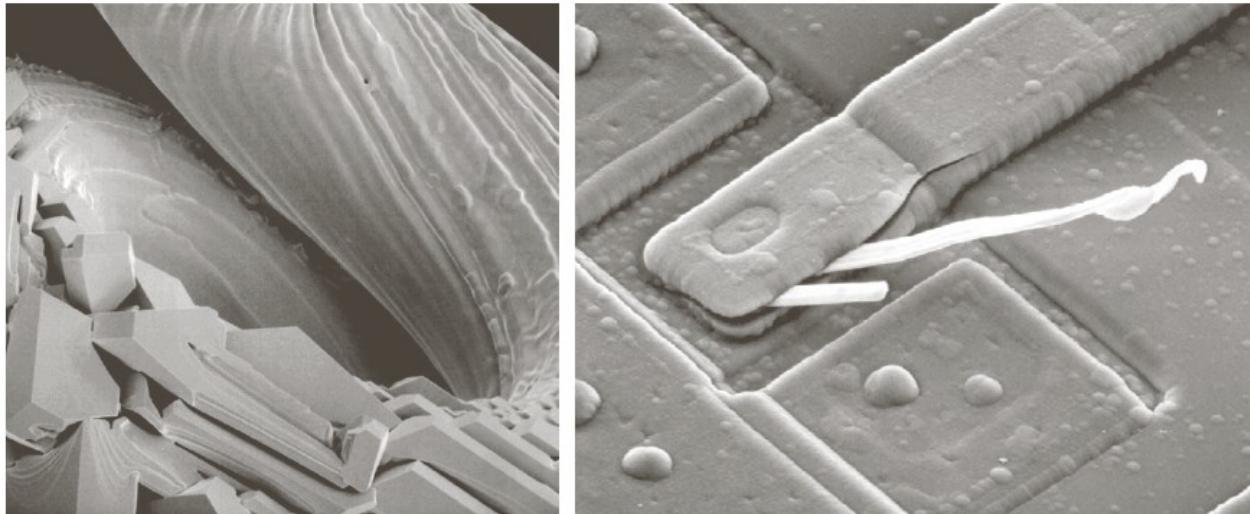


a b
c d

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

Άλλοι τύποι απτεικόνισης

- Ηλεκτρονική Μικροσκοπία (ΕΜ)



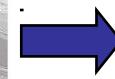
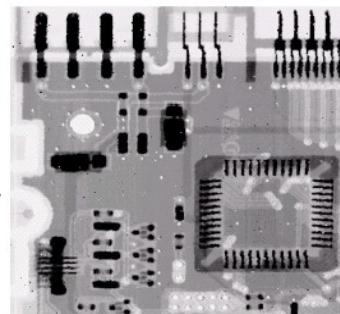
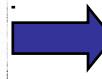
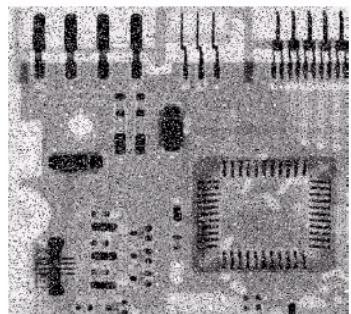
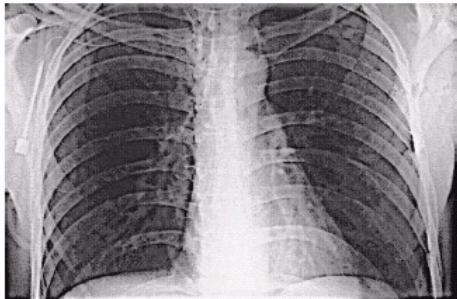
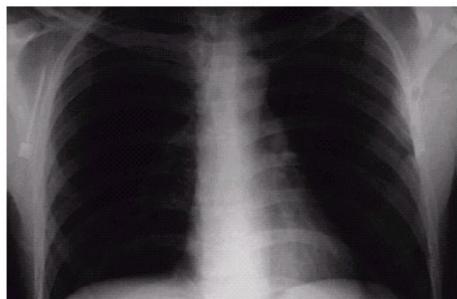
a b

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.)

- Υψηλή κλίμακα μεγέθυνσης (10000x)

Εφαρμογές ΨΕΕ: Βελτίωση εικόνας

Από τις πιο κοινές χρήσης της ΨΕΕ:
Βελτίωση ποιότητας της εικόνας και
απομάκρυνση θορύβου



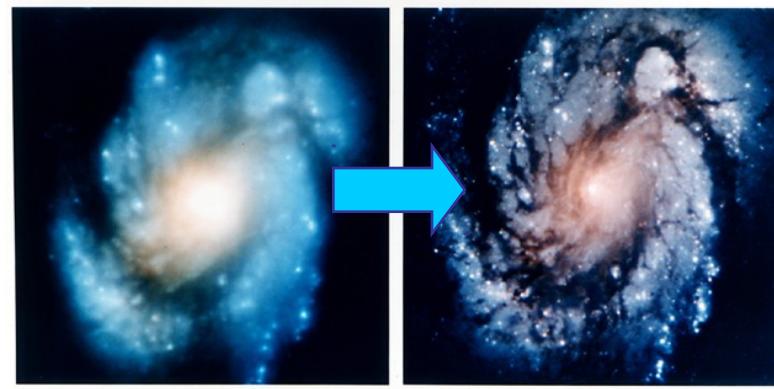
Εφαρμογές: Τηλεσκόπιο Hubble

Σε λειτουργία από το 1990, το τηλεσκόπιο Hubble μπορεί να λάβει εικόνες πολύ μακρινών αντικειμένων



Μία λάθος ρύθμιση σε φακό του Hubble είχε σαν αποτέλεσμα πολλές από τις εικόνες του Hubble να είναι áχρηστες !

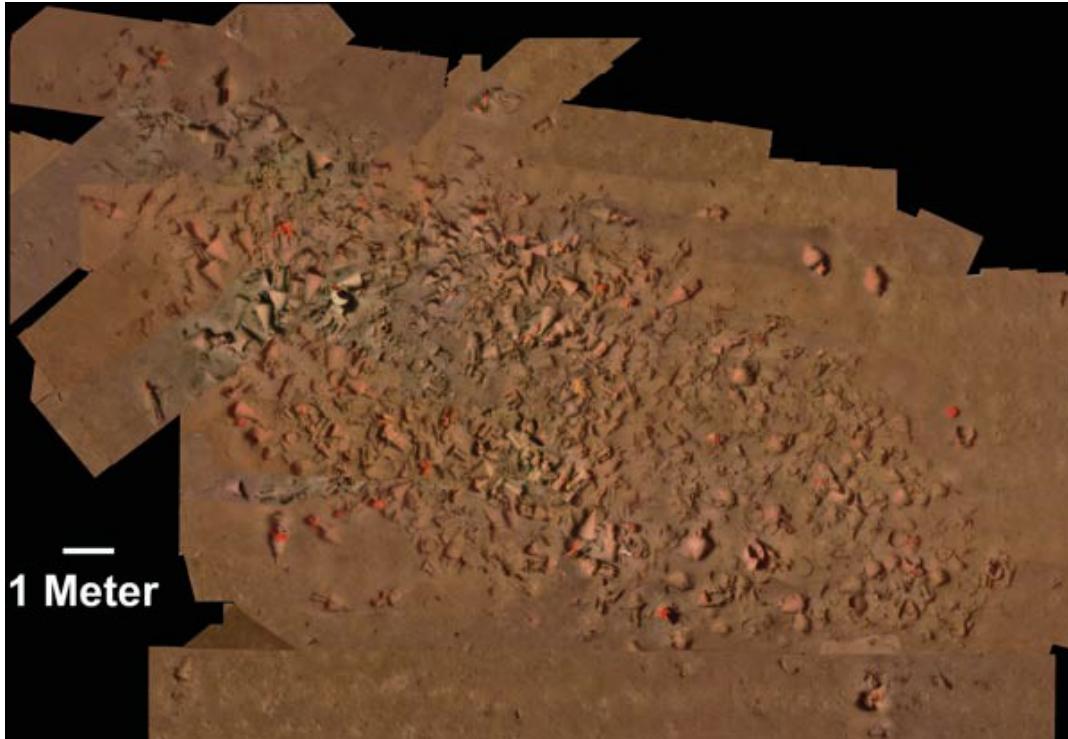
Τεχνικές ΨΕΕ λύνουν το πρόβλημα



Wide Field and Planetary Camera 1

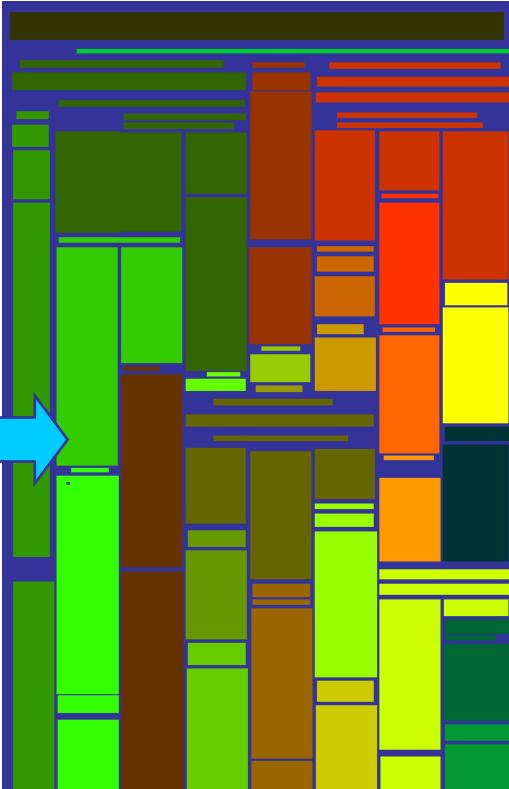
Wide Field and Planetary Camera 2

Εφαρμογές: Υποθαλάσσια έρευνα



Φωτομωσαϊκό με βάση πάνω από 7,000 φωτογραφίες βυθού. Τρεις αποστολές βαθυσκάφων AUV έδωσαν τις φωτογραφίες. Το αποτέλεσμα είναι μια κατά τ'άλλα αδύνατη απεικόνιση του αρχαίου ναυάγιου που βρίσκεται στον βυθό ανοιχτά της Χίου [Bingham et al., "Robotic Tools for Deep Water Archaeology: Surveying an Ancient Shipwreck with an Autonomous Underwater Vehicle", Journal of Field Robotics 27(6), 2010]

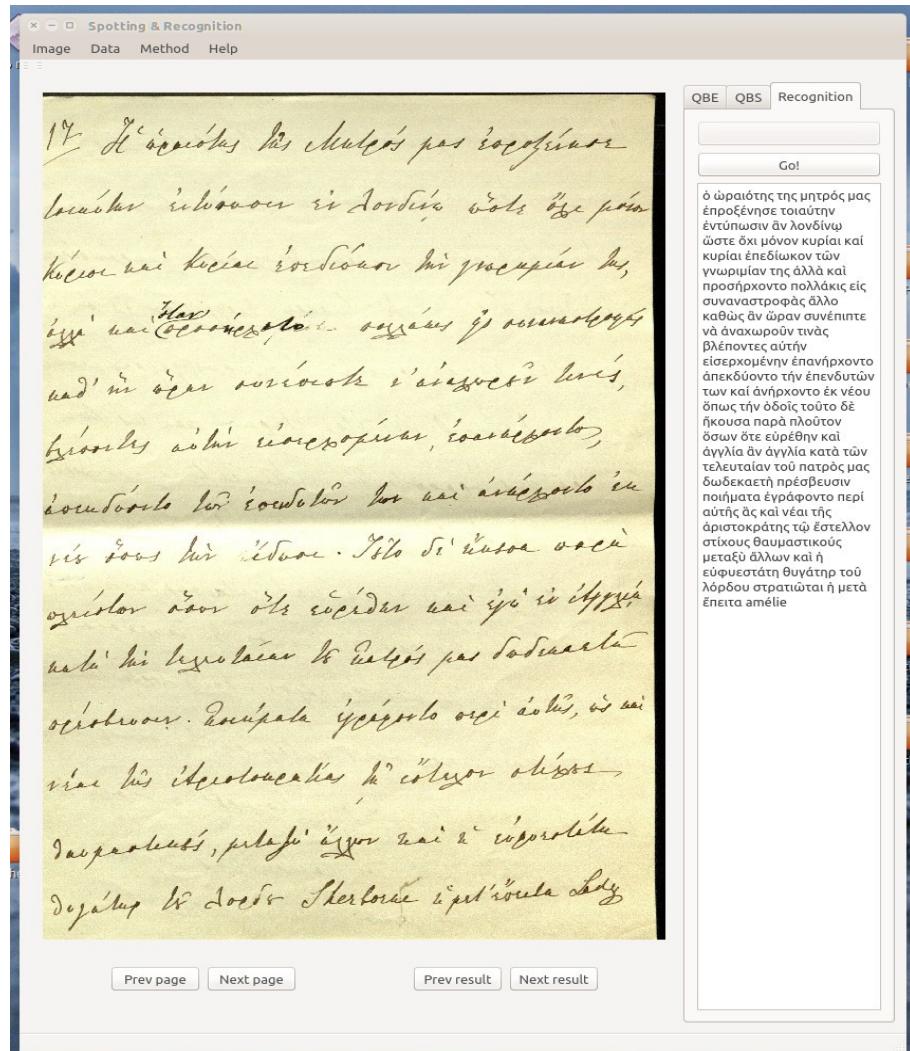
Εφαρμογές: Εντοπισμός άρθρων σε εφημερίδες



Κατάτμηση
φύλλου
ψηφιοποιημένης
εφημερίδας σε
άρθρα

Εφαρμογές: OCR και HTR

Αναγνώριση
τυπωμένου
(Optical
Character
Recognition,
OCR) και
χειρόγραφου
κειμένου
(Handwritten
Text Recognition,
HTR)

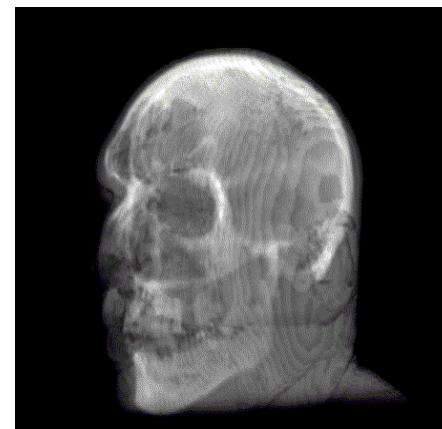
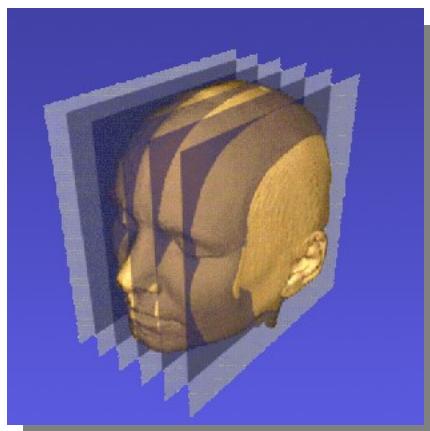
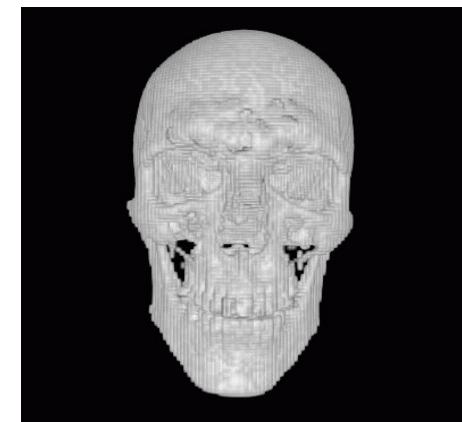
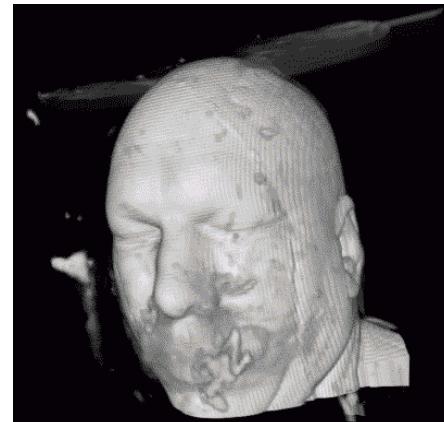
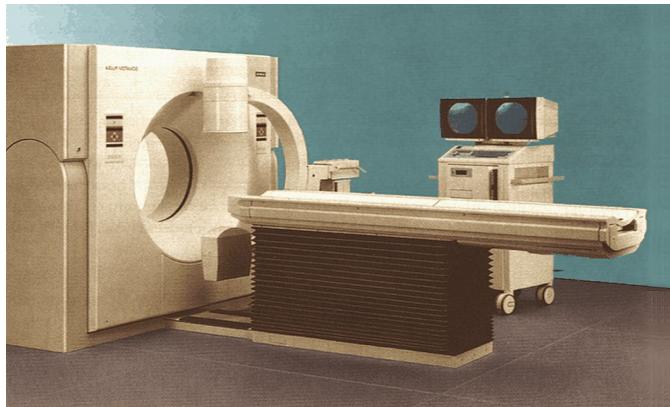


Εφαρμογές: Καλλιτεχνικά εφέ



Εφαρμογές: Ιατρική

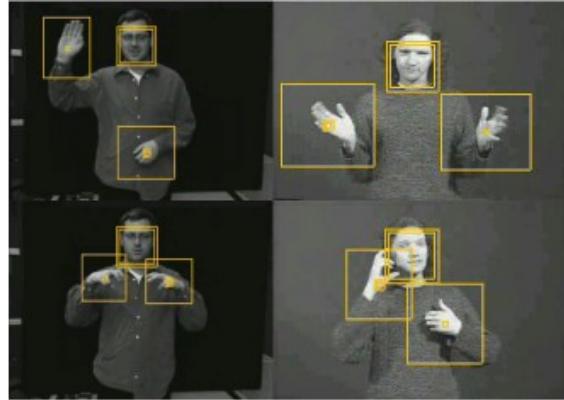
3Δ τομογραφία και 3Δ απεικόνιση ιατρικής εικόνας



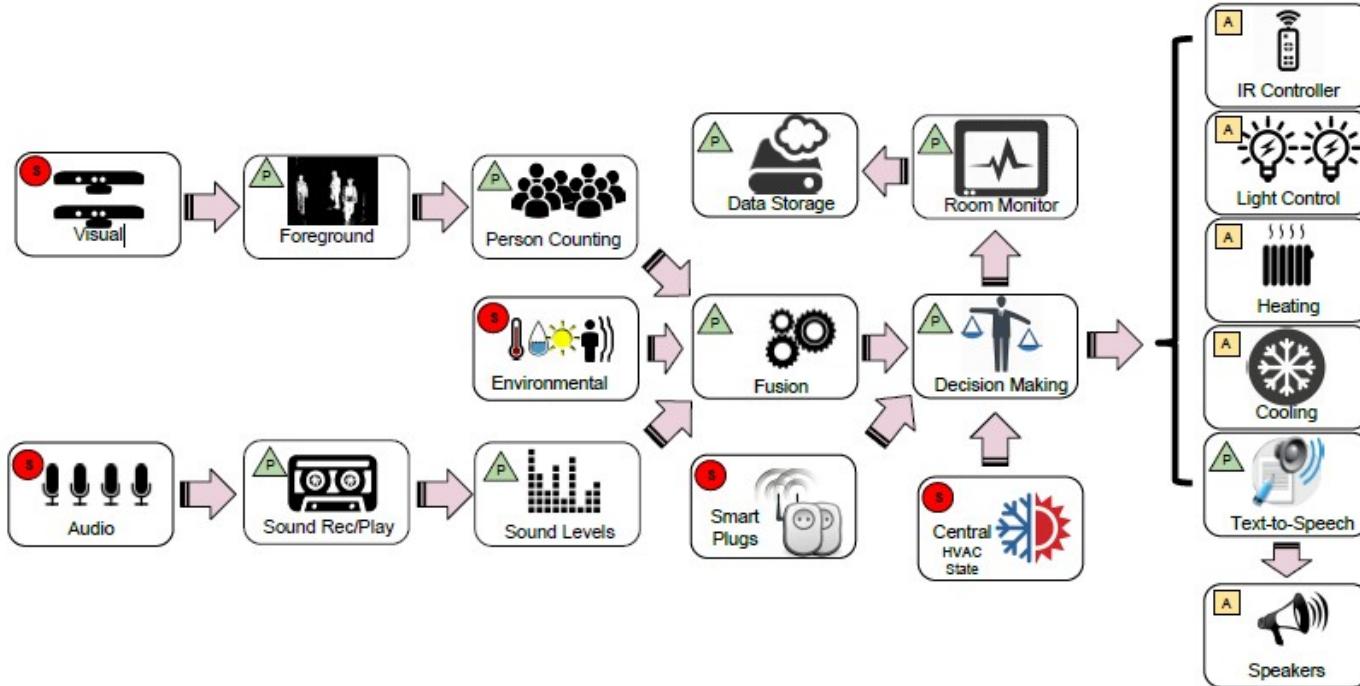
Εφαρμογές: Επικοινωνία Ανθρώπου Μηχανής

Προς πιο 'φυσικές' διεπαφές

- Αναγνώριση προσώπου
- Αναγνώριση χειρονομίας

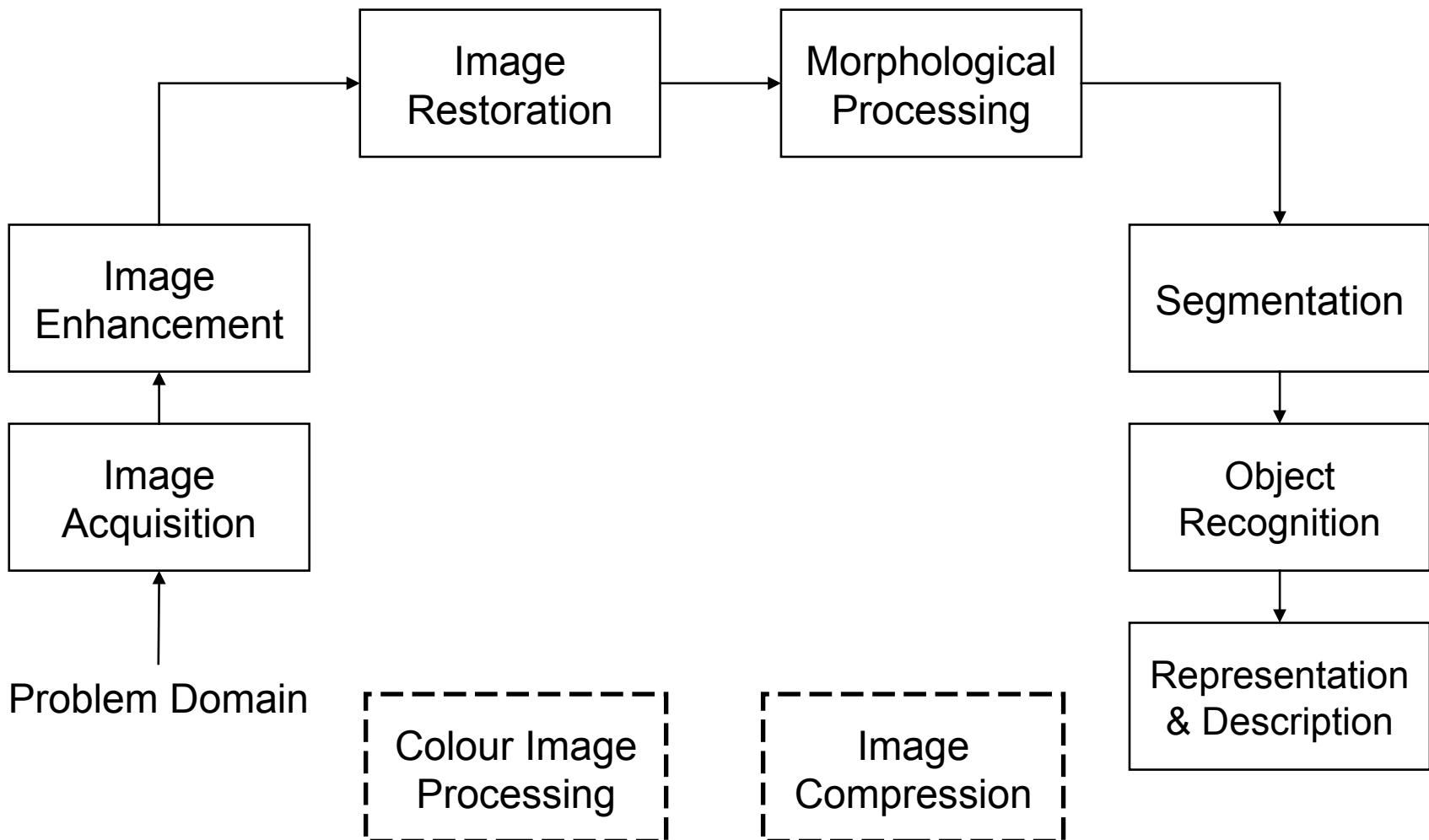


Εφαρμογές: Χρήση σε συστήματα IoT

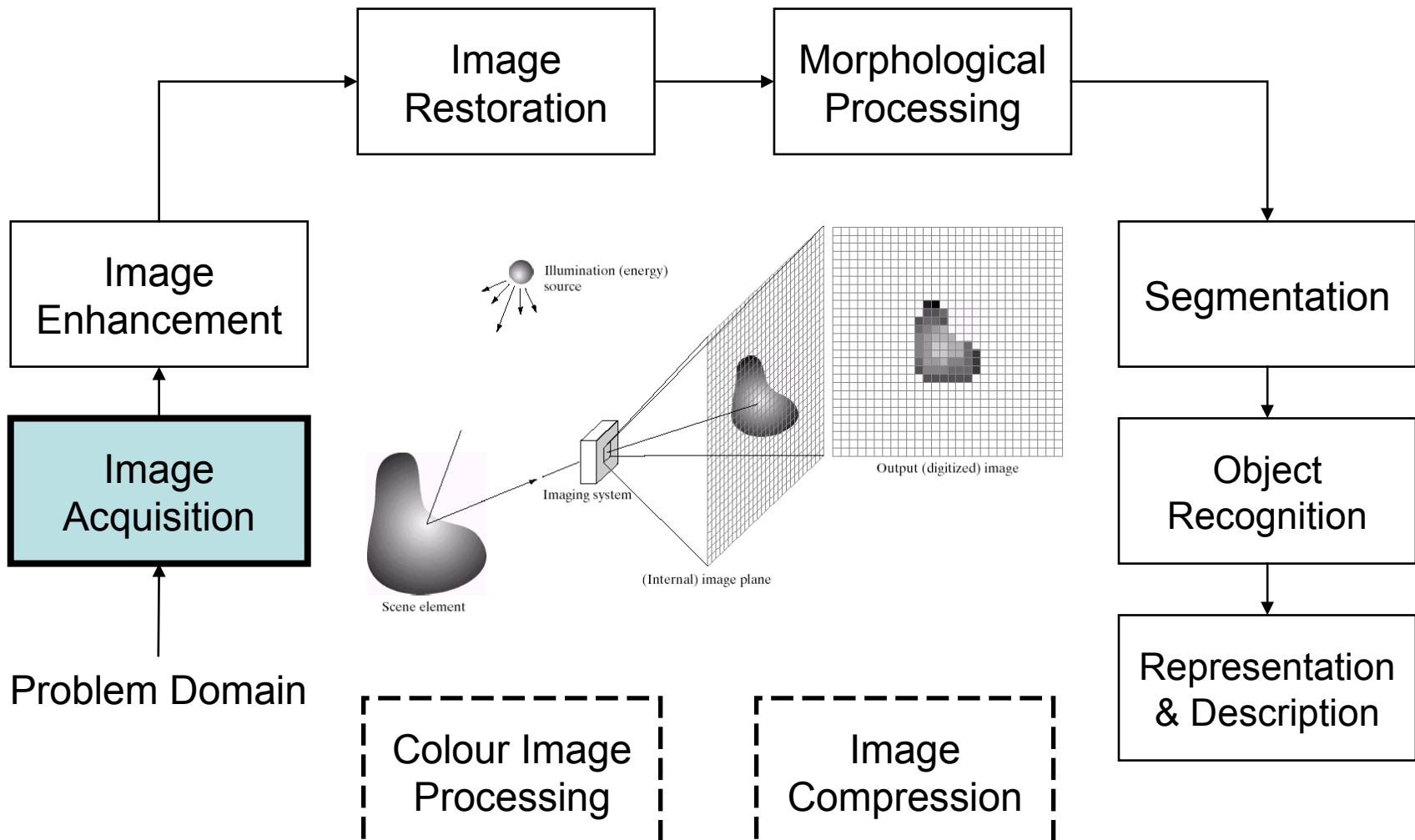


Χρήση με συστήματα Internet of Things (IoT)

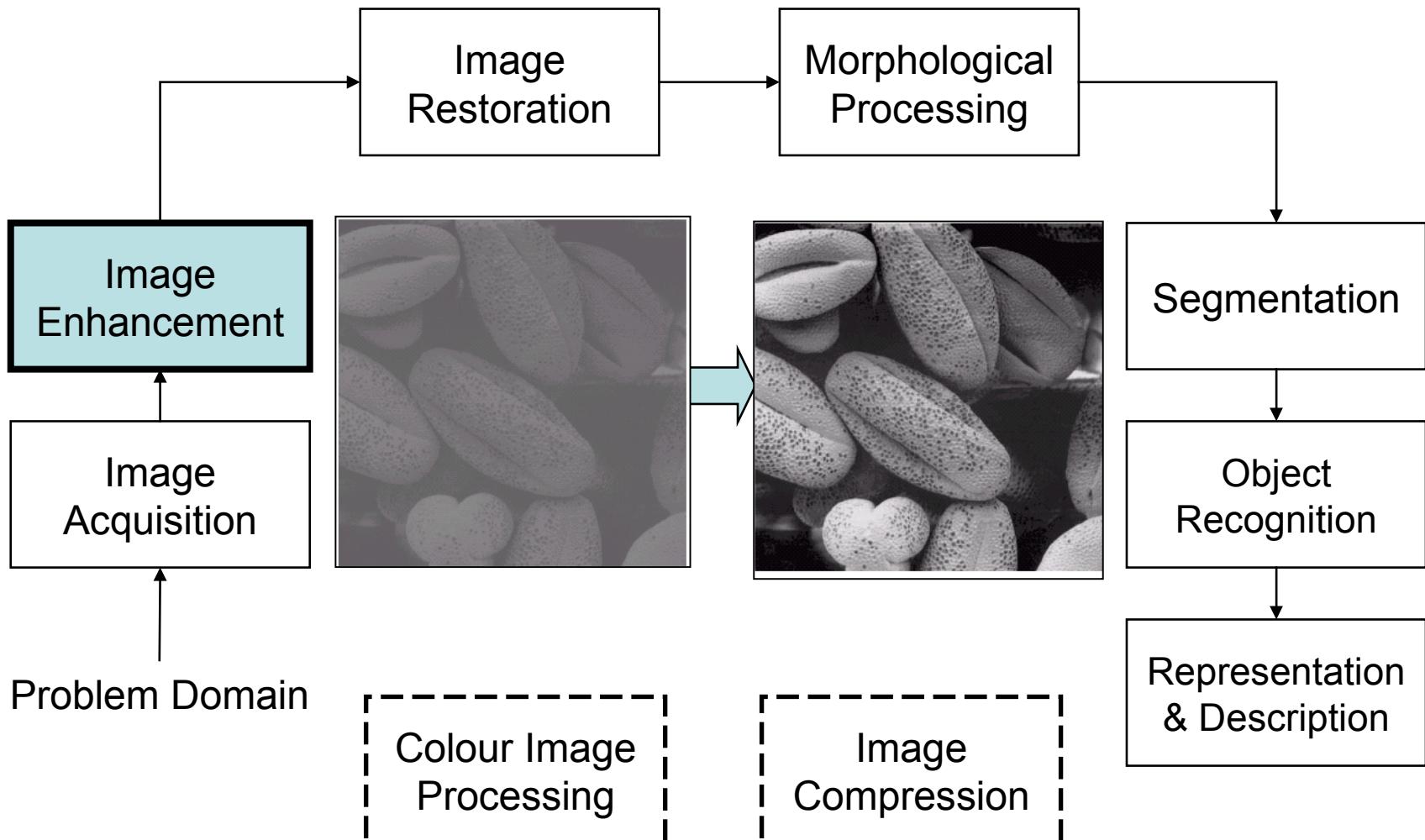
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ



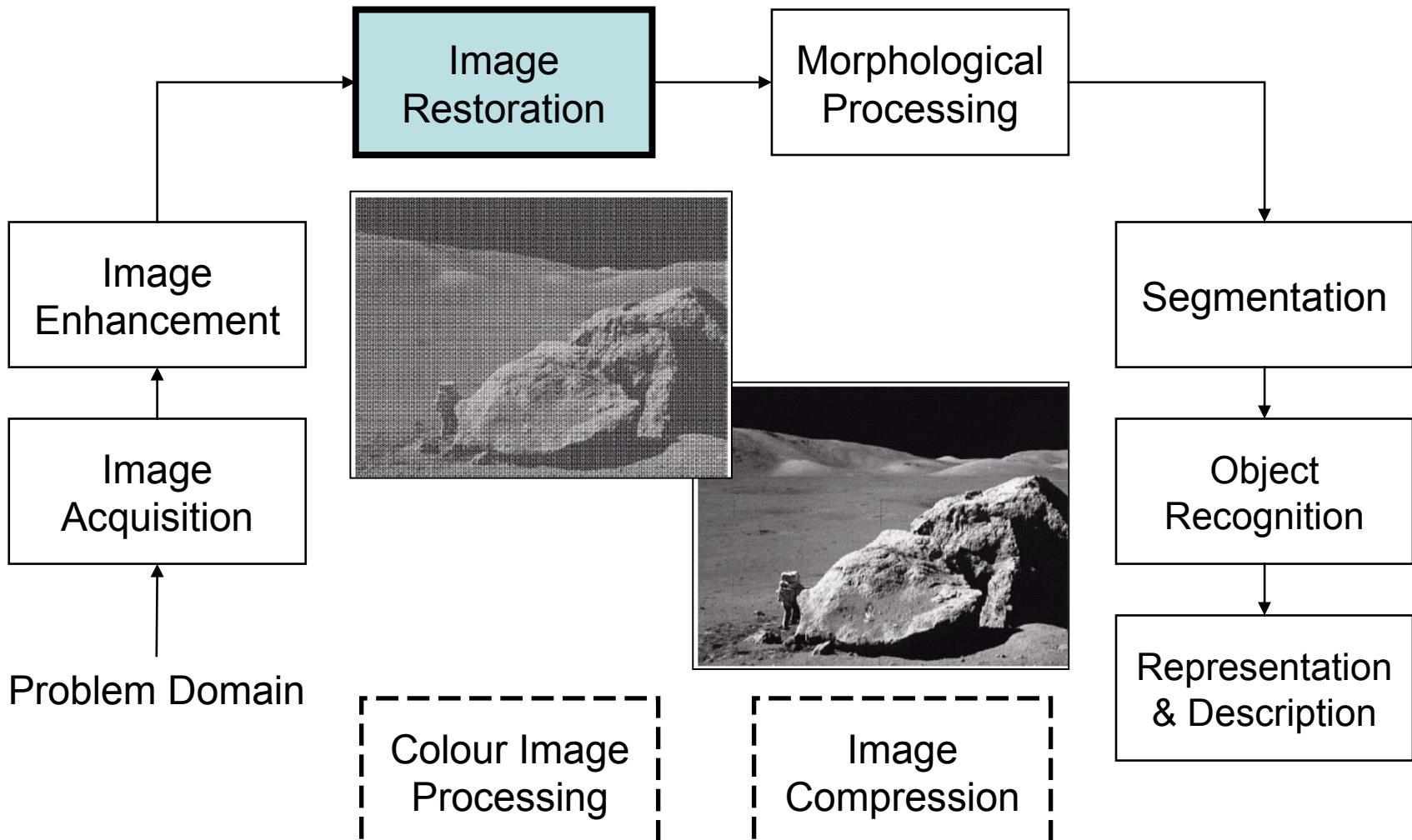
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Λήψη εικόνας



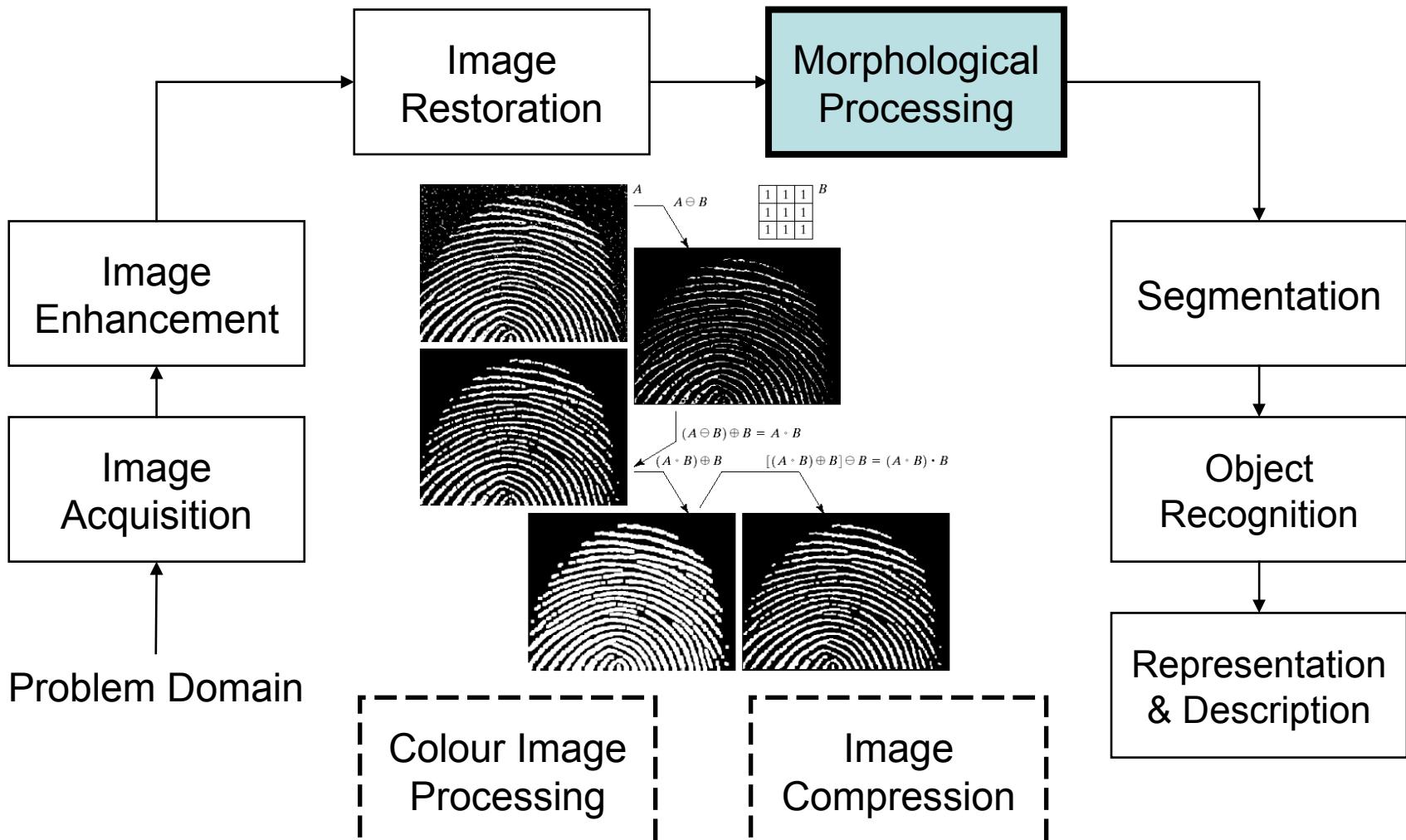
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Βελτίωση εικόνας



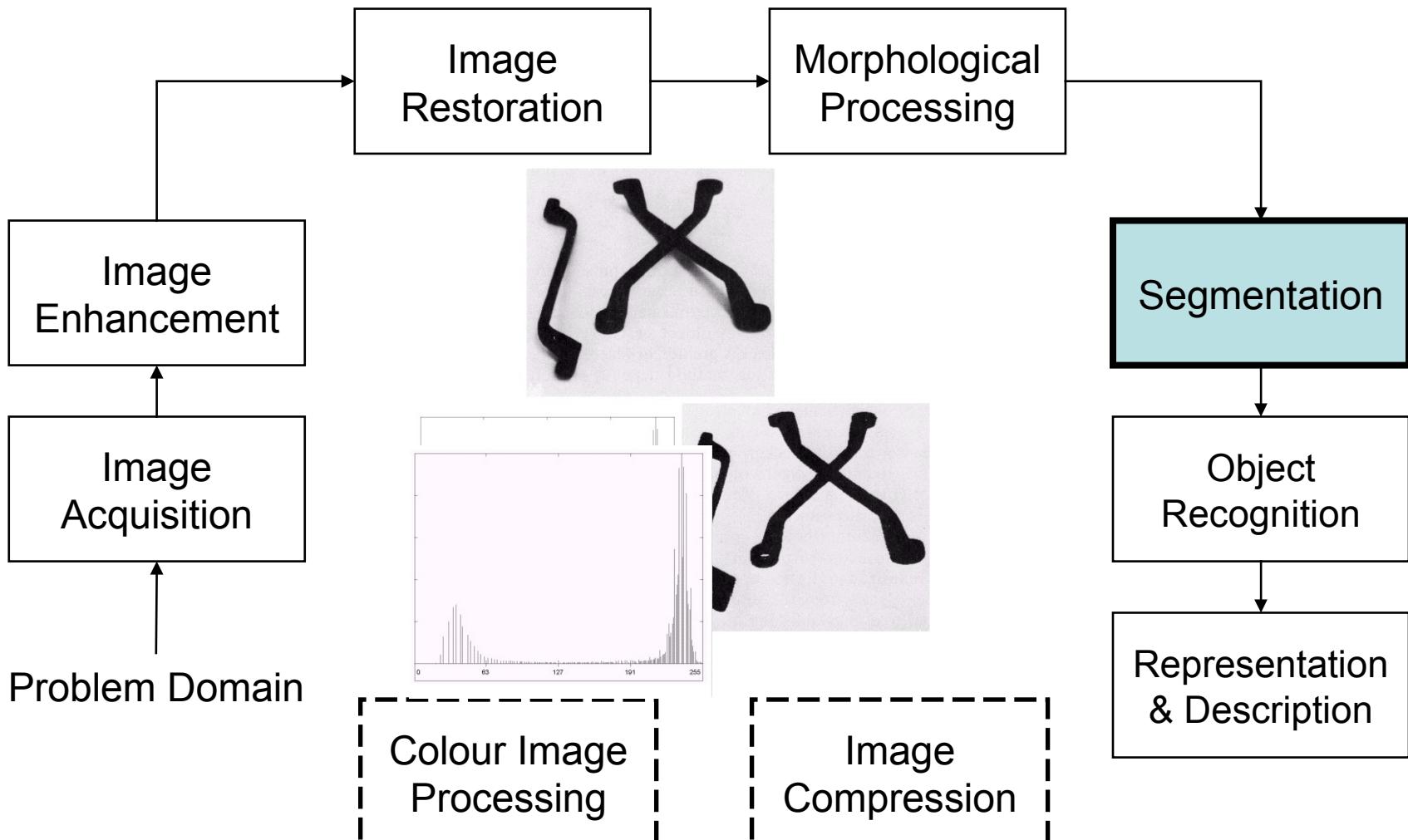
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Ανακατασκευή εικόνας



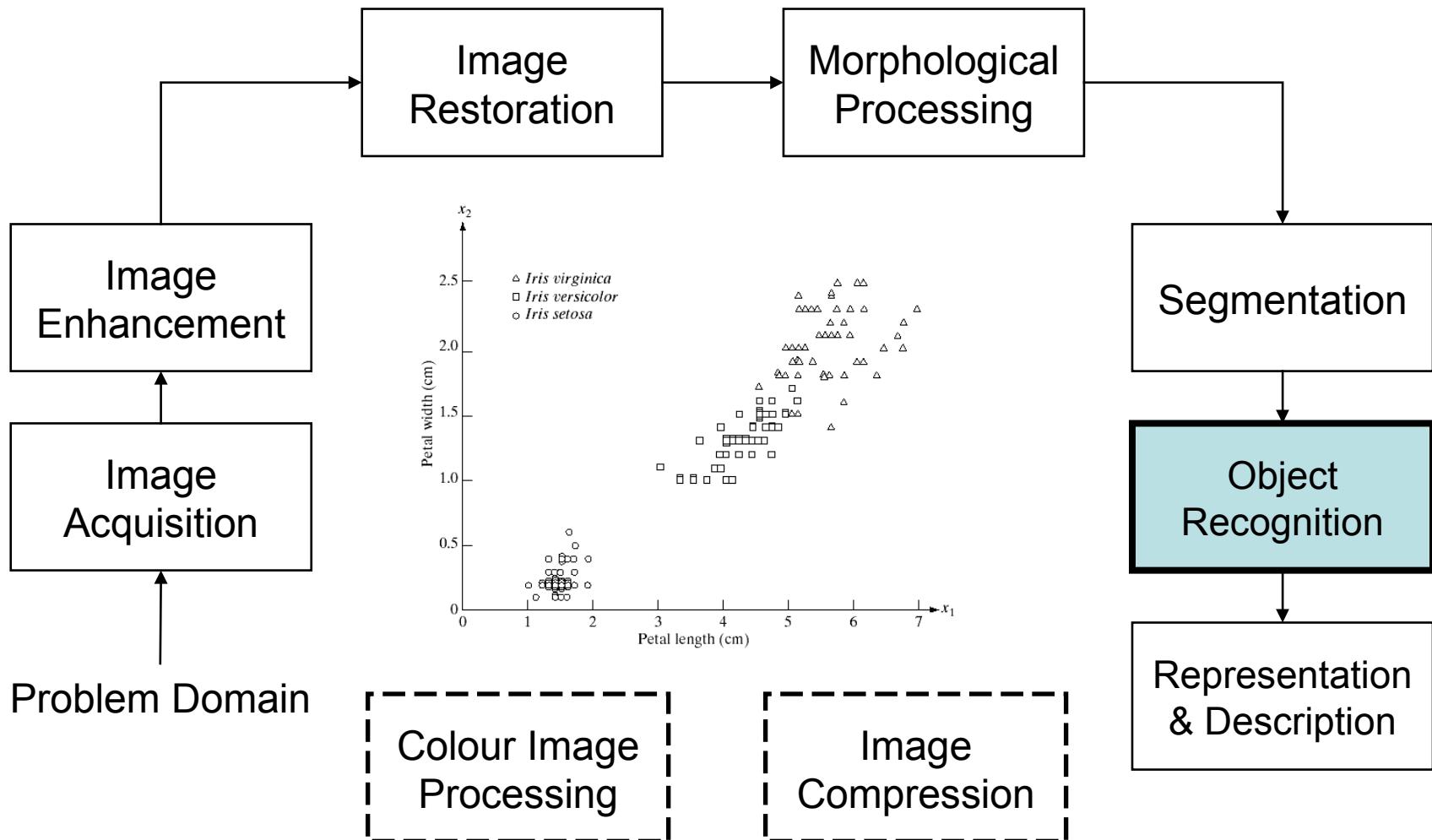
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Μορφολογική επεξεργασία



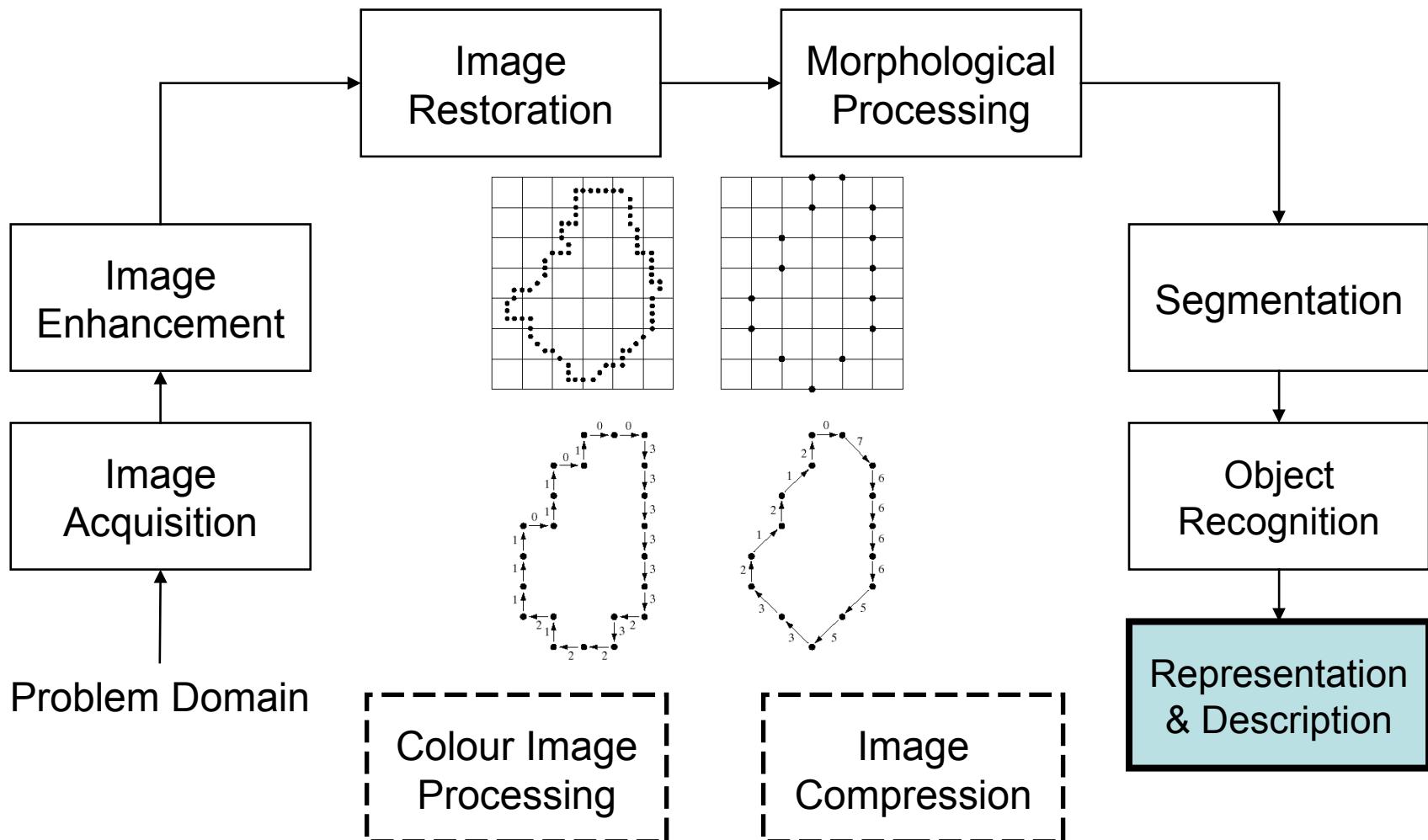
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Κατάτμηση



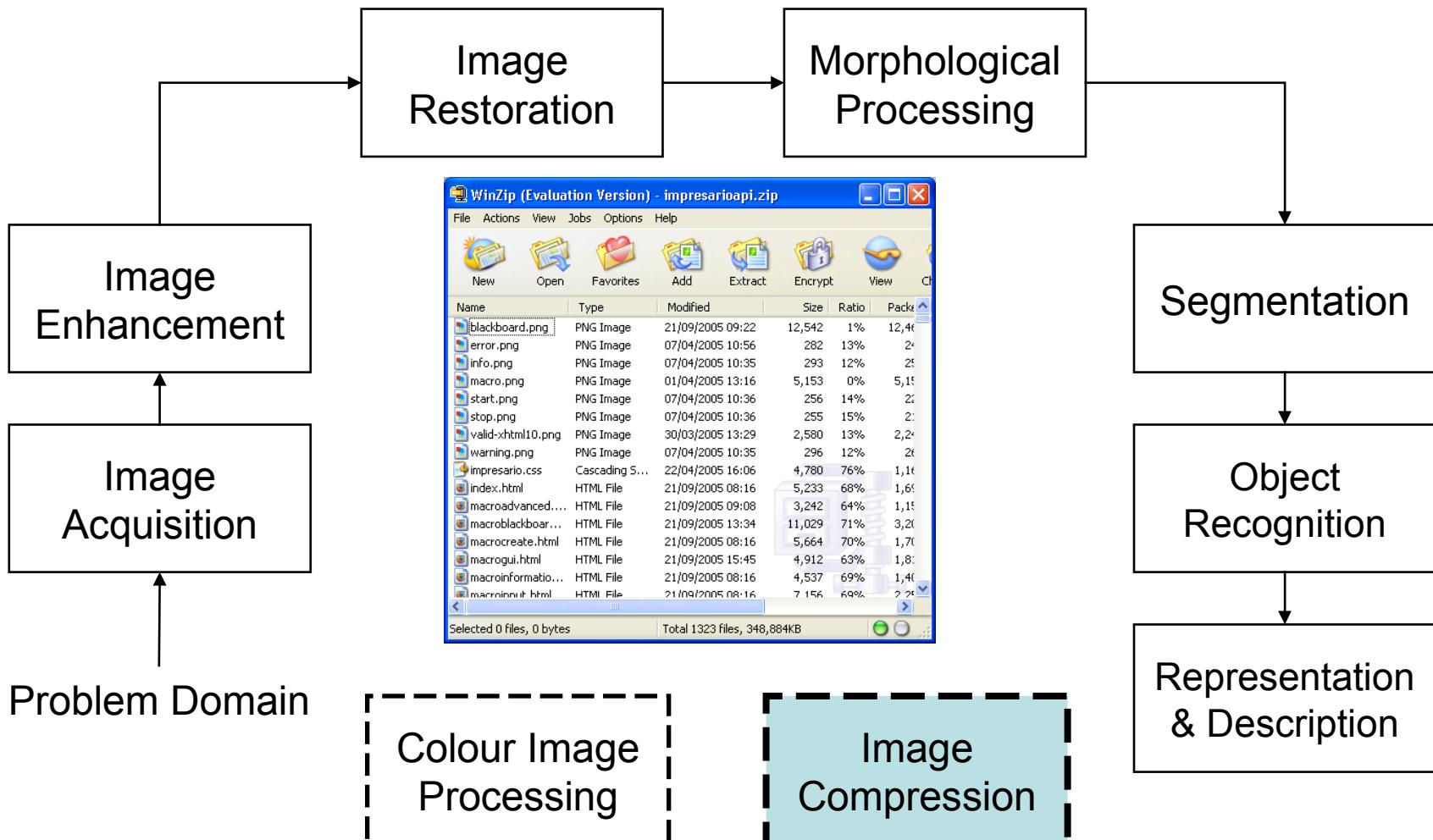
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Αναγνώριση αντικειμένων



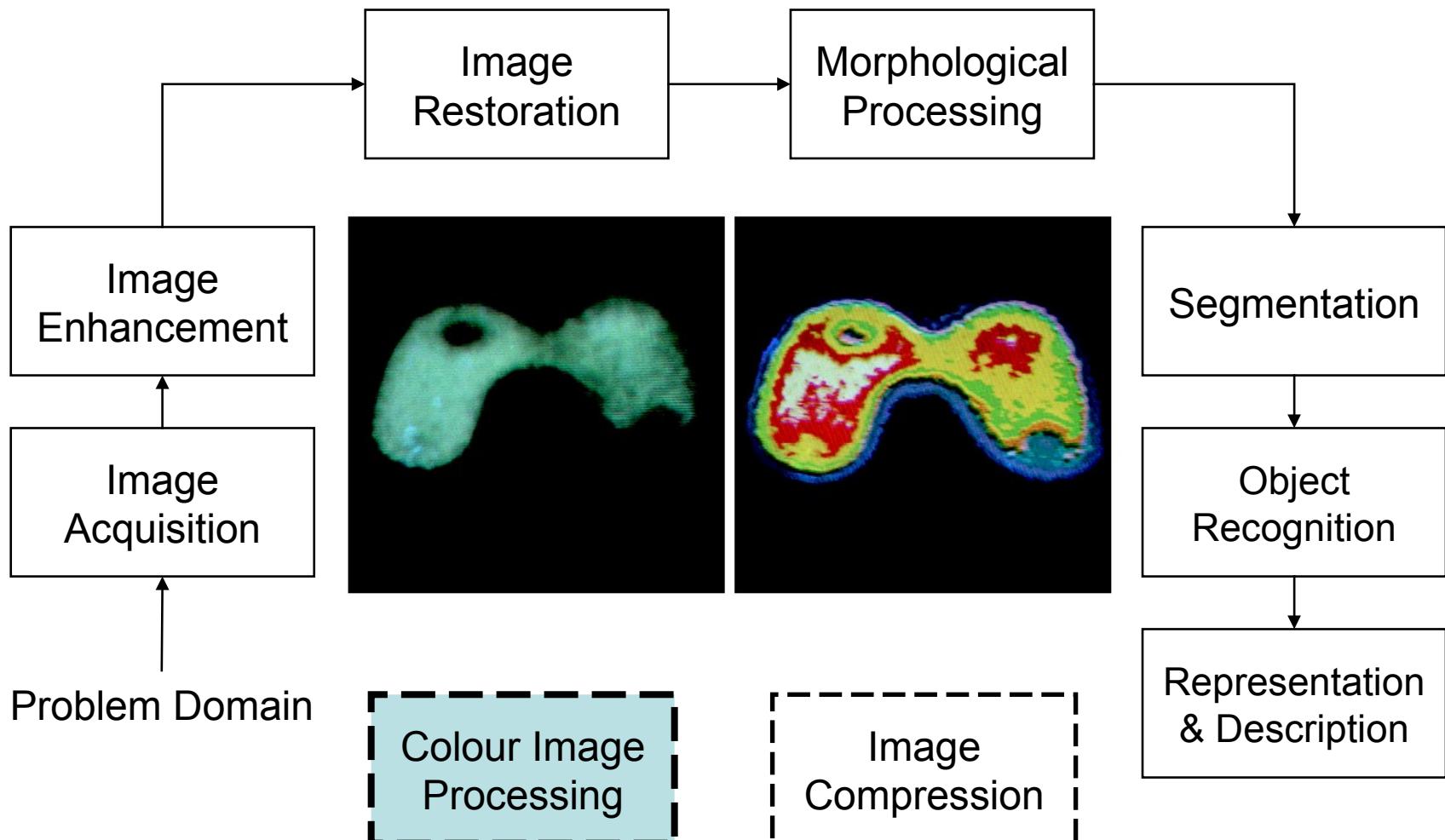
Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Αναπαράσταση και περιγραφή



Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Συμπίεση εικόνας



Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ: Επεξεργασία χρώματος



Είδαμε:

- Τι είναι μια ψηφιακή εικόνα;
- Τι είναι η ψηφιακή επεξεργασία εικόνας;
- Ιστορία της ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας
- Παραδείγματα εφαρμογών ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας
- Φάσεις επεξεργασίας σε ένα σύστημα ΨΕΕ