



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΤΡΙΓΚΑ ΜΑΡΙΑ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2024-2025

ΔΙΑΔΙΚΑΣΤΙΚΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Κάθε Πέμπτη 16.00 – 19.00 στην αίθουσα 114.
- Βιβλία Μαθήματος
 1. Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας ; Συγγραφέας: Ιωάννης Πήτας ; Εκδόσεις: 4η, 2012.
 2. R.C. Gonzalez and, R.E. Woods, Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας, Εκδ. Τζιόλα, 2011.
 3. Ι.Ν. Έλληνας, Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας & Βίντεο: Από τη Θεωρία στην Πράξη, Εκδ. Λύχνος, 2010.
 4. Ν. Παπαμάρκου, “Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας,” 3^η Έκδοση, Κρίκος, 2017.
 5. “Mathematics of Digital Images”, S.G. Hoggar, Cambridge, 2006
- **Εργαστηριακό Μέρος Μαθήματος:** 3 Υποχρεωτικά Σετ Ασκήσεων τα οποία εκπονούνται και παραδίδονται ατομικά στην ενότητα Εργασίες στο eclass. Περιλαμβάνουν την εκπαίδευση στο περιβάλλον και την εργαλειοθήκη Επεξεργασίας Εικόνας του MATLAB με σκοπό τη χρήση υπολογιστικών εργαλείων για την πρακτική υλοποίηση των τεχνικών που θα αναλυθούν στη θεωρία του μαθήματος.
- Τελικός Βαθμός = $0.7 * \text{Γραπτή Εξέταση} + 0.3 * (\text{Μ.Ο. Εργαστηριακών Ασκήσεων})$

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΕΙΚΟΝΩΝ



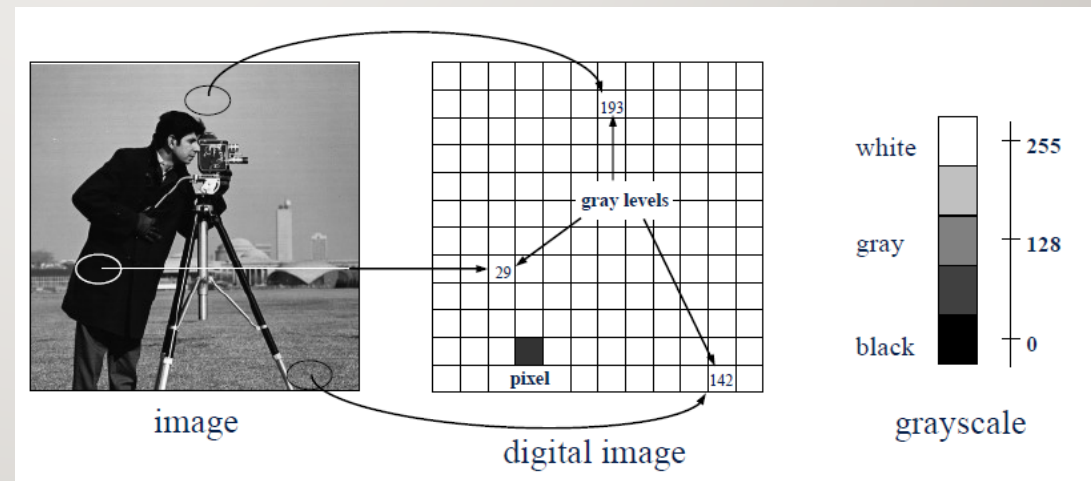
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

- Η μετατροπή από αναλογική σε ψηφιακή εικόνα είναι μια διαδικασία που επιτρέπει την ψηφιοποίηση μιας αναλογικής εικόνας, δηλαδή τη μετατροπή της σε μορφή που μπορεί να επεξεργαστεί ένας υπολογιστής. Αυτή η διαδικασία αποτελείται από δύο κύρια στάδια: **δειγματοληψία (sampling)** και **κβαντοποίηση (quantization)**.
- **Δειγματοληψία (Sampling):** Η δειγματοληψία είναι το πρώτο βήμα για τη μετατροπή μιας αναλογικής εικόνας σε ψηφιακή. Κατά τη δειγματοληψία, η αναλογική εικόνα (συνεχής στο χώρο και στο χρόνο) χωρίζεται σε ένα πλέγμα από διακριτά σημεία, τα pixels. Αυτά τα pixels αποτελούν την ελάχιστη μονάδα της ψηφιακής εικόνας. Η συχνότητα με την οποία λαμβάνονται τα δείγματα επηρεάζει την ανάλυση της εικόνας. Όσο πιο πολλά pixels λαμβάνονται, τόσο υψηλότερη είναι η ανάλυση, με αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα εικόνας.

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Κβαντοποίηση (Quantization):

- Αφού καθοριστούν τα pixels μέσω της δειγματοληψίας, η επόμενη φάση είναι η κβαντοποίηση, η οποία περιλαμβάνει την αντιστοίχιση μιας διακριτής αριθμητικής τιμής σε κάθε pixel. Αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει το επίπεδο φωτεινότητας ή το χρώμα σε εκείνο το pixel.
- Στην γκρι κλίμακα, η τιμή κβαντοποίησης μπορεί να κυμαίνεται από 0 (μαύρο) έως 255 (λευκό). Στις έγχρωμες εικόνες, κάθε pixel έχει τρεις τιμές, μία για το κάθε κανάλι χρώματος (κόκκινο, πράσινο, μπλε - RGB).



ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ VS ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

- **Αναλογική εικόνα:** Η μονοχρωματική εικόνα ή απλά εικόνα είναι μια δισδιάστατη συνάρτηση φωτός $f(x, y)$ όπου x και y οι χωρικές συντεταγμένες και f η τιμή σε οποιοδήποτε σημείο (x, y) η οποία είναι ανάλογη με τη φωτεινότητα της εικόνας σε εκείνο το σημείο. (R. Gonzalez, P. Wintz, "Digital Image Processing," Addison-Wesley, 1983).
- Η **ψηφιακή εικόνα** 2D διακριτή αναπαράσταση της αναλογικής εικόνας, μετά από δειγματοληψία των τιμών $f(x, y)$ σε 2D πίνακα $I(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ που μπορεί να επεξεργαστεί από ηλεκτρονικές συσκευές, όπως οι υπολογιστές. Η **ψηφιακή εικόνα** έχει ψηφιοποιηθεί τόσο ως προς τις χωρικές συντεταγμένες όσο και ως προς την φωτεινότητα. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας πίνακας του οποίου οι δείκτες γραμμής και στήλης προσδιορίζουν ένα σημείο της εικόνας και η τιμή του αντίστοιχου στοιχείου-πίξελ (pixel), δηλαδή στοιχειώδη τετράγωνα που φέρουν πληροφορίες για το χρώμα και τη φωτεινότητα κάθε σημείου προσδιορίζει την απόχρωση του γκριζου (δηλαδή την φωτεινότητα εκπεφρασμένη σε μια κλίμακα ακεραίων) σε εκείνο το σημείο.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

- **Ανάλυση:** Η ανάλυση μιας εικόνας αναφέρεται στον αριθμό των πίξελ που περιέχει. Συνήθως εκφράζεται ως ο αριθμός των πίξελ κατά το μήκος και το πλάτος (π.χ. 1920x1080). Η υψηλότερη ανάλυση σημαίνει περισσότερες λεπτομέρειες.
- **Βάθος χρώματος (Color depth):** Είναι ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του χρώματος κάθε πίξελ.
 - πχ, μια εικόνα με βάθος χρώματος 8-bit (1 byte) μπορεί να αναπαράγει $2^8 = 256$ αποχρώσεις του γκρι για κάθε κανάλι χρώματος (κόκκινο, πράσινο, μπλε).
- **Πίξελ (Pixel):** Το πίξελ είναι η μικρότερη μονάδα μιας ψηφιακής εικόνας. Κάθε πίξελ έχει ένα συγκεκριμένο χρώμα, το οποίο προκύπτει από τον συνδυασμό των τριών βασικών χρωμάτων: κόκκινο (Red), πράσινο (Green) και μπλε (Blue), γνωστό ως μοντέλο *RGB*.

ΤΥΠΟΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

- **Δυαδικές Εικόνες (Binary Images)**

Οι δυαδικές εικόνες αποτελούνται μόνο από δύο χρώματα, συνήθως μαύρο και άσπρο. Κάθε pixel της εικόνας έχει μία από δύο δυνατές τιμές (0 ή 1), όπου το 0 αντιστοιχεί συνήθως στο μαύρο και το 1 στο άσπρο. Χρησιμοποιούνται συχνά στην επεξεργασία μορφολογικών χαρακτηριστικών και την τμηματοποίηση εικόνας.

- **Γκρι Κλίμακας Εικόνες (Grayscale Images)**

Αυτές οι εικόνες αποτελούνται από διαφορετικές αποχρώσεις του γκρι. Κάθε pixel μπορεί να έχει μια τιμή φωτεινότητας που κυμαίνεται συνήθως από 0 (μαύρο) έως 255 (λευκό). Οι γκρι κλίμακες χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές επεξεργασίας εικόνας, καθώς προσφέρουν αρκετή πληροφορία χωρίς τα πολύπλοκα δεδομένα του χρώματος.

- **Έγχρωμες Εικόνες (Color Images)**

Οι έγχρωμες εικόνες περιέχουν πληροφορίες για το χρώμα κάθε pixel. Συνήθως χρησιμοποιούν το μοντέλο RGB (Red, Green, Blue), όπου κάθε pixel αποτελείται από τρεις τιμές (μία για κάθε βασικό χρώμα). Αυτές οι εικόνες είναι πιο περίπλοκες και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου η πληροφορία του χρώματος είναι κρίσιμη, όπως στην αναγνώριση αντικειμένων.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ & ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Bits per pixel (bpp)	Number of colors = $2^{\{bpp\}}$
1 bpp	2 colors
2 bpp	4 colors
3 bpp	8 colors
4 bpp	16 colors
5 bpp	32 colors
6 bpp	64 colors
7 bpp	128 colors
8 bpp	256 colors
10bpp	1024 colors
16bpp	65536 colors
24 bpp	16777216 colors (16.7 million colors)
32 bpp	4294967296 colors (4294 million colors)

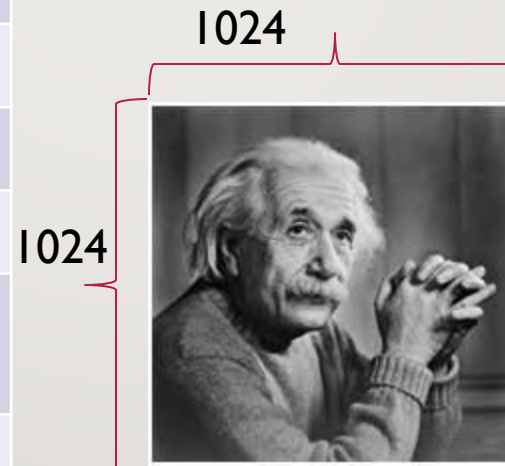
Το μέγεθος μιας εικόνας εξαρτάται από

- Αριθμό γραμμών (rows – r)
- Αριθμό στηλών (columns – c)
- Αριθμό bit ανά pixel (bpp)

$$\mathbf{Bits} = r * c * bpp$$

$$\mathbf{Bytes} = (r * c * bpp) / 8, \text{ 1 byte} = 8 \text{ bits}$$

Όσο υψηλότερες είναι οι παράμετροι r, c τόσο πιο κοντά είναι ψηφιοποιημένη εικόνα στο πρωτότυπο.



$$\begin{aligned} \text{Μέγεθος εικόνας} &= 1024 * 1024 * 8 \\ &= 8388608 \text{ bits.} \end{aligned}$$

$$\text{Byte} = 8388608 / 8 = 1048576 \text{ byte.}$$

$$\text{Kbyte} = 1048576 / 1024 = 1024 \text{ Kb.}$$

$$\text{Mbyte} = 1024 / 1024 = 1 \text{ Mb.}$$

ΑΝΑΛΥΣΗ GRAYSCALE ΕΙΚΟΝΑΣ



Original Grayscale
Image
512x512



256x256



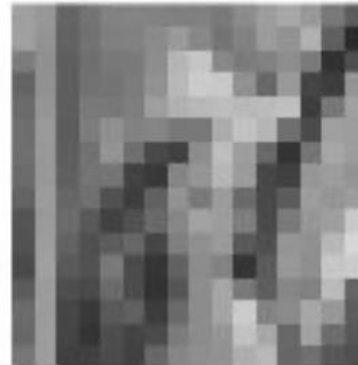
128x128



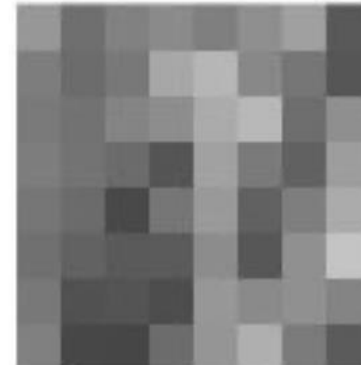
64x64



32x32



16x16



8x8

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΓΧΡΩΜΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



Original Image
512x512



256x256



128x128



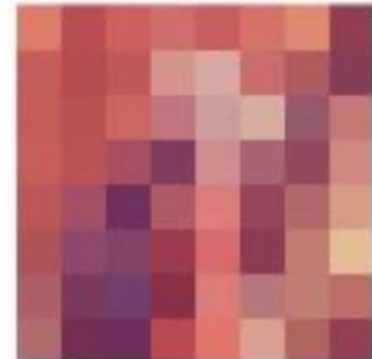
64x64



32x32

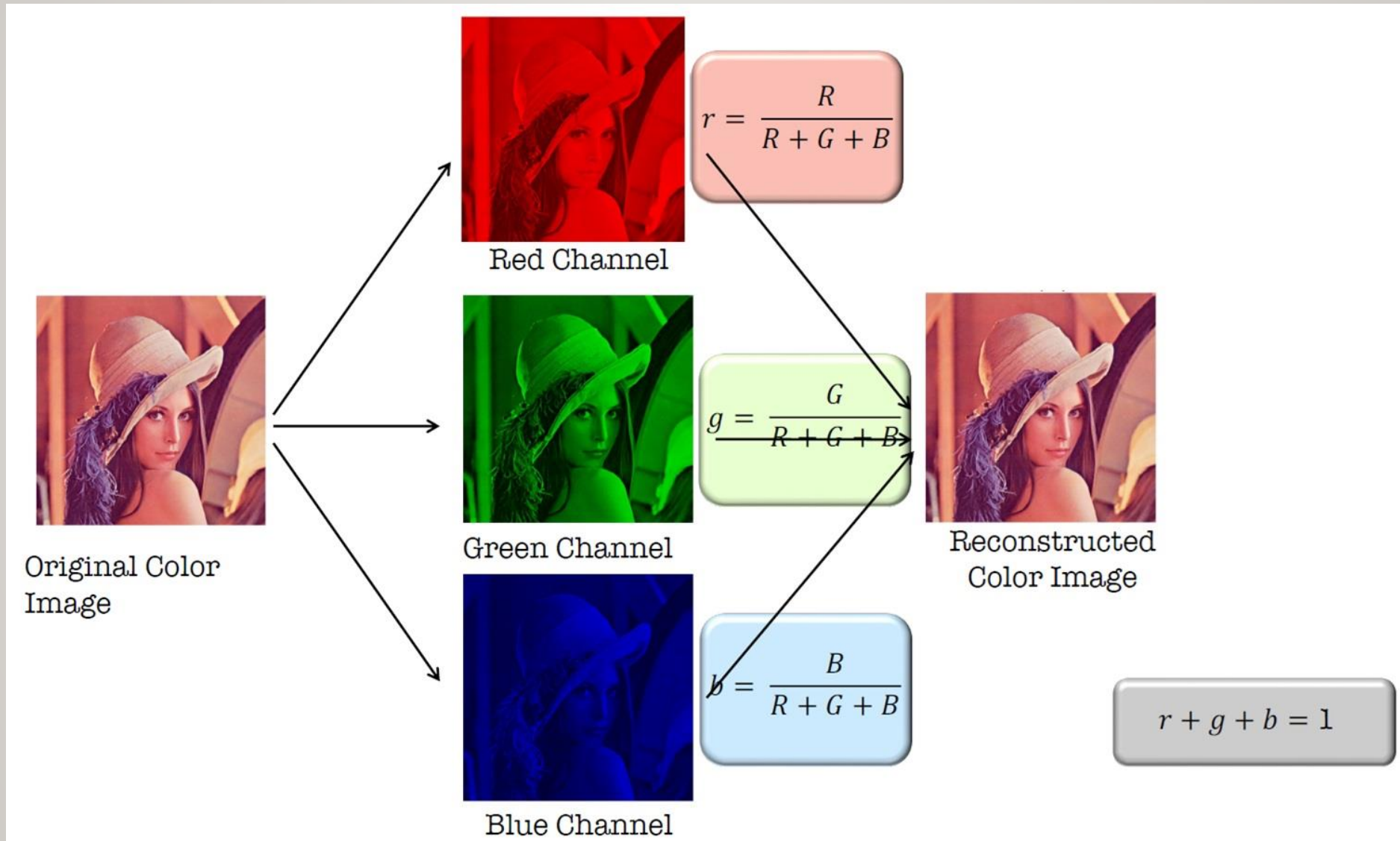


16x16



8x8

ΕΓΧΡΩΜΗ ΕΙΚΟΝΑ



ΕΓΧΡΩΜΗ ΣΕ GRAYSCALE ΕΙΚΟΝΑ

- Average method: $\text{Grayscale} = (R + G + B / 3)$



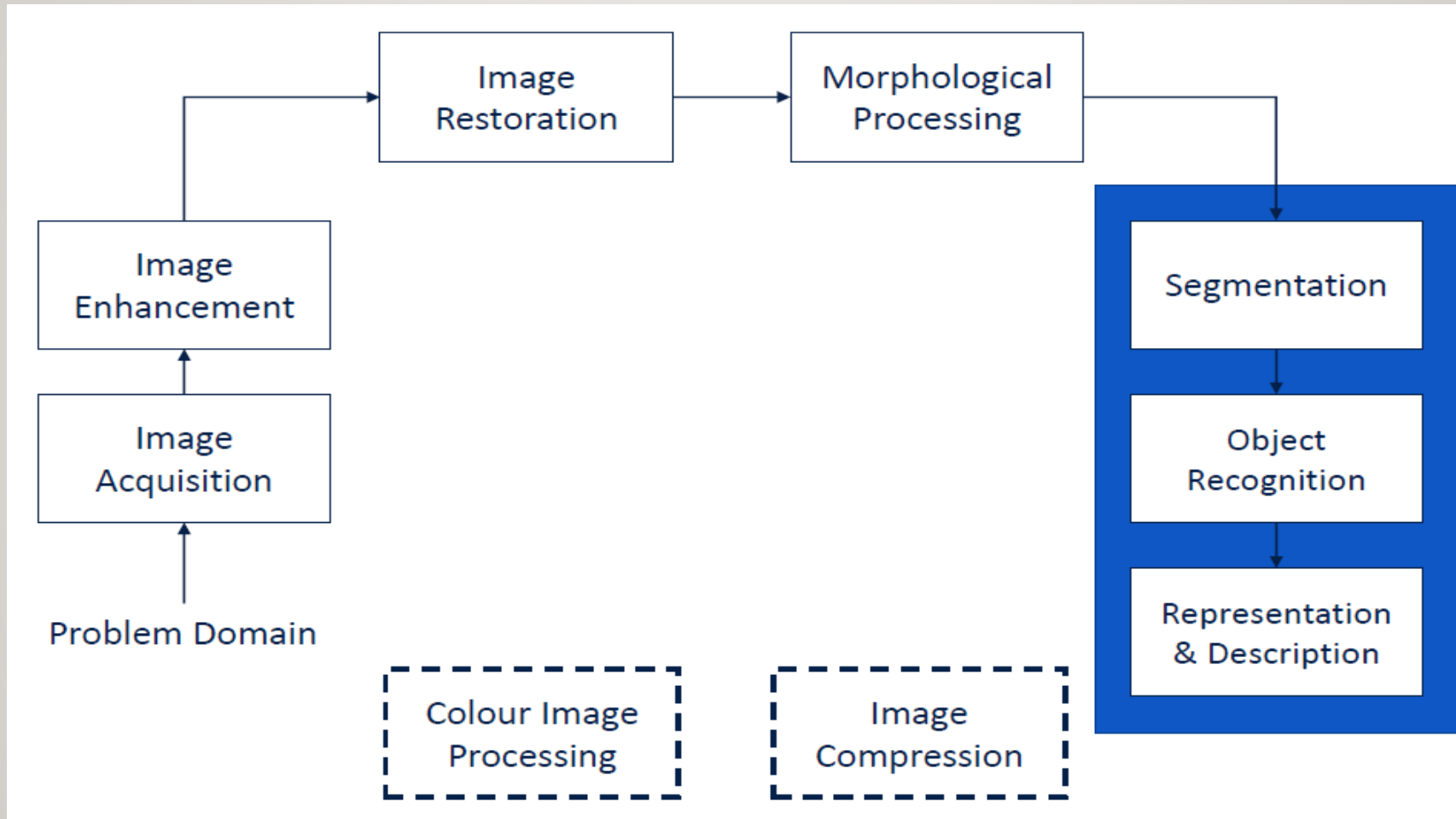
- Weighted method or luminosity method: $\text{New grayscale image} = (0.3 * R) + (0.59 * G) + (0.11 * B)$.



ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

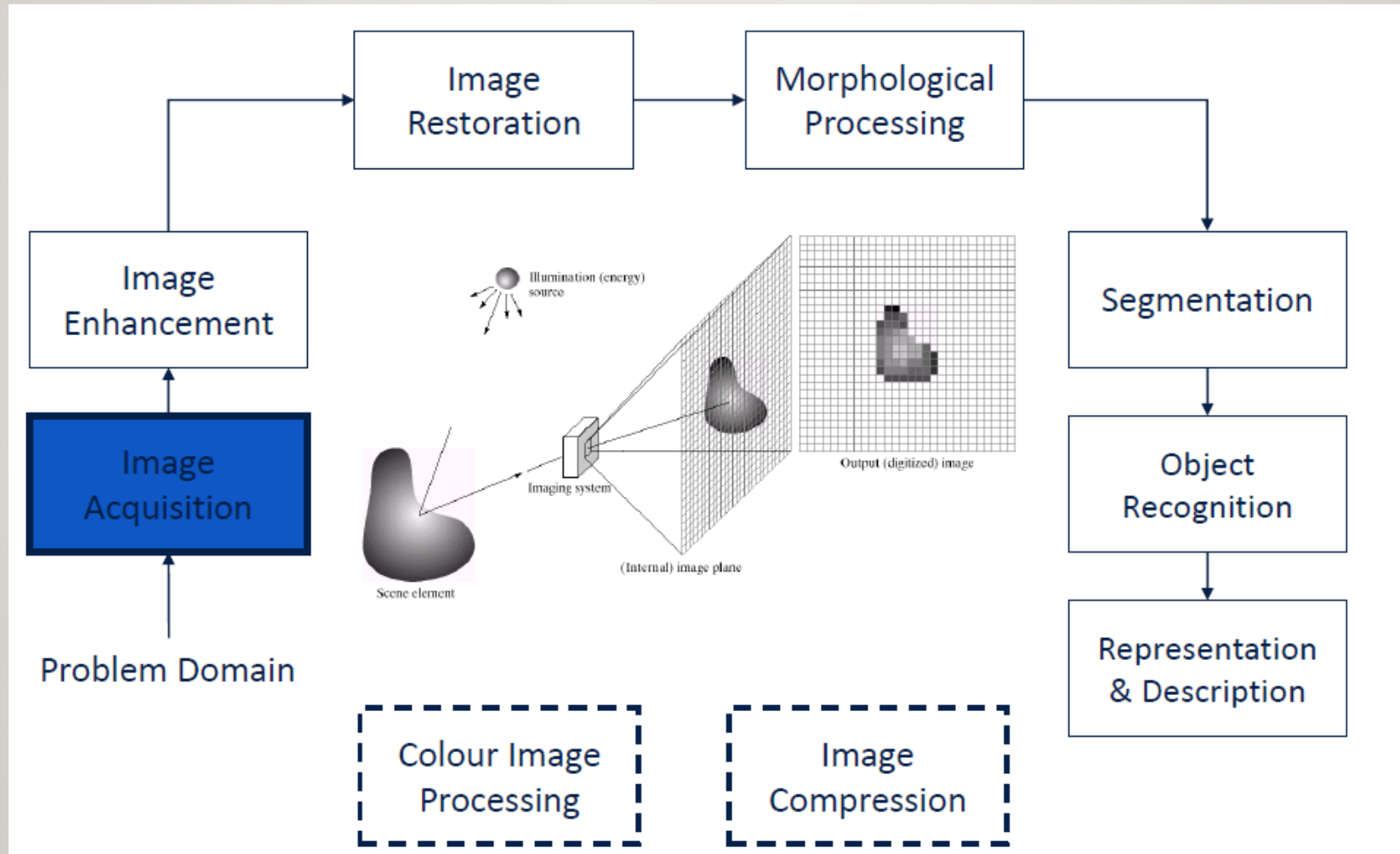
- Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας είναι ο κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που εφαρμόζει μία σειρά από λειτουργίες σε μια ψηφιακή εικόνα, με σκοπό να ληφθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα δίνεται, συνήθως, σε μορφή ψηφιακής εικόνας.
- Αν θεωρήσουμε τις εικόνες ως 2D σήματα τότε η ψηφιακή επεξεργασία 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
 - Καθαρισμός εικόνας από θόρυβο.
 - Εξομάλυνση εικόνας
 - Τονισμός ή ενίσχυση ορισμένων στοιχείων μιας εικόνας ώστε να γίνουν πιο ευδιάκριτα
 - Εντοπισμός αντικειμένων ή ομοιογενών περιοχών (κατάτμηση)
 - Συμπύεση εικόνας

ΒΑΣΙΚΑ ΜΠΛΟΚΣ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

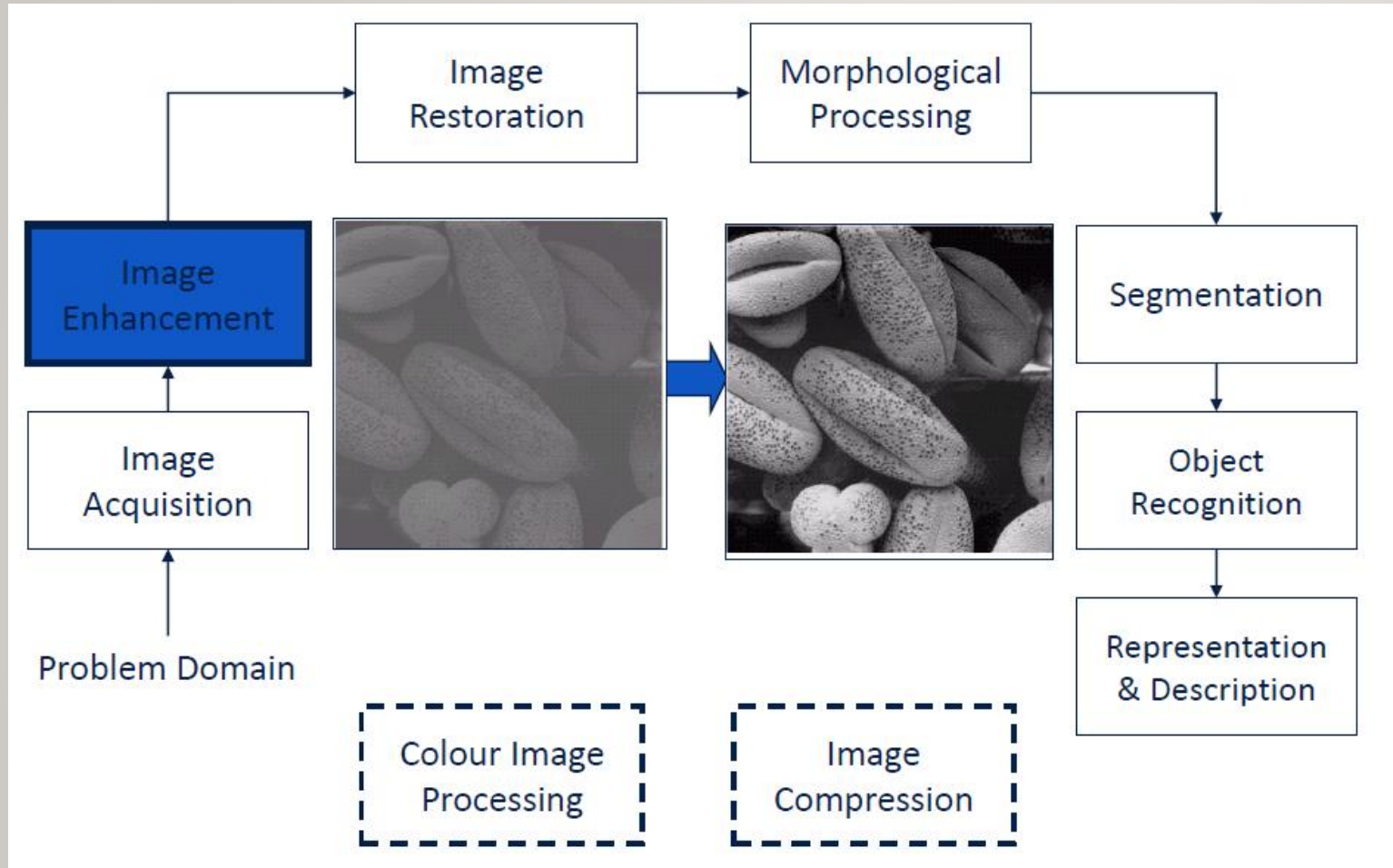


ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Αυτό είναι το πρώτο βήμα, όπου η εικόνα συλλέγεται από κάποια πηγή (π.χ. κάμερα, σαρωτής) και μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή. Η ποιότητα και ο τύπος της εικόνας που αποκτάται επηρεάζουν τα επόμενα στάδια επεξεργασίας.



ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ



Αφορά στη βελτίωση της εικόνας για καλύτερη οπτική παρουσίαση ή για να διευκολυνθεί η ανάλυση. Στόχος είναι να γίνουν τα χαρακτηριστικά της εικόνας πιο ευδιάκριτα.

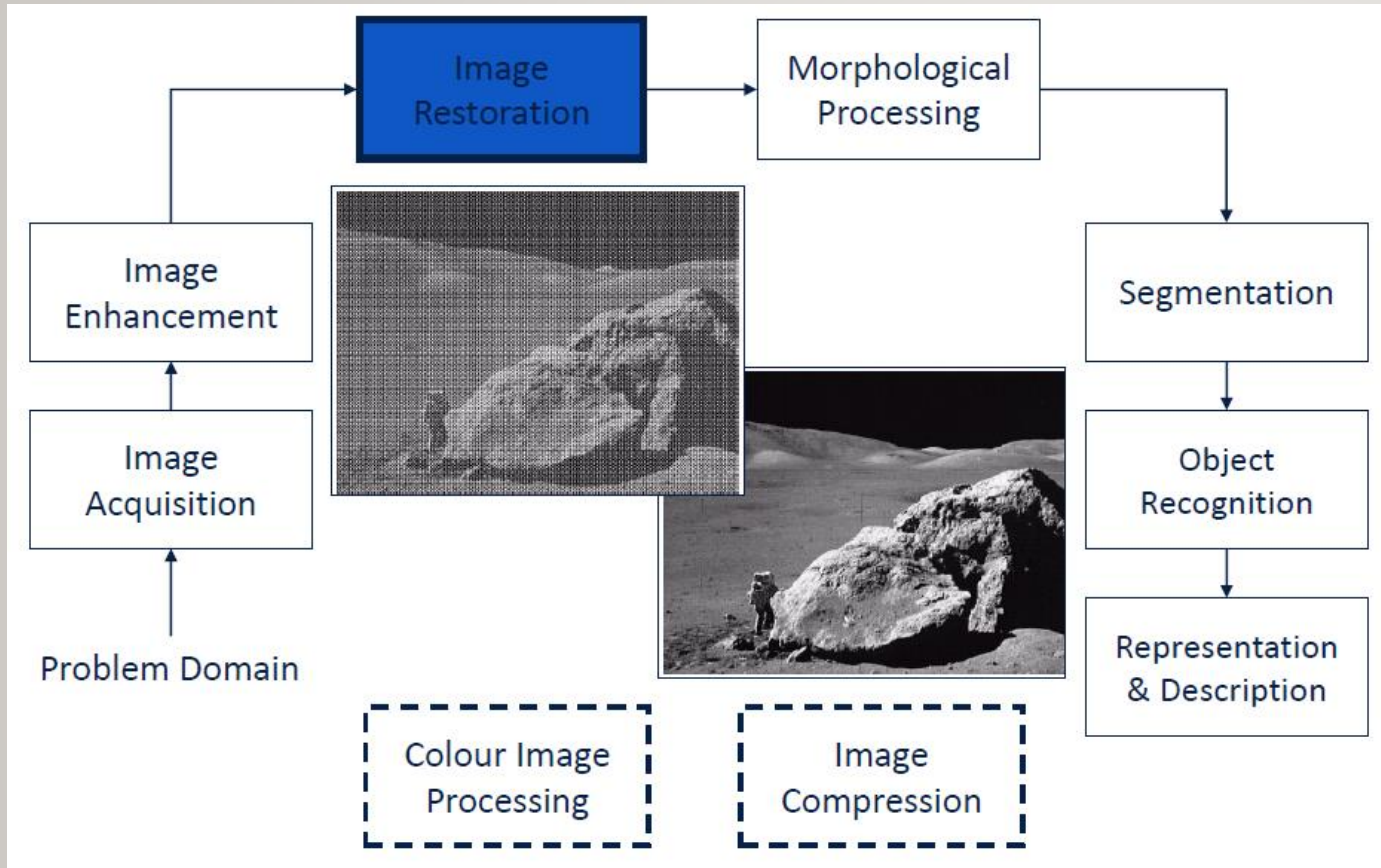
Τεχνικές

Ισοστάθμιση Ιστογράμματος: Βελτιώνει την αντίθεση της εικόνας διανέμοντας τα επίπεδα φωτεινότητας πιο ομοιόμορφα.

Προσαρμοστικό Φιλτράρισμα: Αφαιρεί τον θόρυβο ή βελτιώνει την ακρίβεια της εικόνας χρησιμοποιώντας φίλτρα όπως τα Average/Median Filters ή Gaussian Filters.

Φιλτράρισμα για μείωση θορύβου.
Εξομάλυνση εικόνας (smoothing).

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ



Στοχεύει στην αποκατάσταση εικόνων που έχουν υποστεί παραμορφώσεις. Βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα για τη διόρθωση των παραμορφώσεων.

Τεχνικές

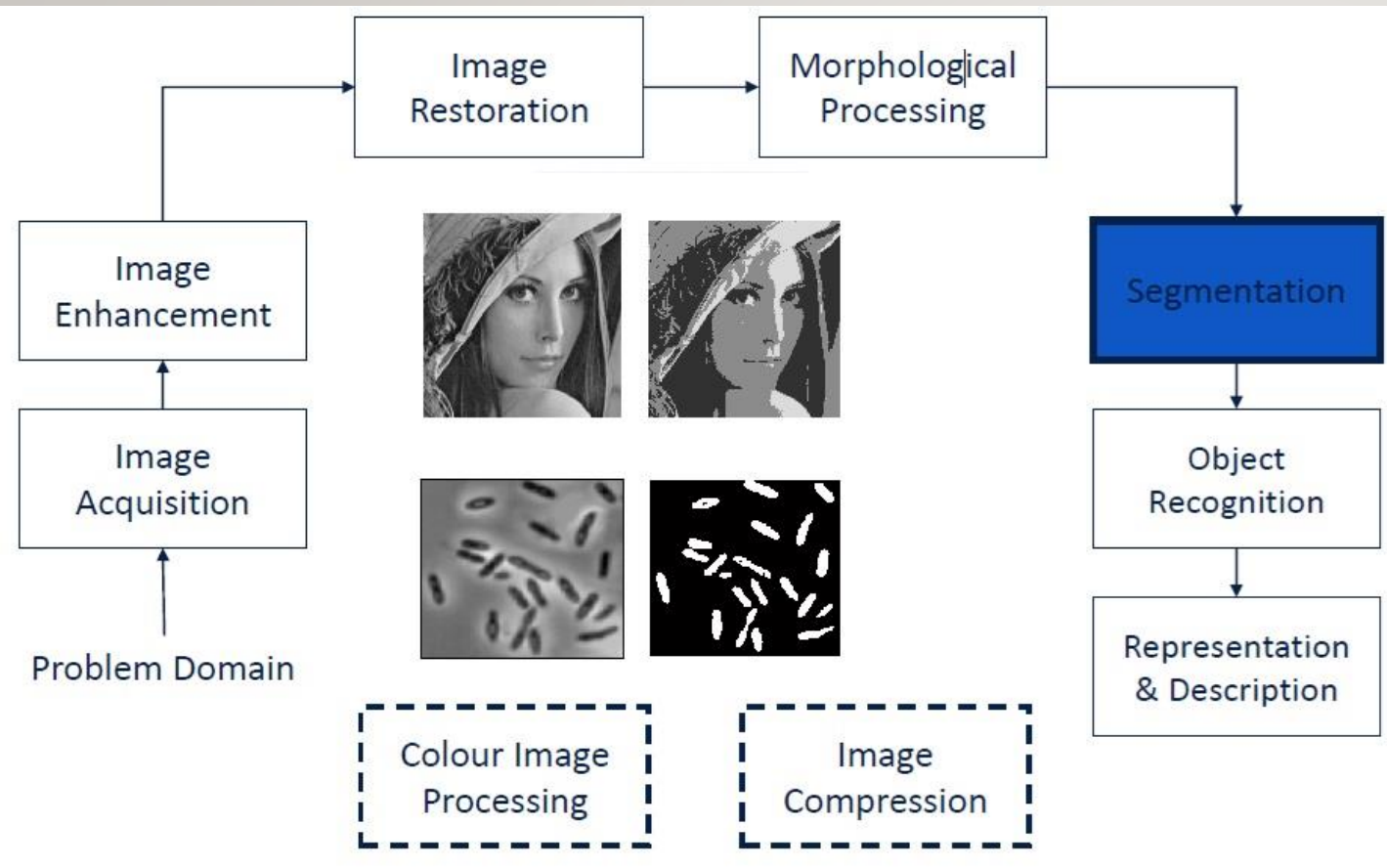
- Αντίστροφο Φιλτράρισμα:

Χρησιμοποιείται για την αναστροφή της θόλωσης που προκαλείται από συστήματα απεικόνισης, όπως κάμερες που δεν ήταν σε εστίαση.

- Φίλτρο Wiener:

Ιδανικό για την αποκατάσταση εικόνων που έχουν θόρυβο, καθώς λειτουργεί βάσει στατιστικών μοντέλων για την αποκατάσταση της εικόνας.

ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

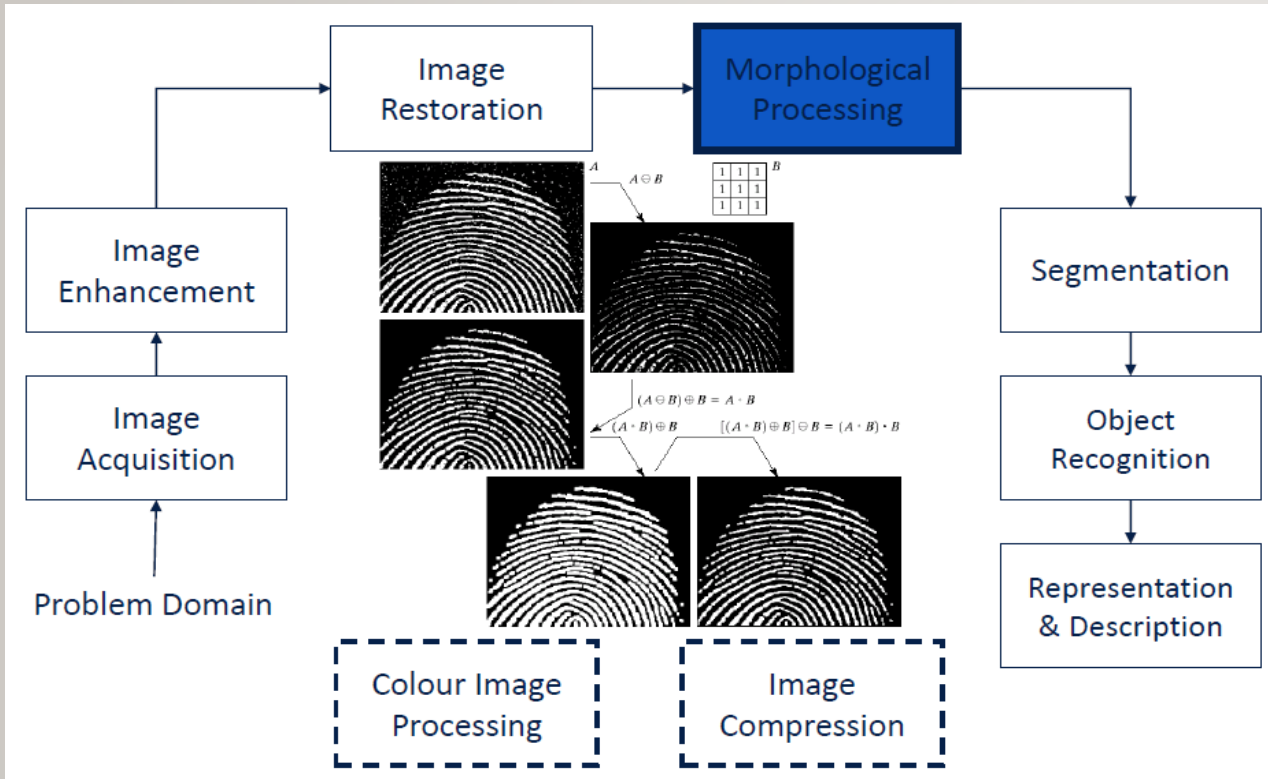


Η τμηματοποίηση (segmentation) χωρίζει την εικόνα σε περιοχές ή αντικείμενα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως το χρώμα ή η φωτεινότητα.

Τεχνικές

- **Thresholding (Οριοθέτηση μέσω Κατωφλιών):** Χωρίζει την εικόνα σε περιοχές με βάση την ένταση των pixels, όπως στον διαχωρισμό φόντου από το αντικείμενο.
- **Edge Detection (Ανίχνευση Ακμών):** Τεχνικές όπως το φίλτρο Sobel, Canny Edge Detector και Laplacian of Gaussian χρησιμοποιούνται για την εύρεση των ορίων των αντικειμένων.
- **Region-based Segmentation (Τμηματοποίηση βάσει Περιοχών):** Χωρίζει την εικόνα σε περιοχές με παρόμοιες ιδιότητες (π.χ. χρώμα, φωτεινότητα).

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ



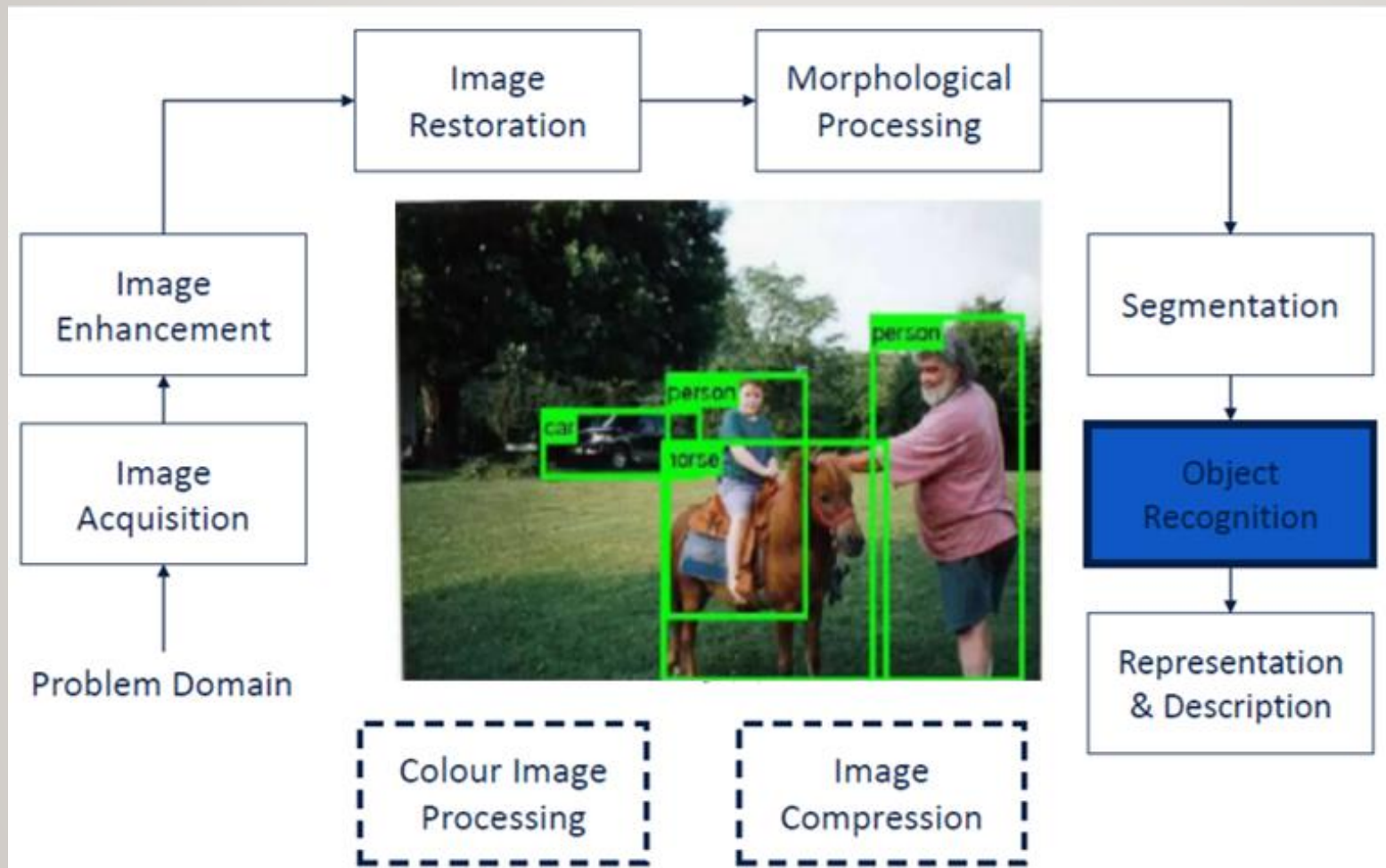
Η **Μορφολογία** και η **Τμηματοποίηση Εικόνας** έχουν κάποια κοινά σημεία, καθώς η μορφολογική επεξεργασία μπορεί να υποστηρίξει τη διαδικασία τμηματοποίησης. Οι μορφολογικές πράξεις συχνά χρησιμοποιούνται στην προεπεξεργασία της εικόνας για να βελτιώσουν τα δεδομένα πριν από την τμηματοποίηση, ή στη μεταεπεξεργασία για να αφαιρέσουν θόρυβο και ατέλειες από την τμηματοποιημένη εικόνα.

Η **μορφολογική επεξεργασία** χρησιμοποιείται για την ανάλυση της δομής των αντικειμένων στην εικόνα και βοηθά στον διαχωρισμό των στοιχείων.

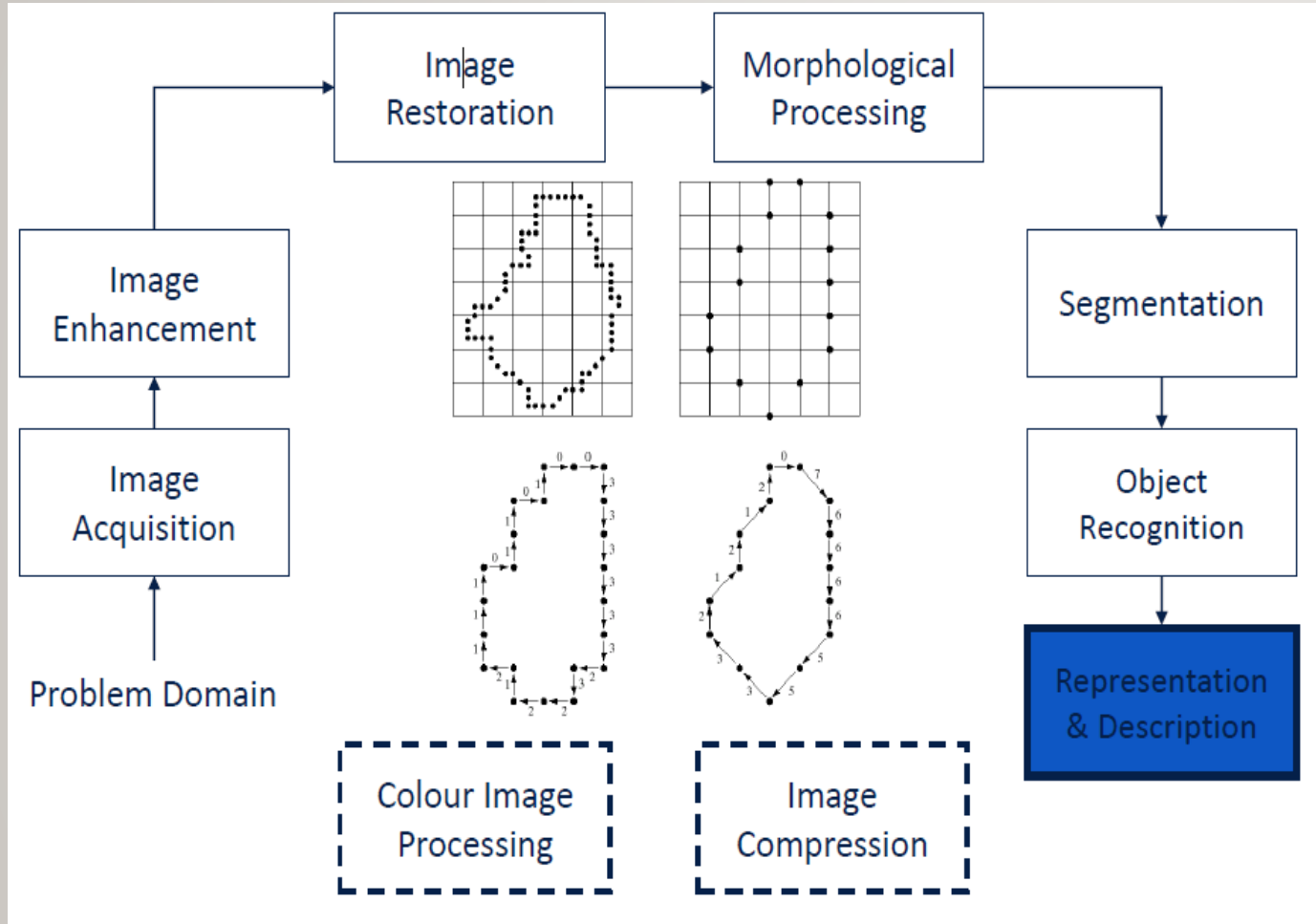
Τεχνικές

- **Erosion and Dilation (Διάβρωση και Διαστολή):** Χρησιμοποιούνται για να μειώσουν ή να διευρύνουν τα αντικείμενα της εικόνας. Η διάβρωση αφαιρεί πίξελ από τα όρια των αντικειμένων, ενώ η διαστολή προσθέτει.
- **Opening and Closing (Ανοιγμα και Κλείσιμο):** Συνδυασμός διάβρωσης και διαστολής για την αφαίρεση θορύβου και την εξομάλυνση των αντικειμένων.
- **Skeletonization (Σκελετοποίηση):** Μείωση των αντικειμένων της εικόνας σε σκελετική μορφή, χρησιμοποιείται για την αναγνώριση σχημάτων και την περιγραφή της μορφής.

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΕ ΕΙΚΟΝΑ



ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

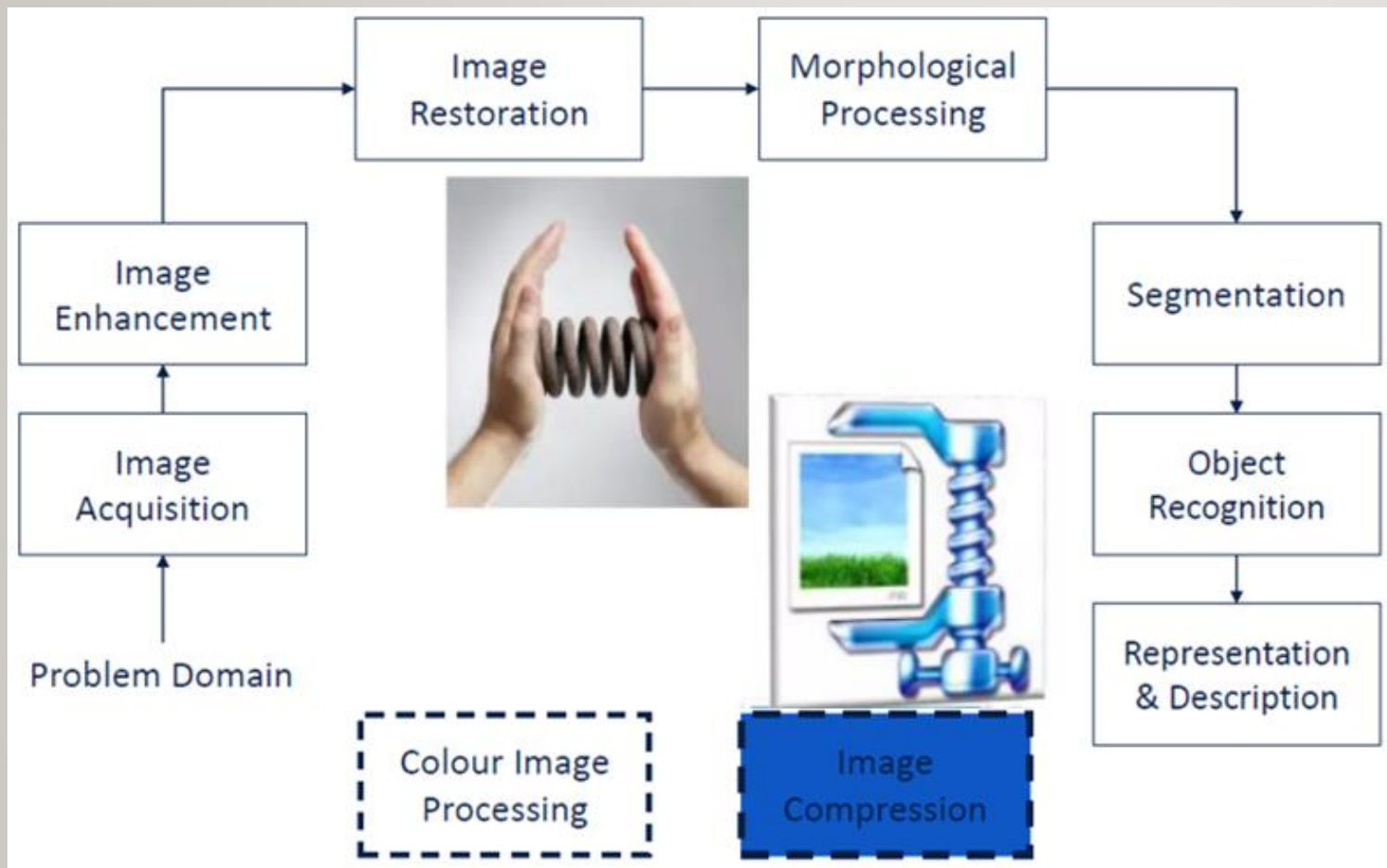


Ασχολείται με τη μετατροπή των αποτελεσμάτων της τμηματοποίησης σε μορφή που είναι κατάλληλη για επεξεργασία από τον υπολογιστή. Επιπλέον, εξάγει χαρακτηριστικά που βοηθούν στη διαφοροποίηση των αντικειμένων.

Τεχνικές

- Αναπαράσταση Ορίων (Boundaries representation): Καταγραφή των εξωτερικών περιγραμμάτων των αντικειμένων, συχνά μέσω αλγορίθμων όπως ο Κώδικας Αλυσίδας (Freeman Chain Code).
- Περιγραφή σχημάτων (shape descriptors): Fourier Descriptors ή Hu Moments, που παρέχουν αριθμητική περιγραφή των σχημάτων.
- Περιγραφή υφής

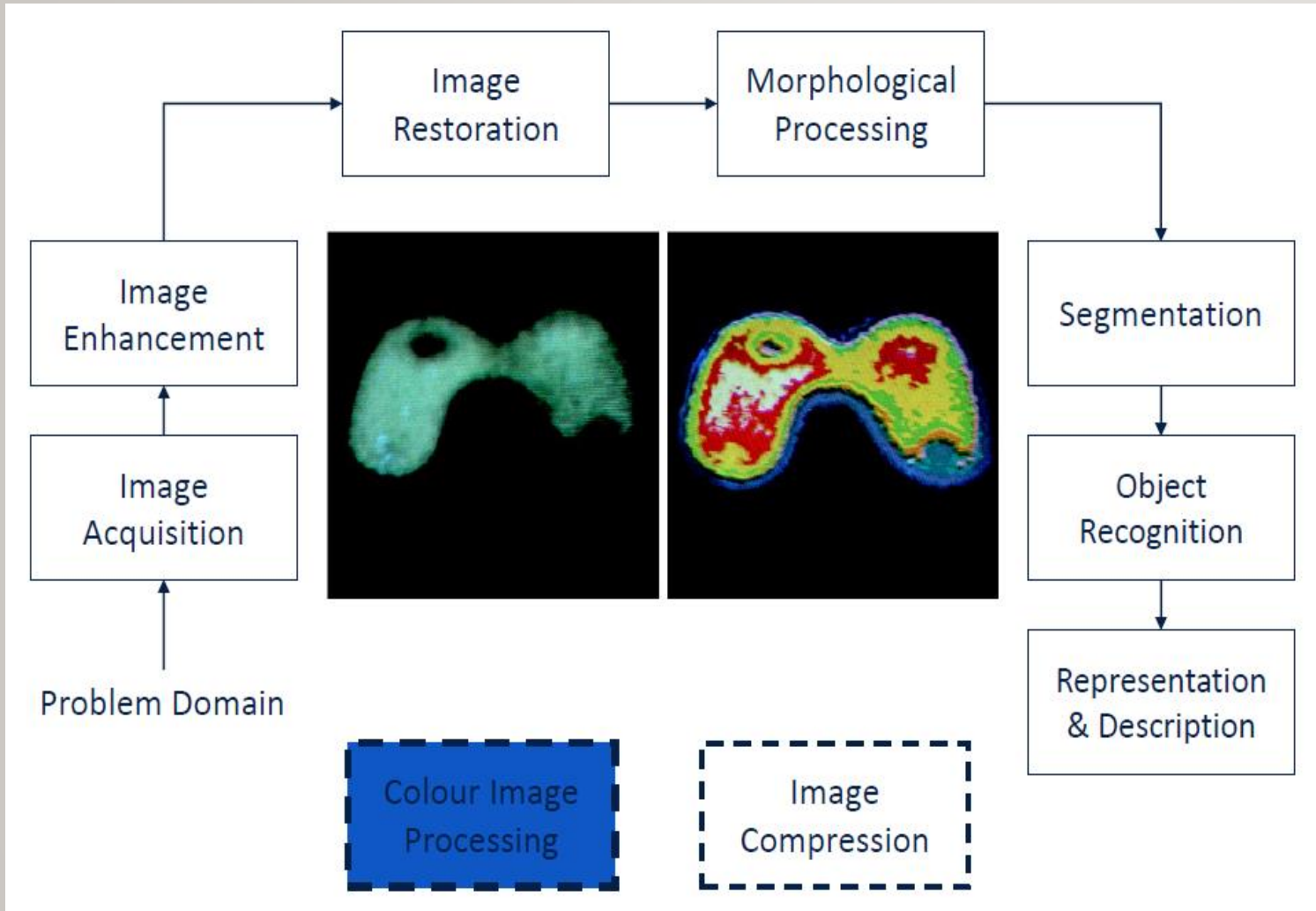
ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ



Η **συμπίεση εικόνας** είναι η διαδικασία μείωσης του μεγέθους ενός αρχείου εικόνας μέσω απόρριψης της πλεονάζουσας πληροφορίας, με σκοπό την εξοικονόμηση μνήμης, χώρου αποθήκευσης και την επιτάχυνση (χρόνου και εύρους ζώνης) της μεταφοράς του αρχείου.

Οι τεχνικές συμπίεσης είναι απωλεστικές και μη.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΓΧΡΩΜΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



Οι εικόνες αναλύονται και επεξεργάζονται με βάση τα χρώματα τους. Κάθε pixel στην έγχρωμη εικόνα αντιπροσωπεύεται από τρία χρωματικά κανάλια, συνήθως στο μοντέλο RGB (Red, Green, Blue), όπου συνδυάζονται διαφορετικές τιμές για να δημιουργήσουν το τελικό χρώμα.

Μετατροπή χρωματικού μοντέλου: Συχνά μετατρέπεται το χρωματικό μοντέλο από **RGB** σε άλλα όπως το **HSV (Hue, Saturation, Value)** ή **YUV, YCbCr** για πιο αποδοτική επεξεργασία, ανάλογα με την εφαρμογή.

Ενίσχυση χρώματος: Αλλαγές στη φωτεινότητα, την αντίθεση ή τον κορεσμό των χρωμάτων για να βελτιωθεί η οπτική ποιότητα.

ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

- **Βελτιωμένα οπτικά στοιχεία:** Η επεξεργασία εικόνας βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα και τη σαφήνεια των εικόνων, καθιστώντας τις πιο χρήσιμες και ελκυστικές.
- **Αποτελεσματική αποθήκευση και μετάδοση δεδομένων:** Με τεχνικές όπως η συμπίεση, η επεξεργασία εικόνας μειώνει το μέγεθος των αρχείων εικόνας, διευκολύνοντας την αποθήκευση και ταχύτερη μετάδοση.
- **Ακριβής ανάλυση και ερμηνεία:** Επιτρέπει την ακριβή και αυτοματοποιημένη ανάλυση των οπτικών δεδομένων, η οποία είναι ζωτικής σημασίας σε τομείς όπως η ιατρική απεικόνιση και η τηλεπισκόπηση.
- **Αυτοματισμός και Ταχύτητα:** Η αυτοματοποιημένη επεξεργασία εικόνας επιταχύνει εργασίες που θα ήταν χρονοβόρες και εντατικές εάν γίνονταν χειροκίνητα, όπως η ταξινόμηση ή η επιθεώρηση προϊόντων.
- **Βελτιωμένη ασφάλεια και προστασία:** Οι εφαρμογές επιτήρησης και βιομετρίας ενισχύουν τα συστήματα ασφαλείας, καθιστώντας τα πιο αξιόπιστα και αποτελεσματικά.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



Machine/Robot
vision



Color
processing



Pattern
recognition



Video
processing



Transmission
and encoding



The medical
field



Image sharpening
and restoring



Facial
recognition