

Συμπίεση Δεδομένων

2013-2014

JPEG 2000

- ▶ Βασικά χαρακτηριστικά
 - ▶ Επιτρέπει συμπίεση σε εξαιρετικά χαμηλούς ρυθμούς όπου η συμπίεση με το JPEG εισάγει μεγάλες παραμορφώσεις
 - ▶ Ενσωμάτωση απωλεστικής και μη απωλεστικής κωδικοποίησης
 - ▶ Υποστήριξη εικόνων με μεγέθη μεγαλύτερα από 64kp x 64kp
 - ▶ Μοναδική αρχιτεκτονική αποκωδικοποιητών (>40 για το JPEG)
 - ▶ Μειωμένη επίδραση θορύβου στην ποιότητα της εικόνας
 - ▶ Υψηλότερη απόδοση σε τεχνητές εικόνες
 - ▶ Υψηλότερη απόδοση σε δυαδικές (0/1) εικόνες

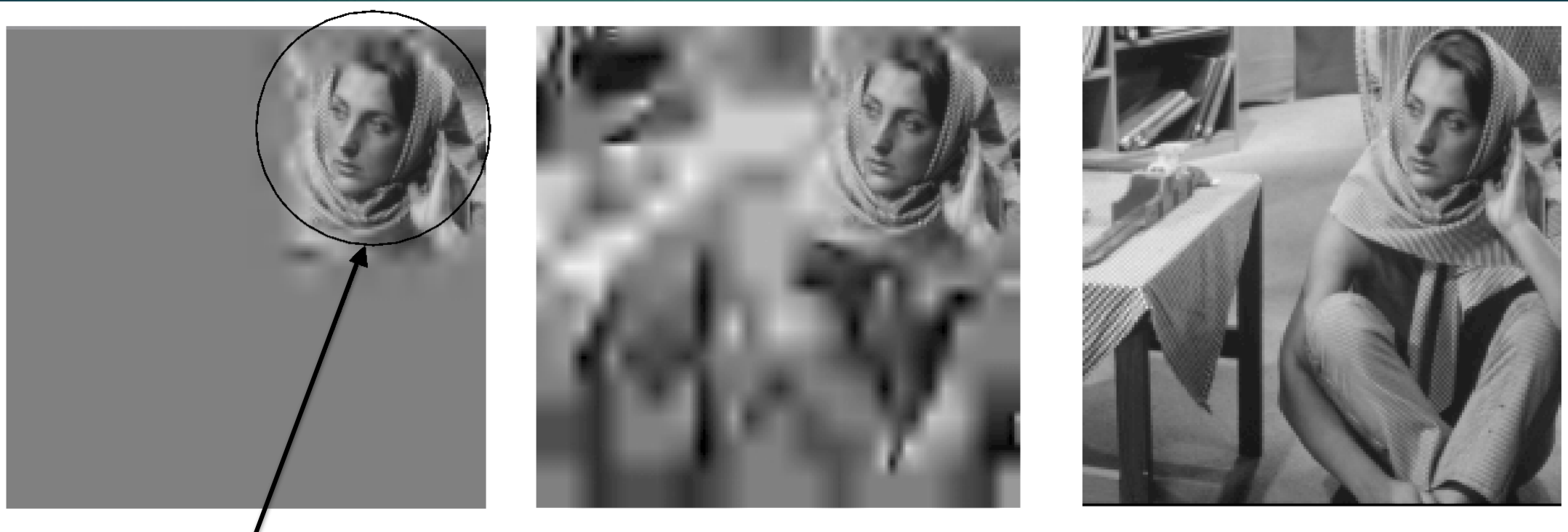
Στρωμάτωση

Δ9

- ▶ Στρωμάτωση Ανάλυσης
 - ▶ Κατά τη λήψη της εικόνας (bitstream) αυξάνεται η ανάλυση την λαμβανόμενης εικόνας
- ▶ Στρωμάτωση Ποιότητας
 - ▶ Κατά τη λήψη της εικόνας μειώνεται η παραμόρφωση (αυξάνεται το SNR)
- ▶ Στρωμάτωση περιοχών εικόνας
 - ▶ Κατά τη λήψη της εικόνας λαμβάνονται διαδοχικές περιοχές της εικόνας που συνεχώς επεκτείνεται
- ▶ Στρωμάτωση χρωματικών συνιστωσών
 - ▶ Κατά τη λήψη της εικόνας λαμβάνονται διαδοχικά οι διαφορετικές συνιστώσες
- ▶ Μπορούν να γίνουν συνδυασμοί στρατηγικών στρωμάτωσης

Στρωμάτωση

Δ9



Περιοχή ενδιαφέροντος

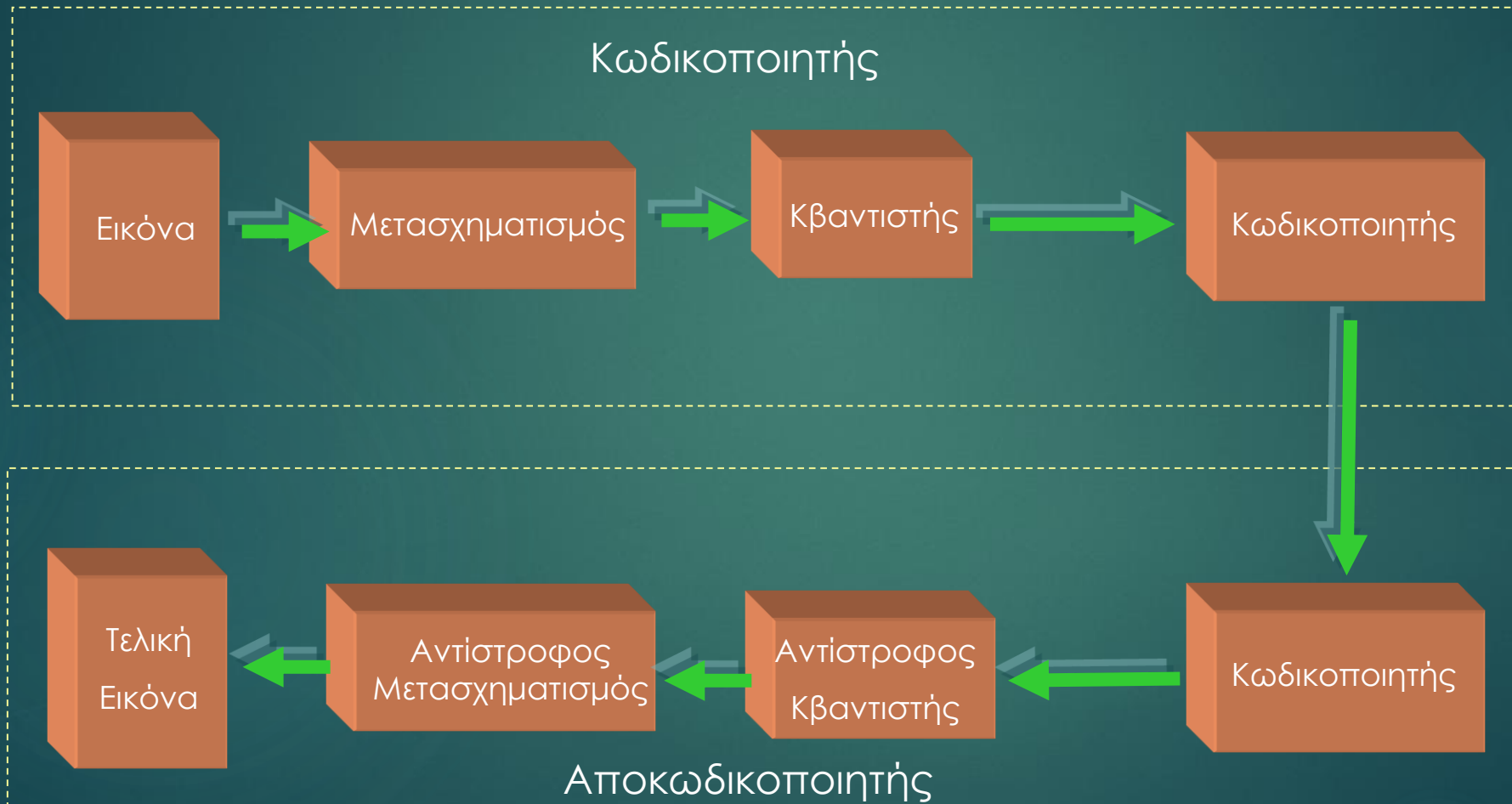
Πλεονεκτήματα στρωμάτωσης

Δ9

- ▶ Κατά την κωδικοποίηση δεν είναι απαραίτητη η γνώση των αναγκών του παραλήπτη μιας εικόνας
- ▶ Μια εικόνα μπορεί να διανεμηθεί σε πολλούς παραλήπτες με διαφορετικές ανάγκες σε ανάλυση, ποιότητα, περιοχές ενδιαφέροντος κ.α.
- ▶ Υπάρχει η δυνατότητα αλληλεπίδρασης ώστε ο παραλήπτης να λάβει εικόνες μεγαλύτερης ανάλυσης, συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος κ.α.
- ▶ Στην περίπτωση τερματισμού σύνδεσης λόγω λήξης χρόνου ή άλλων περιορισμών ο παραλήπτης έχει λάβει την καλύτερη δυνατή ποιότητα εικόνας δεδομένων των συνθηκών λήψης

Κωδικοποιητής-Αποκωδικοποιητής JPEG2000

Δ9



Κωδικοποίηση εικόνας με JPEG 2000

Δ9

- ▶ Μία εικόνα χωρίζεται σε χρωματικές συνιστώσες
- ▶ Κάθε χρωματική συνιστώσα χωρίζεται σε περιοχές
- ▶ Σε κάθε περιοχή εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός κυματιδίου. Κάθε περιοχή χωρίζεται σε ζώνες διαφορετικής ανάλυσης
- ▶ Σε κάθε ζώνη υπάρχουν συντελεστές που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ζώνης
- ▶ Οι συντελεστές κβαντίζονται και κωδικοποιούνται κατά επίπεδα σημαντικότητας bit
- ▶ Η διαδικασία μπορεί να λάβει υπόψη της περιοχές ενδιαφέροντος και να τις κωδικοποιήσει με καλύτερη ποιότητα
- ▶ Κάθε αρχείο έχει κεφαλίδα με περιγραφή των λεπτομερειών κωδικοποίησης

Προεπεξεργασία

- ▶ Μετασχηματισμός χρώματος (Προαιρετικός)
 - ▶ Εφαρμόζεται κατάλληλος μετασχηματισμός χρώματος για την αποσύζευξη των χρωματικών συνιστωσών

Κωδικοποιητής JPEG 2000 (Μετασχηματισμός Χρώματος)

- ▶ Διαφορετικά είδη μετασχηματισμού χρώματος
- ▶ Αντιστρεπτοί (με μηδενική απώλεια πληροφορίας)
 - ▶ Χρήση στη μη απωλεστική κωδικοποίηση με JPEG2000
- ▶ Μη αντιστρεπτοί (με απώλεια πληροφορίας)
 - ▶ Χρήση στην απωλεστική κωδικοποίηση με JPEG2000

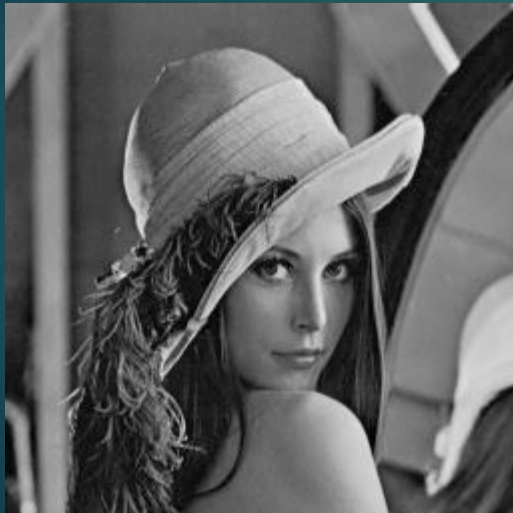
Προεπεξεργασία

Δ9

- ▶ Μετασχηματισμός χρώματος (Προαιρετικός)
 - ▶ Εφαρμόζεται κατάλληλος μετασχηματισμός χρώματος για την αποσύζευξη των χρωματικών συνιστωσών
- ▶ Ορισμός Περιοχών (Προαιρετικός)
 - ▶ Η εικόνα σε κάθε συνιστώσα χωρίζεται σε περιοχές για να μειωθούν οι απαιτήσεις σε μνήμη
 - ▶ Οι περιοχές είναι μη επικαλυπτόμενες και κωδικοποιούνται ανεξάρτητα
 - ▶ Το μέγεθος των περιοχών επηρεάζει την ποιότητα της εικόνας (μικρές περιοχές εισάγουν φαινόμενα παρόμοια με τα φαινόμενα block)

Κωδικοποιητής JPEG 2000 (Ορισμός περιοχών)

Δ9



Επίδραση μεγέθους περιοχών στην Ποιότητα Εικόνας (SNR)

	64x64	128x128	Χωρίς περιοχές
Ρυθμός (bps)			
0,125	20,03	23,1	25,26
0,25	23,62	25,89	26,98
0,5	26,5	27,33	29,1

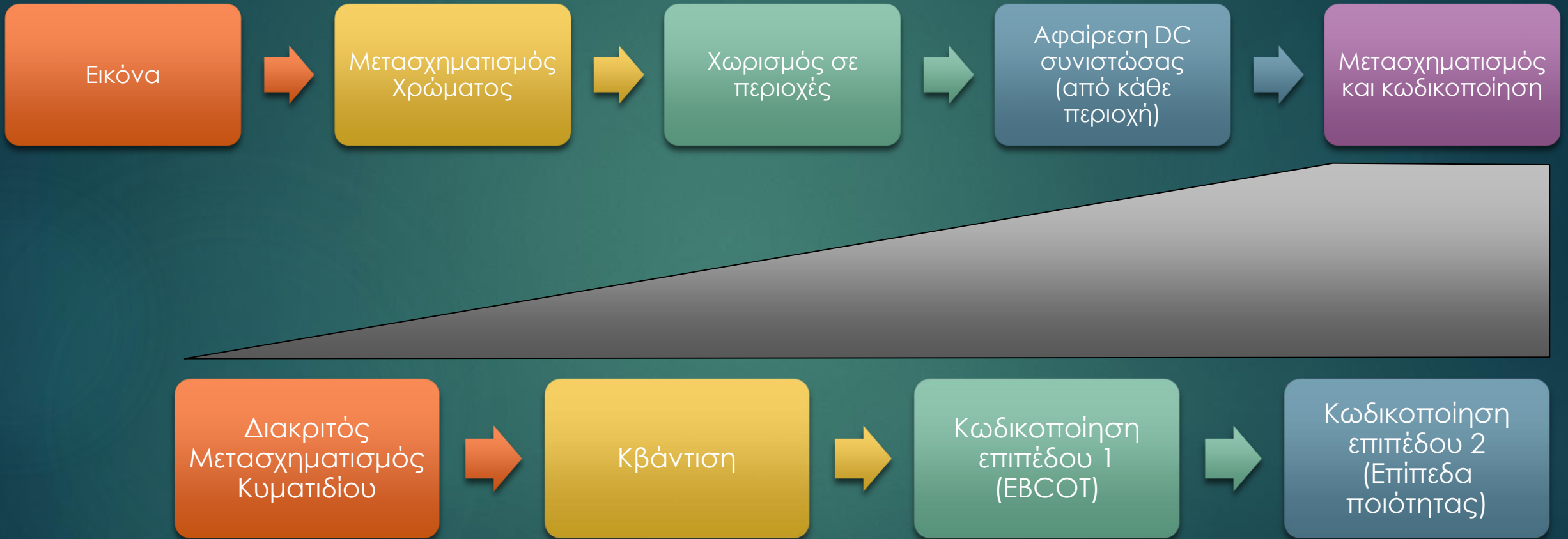
Προεπεξεργασία

Δ9

- ▶ Μετασχηματισμός χρώματος (Προαιρετικός)
 - ▶ Εφαρμόζεται κατάλληλος μετασχηματισμός χρώματος για την αποσύζευξη των χρωματικών συνιστωσών
- ▶ Ορισμός Περιοχών (Προαιρετικός)
 - ▶ Η εικόνα σε κάθε συνιστώσα χωρίζεται σε περιοχές για να μειωθούν οι απαιτήσεις σε μνήμη
 - ▶ Οι περιοχές είναι μη επικαλυπτόμενες και κωδικοποιούνται ανεξάρτητα
 - ▶ Το μέγεθος των περιοχών επηρεάζει την ποιότητα της εικόνας (μικρές περιοχές εισάγουν φαινόμενα παρόμοια με τα φαινόμενα block)
- ▶ Μέσο επίπεδο φωτεινότητας
 - ▶ Από τα δεδομένα αφαιρείται η μέση τιμή φωτεινότητας ώστε να έχει περίπου συμμετρική κατανομή γύρω από το 0
- ▶ Εφαρμογή Μετασχηματισμού-κωδικοποίησης
 - ▶ Όλες οι διαδικασίες εφαρμόζονται ανεξάρτητα στις διαφορετικές περιοχές

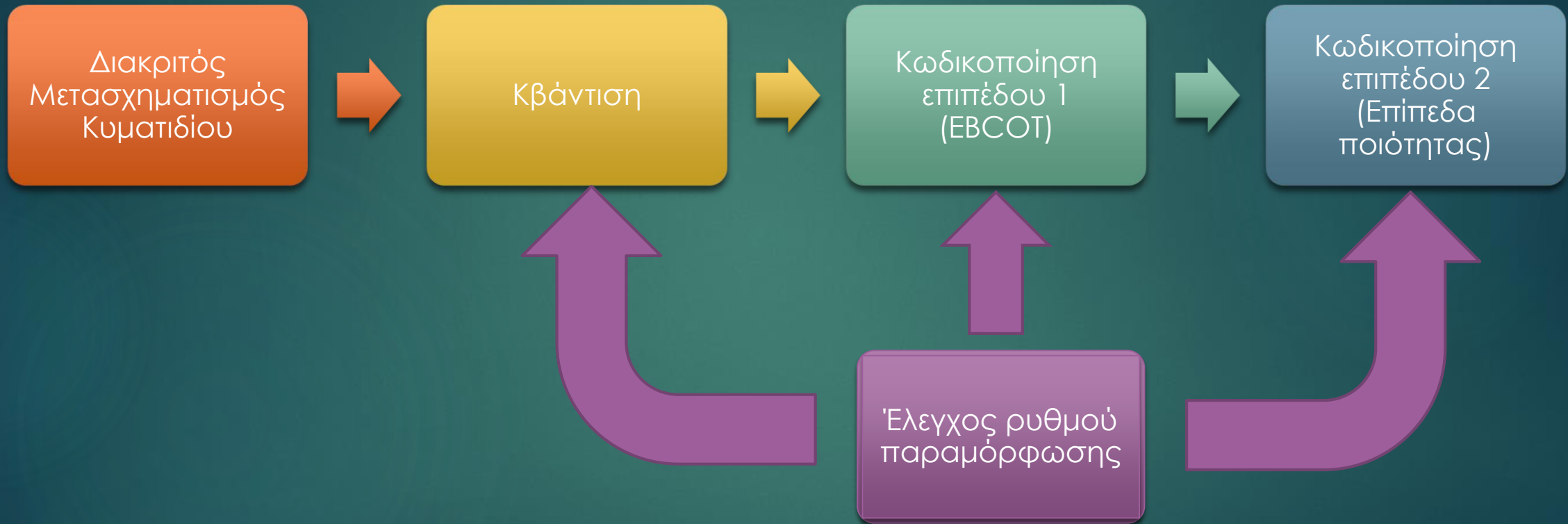
Δομή κωδικοποιητή

Δ9



Δομή κωδικοποιητή

Δ9



Επιλογή μετασχηματισμού

Δ9

- ▶ Χρησιμοποιούνται διακριτοί μετασχηματισμοί κυματιδίων
- ▶ Οι μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούνται είναι ορθογώνιοι
- ▶ Διαθέτουν πολλαπλές βαθμίδες και σε κάθε αύξηση βαθμίδας υποδιπλασιάζεται το μέγεθος της ζώνης (Υποστηρίζονται έως 32 βαθμίδες)



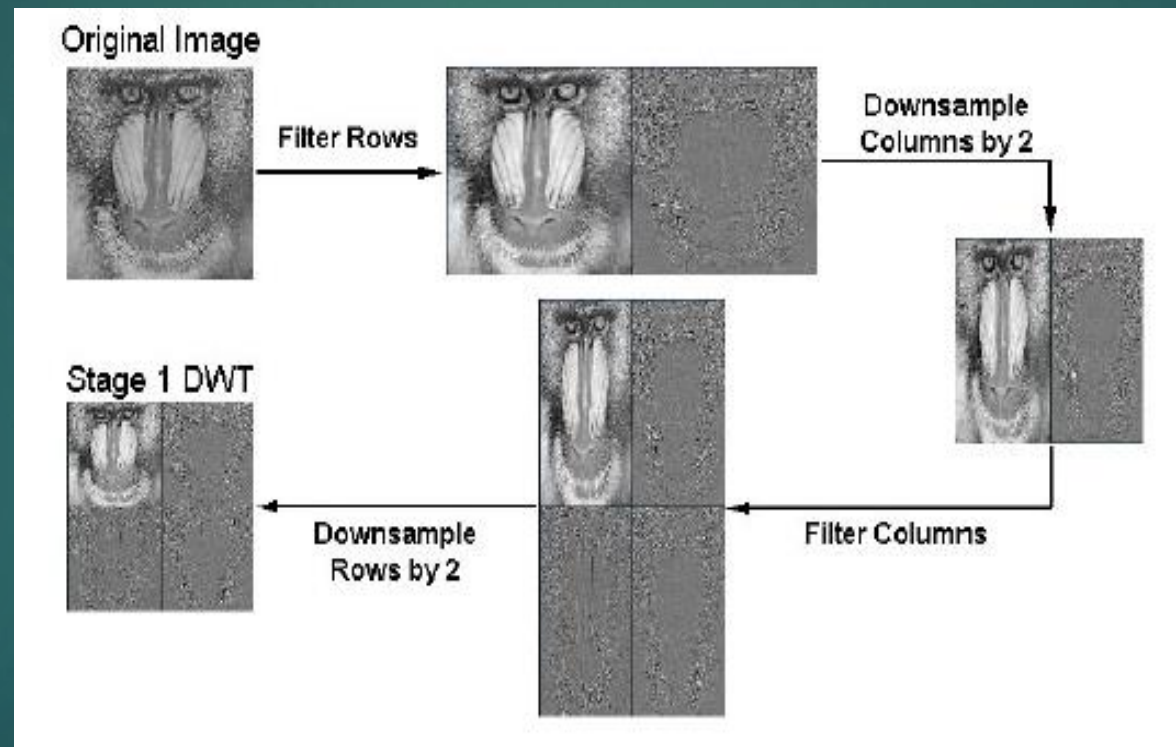
Επιλογή μετασχηματισμού

- ▶ Μετασχηματισμός 9/7 (CDF) : Απωλεστική κωδικοποίηση
 - ▶ Χρήση αριθμητικής κινητής υποδιαστολής
 - ▶ Καλύτερη απόδοση σε χαμηλούς ρυθμούς
 - ▶ Υψηλή πολυπλοκότητα
- ▶ Μετασχηματισμός (5/3) (LeGall) : Μη απωλεστική κωδικοποίηση
 - ▶ Χρήση αριθμητικής ακεραίων
 - ▶ Χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα
- ▶ Η εφαρμογή γίνεται με δύο δυνατούς τρόπους
 - ▶ Με χρήση συνέλιξης
 - ▶ Με χρήση του σχήματος W.Sweldens (Lifting)

Εφαρμογή μετασχηματισμού

Δ9

- ▶ Αρχικά γίνεται εφαρμογή φίλτρων και υποδειγματοληψίας για να καθοριστούν οι διαφορετικές συχνοτικές ζώνες



Εφαρμογή μετασχηματισμού

Δ9

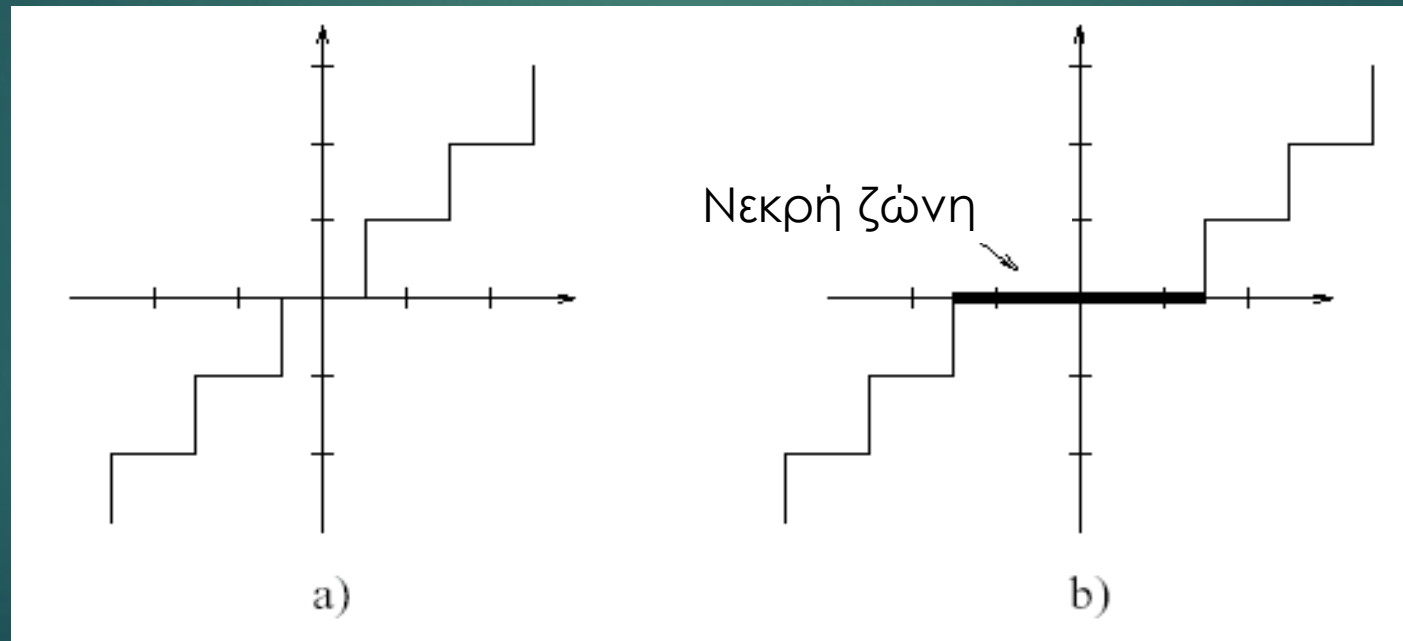
- ▶ Αρχικά γίνεται εφαρμογή φίλτρων και υποδειγματοληψίας για να καθοριστούν οι διαφορετικές συχνοτικές ζώνες



Κβάντιση

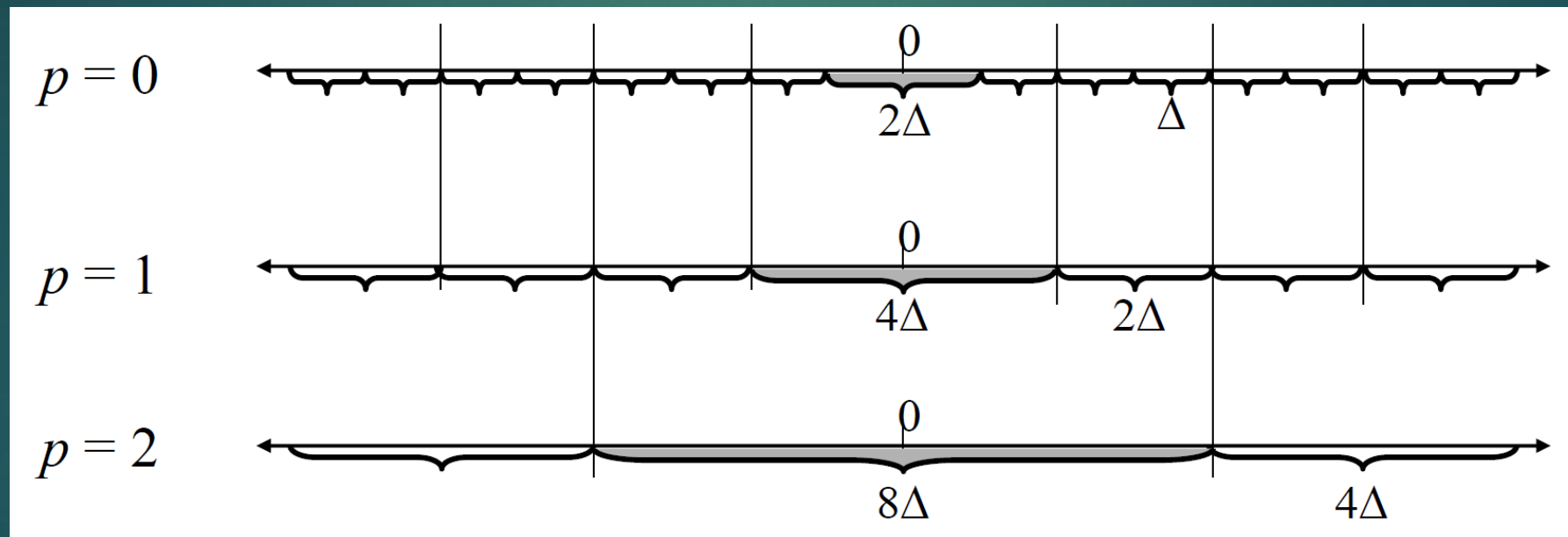
Δ9

- ▶ Γίνεται χρήση κβαντιστών των οποίων όλες οι στάθμες είναι ίσες πλὴν της (μηδενικής) κεντρικής που είναι διπλάσια από τις υπόλοιπες
- ▶ Η εξάλειψη μικρών συντελεστών συνεισφέρει στη μεγάλη μείωση του ρυθμού με μικρή αύξηση της παραμόρφωσης



Κβάντιση

- ▶ Μεταβάλλοντας το πλάτος της ζώνης μηδενισμού και αντίστοιχα το πλάτων των υπολοίπων σταθμών του κβαντιστή είναι δυνατή η κατασκευή κβαντιστών διαφορετικών επιπέδων ποιότητας



- ▶ Ο παραπάνω τρόπος κατασκευής του κβαντιστή δίνει μεγάλη ευελιξία στην κωδικοποίηση διότι ισχύει η σχέση

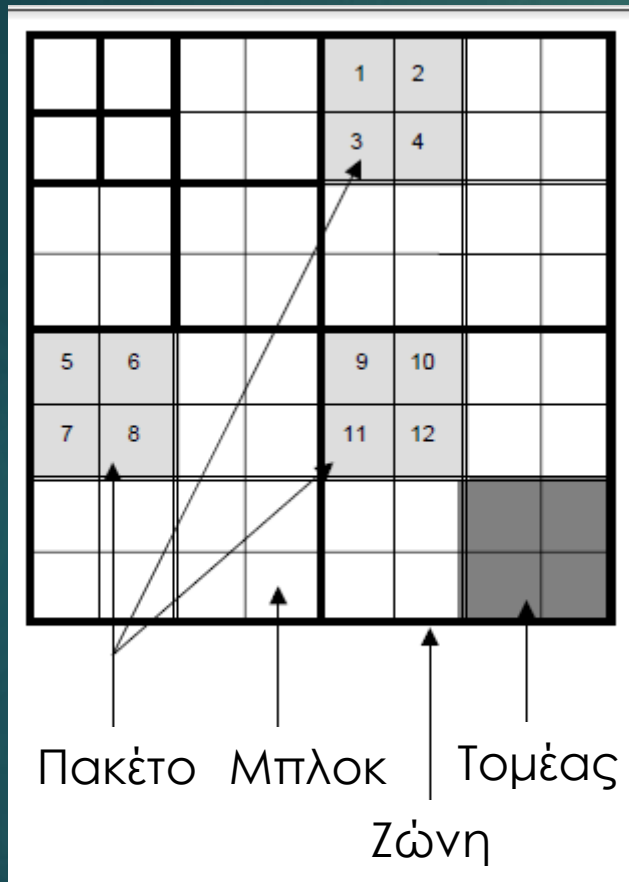
$$q_b^{(p)}(j) = \text{sign}\{y_b(j)\} \cdot \left\lfloor \frac{|y_b(j)|}{2^p \cdot \Delta} \right\rfloor$$

- ▶ Η οποία δίνει ότι

$$q_b^{(p)}(j) = \text{sign}\{q_b^{(0)}(j)\} \cdot \left\lfloor \frac{|q_b^{(0)}(j)|}{2^p} \right\rfloor$$

Ομαδοποίηση Συντελεστών

Δ9



- ▶ Τομέας: Κάθε ζώνη χωρίζεται σε τομείς
- ▶ Πακέτο: Τρεις χωρικά συσχετισμένοι τομείς αποτελούν ένα πακέτο
- ▶ Μπλοκ: Κάθε τομέας διαιρείται σε ένα σύνολο από μη επικαλυπτόμενα Μπλοκ
- ▶ Οι συντελεστές του κάθε μπλοκ κωδικοποιούνται αυτόνομα από τον κωδικοποιητή εντροπίας/αριθμητικό κωδικοποιητή
- ▶ Σε κάθε πακέτο τα μπλοκ σαρώνονται με οριζόντια σάρωση ανά τομέα

Σειρά κωδικοποίησης

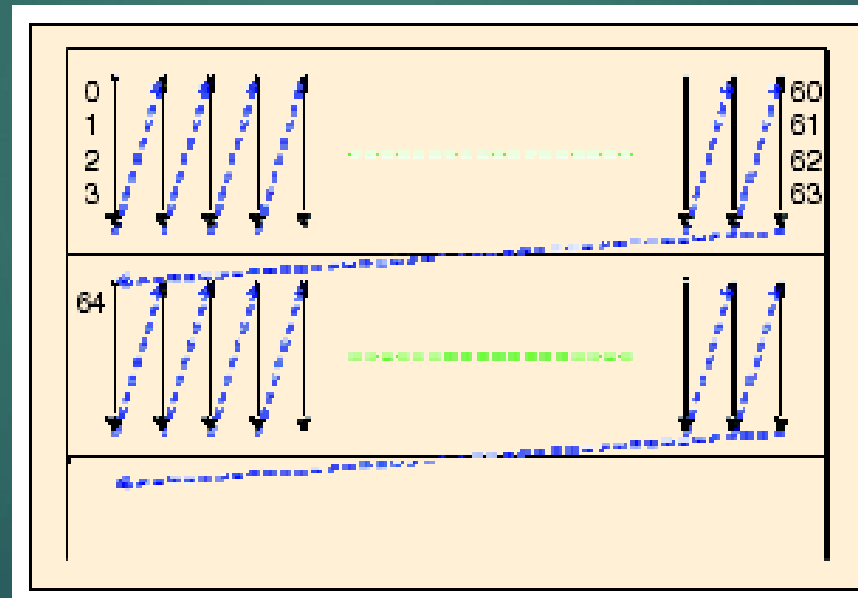
Δ9

- ▶ Κάθε ζώνη χωρίζεται σε τετράγωνα μπλόκ (τομείς)
- ▶ Κάθε τομέας χωρίζεται σε μη επικαλύπτομενα μπλόκ κωδικοποίησης
- ▶ Τρεις τομείς από γειτονικές ζώνες ορίζουν ένα πακέτο
- ▶ Σε κάθε πακέτο τα μπλόκ κωδικοποίησης διατρέχονται με τη σειρά
- ▶ Κάθε μπλόκ κωδικοποίησης κωδικοποιείται ξεχωριστά

Διάταξη συντελεστών

Δ9

- ▶ Οι συντελεστές σε κάθε μπλόκ αναδιατάσσονται ώστε να γίνει δυνατή η κωδικοποίηση τους με κάποιο σχήμα κωδικοποίησης



Κωδικοποίηση συντελεστών

Δ9

0	1	0	0
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0

Πρόσημο



4	-1	13	15
10	4	0	9
2	-5	14	7
11	8	-15	3

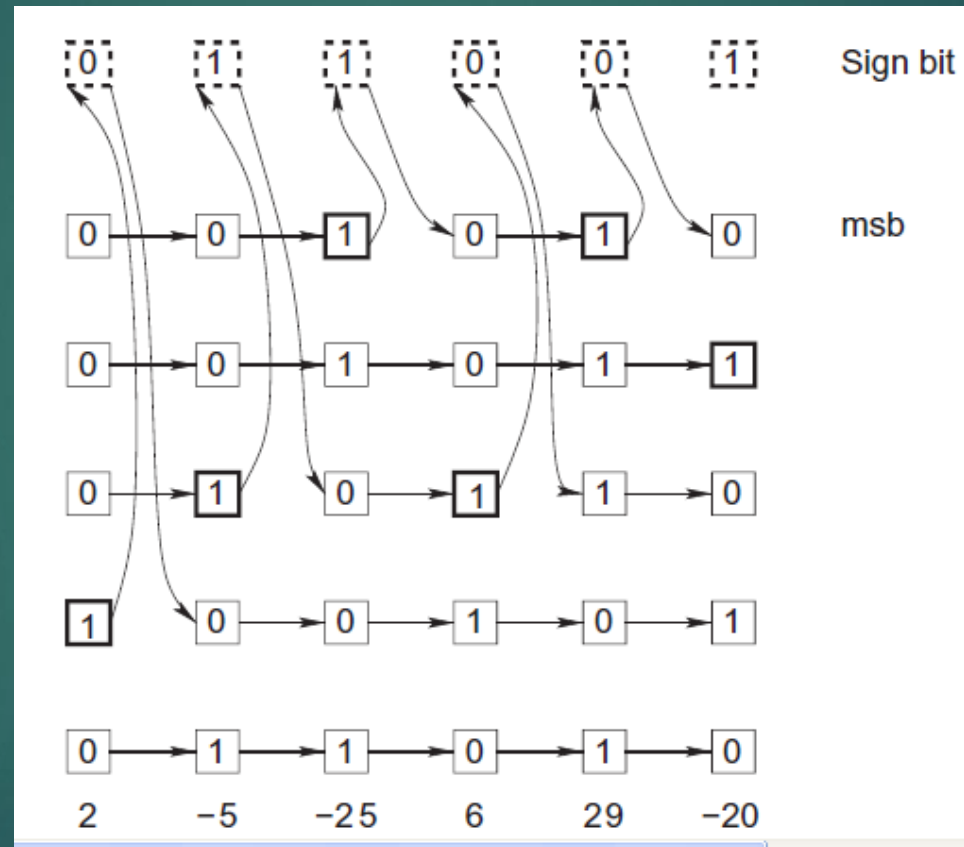
Αρχικοί
Συντελεστές



4	1	13	15
10	4	0	9
2	5	14	7
11	8	15	3

Μέτρο

Κωδικοποίηση συντελεστών (EBCOT)



D. Taubman, M. Marcellin, 'JPEG2000: Standard for Interactive Imaging'

Κωδικοποίηση συντελεστών (Κατά τμήματα, τριών σταδίων)

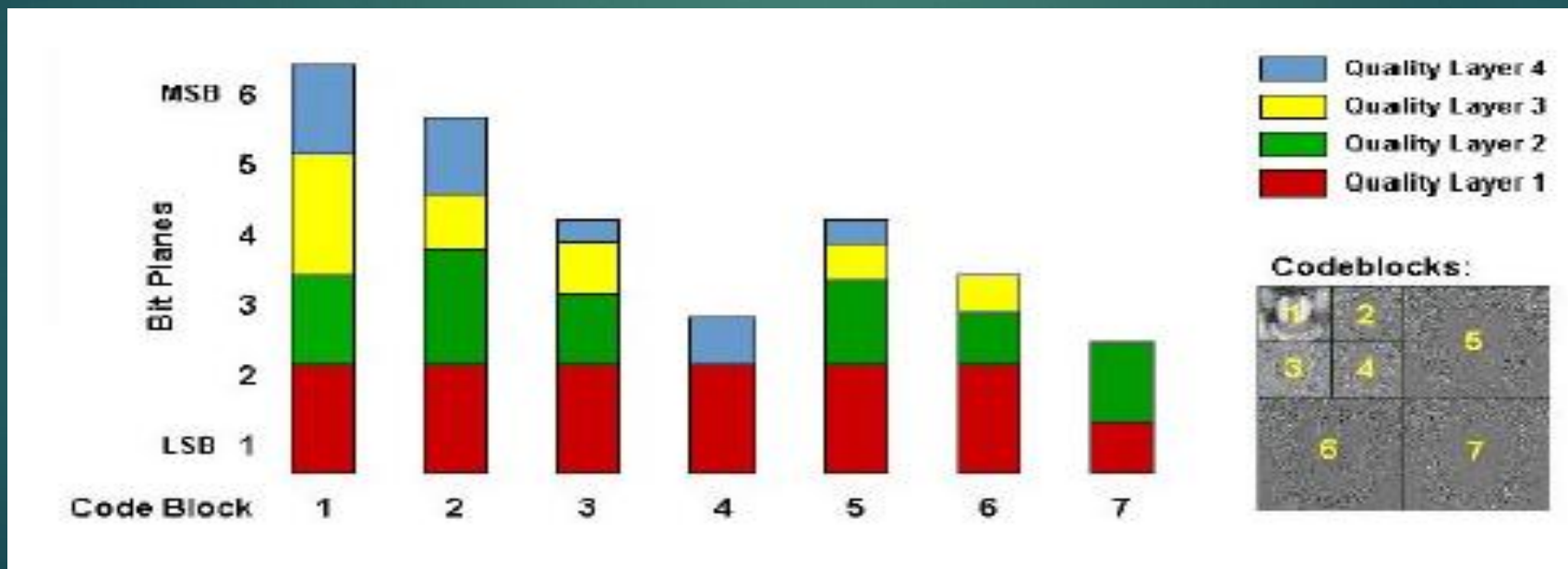
- ▶ Στάδιο 1: Σημαντικότητα συντελεστών
 - ▶ Χρησιμοποιούνται κανόνες για το χαρακτηρισμό της σημαντικότητας των συντελεστών σε κάθε επίπεδο κωδικοποίησης (bit plane)
- ▶ Στάδιο 2: Εναπομείναντες σημαντικοί συντελεστές
 - ▶ Κωδικοποιούνται συντελεστές που είναι σημαντικοί αλλά δεν κωδικοποιήθηκαν στο προηγούμενο στάδιο
- ▶ Στάδιο 3: Υπολειπόμενοι συντελεστές
 - ▶ Κωδικοποιούνται οι μη σημαντικοί συντελεστές που δεν είχαν κωδικοποιηθεί στα προηγούμενα στάδια

Κωδικοποίηση συμβολοσειράς εξόδου

- ▶ Οι συντελεστές οργανώνονται με συγκεκριμένο τρόπο πριν την κωδικοποίηση τους ανάλογα με μία επιλεγμένη στρατηγική για τους εκπληρούμενους στόχους κατά την προοδευτική μετάδοση:
 - ▶ Ποιότητα
 - ▶ Ανάλυση (2 στρατηγικές)
 - ▶ Περιοχή ενδιαφέροντος
 - ▶ Χρωματική συνιστώσα
- ▶ Η παραπάνω σειρά προτεραιότητας-σημαντικότητας μπορεί να αλλάζει δυναμικά κατά τη μετάδοση

Οργάνωση με στόχο την ποιότητα εικόνας

- ▶ Ένα επίπεδο ποιότητας είναι ένα σύνολο κωδικοποιημένων επιπέδων κάποιων συντελεστών ενός Μπλοκ
- ▶ Χρησιμοποιούνται οι σχετικές συνθήκες τερματισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την κωδικοποίηση των συντελεστών



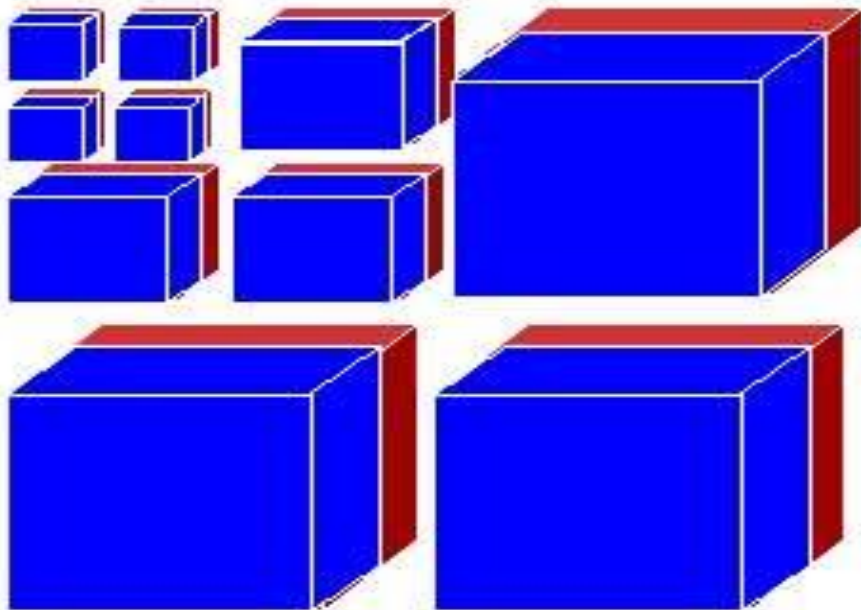
Οργάνωση με στόχο την ποιότητα εικόνας

Δ9



Οργάνωση με στόχο την ποιότητα εικόνας

Δ9



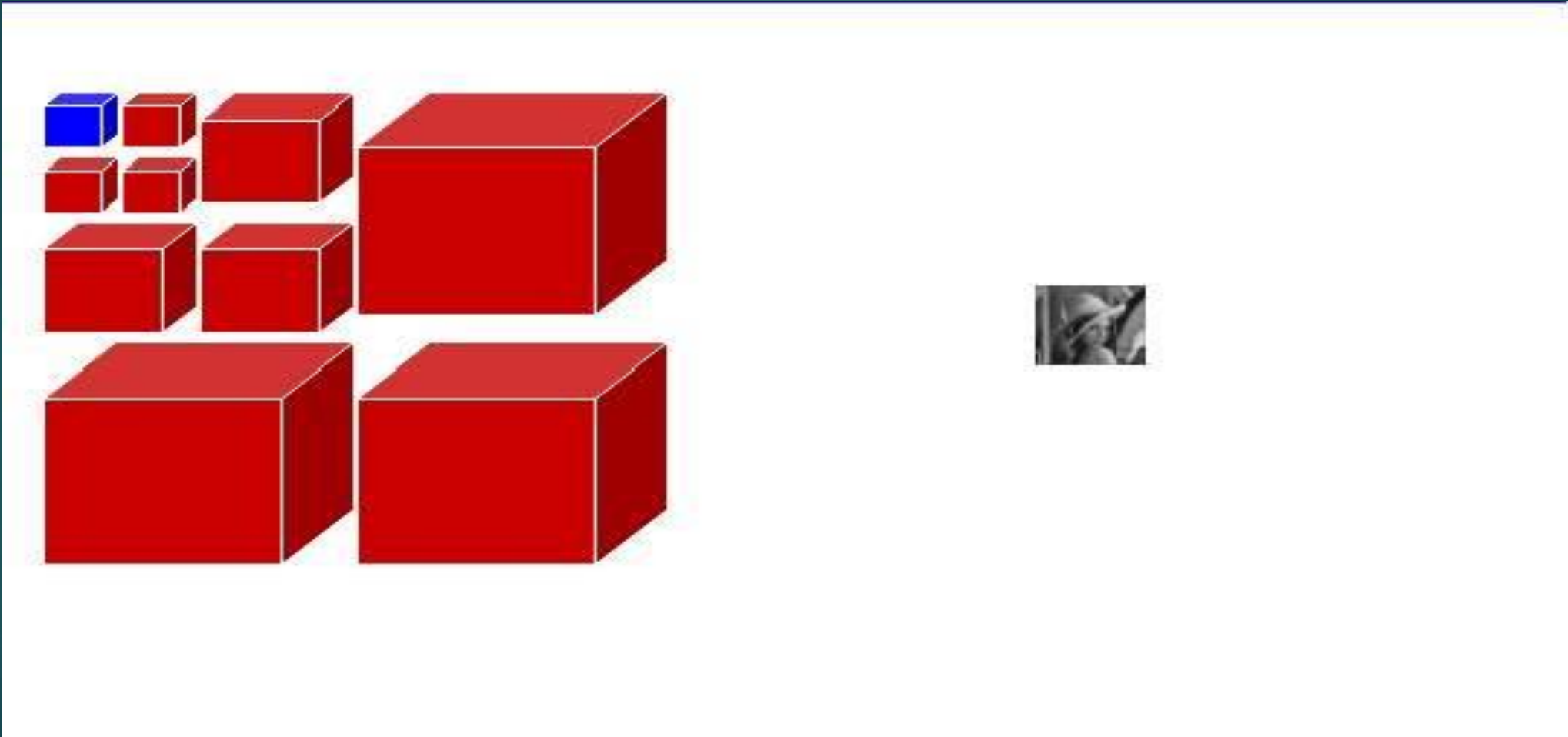
Οργάνωση με στόχο την ποιότητα εικόνας

Δ9



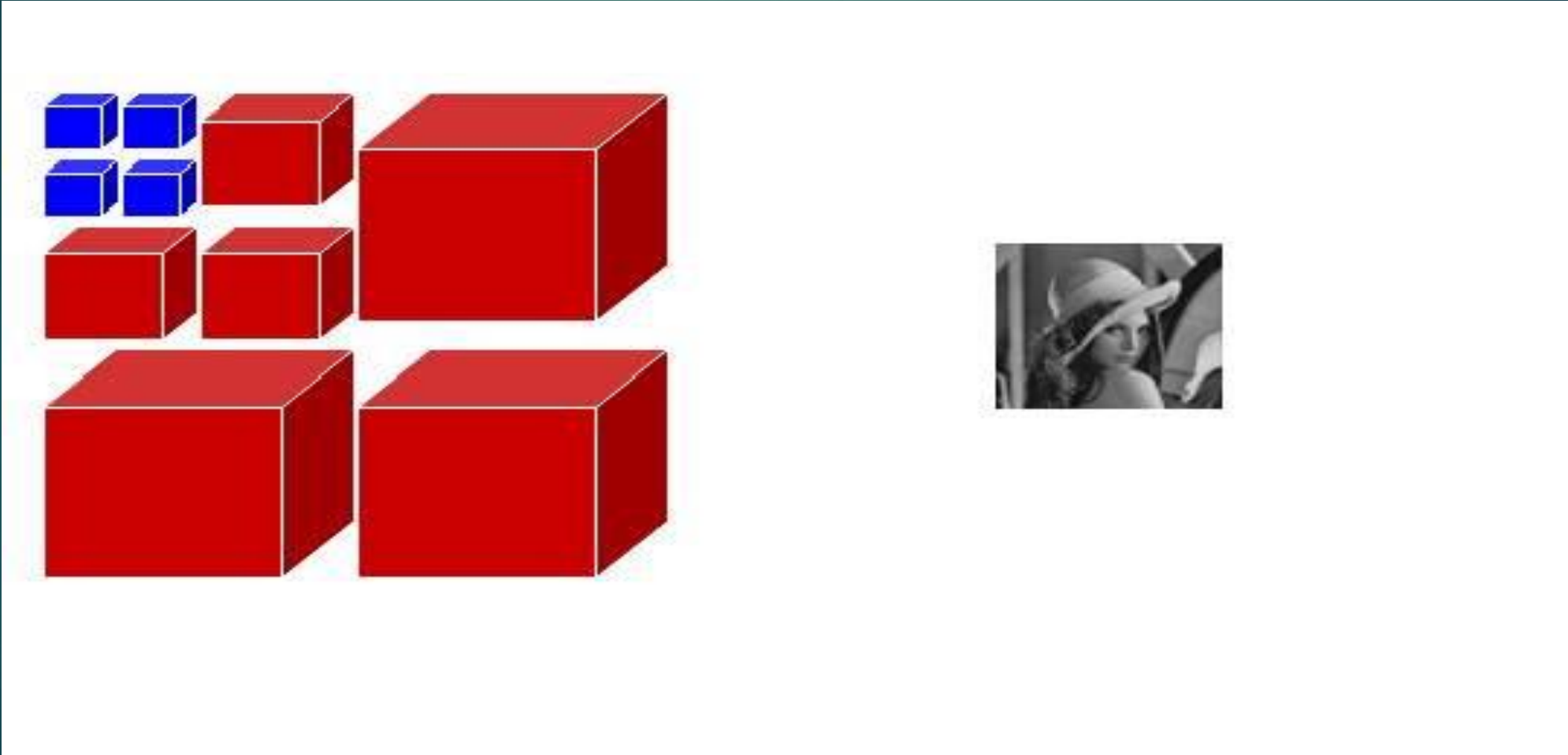
Οργάνωση με στόχο την ανάλυση εικόνας

Δ9



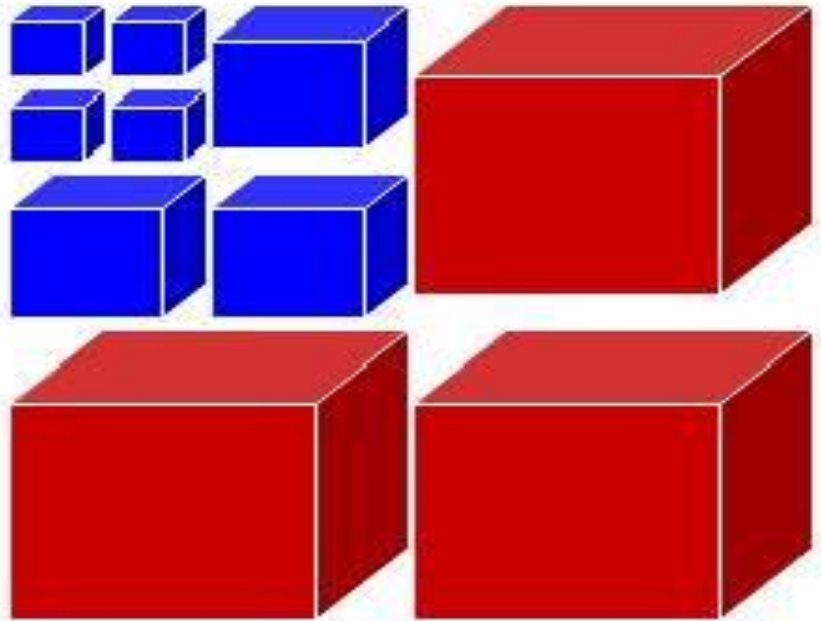
Οργάνωση με στόχο την ανάλυση εικόνας

Δ9



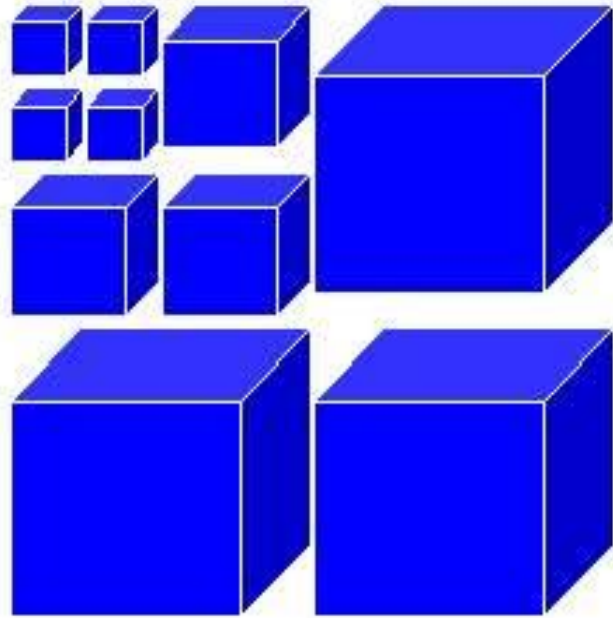
Οργάνωση με στόχο την ανάλυση εικόνας

Δ9



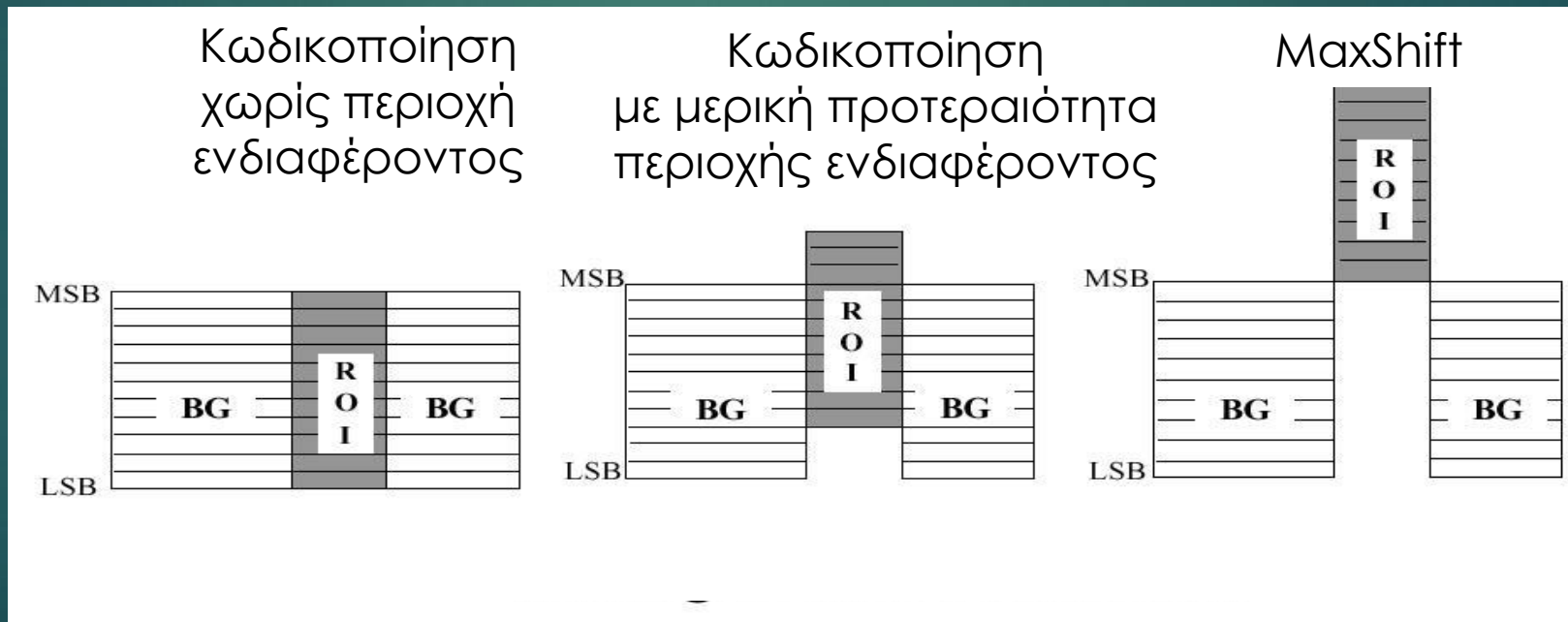
Οργάνωση με στόχο την ανάλυση εικόνας

Δ9

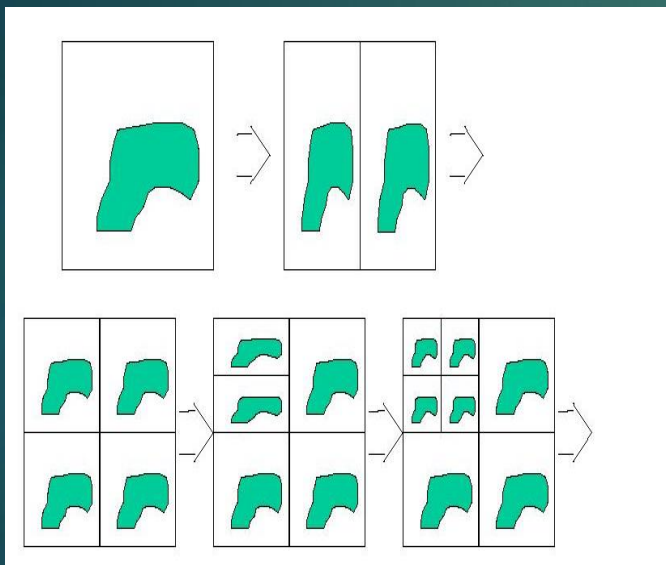


Οργάνωση με βάση τις περιοχές ενδιαφέροντος

- ▶ Μία περιοχή ενδιαφέροντος είναι ένα τμήμα της εικόνας το οποίο κωδικοποιείται με καλύτερη ποιότητα από την υπόλοιπη εικόνα
- ▶ Υποστηρίζεται από κατάλληλη σειρά κωδικοποίησης συντελεστών ώστε να μεταδίδεται πρώτα η περιοχή ενδιαφέροντος



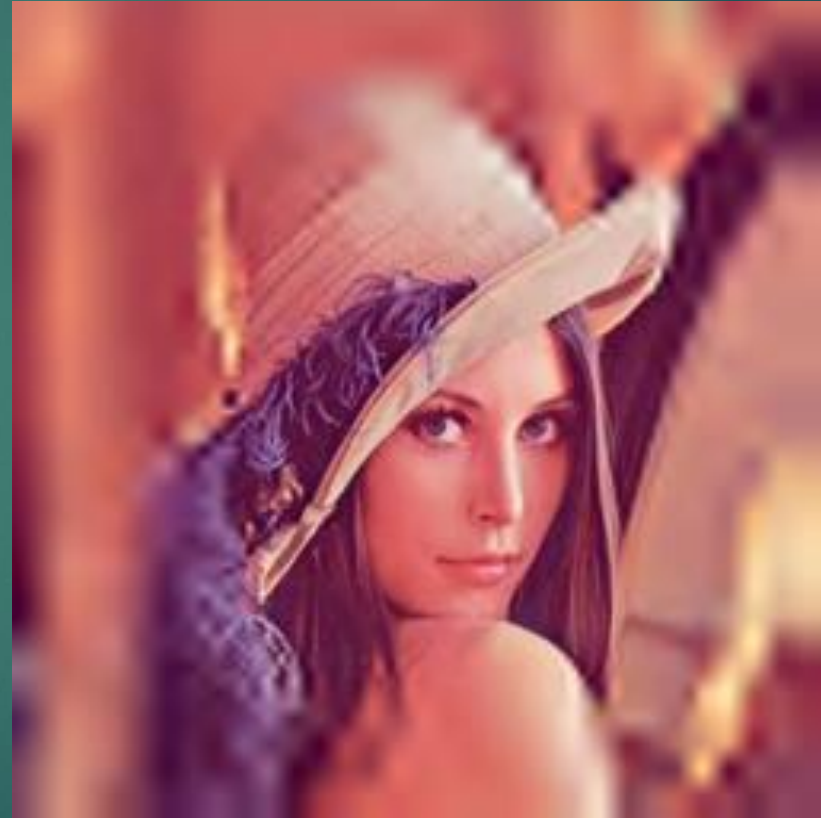
Οργάνωση με βάση τις περιοχές ενδιαφέροντος



- ▶ Υπολογίζεται ο διακριτός μετασχηματισμός κυματιδίου για την εικόνα
- ▶ Χρησιμοποιείται μια μάσκα για την περιοχή ενδιαφέροντος για την οποία σημειώνονται οι συντελεστές που συμμετέχουν στην ανασύσταση της περιοχής
- ▶ Οι συντελεστές για όλη την εικόνα κβαντίζονται
- ▶ Οι συντελεστές εκτός της περιοχής ενδιαφέροντος υποδειγματοληπτούνται
- ▶ Οι συντελεστές κωδικοποιούνται και καθορίζεται η σειρά κωδικοποίησης μαζί με τις πληροφορίες που αφορούν την περιοχή ενδιαφέροντος

Παράδειγμα

Δ9



Έλεγχος ρυθμού-παραμόρφωσης

Δ9

- ▶ Πραγματοποιείται έλεγχος του ρυθμού μετά την κωδικοποίηση των συντελεστών
- ▶ Γίνεται χρήση της συνάρτησης ρυθμού παραμόρφωσης για την εκτίμηση των κωδικοποιημένων συντελεστών χρησιμοποιώντας τα σημεία τερματισμού
- ▶ Εφαρμόζεται αυτόνομα σε κάθε μπλοκ συντελεστών
- ▶ Γίνεται χρήση ενός αριθμητικού κωδικοποιητή (MQ) με χαμηλή υπολογιστική πολυπλοκότητα ο οποίος αποτελεί εξέλιξη του κωδικοποιητή (QM) ο οποίος είναι ο βελτιστοποιημένος κωδικοποιητής για δυαδικές εικόνες

Διαχείριση Λαθών

Δ9

Χωρίς λάθη

Χωρίς
διόρθωση

Με διόρθωση



188

Παραδείγματα

Δ9



JPEG

JPEG 2000

Κωδικοποίηση σε ρυθμό 0.25 bpp

Παραδείγματα



JPEG

JPEG 2000

Κωδικοποίηση σε ρυθμό 0.125 bpp