

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ - ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

“Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας”

Ακαδημαϊκό Έτος 2021-22 (Εαρινό Εξάμηνο)

Εργαστηριακές Ασκήσεις - Μέρος Α΄

Διαδικαστικά

1. Η Τεχνική Αναφορά που θα υποβάλετε θα πρέπει να περιλαμβάνει μια σύντομη περιγραφή της εκάστοτε τεχνικής καθώς και επαρκή σχολιασμό των αποτελεσμάτων τα οποία προκύπτουν σε κάθε περίπτωση. Επίσης, θα πρέπει να συνοδεύεται και από τον κώδικα τον οποίο γράψατε για να υλοποιήσετε τις ζητούμενες επεξεργασίες.
2. Προτεινόμενο περιβάλλον ανάπτυξης για τις διάφορες επεξεργασίες είναι το περιβάλλον Matlab, με απαραίτητα τα toolboxes signal και image. Υλοποίηση σε άλλα περιβάλλοντα (π.χ. Python) είναι επίσης αποδεκτή.
3. Η παράδοση της Τεχνικής Αναφοράς θα γίνει ηλεκτρονικά στο eclass μέσω της ενότητας Εργασίες μέχρι τις **29/05/2022**. Διευκρινίσεις θα δίνονται είτε μέσω της Ενότητας “Συζητήσεις” του μαθήματος στο e-class είτε μέσω email στα egeorgatos@ceid.upatras.gr (Ευάγγελος Γεωργάτος), st1003586@ceid.upatras.gr (Αλέξανδρος Γκίλλας), piperigkos@ceid.upatras.gr (Νικόλαος Πιπερίγκος). Συμπληρωματικά προς τα παραπάνω, θα λειτουργήσει μετά τις διακοπές του Πάσχα ηλεκτρονικό γραφείο σε ώρες που θα ανακοινωθούν προσεχώς.

Ζητούμενες Επεξεργασίες

1. Φιλτράρισμα στο πεδίο συχνοτήτων

Για την εικόνα **moon.jpg** να εκτελεστούν τα παρακάτω βήματα :

1. *Προεπεξεργασία*: Αρχικά εφαρμόστε γραμμικό μετασχηματισμό της περιοχής τιμών της εικόνας, ώστε να καλύπτει πλήρως τη δυναμική περιοχή [0: 255]. Στη συνέχεια, με χρήση κατάλληλης

ιδιότητας του μετασχηματισμού DFT, μεταφέρετε το συχνотικό σημείο $(0,0)$ στο κέντρο του πεδίου.

2. Να υλοποιηθεί ο δισδιάστατος διακριτός μετασχηματισμός Fourier με τη μέθοδο γραμμών-στηλών και χρησιμοποιώντας το μονοδιάστατο μετασχηματισμό DFT. Να γίνει γραμμική και λογαριθμική απεικόνιση του πλάτους του μετασχηματισμού της εικόνας.
3. Να φιλτράρετε την εικόνα στο πεδίο συχνοτήτων (u, v) με χρήση ενός κατωπερατού φίλτρου (low-pass filter) $H(u, v)$ με ζώνη διάβασης της επιλογής σας.
4. Να εφαρμοστεί ο δισδιάστατος αντίστροφος διακριτός μετασχηματισμός IDFT για την επαναφορά στο χωρικό πεδίο.
5. Τέλος, εφαρμόστε την αντίστροφη διαδικασία του Βήματος 1, έτσι ώστε να επαναφέρετε το σημείο $(0,0)$.

Προσοχή: Για την υλοποίηση του 2D-DFT και του αντίστροφου μετασχηματισμού, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μόνο τη συνάρτηση του Matlab για τον 1D-DFT (ή αντίστοιχο κώδικα σε άλλο περιβάλλον).

2. Συμπίεση Εικόνας με χρήση μετασχηματισμού DCT

Θεωρήστε την εικόνα **barbara.mat** και εκτελέστε τις παρακάτω επεξεργασίες:

Συμπίεση με τη χρήση του μετασχηματισμού 2D-DCT. Για να συμπίεσετε την εικόνα, αρχικά τεμαχίστε την σε μη επικαλυπτόμενες περιοχές διαστάσεων 32×32 , και εφαρμόστε το μετασχηματισμό 2D-DCT σε κάθε μία περιοχή. Στη συνέχεια να επιλέξετε κατάλληλο υποσύνολο των συντελεστών του 2D-DCT της κάθε υποεικόνας, κρατώντας πληροφορία ενός ποσοστού r . Η επιλογή για το υποσύνολο συντελεστών να γίνει με δύο μεθόδους, συγκεκριμένα:

1. Με τη μέθοδο ζώνης
2. Με τη μέθοδο κατωφλιού

Απεικονίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ανάμεσα στην αρχική και την ανακατασκευασμένη εικόνα για τις τιμές του r που ανήκουν στο σύνολο τιμών $[5\%, 50\%]$.

Σημείωση: Η συμπίεση μπορεί να γίνει σε σύστημα RGB ή HSI. Αν χρησιμοποιήσετε HSI, μπορείτε (προαιρετικά) να πειραματιστείτε και με συμπίεση στην απόχρωση και την καθαρότητα και να παρατηρήσετε ενδιαφέρουσες οπτικές αλλαγές.

3. Βελτίωση εικόνας - Φιλτράρισμα Θορύβου

1. Στην εικόνα **tiger.mat** προσθέστε λευκό Gaussian θόρυβο μηδενικής μέσης τιμής και τέτοιας διασποράς ώστε η τελική εικόνα να έχει λόγο σήματος προς θόρυβο ίσο με 15dB. Χρησιμοποιείτε το φίλτρο “κινούμενου μέσου” (moving average filter) και το “φίλτρο διαμέσου” (median filter) για να αφαιρέσετε το θόρυβο από την εικόνα.

2. Στην εικόνα **tiger.mat** προσθέστε κρουστικό θόρυβο σε ποσοστό 20% και χρησιμοποιείτε τα ίδια φίλτρα για την αφαίρεση του θορύβου.

3. Τέλος στην εικόνα **tiger.mat** προσθέστε λευκό Gaussian θόρυβο μηδενικής μέσης τιμής και τέτοιας διασποράς ώστε η τελική εικόνα να έχει 15dB, καθώς και κρουστικό θόρυβο σε ποσοστό 20%. Δοκιμάστε να ανακτήσετε την αρχική εικόνα χρησιμοποιώντας διαδοχική εφαρμογή του φίλτρου κινούμενου μέσου και του φίλτρου μεσαίου, με την κατάλληλη σειρά που εσείς θα επιλέξετε.

Σε κάθε περίπτωση σχολιάστε τα αποτελέσματα ως προς τη καταλληλότητα των φίλτρων για κάθε είδος θορύβου.

4. Περιγραφή σχήματος

Το σχήμα είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά στην ανίχνευση αντικειμένων ή στην ανάκτηση εικόνας βάσει περιεχομένου. Υπάρχουν πολλές τεχνικές αναπαράστασης σχήματος και ανάκτησης πληροφορίας. Μεταξύ αυτών, αρκετά καλή αναπαράσταση επιτυγχάνουν οι μέθοδοι που βασίζονται στους λεγόμενους περιγραφείς Fourier (Fourier Descriptors - FDs). Από την περιγραφή με FDs προκύπτουν διάφορα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση ενός σχήματος, όπως η μεταβλητότητα του περιγράμματος, η θέση του κέντρου μάζας του σχήματος, κ.λ.π. Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου θέματος υλοποιείτε την μέθοδο περιγραφής σχήματος με χρήση των Τελεστών Fourier και αξιολογείτε την επίδοσή της. Συγκεκριμένα πρέπει να υλοποιηθούν οι εξής συναρτήσεις:

1. Μια συνάρτηση η οποία θα δέχεται ως είσοδο μια εικόνα και θα υπολογίζει τους τελεστές περιγραφής σχήματος Fourier.
2. Μια συνάρτηση η οποία δέχεται ως είσοδο τους τελεστές Fourier και θα ανακατασκευάζει τα σχήματα που περιγράφονται από αυτούς για διαφορετικό πλήθος τους.

Θεωρείστε την εικόνα **leaf.jpg**, εφαρμόστε τις προηγούμενες συναρτήσεις καθώς και στην στροφή της κατά 90° , την κλιμάκωση της κατά 0.5 και την ολίσθησή της κατά (40,50). Σε κάθε μετασχηματισμό αξιολογείστε την ποιότητα περιγραφής των σχημάτων συγκρίνοντας την αρχική εικόνα με τις ανακατασκευασμένες εικόνες για διαφορετικό πλήθος τελεστών Fourier.

5. Αποκατάσταση Εικόνας – Αποσυνέλιξη

Θεωρήστε την **lenna.jpg** και πραγματοποιήστε τα παρακάτω:

Μέρος Α

Αρχικά υποβαθμίστε τη δοθείσα εικόνα με λευκό θόρυβο Gauss ώστε να έχει λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) ίσο με $10dB$. Χρησιμοποιώντας το φίλτρο Wiener απομακρύνετε το θόρυβο με τους δύο παρακάτω διαφορετικούς τρόπους :

1. Αξιοποιώντας τη γνώση που έχετε σχετικά με την ισχύ του θορύβου.
2. Υποθέτοντας ότι δεν γνωρίζετε την ισχύ του θορύβου.

Σε κάθε περίπτωση σχολιάστε και συγκρίνετε τα αποτελέσματα.

Μέρος Β

Εφαρμόστε το μετασχηματισμό που υλοποιείται στο αρχείο **psf.p**, το οποίο υλοποιεί την point spread function (PSF) ενός άγνωστου συστήματος καταγραφής εικόνων. Ο μετασχηματισμός εφαρμόζεται με την εντολή $Y = psf(X)$, όπου X η εικόνα εισόδου και Y η εικόνα εξόδου. Στη συνέχεια πραγματοποιήστε την ακόλουθη επεξεργασία:

- Χρησιμοποιώντας κατάλληλη τεχνική υπολογίστε την κρουστική απόκριση του αγνώστου συστήματος και απεικονίστε την απόκριση συχνότητας αυτής.
- Εφαρμόστε την τεχνική του αντίστροφου φίλτρου στο πεδίο της συχνότητας με χρήση κατωφλιού, ώστε να αντιμετωπίσετε το θόλωμα που προκύπτει. Απεικονίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Mean Squared Error, MSE) μεταξύ της αρχικής εικόνας (χωρίς θόρυβο) και του αποτελέσματος για διάφορες τιμές κατωφλιού.
- Σχολιάστε τι συμβαίνει όταν δεν γίνεται χρήση κατωφλιού.

6. Ανάκτηση εικόνας από βάση δεδομένων

Στόχος αυτού του θέματος είναι η εξοικείωσή σας με τη διαδικασία της ανάκτησης εικόνων από μία βάση δεδομένων. Για τον σκοπό αυτό, σας δίνεται μια βάση εικόνων (φάκελος: **Database**), που είναι ουσιαστικά ένας φάκελος με έναν αριθμό από εικόνες, από τις οποίες ορισμένες μοιάζουν μεταξύ τους και θα πρέπει να αναπτύξετε κατάλληλες ρουτίνες για την ανάκτησή τους, εφαρμόζοντας τεχνικές αναπαράστασης εικόνων.

Ουσιαστικά, το πρόγραμμα που θα υλοποιήσετε πρέπει να επιτελεί την εξής βασική λειτουργία: Δέχεται ως είσοδο μία εικόνα, υπολογίζει (σύμφωνα με κάποια μετρική που έχετε επιλέξει) το βαθμό ομοιότητας των υπολοίπων εικόνων ως προς αυτήν και επιστρέφει την εγγύτερη ως προς αυτήν εικόνα.

Στο φάκελο **test** δίνονται 10 εικόνες με τις οποίες θα πειραματιστείτε για τον έλεγχο των συστημάτων ανάκτησης που θα κατασκευάσετε. Δίνοντας μία εικόνα από τον φάκελο test ως είσοδο σε αυτό το σύστημα θα πρέπει αυτό να την εντοπίζει στην βάση δεδομένων.

Ζητούμενα:

1. Σύστημα ανάκτησης εφαρμόζοντας ως τεχνική αναπαράστασης των εικόνων τα **ιστογράμματα**. Συγκεκριμένα τόσο για τις εικόνες στην βάση δεδομένων, όσο και για τις εικόνες στον test φάκελο, θα πρέπει να υπολογιστούν τα ιστογράμματα τους και η σύγκριση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με αυτά. Ως έξοδο του συστήματος θεωρείται η εικόνα με το εγγύτερο ιστόγραμμα ως προς το **ιστόγραμμα** της εικόνας εισόδου. Εξάγετε το ποσοστό επιτυχούς ανάκτησης.
2. Σύστημα ανάκτησης εφαρμόζοντας ως τεχνική αναπαράστασης των εικόνων τον μετασχηματισμό **DCT**. Για τις δοθείσες εικόνες (εικόνες στον test φάκελο και στην βάση δεδομένων) θα πρέπει να υπολογιστεί ο 2D-DCT μετασχηματισμός τους και η σύγκριση των εικόνων να πραγματοποιηθεί στο πεδίο DCT. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο κατωφλίου διατηρείστε ένα συγκεκριμένο ποσοστό των συντελεστών του DCT και εξάγεται τα ποσοστά επιτυχούς ανάκτησης. Ενδεικτικά παρουσιάστε τα αποτελέσματα για το 10%, 50% και το 100% του συνόλου των συντελεστών DCT.

Ως μετρική για την σύγκριση της ομοιότητας των αναπαραστάσεων που υλοποιήσατε χρησιμοποιήστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα. Ωστόσο, μπορείτε να πειραματιστείτε και με άλλες μετρικές.

Βιβλιογραφία

[1] “Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας”, R. Gonzalez and R. Woods, Εκδόσεις TZIOΛΑΣ, 2018.

[2] ”Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας”, Ν. Παπαμάρκος, Εκδόσεις ΑΦΟΙ ΠΑΠΑΜΑΡΚΟΥ Ο.Ε , Έτος Έκδοσης: 2013.

[3] “Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας”, Ιωάννης Πήτας, Θεσσαλονίκη 2010.

[4] “Digital Image Processing”, Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Prentice Hall, Inc. (Editions 2nd, 3rd or 4th).

[5] “Mathematics of Digital Images”, S.G. Hoggar, Cambridge, 2006.