

Όραση υπολογιστών (ICE 8111)

Εξαμηνιαία εργασία

Διδάσκων: Γεώργιος Δρακόπουλος

27 Μαΐου 2025

1 Θεωρητικό μέρος (4 μονάδες)

Στο τμήμα αυτό θα δώσετε απαντήσεις χωρίς να προγραμματίσετε. Εκτός από τυχόν εξισώσεις θα πρέπει να συμπεριλάβετε και βασικά επιχειρήματα οι οποίες είτε δικαιολογούν είτε πλαισιώνουν τις απαντήσεις που θα δώσετε. Απαντήστε σε όλα τα ερωτήματα. Θα χρειαστεί να πάρετε τρεις τουλάχιστον μονάδες από το σκέλος αυτό για να λάβετε προβιβάσιμο βαθμό.

1.1 Θόρυβος

- Ποιά είναι η πιθανότητα μια τυχαία μεταβλητή X η οποία ακολουθεί την κανονική κατανομή της εξίσωσης (1) με μέση τιμή μ_0 μηδέν και μοναδιαία διασπορά σ_0^2 να πάρει την τιμή μηδέν;

$$f_X(x; \mu_0, \sigma_0^2) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_0)^2}{2\sigma_0^2}\right) \quad (1)$$

- Με ποιόν μετασχηματισμό μετατρέπεται ο πολλαπλασιαστικός θόρυβος $\eta[i, j]$ της εξίσωσης (2) σε προσθετικό; Τι πλεονεκτήματα και ποιά μειονέκτημα έχει; Στην προηγούμενη εξίσωση γ_0 είναι μια παράμετρος του θορύβου, $s[i, j]$ η αρχική εικόνα, και $x[i, j]$ η ενθόρυβη.

$$x[i, j] = s[i, j] \eta[i, j]^{\gamma_0} \quad (2)$$

1.2 Παράγωγος συνάρτησης φωτεινότητας

Στον υπολογισμό της κατεύθυνσης της παραγωγού της συνάρτησης φωτεινότητας μιας εικόνας, ποιό είναι ένα πιθανό πρόβλημα στον αριθμητικό υπολογισμό της και πώς αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί;

1.3 Εξομαλυσμένα ελάχιστα τετράγωνα

Στην περίπτωση όπου ένα σήμα (μονοδιάστατο χάριν απλότητας) ανακτάται μέσω εξομαλυσμένων ελαχίστων τετραγώνων όπως στην εξίσωση (3), τι συνέπειες θα είχε η επιλογή μιας αρνητικής τιμής για την υπερπάρμετρο ρ_0 ;

$$\mathbf{s}_{LS} = \operatorname{argmin} \left[\|\mathbf{x} - \mathbf{A}\mathbf{s}\|_2^2 + \rho_0 \|\mathbf{s}\|_2^2 \right] \quad (3)$$

1.4 Συμπίεση εικόνας

Ποιές είναι οι διαφορές όταν μια εικόνα συμπιέζεται μέσω παραγοντοποίησης ιδιζουσών τιμών (SVD) και μέσω διδιάστατου διακριτού μετασχηματισμού συνημιτόνου (DCT2); Για να είναι ολοκληρωμένη η απάντησή σας, σκεφτείτε κατ' ελάχιστον την ερμηνεία των δύο μεθοδολογιών, τον χώρο τον οποίο καταλαμβάνουν οι αντίστοιχες συμπίεσμένες μορφές, και την πολυπλοκότητα υπολογισμού κάθε μετασχηματισμού. Επιπλέον διαφορές θα προσμετρηθούν θετικά.

2 Προγραμματιστικό μέρος (6 μονάδες)

Από το παρόν τμήμα θα πρέπει να επιλέξετε τέσσερα ερωτήματα και να τα υλοποιήσετε σε OpenCV σε Python ή σε γλώσσα η οποία να το υποστηρίζει. Σε τυχόν περίπτωση όπου επιλέξετε περισσότερα ερωτήματα, τότε θα προσμετρηθούν εκείνα τα ερωτήματα τα οποία δίνουν την μεγαλύτερη βαθμολογία.

2.1 Μάσκα μέσου όρου

Εφαρμόστε την μάσκα του μεσαίου όρου στην εικόνα flowers.jpg για μήκος πέντε, επτά, και εννέα για θόρυβο AWGN με λόγο σήματος προς θόρυβο 10, 15, και 18 dB. Τι παρατηρείτε; Ποιά η απόκλιση από την αρχική εικόνα ως προς το μέσο τετραγωνικό σφάλμα;

2.2 Μάσκα μεσαίου όρου

Ο κρουστικός θόρυβος (salt and pepper noise) δεν αντιμετωπίζεται όπως ο προσθετικός. Απεναντίας, χρησιμοποιείται η μη γραμμική μάσκα του μεσαίου όρου. Για κρουστικό θόρυβο με πιθανότητα 10%, 20%, και 25% εφαρμόστε την μάσκα μεσαίου όρου για μήκος πέντε και επτά στην εικόνα flowers.jpg. Ποιά η απόκλιση από την αρχική εικόνα ως προς το μέσο τετραγωνικό σφάλμα;

2.3 Όξυνση εικόνας

Εφαρμόστε τον τελεστή όξυνσης στις εικόνες bridge.tiff, im1.jpg, και im2.jpg. Τι παρατηρείτε; Ποιά είναι η διαφορά από τις αντίστοιχες αρχικές εικόνες ως προς το μέσο τετραγωνικό σφάλμα;

2.4 Εντοπισμός ακμών

Για τις εικόνες flowers.jpg, bridge.tiff, και car.jpg χρησιμοποιείστε τον τελεστή Sobel για τον υπολογισμό των ακμών. Πράξτε το ίδιο για θόρυβο AWGN με λόγο σήματος προς θόρυβο ίσο με 15 dB. Έπειτα εφαρμόστε την τεχνική NMS στις ενθόρυβες εικόνες για να υπολογίσετε τις ακμές. Τι παρατηρείτε;

2.5 Συγκέντρωση ενέργειας

Ο διδιάστατος μετασχηματισμός συνημιτόνου (DCT2) και ο διδιάστατος μετασχηματισμός Fourier (FFT2) παράγουν αμφότεροι ένα φάσμα της εικόνας εισόδου σε έναν χώρο ο οποίος ορίζεται από ένα σύνολο συναρτήσεων βάσης. Για τις εικόνες flowers.jpg και bridge.tiff τυπώστε τα λογαριθμικά φάσματα, ήτοι τον λογάριθμο του μέτρου το φάσματος του αντίστοιχου μετασχηματισμού. Συγκρίνετέ τα ως προς την συγκέντρωση ενέργειας μέσω της καμπύλης ενέργειας. Πόσοι συντελεστές από κάθε

μετασχηματισμό αντιστοιχούν στο 50%, 60%, και 70% της ενέργειας της αρχικής εικόνας; Τι παρατηρείτε; Φροντίστε οι χαμηλές συχνότητες να βρίσκονται στην αρχή των αξόνων αλλάζοντας την σειρά των τεταρτημορίων του παραγόμενου φάσματος.

2.6 Ιστόγραμμα εικόνας

Να γίνει εξίσωση ιστογράμματος στις εικόνες `im1.jpg` και `im2.jpg` τόσο με δικό σας κώδικα όσο και με την μέθοδο `equalizeHist`. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Να τυπώσετε το αρχικό ιστόγραμμα και το τελικό ιστόγραμμα καθώς και το αρχικό και τελικό φάσμα του DCT2 και στις δύο περιπτώσεις. Τι παρατηρείτε; Δώστε προσοχή στην δομή των εικόνων.

2.7 Ομοιομορφικό φιλτράρισμα

Να εφαρμοστεί η τεχνική του ομοιομορφικού φιλτραρίσματος στην εικόνα `car.jpg` με ένα χωρικό φίλτρο Butterworth πρώτης τάξεως με την προσθήκη μιας μικρής σταθεράς για την ενίσχυση των χαμηλών συχνοτήτων. Τι παρατηρείτε;

Καλή επιτυχία!

Α' Οδηγίες

Πριν ξεκινήσετε την εργασία, διαβάστε προσεκτικά τα ακόλουθα.

- Η εργασία θα εξεταστεί προφορικά σε ημερομηνία η οποία θα ανακοινωθεί. Η εργασία παραμένει η ίδια για την εξεταστική του Σεπτεμβρίου χωρίς διαφορά ή οποιαδήποτε ποινή στην βαθμολογία. Δηλαδή ο τρόπος βαθμολόγησης θα είναι ο ίδιος τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο.
- Η εργασία γίνεται σε ομάδες μέχρι και τριών ατόμων. Η σύνθεση των ομάδων επαφίεται αποκλειστικά σε εσάς. Οι ομάδες δεν χρειάζεται να δηλωθούν παρά μόνον όταν βγει θα ανακοίνωση για τον προγραμματισμό της προφορικής εξέτασης.
- Όπως προαναφέρθηκε, στο θεωρητικό τμήμα δεν χρειάζεται (και δεν πρέπει) να προγραμματίσετε κάτι. Οι υπολογισμοί θα γίνουν αμιγώς θεωρητικά και θα πρέπει να είναι τεκμηριωμένοι. Μεμονωμένες εξισώσεις χωρίς επιχειρήματα ή προγραμματιστές εντολές ή προσομοιώσεις δεν θεωρούνται αποδεκτές απαντήσεις.
- Στο θεωρητικό μέρος απαντάτε σε όλα τα ερωτήματα, ενώ από το προγραμματιστικό σκέλος επιλέγετε τέσσερα ερωτήματα.
- Για να πάρετε προβιάσιμο βαθμό, θα πρέπει να πάρετε τουλάχιστον τρεις μονάδες στο θεωρητικό σκέλος.
- Στην περίπτωση όπου επιλέξετε περισσότερα ερωτήματα από όσα σας ζητούνται, τότε προσμετρώνται εκείνα τα οποία δίνουν την μεγαλύτερη βαθμολογία.
- Στο προγραμματιστικό σκέλος οι απαντήσεις θα είναι υλοποιημένες σε OpenCV, κατά προτίμηση σε Python. Μην παραδώσετε notebook αλλά πλήρη κώδικα.

- Μαζί με την εργασία θα συμπεριλάβετε και τυχόν εικόνες οι οποίες προκύπτουν από την επεξεργασία την οποία θα κάνετε.
- Όταν απαιτείται εικόνα με ένα μόνο κανάλι και υπάρχουν περισσότερα, τότε χρησιμοποιείτε την μέθοδο `cvtColor` για την μετατροπή.
- Οι εικόνες οι οποίες σας δίνονται δεν έχουν θόρυβο. Όπου απαιτείται, τον προσθέτετε εσείς σε αυτές.
- Τα ερωτήματα είναι ισοβαρή. Όταν υπάρχουν υποερωτήματα, τότε αυτά θεωρούνται ισοβαρή μεταξύ τους.
- Η αναφορά της εργασίας θα είναι αποκλειστικά σε μορφή `.pdf` ή `.ps`. Αναφορές σε `.doc` ή `.docx` δεν θα γίνονται αποδεκτές.
- Η γλώσσα της εργασίας είναι τα ελληνικά.
- Αν υπάρχουν απορίες, τότε αυτές θα πρέπει να αναρτώνται στο e-class του μαθήματος ώστε να διευκολύνονται τυχόν ομάδες οι οποίες με τις ίδιες ή παραπλήσιες απορίες.
- Σε περίπτωση αντιγραφής θα υπάρξει παραπομπή στα αρμόδια όργανα του τμήματος.
- Ναι, τα ερωτήματα σε κάθε σκέλος είναι ισοβαρή.