



## ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ

### ΤΗΛ312: ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ακ. έτος 2018-2019

Εργαστήριο: Ψηφιακής Επεξεργασίας Σήματος & Εικόνας (**Display Lab**)

Καθηγητής: Μιχάλης Ζερβάκης

Επιμέλεια εργ. ασκήσεων: Ντίνα Μοιρογιώργου

#### **2<sup>η</sup> εργαστηριακή άσκηση:**

#### ΑΠΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

### 1. Ιστογράμμα

Το ιστογράμμα μιας ψηφιακής εικόνας είναι μια διακριτή συνάρτηση  $p(r_k) = n_k/n$ , όπου  $r_k$  είναι το  $k$ -οστό επίπεδο του γκρι,  $n$  είναι ο συνολικός αριθμός των pixel,  $k=0,1,\dots,L-1$  υποδηλώνει τα επίπεδα του gray-level και  $n_k$  είναι ο συνολικός αριθμός των pixels με gray-level ίσου με  $r_k$ . Το ιστογράμμα είναι ουσιαστικά μια ένδειξη της στοχαστικής κατανομής της εικόνας. Μια σκοτεινή εικόνα έχει το ιστογράμμα συγκεντρωμένο κοντά στο μηδέν (περιέχει μεγάλη ποσότητα κοντά στο μηδέν επίπεδο του γκρι) και μια φωτεινή εικόνα έχει το ιστογράμμά της κοντά στο  $L-1$ .

Μια απλή επεξεργασία της φωτεινότητας της εικόνας μπορεί να γίνει με την τεχνική της ισοστάθμισης του ιστογράμματος. Αυτή η τεχνική απλώνει το ιστογράμμα ώστε να καταλάβει όλο το εύρος του ιστογράμματος. Ο μετασχηματισμός που πετυχαίνει την ισοστάθμιση του ιστογράμματος είναι ο εξής:

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}, \quad \text{όπου } k=0,1,\dots,L-1, \quad 0 \leq r_k, s_k \leq 1$$

### 2. Χωρικά φίλτρα (spatial filters)

Με τον όρο χωρικά φίλτρα αναφερόμαστε σε μετασχηματισμούς που εφαρμόζονται απευθείας πάνω στα pixels της εικόνας (χωρίς την μεταφορά της εικόνας στο πεδίο της συχνότητας).

Υπάρχουν δύο ειδών τέτοια φίλτρα, τα γραμμικά και τα μη γραμμικά. Τα γραμμικά έχουν συνήθως την μορφή μασκών σαν την επόμενη:

$$M = \begin{bmatrix} w11 & w12 & w13 \\ w21 & w22 & w23 \\ w31 & w32 & w33 \end{bmatrix}$$

Έστω ότι έχουμε την μονόχρωμη εικόνα της οποίας το pixel στην θέση  $(i,j)$  είναι το  $z_{ij}$ . Αν εφαρμόσουμε τη μάσκα  $M$  στην εικόνα μας τότε το pixel στην θέση  $(i,j)$  θα πάρει την τιμή :

$$R = w11 \cdot z_{i-1j-1} + w12 \cdot z_{i-1j} + w13 \cdot z_{i-1j+1} + w21 \cdot z_{ij-1} + w22 \cdot z_{ij} + w23 \cdot z_{ij+1} \\ + w31 \cdot z_{i+1j-1} + w32 \cdot z_{i+1j} + w33 \cdot z_{i+1j+1}$$

Η μάσκα  $M$  μπορεί να είναι και μεγαλύτερη από  $3 \times 3$  ανάλογα με τον αριθμό των γειτόνων που θέλουμε να συμμετέχουν στον σχηματισμό της τιμής του τρέχοντος pixel.

Τα μη γραμμικά φίλτρα δεν στηρίζονται σε τελεστές συνέλιξης αλλά στηρίζονται και αυτά σε μάσκες που δρουν στα γειτονικά pixel. Για παράδειγμα, ένα τέτοιο φίλτρο μπορεί να υπολογίζει μεταξύ των γειτονικών pixels αυτό με την μεγαλύτερη τιμή και να αντικαθιστά την τιμή του τρέχοντος pixel με αυτή.

### 3. Φίλτρα ομαλοποίησης (smoothing filters)

Τα φίλτρα αυτά χρησιμοποιούνται για το θόλωμα της εικόνας και την ελάττωση του θορύβου. Οι ομαλές περιοχές της εικόνας, χωρίς μεγάλες μεταβολές, αντιστοιχούν σε χαμηλές συχνότητες. Αντίθετα, οι περιοχές που παρουσιάζουν μεγάλες μεταβολές (π.χ. ακμές, ή όρια διαφορετικών περιοχών της εικόνας) αντιστοιχούν σε υψηλές συχνότητες. Κατά συνέπεια, για να ομαλοποιήσουμε τις περιοχές της εικόνας μας, θέλουμε να εξαλείψουμε τις υψηλές συχνότητες, δηλαδή να χρησιμοποιήσουμε ένα lowpass φίλτρο. Ένα τέτοιο φίλτρο μπορούμε να φτιάξουμε με μια μάσκα η οποία να αντικαθιστά το τρέχον pixel με τον μέσο όρο των γειτόνων του.

Ένα σημαντικό μη γραμμικό φίλτρο ομαλοποίησης είναι το median. Αυτό μεταξύ των γειτόνων ψάχνει αυτό με την median τιμή και αντικαθιστά με αυτό το τρέχον pixel.

### 4. Φίλτρα όξυνσης (sharpening filters)

Ένα τρόπος για να τονίσεις τα όρια των διαφόρων περιοχών της εικόνας είναι να χρησιμοποιήσεις ένα highpass φίλτρο. Ένα τέτοιο φίλτρο μπορεί να κατασκευαστεί από διακριτές προσεγγίσεις παραγώγων (διαφορές). Σε ομαλές περιοχές τέτοια φίλτρα δίνουν μικρές τιμές ενώ στις περιοχές που παρουσιάζουν απότομες μεταβολές δίνουν σχετικά μεγάλες τιμές.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ (σε Matlab)

---

1. Αναζητείστε εικόνα με format της επιλογής σας, η οποία να πάσχει από κακό contrast.

- Δημιουργήστε ένα script στο οποίο θα διαβάσετε την παραπάνω εικόνα και, στη συνέχεια, θα παρουσιάσετε το ιστόγραμμα της (*imhist*).

**(Τι είναι το Ιστόγραμμα και πως φαίνεται στο συγκεκριμένο Ιστόγραμμα το κακό contrast της εικόνας που επιλέξατε;)**

- Προχωρήστε στην εξισορρόπηση (ισοστάθμιση) του παραπάνω ιστογράμματος και εμφανίστε τόσο το νέο ιστόγραμμα όσο και τη βελτιωμένη εικόνα (*histeq*).

**(Τι παρατηρείτε; Τι βελτιώνει στην εικόνα η ισοστάθμιση του ιστογράμματος; Γιατί;)**

- Μετατρέψτε την αρχική εικόνα σε ασπρόμαυρη (black & white). Αυτό μπορείτε να το κάνετε εφαρμόζοντας κάποιο κατώφλι (threshold) της επιλογής σας (δηλαδή, για τιμές  $>$  ή  $<$  threshold, αλλάξτε την τιμή αυτή του πίνακα σε τιμή που αντιστοιχεί σε λευκό ή μαύρο χρώμα). Βάσει του ιστογράμματος της εικόνας σας, ποια είναι αυτή η κατάλληλη τιμή κατωφλίου ώστε οι τιμές των pixels να μοιραστούν σχεδόν ομοιόμορφα στις δύο νέες τιμές (black & white);

-----

2. Για το 2<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης, χρησιμοποιήστε την εικόνα "brain.gif".

- Ορίστε  $k_1$  = μονοψήφιος αριθμός που προκύπτει από το άθροισμα των 3 τελευταίων ψηφίων του κωδικού της ομάδας σας όπως αυτή είναι δηλωμένη στον Ιστοχώρο.

Παράδειγμα: Έστω ότι ο κωδικός της ομάδας σας είναι: LAB31220294, τότε  $k = 2+9+4 = 15 \rightarrow 1+5 = 6$ .

Εάν  $k_1 = 1$  ή  $2$ , τότε ορίστε  $k_1 = 3$ .

(Αναφέρετε μέσα στην αναφορά σας πως προέκυψαν τα  $k_1$  και  $k_2$  για τη δική σας περίπτωση).

- Ορίστε:

$k_2 = k_1 + 3$ , αν  $k_1$  = ζυγός αριθμός

$k_2 = k_1 + 2$ , αν  $k_1$  = περιττός αριθμός

- Εφαρμόστε στην αρχική εικόνα 2 median filters, ένα μεγέθους [ $k_1$   $k_1$ ] και ένα μεγέθους [ $k_2$   $k_2$ ] (*medfilt2*).

- Εφαρμόστε στην αρχική εικόνα 2 gaussian filters, ένα μεγέθους [ $k_1$   $k_1$ ] και ένα μεγέθους [ $k_2$   $k_2$ ] (*fspecial* & *imfilter*).

- Εμφανίστε την εικόνα μετά την εφαρμογή κάθε φίλτρου - όλες (και τις 4) στο ίδιο γράφημα.

(Τι παρατηρείτε; Με ποιο τρόπο επηρεάζει το μέγεθος του median φίλτρου το αποτέλεσμα και γιατί; Με ποιο τρόπο επηρεάζει το μέγεθος του gaussian φίλτρου το αποτέλεσμα και γιατί;)

▪ Σχολιάστε τη διαφοροποίηση στην εφαρμογή median και gaussian φίλτρων σε μια τέτοια βιοϊατρική εικόνα. Ποιο είδος φίλτρων από τα δύο θα χρησιμοποιούσατε και γιατί; Σε ποιες περιπτώσεις θα χρησιμοποιούσατε αυτό το είδος του φίλτρου που προτείνετε; (Μην ξεχνάτε το είδος της εικόνας που διαχειρίζεστε εδώ και σκεφτείτε τι είδους αποτέλεσμα θα θέλατε να έχει η επεξεργασία που κάνετε).

-----

3. Και σε αυτό το 3<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης, συνεχίστε με την εικόνα "brain.gif" και τα k1 και k2 όπως τα έχετε ορίσει στο 2<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης.

▪ Εφαρμόστε στην αρχική εικόνα θόρυβο "salt & pepper", διασποράς της επιλογής σας (*imnoise*).

(Τι είδος θορύβου είναι αυτός; Ποιες περιπτώσεις μπορεί να προσομοιώσει;)

▪ Προσπαθήστε να μειώσετε την επίδραση του θορύβου χρησιμοποιώντας στην εικόνα με θόρυβο τα εξής φίλτρα: median μεγέθους [k1 k1], median μεγέθους [k2 k2], average μεγέθους [k1 k1] και average μεγέθους [k2 k2] (*fspecial* & *imfilter*).

▪ Εμφανίστε την εικόνα μετά την εφαρμογή κάθε φίλτρου – όλες (και τις 4) στο ίδιο γράφημα.

▪ Τι παρατηρείτε; Ποια κατηγορία φίλτρων τα 'κατάφερε' καλύτερα στη μείωση του θορύβου; Γιατί;

Για να αιτιολογήσετε την απάντησή σας, υπολογίστε το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα του κάθε αποτελέσματος σε σχέση με την αρχική εικόνα με θόρυβο.

-----

4. Στο 4<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης, θα ασχοληθείτε με εικόνες περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος και θα δείτε τρόπους βασικής τους επεξεργασίας προκειμένου να εξάγετε μία πρώτη μορφή παρατήρησης σχετικά με το περιεχόμενό τους. Πιο συγκεκριμένα, το αντικείμενο ενασχόλησης εδώ είναι η ροή νερού σε ποταμούς και η παρατήρηση για το εάν στην επιφάνεια της ροής επιπλέουν φερτά υλικά (particles). Τέτοιου είδους υλικά συνήθως είναι φύλλα, κομμάτια ξύλου ακόμη και οι σχηματισμοί αφρού του νερού. Ο εντοπισμός των floating particles μπορεί γενικά να βοηθήσει στην εξαγωγή του επιφανειακού πεδίου ταχυτήτων της ροής του νερού στο ποτάμι μέσω της παρακολούθησης της πορείας των φερτών υλικών.

Ο σκοπός σας εδώ είναι απλά να τα εντοπίσετε, εάν αυτό είναι δυνατό (ανάλογα με τις εικόνες που θα επιλέξετε). Για να ξεκινήσετε, βρείτε ή εξάγετε 2

διαδοχικά frames από video που να αναπαριστά τη ροή νερού (π.χ. σε ποτάμι, χωρίς να είναι δεσμευτικό) στο οποίο να επιπλέουν φερτά υλικά. Αυτά μπορεί να είναι φύλλα για παράδειγμα. Προσέξτε να μην επιλέξετε video (κι επομένως εικόνες) από ροή νερού που η επιφάνειά του να είναι πολύ διαφανής καθώς θα σας δυσκολέψει στην απομόνωση της πληροφορίας των φερτών. Τα 2 διαδοχικά frames θα πρέπει να παρουσιάζουν το φερτό (π.χ. φύλλο ή ξύλο) με μία μικρή μετατόπιση από τη μία εικόνα στην άλλη.

Χρησιμοποιήστε, λοιπόν, τις 2 εικόνες σας καθώς και το `k1`, όπως το ορίσατε στο 2<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης.

- Σε κάθε μία από τις αρχικές εικόνες εφαρμόστε τα εξής 2 φίλτρα: `median` μεγέθους `[k1 k1]` και `h = [1 1 1; 1 -8 1; 1 1 1]` (`medfilt2` & `imfilter`).
- Εμφανίστε τη διαφορά των 2 frames που προέκυψαν μετά την εφαρμογή του `median` σε αυτές.
- Εμφανίστε τη διαφορά των 2 frames που προέκυψαν μετά την εφαρμογή του 2<sup>ου</sup> φίλτρου (`h`) σε αυτές.

Η διαφορά των δύο διαδοχικών frames, θα μας δώσει διαφορετικό αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με το φίλτρο που εφαρμόσαμε πριν από αυτή τη διαδικασία.

Έτσι, σε αυτό το 4<sup>ο</sup> μέρος της άσκησης, σχολιάστε τι είδους συμπεράσματα μπορούμε να βγάλουμε σε κάθε μία περίπτωση ως προς το περιεχόμενο της εικόνας και πως αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εφαρμογή. Π.χ. τι μπορούμε να εντοπίσουμε με ευκολία σε κάθε περίπτωση; Γιατί; Επίσης, τι είδους φίλτρο είναι το `median` και τι είδους φίλτρο είναι το `h`; Πότε τα χρησιμοποιούμε;

Επίσης, σχολιάστε τα προβλήματα που ενδεχομένως παρατηρήσατε ότι μπορεί να υπάρξουν λόγω της φύσης των εικόνων που χρησιμοποιήσατε, ειδικά εάν έχουν τραβηχτεί σε χώρο με εξωτερικές και πραγματικές συνθήκες (π.χ. ανάκλαση ηλίου στην επιφάνεια του νερού). Πως θα προτείνατε να τα αντιμετωπίσετε; Π.χ. εάν μετατρέψετε τις εικόνες σας σε άλλο χρωματικό μοντέλο; (όλα τα ερωτήματα αυτής της τελευταίας παραγράφου ζητούν θεωρητικό σχολιασμό & εξήγηση, όχι υλοποίηση).

---

**Σημείωση:** Ενδεχομένως, μετά το 'διάβασμα' της κάθε εικόνας, να χρειαστεί να εφαρμόσετε την εντολή `rgb2gray` ώστε να τη μετατρέψετε στον κατάλληλο τύπο πριν την εφαρμογή των φίλτρων.

---

Κατά την αποστολή της παρούσας εργαστηριακής άσκησης παραδίδετε κώδικα και αναφορά.

Βασικές οδηγίες για την συγγραφή ολοκληρωμένων αναφορών:

- Σε κάθε μέρος της άσκησης υπάρχουν και επιπλέον ενδεικτικές ερωτήσεις στις οποίες θα πρέπει να απαντήσετε γράφοντας τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά σας στην αναφορά που θα ετοιμάσετε. Όλες οι ερωτήσεις που αναγράφονται μέσα στην εκφώνηση είναι και οι ελάχιστες απαιτήσεις ως προς τις απαντήσεις που θα πρέπει να περιέχονται στην αναφορά σας.
- Η αναφορά θα πρέπει να είναι επεξηγηματική και λεπτομερής ως προς τα συμπεράσματά σας, να περιέχει τα σχήματα που εμφανίσατε και όχι τους κώδικες, να εξηγείτε με συντομία τον τρόπο της υλοποίησής σας, να είναι χωρίς ορθογραφικά λάθη, με τίτλους όπου χρειάζεται, max font size 12 και γενικώς να είναι επεξηγηματική, να αποτελεί παρουσίαση της εργασίας σας και να είναι ευπαρουσίαστη.
- Σε όλα τα σχήματά σας, εμφανίστε Τίτλο Σχήματος και Τίτλο σε κάθε διαφορετική εικόνα που να δηλώνει τί εμφανίζετε.