

Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας

-Εργασία 1-

Σημειακός μετασχηματισμός και διόρθωση ιστογράμματος

Α. Ντελόπουλος

Άνοιξη 2020

Εισαγωγικά

Στην παρούσα εργασία θα επεξεργαστείτε μία εικόνα με στόχο να τροποποιήσετε το ιστόγραμμά της. Οι ακόλουθες εντολές θα σας βοηθήσουν να *φορτώσετε* την εικόνα που σας δίνεται με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να την επεξεργαστείτε, καθώς και να δείξετε το ιστόγραμμα της φωτεινότητάς της. Σημειώστε ότι οι τιμές φωτεινότητας είναι πραγματικοί αριθμοί στο διάστημα $[0, 1]$ με το μαύρο να αντιστοιχεί στο 0 και το άσπρο στο 1.

```
1 % Load image, and convert it to gray-scale
2 x = imread('lena.bmp');
3 x = rgb2gray(x);
4 x = double(x) / 255;
5 % Show the histogram of intensity values
6 [hn, hx] = hist(x(:), 0:1/255:1);
7 figure
8 bar(hx, hn)
```

1 Σημειακός μετασχηματισμός

Στην πρώτη ενότητα της εργασίας θα υλοποιήσετε έναν σημειακό μετασχηματισμό συγκεκριμένης μορφής. Συγκεκριμένα, κατασκευάστε την συνάρτηση

$$Y = \text{pointtransform}(X, x1, y1, x2, y2) \quad (1)$$

η οποία λαμβάνει ως είσοδο μία μονοχρωματική εικόνα X και την μετασχηματίζει σημειακά στην εικόνα Y , σύμφωνα με τον μετασχηματισμό που φαίνεται στο Σχήμα 1. Οι μεταβλητές $x1, y1, x2$ και $y2$ ορίζουν τα δύο σημεία της καμπύλης που απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Παρουσιάστε τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού για τις περιπτώσεις (α) $[x1, y1, x2, y2] = [0.1961, 0.0392, 0.8039, 0.9608]$ και (β) για τιμές παραμέτρων τέτοιες ώστε η εικόνα εξόδου να είναι ασπρόμαυρη, κατωφλιωμένη στην τιμή φωτεινότητας 0.5.

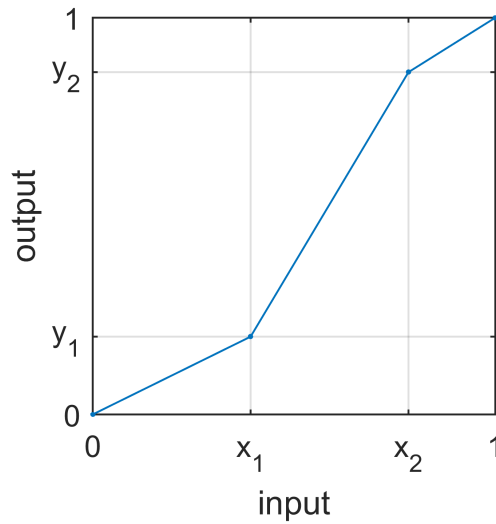
2 Μετασχηματισμοί ιστογράμματος

Στη δεύτερη ενότητα της εργασίας θα μετασχηματίσετε την εικόνα εισόδου με στόχο η εικόνα εξόδου να έχει συγκεκριμένες προδιαγραφές στο ιστόγραμμά της.

2.1 Μετασχηματισμός με βάση το ιστόγραμμα

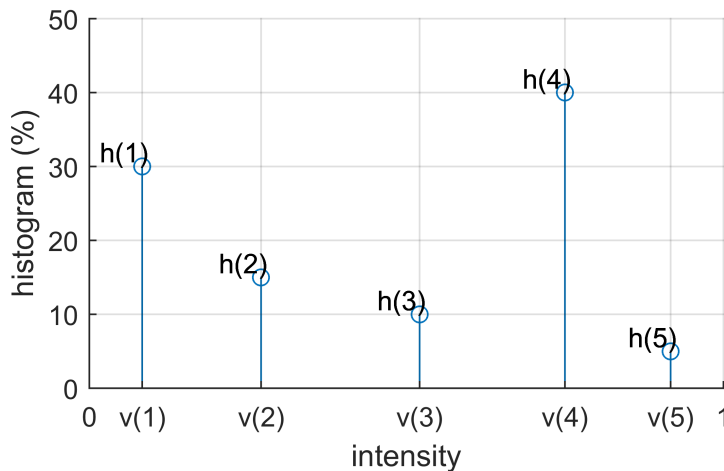
Κατασκευάστε τη συνάρτηση

$$Y = \text{histtransform}(X, h, v) \quad (2)$$



Σχήμα 1: Ο σημειακός μετασχηματισμός που θα χρησιμοποιηθεί στο πρώτο ζητούμενο

η οποία μετασχηματίζει την εικόνα εισόδου X στην εικόνα εξόδου Y έτσι ώστε το ιστόγραμμα της Y να προσεγγίζει όσο καλύτερα γίνεται το ιστόγραμμα που περιγράφεται από τα h και v . Τα h και v είναι διανύσματα μήκους n , όπου n είναι ο αριθμός των κλάσεων φωτεινότητας της εξόδου. Το διάνυσμα v περιέχει (σε αύξουσα σειρά) τις τιμές φωτεινότητας τις οποίες θα περιέχει η Y . Αυτές είναι δηλαδή οι μόνες τιμές φωτεινότητας οι οποίες μπορούν εμφανιστούν στην Y . Το διάνυσμα h περιέχει κατά αντιστοιχία με τις τιμές του v τις τιμές του ιστογράμματος, δηλαδή το $h(i)$ είναι το ποσοστό των pixels της Y τα οποία θα πρέπει να έχουν φωτεινότητα $v(i)$ (Σχήμα 2). Θα πρέπει να ισχύει $\sum_{i=1}^n h(i) = 1$ και $h(i) > 0$ για $i = 1, 2, \dots, n$.



Σχήμα 2: Προδιαγραφή για το ιστόγραμμα εξόδου του δεύτερου ζητούμενου

Η υλοποίησή σας θα πρέπει να είναι ένας greedy αλγόριθμος ο οποίος ξεκινάει από τα pixels με τη χαμηλότερη φωτεινότητα (δηλαδή 0) και τα μετασχηματίζει ώστε να έχουν φωτεινότητα ίση με $v(1)$. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται επαναληπτικά για τις επόμενες στάθμες φωτεινότητας $(1, 2, \dots)$ όσο

$$\frac{\text{αριθμός των pixels που έχουν αναταθεί στην τιμή } v(1)}{\text{συνολικός αριθμός pixels της εικόνας}} < h(1) \quad (3)$$

Ο έλεγχος γίνεται αφού μετασχηματιστούν όλα τα pixels μίας συγκεκριμένης τιμής φωτεινότητας. Όταν αυξηθεί ο αριθμός των pixels αρκετά ώστε να μην ισχύει η παραπάνω συνθήκη, η διαδικασία συνεχίζει κανονικά με τη διαφορά ότι τώρα τα pixels ανατίθενται επόμενη τιμή φωτεινότητας (δηλαδή στην $v(2)$) και ο αντίστοιχος λόγος των pixels που ανατίθεται σε αυτή την τιμή (προς τα συνολικά) συγκρίνεται με το $h(2)$. Η διαδικασία συνεχίζεται επαναληπτικά έως ότου μετασχηματιστούν όλα τα pixels της X .

Παρουσιάστε τα αποτελέσματα για την εικόνα που σας δίνεται για τις ακόλουθες περιπτώσεις

```
1 % Case 1
2 L = 10;
3 v = linspace(0, 1, L);
4 h = ones([1, L]) / L;
5 % Case 2
6 L = 20;
7 v = linspace(0, 1, L);
8 h = ones([1, L]) / L;
9 % Case 1
10 L = 10;
11 v = linspace(0, 1, L);
12 h = normpdf(v, 0.5) / sum(normpdf(v, 0.5));
```

Για κάθε περίπτωση παρουσιάστε την εικόνα και το ιστόγραμμα της, και τα σχόλιά σας σχετικά με το πόσο καλά προσεγγίζεται το επιθυμητό ιστόγραμμα.

2.2 Εκτίμηση ιστογράμματος από κατανομή

Σε αυτό το ζητούμενο θα υλοποιήσετε τη συνάρτηση

$$h = \text{pdf2hist}(d, f) \quad (4)$$

η οποία υπολογίζει τις τιμές του ιστογράμματος h στα διαστήματα που ορίζει το d . Το d είναι ένα διάνυσμα μήκους $n + 1$ το οποίο ορίζει n διαδοχικά διαστήματα με τον ακόλουθο τρόπο

$$[d(1), d(2)], [d(2), d(3)], \dots, [d(\text{end} - 1), d(\text{end})]$$

ενώ το f είναι function pointer. Θεωρείστε ότι η δήλωση της f είναι της μορφής

$$p = f(v) \quad (5)$$

όπου p είναι η πυκνότητα της πιθανότητας στην τιμή v . Συνεπώς, θα πρέπει για κάθε διάστημα που ορίζει το d να χρησιμοποιήσετε μία μέθοδο αριθμητικής ολοκλήρωσης για να υπολογίσετε την πιθανότητα η φωτεινότητα να έχει τιμή στο συγκεκριμένο διάστημα. Θα πρέπει να εξηγήσετε συγκεκριμένα την υλοποίησή σας σε αυτό το σημείο. Επίσης, επειδή στη γενική περίπτωση η f είναι μη μηδενική εκτός του διαστήματος $[h(1), h(\text{end})]$ θα πρέπει στο τέλος να κανονικοποιήσετε γραμμικά το ιστόγραμμά σας ώστε να ισχύει $\sum_{i=1}^n h(i) = 1$.

2.3 Μετασχηματισμός με βάση την πυκνότητα πιθανότητας

Χρησιμοποιείτε τις συναρτήσεις που κατασκευάσατε στα προηγούμενα ζητούμενα και μετασχηματίστε την εικόνα που σας δίνεται έτσι ώστε το ιστόγραμμα της μετασχηματισμένης εικόνας να προσεγγίζει ιστόγραμμα που αντιστοιχεί σε

1. Ομοιόμορφη κατανομή στο $[0, 1]$
2. Ομοιόμορφη κατανομή στο $[0, 2]$
3. Κανονική κατανομή με μέση τιμή 0.5 και τυπική απόκλιση 0.1.

Θα πρέπει να προδιαγράψετε τον τρόπο με τον οποίο θα επιλέξετε τα διαστήματα d στα οποία θα υπολογίσετε το ιστόγραμμα. Ως σύμβαση, θεωρείστε ότι κάθε διάστημα που ορίζει το d αντιστοιχίζεται σε φωτεινότητα ίση με το μέσον του διαστήματος. Σε κάθε περίπτωση, παρουσιάστε τα αποτελέσματά σας χρησιμοποιώντας την εικόνα εισόδου που σας δόθηκε.

Για την υποβολή της εργασίας

Παραδώστε μία αναφορά με τις περιγραφές και τα συμπεράσματα που σας ζητούνται στην εκφώνηση. Η αναφορά θα πρέπει να επιδεικνύει την ορθή λειτουργία του κώδικά σας στις εικόνες που σας δίνονται.

Ο κώδικας θα πρέπει να είναι σχολιασμένος ώστε να είναι κατανοητό τι ακριβώς λειτουργία επιτελεί (σε θεωρητικό επίπεδο, όχι σε επίπεδο κλίσης συναρτήσεων). Επίσης, ο κώδικας θα πρέπει να εκτελείται και να υπολογίζει τα σωστά αποτελέσματα για *οποιαδήποτε* είσοδο πληροί τις υποθέσεις της εκφώνησης, και όχι μόνο για τις εικόνες που σας δίνονται.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για την βαθμολόγηση της εργασίας σας είναι ο κώδικας να εκτελείται χωρίς σφάλμα, καθώς και να τηρούνται τα ακόλουθα:

- Υποβάλετε ένα και μόνο αρχείο, τύπου zip.
- Το όνομα του αρχείου πρέπει να είναι `AEM.zip`, όπου `AEM` είναι τα τέσσερα ψηφία του `A.E.M.` του φοιτητή της ομάδας.
- Το προς υποβολή αρχείο πρέπει να περιέχει τα αρχεία κώδικα `Malta` και το αρχείο `report.pdf` το οποίο θα είναι η αναφορά της εργασίας.
- Η αναφορά πρέπει να είναι ένα αρχείο τύπου `PDF`, και να έχει όνομα `report.pdf`.
- Όλα τα αρχεία κώδικα πρέπει να είναι αρχεία κειμένου τύπου `UTF-8`, και να έχουν κατάληξη `m`.
- Το αρχείο τύπου `zip` που θα υποβάλετε δεν πρέπει να περιέχει κανέναν φάκελο.
- Μην υποβάλετε τις εικόνες που σας δίνονται για πειραματισμό.
- Μην υποβάλετε αρχεία που δεν χρειάζονται για την λειτουργία του κώδικά σας, ή φακέλους/αρχεία που δημιουργεί το λειτουργικό σας, πχ `"Thumbs.db"`, `"DS_Store"`, `"directory"`.
- Για την ονομασία των αρχείων που περιέχονται στο προς υποβολή αρχείο, χρησιμοποιείτε μόνο αγγλικούς χαρακτήρες, και όχι ελληνικούς ή άλλα σύμβολα, πχ `"#"`, `"$"`, `"%"` κλπ.