Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας
Εργασία 1

Βασίλειος Αραϊλόπουλος
varailop@ece.auth.gr
AEM: 9475

Απρίλιος 2021

1 Φίλτρο Bayer

Ζητούμενο αυτού του ερωτήματος ήταν η ανακατασκευή της τριχρωματικής εικόνας από έναν πίνακα που είχε την δομή ενός φίλτρου Bayer. Αυτή η διαδικασία έπρεπε να γίνει με την χρήση συνέλιξης. Αρχικά, ορίστηκαν 3 νέοι πίνακες, ίσου μεγέθους με τον αρχικό, που ο καθένας περιέχει τις καταγραφές των αισθητήρων ενός μόνο χρώματος και οι υπόλοιπες θέσεις είναι μηδενισμένες. Αυτή η διαδικασία βασίζεται στο γεγονός ότι το pattern της εικόνας ξεκινάει με gbrg. Έτσι, προκύπτουν τα δύο παρακάτω kernels που χρησιμοποιούνται για την συνέλιξη με τους προηγούμενους πίνακες.

$$K_{rb} = \frac{1}{4}\begin{bmatrix}1 & 2 & 1\\ 2 & 4 & 2\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix} \text{ και } K_g = \frac{1}{4}\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 1 & 4 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}$$

Το πρώτο kernel εφαρμόζεται στην συνέλιξη τόσο του πίνακα με τα κόκκινα σημεία, όσο και με τα μπλε, ενώ το δεύτερο χρησιμοποιείται από τον πίνακα με τα πράσινα. Για την εύρεση των kernels εξετάστηκαν όλες οι περιπτώσεις που θα πολλαπλασιαζόταν αυτό με τον πίνακα ώστε να βρεθεί ο μέσος όρος τον σημείων που περικλείονται από αυτό. Αυτές φαίνονται και παρακάτω.

Οι περιπτώσεις του κόκκινου και του μπλε είναι ίδιες.

$$\begin{bmatrix}R & 0 & R\\ 0 & 0 & 0\\ R & 0 & R\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & R & 0\\ 0 & 0 & 0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0 & R & 0\\ 0 & 0 & 0\\ 0 & R & 0\end{bmatrix} \text{ και } \begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ R & 0 & R\\ 0 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

Οι περιπτώσεις που προκύπτουν για το πράσινο.

$$\begin{bmatrix}G & 0 & G\\ 0 & G & 0\\ G & 0 & G\end{bmatrix} \text{ και } \begin{bmatrix}0 & G & 0\\ G & 0 & G\\ 0 & G & 0\end{bmatrix}$$

Στην περίπτωση που το kernel καλύπτει 5 πράσινα σημεία δεν λαμβάνεται ο μέσος όρος τους, αλλά επιλέγεται κατευθείαν η τιμή του κεντρικού σημείου. Είναι φανερό ότι όταν συνελίσσονται τα αντίστοιχα kernels με τις περιπτώσεις των χρωμάτων το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ο μέσος όρος των γειτονικών σημείων. Να σημειωθεί, επίσης, ότι πριν γίνει η συνέλιξη με τους πίνακες αυτοί προεκτείνονται κατά 1 από κάθε πλευρά τους με την μέθοδο του mirroring. Κάτι τέτοιο γίνεται για να μην προκύπτει στο περίγραμμα της φωτογραφίας ατέλεια στον μέσο όρο των σημείων. Το mirroring γίνεται με τον εξής τρόπο:

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} e & d & e & f & e \\ b & a & b & c & b \\ e & d & e & f & e \\ h & g & h & i & h \\ e & d & e & f & e \end{bmatrix}$$

Παρακάτω φαίνεται το αποτέλεσμα που προκύπτει από το demo1.m. Από την εικόνα φαίνεται ότι το averaging έχει γίνει καλά. Με μια αναλυτικότερη ματιά, όμως, αρχίζουν να διακρίνονται ατέλειες στις τιμές των pixels, που υποδεικνύει ότι δεν έχει γίνει το απόλυτο averaging.

Σχήμα 1: Η ανακατασκευασμένη εικόνα.

Σχήμα 2: Μεγεθυμένο σημείο της εικόνας.

2 Υποδειγματοληψία εικόνας

Σε αυτό το μέρος έγινε δειγματοληψία της χρωματισμένης εικόνας με δύο τρόπους. Αρχικά, σε κάθε περίπτωση βρίσκεται ο λόγος των διαστάσεων των δύο εικόνων προς κάθε κατεύθυνση, το οποίο θα είναι και το βήμα, δηλαδή η απόσταση μεταξύ δύο σημείων δειγματοληψίας προς κάθε κατεύθυνση. Στην πρώτη περίπτωση το σημείο που πρέπει να δειγματοληπτηθεί παίρνει την τιμή του κοντινότερου pixel, δηλαδή στρογγυλοποιούνται οι συντεταγμένες του. Στην δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται η μέθοδος της διγραμμικής παρεμβολής ανάμεσα στα 4 γειτονικά pixel του σημείου. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκε η συνάρτηση interpolation (βρίσκεται στο αρχείο myresize.m), η οποία παίρνει ως όρισμα την εικόνα και τις συντεταγμένες του σημείου. Αυτή εξετάζει τις ειδικές περιπτώσεις οι συντεταγμένες του σημείου να ταυτίζονται με ακριβώς με ένα pixel (να είναι δηλαδή ακέραιες) ή και αν ταυτίζεται μια από αυτές. Αν συμβεί μια τέτοια περίπτωση λαμβάνεται κατευθείαν η τιμή του pixel ή εφαρμόζεται γραμμική παρεμβολή αντίστοιχα.

Για την γραμμική παρεμβολή χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$y = y_0(1 - \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}) + y_1\frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

Αλλά επειδή $x_1 - x_0 = 1$, γιατί τα pixel έχουν διαφορά τετμημένης ή τεταγμένης ίση με ένα, οι παρονομαστές παραλείπονται.

Σε κάθε άλλη περίπτωση εφαρμόζεται η διγραμμική παρεμβολή που περιγράφεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$f(x,y) \approx \frac{1}{(x_2-x_1)(y_2-y_1)} \begin{bmatrix} x_2 - x & x - x_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(x_1,y_1) & f(x_1,y_2) \\ f(x_2,y_1) & f(x_2,y_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_2 - y \\ y - y_1 \end{bmatrix}$$

Ο πρώτος λόγος, ωστόσο, παραλείπεται γιατί $x_2 - x_1 = 1$ και $y_2 - y_1 = 1$.

Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας που ζητούνται από την εκφώνηση. Είναι ξεκάθαρο από την σύγκριση με την αρχική εικόνα ότι η ποιότητα μειώνεται και οι ακμές των αντικειμένων δεν είναι τόσο ομαλές όπως στην αρχική. Ανάμεσα στις δύο μεθόδους φαίνεται να μην υπάρχει οπτική διαφορά, κάτι που επιβεβαιώνεται και με το σφάλμα των δύο μεθόδων που η διαφορά τους δεν ξεπερνάει το 10^{-5}. Τέλος, έγινε και σύγκριση των μεθόδων αυτών με την έτοιμη συνάρτηση imresize με την οποία υπολογίστηκε ότι το σφάλμα δεν ξεπερνάει το 10^{-4} και στις δύο μεθόδους και για τα τρία χρώματα.

Σχήμα 3: Η δειγματοληψία για N = 240 και M = 320 για την nearest μέθοδο.

Σχήμα 4: Η δειγματοληψία για N = 200 και M = 300 για την linear μέθοδο.

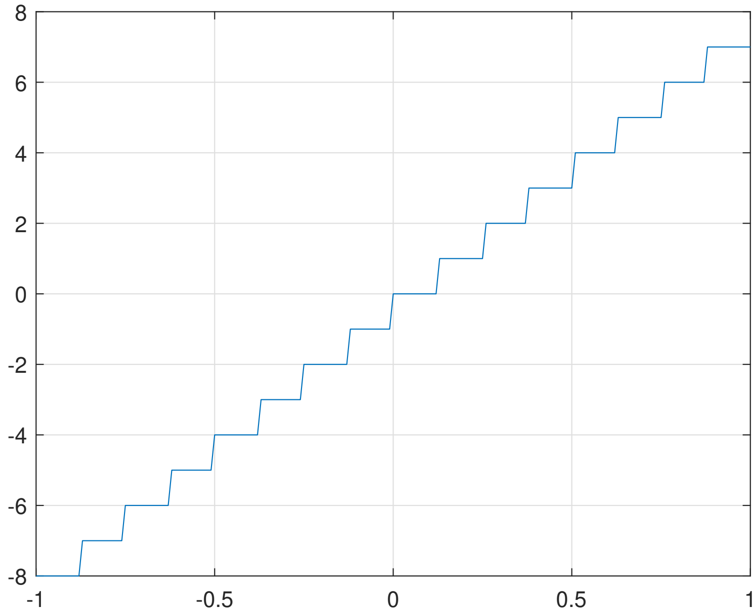
3 Κβαντισμός και αποκβαντισμός

Αρχικά, για να γίνει ο κβαντισμός βρίσκεται το πλήθος των επιπέδων κβάντισης ως την στρογγυλοποίηση προς τα πάνω του λόγου 1/w, αφού οι τιμές που λαμβάνονται είναι μέχρι το 1. Στη συνέχεια, εξετάζονται όλα τα διαστήματα που σχηματίζονται από τα επίπεδα αυτά και με την χρήση λογικών πινάκων περνιούνται οι κατάλληλες τιμές στον πίνακα q της κβάντισης. Για τους θετικούς, τα ακέραια πολλαπλάσια της ζώνης κβαντισμού w κβαντίζονται στο αριστερό επίπεδο κβάντισης, ενώ τα αρνητικά ακέραια πολλαπλάσια στο δεξιό. Το μηδέν κβαντίζεται στο δεξιό επίπεδο, το οποίο δίνει την τιμή 0. Όλα αυτά φαίνονται και στην συνάρτηση που παρουσιάζει την συνάρτηση κβαντισμού για 3 bits. Αντίθετα, ο αποκβαντισμός γίνεται με την ανάθεση, σε κάθε επίπεδο κβαντισμού, της μέσης τιμής του διαστήματος από το οποίο κβαντίστηκαν. Αυτό σημαίνει ότι:

$$0 \rightarrow \frac{w}{2}, \quad 1 \rightarrow \frac{3w}{2} \quad \text{κ.ο.κ.}$$

Τέλος, θεωρείται ότι όταν ζητείται να γίνει κβαντισμός με n bits το w λαμβάνει την τιμή $w = 1/2^n$. Το οπτικό αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι ότι τα χρώματα αρχίζουν να αναμειγνύονται μεταξύ τους και υπάρχουν flat κομμάτια στην εικόνα. Όσο, όμως, ο αριθμός των bits αυξάνεται, τόσο καλύτερη γίνεται η εικόνα και τόσο αρχίσει να προσεγγίζει καλύτερα την αρχική.

Από αυτήν την διαδικασία προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα.



Σχήμα 5: Η συνάρτηση κβαντισμού για 3 bits.

Σχήμα 6: Η αρχική εικόνα κβαντισμένη με 3 bits ανά χρώμα.

Σχήμα 7: Η αρχική εικόνα κβαντισμένη με 4 bits ανά χρώμα.

Σχήμα 8: Η δειγματοληπτημένη εικόνα με $N = 150$ και $M = 200$ κβαντισμένη με 3 bits.

4 Πρότυπο PPM

Αρχικά, δημιουργείται ένα αρχείο για εγγραφή. Ανάλογα με την τιμή του K, δηλαδή αν είναι μικρότερο ή μεγαλύτερο από το 256, επιλέγεται και ο αριθμός των bytes που θα γράφονται στο αρχείο για κάθε ακέραιο, αν θα είναι uint8 ή uint16 αντίστοιχα. Έτσι, κατασκευάζεται ο header του αρχείου και για κάθε pixel τις εικόνας αποθηκεύονται σε δυαδική μορφή με RGB σειρά οι ακέραιες τιμές της κβαντισμένης εικόνας. Στο demo φαίνεται όλη η διαδικασία που περνάει μια εικόνα για να αποθηκευτεί. Η εικόνα παρακάτω είναι αυτή που προκύπτει μετά από τον χρωματισμό της αρχικής, την μετατροπή της σε δειγματοληπτημένη με $N = 150$ και $M = 200$ και κβαντισμένη με 3 bits. Η εικόνα αυτή δείχνει να έχει λίγο πιο σκούρα χρώματα σε σχέση με την ίδια εικόνα στο Σχήμα 8 που προκύπτει από την αποκβάντιση της κβαντισμένης. Κάτι τέτοιο πιστεύω ότι οφείλεται στον τρόπο που διαβάζεται η εικόνα από το MATLAB.

Σχήμα 9: Η εικόνα που αποθηκεύεται στο PPM αρχείο.