

Προγραμματισμός II

3η Εργασία

Διδάσκων:

Χ. Τρυφωνόπουλος

Παράδοση μέχρι: Κυριακή 14/07/2019 ώρα 23:59

ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:

1. Στο αρχείο που γράφετε τον κώδικα για κάθε εργασία πρέπει ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ να βάλετε σε σχόλια τα ονόματα, τους A.M., και τα username/email των μελών της ομάδας (ομάδες αυστηρά 2 ατόμων). Όλα τα σχόλια και τα μηνύματα του προγράμματός σας πρέπει να είναι με λατινικούς χαρακτήρες (και όχι στα ελληνικά). Ακολουθεί παράδειγμα:
/* Nikos Papadopoulos
AM: 2888
cst2888@uop.gr
Christos Tryfonopoulos
AM: 2929
cst02929@uop.gr
*/
2. Αφού έχετε ολοκληρώσει την εργασία που θέλετε να παραδώσετε την υποβάλετε στο eclass στο υποσύστημα «Εργασίες φοιτητών». Προσοχή: μόνο 1 άτομο από την ομάδα χρειάζεται να παραδώσει την εργασία μέσω του e-class! Η υποβολή πρέπει να γίνει ΠΡΙΝ την ημερομηνία παράδοσης. Παραδίδετε ΜΟΝΟ τα αρχεία με τον κώδικα (με κατάληξη .c ή/και .h) σε ένα συμπίεσμένο αρχείο (το οποίο θα φέρει τα ονόματα της ομάδας π.χ., PapadopoulosTryfonopoulos.zip) και ΟΧΙ τα εκτελέσιμα μετά την μεταγλώττιση. Προσοχή: τα προγράμματα που θα παραδώσετε θα πρέπει να κάνουν compile και να τρέχουν στα μηχανήματα UNIX του τμήματος. Ασκήσεις οι οποίες δεν κάνουν compile ή δεν τρέχουν στα μηχανήματα UNIX του τμήματος θα μηδενίζονται.
3. Περιπτώσεις αντιγραφής θα μηδενίζονται και οι εμπλεκόμενοι θα παραπέμπονται για περαιτέρω κυρώσεις στα αρμόδια όργανα του Τμήματος. Η ημερομηνία παράδοσης είναι αυστηρή, και η παράδοση γίνεται μόνο μέσω του eclass και όχι με email στον διδάσκοντα. Ασκήσεις που παραδίδονται μετά τη λήξη της προθεσμίας δε γίνονται δεκτές.
4. Καθώς η άσκηση δεν έχει προσωπική εξέταση για όλους τους συμμετέχοντες, δικαίωμα να παραδώσουν την άσκηση έχουν όσοι είχαν βαθμό ≥ 5 σε μία τουλάχιστον από τις προηγούμενες ασκήσεις. Για όσες ομάδες κρίνεται απαραίτητο θα γίνει προσωπική εξέταση μέσα στην εξεταστική του Σεπτεμβρίου ή/και ο βαθμός στην άσκηση αυτή θα σταθμιστεί με τον μέσο όρο των βαθμών στις δύο προηγούμενες ασκήσεις.

ΕΚΦΩΝΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην άσκηση αυτή θα πρέπει να υλοποιήσετε έναν απλό επεξεργαστή εικόνας, ο οποίος θα μπορεί να διαβάσει, να επεξεργαστεί, και να αποθηκεύσει εικόνες που είναι σε portable greymap (.pgm) format. Το format αυτό είναι γενικά απλό στην επεξεργασία και στην αποθήκευσή του, και είναι εύκολο να γράψει κανείς προγράμματα που να το διαχειρίζονται. Μπορείτε να ανοίξετε και να δείτε τις εικόνες pgm με προγράμματα όπως το irfanview (<http://www.irfanview.com/>) για Windows, το GIMP για Windows/Linux/Mac, το xv για solaris/linux, κ.ά. Επίσης, με έναν απλό editor δυαδικών αρχείων (θα βρείτε διάφορους δωρεάν για κάθε λειτουργικό) μπορείτε να δείτε τι περιέχεται στο αρχείο.

1. Επεξήγηση του pgm format

Οι εικόνες pgm είναι ασπρόμαυρες και υποστηρίζουν διαβαθμίσεις του γκρι. Κάθε αρχείο εικόνας ξεκινάει με έναν κωδικό από 2 byte που είναι το format της εικόνας. Εμείς θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με το format P5 (όπως ονομάζεται), το οποίο χρησιμοποιείται σε δυαδικά αρχεία εικόνας.

Παρακάτω περιγράφεται τι περιέχει η κεφαλίδα ενός δυαδικού αρχείου pgm:

- Στα πρώτα δύο bytes της κεφαλίδας περιέχεται ο κωδικός P5 ακολουθούμενος από το χαρακτήρα αλλαγής γραμμής (ένα byte).
- Κατόπιν περιέχεται ένα σχόλιο για το δημιουργό του αρχείου. Τα σχολία στα αρχεία αυτά ξεκινούν με τον χαρακτήρα '#', και τελειώνουν με τον χαρακτήρα αλλαγής γραμμής (όσα bytes χρειάζονται).
- Μετά περιέχεται ο αριθμός των στηλών (ένα byte για κάθε ψηφίο του αριθμού), ένα κενό διάστημα (ένα byte), ο αριθμός των γραμμών (ένα byte για κάθε ψηφίο του αριθμού), και ο χαρακτήρας αλλαγής γραμμής (ένα byte).
- Ακολούθως περιέχεται ο αριθμός χρωμάτων της παλέτας του γκρι (δείχνει τις διαβαθμίσεις του γκρι – ένα byte για κάθε ψηφίο του αριθμού) και ο χαρακτήρας αλλαγής γραμμής (ένα byte). Ο αριθμός χρωμάτων της παλέτας θα πρέπει να ακολουθεί τον τύπο $2^k - 1$, δηλαδή έγκυροι αριθμοί παλέτας είναι το 15 και το 255, αλλά όχι το 244.

Μετά την κεφαλίδα του αρχείου ακολουθούν μία σειρά από unsigned char ο ένας μετά τον άλλο, χωρίς κενά ή αλλαγή γραμμής μεταξύ τους, οι οποίοι αντιστοιχούν στα (χρώματα των) pixel της εικόνας.

Για παράδειγμα, αν είχαμε μια pgm εικόνα με 3 γραμμές, 4 στήλες, και παλέτα 15 διαβαθμίσεων του γκρι και βλέπαμε ή θέλαμε να γράψουμε τη δυαδική αναπαράσταση του αρχείου τότε θα γράφαμε σε δυαδική μορφή με τη συνάρτηση fwrite() τα παρακάτω:

```
P5\n# CREATOR: tryfonopoulos\n4 3\n15\n000088880000
```

Στο παραπάνω παράδειγμα η εικόνα θα έχει μια γραμμή γκρι, και τις υπόλοιπες μαύρες. Περισσότερα για το pgm format θα βρείτε στη σελίδα (http://en.wikipedia.org/wiki/Portable_graymap).

Τα αρχεία που θα επεξεργαστείτε θα πρέπει να ανοίγονται ως δυαδικά – binary (όχι ως κειμένου – text, γιατί δεν θα μπορείτε να διαβάσετε τα περιεχόμενά τους) με όρισμα “wb” ή “rb” στην συνάρτηση fopen, και ότι γράφετε ή διαβάζετε από αυτά θα το κάνετε με τις συναρτήσεις fwrite και fread (ώστε να τα χειρίζεστε ως δυαδικά).

Τις εικόνες που θα φτιάχνετε θα τις αναπαριστάτε ως έναν πίνακα ακεραίων NxM. Κάθε κελί του εν λόγω πίνακα, ανάλογα με την παλέτα που θα χρησιμοποιείτε, θα γεμίζει με τιμές από 0 μέχρι τη μέγιστη τιμή της παλέτας (στο παραπάνω παράδειγμα μέχρι 15). Στις pgm εικόνες υπάρχει η σύμβαση ότι κάθε στοιχείο (i,j) του πίνακα αντιστοιχεί σε άσπρο αν έχει τη μέγιστη τιμή παλέτας (π.χ. 255 ή για το παραπάνω παράδειγμα 15), ενώ αν είναι 0 αντιστοιχεί σε μαύρο. Οι ενδιάμεσες τιμές αντιστοιχούν σε αποχρώσεις του γκρι. Το (0,0) στοιχείο του πίνακα αντιστοιχεί στο πάνω αριστερό pixel της εικόνας, ενώ το (N-1,M-1) στοιχείο του πίνακα αντιστοιχεί στο κάτω δεξιό pixel της εικόνας (απεικόνιση όμοια με τον πίνακα).

2. Κλήση του προγράμματος από γραμμή εντολών [15 μονάδες]

Το πρόγραμμα θα το χειριζόμαστε αποκλειστικά από τη γραμμή εντολών και δεν θα έχει καθόλου μενού χρήστη. Ασκήσεις που θα έχουν μενού και δεν θα λειτουργούν από ορίσματα γραμμής εντολών θα παίρνουν μηδέν, ακόμη και αν υλοποιούν το σύνολο της λειτουργικότητας. Επομένως, όλη η λειτουργικότητα θα καλείται με κατάλληλα ορίσματα γραμμής εντολών που θα είναι της μορφής:

```
$> ./pgmEdit <-option> [input_file] [output_file]
```

όπου το option σχετίζεται με επιμέρους λειτουργίες που περιγράφονται παρακάτω (καταστροφή εικόνας, μείωση/αύξηση παλέτας, καθρέφτισμα, scale up/down, περιστροφή). Μετά το option που καθορίζει το είδος επεξεργασίας που θα εφαρμοστεί, ακολουθούν δύο ονόματα αρχείων εικόνας που αντιστοιχούν στην εικόνα προς επεξεργασία (ή εικόνα εισόδου – input_file) και στην επεξεργασμένη εικόνα (εικόνα εξόδου – output_file). Προσοχή, τα ονόματα των εικόνων εισόδου και εξόδου θα είναι χωρίς την προέκταση, η οποία θα είναι προφανώς .pgm (θα πρέπει να κάνετε και τους κατάλληλους ελέγχους και ενέργειες και στις δύο περιπτώσεις ανάλογα με το αν η εικόνα υπάρχει ή όχι). Έτσι, αν η κλήση του προγράμματός σας είναι η

```
$> ./pgmEditor <-option> bird processed
```

σημαίνει ότι θα πρέπει να πραγματοποιήσετε την επεξεργασία που περιγράφεται στο <-option> (δείτε τις επόμενες ενότητες) στην εικόνα bird.pgm και να γράψετε το αποτέλεσμα στην εικόνα processed.pgm. Προσέξτε να κάνετε τους κατάλληλους ελέγχους για τον αριθμό των ορισμάτων γραμμής εντολών.

Για να επεξεργαστείτε την εικόνα, αρχικά θα πρέπει να ορίσετε κατάλληλα τις δομές στις οποίες θα αποθηκευτούν τόσο η κεφαλίδα της pgm εικόνας (μαζί με τα σχετικά στοιχεία όπως οι διαστάσεις και η παλέτα του γκρι) όσο και τα εικονοστοιχεία (pixel) της εικόνας όπως αυτά περιγράφηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα για να αποθηκεύσετε τα pixels μίας εικόνας NxM, θα πρέπει να ορίσετε έναν δυναμικό πίνακα ίδιων διαστάσεων από unsigned char (ώστε να δέχετε τιμές από 0-255 που είναι ο μέγιστος αριθμός χρωμάτων της παλέτας). Έτσι, με βάση τις δομές που έχετε ορίσει θα πρέπει να διαβάσετε και να αποθηκεύσετε σε αυτές με τη συνάρτηση fread() τον κωδικό P5, τον αριθμό των στηλών, τον αριθμό των γραμμών, και τον αριθμό των χρωμάτων της παλέτας του γκρι. Κατόπιν θα διαβάσετε με τη συνάρτηση fread() τα δεδομένα της εικόνας εισόδου και θα τα αποθηκεύσετε στον πίνακα από unsigned char που αναφέρεται παραπάνω και θα έχετε δεσμεύσει δυναμικά (με βάση τις διαστάσεις της εικόνας εισόδου), ώστε να κάνετε την επεξεργασία που περιγράφεται στη συνέχεια.

Για να φτιάξετε το αρχείο εξόδου με την εικόνα που προκύπτει από το αποτέλεσμα της επεξεργασίας, θα πρέπει να γράψετε σε αυτό όλα τα στοιχεία της κεφαλίδας με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω και την πληροφορία για τα pixels της εικόνας με τη συνάρτηση fwrite(). Μην ξεχάσετε να αποδεσμεύσετε τη μνήμη όπου προσωρινά είχατε αποθηκεύσει την εικόνα καθώς και όποια άλλη μνήμη είχατε δεσμεύσει με malloc και να κλείσετε τα αρχεία των εικόνων. Για να διορθωθεί η άσκηση και να πάρετε τις μονάδες που αντιστοιχούν σε κάθε ερώτημα, πρέπει να έχετε υλοποιήσει σωστά την ανάγνωση/εγγραφή της εικόνας από/σε αρχείο ώστε να είναι αντιληπτό το αποτέλεσμα της επεξεργασίας.

3. Άνοιγμα, αποθήκευση, και δημιουργία εικόνας [5 μονάδες]

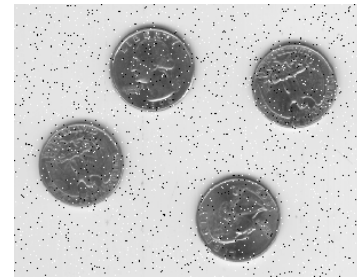
Το άνοιγμα υπάρχουσας εικόνας για να την τροποποιήσουμε γίνεται αυτόματα καθώς ο χρήστης θα το έχει δώσει από τη γραμμή εντολών όπως περιγράφεται παραπάνω και η εικόνα θα φορτώνεται σε έναν πίνακα στην κύρια μνήμη. Η αποθήκευση επεξεργασμένης εικόνας γίνεται επίσης αυτόματα στο αρχείο εξόδου που έχει δοθεί από τη γραμμή εντολών (χωρίς την προέκταση η οποία είναι προφανώς .pgm). Για να διορθωθεί η άσκηση και να πάρετε τις μονάδες που αντιστοιχούν σε κάθε ερώτημα, πρέπει να έχετε υλοποιήσει προφανώς την ανάγνωση/εγγραφή της εικόνας από/σε αρχείο. Επομένως, αυτό το ερώτημα είναι υποχρεωτικό.

4. Εισαγωγή θορύβου σε εικόνα [10 μονάδες]

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να εισάγει κάποιος θόρυβο σε μία εικόνα, αλλά ο ευκολότερος είναι να εισάγει θόρυβο με τη μορφή αλατοπίπερου (salt & pepper noise), αντικαθιστώντας τυχαίο ποσοστό από pixels με λευκό ή μαύρο χρώμα ισοπίθανα. Στο ερώτημα αυτό καλείστε να αλλάξετε τα περιεχόμενα μίας εικόνας εισόδου βάζοντας θόρυβο αλατοπίπερου ως εξής. Επιλέξτε ένα τυχαίο

μονοψήφιο ποσοστό X% από τυχαία pixels και αλλάζτε τους το χρώμα σε λευκό ή μαύρο ισοπίθανα μέχρι να πάρετε ένα αποτέλεσμα όπου η εικόνα θα φαίνεται σαν να της έχει ρίξει κάποιος από πάνω αλάτι και πιπέρι (δείτε για παράδειγμα την Εικόνα 1). Η λειτουργία αυτή καλείται με παράμετρο -n (noise). Για παράδειγμα η κλήση:

```
$> ./pgmEdit -n coins noise
```



Εικόνα 1 Παράδειγμα θορύβου τύπου αλατοπίπερο

θα πρέπει να ανοίξει την εικόνα `coins.pgm`, να κάνει τυχαίο μονοψήφιο ποσοστό από τυχαία pixel άσπρα ή μαύρα ισοπίθανα, και να αποθηκεύσει το αποτέλεσμα σε μία εικόνα με ίδιες διαστάσεις αλλά με όνομα `noise.pgm`. Παρατηρείστε ότι καθώς το ποσοστό των pixel που θα γίνουν άσπρα/μαύρα είναι τυχαίο, δύο διαφορετικές κλήσεις την ίδιας λειτουργίας για την ίδια εικόνα μπορεί να διαφέρουν.

5. Καθρέφτισμα της εικόνας [20 μονάδες]

Το καθρέφτισμα της εικόνας γίνεται κατά τον έναν από τους άξονες της εικόνας (οριζόντιο ή κατακόρυφο) και η λειτουργία αυτή καθρεφτίζει το είδωλο. Έτσι αν για την Εικόνα 2(α) δώσουμε την εντολή (`flip horizontal`):

```
$> ./pgmEdit -fH lena flippedHor
```

προκύπτει το καθρέφτισμα που φαίνεται στην Εικόνα 2(β) και το οποίο γράφεται στο αρχείο εικόνας `flippedHor.pgm`. Παρόμοια αν για την Εικόνα 2(α) δώσουμε την εντολή (`flip vertical`):

```
$> ./pgmEdit -fV lena flippedVer
```

προκύπτει το καθρέφτισμα που φαίνεται στην Εικόνα 2(γ) και το οποίο γράφεται στο αρχείο εικόνας `flippedVer.pgm`



(α) η αρχική εικόνα



(β) η εικόνα μετά την εντολή -fH



(γ) η εικόνα μετά την εντολή -fV

Εικόνα 2 Παράδειγμα καθρεφτίσματος σε σκηνή από την ταινία Casablanca

6. Περιστροφή της εικόνας [25 μονάδες]

Η περιστροφή της εικόνας γίνεται σε ακέραια πολλαπλάσια των 90° και είναι είτε δεξιόστροφη είτε αριστερόστροφη. Αυτό σημαίνει ότι μία εικόνα μπορεί να περιστραφεί κατά $1 \times 90^\circ = 90^\circ$, $2 \times 90^\circ = 180^\circ$, $3 \times 90^\circ = 270^\circ$, ή $4 \times 90^\circ = 360^\circ$

(παρατηρείστε ότι μόνο μέχρι 4 ακέραια πολλαπλάσια των των 90° έχουν νόημα). Έτσι αν εκτελεστεί η εντολή:

```
$> ./pgmEdit -rR1 lena rotated1
```

η εικόνα εισόδου με το όνομα lena.pgm θα περιστραφεί δεξιόστροφα κατά 90° και το αποτέλεσμα θα γραφτεί στην εικόνα rotated1.pgm. Αντίστοιχα αν δώσουμε την εντολή

```
$> ./pgmEdit -rL2 lena rotated2
```

η εικόνα εισόδου με το όνομα lena.pgm θα περιστραφεί αριστερόστροφα κατά 180° και το αποτέλεσμα θα γραφτεί στην εικόνα rotated2.pgm. Παρατηρείστε ότι μερικές περιστροφές ταυτίζονται, π.χ., 270° αριστερή περιστροφή είναι το ίδιο με 90° δεξιά περιστροφή και το ανάποδο, 180° περιστροφή αριστερά ή δεξιά είναι το ίδιο, ενώ η περιστροφή κατά 360° προς οποιαδήποτε κατεύθυνση μας δίνει την αρχική εικόνα. Επίσης δώστε προσοχή στις εικόνες που δεν είναι τετράγωνα καθώς κατά την περιστροφή ενδέχεται να αλλάξουν οι διαστάσεις τους και να πρέπει να αλλάξετε κατάλληλα τις διαστάσεις του πίνακα και τις τιμές στην κεφαλίδα του αρχείου!

7. Αρθρωτή δομή αρχείων και χρήση makefiles [15 μονάδες]

Αποθηκεύστε τις συναρτήσεις επεξεργασίας εικόνας σε ξεχωριστό αρχείο χρησιμοποιώντας κατάλληλο/α αρχείο/α κεφαλής ή/και extern μεταβλητές. Δημιουργήστε ένα makefile το οποίο να είναι ευέλικτο (να χρησιμοποιεί μακροεντολές/μεταβλητές και αν γίνεται έμμεσους κανόνες εξάρτησης – αν δεν γίνεται εξηγήστε γιατί στην αναφορά) για να γίνεται αυτόματα η μεταγλώττιση. Τις μονάδες για το ερώτημα αυτό θα τις πάρετε μόνο αν έχετε υλοποιήσει τουλάχιστον ένα από τα ερωτήματα 4, 5, ή 6.

8. Αναφορά [10 μονάδες]

Γράψτε μία σύντομη αναφορά 3-5 σελίδων (χωρίς το εξώφυλλο) στην οποία θα αναφέρετε ποια από τα ζητούμενα της άσκησης έχουν υλοποιηθεί και ποια όχι, να αναλύετε τη λύση σας όπου κρίνετε ότι χρειάζεται (π.χ. στους ελέγχους εγκυρότητας της παλέτας, στις αλλαγές διαστάσεων της εικόνας, στο makefile και τη χρήση έμμεσων κανόνων, κ.λπ.) Στη αναφορά θα δίνετε επίσης λεπτομέρειες για την υλοποίησή σας, την εκτέλεσή της άσκησης, τις εισόδους που περιμένετε από το χρήστη σε κάθε περίπτωση, και για τις παραδοχές που κάνατε, όπως και μια μικρή επίδειξη χρήσης με screenshots από το αποτέλεσμα επεξεργασίας εικόνων με τα εργαλεία που αναπτύξατε στα ερωτήματα των Ενοτήτων 4, 5, και 6. Μη βάλετε τον κώδικά σας στην αναφορά!

Βαθμολόγηση

Για να διορθωθεί η άσκηση και να πάρετε τις μονάδες που αντιστοιχούν σε κάθε ερώτημα, πρέπει να έχετε υλοποιήσει προφανώς την ανάγνωση/εγγραφή της εικόνας από/σε αρχείο ώστε να είναι ορατό το αποτέλεσμα. Επίσης, φροντίστε

να κάνετε τη διεπαφή χρήσης του προγράμματός σας φιλική προς το χρήστη και χρησιμοποιήστε επεξηγηματικά μηνύματα και μηνύματα ολοκλήρωσης εργασιών ώστε να είναι κατανοητό τι πρέπει να κάνει ο χρήστης σε κάθε στιγμή. Μια κακή διεπαφή χρήσης θα σας αφαιρέσει μονάδες!

Bonus

Δεν υπάρχει η δυνατότητα bonus για την άσκηση αυτή.

Σημαντικές Σημειώσεις

- Εξυπακούεται ότι θα χρησιμοποιήσετε δυναμική δέσμευση (και αποδέσμευση) μνήμης, μιας και δεν ξέρουμε εκ των προτέρων τι μέγεθος θα είναι η εικόνα που θα πρέπει να επεξεργαστούμε.
- Για να διορθωθεί η άσκηση και να πάρετε τις μονάδες που αντιστοιχούν σε κάθε ερώτημα, πρέπει να έχετε υλοποιήσει υποχρεωτικά την ανάγνωση/εγγραφή της εικόνας από/σε αρχείο.
- Η άσκηση θα τρέχει αποκλειστικά από ορίσματα γραμμής εντολών. Ασκήσεις που θα έχουν μενού και δεν θα λειτουργούν από ορίσματα γραμμής εντολών δεν θα γίνονται δεκτές.
- Στο υποσύστημα “Εγγραφή” του eclass, μαζί με την παρούσα εκφώνηση της άσκησης, μπορείτε να βρείτε παραδείγματα rgm εικόνων (με σχόλια εντός του rgm αρχείου αλλά και χωρίς) για να κάνετε τις δοκιμές σας. Για την ιστορία αναφέρεται ότι η εικόνα lena.rgm θεωρείται ως η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη για δοκιμή αλγορίθμων επεξεργασίας εικόνας κι απεικονίζει ένα μέρος της φωτογραφίας της Σουηδής Lena Söderberg από την φωτογράφισή της για το περιοδικό Playboy τον Νοέμβριο του 1972.

Καλή δουλειά!