
Φωτογραμμετρία ΙΙΙ: Ψηφιακή Φωτογραμμετρία
Τεχνική Έκθεση
Οδηγός Λογισμικού editImage
Μέρος Πρώτο

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΚΑΒΟΥΡΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
Α.Μ.: rs13090
ΣΑΤΜ-ΕΜΠ

Η παρούσα τεχνική έκθεση έχει συνταχθεί σε περιβάλλον \LaTeX

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	3
2	Δημιουργία του Εκτελέσιμου	3
3	Εκτέλεση του Εκτελέσιμου	4
4	Εργαστήριο 1	8
4.1	Τερματισμός προγράμματος Εντολή: exit	8
4.2	Εξαγωγή Στατιστικών Δεδομένων	8
4.3	Δημιουργία Αρνητικής Εικόνας Εντολή: negative	8
4.4	Αλλαγή της Φωτεινότητας σε μία Εικόνα Εντολή: light	11
4.5	Αλλαγή της Αντίθεσης σε μία Εικόνα Εντολή: contrast	12
4.6	Στροφή Εικόνας κατά 90 μοίρες Εντολές: rotatel και rotater	13
5	Εργαστήριο 2	15
5.1	Διαχωρισμός Καναλιών RGB Εικόνας Εντολή: bands	16
5.2	Ένωση Καναλιών και Δημιουργία Νέας Εικόνας	19
5.3	Κατωφλίωση Εικόνας Εντολή: thres	21
5.4	Δημιουργία Εικόνας 4 τόνων Εντολή: img2bit	24
5.5	Επεξεργασία Χωρικής Ανάλυσης Εντολές: srskip και srave	26
5.6	Διαχείριση Ιστογράμματος Εντολές: prthist, eqhist, normhist	27
6	Εργαστήριο 3	32
6.1	Απομάκρυνση Διακριτού και Διάχυτου Θορύβου	33
6.1.1	Αφαίρεση Διακριτού Θορύβου	33
6.1.2	Αφαίρεση Διάχυτου Θορύβου	34
6.2	Διωνυμικό Φίλτρο	35
6.3	Φίλτρα Ελαχίστου-Μεγίστου	36
6.4	Μη γραμμικά φίλτρα	38
6.4.1	Φίλτρο Sobel	38
6.4.2	Φίλτρο Laplace	40
7	Εργαστήριο 4	44

8	Εργαστήριο 5	47
8.1	Περιγραφή Αλγορίθμου - Διαδικασία	47
8.2	Παράδειγμα επίλυσης Φωτογραμμετρικής Αναγωγής	48

1 Εισαγωγή

Η παρούσα τεχνική έκθεση αποτελεί οδηγό για τη χρήση του λογισμικού που χτίζεται εντός των εργαστηριακών ωρών του μαθήματος. Το εκτελέσιμο αρχείο έχει τίτλο `editImage` και το πρόγραμμα στο σύνολό του είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού C++. Προκειμένου να λειτουργήσει το πρόγραμμα σωστά, χρειάζεται να υπάρχει στον υπολογιστή η βιβλιοθήκη **GDAL**, από την οποία το πρόγραμμα χρησιμοποιεί εντολές μετάφρασης της εικόνας σε μορφή `binary` και το αντίστροφο.

Για διαδικαστικούς λόγους, ενδέχεται το λειτουργικό που θα παραδίδεται σε κάποια εργαστηριακή άσκηση να έχει εντολές που ζητούνται σε επόμενες ασκήσεις. Ο οδηγός που θα παραδίδεται σε κάθε εργαστήριο θα περιέχει τις εντολές που συντάχθηκαν για εκείνο το εργαστήριο και τις εντολές των προηγούμενων εργαστηρίων. Οποιαδήποτε εντολή που αφορά επόμενα εργαστήρια θα περιγράφεται στην αντίστοιχη παράδοση.

2 Δημιουργία του Εκτελέσιμου

Στο Σχήμα 1 φαίνεται το περιεχόμενο του φακέλου **editImage**. Στο φάκελο **img** βρίσκονται οι εικόνες παραδείγματα του οδηγού. Στον φάκελο **src** βρίσκονται τα αρχεία του κώδικα που συνθέτουν το πρόγραμμα. Το αρχείο **makefile** είναι το αρχείο με το οποίο θα γίνει το `compile` του κώδικα για τη δημιουργία του εκτελέσιμου. Στο αρχείο **README** αναφέρονται στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του προγράμματος εκείνη τη στιγμή, καθώς και τι προβλήματα έχουν παρατηρηθεί και τίθενται προς επίλυση ως την επόμενη παράδοση.



Σχήμα 1: Ο αρχικός φάκελος

Ο τρόπος δημιουργίας εκτελέσιμου που θα αναφερθεί στον οδηγό, είναι το `compile` μέσω τερματικού. Αρχικά με το συνδυασμό πλήκτρων **CTRL + ALT + T** ανοίγεται το παράθυρο τερματικού και στη συνέχεια εκτελείται η εντολή **make**, όπως φαίνεται στα Σχήματα 2 και 3.

Αφότου εκτελεστεί η εντολή **make** στο φάκελο δημιουργούνται τα αρχεία αντικειμένων του κώδικα με κατάληξη `*.o` και το εκτελέσιμο αρχείο με όνομα **imgEditor**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15:~/Desktop/editImage$ make
```

Σχήμα 2: Πριν την εκτέλεση της εντολής make

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15:~/Desktop/editImage$ make
g++ -std=c++11 -std=gnu++14 -Wall -pedantic -Werror -c src/imgTools.cpp
g++ -std=c++11 -std=gnu++14 -Wall -pedantic -Werror -c src/imgEdit.cpp
g++ -std=c++11 -std=gnu++14 -Wall -pedantic -Werror -c src/main.cpp
g++ -std=c++11 -std=gnu++14 imgTools.o imgEdit.o main.o -o imgEditor -lm
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15:~/Desktop/editImage$
```

Σχήμα 3: Μετά την εκτέλεση της εντολής make



Σχήμα 4: Ο φάκελος μετά την εκτέλεση της εντολής make

3 Εκτέλεση του Εκτελέσιμου

Όπως και προηγουμένως, με το συνδυασμό πλήκτρων **CTRL + ALT + T** ανοίγεται το παράθυρο τερματικού και στη συνέχεια εκτελείται το εκτελέσιμο. Εδώ χρειάζεται προσοχή, διότι το εκτελέσιμο πρέπει να συνοδεύεται από δύο οντότητες. Η πρώτη οντότητα είναι το μονοπάτι στο οποίο βρίσκεται η εικόνα, ενώ το δεύτερο το όνομα με το οποίο θα την αναγνωρίζει και θα την εξάγει το πρόγραμμα, συμπληρώνοντας κάθε φορά την αντίστοιχη προέκταση που αναφέρεται στην εντολή από την οποία προήλθε η εξαγόμενη εικόνα και τον τύπο της εικόνας. Συνεπώς η εντολή εκτέλεσης συτάσσεται ως εξής **./imgEditor -edit <imagePath><imageName>**.

Όπως ήδη ειπώθηκε οι εικόνες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στον οδηγό αυτό βρίσκονται εντός του φακέλου **img**, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5: Ο φάκελος img

Από το φάκελο **img** επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν οι εικόνες **Lenna.png** ως εικόνα **RGB** και **Ph3_1c.tif** ως εικόνα **greyscale**.



Σχήμα 6: Lenna.png



Σχήμα 7: Ph3_1c.tif

Συνεπώς οι εντολές που θα χρησιμοποιηθούν κατά αντιστοιχία θα είναι οι εξής:

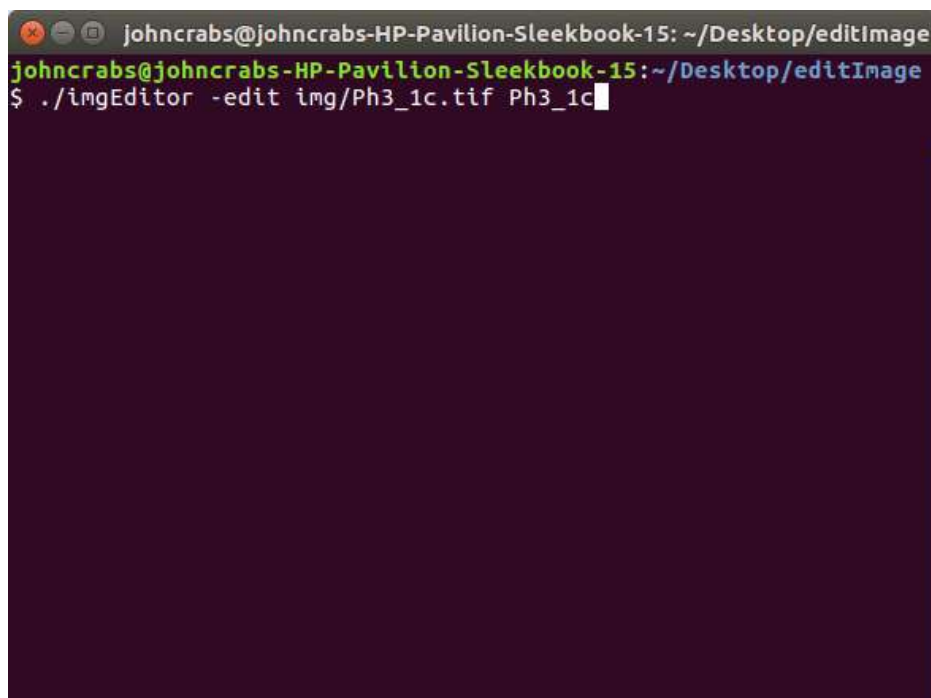
```
./imgEditor img/Ph3_1c.tif Ph3_1c
```

```
./imgEditor img/Lenna.png Lenna
```

Στα Σχήματα 9, 10 και 11 το πρόγραμμα αμέσως μετά την εκτέλεση του, μετατρέπει την εικόνα σε δυαδική μορφή χρησιμοποιώντας την εντολή της βιβλιοθήκης GDAL **gdal_translate -of ERS <imageInput><imageOutput>**. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία μετατροπής, το πρόγραμμα αυτόματα εισέρχεται στη γραμμή εντολών. Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, ότι το πρόγραμμα ελέγχει για το αν υπάρχουν οι φάκελοι **data** και **outData**. Εάν δεν υπάρχουν τους δημιουργεί. Στο φάκελο **data** το πρόγραμμα εκτελεί τις επεξεργασίες της εικόνας σε **binary** μορφή, ενώ στο φάκελο **outData** αποθηκεύει το αποτέλεσμα της επεξεργασίας, αφού αυτή εκτελεστεί. Στο Σχήμα 8 φαίνεται η τελική δομή του φακέλου (στο εργαστήριο 2 περιγράφεται η νέα δομή του φακέλου).



Σχήμα 8: Ο τελικός φάκελος



Σχήμα 9: Εκτέλεση του εκτελέσιμου

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15:~/Desktop/editImage
$ ./imgEditor -edit img/Ph3_1c.tif Ph3_1c

gdal_translate -of ERS img/Ph3_1c.tif data/Ph3_1c.ers
Input file size is 1732, 1732
0...10...20...30...40...50...60...70...80...90...100 - done.
```

Σχήμα 10: Μετατροπή του εκτελέσιμου σε αρχείο binary

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage

Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: threshold)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
Type: █
```

Σχήμα 11: Η γραμμή εντολών

4 Εργαστήριο 1

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν οι εντολές που κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια του πρώτου εργαστηρίου. Στην ανάλυση θα αναφερθούν και μερικοί από τους βασικούς μηχανισμούς λειτουργίας τους.

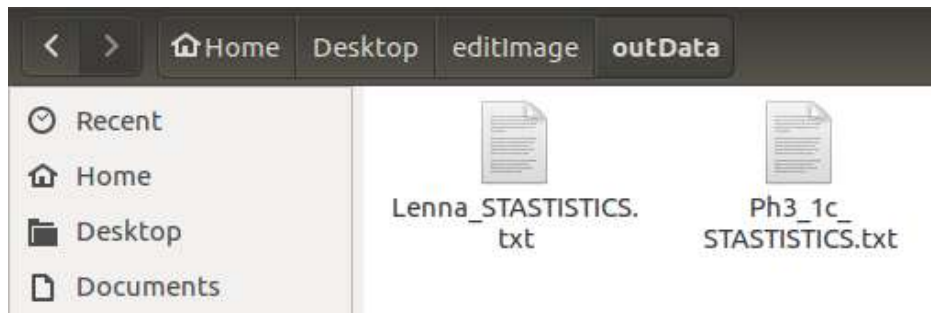
4.1 Τερματισμός προγράμματος

Εντολή: **exit**

Με χρήση της εντολής **exit** στο παράθυρο εντολών, γίνεται η έξοδος από το πρόγραμμα.

4.2 Εξαγωγή Στατιστικών Δεδομένων

Το πρώτο αρχείο εξόδου του προγράμματος στο φάκελο **outData** είναι ένα αρχείο κειμένου με τα στατιστικά δεδομένα τις εικόνα (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: Στατιστικά για τις εικόνες που εκτελέστηκαν

Εντός των αρχείων αυτών περιέχονται οι φωτεινότητες των pixel από 0 έως 255 με το πλήθος τους ανά κανάλι, καθώς και ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των τιμών αυτών ανά κανάλι. Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση υπολογίζονται με τη χρήση των απλών τύπων της στατιστικής ανάλυσης.

4.3 Δημιουργία Αρνητικής Εικόνας

Εντολή: **negative**

Η πιο απλή επεξεργασία που μπορεί να γίνει σε μία εικόνα, είναι η παραγωγή του αρνητικού της εικόνας. Το αρνητικό μίας εικόνας προέρχεται από την αφαίρεση της τιμής του κάθε pixel από την τιμή 255. Συνεπώς η σχέση είναι απλή και γραμμική.

$$\text{NewPixelValue} = 255 - \text{OldPixelValue}$$

Στο παράθυρο εντολών του προγράμματος πληκτρολογείται η εντολή **negative** και στη συνέχεια πατώντας το ENTER το πρόγραμμα αρχίζει να εκτελεί τον παραπάνω μετασχηματισμό. Στο τέλος της διαδικασίας ζητείται το format αποθήκευσης της εικόνας. Στον παρόν οδηγό θα χρησιμοποιήσουμε τα τρία βασικά format, που είναι τα **PNG**, **JPEG**, **GTIFF**. Στο Σχήμα 13 απεικονίζεται η παραπάνω περιγραφή.

Έστω ότι επιλέγεται η εξαγόμενη εικόνα να είναι τύπου **PNG**. Στο Σχήμα 14 απεικονίζεται η αποθήκευση της αρνητικής εικόνας Lenna.png. Όπως φαίνεται, το πρόγραμμα εκτελεί την εντολή

gdal_translate -of <FORMAT><binFile.ers><NewImgName.format>.

Έπειτα πληκτρολογείται ENTER για μετάβαση στο παράθυρο εντολών.

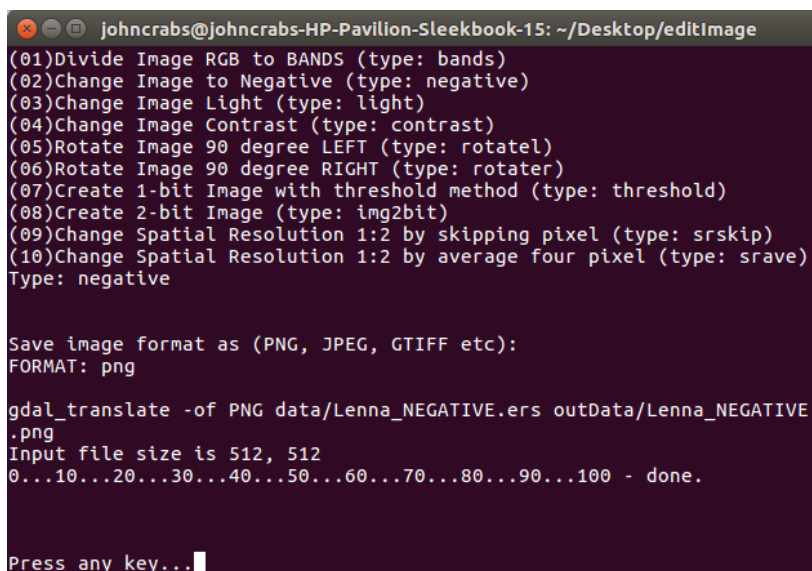


```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage

Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: threshold)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
Type: negative

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: 
```

Σχήμα 13: Εκτέλεση εντολής negative



```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage

(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: threshold)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
Type: negative

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png

gdal_translate -of PNG data/Lenna_NEGATIVE.ers outData/Lenna_NEGATIVE
.png
Input file size is 512, 512
0...10...20...30...40...50...60...70...80...90...100 - done.

Press any key...
```

Σχήμα 14: Εκτέλεση εντολής negative

Εκτελώντας τη διαδικασία και για τις δυο εικόνες, παράγονται τα εξής αποτελέσματα Σχήματα 15 και 16.



Σχήμα 15: Lenna_NEGATIVE.png



Σχήμα 16: Ph3.1c_NEGATIVE.png

4.4 Αλλαγή της Φωτεινότητας σε μία Εικόνα

Εντολή: **light**

Μία άλλη επεξεργασία που μπορεί να γίνει σε μία εικόνα είναι η αλλαγή της φωτεινότητας μίας εικόνας. Η μαθηματική σχέση που δίνει αυτή την επεξεργασία, είναι η προσθήκη μίας σταθερής τιμής σε όλα τα pixel της εικόνας.

$$\text{NewPixelValue} = \text{OldPixelValue} + \text{LightValue}$$

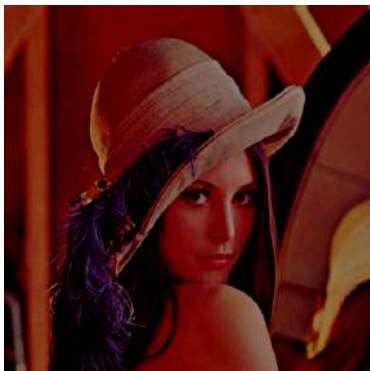
Εάν η τιμή είναι θετική, τότε οι τιμές των pixel τείνουν να πλησιάζουν το 255, άρα η εικόνα γίνεται πιο φωτεινή. Εάν η τιμή είναι αρνητική, τότε οι τιμές των pixel τείνουν να πλησιάζουν το 0, άρα η εικόνα γίνεται πιο σκούρα. Εάν γίνει εισαγωγή τιμής μικρότερης του -255 ή μεγαλύτερης του 255, τότε η εικόνα γίνεται μαύρη ή άσπρη αντίστοιχα.

Στο Σχήμα 17 εφαρμόζεται η εντολή για τιμή φωτεινότητας 100. Μόλις ο χρήστης πατήσει ENTER, ο αλγόριθμος θα εκτελεστεί κι έπειτα ο χρήστης θα επιλέξει σε τι μορφή θέλει να αποθηκεύσει την εικόνα.

Τα Σχήματα 18, 19, 20 και 21 είναι αντιπροσωπευτικά παραδείγματα κάθε περίπτωσης.

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: threshold)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
Type: light
Input Light Value
LightValue = 100
```

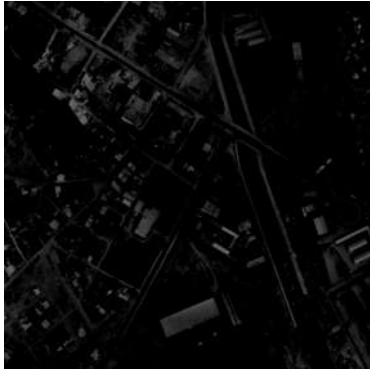
Σχήμα 17: Εντολή light



Σχήμα 18: Εφαρμογή στην εικόνα Lenna.png με τιμή -100



Σχήμα 19: Εφαρμογή στην εικόνα Lenna.png με τιμή 100



Σχήμα 20: Εφαρμογή στην εικόνα Ph3_1c.tif με τιμή -100



Σχήμα 21: Εφαρμογή στην εικόνα Ph3_1c.tif με τιμή 100

4.5 Αλλαγή της Αντίθεσης σε μία Εικόνα

Εντολή: contrast

Εκτός από την αλλαγή της φωτεινότητας, μπορεί να γίνει και αλλαγή της αντίθεσης. Ο μηχανισμός και σε αυτή την περίπτωση είναι μία απλή γραμμική σχέση συνερτήσεως του μέσου όρου της τιμής των pixel. Όπως ειπώθηκε σε προηγούμενη ενότητα, το πρόγραμμα όταν ξεκινάει υπολογίζει τα στατιστικά στοιχεία της εικόνας. Από τα στατιστικά στοιχεία, αποθηκεύει την τιμή του μέσου όρου, ώστε να είναι σε θέση να υλοποιήσει την αλλαγή της αντίθεσης.

$$\text{NewPixelValue} = \text{Contrast} * (\text{OldPixelValue} - \text{Average}) + \text{Average}$$

Το εύρος τιμών που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης είναι ακέραιοι αριθμοί από το -15 έως το +15. Οτιδήποτε έξω από αυτά τα όρια μετατρέπεται αυτόματα στην ελάχιστη ή τη μέγιστη τιμή.

Η σημασία του προσήμου στην παραπάνω εξίσωση διαμορφώνει την εικόνα στην οποία θα γίνει η αντίθεση. Εάν το πρόσημο είναι θετικό, η αντίθεση θα εφαρμοστεί στην εικόνα που έγινε η εισαγωγή. Εάν το πρόσημο είναι αρνητικό, τότε θα γίνει αντίθεση στο αρνητικό της εικόνας. Με απλά λόγια η φυσική σημασία του αρνητικού προσήμου στο μέγεθος της αντίθεσης, είναι η μετατροπή της εικόνας από κανονική σε αρνητικό και αντίστροφα. Η ουδέτερη τιμή 0 δημιουργεί μία ουδέτερη εικόνα με την τιμή του μέσου όρου.

Στο Σχήμα 22 φαίνεται η εκτέλεση της εντολής, ενώ στα Σχήματα 23, 24, 25 και 26 φαίνεται το αποτέλεσμα της αντίθεσης για τιμές -2 και 2 στις εικόνες.


```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: threshold)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
Type: contrast

Input Constract Value (-15,15):
If you type something lower than -15 or bigger than 15
value will automaticly change to -15 or 15 .

ConstractValue = 2
```

Σχήμα 22: Εντολή contrast



Σχήμα 23: Εφαρμογή στην εικόνα Lenna.png με τιμή -2



Σχήμα 24: Εφαρμογή στην εικόνα Lenna.png με τιμή 2



Σχήμα 25: Εφαρμογή στην εικόνα Ph3_1c.tif με τιμή -2



Σχήμα 26: Εφαρμογή στην εικόνα Ph3_1c.tif με τιμή 2

4.6 Στροφή Εικόνας κατά 90 μοίρες Εντολές: rotatel και rotater

Το πρόγραμμα μπορεί να εκτελέσει στροφή μίας εικόνας κατά 90 μοίρες και με δεξιόστροφη και με αριστερόστροφη φορά. Η μεθοδολογία του αλγορίθμου είναι απλή, απλώς τα

στοιχεία του πλάτους της αρχικής εικόνας γίνονται στοιχεία μήκους της νέας εικόνας και αντιστοίχως τα στοιχεία μήκους γίνονται στοιχεία πλάτους. Στην παρούσα υποενότητα θα χρησιμοποιηθεί διαφορετική από τις προηγούμενες εικόνες. Η εικόνα που θα χρησιμοποιηθεί είναι η **nat.tif** (Σχήμα 27). Η επιλογή αυτής της εικόνας, εξυπηρετεί το γεγονός ότι ο αλγόριθμος στρέφει οποιαδήποτε μορφής εικόνας, είτε αυτή είναι τετράγωνη, είτε ορθογώνια. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα Σχήματα 28 και 29 φαίνονται τα αποτελέσματα της στοφής της εικόνας αριστερόστροφα και δεξιόστροφα, αντιστοίχως.

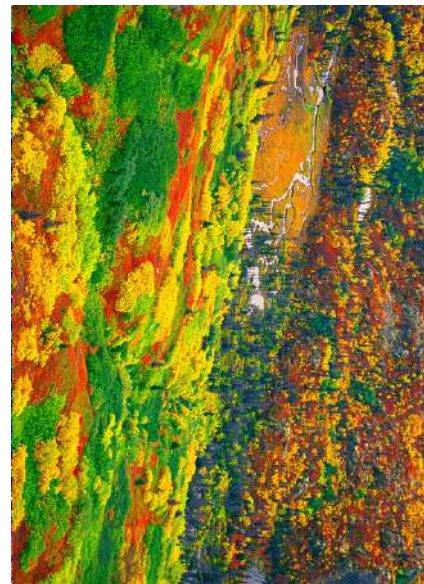
Η εντολή που στρέφει την εικόνα αριστερόστροφα είναι η **rotatel**, ενώ εκείνη που στρέφει την εικόνα δεξιόστροφα είναι η **rotater**. Μετά την εκτέλεση της όποιας εντολής, ζητείται να εισαχθεί στο πρόγραμμα η μορφοποίηση της εξαγόμενης εικόνας κι έπειτα το πρόγραμμα επιστρέφει στο παράθυρο εντολών.



Σχήμα 27: nat.tif



Σχήμα 28: Αποτέλεσμα της εντολής rotatel

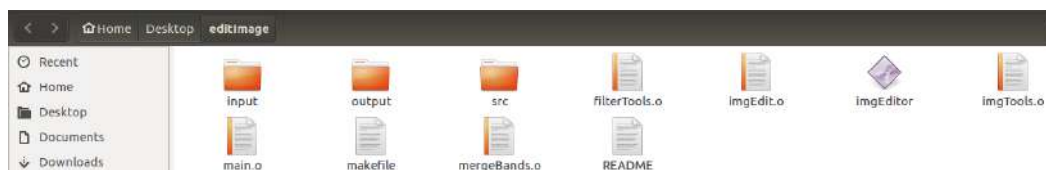


Σχήμα 29: Αποτέλεσμα της εντολής rotater

5 Εργαστήριο 2

Σε αυτή την ενότητα θα καλυφθούν οι εντολές του προγράμματος που κατασκευάστηκαν κατά τη διάρκεια του δεύτερου εργαστηρίου, καθώς και κάποιοι από τους μηχανισμούς σχεδιασμού τους.

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί πως η δομή των αρχείων στο βασικό φάκελο έχει αλλάξει. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 30 πλέον το μονοπάτι που θα χρησιμοποιείται για την εισαγωγή αρχείων και εικόνων, θα γίνεται μέσα από το φάκελο `input` (και τους υποφακέλους του), ενώ οι φάκελοι `data` και `outData` αποθηκεύονται στο φάκελο `output` (ο φάκελος αυτός εάν δεν υπάρχει δημιουργείται αυτόματα από το πρόγραμμα, μαζί με τους υποφακέλους, με την διαδικασία που αναλύθηκε στην ενότητα Εργαστήριο 1).



Σχήμα 30: Νέα δομή του Φακέλου

```
Johncrabs@Johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of Image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: 
```

Σχήμα 31: Νέο Command Line

Συνοπτικά, οι αλλαγές που έγιναν σε αυτό το στάδιο ως προς το command line είναι οι εξής:

- Προσθήκη της εντολής **bands**.
- Προσθήκη της εντολής **thres**.
- Προσθήκη της εντολής **img2bit**.
- Προσθήκη της εντολής **srskip**.
- Προσθήκη της εντολής **srave**.
- Προσθήκη της εντολής **prthist**.
- Προσθήκη της εντολής **eqhist**.

- Προσθήκη της εντολής **normhist**.

Τέλος προστέθηκε και η σημαία `-merge`, η οποία συντάσσεται ως εξής
`./imgEditor -merge <redBandPath><greenBandPath><blueBandPath>
<outputName>`.

5.1 Διαχωρισμός Καναλιών RGB Εικόνας

Εντολή: **bands**

Σε μία έγχρωμη εικόνα αρκετές από της πληροφορίες της μπορεί να κρύβονται σε ένα κανάλι. Έτσι είναι χρήσιμο να υπάρχει μία εντολή, με την οποία να μπορεί ο χρήστης του προγράμματος να απομονώσει τα κανάλια και να τα επεξεργαστεί χωριστά.

Εφαρμόζοντας την εντολή αυτή στην εικόνα του Σχήματος 6, εκτελώντας την εντολή όπως φαίνεται στο Σχήμα 32, προκύπτουν οι greyscale εικόνες που φαίνονται στα Σχήματα 33, 34 και 35.

```

Johncrabs@Johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: bands

Save image format as (PNG, JPEG, TIFF etc):
FORMAT: png

```

Σχήμα 32: Εντολή **bands**



Σχήμα 33: BAND 1: Κόκκινο Κανάλι



Σχήμα 34: BAND 2: Πράσινο Κανάλι



Σχήμα 35: BAND 3: Μπλε Κανάλι

Η επεξεργασία των εικόνων, μπορεί να γίνει με τις εντολές που αναφέρθηκαν στην ενότητα Εργαστήριο 1, καθώς και με τις εντολές που θα αναφερθούν παρακάτω. Έστω ότι η καινούρια εικόνα προκύπτει από το αρνητικό του κόκκινου καναλιού (negative band 1), την αλλαγή φωτεινότητας στο κανάλι του πράσινου (light -30 band 2) και την αλλαγή της αντίθεσης στο μπλε κανάλι (contrast 4 band 3), όπως φαίνεται αντίστοιχα στα Σχήματα 36, 37 και 38.



Σχήμα 36: BAND 1: Αρνητικό Κόκκινο Κανάλι



Σχήμα 37: BAND 2: Πράσινο Κανάλι με φωτεινότητα -30

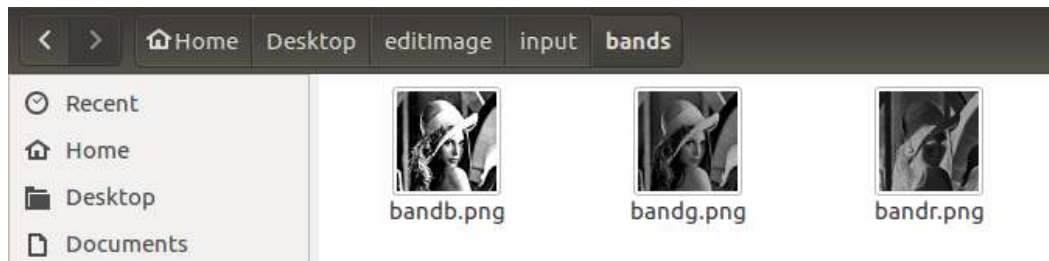


Σχήμα 38: BAND 3: Μπλε Κανάλι με αντίθεση +3

5.2 Ένωση Καναλιών και Δημιουργία Νέας Εικόνας

Σε αυτή την υποενότητα θα περιγραφεί ο τρόπος ένωσης των επεξεργασμένων καναλιών. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή η ένωση γίνεται με τη σημαία `—merge` και την εισαγωγή των τριών καναλιών.

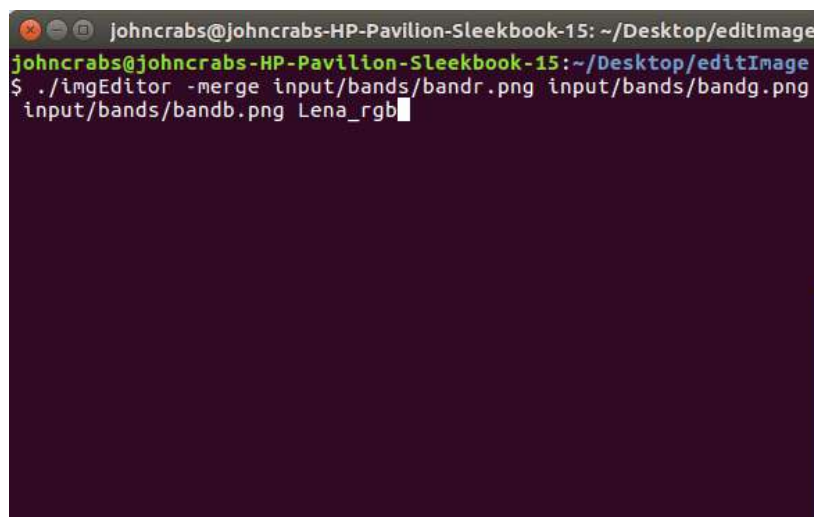
Για τον παρόν οδηγό, έχει δημιουργηθεί ένας υποφάκελος με όνομα `bands`, στο φάκελο `input`. Για την περίπτωση της ένωσης των επεξεργασμένων καναλιών της εικόνας της `Lenna`, ο φάκελος έχει τη μορφή του Σχήματος 39.



Σχήμα 39: Folder bands

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα κανάλια μπορούν να εισαχθούν με διαφορετική σειρά στο πρόγραμμα. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν εικόνες με το αρχικό πράσινο κανάλι, να είναι το νέο κόκκινο κανάλι. Σε αυτό τον οδηγό θα αναφερθούν μερικές περιπτώσεις.

Στο Σχήμα 40 φαίνεται η εκτέλεση της σημαίας `—merge` για το συνδιασμό (`bandr`, `bandg`, `bandb`). Η εικόνα που προέκυψε από αυτό το συνδιασμό, φαίνεται στο Σχήμα 41.



Σχήμα 40: Εκτέλεση Σημαίας `—merge`



Σχήμα 41: Lenna (bandr,bandg,bandb)

Ακόμα παρατίθενται δύο σύνθετα, όπου τα κανάλια έχουν τοποθετηθεί με διαφορετική σειρά από την κανονική.



Σχήμα 42: Lenna (bandg,bandr,bandb)



Σχήμα 43: Lenna (bandb,bandr,bandg)

5.3 Κατωφλίωση Εικόνας

Εντολή: **thres**

Η κατωφλίωση μίας εικόνας είναι η διαδικασία κατά την οποία τίθεται μία τιμή κατώφλη και όποια τιμή είναι μεγαλύτερη από αυτή την τιμή, λαμβάνει την τιμή 255, ενώ όποια είναι μικρότερη λαμβάνει την τιμή 0. Η εφαρμογή της κατωφλίωσης έχει ευρεία εφαρμογή σε φωτογραφιμετρικές και χαρτογραφικές διαδικασίες, όπου χρειάζεται να γίνει εντοπισμός της θέσης συγκεκριμένων αντικειμένων με δεδομένη αντανάκλαστικότητα σε κάποιο κανάλι, που το κάνει διακριτό έναντι στα αντικείμενα γύρω του. Επιπροσθέτως με αυτή τη διαδικασία επιτυγχάνεται σε ικανοποιητικό βαθμό και ο προσδιορισμός του σχήματος του αντικειμένου, όταν αυτό φαίνεται σε κάποιο κανάλι της εικόνας.

Στον παρόν οδηγό θα χρησιμοποιηθεί η εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 44. Είναι εμφανές πως η εικόνα απεικονίζει ταράτσες σπιτιών και μερικούς δρόμους. Ωστόσο είναι αρκετά θολή, ώστε να ξεχωρίσει κανείς εύκολα τα όρια των αντικειμένων. Για αυτό η εικόνα θα κατωφλιωθεί για τιμή 100, 112 και 125 (Σχήματα 46, 47 και 48).

Η διαδικασία της κατωφλίωσης γίνεται με χρήση της εντολής **thres** στη γραμμή εντολών. Εάν η εικόνα είναι σε τόνους του γκρι (ένα κανάλι), τότε το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη να εισάγει τιμή κατωφλίωσης. Εάν η εικόνα είναι έγχρωμη (3 κανάλια RGB), τότε το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη να εισάγει το πλήθος των καναλιών που θα κατωφλιωθούν, ποιο ή ποια κανάλια θα κατωφλιωθούν και με τι τιμή το καθένα. Στην παρούσα ενότητα θα περιγραφεί η διαδικασία κατωφλίωσης σε ένα μόνο κανάλι (Σχήμα 45).



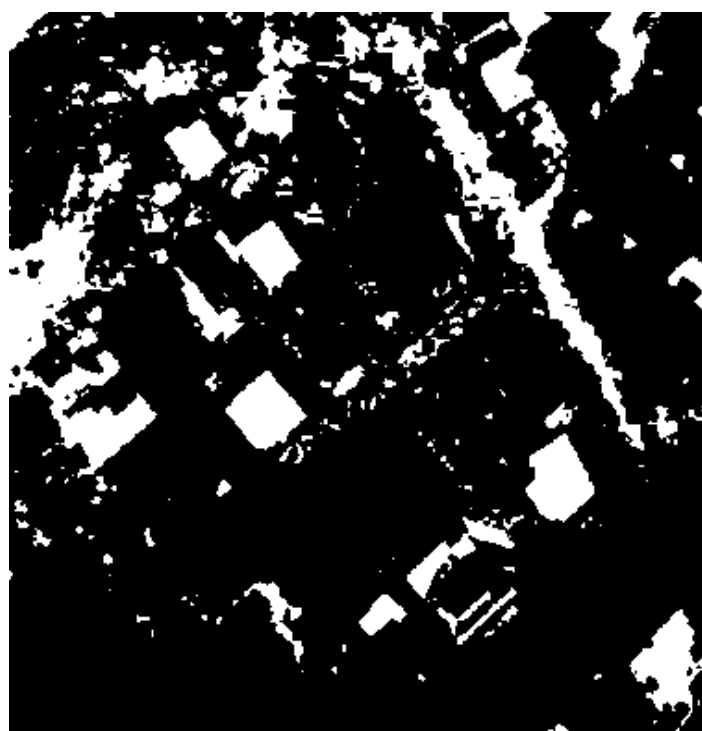
Σχήμα 44: Ph3_2d.tif

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: thres
Band_1
Input Threshold Value
ThresholdValue = 100
```

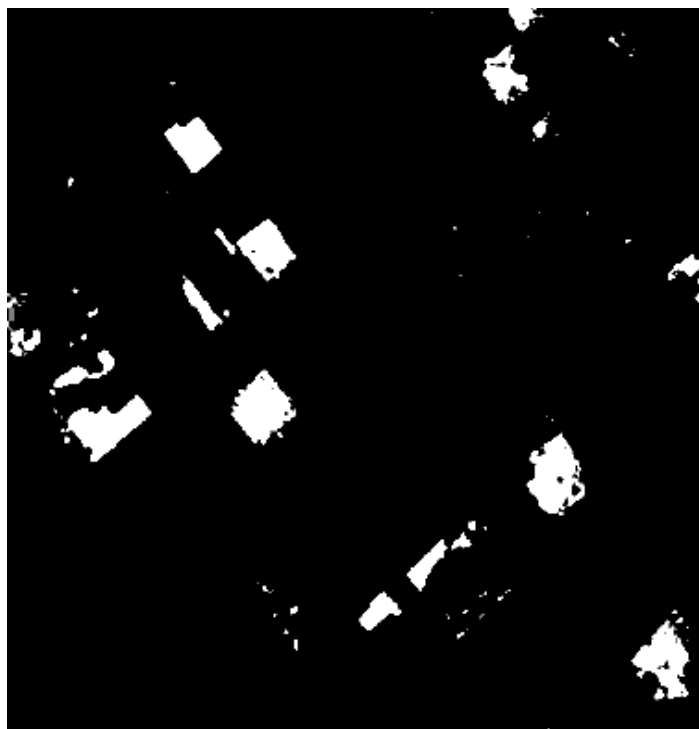
Σχήμα 45: Εκτέλεση της Εντολής thres



Σχήμα 46: Κατωφλίωση με τιμή 100



Σχήμα 47: Κατωφλίωση με τιμή 112



Σχήμα 48: Κατωφλίωση με τιμή 125

Βάσει των αποτελεσμάτων, για την εξεταζόμενη εικόνα, η κατωφλίωση με τιμή 100 ξεχωρίζει κάποιες ταρατσες, ωστόσο η τιμή είναι αρκετά χαμηλή και εισάγεται θόρυβος στην καινούρια εικόνα εξετίας του δρόμου. Στην εικόνα με τιμή κατωφλίωσης 112 ο θόρυβος μειώνεται σημαντικά και όσες ταρατσες ξεπροβάλλουν έχουν καθαρό το σχήμα τους. Τέλος στην κατωφλιωμένη εικόνα τιμής 125 φαίνονται μόνον οι ταρατσες και καθόλου θόρυβος. Ωστόσο το σχήμα των ταρατσών είναι ελαφρώς αλλοιωμένο, καθώς δεν ξεπροβάλλουν σε όλες τις ταρατσες οι ακμές, αλλά μόνον η θέση τους στην εικόνα.

5.4 Δημιουργία Εικόνας 4 τόνων

Εντολή: `img2bit`

Μία παρόμοια διαδικασία με την κατωφλίωση, είναι η δημιουργία μίας εικόνας 4 μόνο τόνων. Ο μηχανισμός σε αυτή την περίπτωση είναι ο ίδιος με την κατωφλίωση, μόνο που τίθενται όρια. Στο παρόν πρόγραμμα εάν η τιμή του pixel είναι από 0 έως 63 λαμβάνει την τιμή 0, από 64 έως 127 λαμβάνει την τιμή 85, από 128 έως 186 λαμβάνει την τιμή 170 και από 187 έως 255 λαμβάνει την τιμή 255.

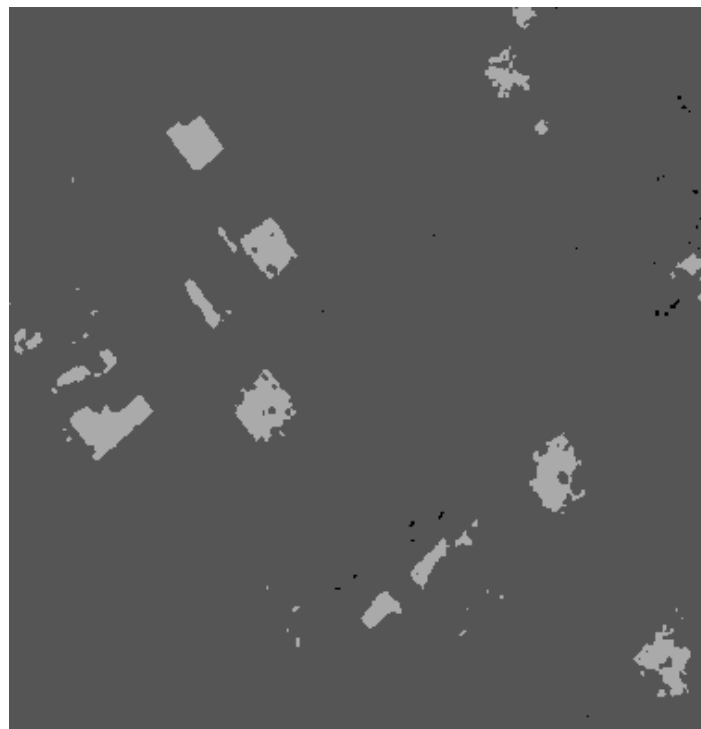
Η διαδικασία εκτελείται εισάγοντας την εντολή **img2bit** στη γραμμή εντολών. Έπειτα ζητείται να εισαχθεί ο τύπος της παραγόμενης εικόνας (Σχήμα 49).

Η παραγόμενη εικόνα φαίνεται στο Σχήμα 50. Το αποτέλεσμα είναι περίπου το ίδιο με την κατωφλίωση για τιμή 125, με τη διαφορά ότι το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης εικόνας στην περίπτωση των 4 τόνων είναι γκριζο και τα περισσότερα σχήματα των ταρατσών δεν είναι διακριτά. Ωστόσο δίνεται εύκολα και γρήγορα η σημασία της θέσης τους στην εικόνα.

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: img2bit

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 49: Εκτέλεση της Εντολής img2bit



Σχήμα 50: Δημιουργία εικόνας 4 τόνων

5.5 Επεξεργασία Χωρικής Ανάλυσης

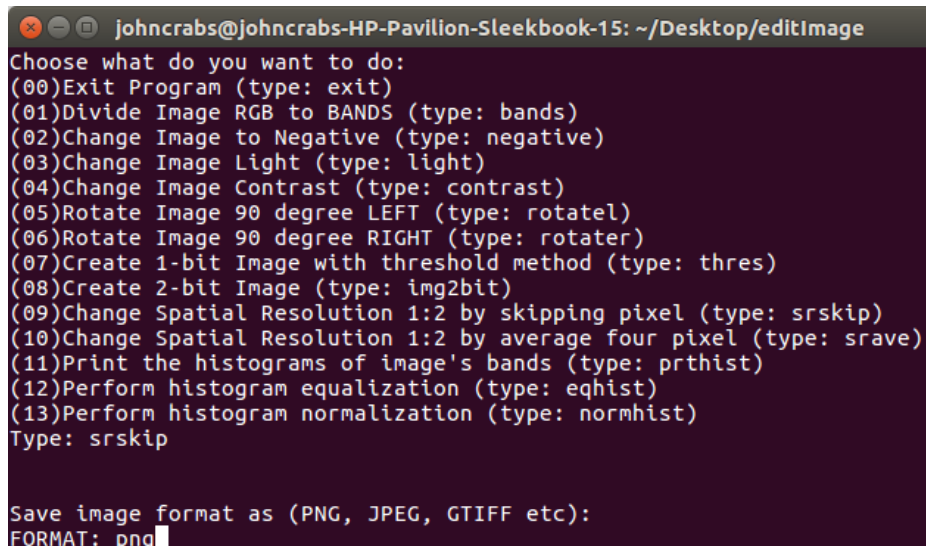
Εντολές: srskip και srave

Ένα σημαντικό ζήτημα στις φωτογραφιμετρικές διαδικασίες είναι η χωρική ανάλυση. Μία εικόνα η οποία έχει σαρωθεί σε μεγάλη ανάλυση, δεσμεύει αρκετή μνήμη στο δίσκο. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να μειωθεί η ανάλυση της εικόνας. Ο πιο εύκολος τρόπος είναι να μειωθεί η ανάλυση της εικόνας στο μισό. Στον παρόν οδηγό θα αναφερθούν δύο μέθοδοι μείωσης της χωρικής ανάλυσης.

Η πρώτη μέθοδος, δημιουργεί μία εικόνα λαμβάνοντας υπόψιν pixel παρά pixel. Η δεύτερη μέθοδος προσθέτει ένα παράθυρο 2x2 και το νέο pixel προκύπτει από το μέσο όρο της τιμής της ανακλαστικότητας των τεσσάρων αυτών pixel. Το αποτέλεσμα και των δύο μεθόδων είναι το ίδιο, δηλαδή η δημιουργία εικόνας μικρότερης ανάλυσης. Ενδεχομένως στη δεύτερη περίπτωση η νέα εικόνα είναι ελαφρώς πιο θολή από την αρχική.

Το πρόβλημα που δημιουργείται με αυτή τη διαδικασία, είναι η αλλαγή της διακριτικής ικανότητας που προσφέρει η καινούρια εικόνα. Έστω ότι μία φωτογραφία έχει ληφθεί από μέσο ύψος $H = 700\text{m}$ και με σταθερά μηχανής $s = 0.015\mu$. Η μέση κλίμακα της εικόνας αυτής θα είναι $1/K = 1/5000$. Συνεπώς η εδαφοψηφίδα της αρχικής εικόνας θα είναι $0.1\mu * 5000 = 500\mu = 0.5\mu$, ενώ η εικονοψηφίδα της νέας εικόνας έχει διαστάσεις $0.2\text{mm} \times 0.2\text{mm}$, δηλαδή η εδαφοψηφίδα θα είναι $0.2\mu * 5000 = 1000\mu = 1\mu$. Αυτό σημαίνει ότι η διακριτική ικανότητα μετά την αλλαγή της χωρικής ανάλυσης υποδιπλασιάζεται.

Προκειμένου να γίνει αλλαγή χωρικής ανάλυσης με την πρώτη μέθοδο, ο χρήστης πληκτρολογεί στη γραμμή εντολών την εντολή **srskip** (pixel skip pixel), ενώ για τη δεύτερη μέθοδο την εντολή **srave** (pixel average) όπως φαίνεται στα Σχήματα 51 και 52 αντίστοιχα.



```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: srskip

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 51: Εκτέλεση της Εντολής srskip

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: srave

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 52: Εκτέλεση της Εντολής srave

5.6 Διαχείριση Ιστογράμματος

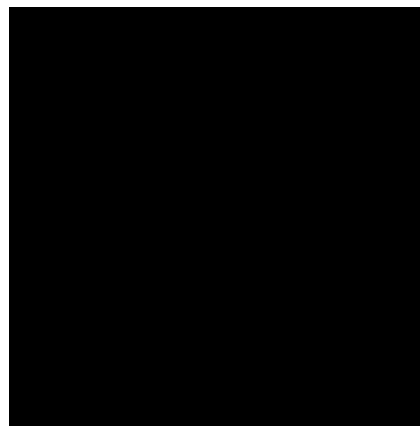
Εντολές: prthist, eqhist, normhist

Το ιστόγραμμα μίας εικόνας δίνει αρκετές πληροφορίες για το περιεχόμενο της εικόνας. Πολλές φορές, σε μία εικόνα υπάρχει πληροφορία που δεν φαίνεται αμέσως, αλλά χρειάζεται κάποια επεξεργασία, ώστε να αναδειχθεί. Άλλοτε πάλι, μέσω του ιστογράμματος μπορεί να γίνει ανάδειξη κάποιων φαινομένων με τη μέθοδο της κατωφλίωσης, αφού από το ιστόγραμμα θα γίνει εμφανές σε ποια τιμή πρέπει να τοποθετηθεί το κατώφλι.

Στο Σχήμα 53 φαίνεται η αρχική εικόνα και στο Σχήμα 54 το ιστόγραμά της.



Σχήμα 53: Αρχική Εικόνα Ph3_2d.tif

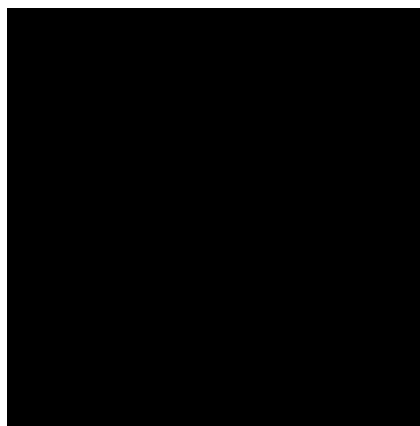


Σχήμα 54: Ιστόγραμμα Αρχικής Εικόνας

Είναι σημαντικό να εξεταστούν οι μεταβολές του ιστογράμματος, στις περιπτώσεις της αλλαγής της φωτεινότητας και της αντίθεσης. Οι περιπτώσεις που θα εξεταστούν είναι η μεταβολή της φωτεινότητας για τιμές -100 και +100 και η μεταβολή της αντίθεσης για τιμές -3 και +3. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα Σχήματα 55 και 56, 57 και 58, 59 και 60 και 61 και 62.



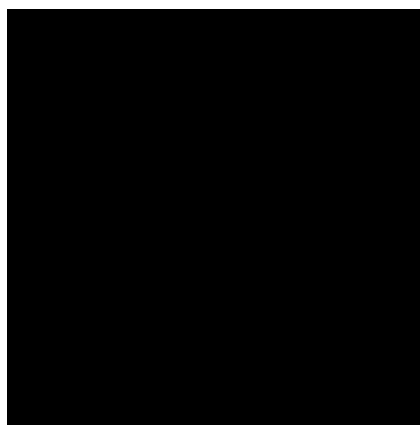
Σχήμα 55: Μεταβολή φωτεινότητας
-100



Σχήμα 56: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας



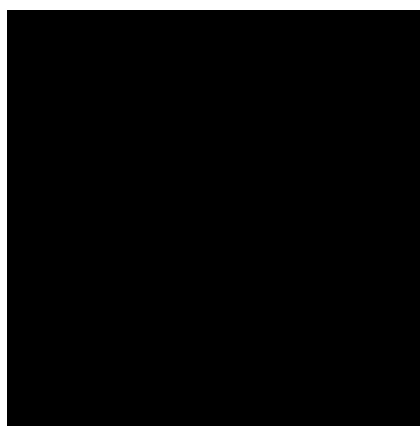
Σχήμα 57: Μεταβολή φωτεινότητας
+100



Σχήμα 58: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας



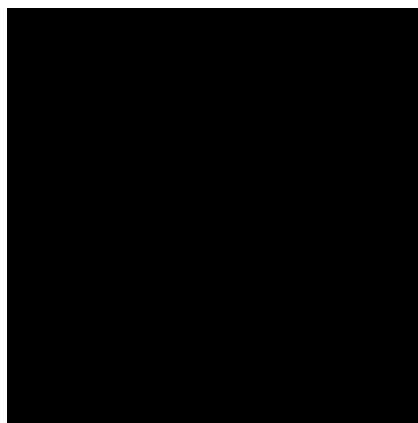
Σχήμα 59: Μεταβολή αντίθεσης
-3



Σχήμα 60: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας



Σχήμα 61: Μεταβολή αντίθεσης
-3



Σχήμα 62: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας

Από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι εμφανές, ότι η αλλαγή της φωτεινότητας μετατοπίζει το ιστόγραμμα δεξιά ή αριστερά, ανάλογα το πρόσημο, ενώ η αλλαγή στην αντίθεση κανονικοποιεί τις τιμές ανάλογα με την απόστασή τους γύρω από τη μέση τιμή της ανακλαστικότητας των pixel. Το πρόσημο σε αυτή την περίπτωση στρέφει το ιστόγραμμα γύρω από τη μέση τιμή.

Στο Σχήμα 63 φαίνεται η εκτέλεση της εντολής]bf prthist που εμφανίζει το ιστόγραμμα.

```
johncrabs@johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: prthist

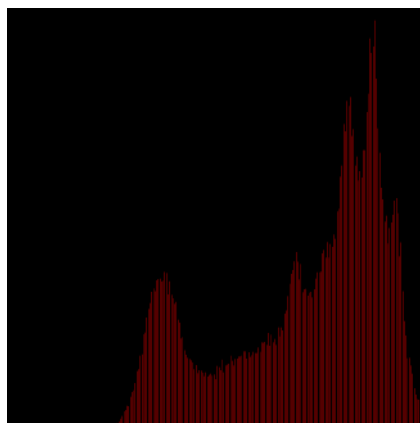
Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 63: Εκτέλεση της Εντολής prthist

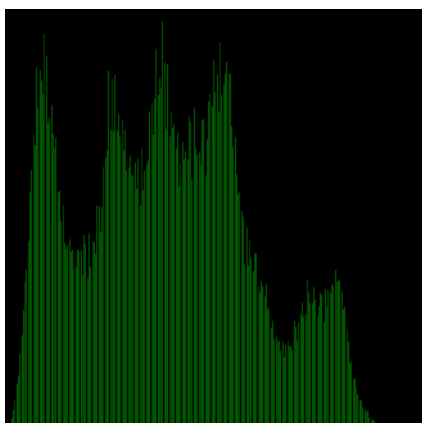
Στην περίπτωση της έγχρωμης εικόνας, το παραγόμενο αποτέλεσμα είναι τρία έγχρωμα ιστογράμματα, ένα για κάθε κανάλι της εικόνας. Παρακάτω φαίνεται η εκτέλεση της εντολής για την εικόνα Lenna.png. (Σχήματα 64, 65, 66 και 67)



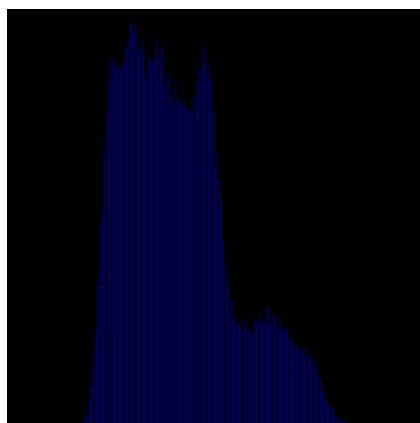
Σχήμα 64: Lenna.png



Σχήμα 65: Κόκκινο Κανάλι



Σχήμα 66: Πράσινο Κανάλι



Σχήμα 67: Μπλέ Κανάλι

Τέλος δύο σημαντικοί ραδιομετρικοί μετασχηματισμοί είναι η ισοστάθμιση και η κανονικοποίηση του ιστογράμματος.

Η ισοστάθμιση του ιστογράμματος εκτείνει το ιστόγραμμα σε όλο το εύρος τιμών από 0 έως 255. Στη νέα εικόνα που δημιουργείται οι τιμές που πρωτίτερα είχαν μικρό πλήθος, στη νέα εικόνα τείνουν να εξαφανίζονται (τείνουν να έχουν νέα τιμή 0).

Από την άλλη μεριά η κανονικοποίηση του ιστογράμματος προσπαθεί να προεγγίσει το ιστόγραμμα, ώστε να αποκτήσει τη μορφή της καμπάνας του Gauss.

Στο Σχήμα 68 φαίνεται η εκτέλεση της εντολής **eqhist**, που ισοσταθμίζει το ιστόγραμμα. Στα Σχήματα 69 και 70 φαίνεται η νέα ισοσταθμισμένη εικόνα και το ιστόγραμμά της.

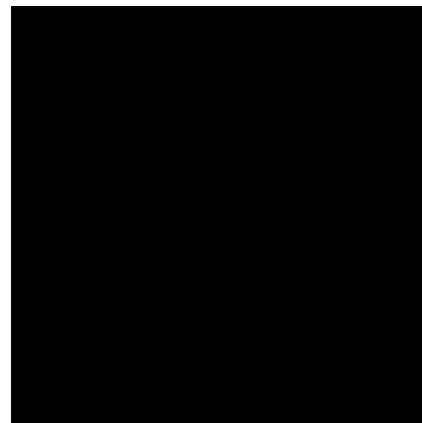

```
Johncrabs@Johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: eqhist

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 68: Εκτέλεση της Εντολής eqhist



Σχήμα 69: Ιστοστάθμιση Ιστογράμματος



Σχήμα 70: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας

Στο Σχήμα 71 φαίνεται η εκτέλεση της εντολής **normhist**, που ισοσταθμίζει το ιστόγραμμα. Στα Σχήματα 72 και 73 φαίνεται η νέα ισοσταθμισμένη εικόνα και το ιστόγραμά της.

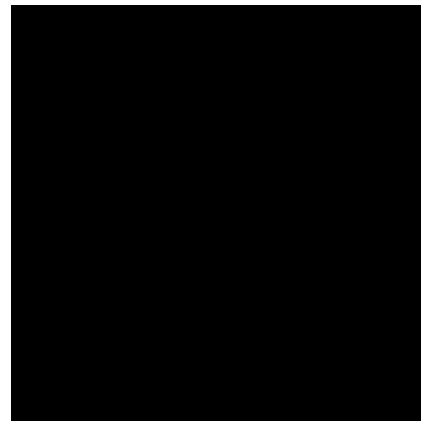

```
Johncrabs@Johncrabs-HP-Pavilion-Sleekbook-15: ~/Desktop/editImage
Choose what do you want to do:
(00)Exit Program (type: exit)
(01)Divide Image RGB to BANDS (type: bands)
(02)Change Image to Negative (type: negative)
(03)Change Image Light (type: light)
(04)Change Image Contrast (type: contrast)
(05)Rotate Image 90 degree LEFT (type: rotatel)
(06)Rotate Image 90 degree RIGHT (type: rotater)
(07)Create 1-bit Image with threshold method (type: thres)
(08)Create 2-bit Image (type: img2bit)
(09)Change Spatial Resolution 1:2 by skipping pixel (type: srskip)
(10)Change Spatial Resolution 1:2 by average four pixel (type: srave)
(11)Print the histograms of image's bands (type: prthist)
(12)Perform histogram equalization (type: eqhist)
(13)Perform histogram normalization (type: normhist)
Type: normhist

Save image format as (PNG, JPEG, GTIFF etc):
FORMAT: png
```

Σχήμα 71: Εκτέλεση της Εντολής normhist



Σχήμα 72: Κανονικοποίηση Ιστογράμματος



Σχήμα 73: Νέο Ιστόγραμμα Εικόνας

Είναι εύκολο κανείς να συμπεράνει, πως η ισοστάθμιση του ιστογράμματος μία εικόνα έντονη που δεν είναι εύκολο σε αρκετές περιπτώσεις να ξεχωρίσει κανείς όρια μεταξύ αντικειμένων (πχ δρόμο με ταράτσες στο παράδειγμα του παρόντος οδηγού). Από την άλλη μεριά η κανονικοποίηση δημιουργεί μία εικόνα με όλες σχεδόν τις διαβαθμίσεις των γκριζων τόνων και με αυτό τον τρόπο δημιουργείται μία εικόνα όπου ξεχωρίζουν με σχετική άνεση τα αντικείμενα (δημιουργεί μία οπτικά ευχάριστη εικόνα).

6 Εργαστήριο 3

Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθούν οι προσθήκες του λογισμικού που έγιναν κατά τη διάρκεια του Εργαστηρίου 3. Στην ενότητα αυτή δεν θα συζητηθούν τόσο οι μηχανισμοί υλοποίησης των αλγορίθμων, όσο οι φωτογραφιμετρικές διαδικασίες. Η εντολή με την οποία το πρόγραμμα εισέρχεται στο μενού διαχείρισης φίλτρων, το οποίο κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια του Εργαστηρίου 3 είναι η εξής:

```
./imgEditor -filter <imagePath><imageName>
```

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως τα φίλτρα χρησιμοποιούνται σε εικόνες ενός μόνο καναλιού. Συνεπώς εάν εισαχθεί στο πρόγραμμα εικόνα με παραπάνω από ένα κανάλια, τότε αυτό θα βγάλει μήνυμα σφάλματος.

6.1 Απομάκρυνση Διακριτού και Διάχυτου Θορύβου

Σε αυτή την ενότητα θα χρησιμοποιηθούν δύο φίλτρα 3×3 , προκειμένου να γίνει αφαίρεση θορύβου από μία εικόνα με διακριτό θόρυβο και μία εικόνα με διάχυτο θόρυβο. Στα Σχήματα 74 και 75, φαίνονται οι εικόνες στις οποίες θα εφαρμοστούν τα φίλτρα εξομάλυνσης α)μέσου όρου και β)ενδιάμεσης τιμής.



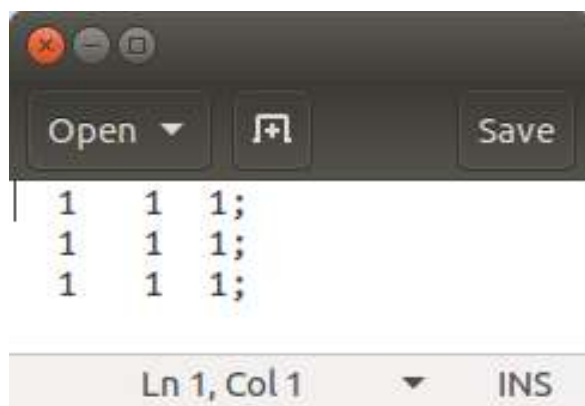
Σχήμα 74: Διακριτός Θόρυβος



Σχήμα 75: Διάχυτος Θόρυβος

6.1.1 Αφαίρεση Διακριτού Θορύβου

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί φίλτρο εξομάλυνσης για την αφαίρεση του θορύβου, στο μενού εντολών των φίλτρων χρησιμοποιείται η εντολή **fuser**. Στη συνέχεια ζητείται να οριστεί το path με το αρχείο *.txt, το οποίο περιέχει το φίλτρο. Προκειμένου να λειτουργήσει σωστά η εντολή, το φίλτρο πρέπει να είναι τετραγωνικό και οι διαστάσεις του μονός αριθμός, ενώ κάθε σειρά να τελιώνει με ελληνικό ερωτηματικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 76.



Σχήμα 76: Φίλτρο εξομάλυνσης μέσου όρου 3×3 - Αρχείο *.txt

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί αφαίρεση του θορύβου με χρήση φίλτρου ενδιάμεσης τιμής (median) χρησιμοποιείται η εντολή **median** και στη συνέχεια εισάγεται η διάσταση το φίλτρου.

Τα φίλτρα με τα οποία αφαιρείται ο θόρυβος στην παρούσα ενότητα είναι διαστάσεων 3x 3. Το αποτέλεσμα για κάθε μέθοδο φαίνεται στα Σχήματα 77 και 78 (όπως φαίνεται το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο και στις δύο μεθόδους και η εικόνα μετά την αφαίρεση του θορύβου, έχει θολώσει ελαφρώς).



Σχήμα 77: Χρήση Φίλτρου Μέσου Όρου (fuser)



Σχήμα 78: Χρήση Φίλτρου Ενδιάμεσης Τιμής (median)

6.1.2 Αφαίρεση Διάχυτου Θορύβου

Με χρήση των ίδιων φίλτων, όπως και στην περίπτωση του διακριτού θορύβου, αφαιρείται και ο διάχυτος θόρυβος. Στα Σχήματα 79 και 80 φαίνονται τα αποτελέσματα. Είναι φανερό εδώ, ότι το φίλτρο μέσου όρου θολώνει την εικόνα ελαφρώς, ενώ σε αυτή την περίπτωση το φίλτρο ενδιάμεσης τιμής δίνει καλύτερα αποτελέσματα, μιας και η εικόνα είναι καθαρή.



Σχήμα 79: Χρήση Φίλτρου Μέσου Όρου (fuser)



Σχήμα 80: Χρήση Φίλτρου Ενδιάμεσης Τιμής (median)

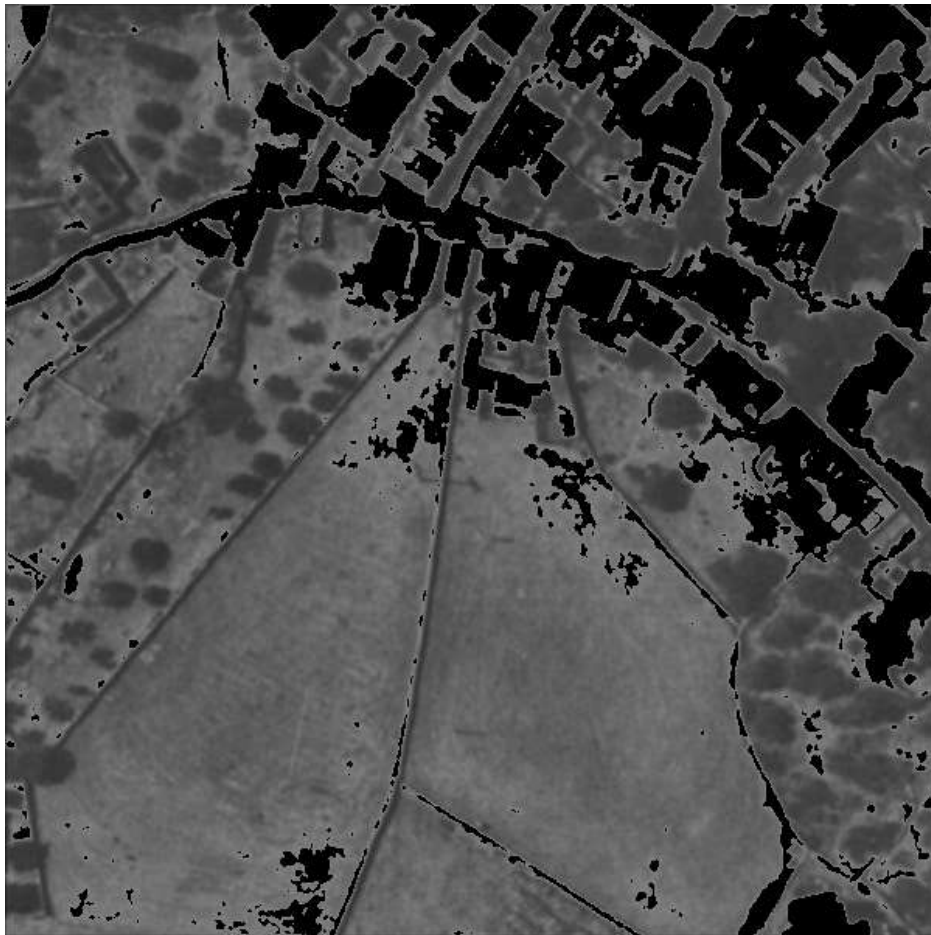
6.2 Διωνυμικό Φίλτρο

Ένα άλλο χρήσιμο φίλτρο είναι το διωνυμικό (Σχήμα 81). Η εκτέλεση αυτού το φίλτρου γίνεται με την εντολή `fuser`, στο μενού εντολών των φίλτρων.

$$\frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

Σχήμα 81: Διωνυμικό

Στο Σχήμα 82 φαίνεται το αποτέλεσμα της εφαρμογής του διωνυμικού φίλτρου.



Σχήμα 82: Εφαρμογή Διωνυμικού Φίλτρου

Εάν γίνει αφαίρεση της φιλτραρισμένης εικόνας από την αρχική, ενισχύονται πολύ οι αστικές περιοχές, καθώς και κάποια σημεία ακμών. Στο Σχήμα 83 φαίνεται το αποτέλεσμα της αφαίρεσης.

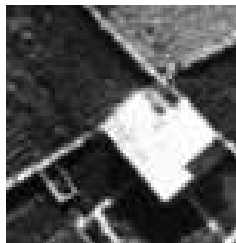


Σχήμα 83: Εφαρμογή Διωνυμικού Φίλτρου

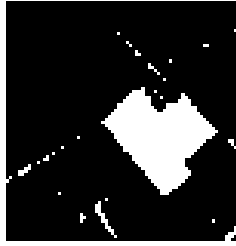
6.3 Φίλτρα Ελαχίστου-Μεγίστου

Δύο ακόμα χρήσιμα φίλτρα είναι το φίλτρο ελάχιστης τιμής (**min**) και φίλτρο μέγιστης τιμής (**max**), τα οποία διατηρούν από ένα παράθυρο συνέλιξης την ελάχιστη ή μέγιστη τιμή εικονοψηφίδας αντίστοιχα. Το φίλτρο αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιο για την εύρεση ακμών ή πολυγώνων με ομοιογενή χαρακτηριστικά.

Έστω η εικόνα του Σχήματος 84. Στη συνέχεια εκτελείται η διαδικασία κατωφλίωσης με κατόφλι την τιμή 197 και δημιουργείται η εικόνα του Σχήματος 85.



Σχήμα 84: Ph3_3b.tif



Σχήμα 85: Κατωφλίωση με τιμή 197

Στη συνέχεια εφαρμόζεται στην κατωφλιωμένη εικόνα το φίλτρο ελαχίστης τιμής (**min**) και το φίλτρο μέγιστης τιμής (**max**). Οι εντολές που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα για τη χρήση των φίλτρων αναγράφονται στις παρενθέσεις. Κατά την εκτέλεση των εντολών, ζητείται να δοθεί το μέγεθος του παραθύρου της συνέλιξης. Στα Σχήματα 86 και 87 απεικονίζονται τα αποτελέσματα (το φίλτρο μέγιστης τιμής εφαρμόστηκε στην ήδη φιλτραρισμένη με το φίλτρο ελάχιστης τιμής εικόνα).



Σχήμα 86: Χρήση Φίλτρου Ελάχιστης Τιμής (min)



Σχήμα 87: Χρήση Φίλτρου Μέγιστης Τιμής (max)

Το αποτέλεσμα από τη διαδοχική εκτέλεση των δύο φίλτρων, είναι η ενίσχυση του πολυγώνου της ταράτσας του κτιρίου.

Μία ενδιαφέρουσα πράξη είναι η αφαίρεση της εικόνας που έχει εφαρμοστεί το φίλτρο ελάχιστης τιμής από την αρχική κατωφλιωμένη εικόνα. Στη νέα εικόνα θα εμφανιστεί το περίγραμμα της ταράτσας του κτιρίου. Το αποτέλεσμα απεικονίζεται στο Σχήμα 88



Σχήμα 88: Αφαίρεση της παραγόμενης με το φίλτρο ελάχιστης τιμής από την αρχική κατωφλιωμένη εικόνα

6.4 Μη γραμμικά φίλτρα

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί η εφαρμογή των μη γραμμικών φίλτρων Sobel και Laplace. Ο σκοπός αυτών των φίλτρων είναι η ενίσχυση των ακμών σε μία εικόνα.

6.4.1 Φίλτρο Sobel

Το μη γραμμικό φίλτρο Sobel θα εφαρμοστεί στην εικόνα του Σχήματος 89.



Σχήμα 89: Ph3_3d.tif

Η διαδικασία παραγωγής του φίλτρου γίνεται με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι να γίνει παραγωγή της εικόνας κατά τον άξονα- X με το φίλτρο του Σχήματος 90 και στη συνέχεια στην ήδη φιλτραρισμένη εικόνα να εφαρμοστεί ξανά το ίδιο φίλτρο δημιουργώντας τη δεύτερη παράγωγο. Και αντίστοιχα εφαρμόζεται η ίδια διαδικασία για τον άξονα- Y χρησιμοποιώντας το φίλτρο του Σχήματος 91.

$$\nabla_C = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Σχήμα 90: Φίλτρο Sobel κατά X

$$\nabla_R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Σχήμα 91: Φίλτρο Sobel κατά Y

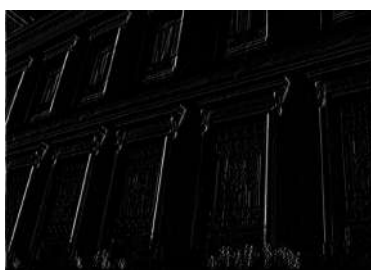
Τα φίλτρα Sobel που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, υπολογίζουν όπως ειπώθηκε την κλίση (παράγωγο), ενώ παράλληλα εξομαλύνουν και το αποτέλεσμα. Η δεύτερη παράγωγος (η κλίση της κλίσης) ενισχύει έντονα τα σημεία καμπής (εκεί όπου αλλάζει η κλίση). Η τελική εικόνα προκύπτει από το άθροισμα των τεσσάρων εικόνων και την αφαίρεση του αθροίσματος από την αρχική.

Ένας πιο εύκολος και γρήγορος προγραμματιστικά τρόπος (αυτός έχει εφαρμοστεί στο πρόγραμμα και γι' αυτό δεν είναι δυνατή η εξαγωγή των εικόνων δεύτερης παραγώγου), είναι το τελικό αποτέλεσμα να προκύψει από τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των εικόνων της πρώτης παραγώγου (εύρεση απόλυτης τιμής).

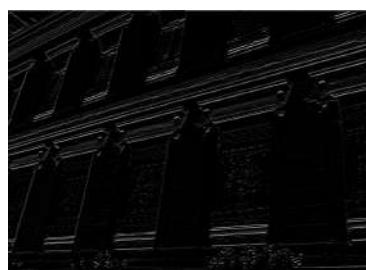
Και με τις δύο μεθόδους το αποτέλεσμα είναι αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 92. Στα Σχήματα 93 και 94 φαίνεται η πρώτη παράγωγος κατά X και Y αντίστοιχα.



Σχήμα 92: Τελικό φίλτρο SOBEL



Σχήμα 93: Πρώτη παράγωγος κατά X



Σχήμα 94: Πρώτη παράγωγος κατά Y

6.4.2 Φίλτρο Laplace

Στην ίδια εικόνα που εφαρμόστηκε και το φίλτρο Sobel, θα εφαρμοστούν και τα δύο φίλτρα δεύτερης παραγώγου Laplace (στο προγραμμα τα φίλτρα αυτά εισάγονται χειροκίνητα με την εντολή **fuser**, όπως τα φίλτρα εξομάλυνσης). Ομοίως με το φίλτρο Sobel, τα φίλτρα Laplace ενισχύουν τις ακμές (υψηλές συχνότητες). Στα Σχήματα 95 και 96 φαίνονται τα δύο φίλτρα που θα εφαρμοστούν.

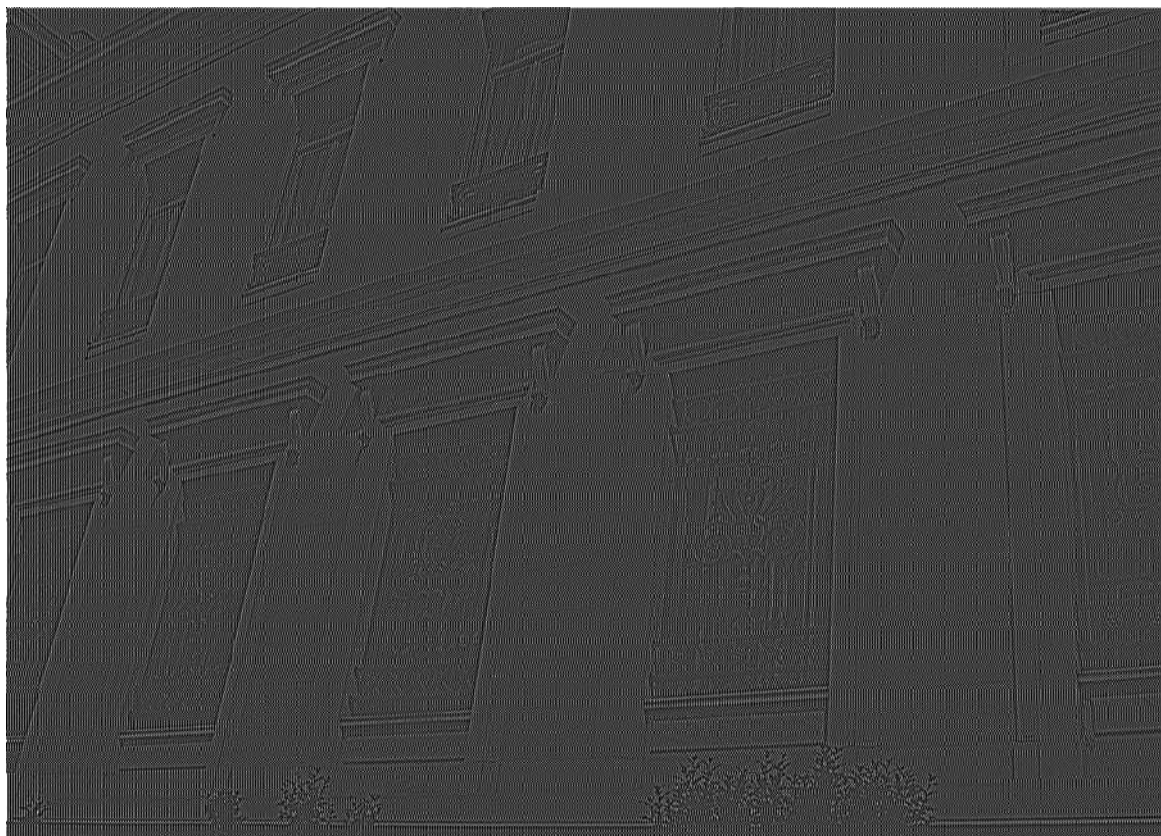
$$\nabla^2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Σχήμα 95: Φίλτρο Laplace A

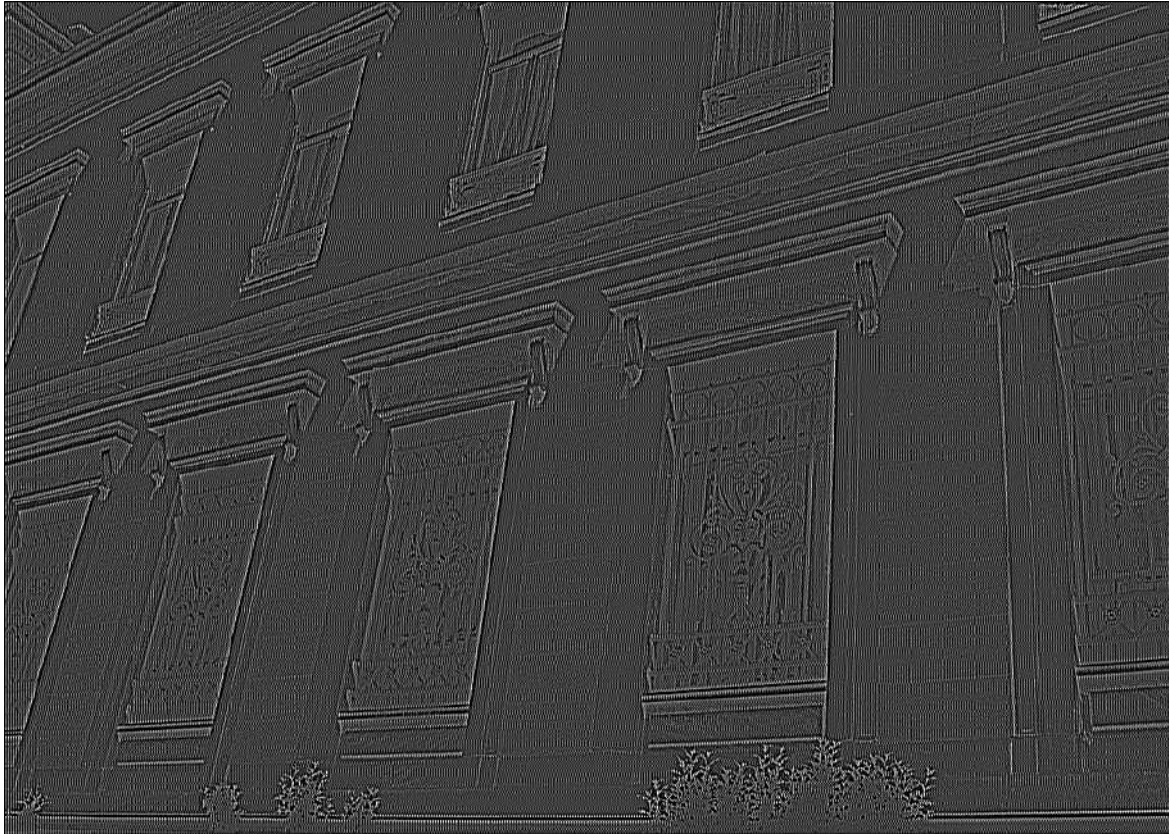
$$\nabla^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Σχήμα 96: Φίλτρο Laplace B

Πρέπει να σημειωθεί ότι το Φίλτρο A ενισχύει τις ακμές στις διευθύνσεις $B \rightarrow N$ και $\Delta \rightarrow A$, ενώ το Φίλτρο B ενισχύει τις ακμές σε όλες τις διευθύνσεις. Στα Σχήματα 97 και 98 φαίνονται τα αποτελέσματα εφαρμογής των φίλτρων A και B αντίστοιχα.



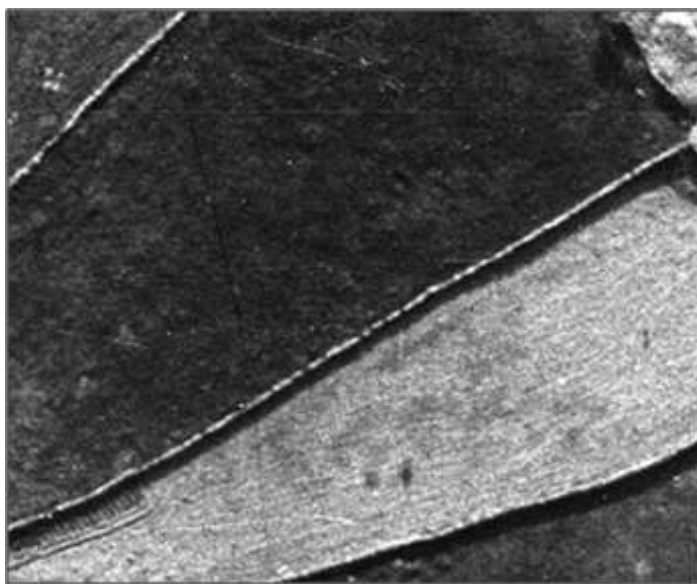
Σχήμα 97: Εφαρμογή Φίλτρου A



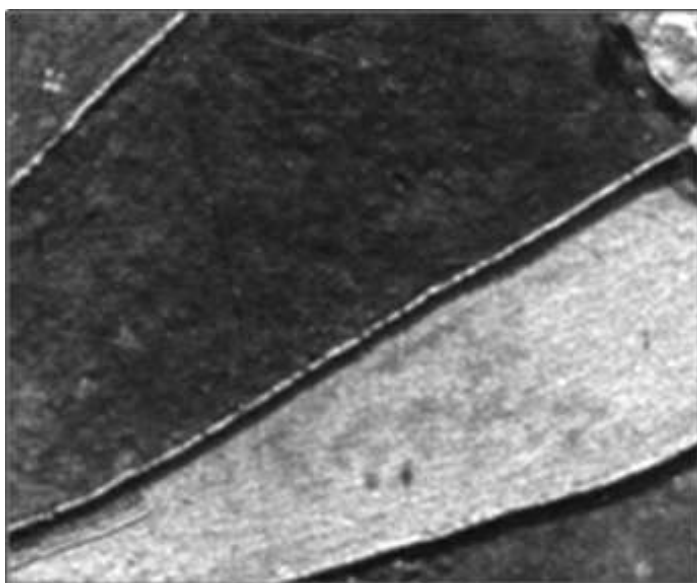
Σχήμα 98: Εφαρμογή Φίλτρου B

Τέλος στην εικόνα του Σχήματος 99, θα εφαρμοστεί φίλτρο εξομάλυνσης Gauss (Σχήμα 100) και στη συνέχεια το Φίλτρο A και θα γίνει σύγκριση με αυτής της περίπτωσης με την περίπτωση να εφαρμοζόταν απευθείας το Φίλτρο A.

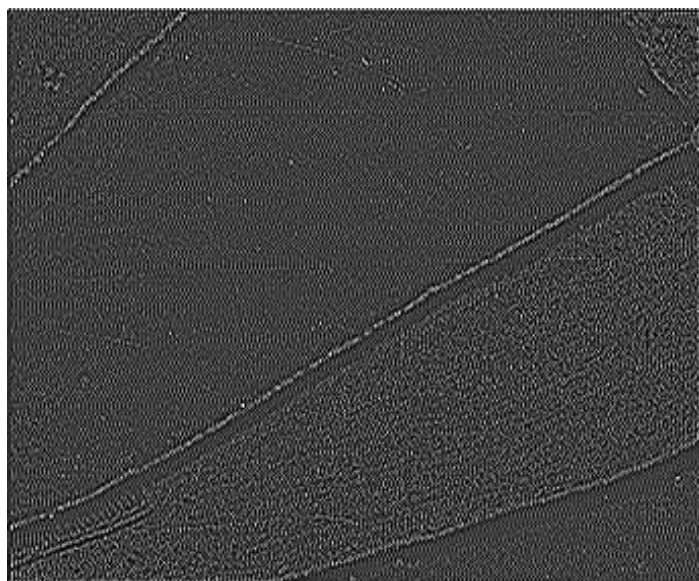
Στο Σχήμα 101 φαίνεται το αποτέλεσμα εφαρμογής του Φίλτρου A στην αρχική εικόνα, ενώ στο Σχήμα 102 φαίνεται το αποτέλεσμα εφαρμογής του Φίλτρου A στην εξομαλυμένη εικόνα. Συγκρίνοντας τις δύο εικόνες μεταξύ τους είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς, πως στην εξομαλυμένη εικόνα το αποτέλεσμα είναι ομαλότερο από την πρώτη περίπτωση, δίνοντας καλύτερο από θέμα αισθητικής και οπτικής αποτέλεσμα (το πρώτο είναι πιο σαγρέ, πιο τραχεία υφή).



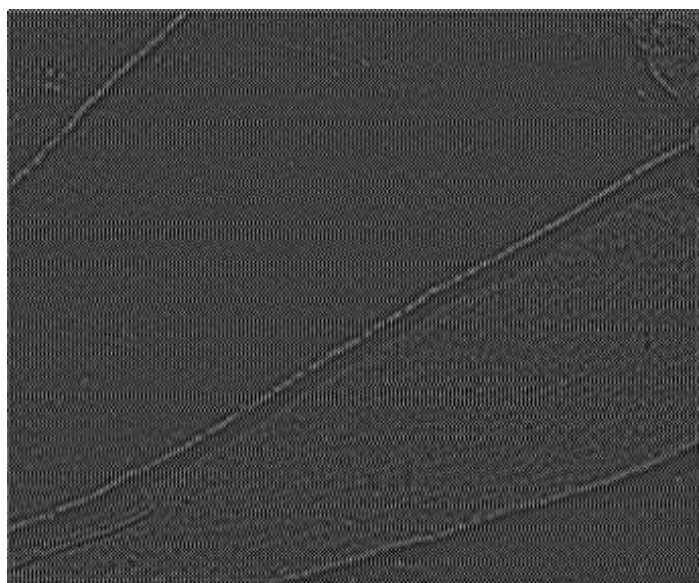
Σχήμα 99: Ph3_3e.tif



Σχήμα 100: Εξομάλυνση με φίλτρο Gauss



Σχήμα 101: Χρήση Φίλτρου A στην Αρχική Εικόνα



Σχήμα 102: Χρήση Φίλτρου A στην Εξομαλυμένη Εικόνα

7 Εργαστήριο 4

Σε αυτή την ενότητα θα περιγραφεί η εντολή που κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια του Εργαστηρίου 4. Η εντολή που ζητήθηκε να κατασκευαστεί πρόκειται να στρέφει μία εικόνα σε τυχαία διεύθυνση. Η γωνία στροφής εισάγεται από το χρήστη.

Στο πρόγραμμα imgEditor η εντολή αυτή βρίσκεται στο μενού επεξεργασίας εικόνων με όνομα εκτέλεσης **userot**. Η εντολή αυτή θα εκτελεστεί στις εικόνες των Σχημάτων 103 και 104.



Σχήμα 103: nat.tif



Σχήμα 104: Ph3_3d.tif

Κάθε φορά που εκτελείται το πρόγραμμα, στο φάκελο data, δημιουργείται ένα αρχείο μορφοποίησης *.ers. Μέσα στο αρχείο αυτό περιέχονται πληροφορίες σχετικά με την αρχική εικόνα. Επίσης κάθε φορά που εκτελείται μία εντολή και πριν δημιουργηθεί μία νέα εικόνα παράγεται το αρχείο *.ers της νέας εικόνας. Τα αρχεία αυτά για την εικόνα nat.tif φαίνονται στα Σχήματα 105 και 106.

```
DatasetHeader Begin
  Version      = "6.0"
  Name         = "nat.ers"
  DataSetType  = ERStorage
  DataType     = Raster
  ByteOrder    = LSBFirst
  RasterInfo Begin
    CellType    = Unsigned8BitInteger
    NrOfLines   = 471
    NrOfCellsPerLine = 652
    NrOfBands   = 3
  RasterInfo End
DatasetHeader End
```

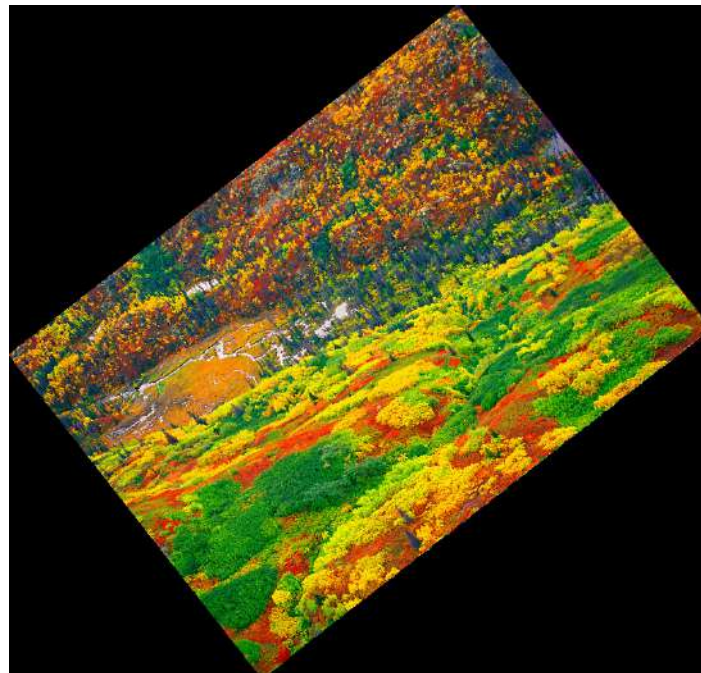
Σχήμα 105: Αρχικό αρχείο ers για την εικόνα nat.ers

```
DatasetHeader Begin
  Version      = "6.0"
  Name         = "_ROTATED_USER_ANGLE.ers"
  DataSetType  = ERStorage
  DataType     = Raster
  ByteOrder    = LSBFirst
  RasterInfo Begin
    CellType    = Unsigned8BitInteger
    NrOfLines   = 770
    NrOfCellsPerLine = 862
    NrOfBands   = 3
  RasterInfo End
DatasetHeader End
```

Σχήμα 106: Αρχείο ers μετά τη στροφή της εικόνας nat.ers

Αυτό που πρέπει να σημειωθεί, είναι ότι προκειμένου να στραφεί η εικόνα, διατηρώντας τη χωρική της ανάλυση, αλλάζουν οι συντεταγμένες της τελικής εικόνας, όπως φαίνεται παραπάνω. Επιπλέον πρέπει να σημειωθεί, ότι τα pixel που δεν αντιστοιχούν σε κάποια τιμή της εικόνας, λαμβάνουν τιμή 0.

Οι τελικές στραμμένες εικόνες φαίνονται στα Σχήματα 107 και 108.



Σχήμα 107: Στροφή εικόνας nat.tif κατά 38°



Σχήμα 108: Στροφή εικόνας Ph3_3d.tif κατά 265°

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται ώστε να επιλεγεί το χρώμα της τιμής του pixel από την αρχική στη νέα εικόνα, είναι η μέθοδος του πλησιέστερου γείτωνα.

8 Εργαστήριο 5

Το παρόν εργαστήριο διαπραγματεύεται το φωτογραμμετρικό πρόβλημα της **Φωτογραμμετρικής Αναγωγή**. Προκειμένου να επιτευχθεί η επίλυση του προβλήματος αυτού, στο πρόγραμμα imgEditor προστέθηκε η προέκταση:

./imgEditor -reduction <imagePath><imageName>

Με την παραπάνω προέκταση ο χρήστης μεταβαίνει στη γραμμή εντολών της φωτογραμμετρικής αναγωγής.

8.1 Περιγραφή Αλγορίθμου - Διαδικασία

Για τον προγραμματισμό της φωτογραμμετρικής αναγωγής, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη SDL 2.0, η οποία υποστηρίζει γραφικά της βιβλιοθήκης OPEN GL. Χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες συναρτήσεις των δύο παραπάνω βιβλιοθηκών μετά την εκτέλεση της εντολής ανοίγεται σ' ένα παράθυρο η εικόνα που αντιστοιχεί στο μονοπάτι που δόθηκε, η οποία έχει υποστεί μία αλλαγή κλίμακας πολλαπλάσιας του δύο(2), οι διαστάσεις της κατά πλάτος (width) και ύψος (height) να είναι μικρότερες του 1024. Αυτή η αλλαγή κλίμακας εξασφαλίζει πως αν η εικόνα είναι πολύ μεγάλη, θα μπορεί να χωρέσει στις περισσότερες οθόνες. Επιπλέον ορίζεται ένα σύστημα εικονοσυντεταγμένων ως προς το κέντρο της υπό κλίμακας εικόνας.

Έπειτα στο χρήστη δίνονται οι εξής δυνατότητες:

- **Αριστερό κλικ εντός παραθύρου:** Εισαγωγή σημείου (μέγιστη εισαγωγή 100 σημεία).
- **Δεξί κλικ εντός παραθύρου:** Αποθήκευση σημείων σε μορφή *.rdc (μορφοποίηση του προγράμματος)
- **ESC:** Μετάβαση στο μενού εντολών.
- **Q:** Έξοδος προγράμματος.

Η εισαγωγή των σημείων γίνεται με αριστερό κλικ πάνω στο σημείο ενδιαφέροντος και έπειτα στο παράθυρο του τερματικού εισάγονται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες X και Y, καθώς και η συμμετοχή (tie (t)) ή όχι (check (c)) του σημείου στην επίλυση της αναγωγής. Με το αριστερό κλικ δημιουργείται η μορφοποίηση *.rdc το περιεχόμενο της οποίας μπορεί να δει και να επεξεργαστεί κανείς με απλό κειμενογράφο (το πρόγραμμα στην παρούσα μορφή του, αποθηκεύει τα σημεία με όνομα POINTS.rdc, οπότε συνιστάται μετά την αποθήκευση να μετονομάζεται το αρχείο).

Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να ανοίξει το μενού εντολών, στο οποίο έχει τη δυνατότητα να διαβάσει ένα αρχείο *.rdc, φορτώνοντας νέα σημεία (αυτή η διαδικασία αντικαθιστά τα σημεία που είχαν φορτωθεί νωρίτερα). Στη συνέχεια εκτελώντας την εντολή **reduct**, επιλύεται η φωτογραμμετρική αναγωγή με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και στο αρχείο RMS.csv εξάγεται το αποτέλεσμα της αναγωγής με τα υπόλοιπα για κάθε σημείο (δεν υπολογίζεται το συνολικό σφάλμα, αλλά υπολογίζεται για κάθε σημείο η απόσταση των συντεταγμένων με τις παραμέτρους της αναγωγής από τις πραγματικές συντεταγμένες (σε μέτρα), καθώς και η απόκλιση των pixel από αυτά που έχουν στοχευθεί.). Εν τα σφάλματα είναι ελάχιστα μεγαλύτερα από την ακρίβεια, ο

χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί τα σημεία στο αρχείο *.rdc κι έπειτα να επαναλάβει τα παραπάνω βήματα ώσπου να έπιτύχει την επιθυμητή ακρίβεια.

Τέλος με την εντολή **create** εκτελείται η διαδικασία της αναγωγής και παράγεται η μετασχηματισμένη εικόνα στην κλίμακα που θα ορίσει ο χρήστης. Επειδή το βήμα της εικόνας είναι σε μέτρα, συνιστάται οι γεωδαιτικές συντεταγμένες να δίνονται σε μέτρα, αλλιώς πρέπει η κλίμακα εισαγωγής να τροποποιηθεί τόσο ώστε να ταυτιστούν τα μεγέθη.

8.2 Παράδειγμα επίλυσης Φωτογραμμετρικής Αναγωγής

Για τις εικόνες των Σχημάτων 109 και 110 ζητείται να επιτευχθεί η διαδικασία της φωτογραμμετρικής αναγωγής, ώστε το τελικό προϊόν που θα προκύψει (δύο ανηγμένες εικόνες, οι οποίες θα ενωθούν και θα σχηματίσουν την όψη της Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος), να μπορούν να αναπαραστούν σε κλίμακα 1:50.

Από τη διακριτική ικανότητα του ματιού που είναι το ένα τέταρτο του χιλιοστού και δεδομένης κλίμακας 1:50, προκύπτει ότι τα υπόλοιπα που θα προκύψουν μετά την αναγωγή πρέπει να είναι **μικρότερα από 1.25cm**.

Στις επόμενες σελίδες φαίνονται τα αποτελέσματα της αναγωγής για κάθε εικόνα, καθώς και το τελικό αποτέλεσμα (συνένωση των δύο ανηγμένων εικόνων). Από τους πίνακες των υπολοίπων, παρατηρείται ότι και οι δύο αναγωγές έχουν γίνει με εξαιρετική ακρίβεια, αφού οι αποκλίσεις είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών (η μεγαλύτερη αγγίζει το 1ςμ), ενώ εκτελώντας την αντίστροφη διαδικασία (από γεωδαιτικές σε εικονο-συντεταγμένες), η αποκλίσεις είναι μικρότερες του ενός pixel.

Το τελικό αποτέλεσμα, το οποίο προκύπτει από τη συνένωση των δύο ανηγμένων εικόνων, έχει διορθωθεί ραδιομετρικά όσο το καλύτερα γίνεται, όμως η ραφή γίνεται εύκολα αντιληπτή. Ο βασικότερος λόγος είναι το σκέπαστρο που υπάρχει στη δεξιά πλευρά της εικόνας, το οποίο δεν ήταν εφικτό να ταυτιστεί στις δύο εικόνες. Επίσης γίνεται περικοπή της εικόνας, ώστε να φανεί μόνον η όψη και όχι το ελάχιστο πλαίσιο που φαίνεται επειδή σαν όρια αναγωγής έχουν ληφθεί οι γωνίες της αρχικής εικόνας, πράγμα που οδηγεί στην τελική εικόνα να υπάρχουν pixel τα οποία να έχουν τιμές από την πλάγια πλευρά του κτιρίου.



Σχήμα 109: Άνω μέρος Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος



Σχήμα 110: Κάτω μέρος Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος

Επίλυση Φωτογραμμετρικής Αναγωγής για το άνω μέρος της Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος

id	Εικον. Χ	Εικον. Υ	Γεωδ. Χ	Γεωδ. Υ	Συμμ. Επίλυσης
8	-284	224	0	3.31	t
7	88	187	3.37	3.78	c
15	238	170	5.18	4.06	t
6	343	162	6.64	4.24	t
13	273	93	5.89	5.05	t
16	24	83	2.84	4.87	t
10	-193	44	0.75	5.05	t
11	-246	-48	0.29	5.97	t
14	308	30	6.64	5.97	t
12	-232	-189	0.43	7.7	t

From XY to xy	From xy to XY
0.009585	141.996932
0.00015	-15.574561
2.68928	-291.592829
-0.00151	18.99327
-0.009002	-128.583591
5.809291	695.772533
-0.000541	0.066179
0.000551	0.062836

pixel_x	pixel_y	real_X	real_Y	reduct_X	reduct_Y	RMS_X	RMS_Y	TOTAL_RMS
-284	224	0	3.31	0.001	3.306	-0.000592	0.0038803	0.0039252
88	187	3.37	3.78	3.374	3.784	-0.0041432	-0.0036571	0.0055263
238	170	5.18	4.06	5.178	4.062	0.0019201	-0.0023927	0.0030678
343	162	6.64	4.24	6.641	4.242	-0.0011389	-0.0017569	0.0020937
273	93	5.89	5.05	5.888	5.047	0.0020217	0.0032532	0.0038302
24	83	2.84	4.87	2.839	4.867	0.00106	0.0032975	0.0034637
-193	44	0.75	5.05	0.75	5.055	0.0004548	-0.0045356	0.0045584
-246	-48	0.29	5.97	0.293	5.976	-0.0028626	-0.005619	0.0063062
308	30	6.64	5.97	6.643	5.97	-0.0029581	-0.0001696	0.002963
-232	-189	0.43	7.7	0.428	7.696	0.0020926	0.0040366	0.0045467

real_X	real_X	real_pix_x	real_pix_y	reduct_pix_x	reduct_pix_y	RMS_x	RMS_y	TOTAL_RMS
0	3.31	-284	224	-284.063	223.646	0.0633408	0.3543717	0.359988
3.37	3.78	88	187	87.683	187.419	0.3169157	-0.419167	0.525487
5.18	4.06	238	170	238.258	170.289	-0.2584626	-0.2888042	0.3875704
6.64	4.24	343	162	343.072	162.202	-0.0717879	-0.2022299	0.2145936
5.89	5.05	273	93	273.044	92.727	-0.0436713	0.2730724	0.2765425
2.84	4.87	24	83	23.983	82.674	0.0165291	0.3261786	0.3265971
0.75	5.05	-193	44	-192.945	44.384	-0.0553504	-0.383557	0.3875302
0.29	5.97	-246	-48	-246.28	-47.596	0.2802671	-0.4044966	0.4921048
6.64	5.97	308	30	307.67	29.894	0.3295622	0.106354	0.3462982
0.43	7.7	-232	-189	-231.74	-189.219	-0.2602416	0.218696	0.3399318



Ραδιομετρικά διορθωμένη ανηγμένη εικόνα.

Επίλυση Φωτογραμμετρικής Αναγωγής για το κάτω μέρος της Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος

id	Εικον. X	Εικον. Y	Γεωδ. X	Γεωδ. Y	Συμμ. Επίλυσης
1	-255	164	0	0.25	t
3	78	129	3.32	0.54	t
2	303	155	6.35	0.25	t
5	260	-36	5.81	2.39	t
9	112	-77	3.77	2.65	c
4	-185	-54	0.58	2.13	t
8	-246	-195	0	3.31	t
7	78	-190	3.37	3.78	t
15	212	-189	5.18	4.06	c
6	306	-185	6.64	4.24	t

From XY to xy	From xy to XY
0.009706	105.525282
0.000239	-0.681299
2.437837	-256.061562
-0.000286	7.493545
-0.009441	-120.711144
1.765971	194.88767
-0.000551	0.057201
0.000124	0.01477

pixel_x	pixel_y	real_X	real_Y	reduct_X	reduct_Y	RMS_X	RMS_Y	TOTAL_RMS
-255	164	0	0.25	0.002	0.25	-0.0018077	-0.0002978	0.0018321
78	129	3.32	0.54	3.315	0.54	0.004925	-0.0002701	0.0049324
303	155	6.35	0.25	6.354	0.253	-0.0043754	-0.0032522	0.0054516
260	-36	5.81	2.39	5.812	2.384	-0.0015147	0.006324	0.0065028
112	-77	3.77	2.65	3.776	2.65	-0.0056923	0.0001534	0.0056943
-185	-54	0.58	2.13	0.575	2.126	0.0054092	0.0037454	0.0065793
-246	-195	0	3.31	0.003	3.309	-0.0031398	0.0008955	0.0032651
78	-190	3.37	3.78	3.374	3.79	-0.0042284	-0.0100247	0.01088
212	-189	5.18	4.06	5.177	4.059	0.003173	0.0005338	0.0032176
306	-185	6.64	4.24	6.635	4.237	0.0047249	0.0028742	0.0055305

real_X	real_X	real_pix_x	real_pix_y	reduct_pix_x	reduct_pix_y	RMS_x	RMS_y	TOTAL_RMS
0	0.25	-255	164	-255.289	164.104	0.2892104	-0.1039173	0.3073133
3.32	0.54	78	129	78.4	129.046	-0.4003863	-0.0462088	0.403044
6.35	0.25	303	155	302.764	155.308	0.2358874	-0.3084613	0.3883185
5.81	2.39	260	-36	259.873	-36.614	0.1270939	0.6138459	0.6268649
3.77	2.65	112	-77	111.543	-77.102	0.4566498	0.1016091	0.4678178
0.58	2.13	-185	-54	-184.39	-54.367	-0.6103752	0.3667083	0.7120624
0	3.31	-246	-195	-246.276	-195.127	0.2762682	0.1265164	0.3038594
3.37	3.78	78	-190	77.674	-189.13	0.3262639	-0.870196	0.9293488
5.18	4.06	212	-189	212.195	-189.036	-0.1950539	0.0356875	0.1982917
6.64	4.24	306	-185	306.243	-185.221	-0.2433884	0.2212154	0.3288984



Ραδιομετρικά διορθωμένη ανηγμένη εικόνα.

ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

NATIONAL
BANK

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΙΟ
ΚΑΤΑΘΕΣΕΙΣ
EXCHANGE
CHANGE
WECHSEL

ΕΘΝΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

NATIONAL
BANK

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΙΟ
ΚΑΤΑΘΕΣΕΙΣ
EXCHANGE
CHANGE
WECHSEL