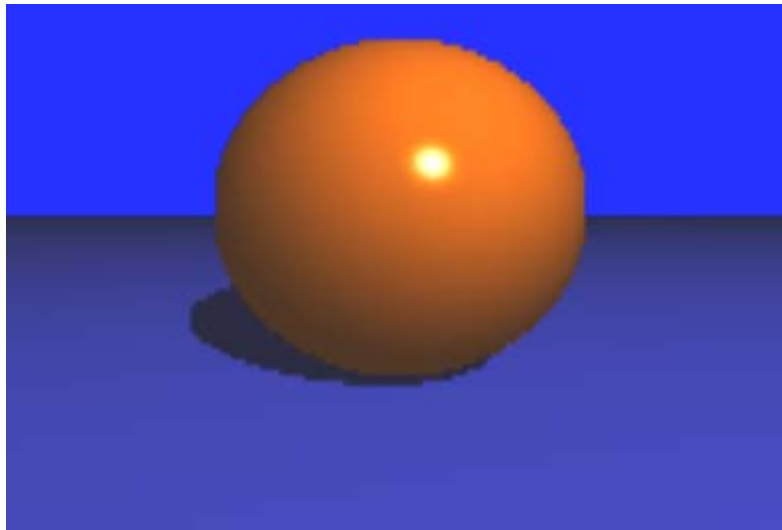


Επεξεργασία Εικόνας - Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών

B.I.P.

Basic Image Processor

Έκδοση 1.0 για Windows



Χάρης Γεωργίου, <mailto:grad0177@di.uoa.gr>

Αθήνα – Ιούνιος 1999



B.I.P
Basic Image Processor
Έκδοση 1.0 για Windows

Επεξεργασία Εικόνας

Χάρης Γεωργίου [AM: M177] © 1999
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών

<mailto:grad0177@di.uoa.gr>

<http://www.di.uoa.gr/~grad0177/>

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται μερικές βασικές πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο της εφαρμογής και τον τρόπο εγκατάστασης και χρήσης του λογισμικού.

Αντικείμενο εφαρμογής

Η εφαρμογή αποτελεί ένα απλοποιημένο πακέτο επεξεργασίας εικόνων σε περιβάλλον Windows, σε ότι αφορά την υλοποίηση και επίδειξη μερικών βασικών αλγόριθμων μετασχηματισμού για την επεξεργασία του ιστογράμματος, την ανάδειξη ακμών και την όξυνση της εικόνας. Τα αρχεία εισόδου είναι τυπικά bitmap με 8-bit κλίμακα απόχρωσης γκρι, ενώ τα αποτελέσματα (επεξεργασμένες εικόνες) μπορούν να αποθηκευτούν ως αρχεία του ίδιου τύπου.

Βασικός στόχος της εφαρμογής είναι να παρουσιάσει τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την αύξηση της αντίθεσης (contrast) σε εικόνες με σκοπό την ανάδειξη της χρήσιμης πληροφορίας και την καταστολή της άχρηστης (θόρυβος). Προσφέρει ένα απλό και εύχρηστο περιβάλλον όπου μπορούν να εξεταστούν άμεσα τα αποτελέσματα εφαρμογής των διαφόρων μετασχηματισμών, να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων και να αποθηκευτούν οι τελικές εικόνες για περαιτέρω επεξεργασία.

Απαιτήσεις

Το πακέτο της εφαρμογής περιλαμβάνει εκτελέσιμο πρόγραμμα για περιβάλλον Windows και λειτουργεί σε περιβάλλον Win32 συμβατό. Οι απαιτήσεις σε πόρους του συστήματος (κεντρική μνήμη, χρόνος επεξεργασίας) εξαρτώνται κυρίως από το μέγεθος της προς επεξεργασία εικόνας, αλλά γενικά είναι περιορισμένες μια και οι αλγόριθμοι των μετασχηματισμών που χρησιμοποιούνται είναι σχετικά απλοί.

Ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει πως διαφορετικές τεχνικές εφαρμογής κάποιου τύπου μετασχηματισμού απαιτεί διαφορετικό χρόνο για να υλοποιηθεί. Αυτό οφείλεται, τόσο στη φύση της κάθε τεχνικής, όσο και στην υλοποίησή της στο πρόγραμμα της εφαρμογής. Για παράδειγμα η ανάδειξη ακμών με τυπική διαφόριση ή διαφόριση Robert είναι ελαφρώς ταχύτερη σε σχέση με τη διαφόριση Sobel λόγω διαφορετικού πλήθους βασικών πράξεων, ενώ και οι τρεις αυτές τεχνικές είναι σαφώς ταχύτερες από τη διαφόριση με γενικευμένη μάσκα επειδή οι πρώτες υλοποιούνται άμεσα (με εξίσωση διαφόρισης) αντί με συνέλιξη (εφαρμογή μάσκας). Επίσης σχετικά χρονοβόρα είναι η διαδικασία εύρεσης του βέλτιστου κατωφλίου, λόγω του αναλυτικού υπολογισμού του σφάλματος προσαρμογής της καμπύλης κατωφλίωσης (διπλή Gaussian) στο ιστόγραμμα της εικόνας για όλη τη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι.

| Τύπος | Απαιτηση |
|----------------------|---|
| Σύστημα | PC με λειτουργικό MS-Windows (Win32) Windows95/98, WindowsNT |
| Κεντρική Μνήμη (RAM) | Περίπου 1MB για την εφαρμογή (program+resources), επιπλέον μνήμη ανάλογα με το μέγεθος της ενεργής εικόνας |
| Αρχεία I/O | Bitmap 8-bit grayscale, subtype OS/2 (no compression) |

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε εξ' ολοκλήρου σε γλώσσα Borland Delphi v4.0 και δοκιμάστηκε σε συστήματα με περιβάλλον MS-Windows95, MS-Windows98 και MS-WindowsNT.

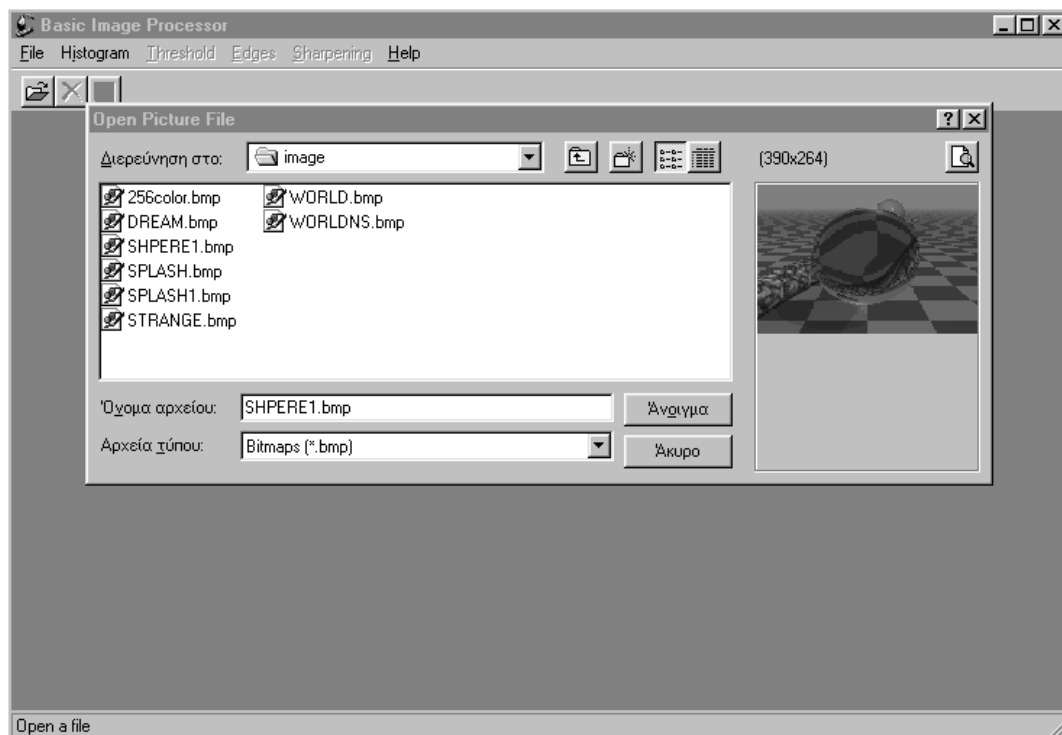
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εγχειρίδιο Χρήσης

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται λεπτομερώς το περιβάλλον της εφαρμογής, οι βασικές λειτουργίες, καθώς και διευκρινήσεις σχετικά με τους αλγόριθμους των μετασχηματισμών που υλοποιούνται.

1.1 Παράθυρο εφαρμογής

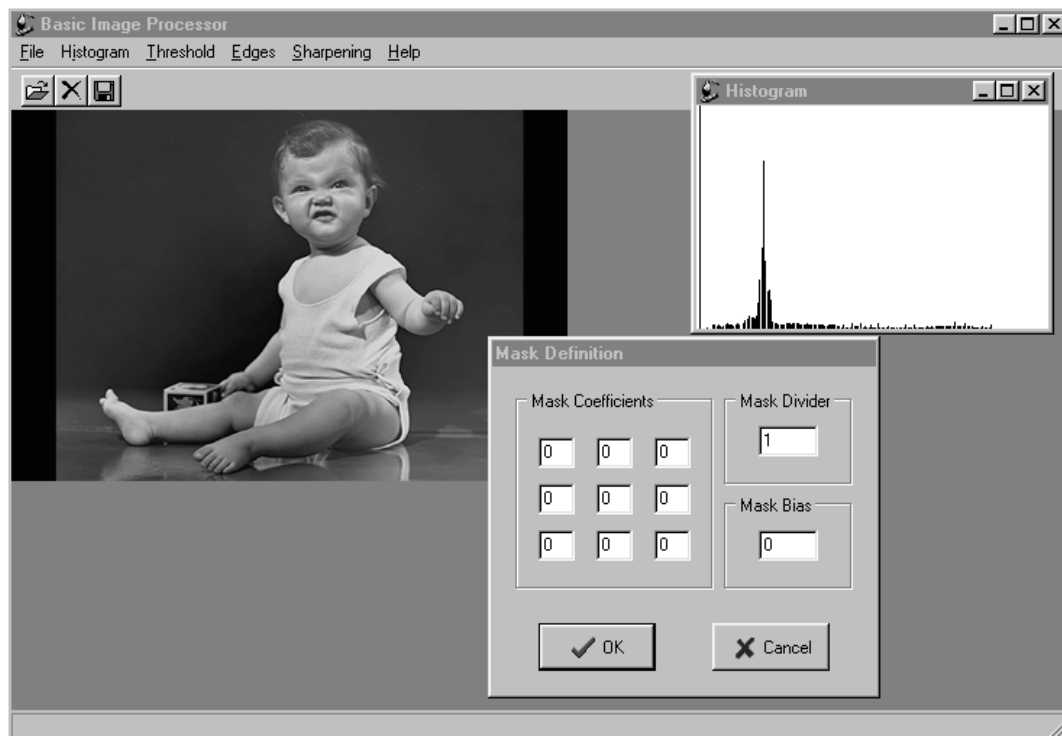
Το παράθυρο της εφαρμογής αποτελείται από το μενού επιλογών στο επάνω μέρος (main menu), την περιοχή των πλήκτρων συντόμευσης (toolbar), την περιοχή παρουσίασης της ενεργής εικόνας (client area) και το πεδίο εμφάνισης κατάστασης (status line). Οι βασικές λειτουργίες του παραθύρου είναι αυτές που εφαρμόζονται σε όλες τις τυπικές εφαρμογές για περιβάλλον Windows, περιλαμβάνοντας πρόσβαση στο κύριο μενού επιλογών και στα πλήκτρα συντόμευσης με το ποντίκι ή με το πληκτρολόγιο (shortcuts), ενώ υπάρχει δυνατότητα αλλαγής του μεγέθους, ελαχιστοποίησης και μεγιστοποίησης του παραθύρου της εφαρμογής.



Εικόνα 1.1 – Κύριο παράθυρο της εφαρμογής & άνοιγμα αρχείου εικόνας

Η εφαρμογή έχει υλοποιηθεί σύμφωνα με το πρότυπο SDI (single document interface) και δίνει τη δυνατότητα επεξεργασίας ενός ενεργού αρχείου (εικόνας) κάθε φορά. Το ιστόγραμμα της εικόνας παρουσιάζεται σε ξεχωριστό παράθυρο το οποίο περιλαμβάνει όλες τις τυπικές δυνατότητες (resize, maximize, minimize) και επιπλέον εμφανίζεται –όταν είναι ορατό– πάντα μπροστά από το κύριο παράθυρο της εφαρμογής για διευκόλυνση του χρήστη.

Σε κάθε φάση της επεξεργασίας ο χρήστης διατηρεί την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον της εφαρμογής. Η επιλογή κάθε πεδίου στο κύριο μενού επιλογών συνοδεύεται από την εμφάνιση μιας σύντομης περιγραφής της λειτουργίας στο πεδίο κατάστασης (status line),. Επίσης κατά τη διάρκεια εκτέλεσης κάποιας επεξεργασίας ο δείκτης στο ποντίκι αλλάζει για να δείξει ότι η εφαρμογή διεκπεραιώνει κάποια εσωτερική λειτουργία, για παράδειγμα την εκτέλεση κάποιας εντολής μετασχηματισμού, τον υπολογισμό ή την επανασχεδίαση του ιστογράμματος. Τέλος, οι επιλογές στο κύριο μενού ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται αυτόματα ανάλογα με το στάδιο επεξεργασίας και την τρέχουσα κατάσταση, έτσι ώστε να καθοδηγούν κάθε φορά το χρήστη σε μια έγκυρη ενέργεια, όπως για παράδειγμα η εκτέλεση μετασχηματισμών αφού έχει πρώτα επιλεγεί κάποια εικόνα προς επεξεργασία.



Εικόνα 1.2 – Παράθυρο ιστογράμματος και πλαίσιο καθορισμού μάσκας μετασχηματισμού

Η τυπική επεξεργασία κάποιας εικόνας περιλαμβάνει το άνοιγμα κάποιας διαθέσιμης εικόνας (File→Open) με προεπισκόπηση, την εκτέλεση μιας σειράς μετασχηματισμών στο ιστογράμμα ή στην ίδια την εικόνα, και τέλος την –προαιρετική– αποθήκευση της τελικής εικόνας (File→Save) και την έξοδο από την εφαρμογή (File→Exit).

1.2 Βασικές Λειτουργίες

Παρακάτω αναλύονται λεπτομερώς όλες οι διαθέσιμες εντολές που υπάρχουν στο κύριο μενού. Σε κάθε περίπτωση και ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση, μόνο μερικές από αυτές είναι διαθέσιμες στο χρήστη.

1.2.1 Μενού: "File"

Το μενού File περιλαμβάνει όλες τις βασικές λειτουργίες για το άνοιγμα, κλείσιμο και αποθήκευση αρχείων εικόνας, καθώς και επιλογή για έξοδο από το πρόγραμμα.

1.2.1.1 Μενου: “File → Open”

Εμφανίζει πλαίσιο διαλόγου για το άνοιγμα αρχείου εικόνας τύπου bitmap. Στο παράθυρο που εμφανίζεται ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αρχεία bitmap από οποιοδήποτε δίσκο και υποκατάλογο του συστήματος, ενώ στο δεξί τμήμα του παραθύρου υπάρχει πλαίσιο προεπισκόπησης (preview) του επιλεγμένου αρχείου εικόνας. Αν η ενέργεια δεν ακυρωθεί (cancel), το αρχείο που τελικά επιλέγεται γίνεται ενεργό και εμφανίζεται στο κύριο παράθυρο της εφαρμογής για περαιτέρω επεξεργασία.

Θα πρέπει να επισημανθεί ξανά ότι η εφαρμογή είναι σχεδιασμένη για επεξεργασία αρχείων bitmap με 8-bit κλίμακα απόχρωσης τόνων γκρι, ενώ το εσωτερικό format των αρχείων που αναγνωρίζονται επιτυχώς είναι τύπου OS/2, δηλαδή χωρίς καμία συμπίεση (για παράδειγμα τύπος RLE). Σε περίπτωση που το αρχείο που επιλέχθηκε δεν είναι 8-bit bitmap τύπου OS/2 η εφαρμογή εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα λάθους. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί πως η εφαρμογή δεν μπορεί να γνωρίζει αν η κλίμακα απόχρωσης που χρησιμοποιείται για κάποιο bitmap αντιστοιχεί σε ασπρόμαυρη ή έγχρωμη εικόνα. Έγχρωμα (8-bit) αρχεία διαβάζονται επιτυχώς, αλλά η εφαρμογή των αλγορίθμων επεξεργασίας σε αυτά είναι γενικά απρόβλεπτος ως προς τη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων.

1.2.1.2 Μενου: “File → Close”

Κλείνει το τρέχον αρχείο εικόνας και επιστρέφει στην αρχική κατάσταση, δηλαδή χωρίς κανένα ενεργό αρχείο. Αν το αρχικό bitmap έχει υποστεί οποιαδήποτε μεταβολή (επεξεργασία), εμφανίζεται μήνυμα επιβεβαίωσης για πιθανή αποθήκευση της τρέχουσας εικόνας πριν το κλείσιμο. Αν ο χρήστης επιλέξει αποθήκευση της εικόνας πριν το κλείσιμο, εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου “Save As”.

1.2.1.3 Μενου: “File → Save As”

Εμφανίζει πλαίσιο διαλόγου για την αποθήκευση της ενεργής εικόνας που υπάρχει στο κύριο παράθυρο της εφαρμογής. Ο χρήστης μπορεί να αποθηκεύσει την εικόνα ως αρχείο bitmap 8-bit κλίμακας απόχρωσης γκρι, σε format OS/2, δηλαδή ακριβώς η μορφή αρχείου εικόνας που αναγνωρίζει η εφαρμογή. Αν το όνομα του αρχείου που δίνεται προς αποθήκευση υπάρχει ήδη στο δίσκο, εμφανίζεται μήνυμα επιβεβαίωσης για την αντικατάστασή του με την τρέχουσα εικόνα.

1.2.1.4 Μενου: “File → Exit”

Κλείνει το τρέχον αρχείο εικόνας και τερματίζει την εφαρμογή. Αν το αρχικό bitmap έχει υποστεί οποιαδήποτε μεταβολή (επεξεργασία), εμφανίζεται μήνυμα επιβεβαίωσης για πιθανή αποθήκευση της τρέχουσας εικόνας πριν το κλείσιμο. Αν ο χρήστης επιλέξει αποθήκευση της εικόνας πριν το κλείσιμο, εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου “Save As”.

1.2.2 Μενου: “Histogram”

Το μενού Histogram περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με το ιστογράμμο, τόσο ως προς την εμφάνιση του παραθύρου όπου παρουσιάζεται και ως προς τον τρόπο ενημέρωσής του, όσο και σχετικά με αλγορίθμους επεξεργασίας του ιστογράμματος μιας εικόνας.

1.2.2.1 Μενου: “Histogram → Relative”

Επιλέγει αν η εμφάνιση του ιστογράμματος γίνεται με βάση την απόλυτη τιμή των pixels ανά τόνο του γκρι ή σε σχέση με την μέγιστη τιμή. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ιδιαίτερα σε εικόνες μεγάλου εύρους αποχρώσεων όπου οι περισσότερες τιμές του ιστογράμματος εμφανίζονται πολύ κοντά στον οριζόντιο άξονα, κάνοντας δύσκολο τον οπτικό διαχωρισμό τους στο χρήστη. Η επιλογή εμφανίζεται ως checked/unchecked και η αλλαγή της προκαλεί άμεση ενημέρωση στο παράθυρο του ιστογράμματος. Η εξ’ ορισμού επιλογή είναι checked, δηλαδή αναλογική εμφάνιση του ιστογράμματος.

1.2.2.2 Μενου: “Histogram → Automatic”

Στην περίπτωση που ο χρήστης δεν επιθυμεί τον αυτόματο υπολογισμό και ενημέρωση του ιστογράμματος κάθε φορά που εκτελείται κάποιος μετασχηματισμός ή αλλαγή στην ενεργή εικόνα, μπορεί να απενεργοποιήσει αυτή την επιλογή. Η επιλογή εμφανίζεται ως checked/unchecked και κατά

την απενεργοποίησή της (unchecked) ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί την επιλογή "Update" για να ενημερώνει κατά βούληση το ιστόγραμμα. Η εξ' ορισμού επιλογή είναι checked, δηλαδή αυτόματη ενημέρωση του ιστογράμματος.

1.2.2.3 Μενου: "Histogram → Show"

Εμφανίζει το παράθυρο του ιστογράμματος. Το παράθυρο εμφανίζεται επάνω από τα υπόλοιπα παράθυρα ώστε να είναι πάντα ορατό, τα όρια και οι παράμετροι παρουσίασης είναι αυτά που έχουν επιλεγεί ήδη, αν δηλαδή το ιστόγραμμα εμφανίζεται απόλυτα ή αναλογικά, αν ενημερώνεται αυτόματα, κτλ.

Ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει το μέγεθος και την κατάσταση (minimized, normal, maximized) του παραθύρου του ιστογράμματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του.

1.2.2.4 Μενου: "Histogram → Hide"

Κρύβει το παράθυρο του ιστογράμματος. Αν και το παράθυρο δεν είναι πλέον ορατό, διατηρούνται όλες οι προεπιλογές του χρήστη σχετικά με την εμφάνισή του (μέγεθος, θέση, απόλυτο/αναλογικό, κτλ.). Επίσης, αν η επιλογή "Automatic" είναι ενεργοποιημένη, κάθε μετασχηματισμός ή αλλαγή στην ενεργή εικόνα προκαλεί ενημέρωση των τιμών του ιστογράμματος κανονικά.

1.2.2.5 Μενου: "Histogram → Update"

Στην περίπτωση που η επιλογή "Automatic" είναι απενεργοποιημένη, η επιλογή "Update" δίνει τη δυνατότητα της άμεσης ενημέρωσης του ιστογράμματος κατά βούληση από το χρήστη.

1.2.2.6 Μενου: "Histogram → Equalize"

Εκτελεί το μετασχηματισμό εξισορρόπησης ιστογράμματος (histogram equalization) με την τεχνική CDF (Cumulative Distribution Function). Η τεχνική επιτυγχάνει τη βελτίωση της αντίθεσης (contrast) στην εικόνα με προσαρμογή της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής του ιστογράμματος (CDF) της στην αντίστοιχη του εξισορροπημένου ιστογράμματος,

$$CDF[k] = \sum_{c=0}^k histogram[c]$$

$$f_{new}(x, y) = \left\lfloor \frac{CDF[f(x, y)]}{N_{xy}} + 0.5 \right\rfloor - 1$$

1.2.2.7 Μενου: "Histogram → Normalize"

Εκτελεί το μετασχηματισμό κανονικοποίησης ιστογράμματος (histogram normalization). Η τεχνική επιτυγχάνει τη βελτίωση της αντίθεσης (contrast) στην εικόνα με αναλογική κατανομή των αποχρώσεων που χρησιμοποιούνται στην αρχική εικόνα σε όλο το φάσμα της διαθέσιμης κλίμακας του γκρι, προσαρμόζοντας κατάλληλα τις ακραίες τιμές απόχρωσης των pixels (ελάχιστο, μέγιστο) στα όρια της κλίμακας του γκρι.

$$f_{new}(x, y) = \left\lfloor C_{max} \cdot \frac{f(x, y) - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} \right\rfloor$$

1.2.3 Μενου: "Threshold"

Το μενού "Threshold" περιλαμβάνει επιλογές μετασχηματισμών κατωφλίωσης για τη μετατροπή της αρχικής εικόνας με αποχρώσεις κλίμακας γκρι σε μονόχρωμη ασπρόμαυρη εικόνα δύο αποχρώσεων.

1.2.3.1 Μενου: “Threshold → Manual”

Εκτελεί μετασχηματισμό κατωφλίωσης των αποχρώσεων της εικόνας, με βάση ένα όριο κατωφλίου που δίνει ο χρήστης. Οι διαθέσιμες επιλογές κατωφλίου είναι όλο το φάσμα της διαθέσιμης κλίμακας γκρι και η τιμή δίνεται από το χρήστη σε κατάλληλο πλαίσιο διαλόγου (input box).

$$f_{new}(x, y) = \begin{cases} C_{\min} & , f(x, y) < T \\ C_{\max} & , f(x, y) \geq T \end{cases}$$

1.2.3.2 Μενου: “Threshold → Optimal”

Εκτελεί μετασχηματισμό κατωφλίωσης των αποχρώσεων της εικόνας, χρησιμοποιώντας αλγόριθμο αυτόματου υπολογισμού βέλτιστου κατωφλίου για ελαχιστοποίηση της παραμόρφωσης της εικόνας (απώλεια πληροφορίας). Ο αλγόριθμος προσαρμόζει μια διπλή Gaussian καμπύλη στο ιστογράμμο για κάθε δυνατή επιλογή διαχωρισμού του ιστογράμματος και επιλέγει το διαμερισμό που δίνει την καλύτερη προσαρμογή (ελάχιστο σφάλμα) στο αρχικό ιστογράμμο. Ο χρήστης πληροφορείται με κατάλληλο πλαίσιο διαλόγου για την τιμή του βέλτιστου κατωφλίου που επιλέχθηκε πριν εφαρμοστεί η τελική κατωφλίωση στην εικόνα.

$$T = T_{opt} : \min_T \left\{ histogram - \left(\frac{P_1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{|x-\mu_1|^2}{2\sigma_1^2}} + \frac{P_2}{\sigma_2 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{|x-\mu_2|^2}{2\sigma_2^2}} \right) \right\}$$

$$f_{new}(x, y) = \begin{cases} C_{\min} & , f(x, y) < T_{opt} \\ C_{\max} & , f(x, y) \geq T_{opt} \end{cases}$$

1.2.4 Μενου: “Edges ”

Το μενού “Edges” περιλαμβάνει επιλογές μετασχηματισμών ανάδειξης ακμών στην εικόνα, χρησιμοποιώντας τεχνικές διαφώρισης και κατάλληλες μάσκες συνέλιξης.

1.2.4.1 Μενου: “Edges → Standard”

Εκτελεί μετασχηματισμό ανάδειξης ακμών στην εικόνα, χρησιμοποιώντας την τυπική συνάρτηση διαφώρισης:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

Η συνάρτηση διαφώρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς που έχει υπολογιστεί προηγουμένα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας.

1.2.4.2 Μενου: “Edges → Robert”

Εκτελεί μετασχηματισμό ανάδειξης ακμών στην εικόνα, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση διαφώρισης Robert:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) - f(x+1, y+1)| + |f(x+1, y) - f(x, y+1)|$$

Η συνάρτηση διαφώρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς που έχει υπολογιστεί προηγουμένα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας.

1.2.4.3 Μενου: “Edges → Sobel”

Εκτελεί μετασχηματισμό ανάδειξης ακμών στην εικόνα, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση διαφώρισης Sobel:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) * Sx| + |f(x, y) * Sy|$$

$$Sx = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad Sy = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Η συνάρτηση διαφόρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς που έχει υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας.

1.2.4.4 Μενου: "Edges → Generic"

Εκτελεί μετασχηματισμό ανάδειξης ακμών στην εικόνα, χρησιμοποιώντας μια γενικευμένη μάσκα διαφόρισης που περιλαμβάνει 3x3 συντελεστές τοπικής γειτονιάς, κοινό συντελεστή υποδιαίρεσης (mask divider) και συντελεστή κλίσης (mask bias):

$$G[f(x, y)] = f(x, y) * M$$

$$M = div^{-1} \cdot \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} + bias$$

Η γενικευμένη μάσκα διαφόρισης προσφέρει τη δυνατότητα εφαρμογής οποιασδήποτε μορφής ανίχνευση ακμών, δίνοντας κατάλληλες τιμές στους συντελεστές της μάσκας. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάδειξη σημείων ή ανάδειξη ακμών σε συγκεκριμένη διεύθυνση. Η συνάρτηση διαφόρισης δεν περιλαμβάνει απόλυτες τιμές και η προσαρμογή στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που έχουν υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας.

Οι τιμές της πιο πρόσφατης μάσκας αποθηκεύονται αυτόματα για διευκόλυνση του χρήστη, ενώ σε περίπτωση μηδενικού συντελεστή υποδιαίρεσης χρησιμοποιείται η μονάδα. Ενδεικτικά παραδείγματα μασκών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όξυνση της εικόνας είναι τα παρακάτω:

$$VerticalLines = (1)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} + 0$$

$$SinglePxy = (1)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} + 0$$

1.2.5 Μενου: "Sharpening"

Το μενού "Sharpening" περιλαμβάνει επιλογές μετασχηματισμών όξυνσης (sharpening) της εικόνας, χρησιμοποιώντας τεχνικές διαφόρισης και κατάλληλες μάσκες συνέλιξης.

1.2.5.1 Μενου: "Sharpening → Standard"

Εκτελεί μετασχηματισμό όξυνσης της εικόνας, χρησιμοποιώντας την τυπική συνάρτηση διαφόρισης:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

$$g(x, y) = \begin{cases} G[f(x, y)] & , \text{ αν } G[f(x, y)] > T \\ f(x, y) & , \text{ αν } G[f(x, y)] \leq T \end{cases}$$

Η συνάρτηση διαφόρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς (G_{\max}) που έχει υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας. Η τιμή κατωφλίου (T) για επιλογή αντικατάστασης ρίξει με την αρχική τιμή ή με την τιμή της διαφοράς δίνεται από το χρήστη με κατάλληλο πλαίσιο διαλόγου προτού ξεκινήσει η διαδικασία όξυνσης της εικόνας.

1.2.5.2 Μενου: “Sharpening → Robert”

Εκτελεί μετασχηματισμό όξυνσης της εικόνας, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση διαφόρισης Robert:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) - f(x + 1, y + 1)| + |f(x + 1, y) - f(x, y + 1)|$$

$$g(x, y) = \begin{cases} G[f(x, y)] & , \text{ αν } G[f(x, y)] > T \\ f(x, y) & , \text{ αν } G[f(x, y)] \leq T \end{cases}$$

Η συνάρτηση διαφόρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς (G_{\max}) που έχει υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας. Η τιμή κατωφλίου (T) για επιλογή αντικατάστασης ρίξει με την αρχική τιμή ή με την τιμή της διαφοράς δίνεται από το χρήστη με κατάλληλο πλαίσιο διαλόγου προτού ξεκινήσει η διαδικασία όξυνσης της εικόνας.

1.2.5.3 Μενου: “Sharpening → Sobel”

Εκτελεί μετασχηματισμό όξυνσης της εικόνας, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση διαφόρισης Sobel:

$$G[f(x, y)] = |f(x, y) * S_x| + |f(x, y) * S_y|$$

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad S_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g(x, y) = \begin{cases} G[f(x, y)] & , \text{ αν } G[f(x, y)] > T \\ f(x, y) & , \text{ αν } G[f(x, y)] \leq T \end{cases}$$

Η συνάρτηση διαφόρισης περιλαμβάνει απόλυτες τιμές των διαφορών και η προσαρμογή τους στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη τιμή διαφοράς (G_{\max}) που έχει υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας. Η τιμή κατωφλίου (T) για επιλογή αντικατάστασης ρίξει με την αρχική τιμή ή με την τιμή της διαφοράς δίνεται από το χρήστη με κατάλληλο πλαίσιο διαλόγου προτού ξεκινήσει η διαδικασία όξυνσης της εικόνας.

1.2.5.4 Μενου: “Sharpening → Generic”

Εκτελεί μετασχηματισμό όξυνσης της εικόνας, χρησιμοποιώντας μια γενικευμένη μάσκα διαφόρισης που περιλαμβάνει 3×3 συντελεστές τοπικής γειτονιάς, κοινό συντελεστή υποδιαίρεσης (mask divider) και συντελεστή κλίσης (mask bias):

$$G[f(x, y)] = f(x, y) * M$$

$$M = div^{-1} \bullet \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} + bias$$

$$g(x, y) = \begin{cases} G[f(x, y)] & , \text{ αν } G[f(x, y)] > T \\ f(x, y) & , \text{ αν } G[f(x, y)] \leq T \end{cases}$$

Η γενικευμένη μάσκα διαφόρισης προσφέρει τη δυνατότητα εφαρμογής οποιασδήποτε μορφής όξυνση, δίνοντας κατάλληλες τιμές στους συντελεστές της μάσκας. Η συνάρτηση διαφόρισης δεν περιλαμβάνει απόλυτες τιμές και η προσαρμογή στη διαθέσιμη κλίμακα απόχρωσης γκρι γίνεται με κανονικοποίηση ως προς τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή που έχουν υπολογιστεί προηγούμενα στο στάδιο της προεπεξεργασίας της εικόνας.

Οι τιμές της πιο πρόσφατης μάσκας αποθηκεύονται αυτόματα για διευκόλυνση του χρήστη, ενώ σε περίπτωση μηδενικού συντελεστή υποδιαίρεσης χρησιμοποιείται η μονάδα. Ενδεικτικά παραδείγματα μασκών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όξυνση της εικόνας είναι τα παρακάτω:

$$LaplacianMask1 = (1)^{-1} \bullet \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} + 0$$

$$LaplacianMask2 = (1)^{-1} \bullet \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} + 0$$

1.2.6 Μενου: “Help”

Το μενού “Help” περιλαμβάνει βοηθητικές πληροφορίες για την εφαρμογή.

1.2.6.1 Μενου: “Help → About”

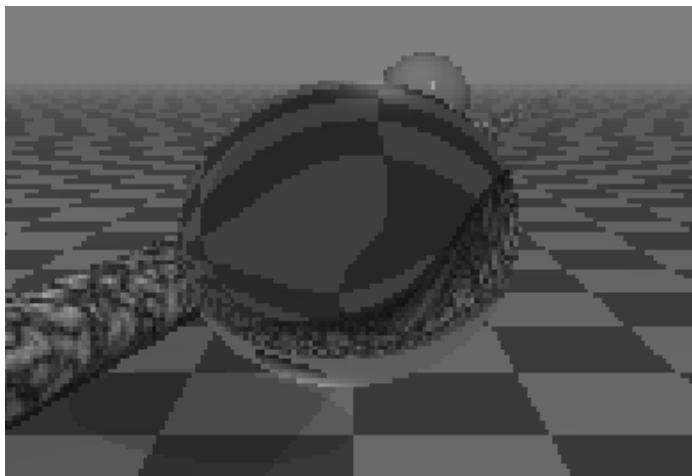
Παρουσιάζει ένα παράθυρο με πληροφορίες σχετικά με την έκδοση της εφαρμογής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

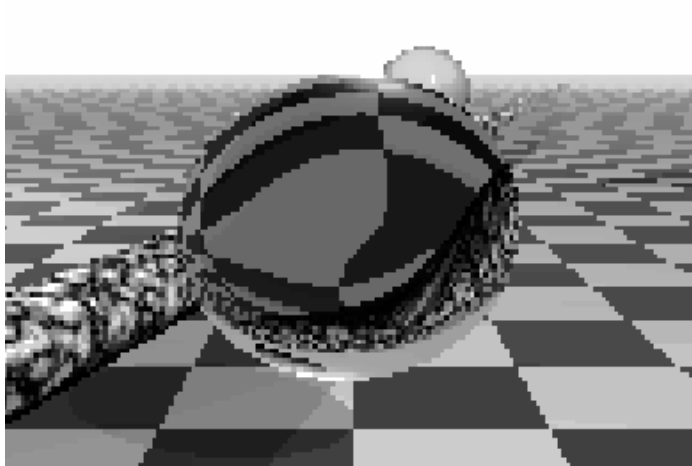
Παραδείγματα Επεξεργασίας

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα επεξεργασίας εικόνων χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

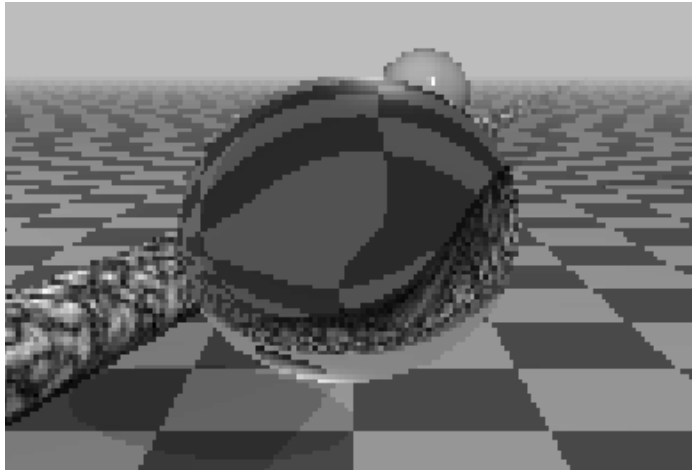
2.1 Ισοστάθμιση και κανονικοποίηση ιστογράμματος



Εικόνα 2.1.α - Αρχική εικόνα (SHPERE1.BMP)



Εικόνα 2.1.β - Εικόνα με ισοσταθμισμένο (equalized) ιστογράμμο



Εικόνα 2.1.γ - Εικόνα με κανονικοποιημένο (normalized) ιστόγραμμα

2.2 Κατωφλίωση εικόνας



Εικόνα 2.2.α - Αρχική εικόνα (STRANGE.BMP)



Εικόνα 2.2.β - Κατωφλίωση εικόνας με όριο $T=80$

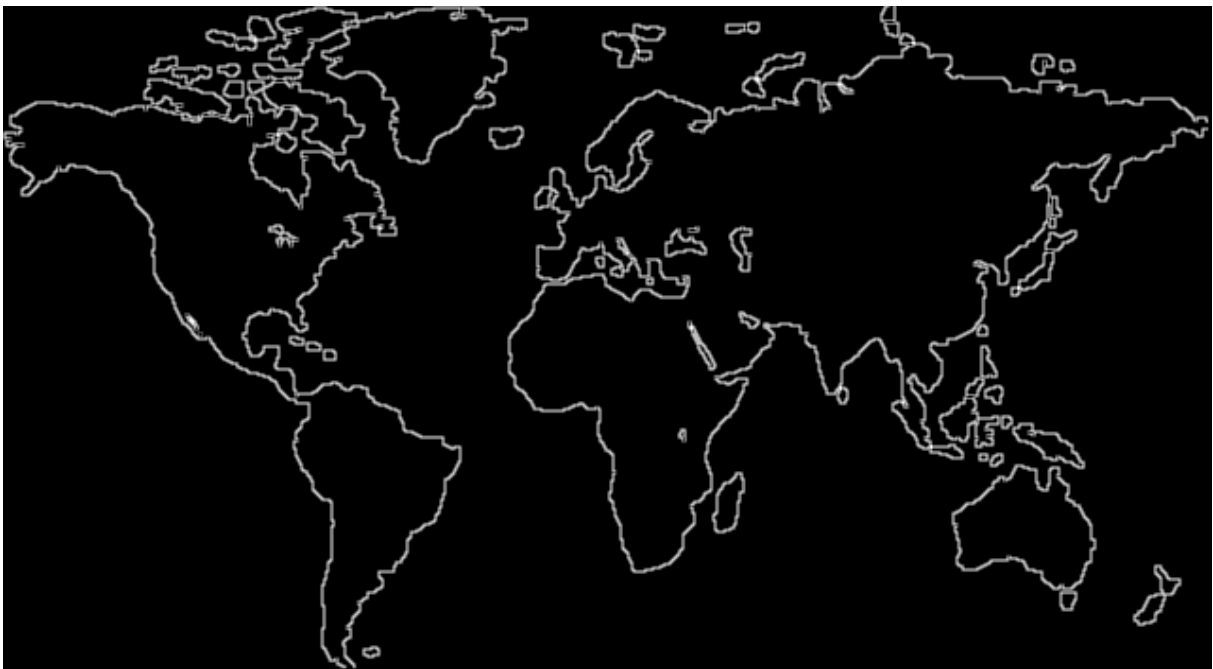


Εικόνα 2.2.γ - Βέλτιστη κατωφλίωση εικόνας με όριο $T=190$

2.3 Ανάδειξη ακμών



Εικόνα 2.3.α - Αρχική εικόνα (WORLD.BMP)



Εικόνα 2.3.β - Ανάδειξη ακμών με διαφύριση Sobel



Εικόνα 2.3.γ - Ανάδειξη ακμών με Laplacian μάσκα τύπου 2

2.4 Όξυνση εικόνας



Εικόνα 2.4.α - Αρχική εικόνα (WORLDNS.BMP)



Εικόνα 2.4.β - Όξυνση εικόνας με διαφόριση Sobel και κατώφλι $T=70$



Εικόνα 2.4.γ - Όξυνση εικόνας με Laplacian μάσκα τύπου 1 και κατώφλι $T=170$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Εγκατάσταση εφαρμογής

Το πακέτο της εφαρμογής περιλαμβάνει το εκτελέσιμο πρόγραμμα, μερικά δείγματα αρχείων εικόνων (8-bit grayscale bitmaps), καθώς και μερικά συνοδευτικά αρχεία. Το εκτελέσιμο πρόγραμμα είναι εντελώς αυτόνομο και δεν προϋποθέτει καμιά εξωτερική βιβλιοθήκη συστήματος (DLL), κατά συνέπεια μπορεί να μεταφερθεί και να λειτουργήσει κανονικά σε οποιοδήποτε σύστημα.

Το συμπιεσμένο αρχείο του πακέτου περιλαμβάνει ένα κατάλογο με το εκτελέσιμο πρόγραμμα, κατάλογο με τα αρχεία πηγαίου κώδικα και τα resources της εφαρμογής, καθώς και κατάλογο με επεξηγηματικά αρχεία και αρχεία περιγραφής της χρήσης του λογισμικού. Το συμπιεσμένο αρχείο μπορεί να αποσυμπιεστεί σε οποιοδήποτε κατάλογο του τοπικού συστήματος και στη συνέχεια να εκτελεστεί το πρόγραμμα της εφαρμογής.

Γνωστά σφάλματα εκτέλεσης

- 1) Κατά το κλείσιμο της τρέχουσας εικόνας ή τον τερματισμό της εφαρμογής, σε περίπτωση που η εικόνα έχει υποστεί κάποια μεταβολή η οποία δεν έχει αποθηκευτεί, η εφαρμογή εμφανίζει μια προτροπή για αποθήκευση της ενεργής εικόνας. Η προτροπή σκόπιμα δεν εμφανίζεται σε περίπτωση που ο χρήστης επιχειρεί το άνοιγμα μιας νέας εικόνας, αφ' ενός γιατί κάτι τέτοιο θεωρείται πως ακόμα κι αν δεν γίνει σκόπιμα μπορεί να αποτραπεί από το χρήστη εγκαίρως (cancel "Open" dialog), και αφ' ετέρου γιατί επειδή η εφαρμογή δεν υλοποιεί λειτουργία "Undo" για την επεξεργασία είναι πιθανό ο χρήστης να επιθυμεί τη γρήγορη ανάκτηση της ίδιας αρχικής εικόνας για την εφαρμογή κάποιου άλλου μετασχηματισμού.
- 2) Η επεξεργασία των εικόνων σε επίπεδο τοπικής γειτονιάς γίνεται κατά την εμπρόσθια φορά και μόνο, δηλαδή στη συνέλιξη εφαρμόζονται μονάχα αθροίσματα $(x+1, x+2)$ αντί αθροίσματα και διαφορές $(x+1, x-1)$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το αποτέλεσμα εφαρμογής μιας μάσκας να απεικονίζεται ξεκινώντας πάντα από την πάνω αριστερή γωνία, αφήνοντας το σύνολο της μη επεξεργασμένης περιοχής κάτω και δεξιά αντί μοιρασμένη ως πλαίσιο γύρω από την εικόνα. Προφανώς λόγω λάθους στις ρουτίνες επεξεργασίας εικόνων (bitmap components – "ScanLine" property) που προσφέρουν οι βιβλιοθήκες της γλώσσας Delphi, η χρησιμοποίηση διαφορών στους δείκτες θέσης των pixels προκαλεί μη αναστρέψιμο σφάλμα στην εκτέλεση του προγράμματος της εφαρμογής που οφείλεται στην μη ομαλή αναφορά και ενημέρωση των διαδοχικών γραμμών pixels του bitmap (προκαλεί τιμές εκτός ορίων – RangeCheckException).
- 3) Η τελική μεταγλώττιση του προγράμματος της εφαρμογής έγινε με συγκεκριμένες ρυθμίσεις βελτιστοποίησης του εκτελέσιμου κώδικα και κατά συνέπεια η τελική εφαρμογή υπόκειται σε συγκεκριμένους περιορισμούς περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επιλογή μη ενεργοποίησης ελέγχου για ασφαλή διαίρεση σε παλαιότερα μηχανήματα βασισμένα σε επεξεργαστή iPentium, τα οποία παρουσίασαν ορισμένα προβλήματα ακρίβειας στη μονάδα κινητής υποδιαστολής (FPU: "FDIV").

Βιβλιογραφία

Παρακάτω αναφέρονται οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για την τεκμηρίωση των αλγορίθμων των μετασχηματισμών, όσο και για την ανάπτυξη της ίδιας της εφαρμογής.

- [1] “Σημειώσεις για Επεξεργασία Εικόνας” - Χρ. Μεταξάκη-Κοσιονίδου
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής (MSc), 1999
- [2] “Digital Image Processing” - Gonzalez R. E. Woods
Addison Wesley, 1992
- [3] “Fundamentals of Digital Image Processing” - A. K. Jain
Prentice Hall NJ, 1989
- [4] “Σημειώσεις Τεχνητής Όρασης” – Εμμ. Σαγκριώτης
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής (MSc), 1999
- [5] “Bit-Mapped Graphics” – Steve Rimmer
Windcrest/McGraw-Hill, 1990
- [6] “Borland Delphi 4 – Quick Reference” – Inprise Corporation
Inprise Corporation Press, 1995
- [7] “Borland Delphi 4 – Object Pascal Language Guide” – Inprise Corporation
Inprise Corporation Press, 1995
- [8] “Borland Delphi 4 – Developer’s Guide” – Inprise Corporation
Inprise Corporation Press, 1995
- [9] Inprise Corporation – Web site
Borland Products – Bug Report
<http://www.inprise.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πηγαίος κώδικας της εφαρμογής

Παρακάτω παρουσιάζεται το σύνολο του κώδικα που υλοποιεί το λογισμικό της εφαρμογής. Επειδή το πρόγραμμα αναπτύχθηκε εξ' ολοκλήρου σε γλώσσα Borland Delphi v4.0, η οποία βασίζεται σε visual εργαλεία προγραμματισμού, πολλά από τα αντικείμενα και ιδιότητες αυτών δεν εμφανίζονται στον αναλυτικό κώδικα μια και αποθηκεύονται σε ειδικά αρχεία διαμόρφωσης περιβάλλοντος. Ο κώδικας που ακολουθεί αναφέρεται σε αρχεία πηγαίου κώδικα Pascal.