

# Μία περίπτωση αλγόριθμου τμηματοποίησης εικόνας

Τεχνική Αναφορά

Κωνσταντίνος Μαυρογιώργος  
Σχολή Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών  
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων  
Πανεπιστήμιο Πειραιώς  
Πειραιάς, Ελλάδα  
[kostismvg@gmail.com](mailto:kostismvg@gmail.com)

## Περίληψη

Η παρούσα τεχνική αναφορά περιλαμβάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την δημιουργία και εφαρμογή ενός απλού αλγόριθμου τμηματοποίησης (segmentation) σε ένα δοθέν σύνολο δερματολογικών εικόνων με χρήση της γλώσσας Java σε συνδυασμό με το πακέτο Fiji, στα πλαίσια του μαθήματος ‘Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνων’ του 5<sup>ου</sup> εξαμήνου του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων. Αν παρατηρήσουμε το σύνολο των εικόνων διαπιστώνουμε ότι αυτές έχουν ληφθεί με τον ίδιο τρόπο (πχ ίδιος φωτισμός), κάτι το οποίο μας διευκολύνει στο να εφαρμόσουμε μία επαναληπτική διαδικασία τμηματοποίησης για όλες τις εικόνες αυτού του τύπου.

## 1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων για την αυτοματοποιημένη διάγνωση από ιατρικές εικόνες αποτελεί ένα πεδίο έντονης επιστημονικής έρευνας τα τελευταία χρόνια. Οι ψηφιακές ιατρικές εικόνες συναντώνται στην συντριπτική πλειοψηφία των διαγνωστικών εργαστηρίων, επιτρέποντας την ευέλικτη διαχείριση τους από υπολογιστικά συστήματα. Ειδικότερα, η ψηφιακή επεξεργασία ιατρικών εικόνων περιλαμβάνει την εφαρμογή τεχνικών εξαγωγής των χαρακτηριστικών περιγραφής των ανθρώπινων ιστών με τρόπο ακριβή και αξιόπιστο (πχ. κατάτμηση). Η αναλυτική περιγραφή των δερματολογικών εικόνων με τιμές συγκεκριμένων χαρακτηριστικών είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν από μεθόδους αναγνώρισης προτύπων με στόχο την αυτοματοποιημένη διάγνωση και την ενίσχυση του έργου των ιατρών. Η πρακτική εφαρμογή τέτοιων συστημάτων είναι αξιοσημείωτη, αφού διευκολύνει τον έγκαιρο και αξιόπιστο εντοπισμό των σημαντικών περιστατικών, και μπορεί να ενσωματωθεί τόσο σε τοπικά πληροφοριακά συστήματα διαγνωστικών κέντρων αλλά και σε ευρύτερα συστήματα τηλεϊατρικής. Έτσι λοιπόν, με αυτή την εργασία επιχειρείται μία πρώτη προσέγγιση στο τομέα της επεξεργασίας εικόνας με την ανάπτυξη και την εφαρμογή ενός αλγόριθμου τμηματοποίησης. Στόχος είναι όχι μόνο να αναγνωρίσουμε την περιοχή της δερματικής αλλοίωσης, αλλά και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που βρήκαμε με τη βάση αλήθειας, που επίσης έχει δοθεί, ούτως ώστε να αξιολογήσουμε την αξιοπιστία του αλγόριθμου.

Η παρούσα τεχνική αναφορά είναι οργανωμένη σε ενότητες όπως φαίνεται παρακάτω. Στην ενότητα 2 περιγράφεται το δοθέν σύνολο εικόνων. Στην ενότητα 3 περιγράφεται αναλυτικά το UI λειτουργία του κάθε button, όπως επίσης και τεκμηρίωση της κάθε μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε. Στην ενότητα 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ως output μετά από την εκτέλεση της εφαρμογής. Στην ενότητα 5 γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη βάση αλήθειας και αξιολόγηση του αλγόριθμου. Τέλος, στην ενότητα 6 καταγράφονται τα συμπεράσματα της διαδικασίας.

## Λέξεις Κλειδιά

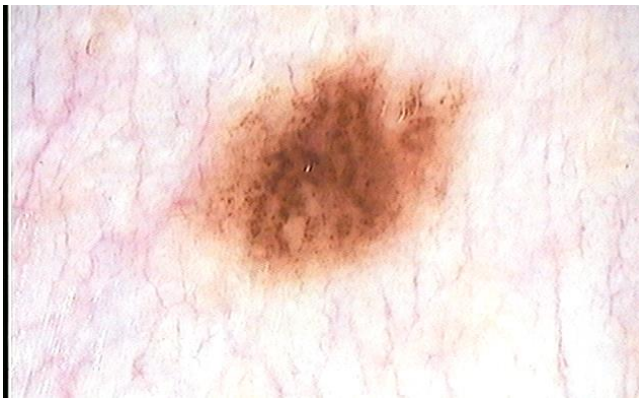
Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας, φίλτρο, κατωφλίωση, τμηματοποίηση, μετρήσεις, αλγόριθμος

## 2 Περιγραφή Συνόλου Εικόνων

Το σύνολο εικόνων περιλαμβάνει φωτογραφίες δερματικών αλλοιώσεων. Συνολικά, περιλαμβάνονται 19 εικόνες (20 για την ακρίβεια αλλά για μία από αυτές δεν έχουμε τη βάση αλήθειας γι’ αυτό δεν λήφθηκε υπόψη) οι οποίες είναι σε πρότυπο χρώματος RGB. Οι φωτογραφίες φαίνεται να έχουν ληφθεί με τον ίδιο τρόπο, λογικά με κάποιο δερματοσκόπιο, καθώς χαρακτηριστικά όπως ο φωτισμός, η γωνία λήψης είναι τα ίδια για καθεμία από αυτές. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια, η ύπαρξη ενός συγκεκριμένου τρόπου λήψης των φωτογραφιών διευκολύνει κατά πολύ ολόκληρη τη διαδικασία.

## 3 Ανάλυση Της Λειτουργίας Της Εφαρμογής

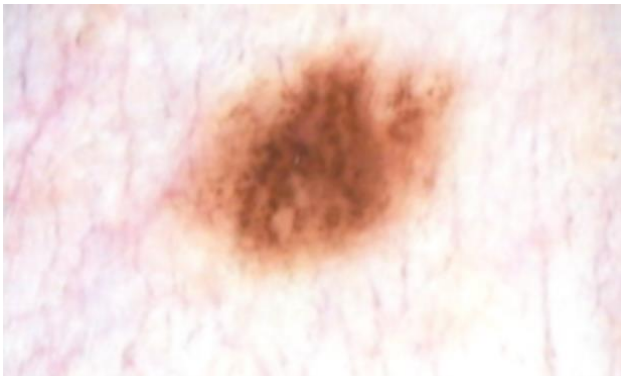
Το UI της εφαρμογής αποτελείται από 4 κουμπιά (buttons). Το πρώτο που εμφανίζεται είναι το ‘Open Image...’ με το οποίο μπορούμε να αναζητήσουμε την εικόνα που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Αφού επιλέξουμε αυτή που μας ενδιαφέρει εμφανίζονται και τα υπόλοιπα. Το δεύτερο κουμπί που πατάμε ονομάζεται ‘Preprocess’. Με αυτό γίνεται μία προεπεξεργασία στην εικόνα. Συγκεκριμένα γίνεται περικοπή της εικόνας και εφαρμόζεται κάποιο φίλτρο. Η περικοπή γίνεται καθώς παρατηρήθηκε ότι κάθε εικόνα έχει στο αριστερό της μέρος μία κάθετη μαύρη λωρίδα η οποία επηρεάζει την διαδικασία της τμηματοποίησης. Παρακάτω φαίνεται μία από της εικόνες πριν την αφαίρεση της λωρίδας αυτής.



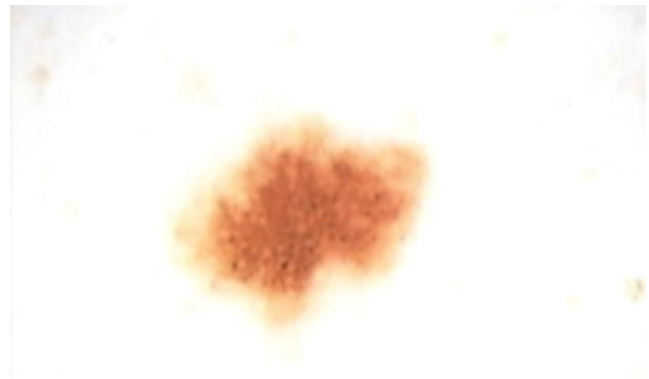
Ύστερα γίνεται το φιλτράρισμα της εικόνας. Να σημειωθεί ότι υπάρχουν πληθώρα φίλτρων που θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε. Ωστόσο, επιλέχθηκε το φίλτρο ‘Gaussian Blur’ με παράμετρο ‘sigma=2’ καθώς ύστερα από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν φάνηκε να έχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Επίσης είναι ένα φίλτρο που εφαρμόζεται ευρέως όταν θέλουμε να κάνουμε τμηματοποίηση μιας εικόνας. Το τρίτο κουμπί είναι το ‘Segmentation’. Πατώντας το γίνεται μία σειρά από διαδικασίες. Αρχικά η εικόνα μετατρέπεται σε μορφή ‘8-bit’ για να μπορέσουμε στη συνέχεια να κάνουμε κατωφλίωση. Το κατώφλι που επιλέγεται είναι το ‘Otsu’. Και σε αυτή την περίπτωση έγιναν δοκιμές και καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το συγκεκριμένο φαίνεται να είναι το καταλληλότερο. Αφού γίνεται η κατωφλίωση δημιουργείται αυτόματα ένα region of interest (ROI). Παρατηρούμε όμως ότι το ROI έχει επιλέξει την περιοχή εξωτερικά της δερματικής αλλοίωσης. Γι’ αυτό λοιπόν στη συνέχεια αντιστρέφεται το ROI. Έτσι πλέον, στο ROI υπάρχει μόνο η περιοχή που μας ενδιαφέρει της οποίας θα μετρήσουμε τα χαρακτηριστικά με τη χρήση του τέταρτου κουμπιού ‘Analyze Image’. Μάλιστα το ‘Analyze Image’ θα μετατρέψει την τελική εικόνα και σε μορφή ‘binary’ για να την συγκρίνουμε και οπτικά με την αντίστοιχη που έχουμε διαθέσιμη από τη βάση αλήθειας.

#### 4 Οι Εικόνες Που Προέκυψαν

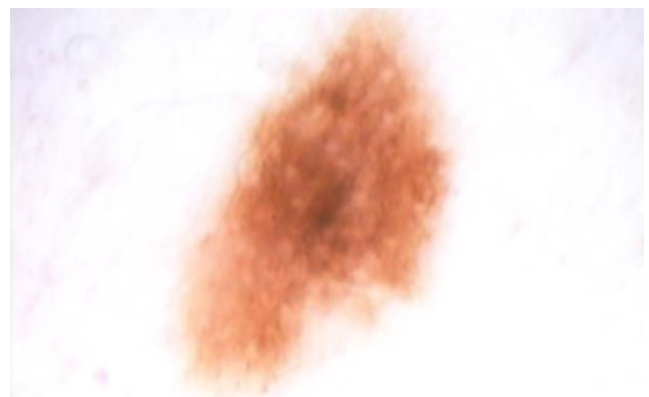
Αρχικά παρουσιάζονται οι εικόνες που προέκυψαν από την διαδικασία ‘Preprocess’.



Εικόνα 1.1



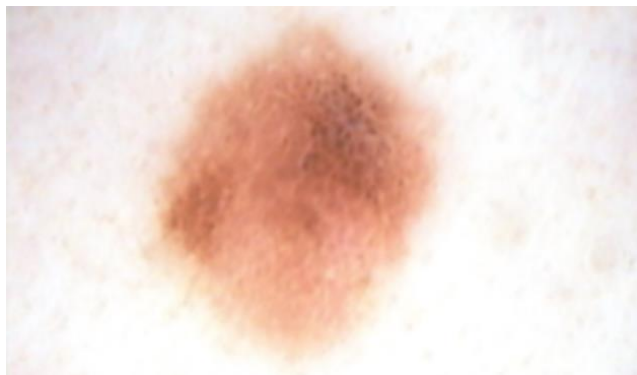
Εικόνα 1.2



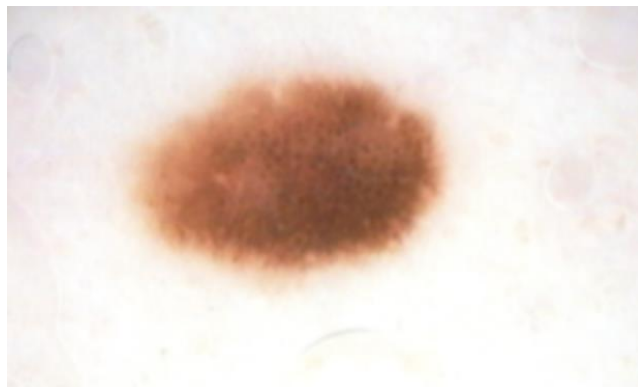
Εικόνα 1.3



Εικόνα 1.4



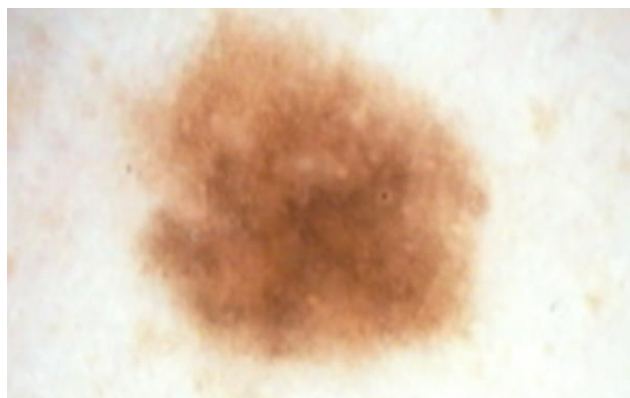
Εικόνα 1.5



Εικόνα 1.8



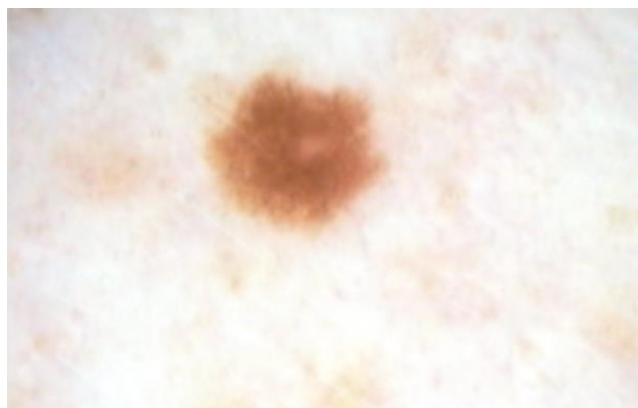
Εικόνα 1.6



Εικόνα 1.9



Εικόνα 1.7



Εικόνα 1.10



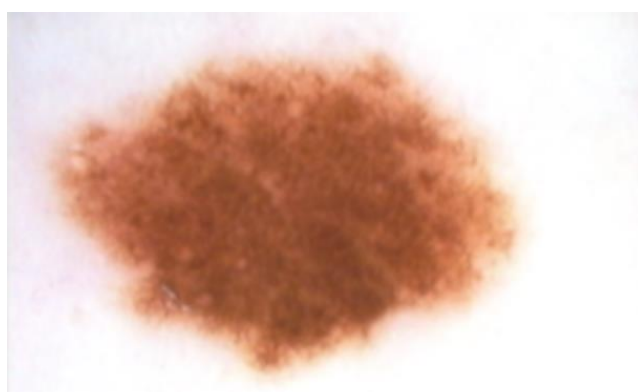
**Εικόνα 1.11**



**Εικόνα 1.14**



**Εικόνα 1.12**



**Εικόνα 1.15**



**Εικόνα 1.13**



**Εικόνα 1.16**





Εικόνα 1.17

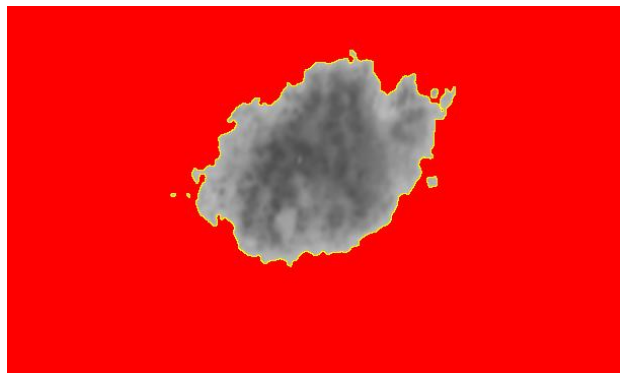


Εικόνα 1.18

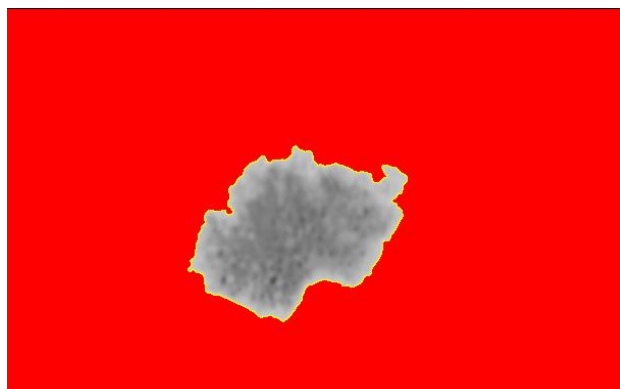


Εικόνα 1.19

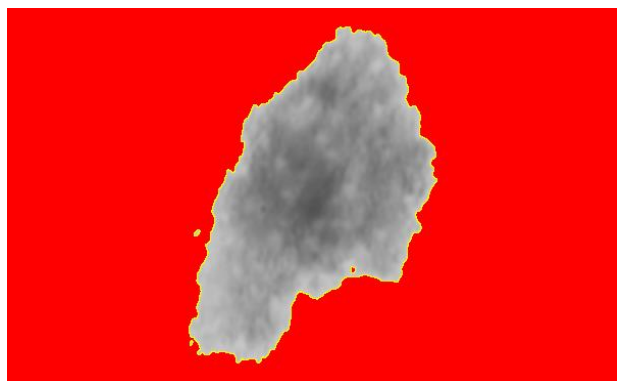
Στη συνέχεια παρατίθενται οι εικόνες που προέκυψαν από την διαδικασία 'Segmentation'.



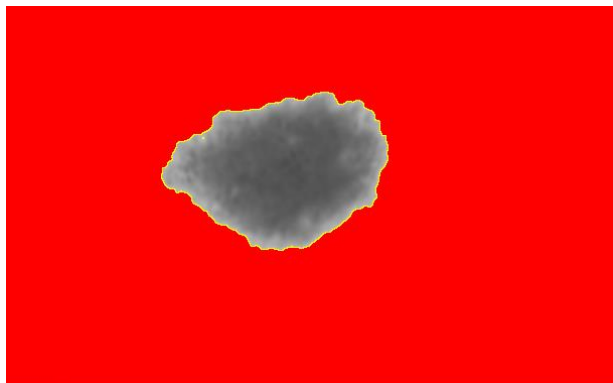
Εικόνα 2.1



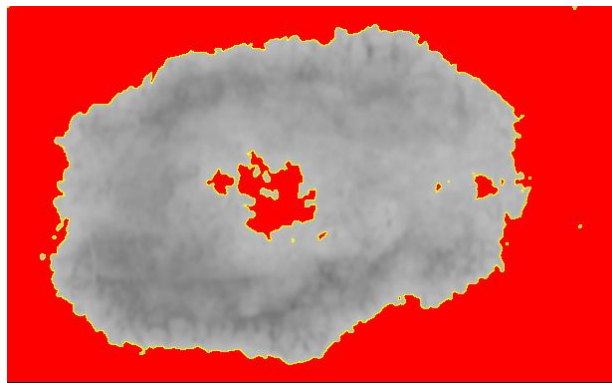
Εικόνα 2.2



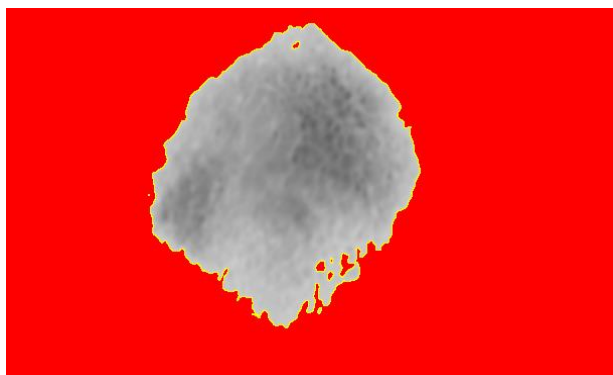
Εικόνα 2.3



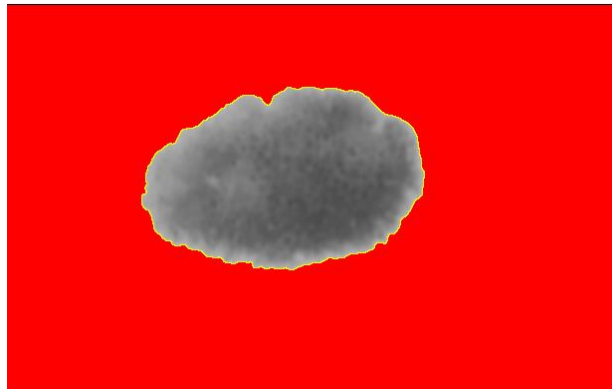
Εικόνα 2.4



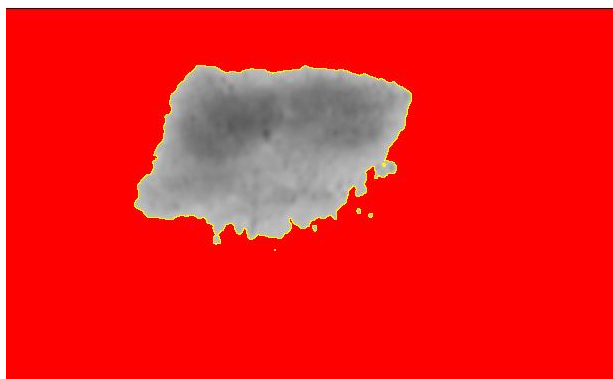
Εικόνα 2.7



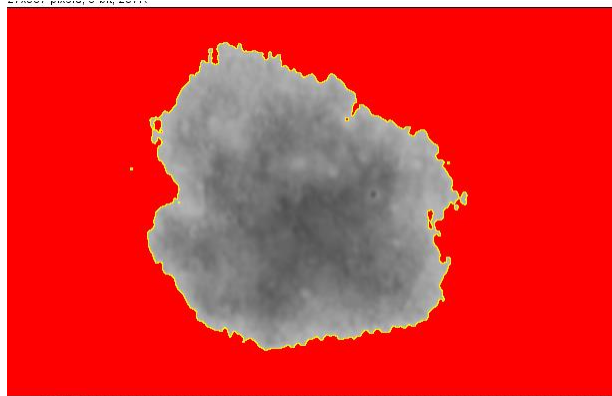
Εικόνα 2.5



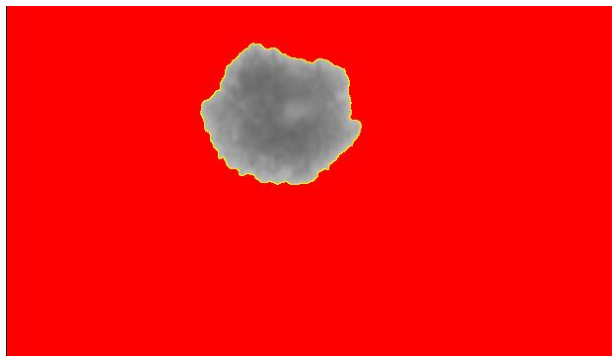
Εικόνα 2.8



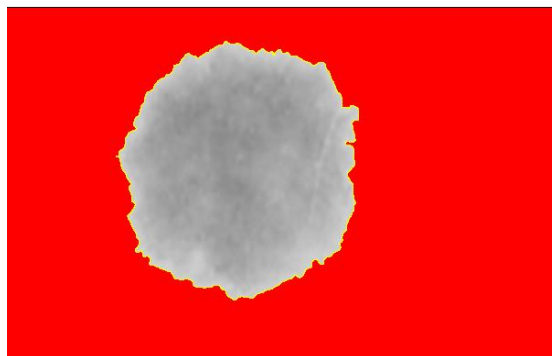
Εικόνα 2.6



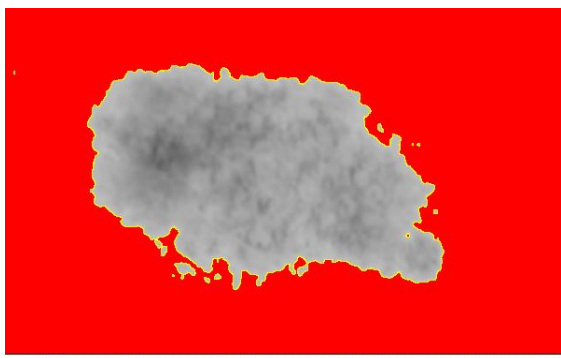
Εικόνα 2.9



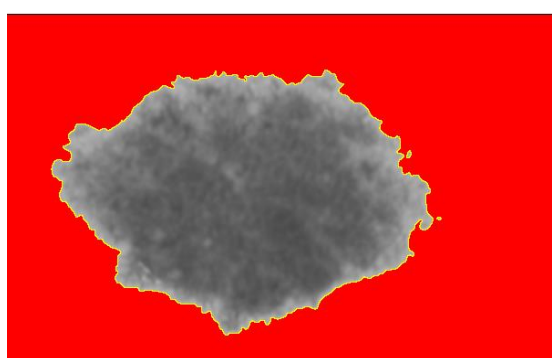
Εικόνα 2.10



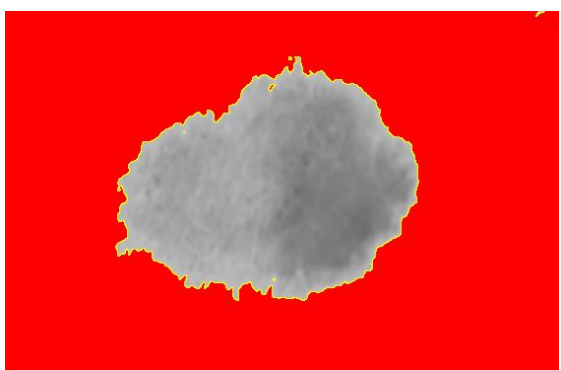
Εικόνα 2.14



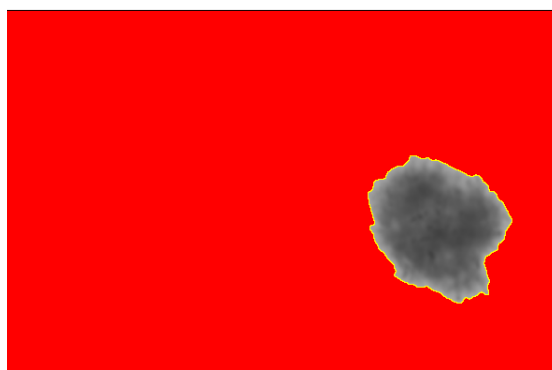
Εικόνα 2.11



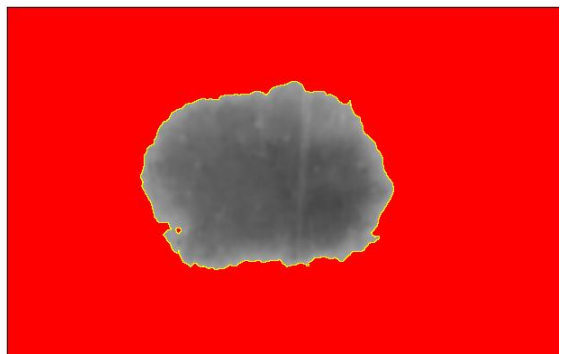
Εικόνα 2.15



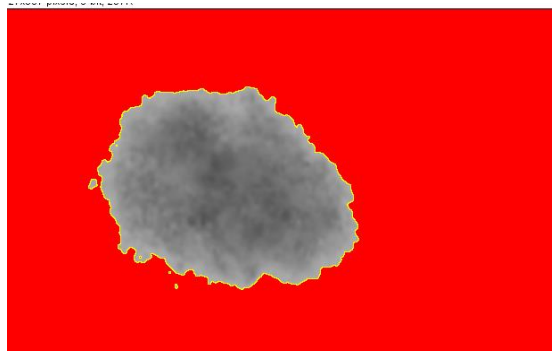
Εικόνα 2.12



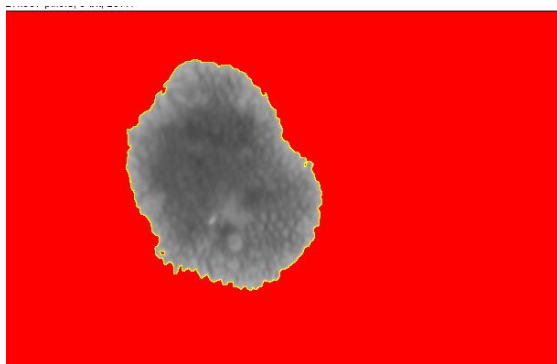
Εικόνα 2.16



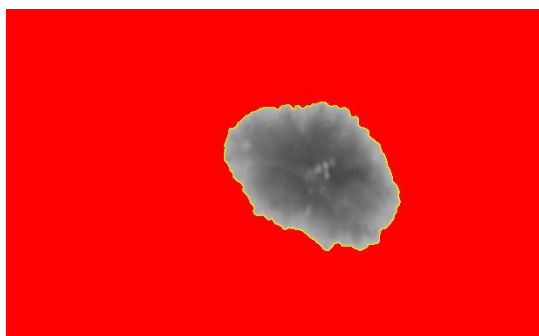
Εικόνα 2.13



Εικόνα 2.17



Εικόνα 2.18



Εικόνα 2.19

Τέλος, παρακάτω φαίνονται οι εικόνες που προέκυψαν σε μορφή 'binary' ενώ στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας με τις μετρήσεις.



Εικόνα 3.1



Εικόνα 3.2



Εικόνα 3.3



Εικόνα 3.4



Εικόνα 3.5



Εικόνα 3.6





Εικόνα 3.7



Εικόνα 3.11



Εικόνα 3.8



Εικόνα 3.12



Εικόνα 3.9



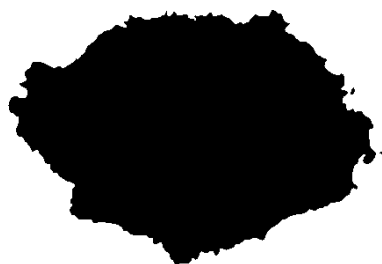
Εικόνα 3.13



Εικόνα 3.10



Εικόνα 3.14



Εικόνα 3.15



Εικόνα 3.19



Εικόνα 3.16



Εικόνα 3.17



Εικόνα 3.18

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται για το ROI, που έχει βρεθεί για κάθε εικόνα, τα χαρακτηριστικά: 'Area', 'Mean', 'Minimum Pixel Value', 'Maximum Pixel Value', 'Perimeter', 'Median', 'Skewness' & 'Kurtosis'.

	Area	Mean	Min	Max	Perim.	Median	Skew	Kurt
1	32711	134.996	77	186	1093.082	134	0.059	-1.234
2	22608	153.614	85	202	739.678	148	0.352	-1.13
3	46666	152.881	82	200	1103.183	153	-0.134	-0.768
4	24059	118.984	76	185	660.725	110	0.613	-0.901
5	51938	164.339	99	203	1524.185	165	-0.241	-0.9
6	34727	150.852	87	192	1008.472	154	-0.238	-1.002
7	117500	164.499	115	189	2701.132	166	-0.406	-0.686
8	39233	120.479	74	181	820.021	115	0.527	-0.727
9	67890	136.983	80	183	1499.624	136	-0.028	-1.061
10	16707	142.193	102	189	643.169	139	0.387	-0.982
11	64539	162.783	97	191	1869.104	164	-0.574	0.301
12	52411	157.32	107	189	1801.991	162	-0.352	-0.995
13	44249	112.248	71	163	924.874	107	0.495	-0.907
14	55624	171.681	137	209	1159.869	168	0.437	-0.852
15	80374	115.535	74	179	1428.629	106	0.797	-0.569
16	16388	108.987	65	169	541.127	100	0.615	-0.903
17	48264	131.163	83	173	1068.84	128	0.24	-0.946
18	37507	120.446	72	177	883.36	118	0.335	-0.956
19	24226	126.104	72	181	653.838	122	0.209	-1.194

Πίνακας 1: Πληροφορίες για το ROI

## 5 Αξιολόγηση Αλγόριθμου

Για να πραγματοποιήσουμε την διαδικασία της αξιολόγησης θα συγκρίνουμε το εμβαδόν του ROI που υπολόγισε ο αλγόριθμος με αυτό της βάσης αλήθειας. Θα χρησιμοποιήσουμε δηλαδή τις τιμές της στήλης 'Area' από τον παραπάνω πίνακα, που προέκυψαν από την εκτέλεση του προγράμματος, και τις αντίστοιχες τιμές για την βάση αλήθειας που βρήκαμε χρησιμοποιώντας το Fiji. Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας που περιέχει τα δύο αυτά εμβαδά.

Αριθμός εικόνας	Εμβαδόν που υπολόγισε ο αλγόριθμος	Εμβαδόν από την βάση αλήθειας
1	32711	36451
2	22608	26002
3	46666	46600
4	24059	27052
5	51938	47632
6	34727	35893
7	117500	81659
8	39233	40451
9	67890	62203
10	16707	18864
11	64539	57808
12	52411	49394
13	44249	45049
14	55624	51292
15	80374	74940
16	16388	19190
17	48264	45457
18	37507	37878
19	24226	28182

**Πίνακας 2: Οι τιμές για το πεδίο 'Area'**

Όταν πήγαμε να συγκρίνουμε τις δύο εικόνες παρατηρήσαμε ότι αν ευθυγραμμιστούν, δηλαδή αν τοποθετηθούν το ROI που υπολόγισε ο αλγόριθμος πάνω στην δερματική αλλοίωση που έχουμε από την βάση αλήθειας, το κοινό τους εμβαδό είναι πάντα το μικρότερο από τα δύο. Αυτό γίνεται διότι ο αλγόριθμος εντοπίζει αρκετά ικανοποιητικά την δερματική αλλοίωση και δεν κατατάσσει άλλα διάσπαρτα σημεία της εικόνας στο ROI ή ακόμα και αν το κάνει, αυτά είναι σχεδόν αμελητέα (της τάξεως των δεκάδων pixels). Ας συμβολίσουμε αυτό το εμβαδό ως K (κοινό). Στη συνέχεια, αυτό που ουσιαστικά καθορίζει την επιτυχία του αλγόριθμου είναι η διαφορά ανάμεσα στα δύο αυτά εμβαδά. Ας συμβολίσουμε αυτή τη τιμή ως Δ (διαφορά). Ορίζουμε λοιπόν έναν δείκτη ΔΚΣ ο οποίος μαθηματικά εκφράζεται ως το παρακάτω πηλίκο:

$$\Delta ΚΣ = \frac{K}{K + \Delta}$$

Όσο πιο μικρή είναι η διαφορά (δηλαδή το Δ) τόσο βελτιώνεται ο δείκτης. Αν μάλιστα το Δ πάρει την τιμή 0, το ΔΚΣ παίρνει την τιμή 1 το οποίο συνεπάγεται ότι έχουμε απόλυτη ταύτιση. Στην συγκεκριμένη εργασία θεωρούμε μία ικανοποιητική τιμή για το ΔΚΣ το 0.8 και οποιαδήποτε τιμή πάνω από αυτό το όριο είναι αποδεκτή. Να σημειωθεί ότι οι τιμές για το ΔΚΣ έχουν

στρογγυλοποιηθεί στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο. Έτσι λοιπόν, καταλήγουμε στα παρακάτω αποτελέσματα:

Αριθμός εικόνας	Τιμή ΔΚΣ	Αξιολόγηση τμηματοποίησης
1	0.89	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
2	0.86	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
3	0.99	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
4	0.88	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
5	0.91	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
6	0.96	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
7	0.69	ΜΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
8	0.96	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
9	0.91	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
10	0.88	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
11	0.89	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
12	0.94	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
13	0.98	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
14	0.92	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
15	0.93	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
16	0.85	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
17	0.94	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
18	0.99	ΑΠΟΔΕΚΤΗ
19	0.85	ΑΠΟΔΕΚΤΗ

**Πίνακας 3: Οι τιμές του ΔΚΣ**

Παρατηρούμε ότι ο αλγόριθμος με βάση το όριο που έχουμε θέσει (0.8) έχει ποσοστό επιτυχίας περίπου ίσο με 95%. Από τις 19 εικόνες που ανέλυσε, μόνο σε μία δεν κατάφερε να κάνει ικανοποιητική τμηματοποίηση (εικόνα 7). Γι' αυτό ίσως ευθύνεται η μορφολογία της δερματικής αλλοίωσης που απεικονίζεται στην εικόνα 7. Η αλλοίωση αυτή δεν είναι όπως οι υπόλοιπες. Καταλαμβάνει πολύ χώρο, αλλά τα μέρη από τα οποία αποτελείται δεν είναι συγκεντρωμένα σε ένα σημείο (όπως συμβαίνει με τις υπόλοιπες εικόνες) αλλά αντιθέτως, είναι διάσπαρτα σε ολόκληρη την επιδερμίδα. Επίσης, σε περιοχές που αναγνωρίζονται ως μέρος της αλλοίωσης υπάρχουν ενδιάμεσα, σημεία τα οποία δεν ανήκουν σε αυτή. Με άλλα λόγια, η αλλοίωση αυτή φαίνεται να είναι ανομοιομόρφη σε σχέση με τις υπόλοιπες και γι' αυτό ο ΔΚΣ είχε τη συγκεκριμένη τιμή.

## 6 Συμπεράσματα Διαδικασίας

Εν κατακλείδι, ο τομέας της Επεξεργασίας Εικόνας έχει όλο και μεγαλύτερη απήχηση τα τελευταία χρόνια καθώς η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιουργεί ολοένα και περισσότερες προκλήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν θέματα όπως η Υπολογιστική Όραση τα οποία είναι αρκετά πολύπλοκα αλλά μπορούν να επιλυθούν με τη χρήση τεχνικών που παρέχει η Επεξεργασία Εικόνας. Η τμηματοποίηση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα με τα οποία ασχολείται η Επεξεργασία Εικόνας και η οποία μάλιστα έχει άμεση εφαρμογή και στην Υπολογιστική Όραση. Σε αυτή την εργασία επιχειρήθηκε η ανάπτυξη ενός σχετικά απλού αλγόριθμου τμηματοποίησης δερματολογικών εικόνων με χρήση μεθόδων όπως τα φίλτρα και η καταφύλιση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε είναι αρκετά ικανοποιητικός. Φυσικά, η προσέγγιση που επιλέχθηκε δεν είναι η μοναδική. Μπορεί να υπάρχει κάποιο

φίλτρο ή μέθοδος καταφλίσωσης που να δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Ίσως κανείς να χρησιμοποιούσε κάποιον classifier από το Weka για να πραγματοποιήσει την όλη διαδικασία. Αυτό άλλωστε είναι ένα από τα γνωρίσματα της Επεξεργασίας Εικόνας. Για ένα πρόβλημα που είναι προς επίλυση δεν υπάρχει αποκλειστικά μία συγκεκριμένη προσέγγιση αλλά μία πληθώρα προσεγγίσεων.

### **Βιβλιογραφικές Πηγές**

- [1] Διαφάνειες μαθήματος Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων ακαδημαϊκού έτους 2019-2020.
- [2] Διαφάνειες εργαστηριακού μαθήματος Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας του Τμήματος Ψηφιακών Συστημάτων ακαδημαϊκού έτους 2019-2020 .
- [3] Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας, by R.C. Gonzalez & R.E. Woods