

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**



**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΗΜΠ 413**

**Διπλωματική Εργασία**

**Αυτοματοποιημένο σύστημα κατάτμησης και ανάλυσης εστιών σε εικόνες Μαγνητικής Τομογραφίας  
(MRI) από ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση**

**Κωνσταντίνα Ρουσιά**

**Ακαδημαϊκό έτος 2010-2011**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Χρίστος Λοίζου**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πολλαπλή σκλήρυνση (ΠΣ) που προσβάλλει τον εγκέφαλο είναι η πιο κοινή νευρολογική ασθένεια η οποία εμφανίζεται σε ηλικία 20 έως 40 ετών, κυρίως σε γυναίκες. Είναι ένα είδος ουλής που εμφανίζεται μέσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα η οποία μπορεί να επηρεάζει μόνιμα την κινητική και αισθητική λειτουργία ενός ατόμου. Η ΠΣ μπορεί να είναι θανατηφόρα, δεν θεραπεύεται ούτε γνωρίζουμε την κύρια αιτία της, αλλά υπάρχουν πολλές θεραπείες που καθυστερούν την εμφάνιση των συμπτωμάτων της. Αυτή η ασθένεια είναι συνήθως κληρονομική, διαφέρει από ασθενή σε ασθενή και μπορεί να διαγνωστεί συνήθως μέσω της μαγνητικής τομογραφίας. Μεγάλη είναι η σημασία της ανάλυση ιατρικής εικόνας με την βοήθεια πληροφορικών συστημάτων η οποία συμβάλλει στην εξαγωγή ιατρικών συμπερασμάτων και ιατρικής πληροφορίας.

Ως αφορμή το γεγονός αυτό καλούμαστε να διερευνήσουμε εις βάθος το θεωρητικό και ερευνητικό υπόβαθρο εμπλουτίζοντας τις γνώσεις μας γύρω από το αντικείμενο και να δημιουργήσουμε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ανίχνευσης των εστιών σε ασθενείς με ΠΣ από εικόνες μαγνητικής τομογραφίας (MT) εγκεφάλου. Αφού μελετήσουμε υφιστάμενους αλγορίθμους κατάτμησης και ανάλυσης υφής, θα υλοποιήσουμε ένα δικό μας ολοκληρωμένο σύστημα με τη χρήση του εργαλείου Matlab. Σκοπός του συστήματος είναι να εντοπίζει άμεσα τις εστίες ΠΣ με διαφορετικά είδη κατάτμησης, να ορίζει και να συγκρίνει την σοβαρότητα της κατάστασης του ασθενή, συγκρίνοντας εστίες που έχουν δημιουργηθεί σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα λήψης της MT, και να εξάγει αποτελέσματα τα οποία να βοηθούν στην έγκαιρη αντιμετώπιση του προβλήματος. Η ανάλυση υφής, η οποία αποδίδει διάφορα χαρακτηριστικά υφής επιτρέπει τον χαρακτηρισμό ασθενειών και ποσοτικοποίηση της κατανομής της νόσου [3].

Αφού γίνει η υλοποίηση του συστήματος, αυτό θα εφαρμοσθεί ε ένα δείγμα εικόνων που έχουν ληφθεί από ασθενείς στο Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής στη Λευκωσία. Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιήσουμε τις μαγνητικές τομογραφίες 10 ασθενών με ΠΣ που έχουν ληφθεί σε δύο διαδοχικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναμένεται να οδηγήσουν στη καλύτερη κατανόηση και αντιμετώπιση της νόσου. Επιπλέον το σύστημα θα προσφέρει ένα εργαλείο στον θεράποντα ιατρό να παρακολουθεί και να αξιολογεί την εξέλιξη της νόσου. Επίσης το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερες μελέτες σχετικά με το θέμα. Για την καλύτερη αξιολόγηση του συστήματος θα ζητηθεί η κλινική συμβολή δύο νευρολόγων από το Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής. Ως μελλοντική εργασία προτείνεται να εκπαιδευτεί ένα νευρωνικό δίκτυο με βάση τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών υφής και γεωμετρικών χαρακτηριστικών το οποίο θα βρίσκει αυτόματα χωρίς να εκτελείται κατάτμηση αν ο ασθενής πάσχει από ΠΣ και ποια η σοβαρότητα της νόσου.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η Διπλωματική Εργασία αυτή εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2010–2011 στη διάρκεια της φοίτησής μου στο τέταρτο έτος σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογιών Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της:

Τον Επιβλέπων Καθηγητή μου Δρ. Χρίστο Λοίζου για την καθοδήγησή του σε όλη την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για τις συμβουλές του που ήταν επιστημονικά πλήρεις.

Την διδακτορική φοιτήτρια του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογιών Πληροφορικής Έλενα Κακουλλή για την πολύτιμη βοήθεια της σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Η βοήθειά της ήταν σημαντική τόσο για την άμεση και αποτελεσματική υπέρβαση τεχνικών δυσκολιών όσο και για την ψυχολογική της στήριξη που ήταν πολύτιμη για μένα.

Και τέλος το Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής στη Λευκωσία από το οποίο μου δόθηκαν εικόνες μαγνητικής τομογραφίας των τομών του εγκεφάλου 10 ασθενών καθώς και χειροκίνητες κατατμήσεις ιστών της ΠΣ.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 4.2.1 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.2 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.3 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 2
- Πίνακας 4.2.4 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 2
- Πίνακας 4.2.5 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.6 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.7 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 2
- Πίνακας 4.2.8 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 2
- Πίνακας 4.2.9 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.10 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1
- Πίνακας 4.2.11- Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2
- Πίνακας 4.2.12 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2
- Πίνακας 4.3.1 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake εξέτασης 1
- Πίνακας 4.3.2 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake εξέτασης 2
- Πίνακας 4.3.3 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1
- Πίνακας 4.3.4 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2
- Πίνακας 4.3.5 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1
- Πίνακας 4.3.6 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2
- Πίνακας 4.4.1.1 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1
- Πίνακας 4.4.1.2 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1
- Πίνακας 4.4.1.3 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 2
- Πίνακας 4.4.1.4 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 2
- Πίνακας 4.4.1.5 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1
- Πίνακας 4.4.1.6 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

Πίνακας 4.4.1.7 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.1.8 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.1.9 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

Πίνακας 4.4.1.10 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.1.11 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

Πίνακας 4.4.1.12 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.2.1 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

Πίνακας 4.4.2.2 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.2.3 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

Πίνακας 4.4.2.4 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

Πίνακας 4.4.2.5 – Μέσος όρος μετρήσεων λάθους των μεθόδων Snake και Levelset εξετάσεων 1-2

Πίνακες 4.5.2.1 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Snake

Πίνακες 4.5.2.2 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Snake

Πίνακες 4.5.2.3 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Levelset

Πίνακες 4.5.2.4 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Levelset

Πίνακες 4.5.2.5 - Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

Πίνακες 4.5.2.6 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

Πίνακας 4.6.2.1 – Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Snake

Πίνακας 4.6.2.2 - Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Levelset

Πίνακας 4.6.2.3 - Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη Μέθοδο

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1.1 – Πολλαπλή σκλήρυνση

Εικόνα 1.1.1.1 – Κεντρικό νευρικό σύστημα

Εικόνα 1.2.1.1 - Μυελίνη & Απομυελίνωση

Εικόνα 1.3.1 – Μαγνητική τομογραφία

Εικόνα 2.1.1.1 - Λειτουργία Συστολής

Εικόνα 2.1.1.2 - Λειτουργία Διαστολής

Εικόνα 2.1.1.3 - Λειτουργία Ανοιχτής Περιοχής

Εικόνα 2.2.1 - Λειτουργία Κανονικοποίησης, α) αρχική εικόνα MT πριν την κανονικοποίηση, β) εικόνα MT μετά από κανονικοποίηση

Εικόνα 2.2.2 – Ιστογράμματα, α ) Αρχικής Εικόνας MT, β ) Κανονικοποιημένη Εικόνα

Εικόνα 2.3.1.1 – Μέθοδος Snake

Εικόνα 2.3.1.2 – Κατάτμηση με την μέθοδο Snake

Εικόνα 2.3.1.3 – Κατάτμηση με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 2.6.1 – Εστία ΠΣ

Εικόνα 3.2.1 – Δείγμα ασθενή 1 εξέτασης 1

Εικόνα 3.2.2 – Δείγμα ασθενή 1 εξέταση 2

Εικόνα 3.3.1.1 - Μορφές Plq

Εικόνα 3.5.1 – Μετρήσεις κάλυψης της ουλής

Εικόνα 3.6.1 – Λειτουργία Συστήματος

Εικόνα 4.1 – Στιγμιότυπο Συστήματος

Εικόνα 4.1.1 – Κατάτμηση με μέθοδο Snake

Εικόνα 4.1.2 – Κατάτμηση με μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.1.3 – Κατάτμηση με Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.2.1.1 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Snake

Εικόνα 4.2.1.2 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Snake

Εικόνα 4.2.1.3 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.2.1.4 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.2.1.5 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.2.1.6 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.3.1.1 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake

Εικόνα 4.3.1.2 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.3.1.3 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.4.3.1 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.2 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.3 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.4 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.5 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.6 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.7 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.4.3.8 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εικόνα 4.5.1.1 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Snake

Εικόνα 4.5.1.2 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Snake

Εικόνα 4.5.1.3 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.5.1.4 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.5.1.5 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.5.1.6 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

Εικόνα 4.6.1.1 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Snake

Εικόνα 4.6.1.2 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Levelset

Εικόνα 4.6.1.3 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη Μέθοδο

Εικόνα A.1 – Αρχική εικόνα συστήματος κατά την εκκίνηση του

Εικόνα A.2 - Παράδειγμα φόρτωσης MRI εικόνας

Εικόνα A.3 - Παράδειγμα φόρτωσης Real Delineation (PIq)

Εικόνα A.4 - Παράδειγμα μετατροπής αρχικής εικόνας σε Binary

Εικόνα A.5 - Παράδειγμα αυτόματης μεθόδου κατάτμησης SNAKE

Εικόνα A.6 - Παράδειγμα αυτόματης μεθόδου κατάτμησης LEVELSET

Εικόνα A.7 - Παράδειγμα υπολογισμού ακτίνας στον x άξονα και στον y άξονα

Εικόνα A.8 - Παράδειγμα τρισδιάστατης αναδόμησης των τομών ενός ασθενή

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
1.1 Πολλαπλή σκλήρυνση (ΠΣ).....	12
1.1.1 Κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) .....	13
1.1.2 Μυελίνη – Απομυελίνωση.....	13
1.2 Ιστορική ανασκόπηση.....	15
1.3 Διάγνωση ΠΣ με Μαγνητική Τομογραφία (ΜΤ).....	15
1.4 Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας .....	16
1.5 Οδηγίες για περιεχόμενο της εργασίας .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΤ.....	18
2.1 Προ-Επεξεργασία εικόνων ΜΤ .....	18
2.1.1 Μορφολογική επεξεργασία εικόνων ΜΤ .....	18
2.2 Κανονικοποίηση εικόνων ΜΤ .....	20
2.3 Κατάτμηση εικόνων ΜΤ .....	22
2.3.1 Ενεργά Περιγράμματα –Μέθοδος φιδιών ( Snakes ) .....	23
2.3.2 Μέθοδος συνόλου επιπέδων ( Levelset ) .....	25
2.4 Αλγόριθμοι κατάτμησης.....	27
2.4.1 Σκοπός αλγορίθμων κατάτμησης.....	27
2.5 Επιλογή αλγορίθμων κατάτμησης για ενσωμάτωση σε ολοκληρωμένο σύστημα κατάτμησης Εστιών.....	29
2.6 Χαρακτηριστικά υφής και γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	29

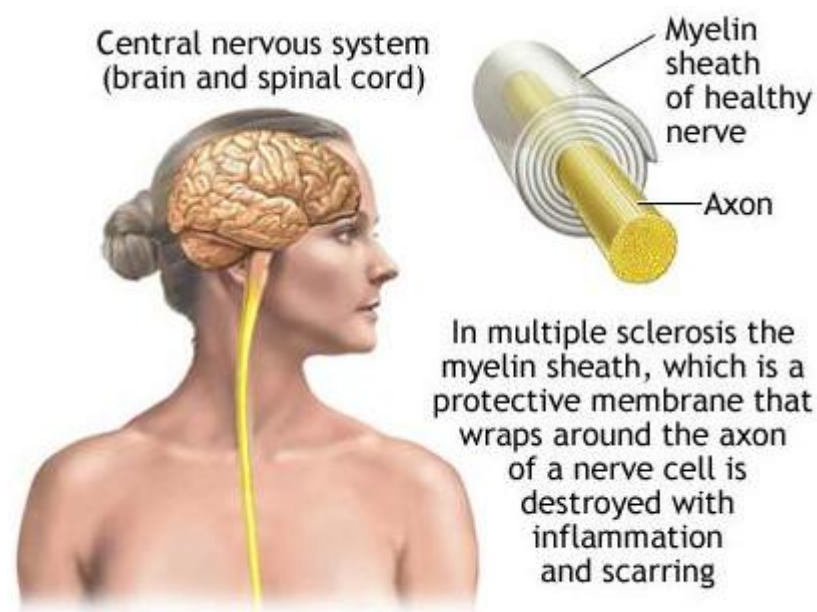
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	36
3.1 Δείγμα εικόνων - Εικόνες τύπου TIFF και DICOM .....	36
3.2 Δείγμα ασθενών .....	36
3.3 Χειροκίνητη κατάτμηση.....	39
3.4 Οπτική παρατήρηση για αποτίμηση των μεθόδων .....	40
3.5 Μέτρα αποτίμησης αλγορίθμων .....	40
3.6 Λογικό διάγραμμα του συστήματος .....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	45
4.1 Αποτελέσματα κατάτμησης με διάφορες μεθόδους.....	46
4.2 Αποτελέσματα μέσω των όρων Χαρακτηριστικών Υφής.....	49
4.2.1 Box Plots Χαρακτηριστικών Υφής .....	55
4.3 Αποτελέσματα Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών.....	61
4.3.1 Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών .....	64
4.4 Σύγκριση μεθόδων κατάτμησης .....	67
4.4.1 Ποσοστά μετρήσεων κάλυψης της εστίας της ΠΣ.....	68
4.4.2 Μετρήσεις λάθους.....	78
4.4.3 Γραφικές παραστάσεις Bland Altman Χειροκίνητης με Αυτόματης κατάτμησης .....	80
4.5 Σύγκριση Χαρακτηριστικών υφής .....	88
4.5.1 Γκαουσιανή – Κανονική Κατανομή Χαρακτηριστικών υφής .....	88
4.5.2 Wilcoxon Rank Sum Test Χαρακτηριστικών Υφής .....	94
4.6 Σύγκριση Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών .....	95
4.6.1 Γκαουσιανή Κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών.....	96
4.6.2 Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών .....	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	100
5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	100
5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων .....	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
6.1 Αποτίμηση της εργασίας.....	103
6.2 Μελλοντική εργασία.....	103
6.3 Επίλογος .....	104
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	105
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	111

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στο πρόβλημα της πολλαπλής σκλήρυνσης (ΠΣ), μια σχετική ιστορική ανασκόπηση και αναφορά για την διάγνωση της πολλαπλής σκλήρυνσης καθώς και του σκοπού της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## 1.1 Πολλαπλή σκλήρυνση (ΠΣ)



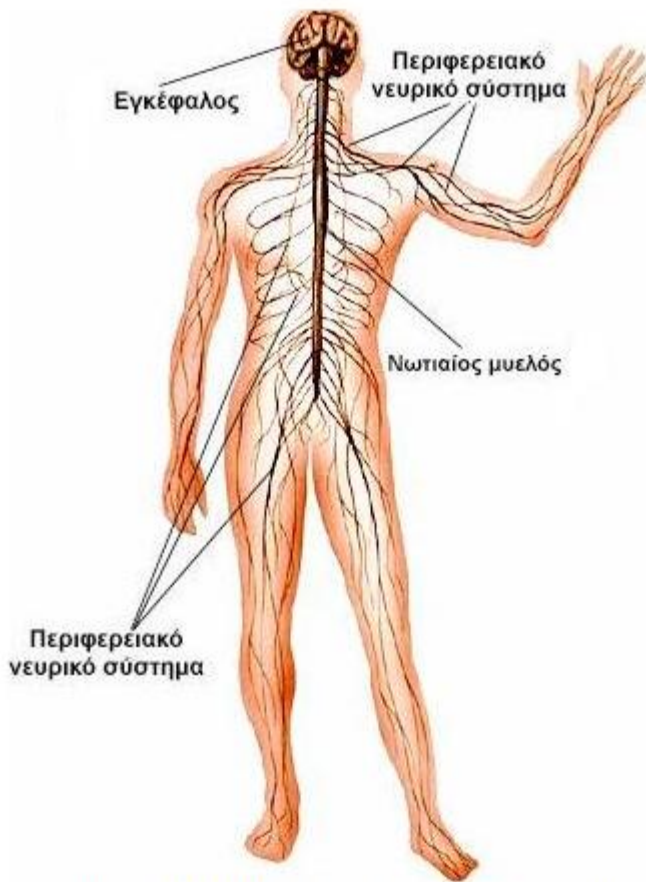
Εικόνα 1.1.1 - Πολλαπλή σκλήρυνση

είναι πιο συχνή στις γυναίκες σε αναλογία περίπου 2:1 με τους άνδρες, και έχει μια επίπτωση στον πληθυσμό από 2-150 άτομα στα 100,000, που εξαρτάται από τη χώρα ή τον συγκεκριμένο πληθυσμό υπό εξέταση. [1],[5]

Στην Εικόνα 1.1.1 [4] πάνω αριστερά φαίνεται το κεντρικό νευρικό σύστημα (του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού) και δεξιά η μυελίνη υγιούς νευρικού άξονα η οποία είναι μια προστατευτική μεμβράνη που περιτυλίγει τον άξονα. Κατά την ΠΣ αυτή καταστρέφεται και δημιουργεί φλεγμονές και ουλές στον εγκέφαλο με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η ορθή λήψη εντολών από το υπόλοιπο σώμα για την εκτέλεση διάφορων κινήσεων.

Η ΠΣ είναι ένα χρόνια νευρολογικό νόσημα, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των αυτοάνοσων νοσημάτων. Αυτό σημαίνει ότι το ανοσοποιητικό σύστημα του ασθενούς, το οποίο συνήθως επιτίθεται σε μικρόβια και ιούς, τώρα επιτίθεται εναντίον φυσιολογικών ιστών του σώματος. Είναι η πιο συχνή νευρολογική πάθηση σε νεαρούς ενήλικες και προσβάλλει περίπου 450,000 Ευρωπαίους και 2,5 εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως. Η ασθένεια προσβάλλει κυρίως νεαρούς ενήλικες, και

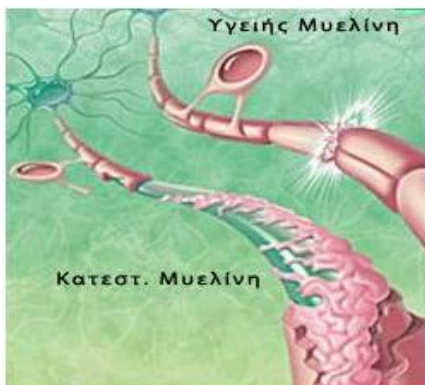
### 1.1.1 Κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ)



Εικόνα 1.1.1.1 Κεντρικό νευρικό σύστημα

νεύρο σε νεύρο, αλλά και μονώνει και προστατεύει το νεύρο. [6],[7]

Στην Εικόνα 1.1.1.1 [6] πάνω αριστερά παρουσιάζεται το περιφερειακό νευρικό σύστημα ο νωτιαίος μυελός και ο εγκέφαλος του ανθρώπου. Για την εκτέλεση κάποιων κινήσεων του σώματος στέλλονται μηνύματα από το περιφερειακό νευρικό σύστημα όπου τα αποδέχεται ο νωτιαίος μυελός και από κει τα μεταδίδει στον εγκέφαλο.



Εικόνα 1.2.1.1- Μυελίνη & Απομυελίνωση

### 1.1.2 Μυελίνη – Απομυελίνωση

Μυελίνη είναι η λευκή λιπαρή ουσία που περιβάλλει και μονώνει τα νεύρα μας, επιτρέποντάς τους να μεταβιβάσουν σήματα μεταξύ του εγκεφάλου και του υπόλοιπου σώματος. Αποτελείται από ένα στρώμα πρωτεΐνης μεταξύ δύο στρωμάτων λιπιδίων. Καταστροφή μυελίνης

των νευρικών ινών και σχηματισμό πολλών μικρών πλακών στο ΚΝΣ. Συγκεκριμένα, αποσυντίθενται οι περιοχές της μυελίνης που περιβάλλουν τα νεύρα και η μυελίνη αντικαθίσταται από ουλώδη ιστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η διαδικασία μετάδοσης των πληροφοριών από και προς τον εγκέφαλο, δια μέσου των νευρών να συναντά σημαντικές δυσκολίες. Ο τύπος, η βαρύτητα και η πορεία της ΠΣ ποικίλουν ανάλογα με την εντόπιση των βλαβών στο νευρικό σύστημα και την έκταση της απομυελίνωσης. [5]

Στην Εικόνα 1.2.1.1 [6] πάνω αριστερά παρουσιάζεται η υγιής μυελίνη και η κατεστραμμένη μυελίνη. Η δεύτερη οφείλεται στην ασθένεια της ΠΣ με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η ορθή αποστολή μηνυμάτων, για την εκτέλεση κινήσεων του σώματος, στον εγκέφαλο.

Η ΠΣ είναι πάθηση πολυπαραγοντικής αιτιολογίας για την οποία έχει στηριχθεί ότι μπορεί να μην αποτελεί ενιαία νόσο αλλά σύνολο περισσότερων του ενός νοσημάτων. Παρότι κατά το παρελθόν έχουν δημοσιευτούν αρκετές υποθέσεις, καμία όμως δεν έχει προσφέρει ικανοποιητική ή περιεκτική ερμηνεία. Η επικρατέστερη θεωρία είναι ότι η ΠΣ αποτελεί επίκτητη αυτοάνοση νόσο με πολυπαραγοντική αιτιολογία. Πιθανολογείται ότι ένας ιός με μεγάλο χρόνο επώασης προκαλεί μια παθολογική ανοσολογική αντίδραση σε γενετικά προδιατεθειμένα άτομα και καταστρέφει τις πρωτεΐνες της μυελίνης.[3],[5],[7]

Τα συνηθέστερα συμπτώματα της ΠΣ είναι [1]:

- Οπτική νευρίτιδα μια παροδική διαταραχή του οπτικού νεύρου, η οποία προκαλεί
- θολή όραση ή τύφλωση βραχείας διάρκειας.
- Αιμωδίες, μμυρμηγκιάσματα στα δάχτυλα των χεριών και των ποδιών.
- Παιραιοθητικά άλγη συνοδευόμενα από αίσθημα θερμού ή ψυχρού.
- Ύλιγγος.
- Ελάττωση της αίσθησης της αφής.
- Μειωμένη ικανότητα συνδυασμένης δράσης δυο ή περισσότερων οργάνων.
- Διαταραχές ισορροπίας.
- Αδυναμία των μυών.
- Τρόμος τελικού σκοπού.
- Σπαστικότητα, αύξηση των τενόντων αντανακλαστικών ή και των δυο.
- Αταξικό βάδισμα.

## 1.2 Ιστορική ανασκόπηση

Η ΠΣ είναι πάθηση πολυπαραγοντικής αιτιολογίας για την οποία έχει στηριχθεί ότι μπορεί να μην αποτελεί ενιαία νόσο αλλά σύνολο περισσοτέρων του ενός νοσημάτων. Πρωτοεμφανίστηκε με πρώτο πιθανό περιστατικό το 1935 μιας έφηβης 16 ετών η οποία είχε πτώση από πάγο κάνοντας πατινάζ, παρουσίασε διαπεραστικό πόνο και κινητικές διαταραχές στα πόδια [1]. Ακολούθως παρουσιάστηκε αύξηση της αναπηρίας, αισθητηριακές διαταραχές και τύφλωση στο ένα μάτι. Πέθανε 38 ετών. Επόμενη γνωστή περιγραφή από ασθενή χρονολογείται το 19<sup>ο</sup> αιώνα. Τα στοιχεία τα αντλούμε από το ημερολόγιο του ίδιου του ασθενή, του Sir Augustus d' Este, ο οποίος κατέγραψε την εικοσιεξάχρονη πορεία της νόσου του. Τα συμπτώματα που κατέγραψε ήταν αταξία, μούδιασμα από τη μέση και κάτω, σπασμούς στη διάρκεια της νύχτας, μείωση της όρασης, αστάθεια βαδίσματος και γενικευμένη μυϊκή αδυναμία. Πρώτη σαφής περιγραφή της ΠΣ γίνεται στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα από ένα νευρολόγο. Υποστήριξε ότι η ΠΣ χαρακτηρίζεται από σπαστική παραπληγία, αταξία, τρόμο κατά τις εκούσιες κινήσεις, διαταραχές του λόγου, οφθαλμολογικές ανωμαλίες και νυσταγμό. Το 1904 δημοσιεύονται πάνω από 1000 σχετικές εργασίες και χάριν της ανάπτυξης της τεχνολογίας, η οποία διαδραμάτισε σπουδαίο ρόλο πραγματοποιείται καλύτερη τεκμηρίωση κλινικής διάγνωσης της ΠΣ[5]. Σε μεγάλη μελέτη που έγινε στη Μ. Βρετανία φάνηκε ότι από το 1963 η μέση επιβίωση των πασχόντων ανεβαίνει σταθερά, έτσι ώστε ενώ το 1963 πέθαναν σε ηλικία μικρότερη των 59 ετών 536 ασθενείς και σε ηλικία μεγαλύτερη των 60 ετών 275 ασθενείς, το 1990 τα αντίστοιχα νούμερα ήταν 360 και 440. Στη μείωση αυτή συμβάλει η ανοσοτροποποιητική αγωγή (φαρμακευτική αγωγή) [1]. Σήμερα μετά από 140 χρόνια περίπου εξακολουθούμε να μην γνωρίζουμε την κύρια αιτία που προκαλεί σκληρυντικές βλάβες.

## 1.3 Διάγνωση ΠΣ με Μαγνητική Τομογραφία (ΜΤ)

Η ΜΤ, γνωστή και ως πυρηνικός μαγνητικός συντονισμός, είναι μια διαδικασία που παρέχει απεικονίσεις υψηλής ευκρίνειας του εσωτερικού του σώματος. Είναι ειδικά κατάλληλη για την απεικόνιση δομών μαλακού ιστού όπως ο εγκέφαλος ή ο νωτιαίος μυελός. Οι μετρήσεις τροφοδοτούνται σε υπολογιστή, που τις μετατρέπει σε απεικονίσεις ή τομές. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να εντοπιστούν πλάκες στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ενώ παρέχονται και πληροφορίες για τη θέση και το μέγεθος τους. Κατά την εξέταση ΜΤ, ο ασθενής ξαπλώνει σε ύπτια θέση σε ειδική κλίνη, η οποία εισέρχεται σε ένα στενό τούνελ εξέτασης με εξαιρετικά υψηλά μαγνητικά πεδία.

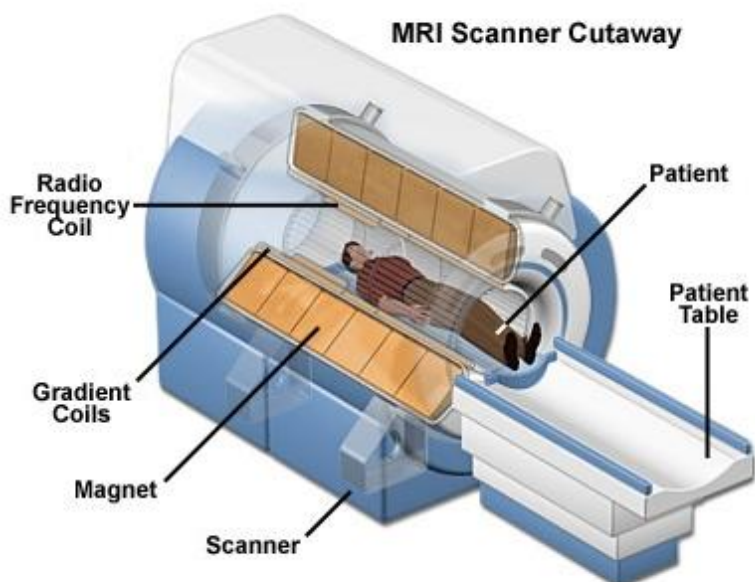
Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ΜΤ:

α ) T1 ακολουθίες στη ΜΤ : ταυτοποιούν νέες ενεργές εστίες και σημεία φλεγμονής

β ) T2 ακολουθίες στη ΜΤ: ταυτοποιούν ενεργές ή ανενεργές εστίες και το συνολικό όγκο τους.

Οι T2 ακολουθίες υποδεικνύουν τον όγκο του εγκεφαλικού ιστού που έχει προσβληθεί από ΠΣ.

Στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν T2 ακολουθίες.



Εικόνα 1.3.1 - Μαγνητική τομογραφία

Η ΜΤ είναι η πιο σημαντική εξέταση που χρησιμοποιείται για να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη ΠΣ [3]. Παρόλο που η ΜΤ βοηθά τους γιατρούς για μια πρώιμη και πιο ακριβή διάγνωση της ΠΣ, είναι αδύνατο να γίνει διάγνωση της ΠΣ μόνο από τα αποτελέσματα της μαγνητικής τομογραφίας. Ο αριθμός και η έκταση των αλλοιώσεων που εντοπίζονται κατά τη διάρκεια ΜΤ σχετίζονται με τη δραστηριότητα της νόσου. Οι επαναλαμβανόμενες εξετάσεις ΜΤ είναι χρήσιμες για την καταγραφή της μακροπρόθεσμης πορείας της νόσου και μαζί με τα κλινικά κριτήρια, βοηθούν στον καθορισμό της καταλληλότερης θεραπείας στην πορεία του χρόνου. [8]

Στην Εικόνα 1.3.1 [2] παρουσιάζεται ο μαγνητικός τομογράφος κατά την εκτέλεση μαγνητικής τομογραφίας ενός ασθενή. Με την βοήθεια ειδικών πηνίων και μαγνήτη αποτυπώνονται τα αποτελέσματα της δραστηριότητας της ΠΣ.

#### 1.4 Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας

Ειδικός σκοπός είναι η δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου συστήματος ανίχνευσης των εστιών σε ασθενείς με ΠΣ από εικόνες ΜΤ εγκεφάλου. Αφού μελετήσουμε υφιστάμενους και εξειδικευμένους αλγορίθμους κατάτμησης, θα επιλέξουμε τον πιο αποτελεσματικό και ικανά λειτουργικό με τη βοήθεια και χρήση του εργαλείου MATLAB [9]. Το σύστημα θα εντοπίζει άμεσα τις εστίες ΠΣ με κάποιο είδος κατάτμησης, να ορίζει και να συγκρίνει την σοβαρότητα της κατάστασης του ασθενή, συγκρίνοντας εστίες που έχουν δημιουργηθεί σε διάφορα χρονικά διαστήματα λήψης της ΜΤ, και να εξάγει αποτελέσματα τα οποία να βοηθούν στην έγκαιρη

αντιμετώπιση του προβλήματος. Αναμφίβολα, η μέθοδος κατάτμησης είναι το καταλληλότερο εργαλείο στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της θεραπείας με πρόωμο και έγκαιρο προσδιορισμό της ΠΣ.[14]

## 1.5 Οδηγίες για περιεχόμενο της εργασίας

Υπάρχει μεγάλη ανάγκη από κλινικής και επιστημονικής απόψεως για την ακριβή εξακρίβωση των περιοχών με ΠΣ. Ένας από τους σκοπούς της εργασίας είναι η κατάτμηση των άσπρων περιοχών τραυμάτων του εγκεφάλου που αποτελούν τις εστίες της ΠΣ (όπως φαίνεται καλύτερα στις εικόνες 4.1.1-3) και η περαιτέρω ανάλυση τους με βάση την εξαγωγή χαρακτηριστικών. Αρχικά στο κεφάλαιο 1 αναλύεται το πρόβλημα και η έννοια της ΠΣ. Για να δώσουμε κάποια λύση δημιουργήσαμε ένα σύστημα το οποίο εκτελεί κάποιο είδος αλγόριθμου κατάτμησης των ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) και της μεθόδου συνόλου επιπέδων (Levelset) έτσι ώστε να μπορεί να εξάγει την περιοχή ενδιαφέροντος. Στο κεφάλαιο 2 εξηγείται ο όρος κατάτμηση, η προ-επεξεργασία που προηγείται της κατάτμησης καθώς και οι διάφορες μέθοδοι κατάτμησης. Μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στους αλγόριθμους οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση του συστήματος. Ακόμη στο ίδιο κεφάλαιο δίδεται το θεωρητικό υπόβαθρο και για τις συναρτήσεις εύρεσης χαρακτηριστικών υφής των εστιών της ΠΣ, η σημαντικότητα της ανάλυσης υφής καθώς και η διαδικασία εξαγωγής γεωμετρικών χαρακτηριστικών των εστιών της ΠΣ. Έπειτα στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται το δείγμα εικόνων MT που έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία, γίνεται αναφορά για στην αποτίμηση των μεθόδων κατάτμησης και στα μέτρα αποτίμησης των μεθόδων αυτών. Ακολούθως στο κεφάλαιο 4 καταγράφονται και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Με βάση τα πιο πάνω γίνεται συζήτηση και σύγκριση τους στο κεφάλαιο 5. Τέλος στο κεφάλαιο 6 γίνεται αναφορά της αποτίμησης της εργασίας και κάποιας μελλοντικής μελέτης σχετικής με το θέμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΜΤ

### 2.1 Προ-Επεξεργασία εικόνων ΜΤ

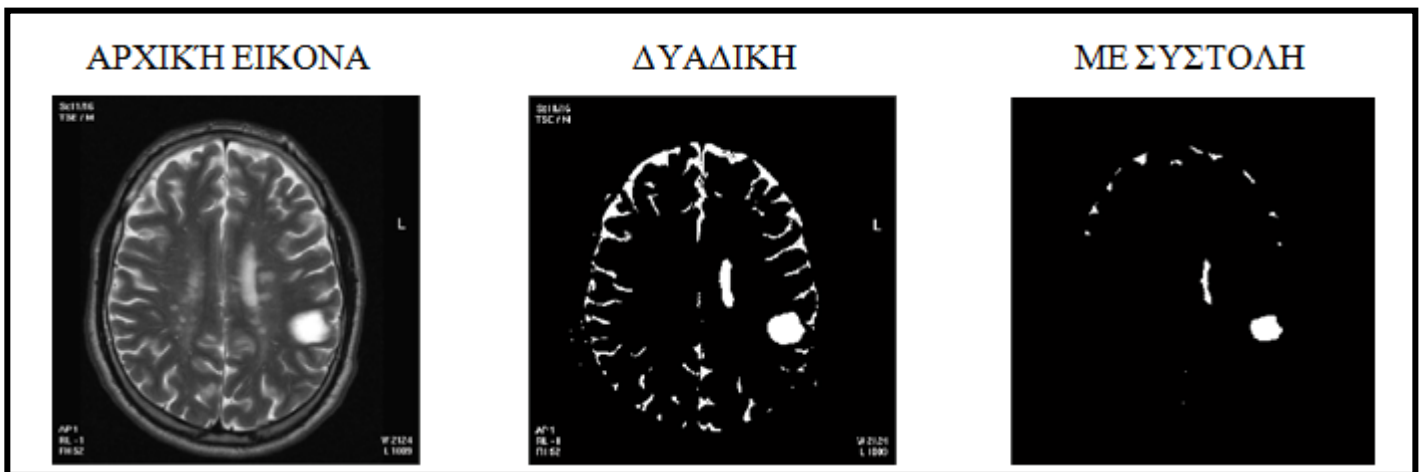
Αναμφίβολα, χρειάζεται να γίνει κάποια προ-επεξεργασία των εικόνων προτού γίνει η κατάτμηση των εστιών της ΠΣ. Αυτή θα μας βοηθήσει στο να κατατμηθεί με περισσότερη λεπτομέρεια η περιοχή ενδιαφέροντος επιφέροντας έτσι πιο θετικά αποτελέσματα. Οι ιατρικές εικόνες περιέχουν συνήθως υψηλού συχνοτήτων θόρυβο [8], που οφείλεται σε εξωγενή φαινόμενα κατά την εξέταση του ασθενούς (π.χ. ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο χώρο, κίνηση ασθενούς, αναπνοή) ή/και θόρυβο κατά την επεξεργασία και αποθήκευση των αποτελεσμάτων (π.χ. θόρυβος εξαιτίας του συστήματος δειγματοληψίας ή εξαιτίας του καναλιού μετάδοσης). Ο θόρυβος αυτός είναι ανεπιθύμητος και απαιτείται η αφαίρεσή του, χωρίς όμως την απώλεια σημαντικής ανατομικής ή λειτουργικής πληροφορίας που εμπεριέχεται στην εικόνα. Η διαδικασία προ-επεξεργασίας αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας απεικόνισης των δομών και ενδιαφέροντος και περιλαμβάνουν διαδικασίες αφαίρεσης θορύβου, εξομάλυνσης, και ενίσχυσης ακμών.[10]

#### 2.1.1 Μορφολογική επεξεργασία εικόνων ΜΤ

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας στην προ-επεξεργασία εικόνων είναι η εκτέλεση μορφολογικών τελεστών μέσω μορφολογικών δομικών στοιχείων. Σε μια μορφολογική εργασία το κάθε εικονοστοιχείο της εικόνας εξόδου βασίζεται σε μια σύγκριση των αντίστοιχων εικονοστοιχείων της εικόνας εισόδου με τα γειτονικά τους. Μερικά από τα μορφολογικά δομικά στοιχεία είναι disk, line, square και diamond όπου μαζί με το μέγεθος που επιλέγουμε να έχουν, λειτουργούν σαν είσοδοι των μορφολογικών τελεστών. Αυτοί οι μορφολογικοί τελεστές λειτουργούν σε δυαδικές εικόνες έτσι η αρχική μας εικόνα θα πρέπει πρώτα να μετατραπεί σε δυαδική. Όταν μιλάμε για δυαδική εικόνα εννοούμε ότι τα εικονοστοιχεία της κυμαίνονται σε τιμές από 0-1 όπου το 0 αντιστοιχεί με το μαύρο χρώμα και το 1 με το άσπρο χρώμα.[9]

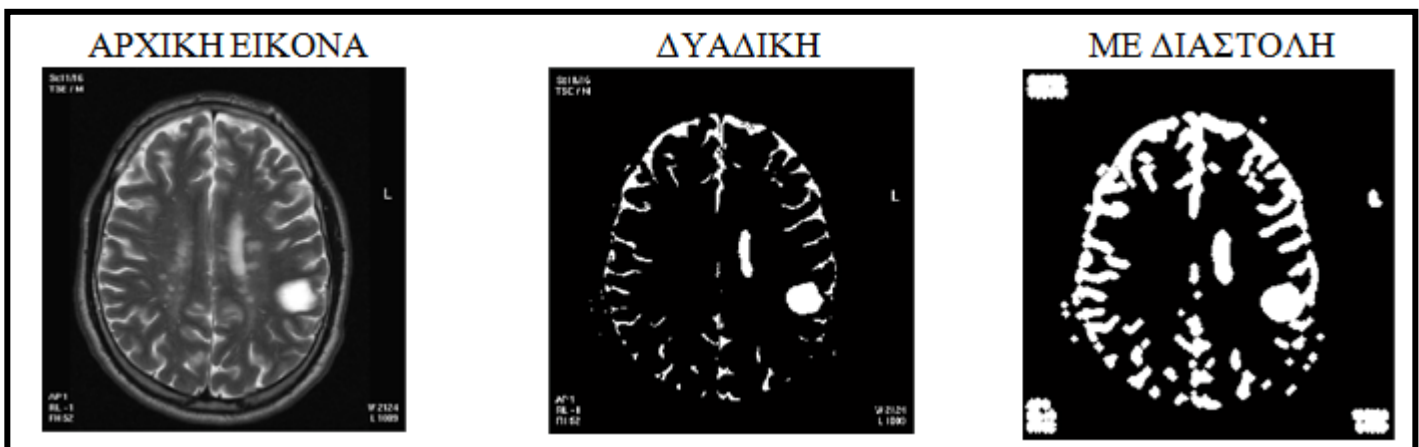
Πιο κάτω αναφέρονται μερικοί μορφολογικοί τελεστές που χρησιμοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο σύστημα [11] :

Συστολή (Erosion): Η βασική επίδραση αυτού του τελεστή είναι να συστέλλει τα σύνορα της περιοχής των εικονοστοιχείων δηλαδή αφαιρεί εικονοστοιχείων στα όρια των αντικειμένων σε μια εικόνα.



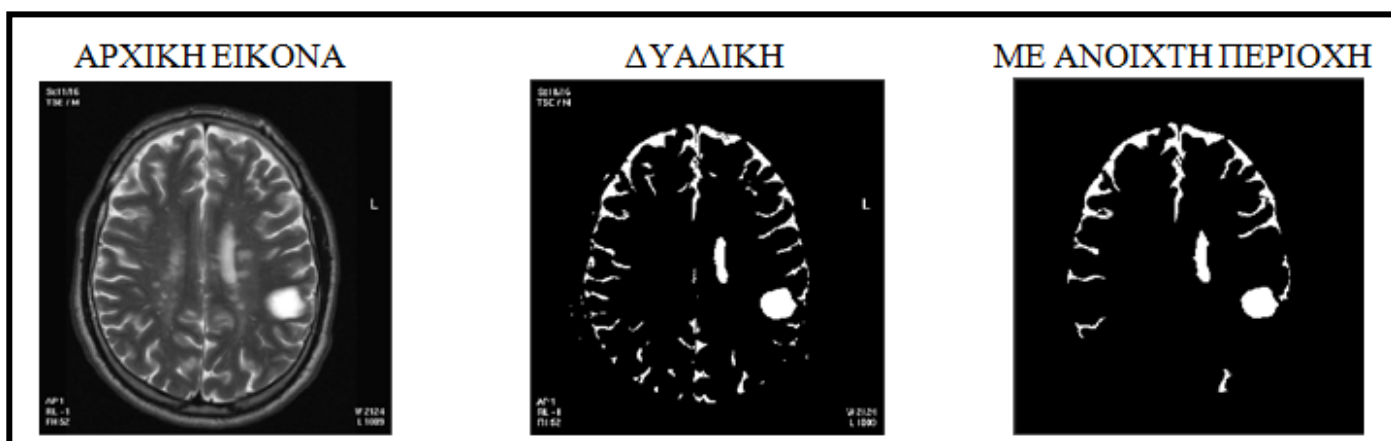
Εικόνα 2.1.1.1 - Λειτουργία Συστολής

Διαστολή (Dilate): Η βασική επίδραση πάνω στην εικόνα είναι η διεύρυνση των συνόρων των περιοχών των εικονοστοιχείων δηλαδή προσθέτει pixels στα όρια των αντικειμένων σε μια εικόνα.



Εικόνα 2.1.1.2 - Λειτουργία Διαστολής

Ανοιχτή περιοχή (Area Open): αφαιρεί από μια δυαδική εικόνα όλα τα συνδεδεμένα αντικείμενα που έχουν λιγότερα εικονοστοιχεία από αυτά που θα δοθούν σαν είσοδο. Η είσοδος στην προκειμένη περίπτωση είναι 200.



Εικόνα 2.1.1.3 - Λειτουργία Ανοιχτής Περιοχής

*Άνοιγμα (open)*: η μορφολογική λειτουργία open είναι η εκτέλεση της συστολής η οποία ακολουθείται από διαστολή.

*Συμπλήρωμα (complement)*: αποτελεί την εκτέλεση του αντίθετου. Εκεί που η εικόνα έχει άσπρα σημεία τα κάνει μαύρα και εκεί που έχει άσπρα τα κάνει μαύρα.

## 2.2 Κανονικοποίηση εικόνων MT

Η κανονικοποίηση εικόνας ως προς τη φωτεινότητα έχει καθιερωθεί ως ένα απαραίτητο βήμα προεπεξεργασίας των ιατρικών εικόνων ιδιαίτερα σε εφαρμογές ανάλυσης της υφής [43]. Η κανονικοποίηση επιτρέπει τη σύγκριση μετρήσεων που προκύπτουν από εικόνες που έχουν ληφθεί με διαφορετικές διατάξεις, διαφορετικές ρυθμίσεις και διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Έχειδειχθεί ότι η κανονικοποίηση εικόνων ευνοεί τόσο την ποιότητα της απεικόνισης όσο και τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων ουλών της ΠΣ με βάση χαρακτηριστικά υφής και αποσκοπεί στην μείωση των διακυμάνσεων των τόνων του γκρι. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται έντονα η αντίθεση της εικόνας.[12]

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η κανονικοποίηση ιστογράμματος (Histogram Normalization – HN) και υπολογίζεται ως εξής :

$$f(x, y) = \frac{g(x, y) - g_{\min}}{g_{\max} - g_{\min}}$$

$g_{\min}$  : ελάχιστη τιμή φωτεινότητας

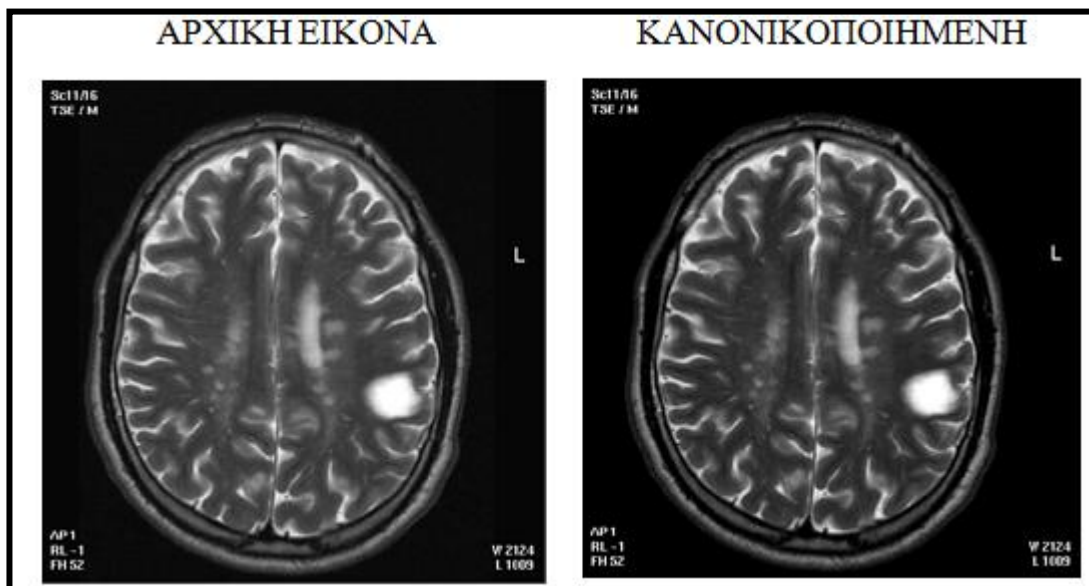
$g_{\max}$ : μέγιστη τιμή φωτεινότητας

$g(x,y)$ : αρχική εικόνα

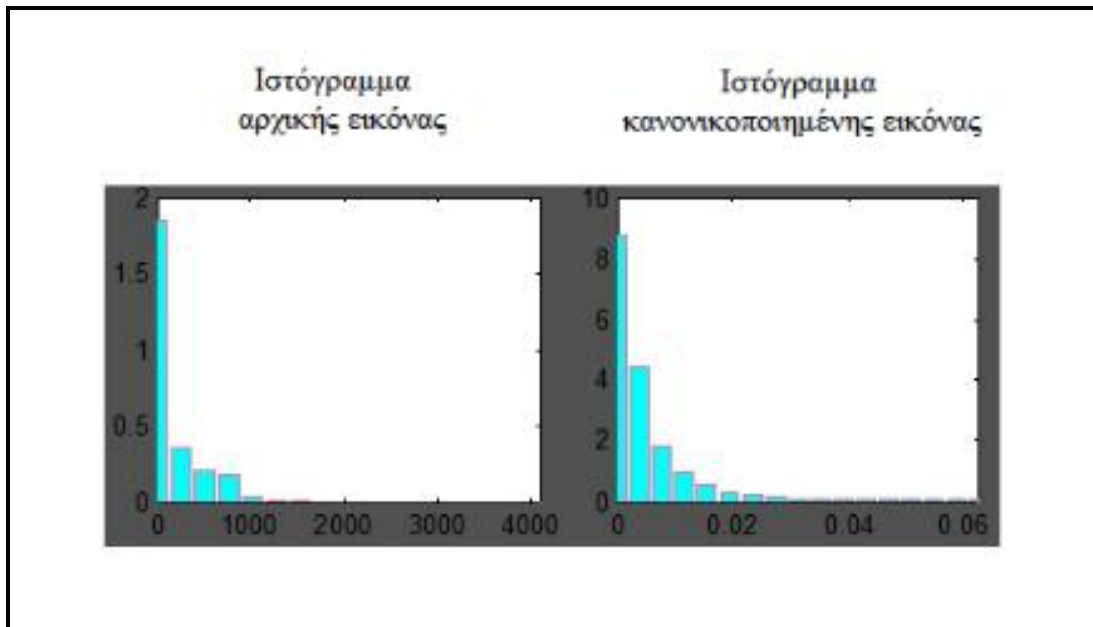
$f(x,y)$ : κανονικοποιημένη εικόνα

Αρχικά υπολογίζουμε τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή φωτεινότητας της εικόνας και στην συνέχεια γίνεται αφαίρεση της ελάχιστης φωτεινότητας από την εικόνα και τέλος το αποτέλεσμα διαιρείται με τη διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη φωτεινότητα της εικόνας. [13]

Πιο κάτω φαίνεται η λειτουργία της κανονικοποίησης έτσι όπως είναι ενσωματωμένη στο σύστημα.



Εικόνα 2.2.1 - Λειτουργία Κανονικοποίησης, α) αρχική εικόνα ΜΤ πριν την κανονικοποίηση, β) εικόνα ΜΤ μετά από κανονικοποίηση



Εικόνα 2.2.2 – Ιστογράμματα, α ) Αρχικής Εικόνας MT, β ) Κανονικοποιημένη Εικόνα

### 2.3 Κατάτμηση εικόνων MT

Αποτελεί την διεργασία συλλογής δεδομένων και σύνθεσης στοιχείων από μία εικόνα έτσι ώστε να επιτευχθεί ο προσδιορισμός για την καλύτερη ανάλυσή τους μέσω ταξινόμησης και διαχωρισμού. Έχει σκοπό την έμφαση σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της εικόνας, που είναι χρήσιμα για ανίχνευση, εκτίμηση, κατάταξη και αναγνώριση. Οι κυριότεροι αλγόριθμοι κατάτμησης εικόνων βασίζονται σε κάποια χαρακτηριστικά, όπως η ένταση ή η υφή, χρώμα, επίπεδο του γκρι, κίνηση και βάθος. Η κατάτμηση αποτελεί σχεδόν πάντα το πρώτο στάδιο της διαδικασίας ανάλυσης εικόνων. Η Επιτυχημένη κατάτμηση οδηγεί σχεδόν πάντα σε αποτελεσματική ανάλυση εικόνων. Η κατάτμηση εικόνας μπορεί να επιτευχθεί με αναγνώριση είτε των σημείων ασυνέχειας της εικόνας (απότομη μεταβολή της φωτεινότητας ή του χρώματος) είτε της ομοιομορφίας ανάμεσα στις τιμές των εικονοστοιχείων της εικόνας. Μερικοί αλγόριθμοι κατάτμησης είναι : Ανίχνευση Ακμών, Ενεργά περιγράμματα (Snakes), Κατωφλίωση, Επέκταση περιοχών, μέθοδος συνόλου επιπέδων (Levelset) κ.α. Συνεπώς η έρευνα και η εκτέλεση κάποιων διαδομένων και αυτοματοποιημένων αλγορίθμων κατάτμησης είναι ένα κρίσιμο συστατικό στοιχείο για την υλοποίηση του αυτοματοποιημένου ολοκληρωμένου συστήματος υποβοήθησης διάγνωσης το οποίο θα συμβάλλει στην καλύτερη διάγνωση και θεραπεία της νόσου [14]. Στην παρούσα διπλωματική εργασία οι αλγόριθμοι κατάτμησης που χρησιμοποιήθηκαν στο σύστημα είναι τα ενεργά περιγράμματα και η μέθοδος συνόλου επιπέδων(Levelset).

### 2.3.1 Ενεργά Περιγράμματα –Μέθοδος φιδιών ( Snakes )

Μια από τις σημαντικότερες είναι η μεθόδους κατάτμησης είναι αυτή των ενεργών περιγραμμάτων (snakes). Ανακαλύφτηκε το 1987 από τους Kass-Witkin-Τερζόπουλος[15]. Έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν τα εμφανή χαρακτηριστικά της εικόνας όπως οι ακμές, οι γραμμές και τα περιγράμματα. Ορίζονται σαν μια κλειστή καμπύλη που στόχο έχει να εσωκλείει κάποια αρχική περιοχή. Αυτή η καμπύλη πρέπει να ορίζεται κοντά στο προς ανίχνευση αντικείμενο. Για να το πετύχουμε αυτό κάνουμε χρήση της συνάρτησης ενέργειας. Η ενέργεια ελαχιστοποιείται για το προσδιορισμό του περιγράμματος του αντικειμένου.

Βασικές ιδιότητες ενός ενεργού περιγράμματος (Φιδιού) [16] :

- 1) Μπορούν να είναι ανοιχτές η κλειστές καμπύλες.
- 2) Η ενεργεία τους εξαρτάται από το σχήμα τους και τη θέση τους σε σχέση με την εικόνα.
- 3) Τα Φίδια είναι ενεργά ,συνεχώς ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση ενέργειας
- 4) Επιδιώκουν τα κατάλληλα τοπικά ελάχιστα παρά να βρουν μια γενική λύση.
- 5) Προσπαθούν να ταιριάξουν ένα παραμορφωμένο μοντέλο σε μια εικόνα με την έννοια ελαχιστοποίησης ενέργειας.

Η θέση του φιδιού αντιπροσωπεύεται ως εξής :  $v(s)=(x(s),y(s))$

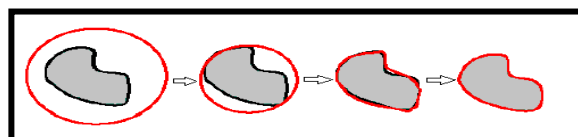
Όπου  $s$  εφαπτομένη του κάθε  $x,y$  σημείου και ανήκει  $[0,1]$  και  $x,y$  είναι συντεταγμένες ενός σημείου της εικόνας που βρίσκονται κοντά στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Στη συνέχεια προσδιορίζεται η ελαχιστοποίηση της ενέργειας του φιδιού :

$$E_{snake} = \int_0^1 \{ E_{int}[v(s)] + E_{ext}[v(s)] \} ds$$

Η εσωτερική ενέργεια  $E_{int}$  έχει στόχο να ελέγχει την ομαλότητα και τη συνέχεια της καμπύλης.

Η εξωτερική ενέργεια  $E_{ext}$  δημιουργείται από τους περιορισμούς του χρήστη. Η λειτουργία της ελαχιστοποίησης της ενέργειας παρουσιάζεται καλύτερα στο πιο κάτω σχήμα. Η ενέργεια ελαχιστοποιείται μέχρι να καταφέρει να εσωκλείσει το αντικείμενο.[15],[16]



Εικόνα 2.3.1.1 – Μέθοδος Snake

Στην Εικόνα 2.3.1.1 με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται η αρχική θέση του ενεργού περιγράμματος φιδιού το οποίο μέσω της εξίσωσης ελαχιστοποίησης της ενέργειας προσπαθεί να εσωκλείσει την περιοχή ενδιαφέροντος.

Τα 5 βήματα εκτέλεσης του αλγόριθμου Snake στο ολοκληρωμένο σύστημα κατάτμησης είναι :

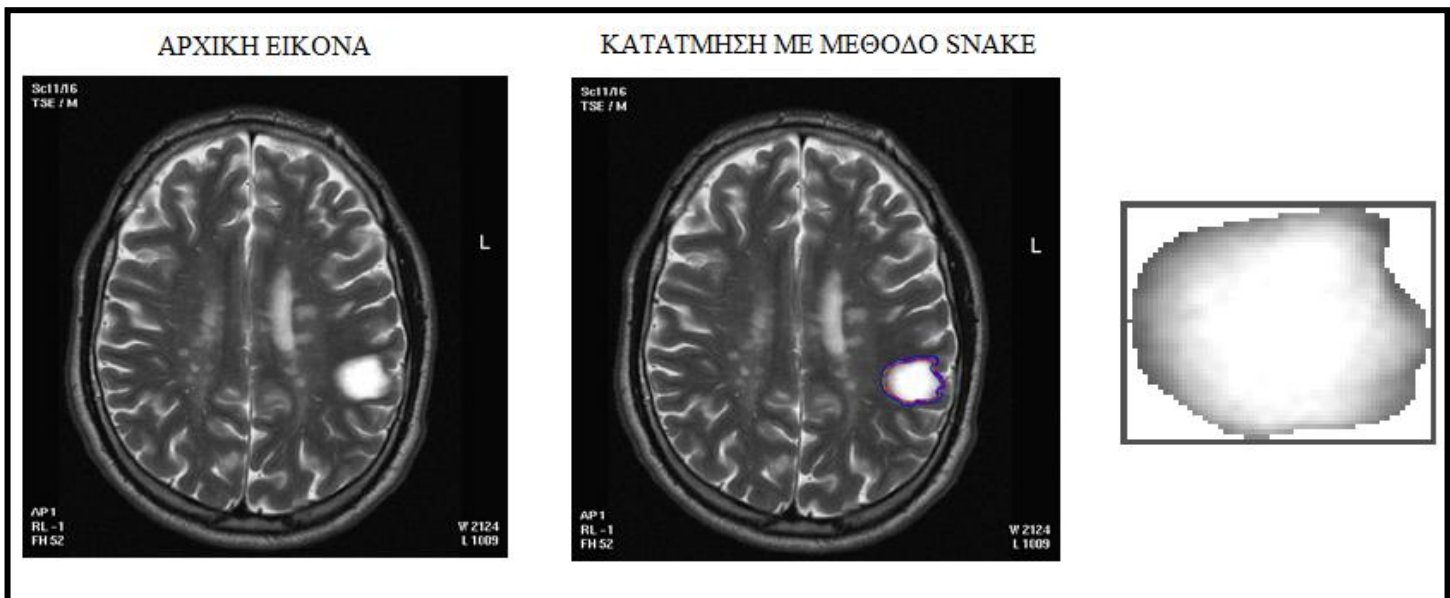
ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup> : Φόρτωση ιατρικής εικόνας MRI.

ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup> : Επιλογή Κανονικοποίησης

ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup> : Επιλογή επιθυμητής αρχικής περιοχής-περιγράμματος για κατάτμηση η οποία έχει βρεθεί χειροκίνητα.

ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup> : Οι συντεταγμένες του αρχικού περιγράμματος τροποποιούνται βάσει εσωτερικών και εξωτερικών ελαστικών δυνάμεων. Προεπιλέγεται ο αριθμός των επαναλήψεων (iterations).

ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup> : Παρουσιάζεται το νέο περίγραμμα, με διαφορετικό χρώμα από το παλιό, ώστε να μπορεί να γίνει και η σύγκριση.



Εικόνα 2.3.1.2 – Κατάτμηση με την μέθοδο Snake

Στην Εικόνα 2.3.1.2 φαίνεται ο αλγόριθμος κατάτμησης των ενεργών περιγραμμάτων (Snake) έτσι όπως εκτελείται στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα. Με μπλε χρώμα είναι τα όρια της αρχικής περιοχής από χειροκίνητη κατάτμηση και το κόκκινο χρώμα το αποτέλεσμα της αυτόματης κατάτμησης όπως φαίνεται στο δεξί μέρος της εικόνας.

### 2.3.2 Μέθοδος συνόλου επιπέδων ( Levelset )

Η μέθοδος Levelset έχει αναπτυχθεί το 1987 από τους Stanley Osher και James Sethian[17]. Αργότερα ακολούθησαν και εξελίξεις της σε διάφορους τομείς. Ανήκει στην κατηγορία των παραμορφώσιμων μοντέλων.

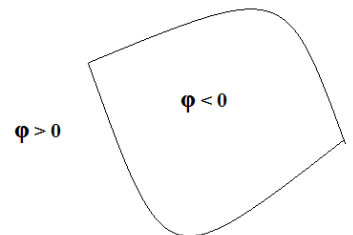
Ο αλγόριθμος συνόλου επιπέδων παρουσιάζεται ως :

- Κλειστή καμπύλη :  $\Gamma = \{(x, y) | \varphi(x, y) = 0\}$ ,

(x,y) : σημεία αρχικού περιγράμματος.

- Η  $\varphi$  καλείται η συνάρτηση levelset

Η μέθοδος Levelset χειρίζεται το  $\Gamma$  απεριόριστα μέσω του  $\varphi$ , το  $\varphi$  παίρνει τις θετικές τιμές έξω από την περιοχή της καμπύλης  $\Gamma$  και τις αρνητικές μέσα.



Μέσω της πιο κάτω εξίσωσης Hamilton - Jacobi όπου  $v$  η ταχύτητα κίνησης του  $\Gamma$ , η καμπύλη προσπαθεί να εσωκλείσει το αντικείμενο υπολογίζοντας σε κάθε βήμα τα εικονοστοιχεία που έχουν το μικρότερο χρόνο άφιξης από τα γειτονικά που βρισκόταν αρχικά. Η ταχύτητα είναι βασισμένη στην κλίση της εικόνας και στην καμπυλότητα του περιγράμματος. Αν υποθέσουμε ότι το πεδίο της ταχύτητας δεν αλλάζει ποτέ πρόσημο, τότε το περίγραμμα του Levelset είτε πάντα θα επεκτείνεται ( $v > 0$ ) είτε πάντα θα συρρικνώνεται ( $v < 0$ ). [17]

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = v |\nabla \varphi|.$$

Με βάση την πιο πάνω εξίσωση υπολογίζεται το πώς κινούνται τα σημεία του περιγράμματος στο χρόνο. Η αρχική τιμή της συνάρτησης του Levelset είναι  $\varphi(x, y, t=0)$  βασισμένη στη θέση του αρχικού περιγράμματος (initial contour). Προσαρμόζοντας την  $\varphi$  με βάση τον χρόνο ορίζεται η εξίσωση του τρέχοντος περιγράμματος  $\varphi(x(t), y(t), t) = 0$ . Σε κάθε χρονική στιγμή η μέθοδος δίνει το σύνολο των σημείων που έχει φτάσει σε εκείνη την χρονική στιγμή  $t$ . [18]

Οι βασικές ιδιότητες του Levelset είναι ότι έχουν την ιδιότητα να είναι ευέλικτες, ισχυρές, ακριβείς και αποτελεσματικές τεχνικές. Επίσης μπορούν να χειρίζονται αιχμηρές γωνίες τοπολογικές αλλαγές και τρισδιάστατα εφέ.

Τα 5 βήματα εκτέλεσης του αλγόριθμου Levelset στο ολοκληρωμένο σύστημα κατάτμησης είναι :

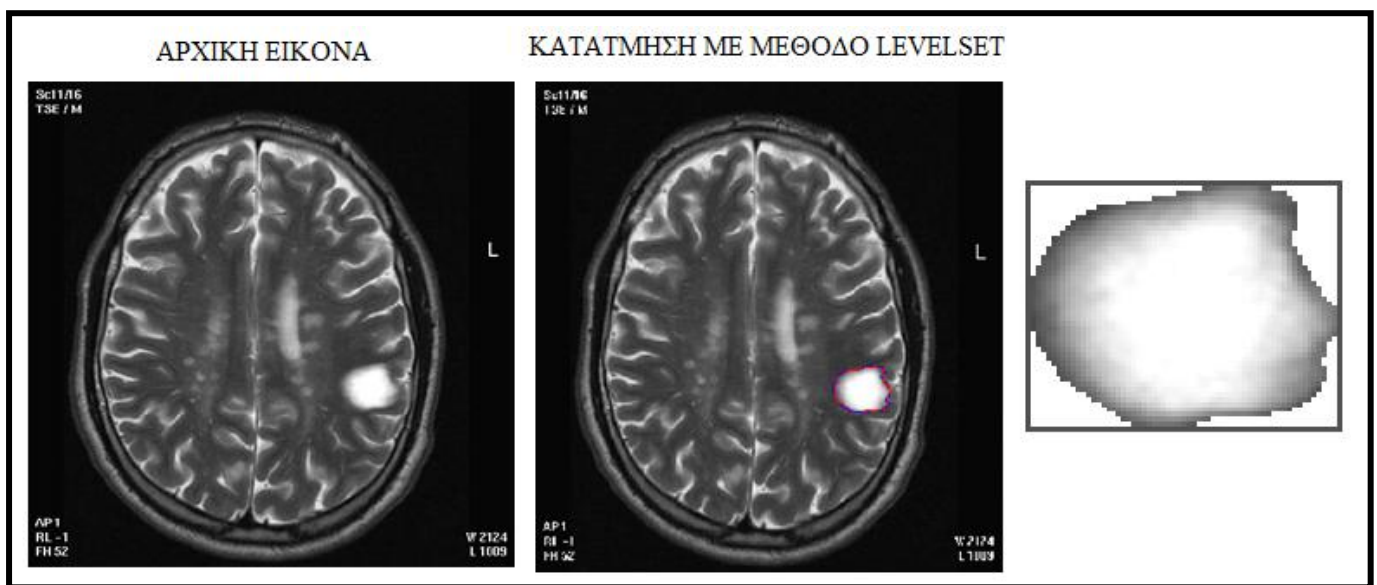
ΒΗΜΑ 1<sup>ο</sup> : Φόρτωση ιατρικής εικόνας MRI.

ΒΗΜΑ 2<sup>ο</sup> : Επιλογή Κανονικοποίησης

ΒΗΜΑ 3<sup>ο</sup> : Επιλογή επιθυμητής αρχικής περιοχής-περιγράμματος για κατάτμηση η οποία έχει βρεθεί χειροκίνητα.

ΒΗΜΑ 4<sup>ο</sup> : Οι συντεταγμένες του αρχικού περιγράμματος τροποποιούνται βάσει της Ιακωβιανής εξίσωσης. Ενδιάμεσα γίνεται χρήση γκαουσιανού φίλτρου. Προεπιλέγεται ο αριθμός των επαναλήψεων ( iterations ) .

ΒΗΜΑ 5<sup>ο</sup> : Παρουσιάζεται το νέο περίγραμμα, με διαφορετικό χρώμα από το παλιό, ώστε να μπορεί να γίνει και η σύγκριση.



Εικόνα 2.3.1.3 – Κατάτμηση με την μέθοδο Levelset

Στην Εικόνα 2.3.1.3 φαίνεται ο αλγόριθμος κατάτμησης του συνόλου επιπέδων (Levelset) έτσι όπως εκτελείται στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα. Με μπλε χρώμα είναι τα όρια της αρχικής περιοχής από χειροκίνητη κατάτμηση και το κόκκινο χρώμα το αποτέλεσμα της αυτόματης κατάτμησης όπως φαίνεται στο δεξί μέρος της εικόνας.

## 2.4 Αλγόριθμοι κατάτμησης

Σε αυτό το υποκεφάλαιο αναγράφεται η σημαντικότητα του σκοπού των αλγορίθμων κατάτμησης και δίνονται λεπτομέρειες για την ποικιλία μεθόδων κατάτμησης καθώς γίνεται αναφορά στον καθένα ξεχωριστά.

### 2.4.1 Σκοπός αλγορίθμων κατάτμησης

Σκοπός Αλγορίθμων-Μεθόδων Επεξεργασίας Ιατρικών Εικόνων είναι η εξαγωγή ποσοτικής και ποιοτικής πληροφορίας από ένα σύνολο πολυδιάστατων δεδομένων που περιλαμβάνουν μια δομή ή ένα σύστημα δομών ενδιαφέροντος. Αυτή η πληροφορία βοηθά στο να ληφθούν σημαντικά αποτελέσματα τα οποία συμβάλλουν στην καλύτερη αξιολόγηση της ασθένειας.

Πιο κάτω αναγράφονται διάφοροι αλγόριθμοι κατάτμησης με την περιγραφή τους όπως έχουν παρουσιαστεί στη βιβλιογραφία:

*Κατωφλίωση* : Αποτελεσματική τεχνική τμηματοποίησης που απεικονίζονται με αποχρώσεις του γκρι. Βασίζεται στο γεγονός ότι τα pixels του αντικειμένου μπορούν να διαχωριστούν από τα εικονοστοιχεία του φόντου με βάση τις τιμές των αποχρώσεων τους. Οι δοκιμές στις διάφορες ασθενείς εικόνες MT δείχνουν ότι τα μικρά ασθενή αντικείμενα εξάγονται επιτυχώς ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του υποβάθρου και της διαφοράς στα επίπεδα έντασης και τα μεγέθη κατηγορίας .[19]

*Ανάπτυξη περιοχών* : Ομαδοποίηση γειτονικών στοιχείων που έχουν ίσα ή πολύ κοντινά επίπεδα του γκρι. Οι περιοχές αυτές επεκτείνονται ενώνοντας τις με γειτονικές τους παρόμοιες. Εφαρμόστηκε σε ανατομικές ιατρικές εικόνες. Ως αποτελέσματα παρουσιάζονταν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων για τις ιατρικές εφαρμογές απεικόνισης .[20]

*Ενεργά περιγράμματα (Active Contours)* : Δίνεται μια κλειστή καμπύλη ή ένα σύνολο καμπύλων που εσωκλείει κάποια αρχική περιοχή επιθυμούμε να τις τροποποιήσουμε έως ότου μπου σε ευθυγράμμιση με τα περιγράμματα των προεξεχόντων αντικειμένων εικόνας. Η μέθοδος αυτή είναι βασισμένη στα Snakes. Χρησιμοποιήθηκε σε MT εικόνες που παρουσιάζουν τους όγκους, και είχε ως αποτέλεσμα τις πιθανότητες παρουσίας περιοχών όγκων .[21]

*Μέθοδος φιδιών (Snakes)* : Τα Snakes αποτελούν ένα είδος από εξελιγμένες τεχνικές με στόχο την βελτίωση της ακριβείας για τον προσδιορισμό μιας αρχικής εκτίμησης του περιγράμματος μιας δομής. Είναι καμπύλες ελαχιστοποίησης ενέργειας που παραμορφώνονται για να ταιριάξουν με τα χαρακτηριστικά της εικόνας. Έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν τα εμφανή χαρακτηριστικά της εικόνας όπως οι ακμές, οι γραμμές και τα περιγράμματα. Οι δοκιμές εκτελούνται σε 150 εικόνες που αποκτιούνται από δύο υγιείς εθελοντές. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα προτείνουν ότι οι προτεινόμενες μέθοδοι είναι ελπιδοφόρες και με την περαιτέρω ανάπτυξη και την επικύρωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για τον αυτόματο υπολογισμό του καρδιακού μέρους εκτίναξης. [15],[16]

*Μέθοδος των Duda και Hart* : Βασίζεται στον προσδιορισμό διαδρόμων με τη βοήθεια μιας επαναληπτικής διαδικασίας τμηματικής γραμμικής προσέγγισης. Χρήση σε εικόνες θορύβου. Αποτέλεσμα ήταν να καταφέρουν να αντισταθμίζουν το θόρυβο στις εικόνες [22].

*Μετασχηματισμός Hough (GHT)* : Είναι μια μέθοδος ανίχνευσης ευθειών γραμμών και καμπυλών σε εικόνες αποχρώσεις του γκρι. Εφαρμόστηκε στην καρδιακή εξαγωγή μορφών MT ως αρχικό βήμα για την περαιτέρω ιατρική κατάτμηση εικόνας. Είχε ως αποτέλεσμα το αυτόματο ταίριασμα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων [23].

*Μέθοδος Watershed* : Η γραμμή watershed (κρίσιμης καμπής) μιας επιφάνειας εικόνας ορίζεται για τις εικόνες επιπέδων του γκρι μέσω της έννοιας μιας λεκάνης συλλογής. Χρησιμοποιεί βασικές ακμές εντοπισμού ακμών και μαθηματικής μορφολογίας για τον διαχωρισμό ομογενών περιοχών. Χρήση σε τρισδιάστατες εικόνες. Προσπάθησαν να υπογραμμίσουν τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν και να εξηγήσουν εν συντομία τις προτεινόμενες λύσεις [20],[24].

*Μέθοδος συνόλων επιπέδων (Levelsets)* : Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει ζώνες που δεν οριοθετούνται από ακμές αλλά από την απόκλιση της μέσης τιμής έντασης. Οι Chan & Vese προτείνουν τον καθορισμό συνόλων επιπέδου που βασίζεται στην Ιακωβιανή συνάρτηση που συγκροτείται από ένα ομαλοποιημένο όρο και οδηγεί τα περιγράμματα στο να εσωκλείσουν μια περιοχή της εικόνας. Εφαρμογή σε δυσδιάστατες και τρισδιάστατες εικόνες MT. Με αποτέλεσμα μια αποδοτική περιγραφή ενός αποτελεσματικού αλγορίθμου που χρησιμοποιεί μια αντιπροσώπευση τέμνοντας καμπύλης [18].

*Ανίχνευση ακμών* : Αλγόριθμος στον οποίο ορίζεται προσανατολισμός κάθε σημείου περιγράμματος σε σχέση με το σύστημα συντεταγμένων του επιπέδου εικόνας. Μέγιστη μεταβολή φωτεινής έντασης παρουσιάζεται στη κάθετη στο περίγραμμα εικόνα. Η ανίχνευση ακμών γίνεται με την μέθοδο της παραγώγου (κλίσης) και της λαπλασιανής. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε εικόνα μαγνητικής τομογραφίας εγκεφάλου ενός δωδεκάχρονου ασθενή αφού είχε υποστεί το κτύπημα. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης σε σύγκριση με τη

χειρωνακτική κατάτμηση των ίδιων στοιχείων παρουσιάζουν την αποτελεσματικότητα και ακρίβεια της πιο πάνω μεθόδου [25].

## **2.5 Επιλογή αλγορίθμων κατάτμησης για ενσωμάτωση σε ολοκληρωμένο σύστημα κατάτμησης Εστιών**

Μετά από μια πληθώρα δοκιμασιών από το σύνολο των υφιστάμενων αλγορίθμων κατάτμησης, επιλέχθηκαν δύο αλγόριθμοι τα ενεργά περιγράμματα και η μέθοδος συνόλου επιπέδων οι οποίοι θεωρήθηκαν οι καταλληλότεροι αλγόριθμοι για ενσωμάτωση στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα εφόσον είχαν πολύ καλά αποτελέσματα κατάτμησης εστιών σε σύντομο χρόνο. Οι δοκιμασίες για την επιλογή των αλγορίθμων κατάτμησης για ενσωμάτωση σε ολοκληρωμένο σύστημα κατάτμησης εστιών έγιναν με διάφορες εικόνες MT και με βάση τις παραμέτρους που είχε ο κάθε αλγόριθμος αντίστοιχα. Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα του κάθε αλγορίθμου προσπαθήσαμε να εστιάσουμε την προσοχή μας στην ορθότητα του τελικού αποτελέσματος που είχε ο κάθε αλγόριθμος ξεχωριστά. Αυτοί οι δυο συγκεκριμένοι αλγόριθμοι είναι τελευταίας εξέλιξης και μπορούν να λειτουργήσουν ακόμη και σε περιοχές με αιχμηρές γωνίες ώστε να ανιχνεύσουν με απόλυτη ακρίβεια την περιοχή ενδιαφέροντος. Παραμορφώνονται με γρήγορο τρόπο προσπαθώντας να πάρουν με λεπτομέρεια τα όρια της αρχικής περιοχής που τους δίνετε ως είσοδος. Είναι αλγόριθμοι που μπορείς να τους τροποποιήσεις, με βάση διάφορες παραμέτρους εισόδου με τις οποίες γίνονται οι εσωτερικοί υπολογισμοί τους, και να επιτύχουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα κατάτμησης με διαφορετικές εικόνες μαγνητικής τομογραφίας.

## **2.6 Χαρακτηριστικά υφής και γεωμετρικά χαρακτηριστικά**

Η εικόνα περιέχει πληροφορίες που είναι δύσκολο να αναγνωριστούν με μια απλή παρατήρηση. Συνεπώς χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι χαρακτηριστικών υφής για να χαρακτηρίσουν την εικόνα και να εξάγουν πληροφορίες για το περιεχόμενό της. Τα χαρακτηριστικά υφής εξάγονται μέσω κάποιων εξισώσεων οι οποίες συνήθως δέχονται σαν είσοδο τις τιμές του γκριζού που αποτελείται η εικόνα την μέση τιμή του γκρι και άλλες πολλές συνιστώσες. Οι αλγόριθμοι εξαγωγής χαρακτηριστικών υφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δισδιάστατο ή τρισδιάστατο μοντέλο απεικόνισης. Μπορούν να περιγράψουν με μεγάλη ακρίβεια την υφή της περιοχής ενδιαφέροντος και να της δώσουν μια μοναδική ταυτότητα. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά είναι διακριτά στο μάτι και έχουν να κάνουν με την εύρεση της ακτίνας της περιμέτρου του εμβαδού και διαμέτρου της κατατμηθείσας περιοχής. Χαρακτηρίζονται από εξισώσεις που δέχονται σαν είσοδο τις συντεταγμένες της περιοχής ενδιαφέροντος. Και αυτά έχουν σκοπό να εξάγουν κάποια αριθμητική πληροφορία για την ουλή της

ΠΣ. Πιο κάτω αναγράφονται οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο σύστημα για την εξαγωγή χαρακτηριστικών υφής και γεωμετρικών χαρακτηριστικών.[26]

**Χαρακτηριστικά υφής :** [27] [28] [29]

- Στατιστικές μέθοδοι (First Order Statistics-FOS)
- Γεωμετρικές - δομικές μέθοδοι (Spatial Gray Level Dependence Matrices - SGLDM ), στις οποίες πραγματοποιείται η κατανομή των κατασκευαστικών στοιχείων της εικόνας οπότε η περιγραφή της υφής γίνεται μέσα από ισαπέχουσες παράλληλες γραμμές.
- Μέθοδοι βασισμένοι σε μοντελοποίηση (Neighborhood Gray Tone Difference Matrix - NGTDM)
- Φασματικές μέθοδοι (Statistical Feature Matrix – SFM), οι οποίες βασίζονται κυρίως στις ιδιότητες του φάσματος Fourier και χρησιμοποιούνται πρωταρχικά για να ανιχνεύσουν περιοδικότητα στην εικόνα.

Στατιστικές μέθοδοι :

- 1) *Μέσος όρος* (Mean) : Αυτή η παράμετρος περιγράφει το μέσο όρο των γκρι επιπέδων στα εικονοστοιχεία της περιοχής ενδιαφέροντος.

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N I_j$$

N : συνολικό αριθμό των ιχνοστοιχείων

I<sub>j</sub>: τιμή εικονοστοιχείου σε κάθε σημείο της εικόνας

- 2) *Μέση τιμή* (Median) : Είναι μέση τιμή των γκρι επιπέδων της περιοχής ενδιαφέροντος.

Γεωμετρικές - δομικές μέθοδοι (by Haralick 1973) :

Ορισμοί :

- $p(i,j)$  : Κανονικοποιημένες τιμές

Είναι ένας μονοδιάστατος πίνακας που υπολογίζεται από την άθροιση των στηλών του  $p(i,j)$ .

- $p_{x+y}(k) = \sum_{\substack{i=1 \\ i+j=k}}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad , \quad k = 2, 3, \dots, 2N_g$

- $p_{x-y}(k) = \sum_{\substack{i=1 \\ |i-j|=k}}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \quad , \quad k = 0, 1, \dots, N_g - 1 .$

- $N_g$  : Αριθμός διακριτών αποχρώσεων του γκρι

- $\sum_i = \sum_{i=1}^{N_g} \quad , \quad \text{και} \quad \sum_j = \sum_{j=1}^{N_g} .$

- $\mu =$  μέσος όρος

1) *Angular second moment (ASM)* : Είναι μια μέτρηση για την ομογένεια της εικόνας.

$$f_1 = \sum_i \sum_j \{p(i, j)\}^2$$

2) *Αντίθεση (Contrast - Contr)* : Είναι μια μέτρηση των τοπικών διακυμάνσεων που παρουσιάζονται στην εικόνα.

$$f_2 = \sum_{i=1}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{\substack{i=1 \\ |i-j|=n}}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \right\}$$

3) *Άθροισμα τετραγώνων διασποράς (Sum of squares : variance - SOSV)* :

$$f_4 = \sum_i \sum_j (i - \mu)^2 p(i, j)$$

4) *Inverse difference moment (IDM)* :

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} p(i, j)$$

5) *Άθροισμα μέσου* (Sum average - SAVER) :

$$f_6 = \sum_{i=2}^{2N_g} i p_{x+y}(i)$$

6) *Άθροισμα διασποράς* (Sum variance - SVAR) :

$$f_7 = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_6)^2 p_{x+y}(i)$$

7) *Άθροισμα εντροπίας* (Sum entropy - SENTR) :

$$f_8 = \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log\{p_{x+y}(i)\}$$

8) *Εντροπία* (Entropy - ENTR) :

$$f_9 = \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$$

9) *Διαφορά διασποράς* (Difference variance - DVAR) :  $f_{10}$  = variance of  $p_{x-y}$

$$\text{Διασπορά (Variance)} : \sigma^2 = \frac{\left[ \sum_i \sum_j (g(i, j) - \mu)^2 \right]}{N^2}$$

Μέθοδοι βασισμένοι σε μοντελοποίηση (by Amadasun and King 1989) :

1) *Τραχύτητα* (Coarseness - Coars) :  $G_h$  η πιο ψηλή τιμή τόνου του γκρι και 'ε' μια μικρή τιμή για να μην πάει το  $f_{cos}$  στο άπειρο.

$$f_{cos} = \left[ \varepsilon + \sum_{i=0}^{G_h} p_i s(i) \right]^{-1}$$

$$s(i) = \sum |i - \bar{A}_i| \quad , \quad \text{για } i \in N_i \text{ if } N_i \neq 0,$$

$$s(i) = 0 \quad , \quad \text{εναλλακτικά}$$

$$\bar{A}_i = \bar{A}(k, l) = \frac{1}{W-1} \left[ \sum_{m=-d}^d \sum_{n=-d}^d f(k+m, l+n) \right]$$

$$d=1$$

$$W=(2d+1)^2$$

$$(m, n) \neq (0, 0)$$

$f(k, l)$  : γκριζος τόνος ενός εικονοστοιχείου

$$p_i = N_i / n^2 \quad , \quad \text{where } n = N - 2d$$

$N_i$  : είναι το σύνολο όλων των εικονοστοιχείων που έχουν γκρι τόνο  $i$ .

2) *Αντίθεση* (Contrast - Contr) :

$$f_{con} = \left[ \frac{1}{N_g(N_g - 1)} \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} p_i p_j (i - j)^2 \right] \left[ \frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{G_h} s(i) \right]$$

όπου  $N_g$  είναι ο συνολικός αριθμός των διαφορετικών αποχρώσεων του γκρι χρώματος που υπάρχουν στην εικόνα.

3) *Busyness* (Busyn) : Χαρακτηριστικό υφής υπεύθυνο για το αν υπάρχουν απότομες αλλαγές της έντασης του ενός εικονοστοιχείου με τα γειτονικά του.

$$f_{bus} = \left[ \sum_{i=0}^{G_h} p_i s(i) \right] / \left[ \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} i p_i - j p_j \right] \quad , \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0$$

4) Πολυσύνθεση ( Complexity - Compl) :

$$f_{com} = \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} \{(|i-j|)/(n^2(p_i+p_j))\} \{p_i s(i) + p_j s(j)\} , \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0$$

5) Δύναμη (Strength - Strngth) :

$$f_{str} = \left[ \sum_{i=0}^{G_h} \sum_{j=0}^{G_h} (p_i + p_j)(i-j)^2 \right] \left[ \varepsilon + \sum_{i=0}^{G_h} s(i) \right] , \quad p_i \neq 0, p_j \neq 0$$

### Φασματικές μέθοδοι :

1) *Περιοδικότητα* (Periodicity - Period) : Μετρά την περιοδικότητα εμφάνισης των επαναλαμβανόμενων μοτίβων στην εικόνα.

$$F_{PER} = \frac{\overline{M}_{dss} - M_{dss}(\text{valley})}{\overline{M}_{dss}}$$

$M_{dss}$  : μήτρα που περιέχει στοιχεία (i,j)

$\overline{M}_{dss}$  είναι ο μέσος όρος όλων των στοιχείων της  $M_{dss}$  και το  $M_{dss}(\text{valley})$  η πιο βαθιά κοιλάδα της μήτρας.

2) *Τραχύτητα* (Roughness - Rough) :

$$F_{RGH} = (D_f^{(h)} + D_f^{(v)}) / 2$$

$D_f$  : Κλασματική διάσταση οριζόντιων και κατακόρυφων κατευθύνσεων.

## Γεωμετρικά χαρακτηριστικά [11] :

Ακτίνα x : Αρχικά παίρνουμε το κεντρικό σημείο της καταμηθείσας περιοχής με τη βοήθεια της μεθόδου `regionprops` η οποία προσφέρεται από το λογισμικό `matlab` και της δίνουμε ως είσοδο το `'centroid'` και την καταμηθείσα περιοχή. Στην συνέχεια βρίσκουμε το μέγιστο σημείο x της καταμηθείσας περιοχής και έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε με την αφαίρεση των δύο αυτών σημείων την ακτίνα στον άξονα x.

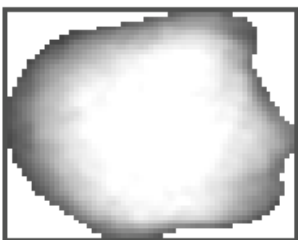
Ακτίνα y : Αρχικά παίρνουμε το κεντρικό σημείο της καταμηθείσας περιοχής με τη βοήθεια της μεθόδου `regionprops` η οποία προσφέρεται από το λογισμικό `matlab` και της δίνουμε ως είσοδο το `'centroid'` και την καταμηθείσα περιοχή. Στην συνέχεια βρίσκουμε το μέγιστο σημείο y της καταμηθείσας περιοχής και έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε με την αφαίρεση των δύο αυτών σημείων την ακτίνα στον άξονα y.

Περίμετρος : Υπολογίζουμε την περίμετρο της καταμηθείσας περιοχής με τη βοήθεια της μεθόδου `regionprops` η οποία προσφέρεται από το λογισμικό `matlab` και της δίνουμε ως είσοδο το `'Perimeter'` και την καταμηθείσα περιοχή.

Εμβαδόν : Υπολογίζουμε το εμβαδόν της καταμηθείσας περιοχής με τη βοήθεια της μεθόδου `regionprops` η οποία προσφέρεται από το λογισμικό `matlab` και της δίνουμε ως είσοδο το `'Area'` και την καταμηθείσα περιοχή.

Διάμετρος x : Εφόσον υπολογίζουμε την ακτίνα στον άξονα x το διπλάσιο αυτής αποτελεί την διάμετρο στον άξονα x.

Διάμετρος y : Εφόσον υπολογίζουμε την ακτίνα στον άξονα y το διπλάσιο αυτής αποτελεί την διάμετρο στον άξονα y.



Εικόνα 2.6.1 - Εστία ΠΣ

Στην Εικόνα 2.6.1 παρουσιάζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που αφορούν την συγκεκριμένη ουλή της ΠΣ στην εικόνα. Η x-άξονα & y-άξονα ακτίνα της εστίας της ΠΣ είναι 35.32 mm και 45.45 mm αντίστοιχα. Η περίμετρος της εστίας της ΠΣ είναι 284.14 mm. Η επιφάνεια της εστίας της ΠΣ είναι 3523.37 mm. Η x-άξονα & y-άξονα διάμετρος της εστίας της ΠΣ είναι 71.66 mm και 91.48 mm αντίστοιχα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

## 3.1 Δείγμα εικόνων - Εικόνες τύπου TIFF και DICOM

Κατά την διάρκεια της ερευνητικής μου εργασίας, μου δόθηκε δείγμα εικόνων που έχουν ληφθεί από ασθενείς στο Ινστιτούτο Νευρολογίας και Γενετικής στη Λευκωσία τύπου TIF από δύο διαφορετικές εξετάσεις 10 ασθενών. Ακόμη μου δόθηκαν και μερικά αρχεία τύπου DICOM. Όλες οι εικόνες είναι ασπρόμαυρου χρώματος (grayscale) έτσι όπως παράγονται και αποθηκεύονται κατά την μαγνητική τομογραφία.

Οι εικόνες αποτελούνται από μια μήτρα από τελείες - στοιχεία διαφορετικής πυκνότητας. Κάθε τέτοιο στοιχείο ονομάζεται εικονοστοιχείο (pixel). Κάθε εικονοστοιχείο μπορεί να οριστεί από τις  $x$  και  $y$  συντεταγμένες του και από μια τιμή αμαύρωσης. Τα περισσότερα εικονοστοιχεία προσθέτουν λεπτομέρειες στην εικόνα. Το μέγεθος ενός αρχείου εικόνας εξαρτάται εν μέρει από τη διακριτική ικανότητα της εικόνας. Όσο μεγαλύτερη η διακριτική ικανότητα, τόσο περισσότερα εικονοστοιχεία αποθηκεύονται και τόσο μεγαλύτερο γίνεται το αρχείο της εικόνας.

Το TIFF (Tag Image File Format) έχει γίνει ευρέως αποδεκτό και υποστηρίζεται σαν μορφή (format) εικόνας. Τα αρχεία εικόνων TIFF αποθηκεύονται συχνά σε μια μορφή "μόνο για ανάγνωση" προς αποφυγή τυχόν απώλειας σημαντικών πληροφοριών που εμπεριέχονται μέσα στο αρχείο. Το TIFF είναι μια δημοφιλής μορφή επειδή χρησιμοποιεί συμπίεση χωρίς απώλειες. Οι TIFF που χρησιμοποιούνται στο σύστημα είναι 512x512 (εικονοστοιχεία) διαστάσεων και μέγεθος 256kb.

Το DICOM είναι εξαιρετικά διαδεδομένο γι' αυτό και χρησιμοποιείται σε πολλές ιατρικές συσκευές. Ένα αρχείο DICOM αποτελείται από μια επικεφαλίδα (header) η οποία περιέχει συνοδευτικές πληροφορίες (π.χ.: στοιχεία ασθενούς) και ακολουθείται από τα δεδομένα της εικόνας. Οι DICOM που χρησιμοποιούνται στο σύστημα είναι 512x512 (εικονοστοιχεία) διαστάσεων και μέγεθος 4096kb.

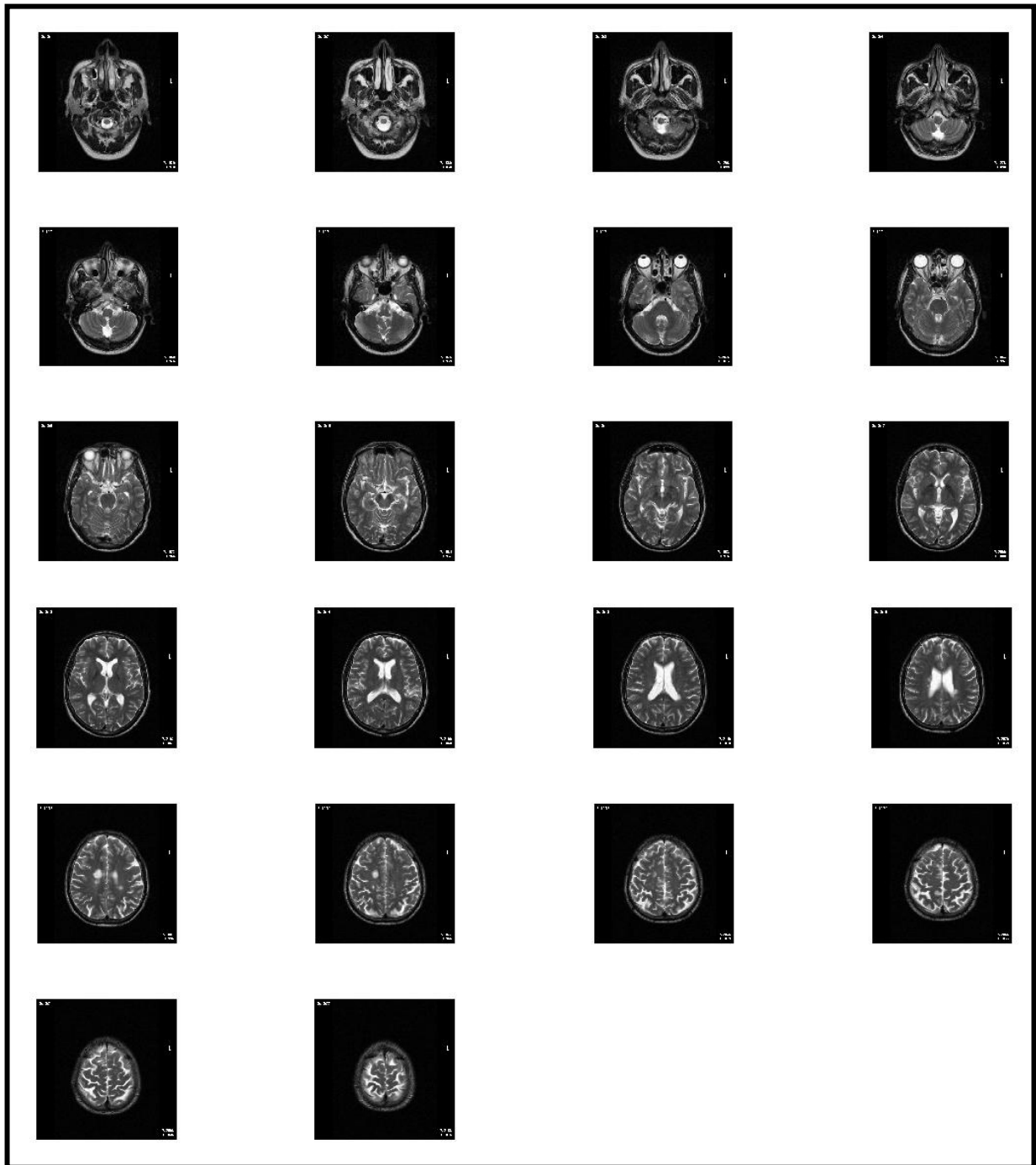
Το ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα ανίχνευσης ουλών είναι προσαρμοσμένο στο να δέχεται TIFF και DICOM και ο χρήστης έχει την ιδιότητα να επιλέξει με ποιο τύπο εικόνας θα δουλέψει.[30]

## 3.2 Δείγμα ασθενών

Ο κάθε ασθενής έχει δικό του αρχείο ιατρικών εικόνων MRI το οποίο αποτελείται από δυο σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα εξετάσεις (0 μήνες και 6 μήνες). Πιο κάτω φαίνεται ένα δείγμα της εξέτασης 1 και της

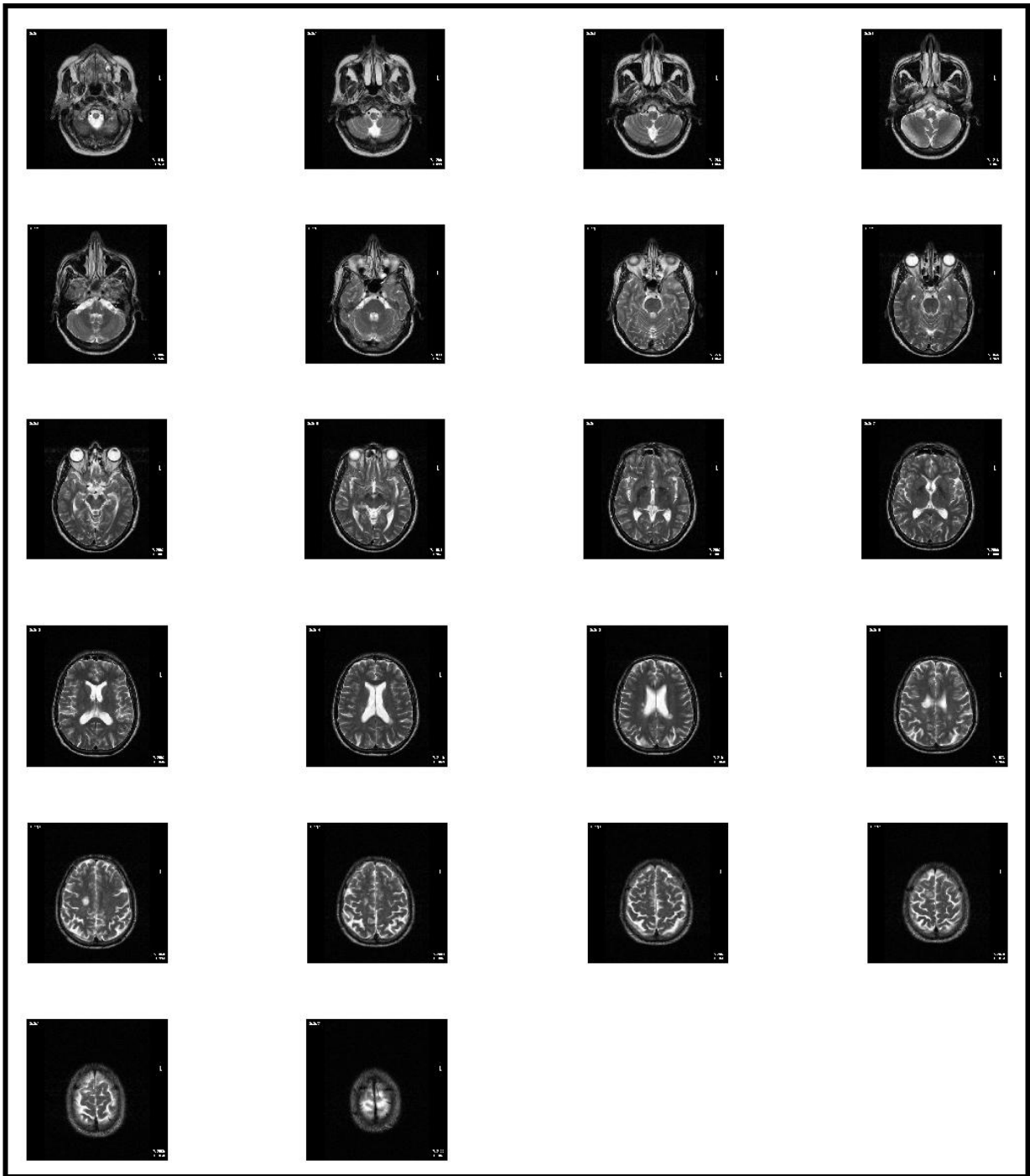
εξέτασης 2 του ασθενή 1 22 ιατρικών εικόνων τύπου TIFF. Κάθε αρχείο ασθενή μπορεί να περιέχει 22 τομές εγκεφάλου ή 28 τομές εγκεφάλου ενώ τα αρχεία DICOM 27 τομές εγκεφάλου.

1<sup>η</sup> Εξέταση Ασθενή 1 :



Εικόνα 3.2.1 – Δείγμα ασθενή 1 εξέτασης 1

2<sup>η</sup> Εξέταση Ασθενή 1:

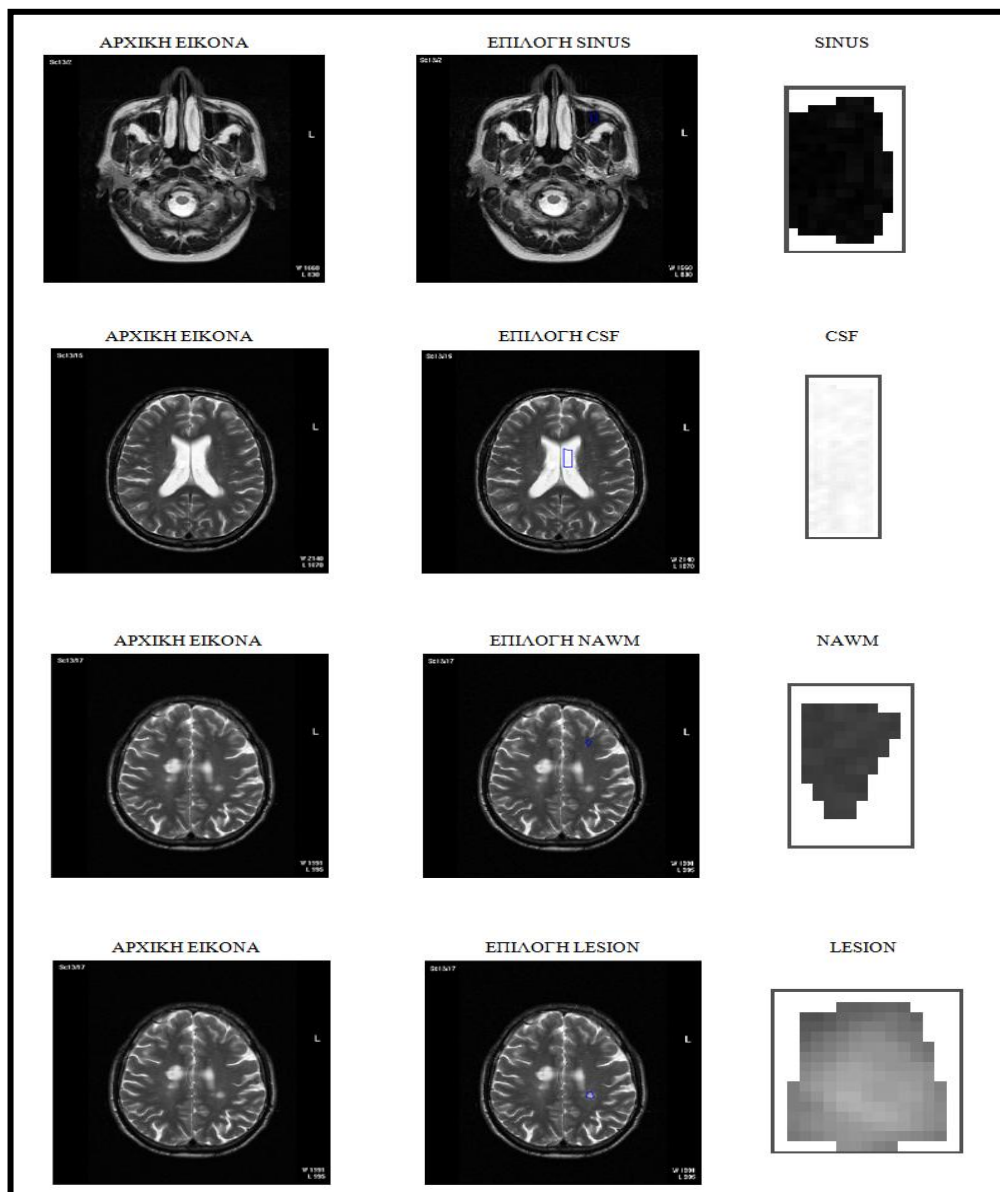


Εικόνα 3.2.2 – Δείγμα ασθενή 1 εξέτασης 2

### 3.3 Χειροκίνητη κατάτμηση

Η χειροκίνητη κατάτμηση των ουλών (Lesions) του κάθε ασθενή δόθηκε από συγκεκριμένο γιατρό (Νευρολόγο) σε μορφή αρχείου plq. Τα Lesions είναι ένας χειροκίνητος προσδιορισμός και αποτελούν τα πραγματικά βλαβερά στίγματα (Ground truth) του κάθε ασθενή. Η κάθε τομή του εγκεφάλου του ασθενή μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα ή κανένα Plq. Τα χρησιμοποιούμε για να αρχικοποιήσουμε τους αυτόματους αλγόριθμους στο σύστημα και έτσι να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των χειροκίνητων στιγμάτων με τα αυτοματοποιημένα. Σε μορφή Plq έχουν δοθεί και τα πιο μαύρα κομμάτια (Sinus) τα πιο άσπρα (CSF) και τα υγιή μέρη (NAWM) της κάθε τομής εγκεφάλου του κάθε ασθενή.

Στην πιο κάτω εικόνα παρουσιάζονται οι 4 μορφές Plq :



Εικόνα 3.3.1.1 - Μορφές Plq

### 3.4 Οπτική παρατήρηση για αποτίμηση των μεθόδων

Η οπτική παρατήρηση αποτελεί εργαλείο εξαιρετικής σημασίας γιατί μας επιτρέπει πιο εύκολα τον συσχετισμό των δεδομένων από διάφορους παρατηρητές για τον υπολογισμό της δραστηριότητας κάποιου συστήματος. Σημαντικό ρόλο παίζει η εμπειρία του παρατηρητή στην οπτική παρατήρηση. Φυσικά πρέπει ο παρατηρητής να είναι γνώστης και ειδικός στην διαχείριση του αντικειμένου .

Στην προκειμένη περίπτωση το αυτοματοποιημένο ολοκληρωμένο σύστημα αποτιμήθηκε από ειδικούς γιατρούς, συγκεκριμένα νευρολόγους οι οποίοι γνωρίζουν εις βάθος το πρόβλημα της ΠΣ και από ειδικά άτομα με γνώση της χρηστικότητας του συστήματος.

Στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα ανίχνευσης ουλών εκτός από τις προαναφερθείσες μεθόδους κατάτμησης ενσωματώθηκε και χειροκίνητη μέθοδος κατάτμησης με την οποία οι ειδικοί της ΠΣ έχουν την δυνατότητα να αποτιμήσουν τις αυτόματες μεθόδους του συστήματος. Χρησιμοποιήθηκαν τα χειροκίνητα αποτελέσματα (manual delineations) των ειδικών ως μέτρο σύγκρισης των αυτόματων αποτελεσμάτων.

### 3.5 Μέτρα αποτίμησης αλγορίθμων

#### α ) Οπτικά μέτρα αποτίμησης

Τα οπτικά μέτρα αποτίμησης των αυτοματοποιημένων μεθόδων κατάτμησης έχουν να κάνουν με την οπτική παρατήρηση και αντίληψη του αποτελέσματος αυτόματης κατάτμησης της ουλής. Γίνεται σύγκριση της χειροκίνητης δέσμησης της ουλής με την αυτοματοποιημένη. Στην ουσία παρατηρείται αν η ουλή της ΠΣ κατατμήθηκε το ίδιο σωστά μεταξύ της χειροκίνητης μεθόδου και των δύο αυτοματοποιημένων μεθόδων. Τα αποτελέσματα της κατάτμησης φαίνονται καλύτερα στο υποκεφάλαιο 4.1 του κεφαλαίου 4.

#### β ) Μετρίσιμα μέτρα αποτίμησης

*Μετρήσεις λάθους* : αποτελούν κάποιες μετρήσεις αποστάσεων μεταξύ των σημείων (x,y) της χειροκίνητης περιοχής ενδιαφέροντος με την αυτόματη περιοχή ενδιαφέροντος. Όσο πιο μεγάλες οι αποστάσεις διαμέσου των δύο αυτών περιοχών τόσο περισσότερη διαφορά θα έχει το αποτέλεσμα της χειροκίνητης κατάτμησης με την αυτοματοποιημένη δηλαδή η αυτόματη μέθοδος δεν μπόρεσε να ανιχνεύσει την ουλή ακριβώς όπως η χειροκίνητη μέθοδος.[31] [32]

Έστω ότι  $S_1$  τα  $x_i$  και  $y_i$  σημεία της αυτόματης κατάτμησης και  $S_2$  τα  $x_i$  και  $y_i$  σημεία της χειροκίνητης κατάτμησης. Και επίσης η πιο μικρή απόσταση σημείων του χειροκίνητου περιγράμματος :

$$d(x_i, S_2) = \min_j \|y_j - x_i\|_2$$

*Average error (AV)* : μέση απόσταση λάθους μεταξύ του  $S_1$  και  $S_2$ .  $N$  το σύνολο των στοιχείων.

$$d_{AV}(S_1, S_2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d(x_i, S_2)$$

*Hausdorff distance (HDF)* : η πιο μέγιστη απόσταση μεταξύ του  $S_1$  και  $S_2$ .

$$d_{HDF}(S_1, S_2) = \max\{\max_i d(x_i, S_2), \max_j d(y_j, S_1)\}$$

*Hammoude distance (HMD)* [33] : Όπου  $R_{S_1}$  : περιοχή από αυτόματη κατάτμηση

# : αριθμός των εικονοστοιχείων

$$d_{HMD}(S_1, S_2) = \frac{\#((R_{S_1} \cup R_{S_2}) - (R_{S_1} \cap R_{S_2}))}{\#(R_{S_1} \cup R_{S_2})}$$

*Sum of square distances (MSSD)*: [31, 34]

$$d_{MSSD}(S_1, S_2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|x_i - y_i\|^2$$

*Mean absolute distance (MAD)*: [35]

$$d_{MAD}(S_1, S_2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|x_i - y_i\|$$

γ ) Μετρήσεις χαρακτηριστικών υφής και γεωμετρικών χαρακτηριστικών

Έχουν υπολογιστεί 18 μετρήσεις χαρακτηριστικών υφής και 6 μετρήσεις γεωμετρικών χαρακτηριστικών υφής για την χειροκίνητη μέθοδο και για τις δύο αυτόματες μεθόδους. Πρέπει τα αυτοματοποιημένα αριθμητικά

αποτελέσματα να είναι όσον το δυνατό πιο κοντά στα χειροκίνητα αριθμητικά αποτελέσματα ούτως ώστε να πιστοποιείται η ορθότητα των αλγορίθμων.

*Wilcoxon rank sum test* [11] : είναι μια στατιστική δοκιμή η οποία εφαρμόζεται όταν οι μετρήσεις είναι κατά ζεύγη. Σκοπός εδώ είναι να βρεθούν κατάλληλα χαρακτηριστικά τα οποία θα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ της πρώτης και δεύτερης εξέτασης. Γίνεται σύγκριση των τιμών των διάφορων χαρακτηριστικών της πρώτης και δεύτερης εξέτασης. Αν το αποτέλεσμα του *Wilcoxon rank sum test* είναι  $< 0.05$  (δηλαδή  $S/D : 1$  διαφορετικά  $S/D : 0$ ) τότε το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό μπορεί να οριστεί ως το χαρακτηριστικό που δείχνει σημαντική διαφορά μεταξύ των εξετάσεων στους 0 μήνες και 6 μήνες.

*Κανονική κατανομή* [11] : Εξάγονται οι γραφικές παραστάσεις όλων των χαρακτηριστικών για να δειχθεί αν ακολουθούν κανονική κατανομή (Gaussian-Normal distribution). Όταν το ιστόγραμμα συχνοτήτων των ποσοτικών μεταβλητών έχει το σχήμα “καμπάνας”, τότε λέμε ότι τα δεδομένα ακολουθούν την κανονική κατανομή ή κατανέμονται κανονικά. Ο λόγος που χρειαζόμαστε την κανονικότητα των δεδομένων, είναι για να έχουν ισχύ οι στατιστικές τεχνικές. Η γκαουσιανή κατανομή υπολογίζεται ως εξής :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

δ ) Ποσοστά μετρήσεων ορθής κατάτμησης [29]:

$P_{1q}$  : Αποτέλεσμα χειροκίνητης κατάτμησης

$Seg$  : Αποτέλεσμα αυτόματης κατάτμησης

*True Positive Fraction (TPF)* : Όταν ο ειδικός έχει ανιχνεύσει  $P_{1q}$  (περιοχή από χειροκίνητη κατάτμηση) και η υπολογιστική μας αυτόματη μέθοδος (snake, levelset) έχει ανιχνεύσει.

$$TPF = \frac{|Seg \cap P_{1q}|}{|P_{1q}|}$$

*False Positive Fraction (FPF)* : Όταν ο ειδικός δεν έχει ανιχνεύσει  $P_{1q}$  (περιοχή από χειροκίνητη κατάτμηση) και η υπολογιστική μας αυτόματη μέθοδος (snake, levelset) έχει ανιχνεύσει.

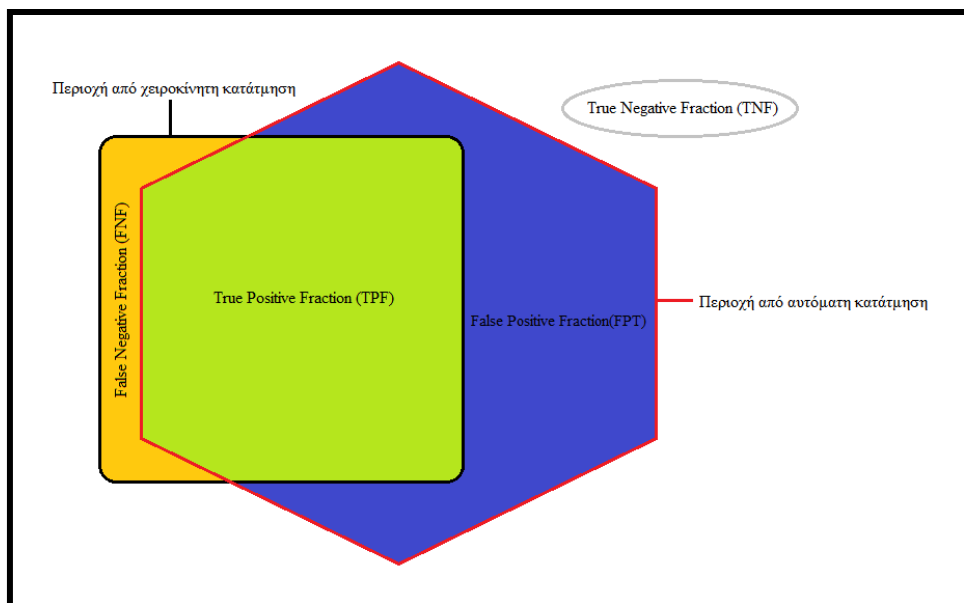
$$FPF = \frac{|Seg - P_{1q}|}{|P_{1q}|}$$

*False Negative Fraction (FNF)*: Όταν ο ειδικός έχει ανιχνεύσει  $plq$  (περιοχή από χειροκίνητη κατάτμηση) και η υπολογιστική αυτόματη μέθοδος δεν έχει ανιχνεύσει.

$$FNF = \frac{|Seg \cap Plq|}{|Seg|}$$

*True Negative Fraction (TNF)*: Όταν ο ειδικός δεν έχει ανιχνεύσει  $plq$  και η υπολογιστική αυτόματη μέθοδος δεν έχει ανιχνεύσει.

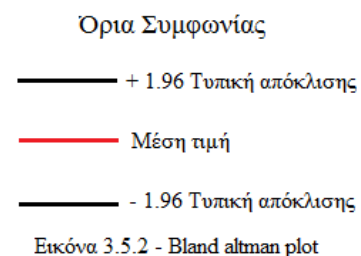
$$TNF = \frac{|Seg - Plq|}{|Seg|}$$



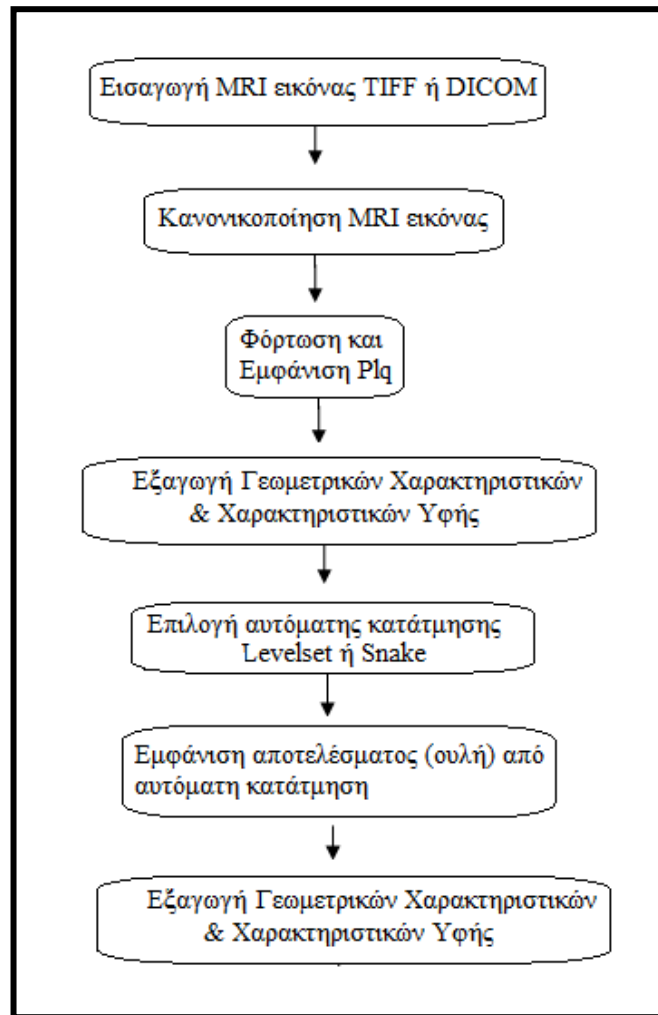
Εικόνα 3.5.1 – Μετρήσεις κάλυψης της ουλής

Πρέπει οι μετρήσεις  $TPF \approx 1$ ,  $FNF \approx 0$ ,  $TNF \approx 1$ ,  $FPF \approx 0$  για να εξακριβώσουμε ότι οι αυτόματες κατατμήσεις κινήθηκαν όπως την επιθυμητή χειροκίνητη κατάτμηση.

*Bland Altman plots* [11]: είναι γραφικές οι οποίες δείχνουν κατά πόσο εμπεριέχονται στα όρια συμφωνίας μια μέθοδος με την άλλη. Εξάγονται οι γραφικές και ελέγχεται αν συμφωνούν οι τιμές του χειροκίνητου περιγράμματος με εκείνες του αποτελέσματος του αυτόματου περιγράμματος.



### 3.6 Λογικό διάγραμμα του συστήματος



Εικόνα 3.6.1 – Λειτουργία Συστήματος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όλα τα αποτελέσματα έχουν παρθεί από την εφαρμογή ιατρικών εικόνων στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα. Οι ιατρικές εικόνες από 10 ασθενείς είναι τύπου TIF οι οποίοι εξετάστηκαν σε δύο χρονικά διαστήματα στους 0 μήνες και στους 6 μήνες.



Εικόνα 4.1 – Στιγμιότυπο Συστήματος

Το σύστημα χωρίζεται σε 5 πάνελ :

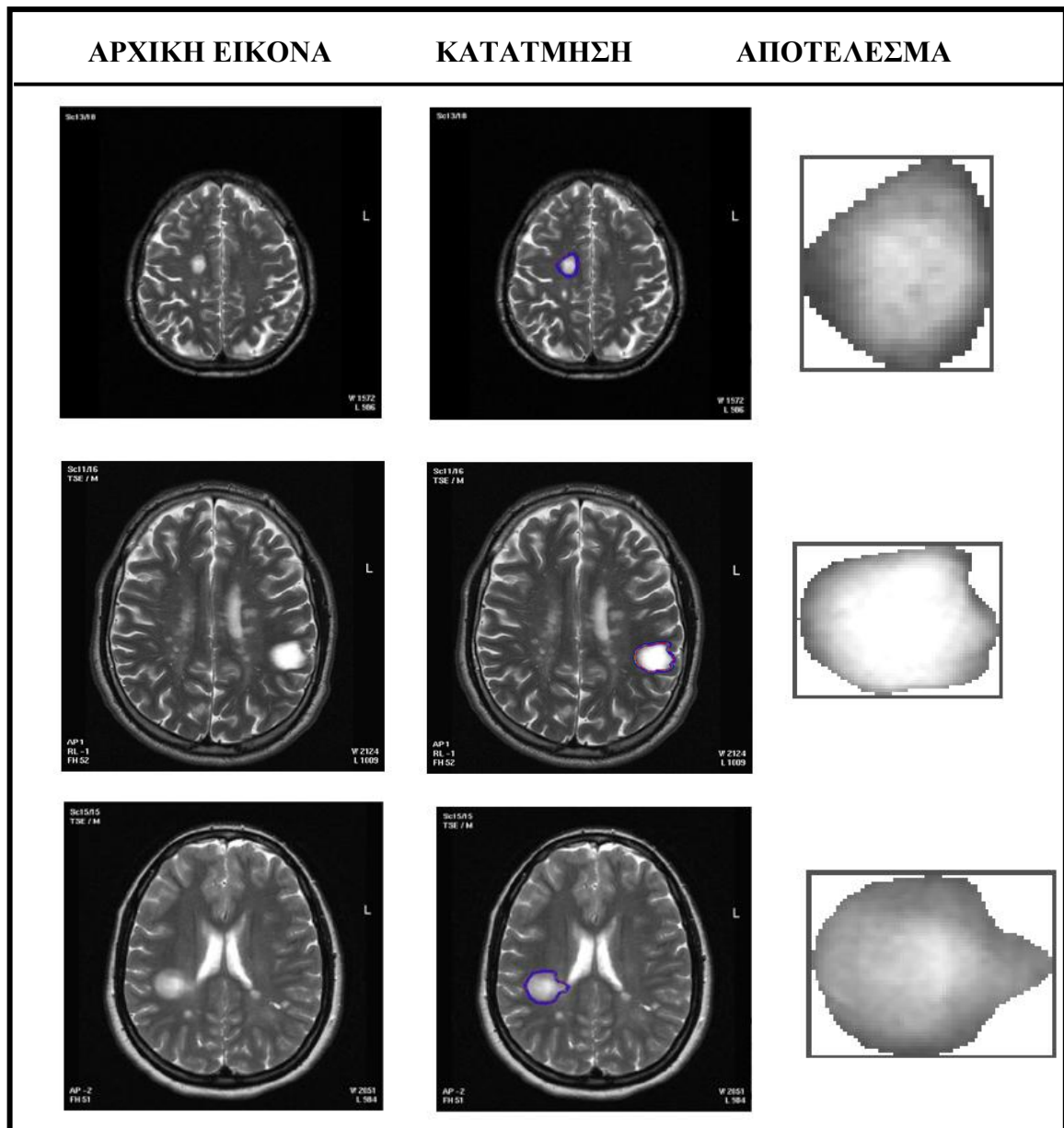
- 1) Image Load & Normalization, 2) Real Delineations, 3) Morphological Operations & Initializations, 4) Algorithms for Segmentation, 5) Characteristics of the Segmented Area.

Αρχικά ο χρήστης μπορεί να φορτώσει εικόνα MT τύπου TIF ή DICOM η οποία εμφανίζεται σε άξονα και έπειτα έχει την δυνατότητα να την κανονικοποιήσει. Στο πάνελ 2 ο χρήστης μπορεί να φορτώσει κάποια από τις μορφές Plo οι οποίες έχουν παρθεί χειροκίνητα και να εμφανιστεί σε άξονα. Ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει γεωμετρικά χαρακτηριστικά καθώς και χαρακτηριστικά υφής της μορφής Plo. Ακόμη αν δεν είναι διαθέσιμα τα Plo για κάποια εικόνα μπορεί από μόνος του να εντοπίσει την ουλή κάνοντας κάποια προ-επεξεργασία στο πάνελ 3. Στη συνέχεια αφού έχει φορτώσει το χειροκίνητο αποτέλεσμα μπορεί να επιλέξει μια από τις δύο αυτόματες μεθόδους των ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) και του συνόλου επιπέδων (Levelset). Στο τελευταίο πάνελ ο χρήστης μπορεί να εξάγει γεωμετρικά χαρακτηριστικά και υφής τα οποία αφορούν την κατατηθείσα περιοχή.

#### 4.1 Αποτελέσματα κατάτμησης με διάφορες μεθόδους

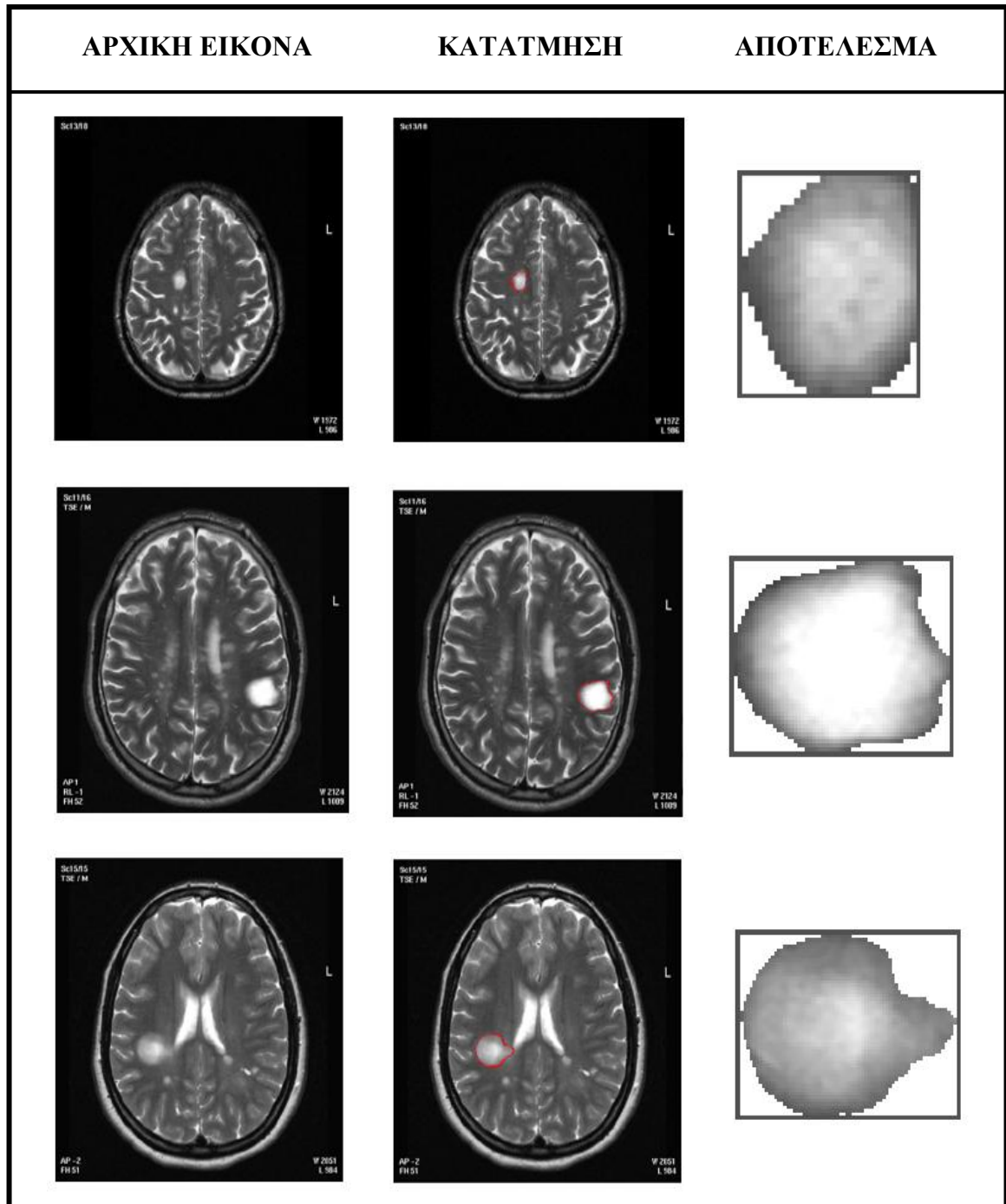
Στις πιο κάτω εικόνες φαίνονται καλύτερα πως η κάθε μέθοδος έχει κατατμήσει την εστία της πολλαπλής σκλήρυνσης. Αρχικά στο ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα φορτώνεται η εικόνα μαγνητικής τομογραφίας του ασθενή και αφού πρώτα κανονικοποιηθεί και φορτωθεί το χειροκίνητο αποτέλεσμα (όπως φαίνεται στη εικόνα 4.1.3 εκτελείται η κάθε μέθοδος αυτόματης κατάτμησης έτσι όπως φαίνεται στις εικόνες 4.1.1 και 4.1.2 . Το αποτέλεσμα είναι η εστία της πολλαπλής σκλήρυνσης.

α ) Μέθοδος Snake



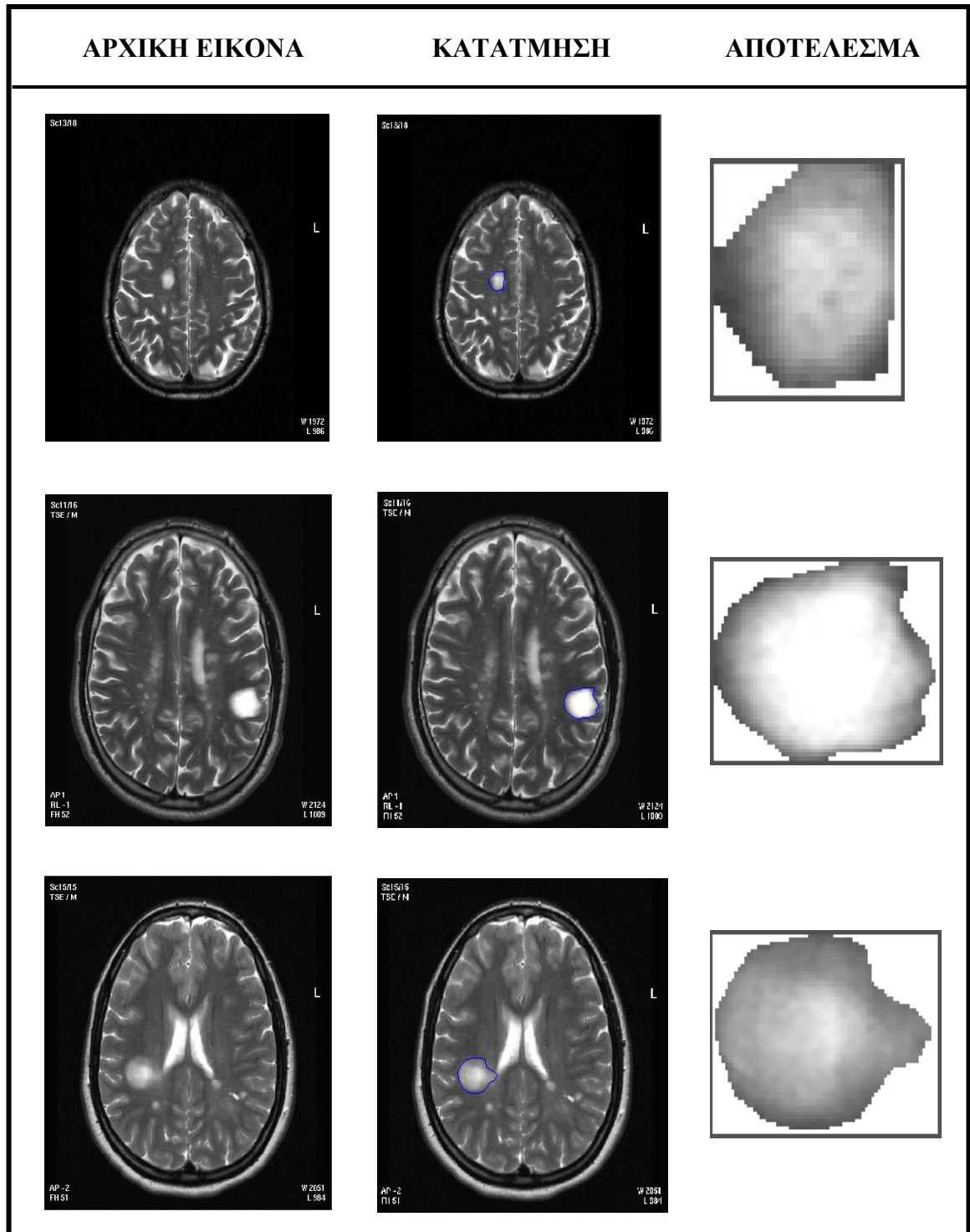
Εικόνα 4.1.1 – Κατάτμηση με μέθοδο Snake

β ) Μέθοδος Levelset



Εικόνα 4.1.2 – Κατάτμηση με μέθοδο Levelset

γ) Χειροκίνητη Μέθοδος



Εικόνα 4.1.3 – Κατάτμηση με Χειροκίνητη μέθοδο

## 4.2 Αποτελέσματα μέσω των όρων Χαρακτηριστικών Υφής

Αφού κατατμήθηκαν όλες οι εστίες της ΠΣ των 10 ασθενών της εξέτασης 1 (0 μήνες) και της εξέτασης 2 (6 μήνες) και με τις δύο αυτόματες μεθόδους κατάτμησης βρέθηκαν και τα 18 χαρακτηριστικά υφής για την κάθε μία. Ακολούθως βρέθηκε ο μέσος όρος όλων των χαρακτηριστικών υφής των εστίων της ΠΣ του κάθε ασθενή της εξέτασης 1 και της εξέτασης 2 από την κάθε αυτόματη μέθοδο κατάτμησης όπως φαίνονται στους πιο κάτω πίνακες :

### α) Μέθοδος Snake

#### Εξέταση 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(0)	Median(0)	ASM(0)	Contr(0)	SOSV(0)	IDM(0)	SAVER(0)	SVAR(0)	SENTR(0)
1	120,17	120,86	0,00	137,80	646,68	0,13	245,94	2448,90	4,34
2	103,76	104,82	0,00	77,68	354,79	0,16	212,54	1341,45	4,25
3	135,29	137,26	0,00	125,78	744,31	0,14	277,71	2851,44	4,51
4	128,57	128,40	0,01	98,77	379,35	0,13	262,84	1418,61	4,16
5	112,85	112,60	0,00	99,55	268,05	0,13	229,55	972,65	4,20
6	121,07	118,85	0,00	202,68	782,34	0,14	246,59	2926,66	4,43
7	125,02	124,33	0,00	68,26	605,74	0,16	255,80	2354,68	4,72
8	114,07	114,11	0,01	110,29	276,89	0,12	233,59	997,26	3,69
9	114,50	115,50	0,01	76,31	358,12	0,16	233,98	1356,15	4,14
10	108,13	108,70	0,01	54,93	237,16	0,17	221,09	893,71	4,16
SUM	1183,43	1185,43	0,05	1052,05	4653,40	1,42	2419,62	17561,50	42,60

Πίνακας 4.2.1 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(0)	DVAR(0)	Coars(0)	Contr(0)	Busyn(0)	Compl(0)	Strngth(0)	Period(0)	Rough
1	5,52	53,23	13,75	1,39	0,00	7141,42	59841,33	0,65	2,23
2	5,56	28,13	16,71	0,46	0,00	3142,52	45793,09	0,65	2,26
3	5,73	47,22	19,11	0,64	0,00	6902,91	92752,45	0,68	2,18
4	5,32	34,37	10,42	1,18	0,00	3177,68	17807,38	0,68	2,24
5	5,45	35,99	10,25	0,94	0,00	2903,41	12813,36	0,60	2,37
6	5,74	85,92	16,44	2,31	0,00	6865,00	85315,53	0,67	2,19
7	6,23	23,39	36,98	0,58	0,00	5279,93	170997,20	0,68	2,16
8	4,71	35,52	7,20	4,92	0,00	1981,78	11303,24	0,58	2,15
9	5,36	30,58	10,83	0,96	0,00	4808,43	34518,52	0,61	2,30
10	5,39	19,26	15,26	0,46	0,00	1992,34	21389,25	0,66	2,22
SUM	55,00	393,61	156,95	13,83	0,00	44195,40	552531,34	6,46	22,31

Πίνακας 4.2.2 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 1

## Εξέταση 2

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(6)	Median(6)	ASM(6)	Contr(6)	SOSV(6)	IDM(6)	SAVER(6)	SVAR(6)	SENTR(6)
1	113,850	114,070	0,007	92,371	546,589	0,127	233,535	2093,984	4,275
2	114,990	115,910	0,006	95,919	320,209	0,139	235,400	1184,919	4,152
3	130,920	133,530	0,003	143,392	778,751	0,128	268,715	2971,613	4,508
4	104,880	105,380	0,009	94,523	257,068	0,137	215,143	933,741	3,836
5	117,410	116,970	0,002	99,399	537,953	0,148	240,201	2052,411	4,575
6	122,700	125,530	0,000	70,126	412,910	0,150	251,378	1581,518	4,632
7	108,850	108,600	0,004	49,548	215,283	0,174	222,809	811,586	4,185
8	110,080	109,080	0,007	128,158	423,271	0,138	226,669	1564,926	4,089
9	101,360	101,120	0,005	53,465	210,205	0,150	206,730	787,370	4,015
10	116,420	117,400	0,003	76,498	375,689	0,150	237,702	1426,259	4,317
SUM	1141,460	1147,590	0,048	903,398	4077,928	1,441	2338,283	15408,326	42,583

Πίνακας 4.2.3 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 2

ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(6)	DVAR(6)	Coars(6)	Contr(6)	Busyn(6)	Compl(6)	Strngth(6)	Period(6)	Rough(6)
1	5,469	31,615	16,582	0,882	0,000	5814,455	81255,708	0,581	2,244
2	5,341	33,416	11,986	0,911	0,000	2478,823	21155,149	0,647	2,252
3	5,727	55,683	17,468	1,033	0,000	7658,098	88427,082	0,686	2,195
4	4,853	32,485	8,187	11,604	0,004	1661,730	10797,528	0,603	2,260
5	6,007	40,475	17,963	0,565	0,000	8196,412	74265,225	0,638	2,246
6	6,086	25,374	23,818	0,296	0,000	4066,282	67164,482	0,700	2,200
7	5,565	16,709	19,475	0,409	0,000	1672,899	27738,641	0,654	2,223
8	5,164	42,837	12,875	1,592	0,000	3374,709	27077,107	0,682	2,213
9	5,105	17,910	11,180	0,790	0,000	1580,360	10999,440	0,625	2,305
10	5,524	28,680	16,606	0,560	0,000	3697,632	37843,864	0,660	2,204
SUM	54,841	325,184	156,141	18,642	0,004	40201,400	446724,227	6,476	22,342

Πίνακας 4.2.4 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Snake εξέτασης 2

Εξέταση 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(0)	Median(0)	ASM(0)	Contr(0)	SOSV(0)	IDM(0)	SAVER(0)	SVAR(0)	SENTR(0)
1	123,445	123,589	0,006	145,798	559,279	0,130	251,764	2091,320	4,082
2	107,300	106,923	0,006	109,438	377,840	0,163	218,729	1401,919	4,133
3	134,123	135,095	0,005	116,103	643,258	0,145	273,588	2456,930	4,293
4	135,879	137,157	0,008	102,133	232,999	0,127	278,019	829,859	3,920
5	117,078	118,983	0,015	96,880	190,988	0,115	238,908	667,058	3,773
6	126,422	129,542	0,000	68,124	348,056	0,152	258,292	1324,086	4,534
7	128,432	128,588	0,003	68,119	518,077	0,153	262,621	2004,196	4,592
8	113,647	114,664	0,017	90,807	184,931	0,127	232,144	648,914	3,417
9	108,285	108,250	0,060	42,685	95,875	0,160	220,620	340,825	2,750
10	113,454	114,477	0,007	53,673	163,266	0,168	231,584	599,394	3,897
SUM	1208,064	1217,268	0,126	893,759	3314,568	1,439	2466,268	12364,501	39,391

Πίνακας 4.2.5 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(0)	DVAR(0)	Coars(0)	Contr(0)	Busyn(0)	Compl(0)	Strngth(0)	Period(0)	Rough(0)
1	5,210	57,157	10,584	1,639	0,000	5373,638	41399,854	0,610	2,297
2	5,422	39,448	14,961	2,170	0,000	2964,483	39994,340	0,619	2,306
3	5,478	44,143	15,753	0,668	0,000	5183,982	72044,057	0,670	2,238
4	5,043	35,130	7,603	1,069	0,000	1948,821	6876,386	0,657	2,351
5	4,935	33,305	7,645	8,535	0,008	1917,398	6646,713	0,443	2,533
6	5,962	24,810	20,414	0,286	0,000	3530,358	53578,004	0,682	2,242
7	6,066	22,851	33,212	0,723	0,000	4406,159	137887,291	0,675	2,187
8	4,411	29,401	6,007	20,695	0,011	1346,148	7027,449	0,678	2,349
9	3,575	12,590	12,880	0,610	0,000	786,720	3323,140	0,700	2,250
10	5,058	18,379	11,351	0,525	0,000	1161,272	9720,497	0,632	2,289
SUM	51,160	317,214	140,411	36,920	0,019	28618,979	378497,730	6,365	23,044

Πίνακας 4.2.6 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 1

## Εξέταση 2

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(6)	Median(6)	ASM(6)	Contr(6)	SOSV(6)	IDM(6)	SAVER(6)	SVAR(6)	SENTR(6)
1	123,628	124,820	0,008	99,640	456,779	0,130	252,685	1727,476	4,124
2	114,466	115,175	0,006	85,150	244,995	0,149	233,890	894,828	4,032
3	136,628	139,180	0,004	137,327	587,403	0,127	279,692	2212,283	4,367
4	110,763	112,000	0,013	91,098	165,418	0,145	227,314	570,576	3,603
5	122,152	122,483	0,004	98,457	409,922	0,151	249,519	1541,232	4,306
6	129,571	125,681	0,006	211,876	617,961	0,140	263,318	2259,965	4,134
7	111,482	111,495	0,006	46,856	185,877	0,184	227,711	696,653	4,038
8	115,828	115,587	0,008	121,634	311,824	0,137	238,088	1125,665	3,832
9	114,384	115,231	0,009	101,225	360,866	0,160	232,806	1342,244	3,993
10	123,430	124,288	0,006	80,490	332,739	0,146	251,543	1250,467	4,093
SUM	1202,332	1205,942	0,070	1073,754	3673,786	1,470	2456,566	13621,389	40,520

Πίνακας 4.2.7 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 2

ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(6)	DVAR(6)	Coars(6)	Contr(6)	Busyn(6)	Compl(6)	Strngth(6)	Period(6)	Rough(6)
1	5,263	35,527	13,138	1,068	0,000	4773,974	56826,237	0,631	2,281
2	5,245	29,082	11,281	0,576	0,000	1910,395	15923,415	0,615	2,316
3	5,571	51,339	15,329	1,062	0,000	5289,514	52520,524	0,675	2,237
4	4,616	33,388	5,673	1,688	0,000	940,959	3536,518	0,603	2,397
5	5,683	39,244	14,392	0,710	0,000	5622,407	47536,268	0,613	2,303
6	5,394	91,949	12,846	1,888	0,000	5952,010	63183,416	0,657	2,275
7	5,399	15,282	18,224	0,309	0,000	1410,387	23791,008	0,644	2,300
8	4,853	40,466	9,477	2,122	0,000	2127,062	13526,967	0,650	2,279
9	5,200	47,794	9,510	0,793	0,000	4367,353	27208,583	0,599	2,373
10	5,226	28,289	13,324	0,783	0,000	2686,957	24775,774	0,664	2,236
SUM	52,451	412,359	123,195	10,997	0,000	35081,018	328828,710	6,351	22,997

Πίνακας 4.2.8 - Χαρακτηριστικών Υφής με μέθοδο Levelset εξέτασης 2

Εξέταση 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(0)	Median(0)	ASM(0)	Contr(0)	SOSV(0)	IDM(0)	SAVER(0)	SVAR(0)	SENTR(0)
1	216,684	217,216	0,071	196,278	664,596	0,284	442,707	2462,063	7,294
2	203,353	204,421	0,059	164,957	633,271	0,255	415,709	2368,087	7,017
3	259,156	260,346	0,062	216,015	757,715	0,329	529,370	2814,811	8,668
4	169,866	170,563	0,194	144,328	513,935	0,263	347,076	1911,280	5,758
5	117,240	118,708	0,018	90,858	185,228	0,120	238,983	650,053	3,695
6	193,260	194,251	0,081	162,487	550,949	0,250	394,769	2041,259	6,486
7	232,179	233,287	0,064	191,064	655,094	0,296	474,222	2429,278	7,703
8	235,343	236,277	0,095	199,232	678,926	0,314	480,774	2516,416	7,934
9	203,385	204,383	0,080	170,652	579,964	0,264	415,451	2149,156	6,819
10	247,430	248,585	0,072	208,055	721,908	0,315	505,408	2679,538	8,266
SUM	2077,897	2088,036	0,794	1743,926	5941,584	2,693	4244,469	22021,943	69,641

Πίνακας 4.2.9 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1

ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(0)	DVAR(0)	Coars(0)	Contr(0)	Busyn(0)	Compl(0)	Strngth(0)	Period(0)	Rough(0)
1	9,447	76,017	22,221	2,073	0,000	6347,846	58490,787	1,164	4,145
2	9,082	60,715	23,946	3,770	0,001	5948,653	65738,693	1,124	3,917
3	11,233	81,069	27,785	4,104	0,001	7014,973	73131,577	1,386	4,965
4	7,459	54,466	18,548	2,583	0,001	4828,066	49340,290	0,964	3,270
5	4,828	30,833	7,400	8,570	0,008	1944,560	6638,235	0,593	2,393
6	8,409	60,620	19,980	4,220	0,002	5216,820	50667,917	1,046	3,738
7	9,983	71,186	24,416	4,839	0,002	6062,585	61828,811	1,252	4,473
8	10,280	75,320	24,482	3,504	0,001	6387,467	60305,189	1,279	4,549
9	8,840	63,778	21,097	4,208	0,002	5468,871	53267,687	1,101	3,931
10	10,713	78,000	26,223	4,417	0,002	6727,347	68889,293	1,325	4,749
SUM	90,274	652,003	216,099	42,287	0,020	55947,187	548298,479	11,234	40,132

Πίνακας 4.2.10 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1

## Εξέταση 2

ΑΣΘΕΝΗΣ	Mean(6)	Median(6)	ASM(6)	Contr(6)	SOSV(6)	IDM(6)	SAVER(6)	SVAR(6)	SENTR(6)
1	434,575	436,761	0,175	363,825	1228,448	0,565	887,644	4549,865	14,538
2	273,176	274,586	0,080	224,734	780,271	0,348	557,971	2896,305	9,106
3	370,821	372,538	0,148	313,644	1074,085	0,486	757,411	3982,607	12,446
4	509,351	511,807	0,189	426,892	1457,535	0,660	1040,419	5403,139	17,057
5	378,112	379,868	0,150	319,604	1094,266	0,495	772,306	4057,372	12,689
6	393,207	395,112	0,148	329,740	1126,921	0,511	803,150	4177,858	13,167
7	346,347	347,718	0,132	295,925	1005,329	0,453	707,433	3725,316	11,623
8	429,452	431,566	0,159	360,046	1220,036	0,555	877,172	4520,007	14,369
9	387,899	389,642	0,145	327,985	1112,683	0,504	792,302	4122,662	12,996
10	379,965	381,725	0,149	321,074	1097,929	0,497	776,091	4070,553	12,747
SUM	3902,906	3921,324	1,475	3283,468	11197,503	5,072	7971,899	41505,683	130,738

Πίνακας 4.2.11- Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2

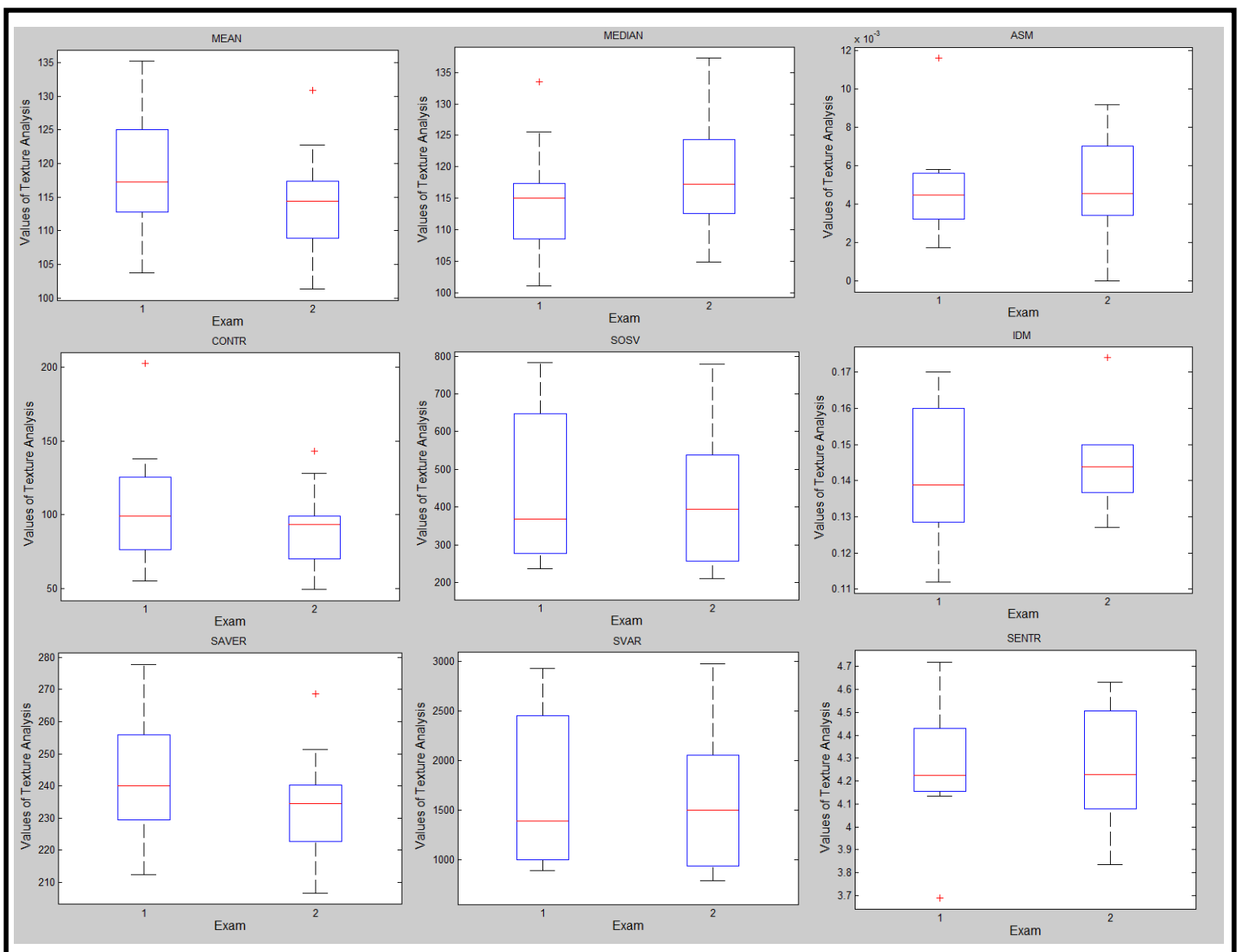
ΑΣΘΕΝΗΣ	Entr(6)	DVAR(6)	Coars(6)	Contr(6)	Busyn(6)	Compl(6)	Strngth(6)	Period(6)	Rough(6)
1	18,848	135,776	44,781	9,328	0,005	11572,863	112404,488	2,349	8,404
2	11,808	83,583	29,231	5,544	0,003	7220,423	75948,664	1,465	5,250
3	16,127	118,345	38,381	6,612	0,003	10166,105	97986,075	2,005	7,152
4	22,109	159,749	53,089	10,092	0,005	13694,106	134866,086	2,751	9,830
5	16,442	120,524	39,155	6,795	0,003	10351,789	99927,129	2,044	7,293
6	17,067	123,596	40,927	7,674	0,004	10601,057	104226,488	2,123	7,586
7	15,064	111,741	36,024	6,162	0,003	9463,596	91802,935	1,873	6,679
8	18,628	134,647	44,377	8,875	0,004	11487,484	111932,677	2,317	8,297
9	16,846	123,194	40,201	7,519	0,004	10475,540	101867,806	2,095	7,488
10	16,518	120,986	39,360	6,922	0,003	10377,644	100348,853	2,054	7,329
SUM	169,459	1232,141	405,525	75,524	0,036	105410,605	1031311,201	21,077	75,307

Πίνακας 4.2.12 - Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2

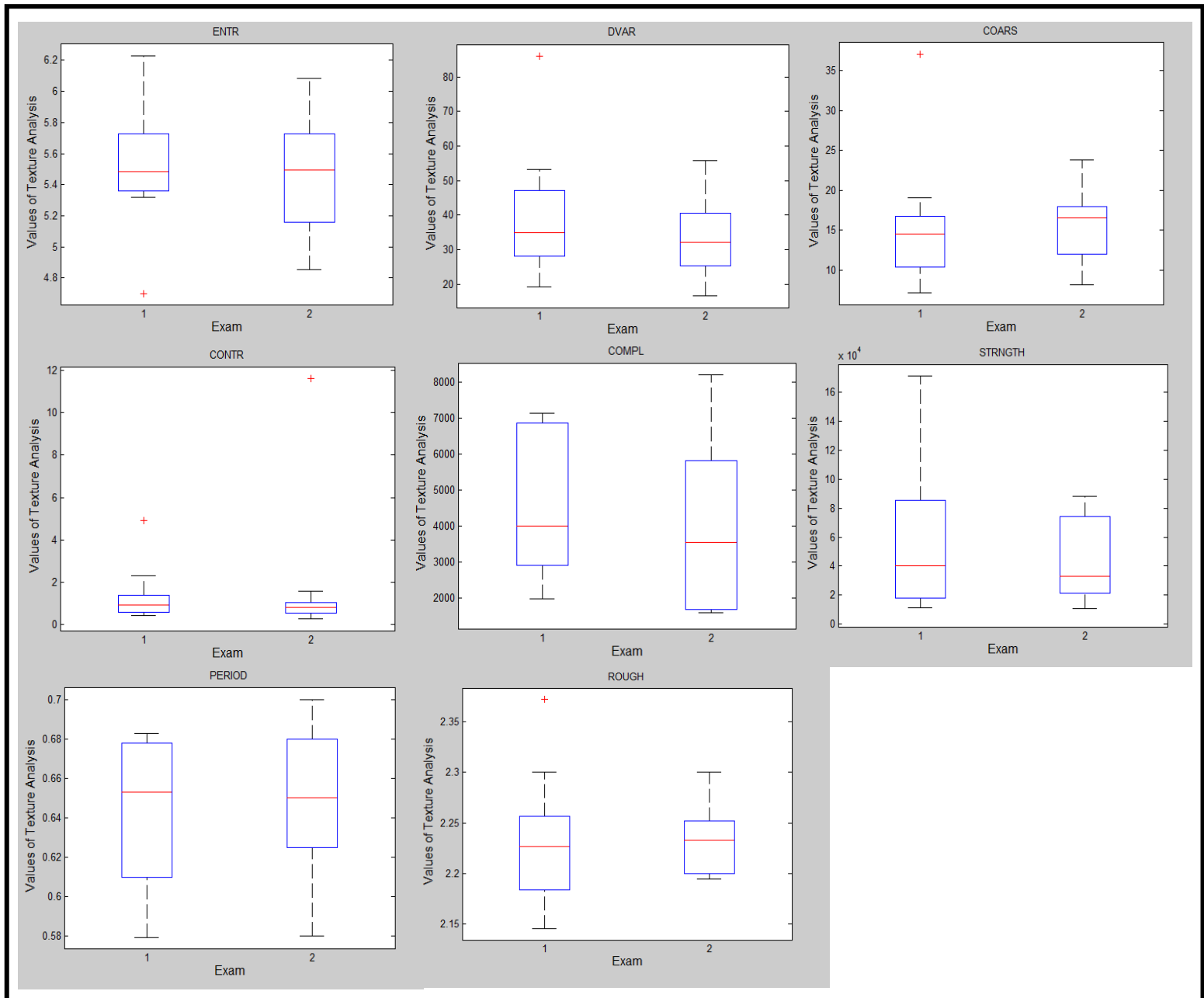
## 4.2.1 Box Plots Χαρακτηριστικών Υφής

Στις πιο κάτω εικόνες παρουσιάζονται γραφικά και τα 18 χαρακτηριστικά υφής και από τις τρεις μεθόδους κατάτμησης μέθοδος ενεργών περιγραμμάτων (Snakes), μέθοδος συνόλου επιπέδων (Levelset) και χειροκίνητη μέθοδος έτσι όπως παρουσιάστηκαν αριθμητικά στους πιο πάνω στους πίνακες. Στον x-άξονα παρουσιάζεται ο αριθμός της εξέτασης και στον y-άξονα οι τιμές χαρακτηριστικών υφής για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η μέση τιμή των χαρακτηριστικών, στο μπλε κουτί οι τιμές μεταξύ του 25%-75% της μέσης τιμής χαρακτηριστικών, έξω από το κουτί απεικονίζονται μεγαλύτερες τιμές και η πιο ακραίες τιμές συμβολίζονται με +.

### α ) Μέθοδος Snake

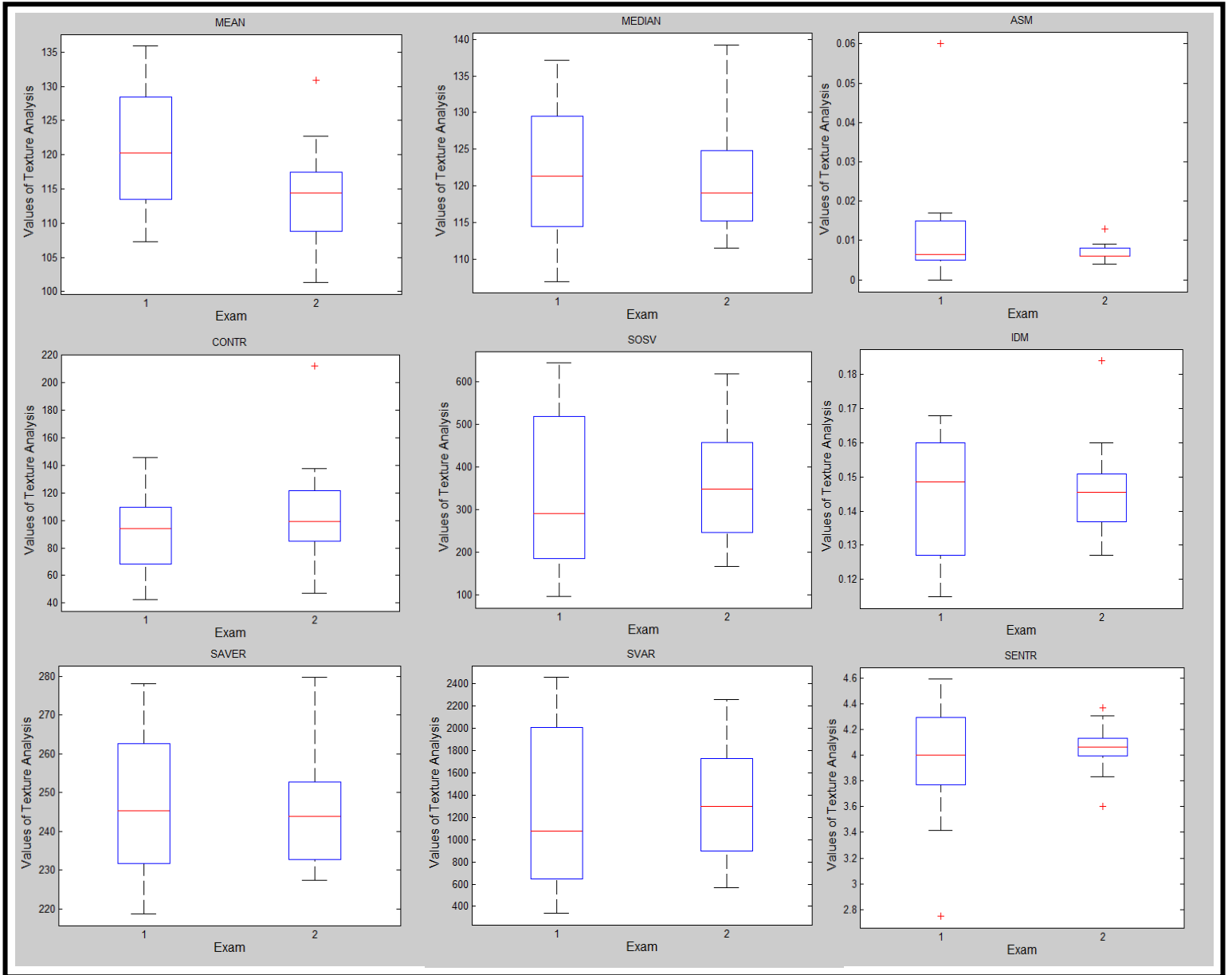


Εικόνα 4.2.1.1 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Snake

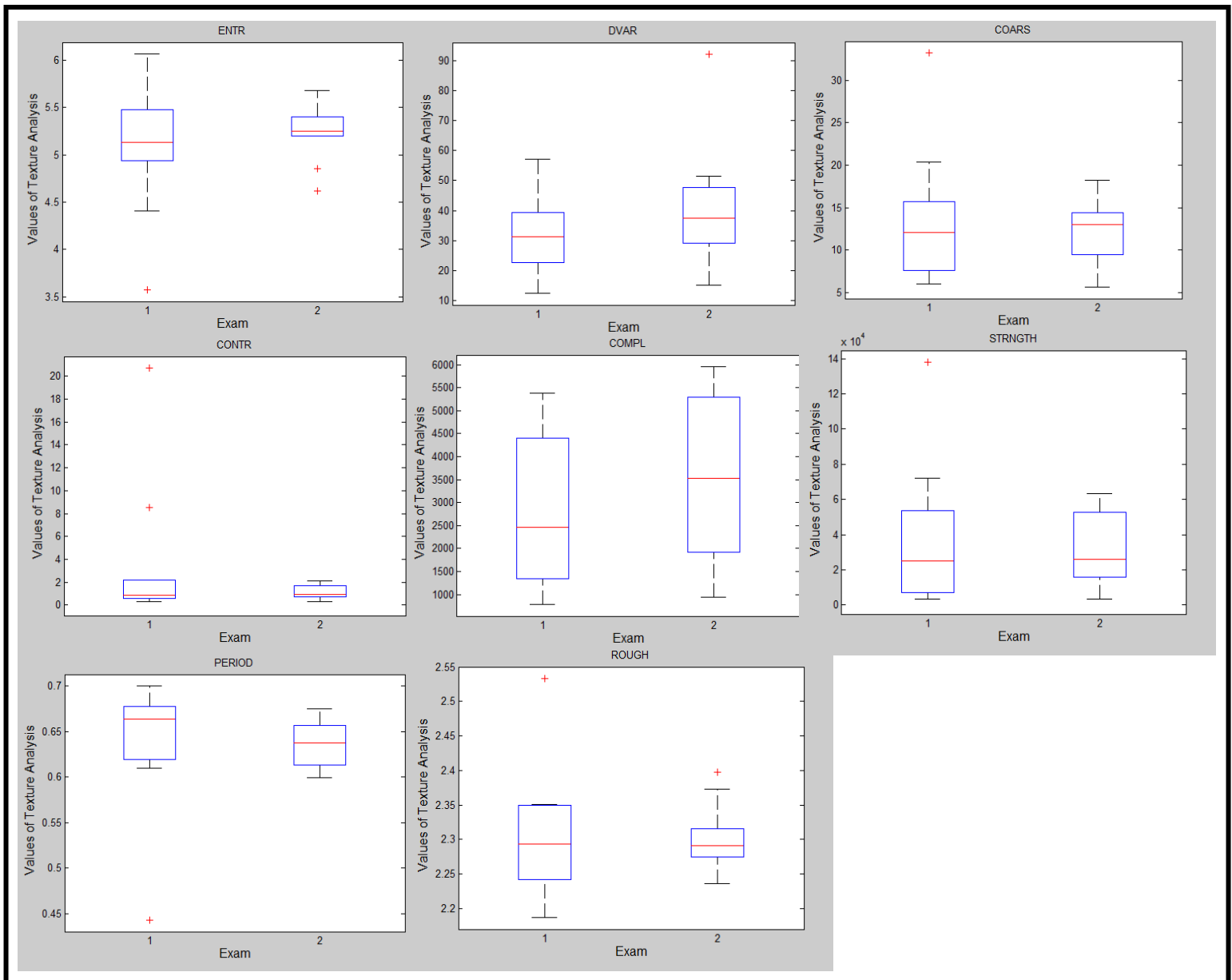


Εικόνα 4.2.1.2 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Snake

β ) Μέθοδος Levelset

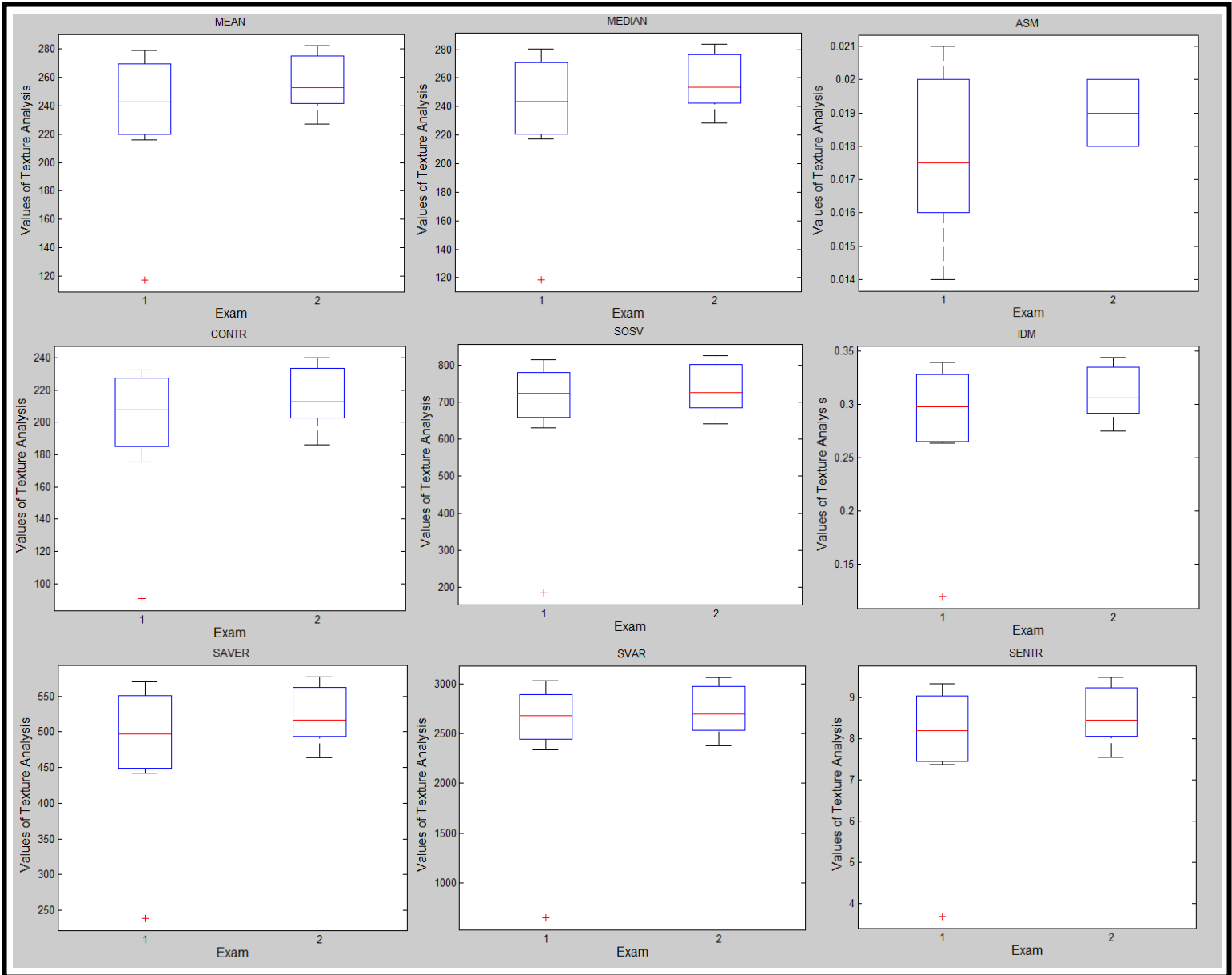


Εικόνα 4.2.1.3 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Levelset

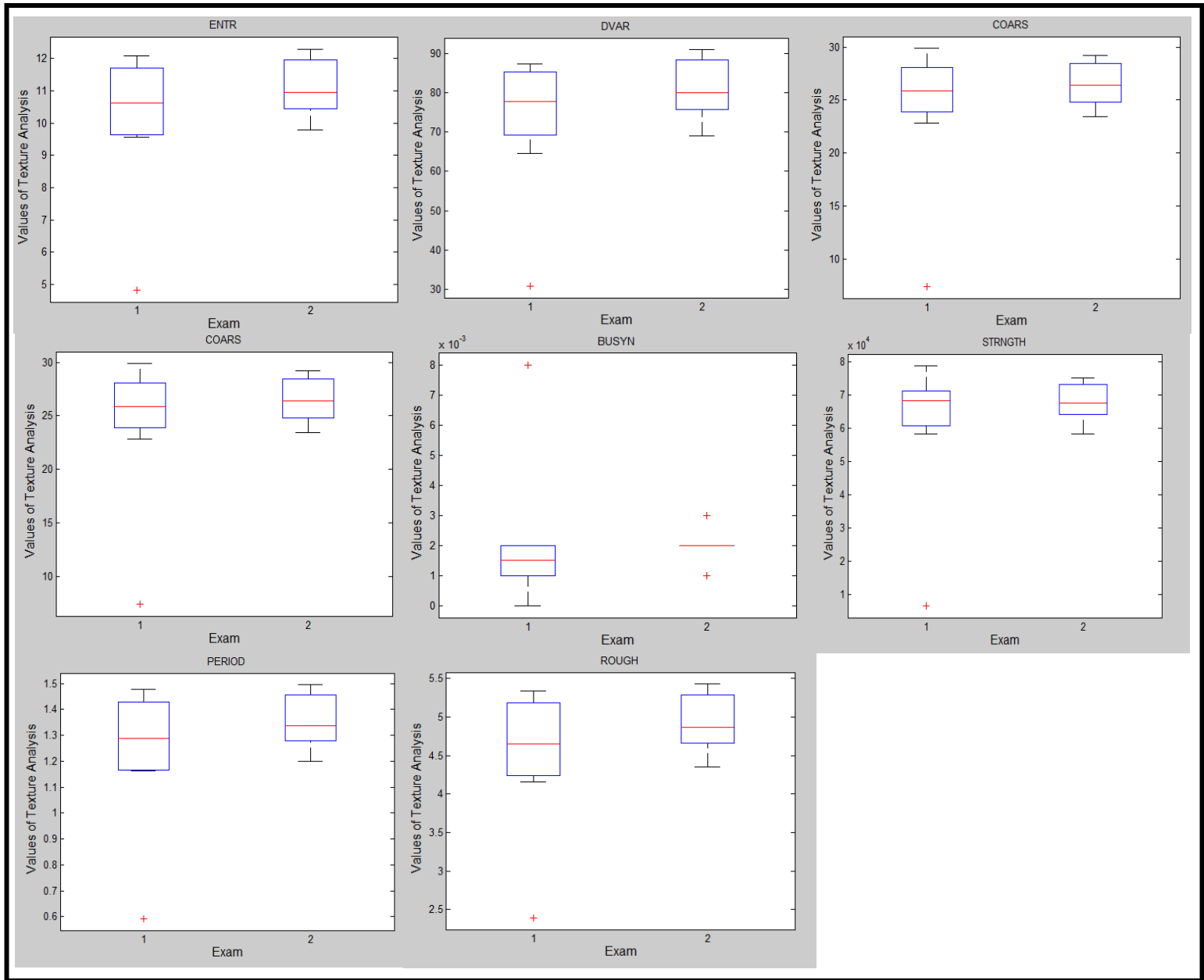


Εικόνα 4.2.1.4 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την μέθοδο Levelset

### γ) Χειροκίνητη Μέθοδος



Εικόνα 4.2.1.5 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την Χειροκίνητη μέθοδο



Εικόνα 4.2.1.6 – Box Plots Χαρακτηριστικών υφής με την Χειροκίνητη μέθοδο

### 4.3 Αποτελέσματα Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών

Στους πιο κάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της εστίας της ΠΣ του κάθε ασθενή για την εξέταση 1 και την εξέταση 2 και από τις τρεις μεθόδους κατάτμησης ξεχωριστά.

α ) Μέθοδος Snake

Εξέταση 1	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	35	31	167,31	1338,61	53,36	47,26
Ασθενής 2	20	25	136,76	652,53	30,49	38,12
Ασθενής 3	27	28	145,75	933,06	41,16	42,69
Ασθενής 4	13	17	95,48	268,33	19,82	25,92
Ασθενής 5	13	15	75,92	231,74	19,82	22,87
Ασθενής 6	25	27	143,07	826,34	38,12	41,16
Ασθενής 7	36	30	173,04	1222,74	54,89	45,74
Ασθενής 8	9	9	49,53	135,69	13,72	13,72
Ασθενής 9	17	16	87,23	358,28	25,92	24,39
Ασθενής 10	16	25	103,06	376,58	24,39	38,12
SUM	211	223	1177,15	6343,9	321,69	339,99

Πίνακας 4.3.1 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

Εξέταση 2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	41	30	181,66	1504,79	62,51	45,74
Ασθενής 2	22	26	128,87	753,16	33,54	39,64
Ασθενής 3	26	30	160,84	937,64	39,64	45,74
Ασθενής 4	8	13	58,15	131,12	12,2	19,82
Ασθενής 5	15	12	68,93	243,94	22,87	18,3
Ασθενής 6	22	23	134,45	631,19	33,54	35,07
Ασθενής 7	27	19	118,83	622,04	41,16	28,97
Ασθενής 8	7	10	44,69	103,67	10,67	15,25
Ασθενής 9	18	20	94,44	394,87	27,44	30,49
Ασθενής 10	18	18	96,75	390,3	27,44	27,44
SUM	204	201	1087,61	5712,72	311,01	306,46

Πίνακας 4.3.2 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

β ) Μέθοδος Levelset

Εξέταση 1	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	29	26	145,38	1019,96	44,21	39,64
Ασθενής 2	18	25	118,98	553,43	27,44	38,12
Ασθενής 3	24	26	130,13	806,52	36,59	39,64
Ασθενής 4	11	15	69,46	221,07	16,77	22,87
Ασθενής 5	11	11	57,26	163,13	16,77	16,77
Ασθενής 6	25	26	126,93	763,83	38,12	39,64
Ασθενής 7	34	28	160,47	1102,29	51,84	42,69
Ασθενής 8	8	8	44,32	106,72	12,2	12,2
Ασθενής 9	15	14	73,61	263,76	22,87	21,34
Ασθενής 10	14	22	92,65	321,69	21,34	33,54
SUM	189	201	1019,19	5322,4	288,15	306,45

Πίνακας 4.3.3 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

Εξέταση 2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	38	27	166,05	1271,52	57,94	41,16
Ασθενής 2	19	27	123,67	684,55	28,97	41,16
Ασθενής 3	7	11	46,85	105,2	10,67	16,77
Ασθενής 4	11	9	52,05	147,89	16,77	13,72
Ασθενής 5	12	27	108,2	463,48	18,3	41,16
Ασθενής 6	21	21	108,42	582,4	32,02	32,02
Ασθενής 7	5	7	31,23	54,89	7,62	10,67
Ασθενής 8	15	16	79,34	317,12	22,87	24,39
Ασθενής 9	20	18	99,79	474,15	30,49	27,44
Ασθενής 10	14	15	79,5	304,92	21,34	22,87
SUM	162	178	895,1	4406,12	246,99	271,36

Πίνακας 4.3.4 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

γ ) Χειροκίνητη Μέθοδος

Εξέταση 1	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	30	28	150,22	1044,36	45,74	42,69
Ασθενής 2	20	25	128,65	562,58	30,49	38,12
Ασθενής 3	26	26	128,87	786,7	39,64	39,64
Ασθενής 4	12	17	73,03	221,07	18,3	25,92
Ασθενής 5	13	12	54,73	152,46	19,82	18,3
Ασθενής 6	25	28	125,3	737,91	38,12	42,69
Ασθενής 7	36	32	165,68	1100,77	54,89	48,79
Ασθενής 8	8	9	43,06	100,62	12,2	13,72
Ασθενής 9	17	15	73,4	268,33	25,92	22,87
Ασθενής 10	15	25	91,39	315,59	22,87	38,12
SUM	202	217	1034,33	5290,39	307,99	330,86

Πίνακας 4.3.5 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 1

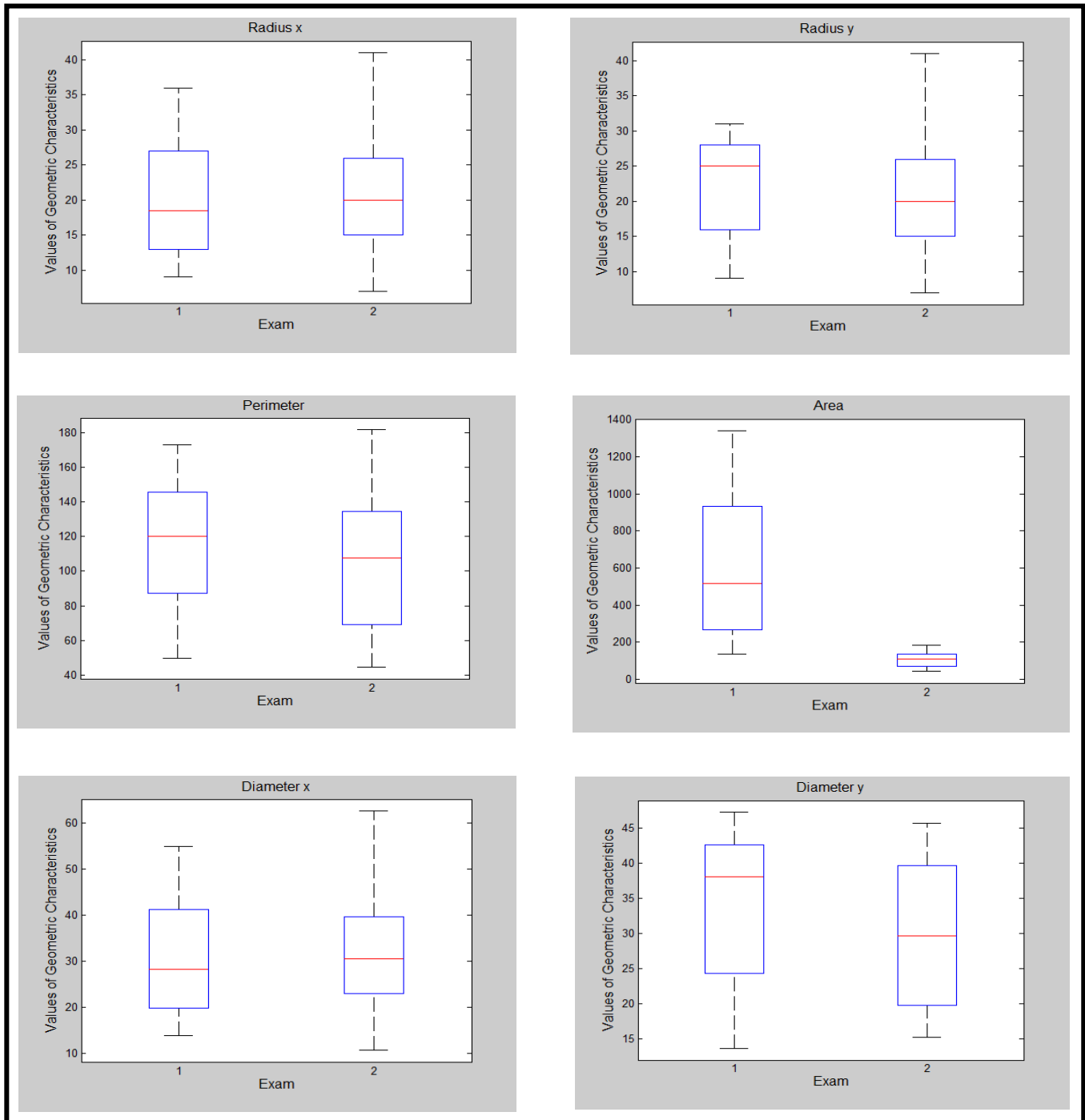
Εξέταση 2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Ασθενής 1	42	28	169,1	1273,05	64,03	42,69
Ασθενής 2	22	27	120,62	669,3	33,54	41,16
Ασθενής 3	25	29	129,61	795,85	38,12	44,21
Ασθενής 4	7	13	42,17	91,48	10,67	19,82
Ασθενής 5	14	10	53,84	150,94	21,34	15,25
Ασθενής 6	22	23	108,42	558,01	33,54	35,07
Ασθενής 7	27	19	113,25	559,53	41,16	28,97
Ασθενής 8	7	10	27,81	47,26	10,67	15,25
Ασθενής 9	17	19	82,39	320,17	25,92	28,97
Ασθενής 10	16	17	81,28	301,87	24,39	25,92
SUM	199	195	928,49	4767,46	303,38	297,31

Πίνακας 4.3.6 – Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο εξέτασης 2

### 4.3.1 Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών

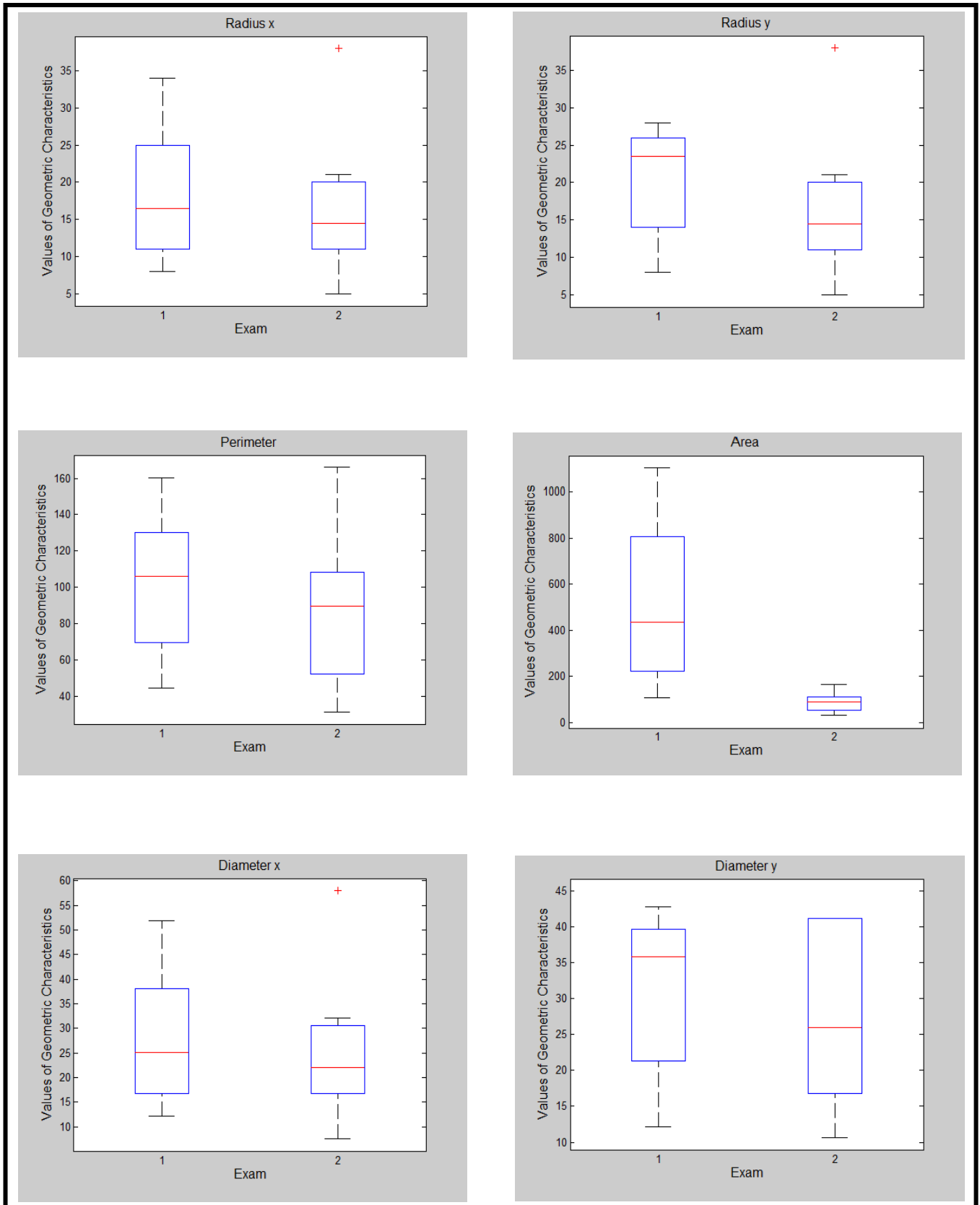
Αφού βρέθηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κάθε εστίας της ΠΣ του κάθε ασθενή της εξέτασης 1 και της εξέτασης 2 παρίστανται γραφικά πιο κάτω με την βοήθεια των box plots.

α ) Μέθοδος snake



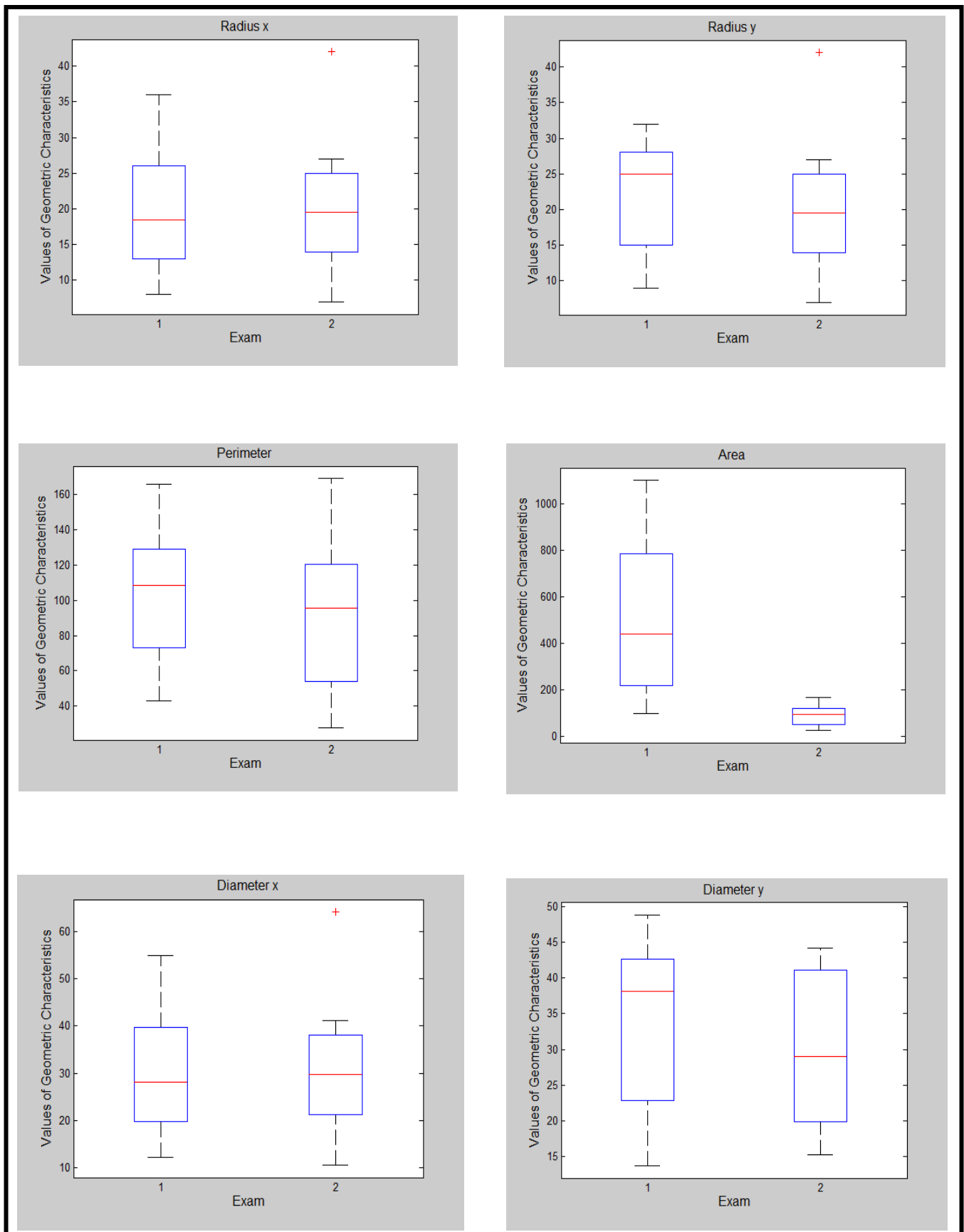
Εικόνα 4.3.1.1 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Snake

β ) Μέθοδος Levelset



Εικόνα 4.3.1.2 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με την μέθοδο Levelset

γ) Χειροκίνητη Μέθοδος



Εικόνα 4.3.1.3 - Box Plots Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη μέθοδο

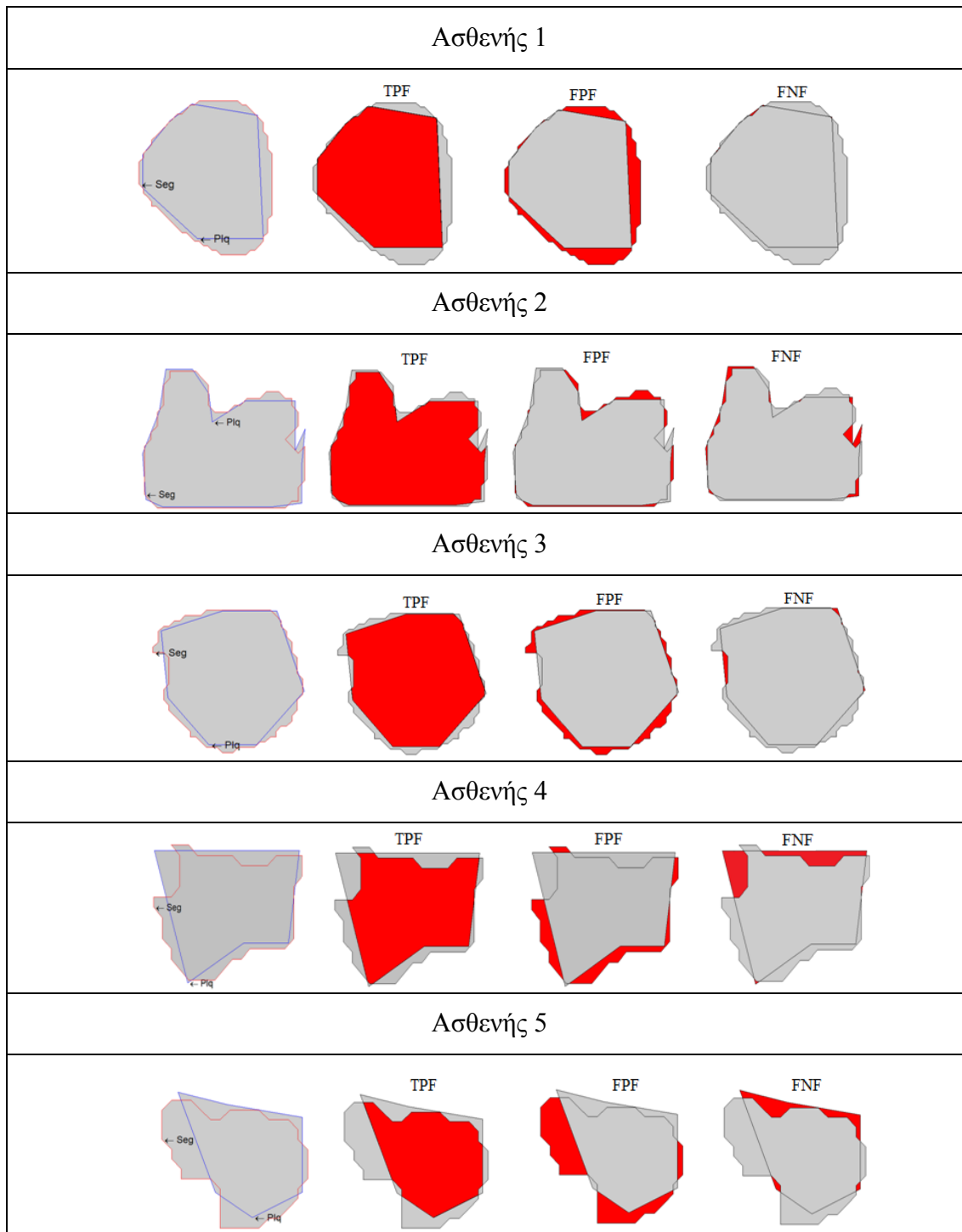
#### 4.4 Σύγκριση μεθόδων κατάτμησης

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τρόποι οι οποίοι συγκρίνουν τις δύο αυτόματες μεθόδους κατάτμησης των ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) και του συνόλου επιπέδων (Levelset). Ως μέτρο σύγκρισης χρησιμοποιείται το χειροκίνητο αποτέλεσμα το οποίο πάρθηκε από ειδικούς γιατρούς και θεωρείται ο ορθός προσδιορισμός της εστίας της ΠΣ. Πρώτος τρόπος σύγκρισης είναι η παρουσία των μετρήσεων κάλυψης της εστίας της ΠΣ σε ποσοστά και από τις δύο αυτόματες μεθόδους. Τα αποτελέσματα αναπαριστούνται αριθμητικά και σχηματικά σε πίνακες και για τους δέκα ασθενείς σε εξετάσεις δύο διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Δεύτερος τρόπος είναι η σύγκριση των μετρήσεων αποστάσεων μεταξύ του αυτοματοποιημένου αποτελέσματος με εκείνο του χειροκίνητου δηλαδή κατά πόσο απέχει το χειροκίνητο περίγραμμα από το περίγραμμα του αυτοματοποιημένου. Ορθό αποτέλεσμα θεωρείται η εύρεση μικρής διαφοράς απόστασης μεταξύ του χειροκίνητου με του αυτόματου αποτελέσματος. Ως τρίτος τρόπος σύγκρισης παρουσιάζονται η γραφικές Bland Altman οι οποίες δείχνουν την συσχέτιση του χειροκίνητου με του αυτοματοποιημένου αποτελέσματος. Θα πρέπει οι τιμές των σημείων του χειροκίνητου περιγράμματος με εκείνο του αυτόματου να εμπεριέχονται στα όρια συμφωνίας όπως επεξηγούνται στο υποκεφάλαιο 5.3 του κεφαλαίου 3.

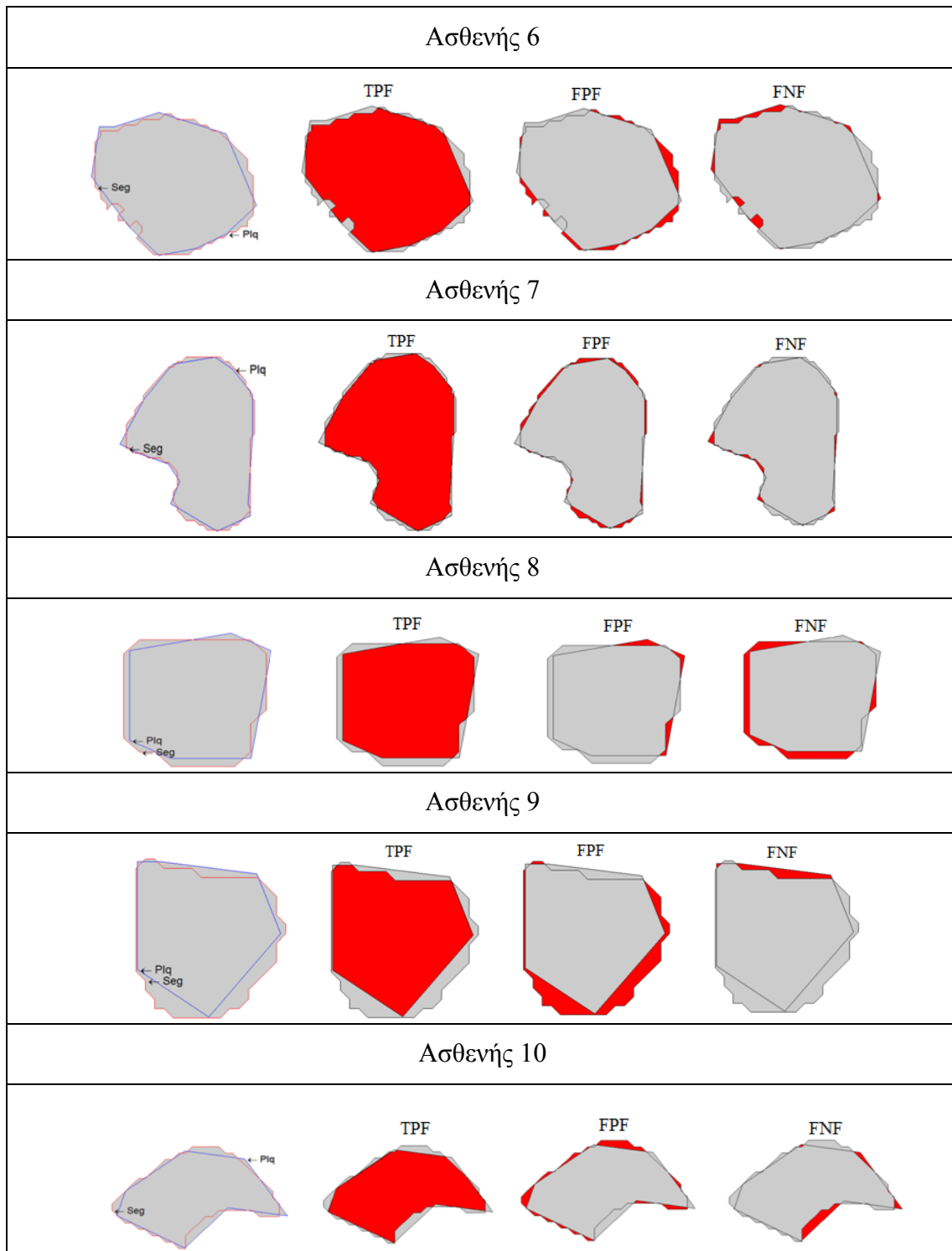
#### 4.4.1 Ποσοστά μετρήσεων κάλυψης της εστίας της ΠΣ

α ) Μέθοδος Snake

##### Εξέταση 1

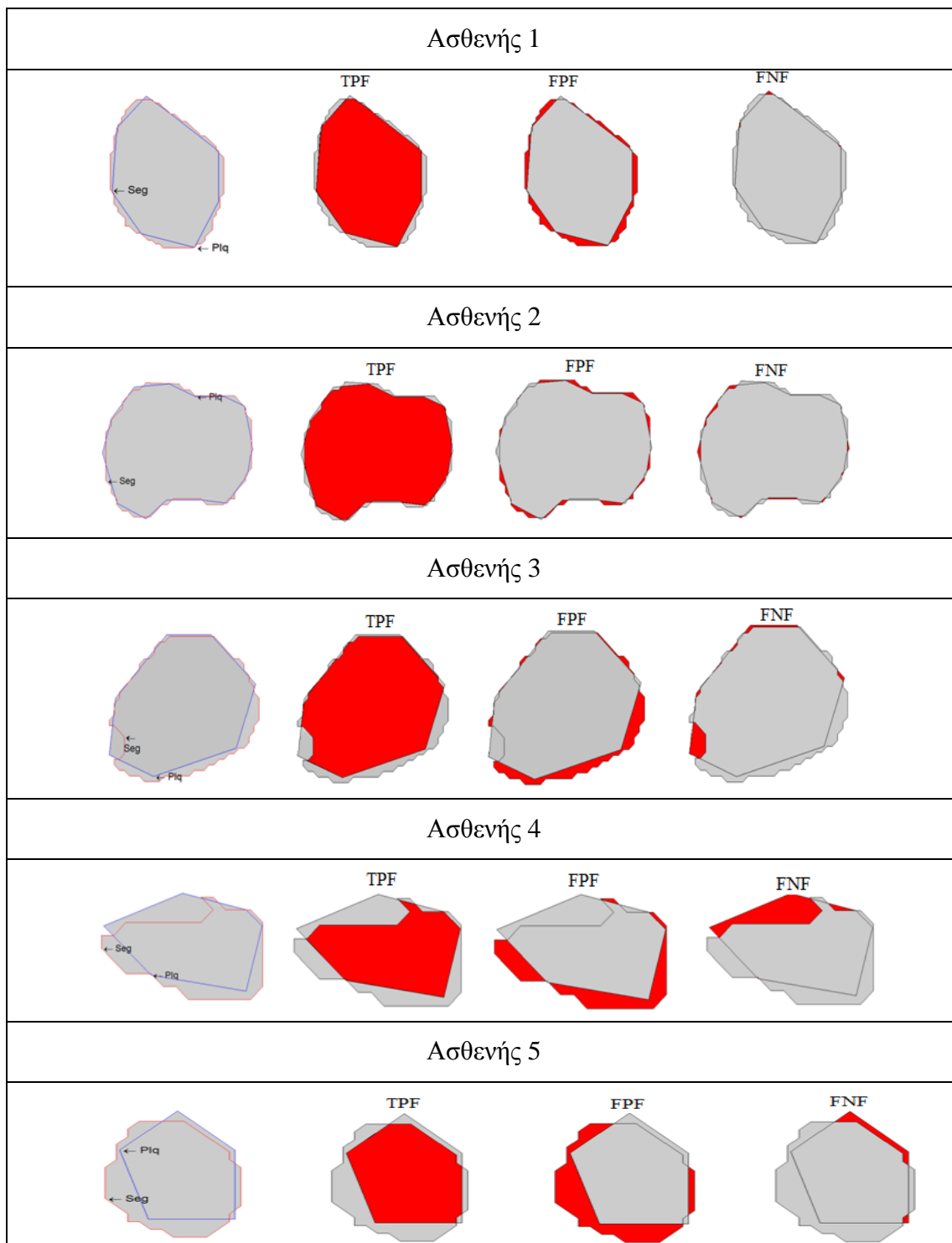


Πίνακας 4.4.1.1 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

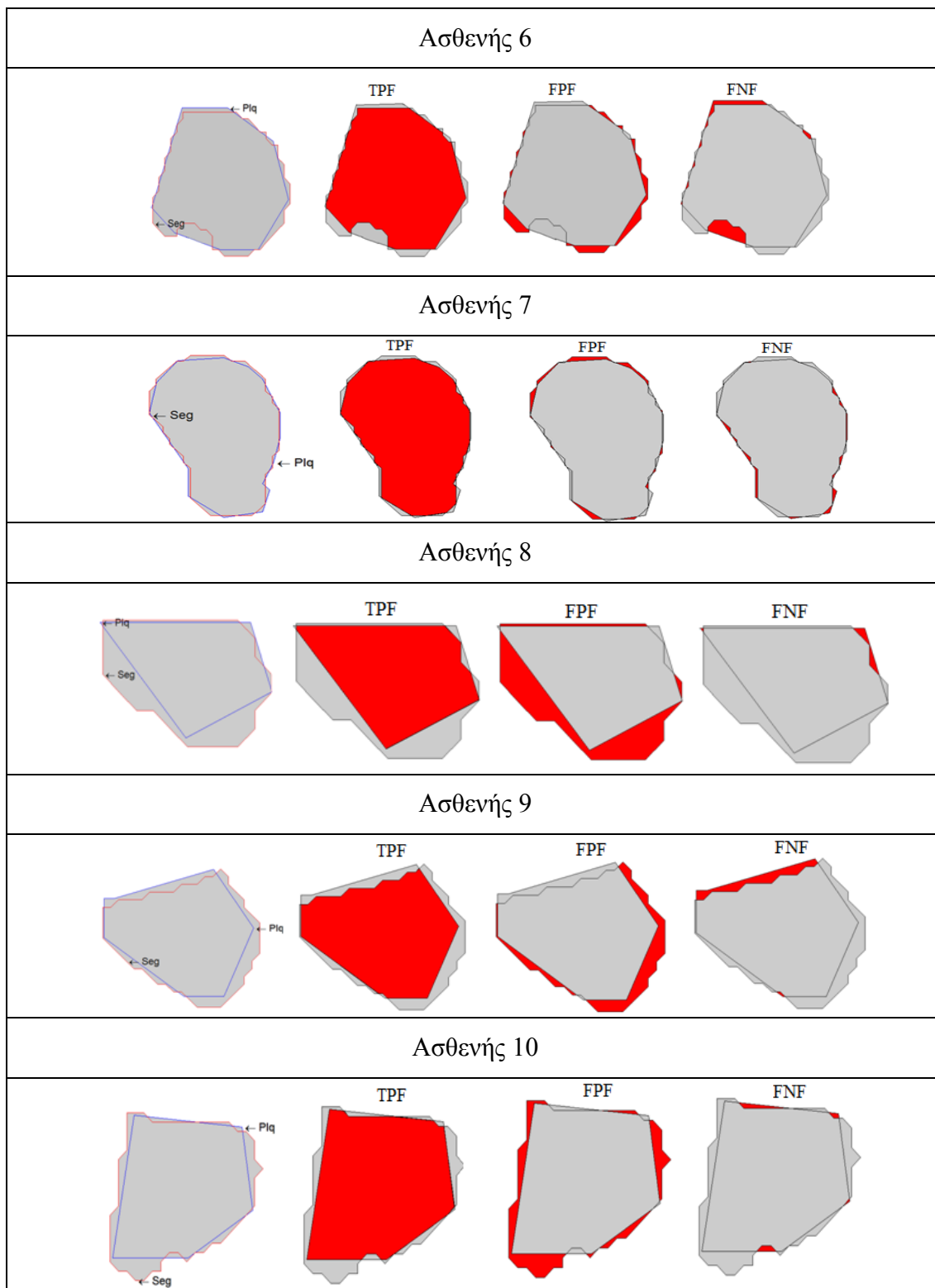


Πίνακας 4.4.1.2 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

## Εξέταση 2

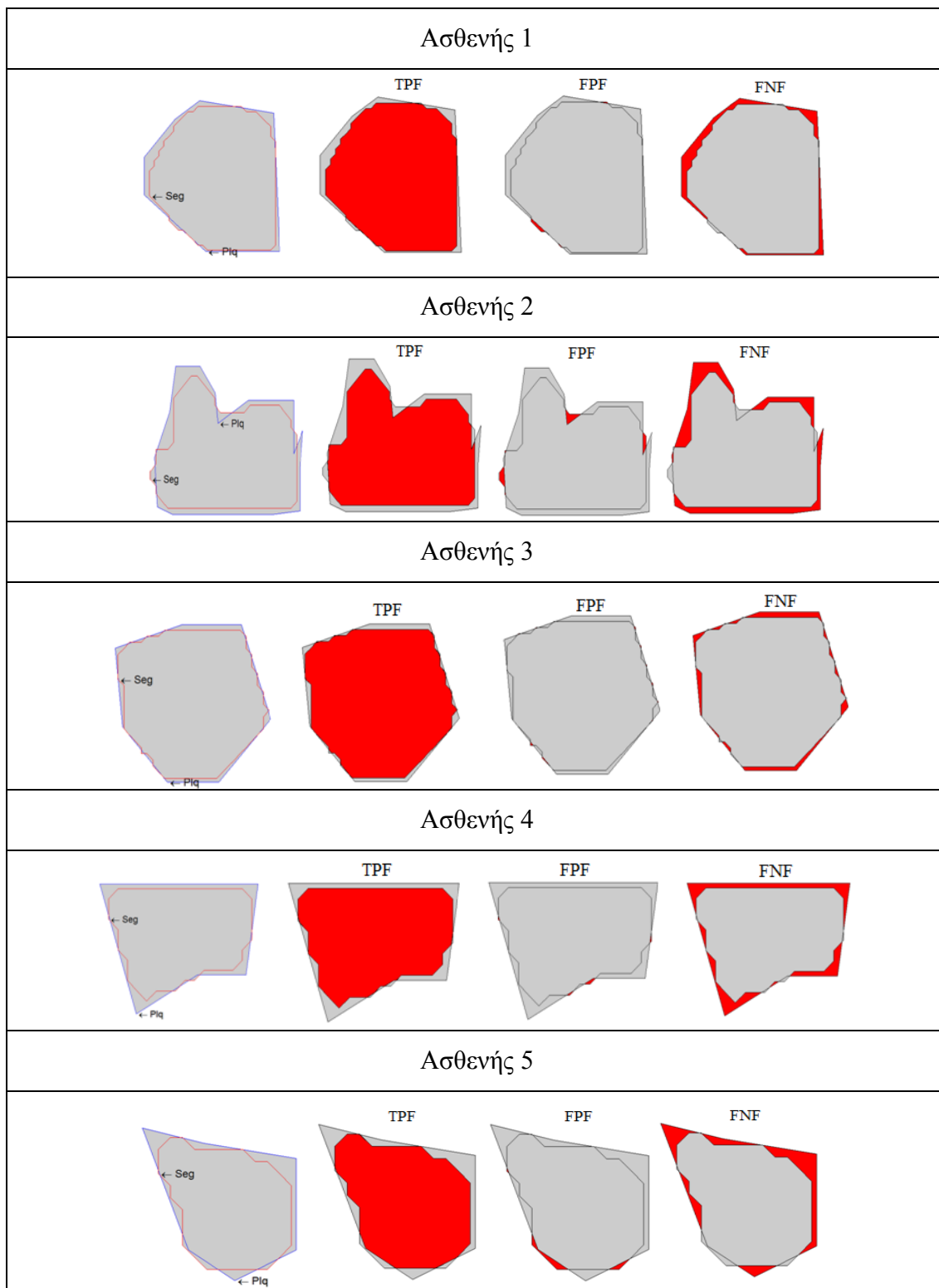


Πίνακας 4.4.1.3 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέταση 2

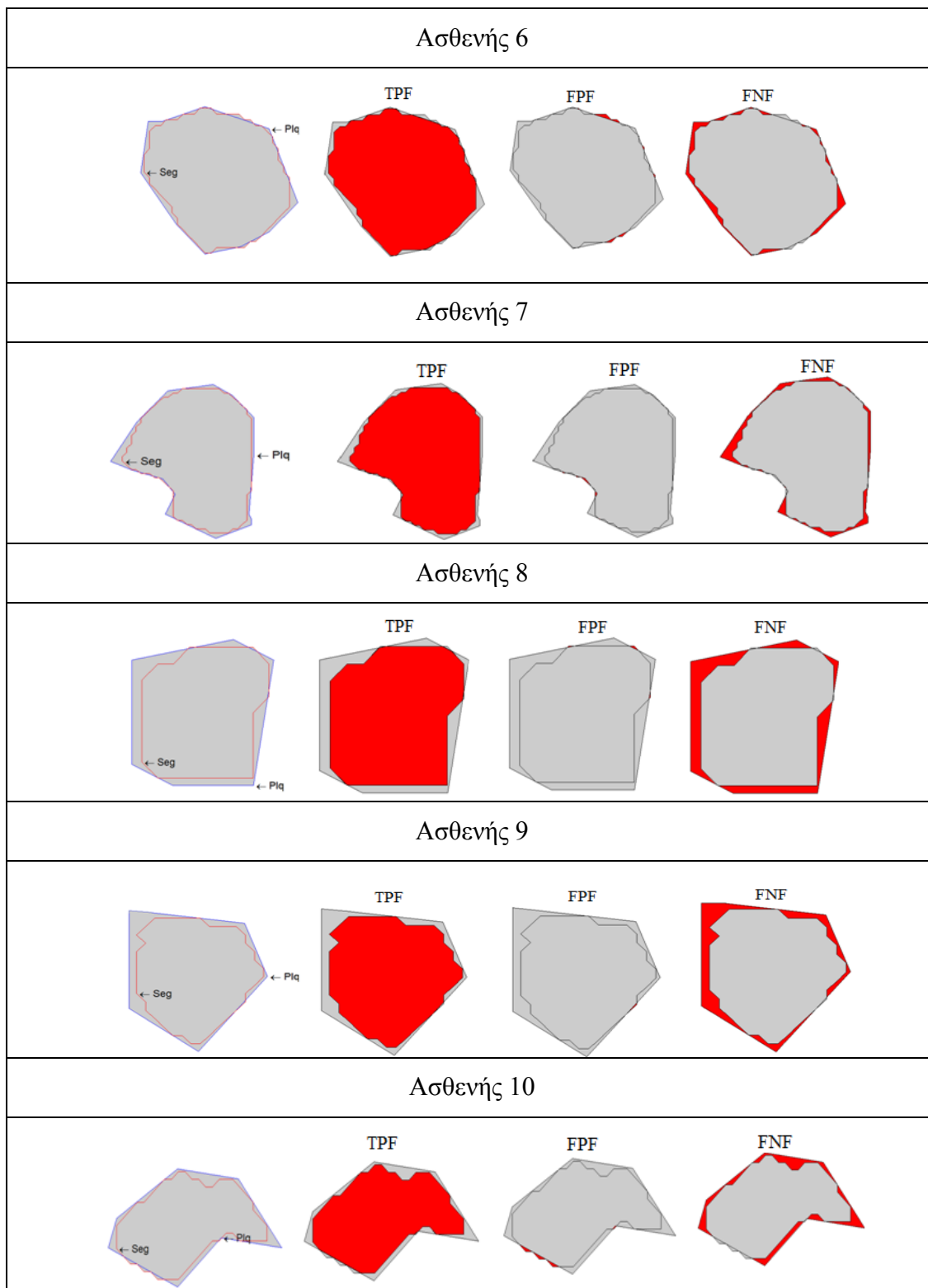


Πίνακας 4.4.1.4 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

Εξέταση 1

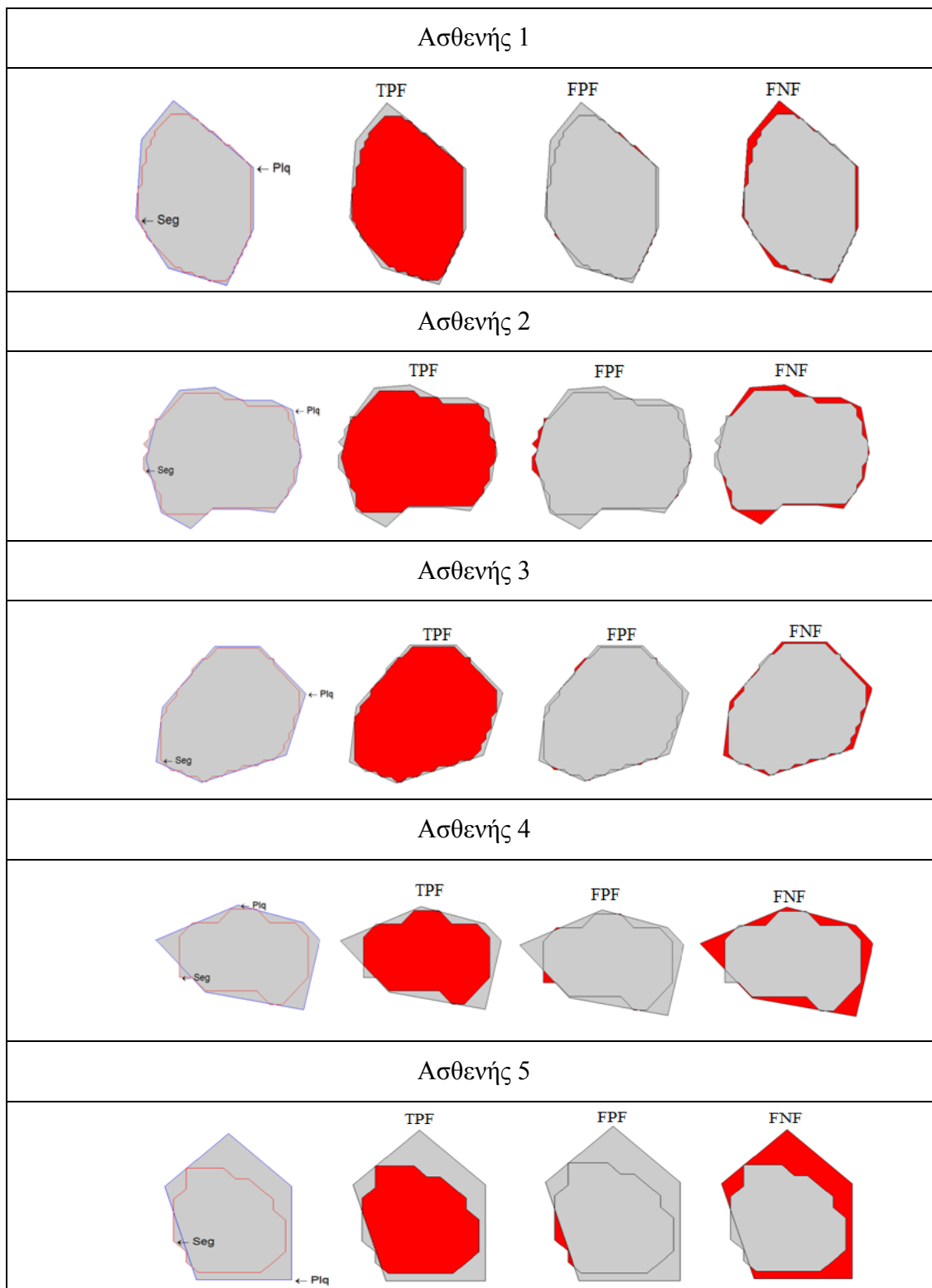


Πίνακας 4.4.1.5 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέταση 1

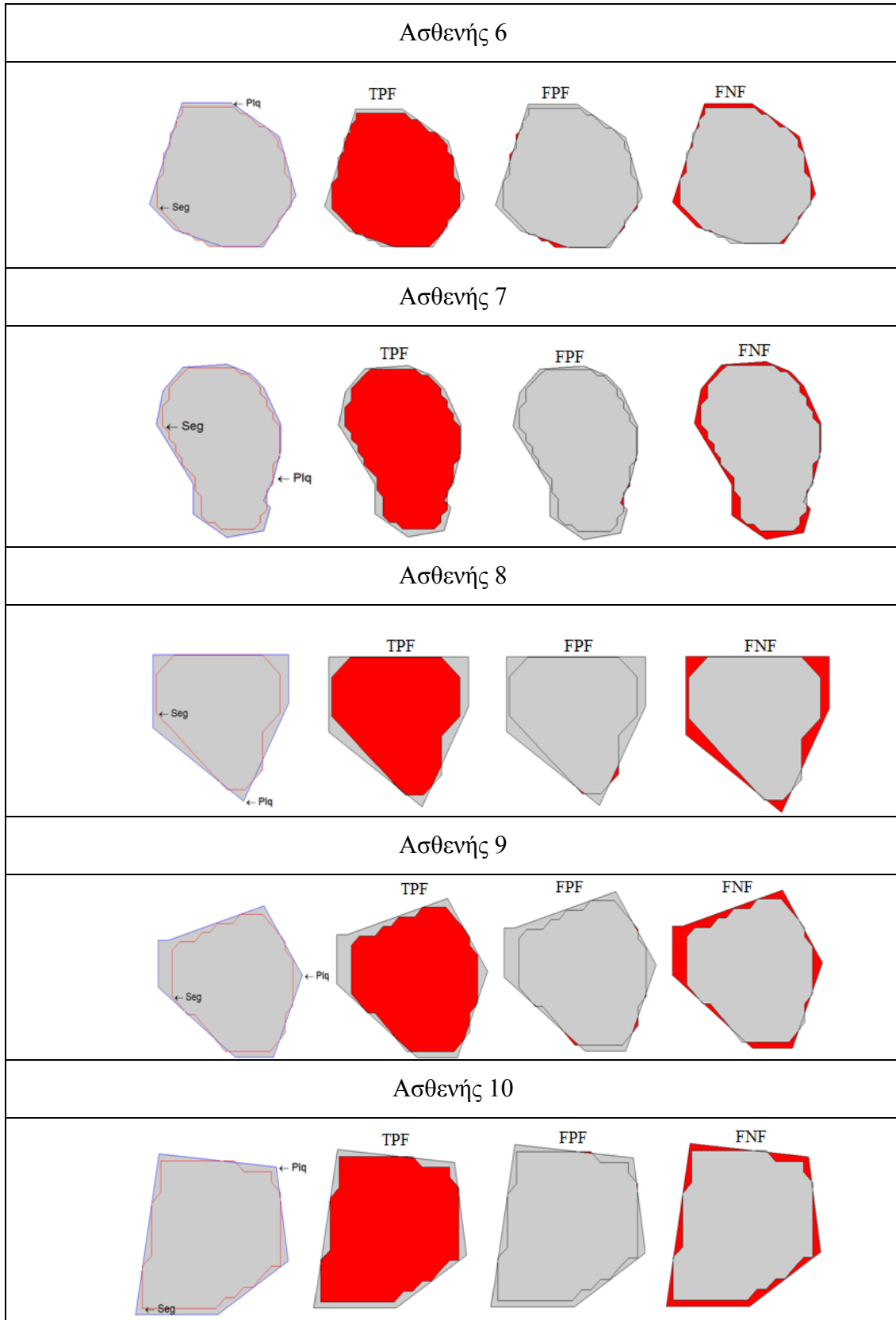


Πίνακας 4.4.1.6 – Αναπαράσταση Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

## Εξέταση 2



Πίνακας 4.4.1.7 – Αναπαράστασης Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2



Πίνακας 4.4.1.8 – Αναπαράσταση Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

α ) Μέθοδος Snake

ΑΣΘΕΝΕΙΣ/ΕΞΕΤΑΣΗ 1	TPF	FPF	TNF	FNF
1.	0.98	0.21	0.82	0.18
2.	0.97	0.01	0.96	0.01
3.	0.99	0.09	0.91	0.08
4.	0.87	0.02	0.85	0.02
5.	0.89	0.24	0.71	0.20
6.	0.97	0.02	0.95	0.02
7.	0.99	0.03	0.95	0.03
8.	0.97	0.08	0.89	0.08
9.	0.96	0.15	0.84	0.13
10.	0.95	0.03	0.92	0.03
Μέσος όρος	0.954	0.088	0.88	0.078

Πίνακας 4.4.1.9 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

ΑΣΘΕΝΕΙΣ/ΕΞΕΤΑΣΗ 2	TPF	FPF	TNF	FNF
1.	0.99	0.12	0.89	0.10
2.	0.99	0.03	0.96	0.03
3.	0.88	0.08	0.98	0.08
4.	0.81	0.07	0.75	0.07
5.	0.95	0.32	0.71	0.24
6.	0.98	0.02	0.92	0.02
7.	0.98	0.02	0.96	0.02
8.	0.99	0.36	0.72	0.26
9.	0.94	0.10	0.86	0.09
10.	0.99	0.08	0.86	0.12
Μέσος όρος	0.95	0.12	0.861	0.103

Πίνακας 4.4.1.10 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

β) Μέθοδος Levelset

ΑΣΘΕΝΕΙΣ/ΕΞΕΤΑΣΗ 1	TPF	FPF	TNF	FNF
1.	0.91	0.09	1.00	0.09
2.	0.84	0.15	0.98	0.17
3.	0.94	0.06	1.00	0.06
4.	0.85	0.14	1.00	0.17
5.	0.85	0.14	0.98	0.16
6.	0.94	0.05	0.99	0.06
7.	0.93	0.07	1.00	0.07
8.	0.82	0.18	1.00	0.21
9.	0.84	0.16	0.99	0.20
10.	0.87	0.12	0.99	0.14
Μέσος όρος	0.879	0.116	0.993	0.133

Πίνακας 4.4.1.11 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

ΑΣΘΕΝΕΙΣ/ΕΞΕΤΑΣΗ 2	TPF	FPF	TNF	FNF
1.	0.93	0.07	1.00	0.07
2.	0.92	0.08	0.99	0.08
3.	0.94	0.06	1.00	0.06
4.	0.82	0.18	0.99	0.22
5.	0.68	0.32	0.97	0.45
6.	0.95	0.05	0.99	0.05
7.	0.90	0.11	1.00	0.12
8.	0.85	0.15	1.00	0.17
9.	0.87	0.13	0.99	0.15
10.	0.89	0.11	1.00	0.13
Μέσος όρος	0.875	0.123	0.993	0.15

Πίνακας 4.4.1.12 - Ποσοστά Μετρήσεων Κάλυψης της εστίας της ΠΣ με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

#### 4.4.2 Μετρήσεις λάθους

α ) Μέθοδος Snake

##### Εξέταση 1

Μετρήσεις Λάθους	HMD	AV	HDF	MSSD	MAD
Ασθενής 1	0.97	9.058	31.373	231.817	11.683
Ασθενής 2	0.894	2.714	19.793	108.813	8.566
Ασθενής 3	0.91	8.619	25.323	316.224	19.478
Ασθενής 4	0.934	11.744	16.925	308.224	23.967
Ασθενής 5	0.95	11.241	12.153	271.569	22.332
Ασθενής 6	0.963	7.181	22.486	223.004	15.123
Ασθενής 7	0.916	4.753	24.488	271.160	13.961
Ασθενής 8	0.92	6.098	9.4983	159.185	14.402
Ασθενής 9	0.961	7.684	16.467	228.742	19.051
Ασθενής 10	0.966	9.158	19.457	305.405	21.426
Μέσος όρος	0.938	7.825	19.796	242.414	16.99

Πίνακας 4.4.2.1 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Snake εξέτασης 1

##### Εξέταση 2

Μετρήσεις Λάθους	HMD	AV	HDF	MSSD	MAD
Ασθενής 1	0.967	10.971	29.988	265.424	12.971
Ασθενής 2	0.977	4.287	19.333	182.245	11.752
Ασθενής 3	0.931	10.029	27.929	375.879	22.797
Ασθενής 4	0.95	11.745	8.3825	250.275	21.882
Ασθενής 5	0.946	13.909	13.021	295.560	25.498
Ασθενής 6	0.947	8.345	18.501	229.825	18.301
Ασθενής 7	0.93	5.111	16.608	128.864	10.223
Ασθενής 8	0.914	13.168	7.5298	175.515	21.310
Ασθενής 9	0.975	8.592	15.850	177.093	17.039
Ασθενής 10	0.946	10.57	18.697	184.594	19.791
Μέσος όρος	0.9483	9.67	17.584	226.5274	18.1564

Πίνακας 4.4.2.2 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Snake εξέτασης 2

Εξέταση 1

Μετρήσεις Λάθους	HMD	AV	HDF	MSSD	MAD
Ασθενής 1	0.979	8.567	29.96	252.78	18.271
Ασθενής 2	0.917	3.52	17.515	126.953	9.183
Ασθενής 3	0.887	11.014	24.427	303.24	19.687
Ασθενής 4	0.923	15.115	15.31	310.347	24.409
Ασθενής 5	0.94	13.67	10.334	254.592	21.346
Ασθενής 6	0.981	8.214	21.983	237.597	16.041
Ασθενής 7	0.979	6.191	25.081	261.748	13.98
Ασθενής 8	0.879	7.314	8.499	167.658	14.77
Ασθενής 9	0.967	8.886	14.381	228.695	19.52
Ασθενής 10	0.967	10.76	17.694	283.834	20.962
Μέσος όρος	0.942	9.325	18.52	242.7444	17.82

Πίνακας 4.4.2.3 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Levelset εξέτασης 1

Εξέταση 2

Μετρήσεις Λάθους	HMD	AV	HDF	MSSD	MAD
Ασθενής 1	0.984	10.946	29.279	357.399	21.248
Ασθενής 2	0.962	5.656	20.614	210.59	12.753
Ασθενής 3	0.958	11.71	27.32	355.94	23.02
Ασθενής 4	0.912	13.452	6.298	241.279	21.739
Ασθενής 5	0.932	15.311	11.24	283.82	25.17
Ασθενής 6	0.98	10.235	19.764	257.543	20.191
Ασθενής 7	0.977	6.295	16.154	122.025	10.099
Ασθενής 8	0.947	9.914	7.44	117.041	15.852
Ασθενής 9	0.975	9.933	15.05	158.991	16.79
Ασθενής 10	0.864	11.484	16.49	176.266	19.79
Μέσος όρος	0.95	10.5	16.97	228.1	18.67

Πίνακας 4.4.2.4 – Μετρήσεις λάθους με την μέθοδο Levelset εξέτασης 2

## Μέσος όρος των 2 Εξετάσεων

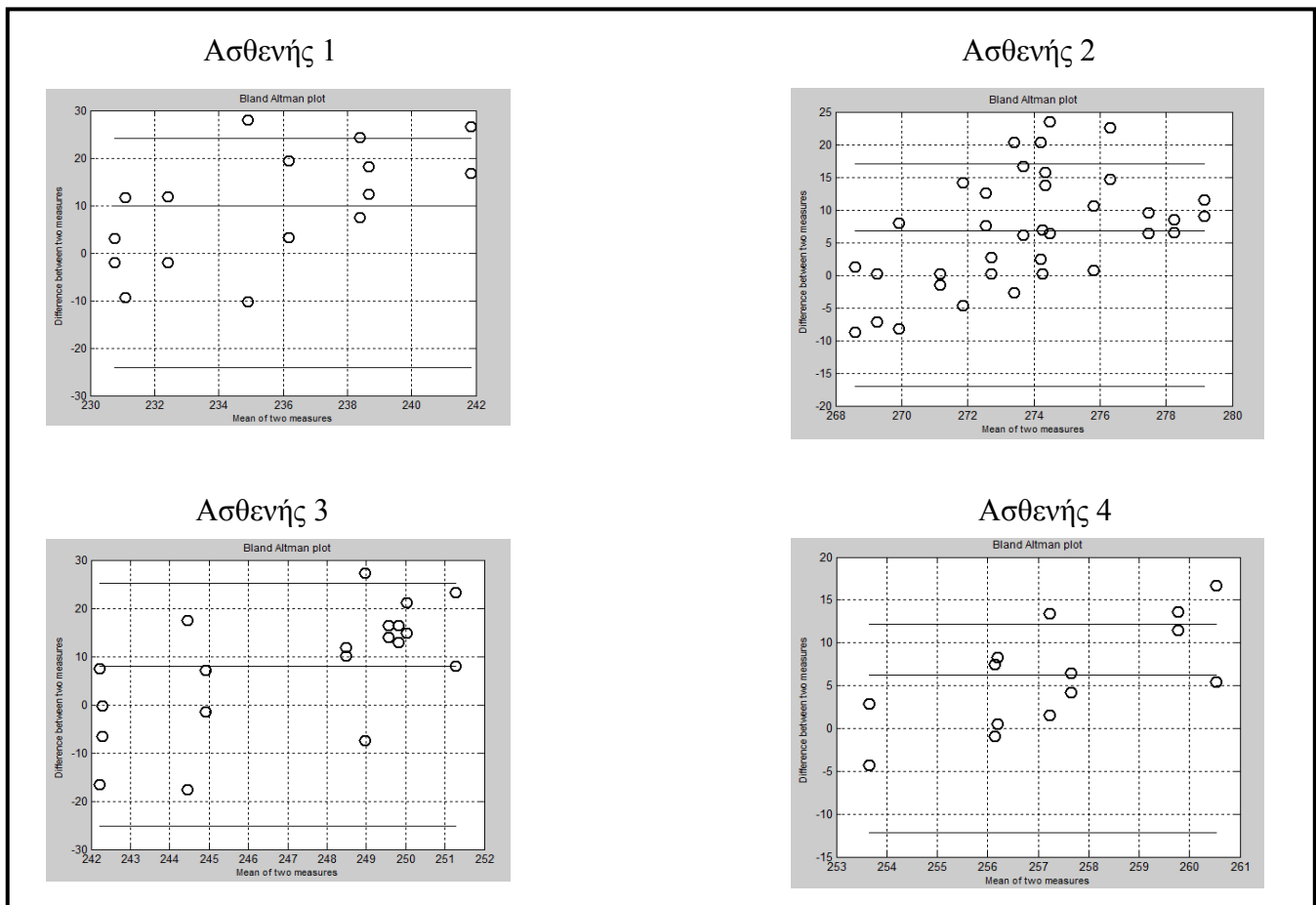
Μετρήσεις Λάθους	HMD	AV	HDF	MSSD	MAD
Snake	0.943	8.7475	18.69	234.47	17.5732
Levelset	0.946	9.913	17.745	235.42	18.245

Πίνακας 4.4.2.5 – Μέσος όρος μετρήσεων λάθους των μεθόδων Snake και Levelset εξετάσεων 1-2

### 4.4.3 Γραφικές παραστάσεις Bland Altman Χειροκίνητης με Αυτόματης κατάτμησης

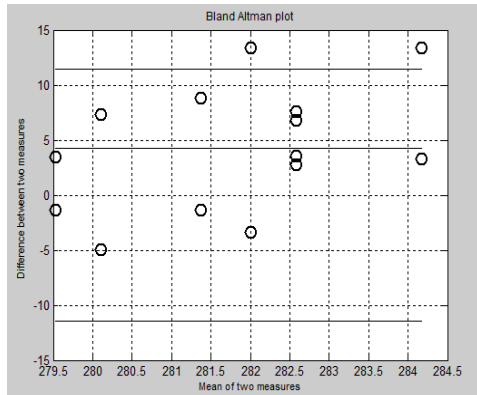
α ) Μέθοδος Snake

#### Εξέταση 1

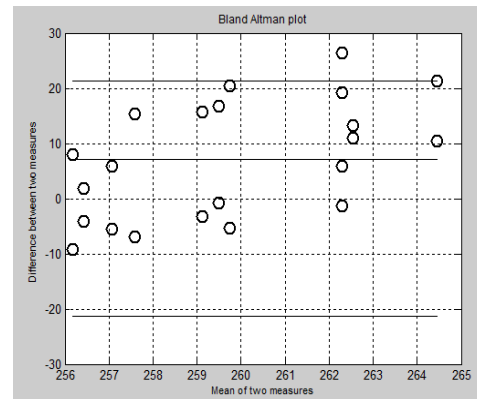


Εικόνα 4.4.3.1 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

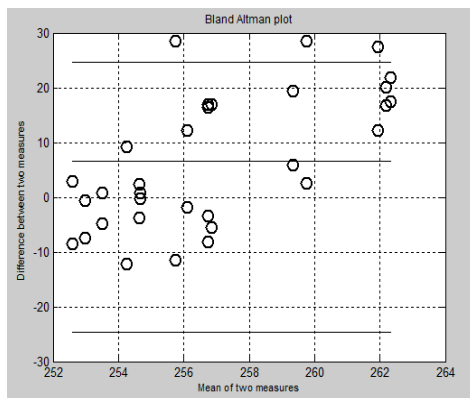
Ασθενής 5



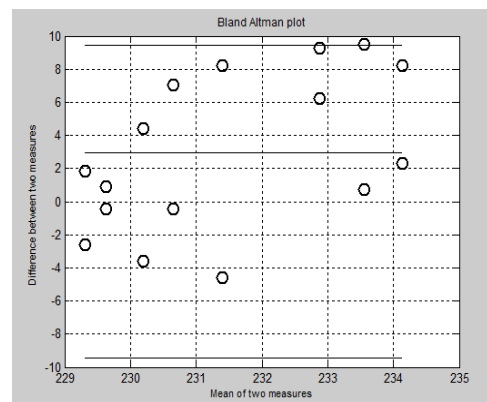
Ασθενής 6



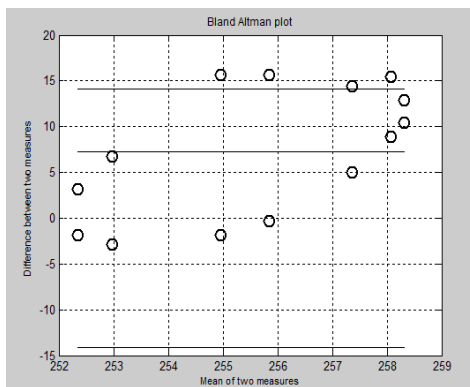
Ασθενής 7



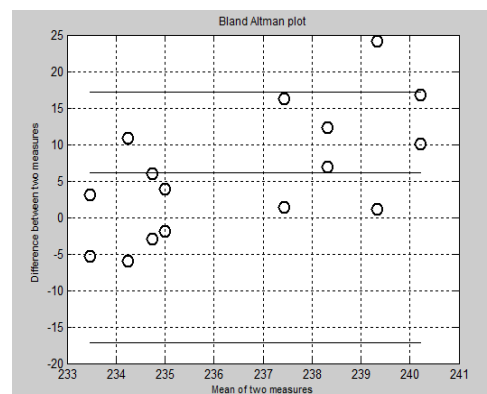
Ασθενής 8



Ασθενής 9

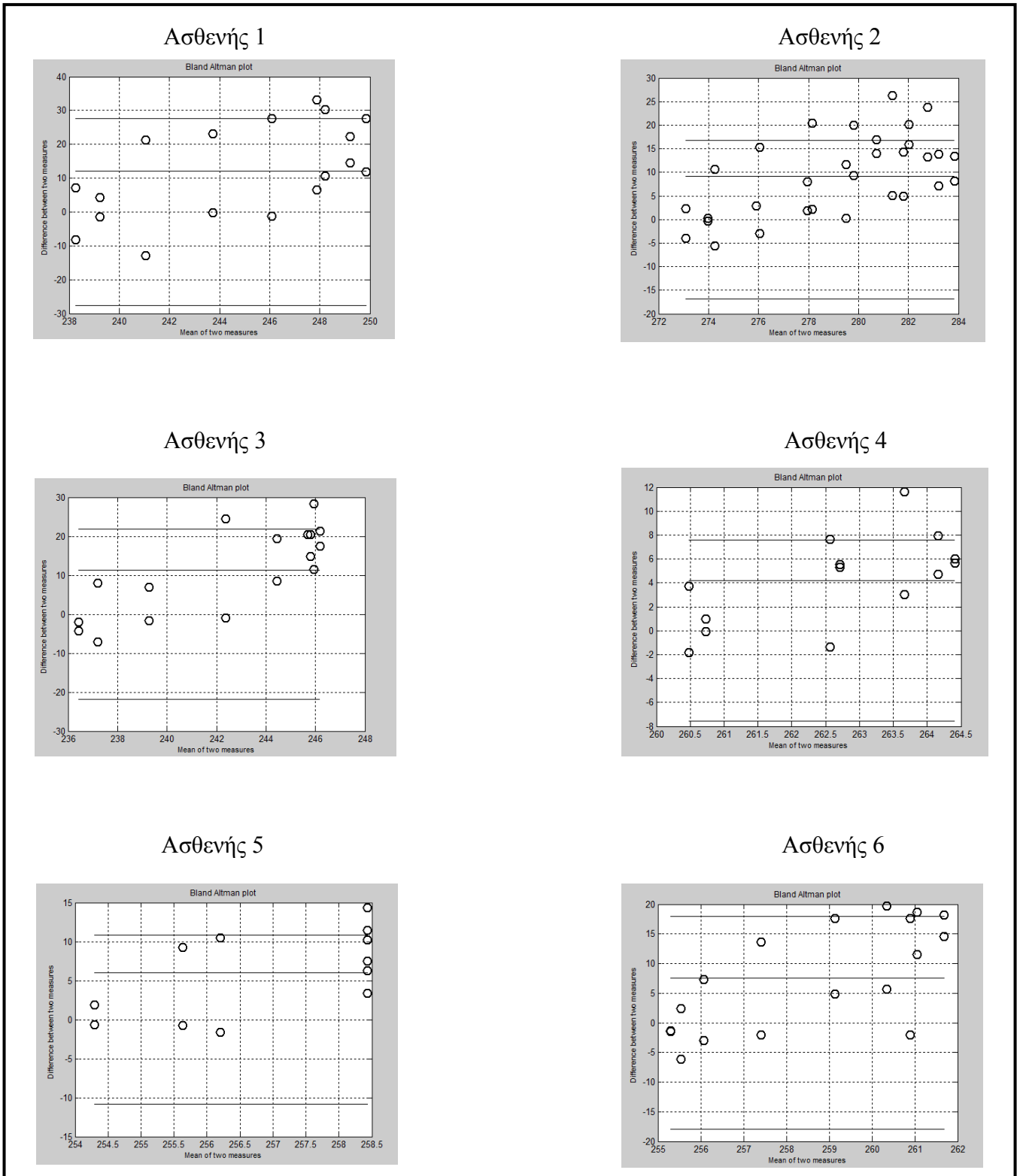


Ασθενής 10



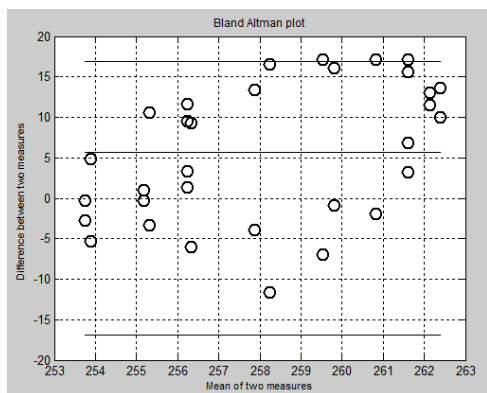
Εικόνα 4.4.3.2 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

## Εξέταση 2

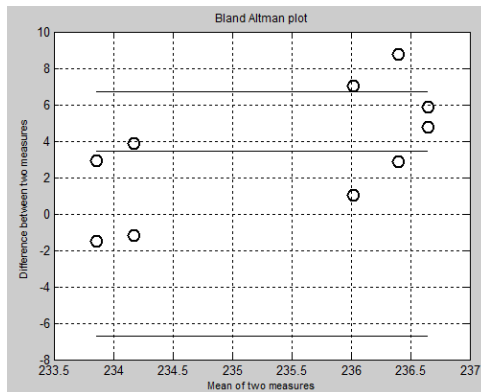


Εικόνα 4.4.3.3 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

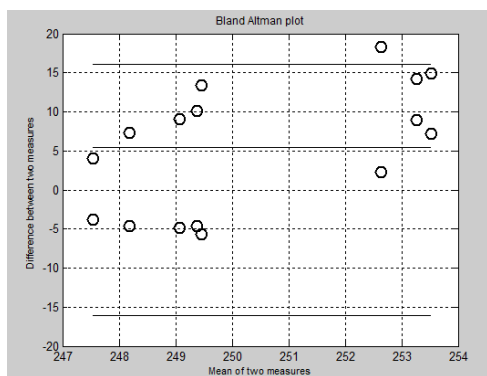
Ασθενής 7



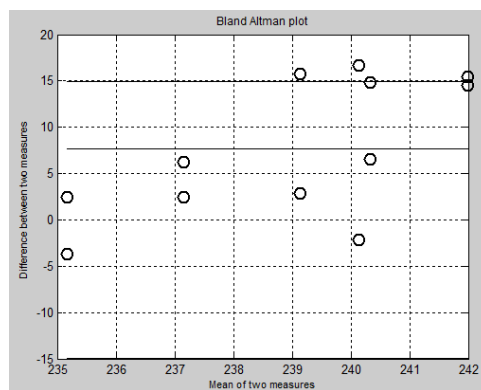
Ασθενής 8



Ασθενής 9

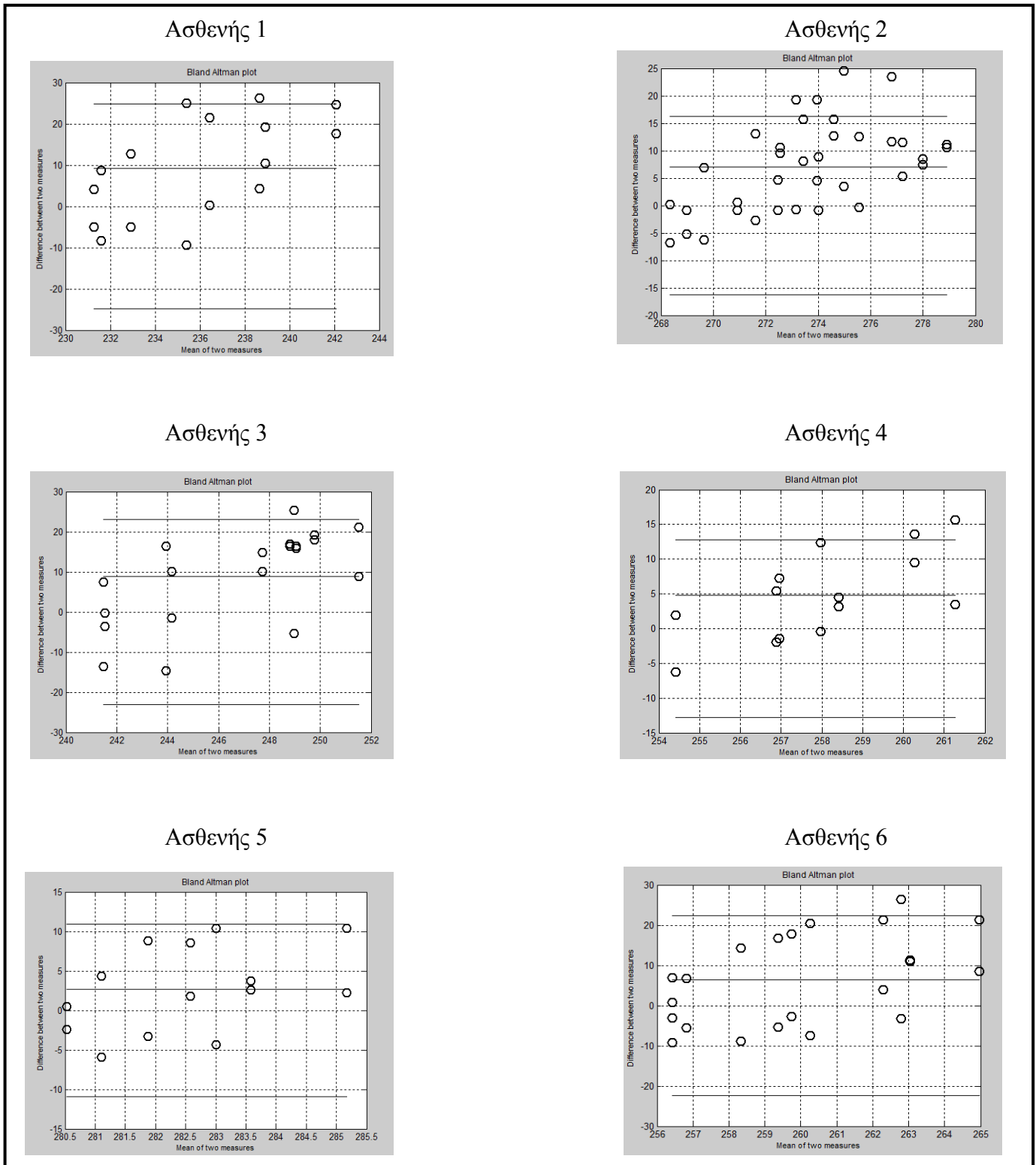


Ασθενής 10



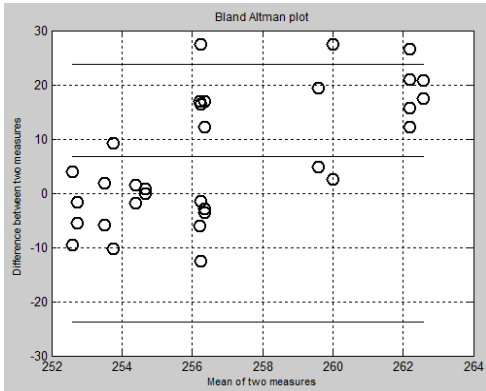
Εικόνα 4.4.3.4 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Snake με Χειροκίνητης κατάτμησης

Εξέταση 1

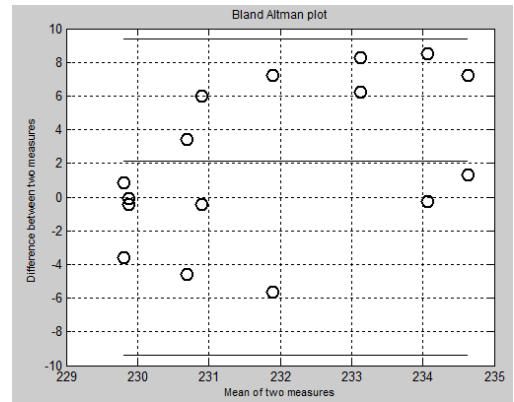


Εικόνα 4.4.3.5 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

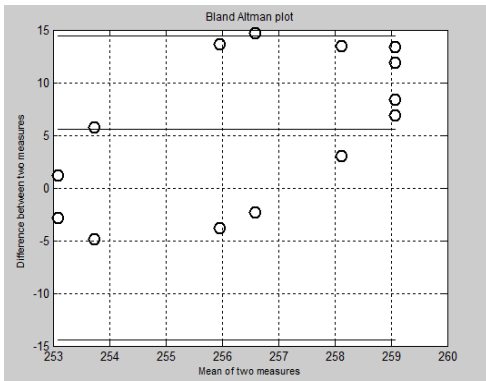
Ασθενής 7



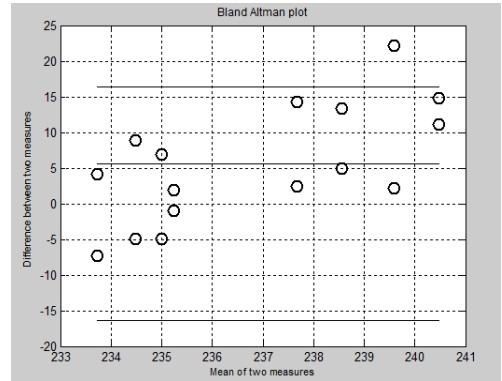
Ασθενής 8



Ασθενής 9



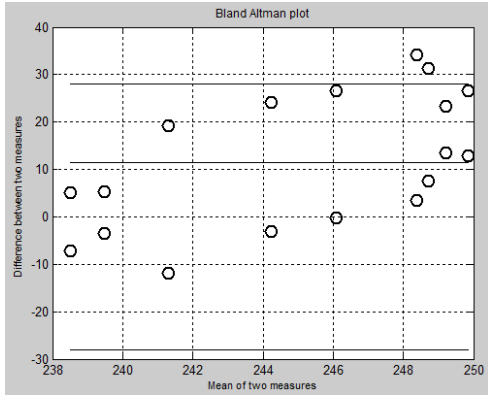
Ασθενής 10



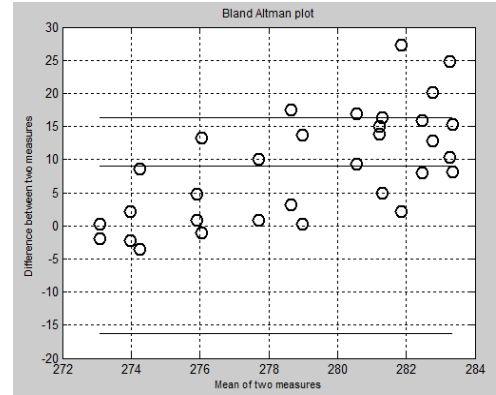
Εικόνα 4.4.3.6 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

## Εξέταση 2

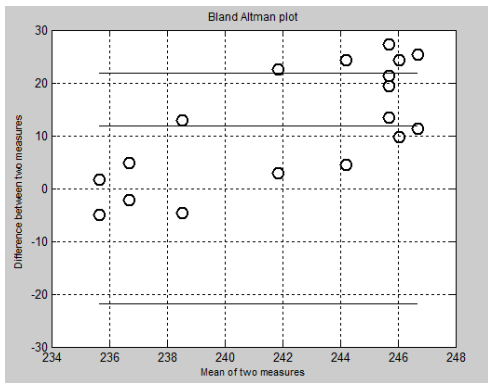
### Ασθενής 1



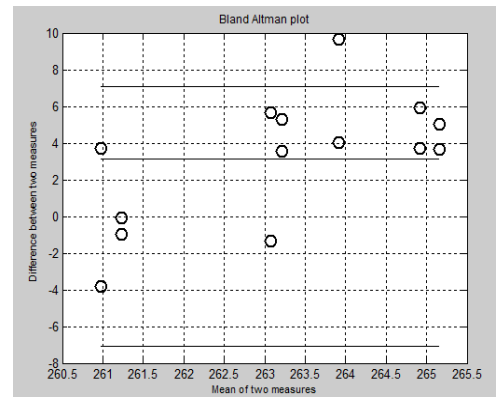
### Ασθενής 2



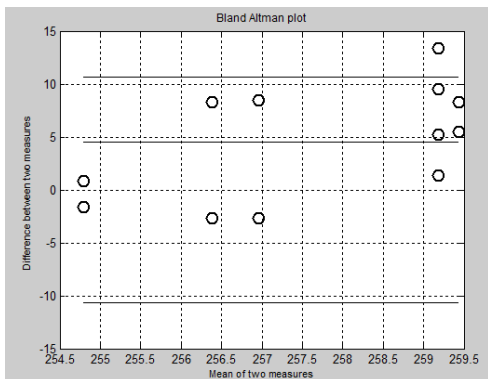
### Ασθενής 3



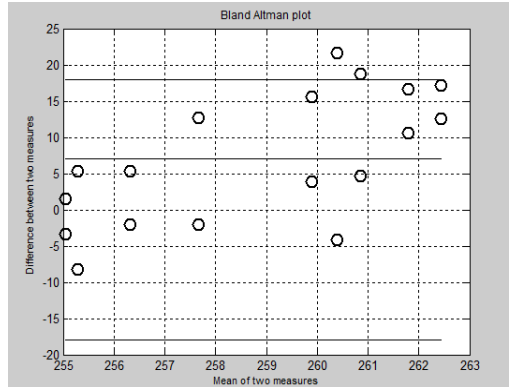
### Ασθενής 4



### Ασθενής 5

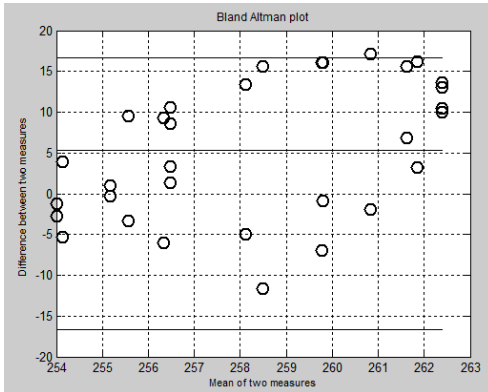


### Ασθενής 6

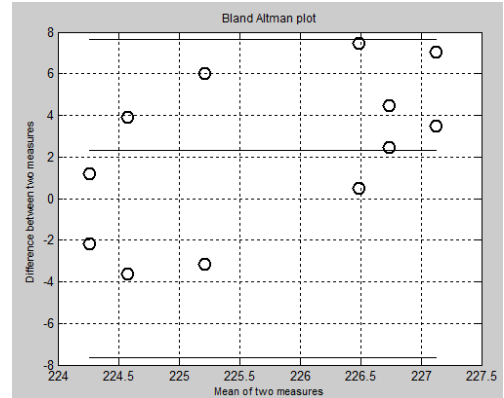


Εικόνα 4.4.3.7 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

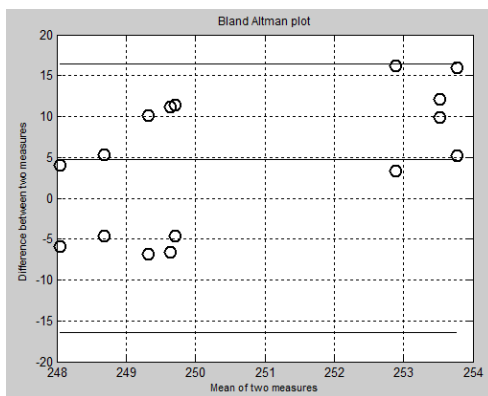
Ασθενής 7



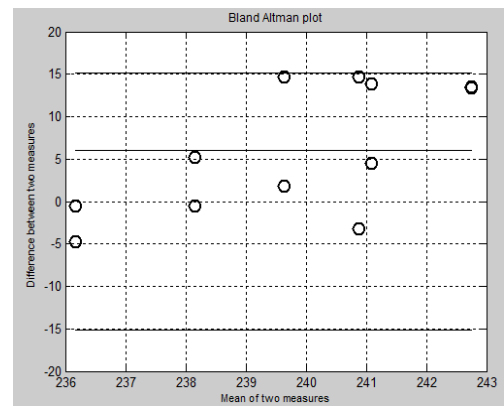
Ασθενής 8



Ασθενής 9



Ασθενής 10



Εικόνα 4.4.3.8 – Γραφικές Bland Altman Αυτόματης κατάτμησης Levelset με Χειροκίνητης κατάτμησης

## 4.5 Σύγκριση Χαρακτηριστικών υφής

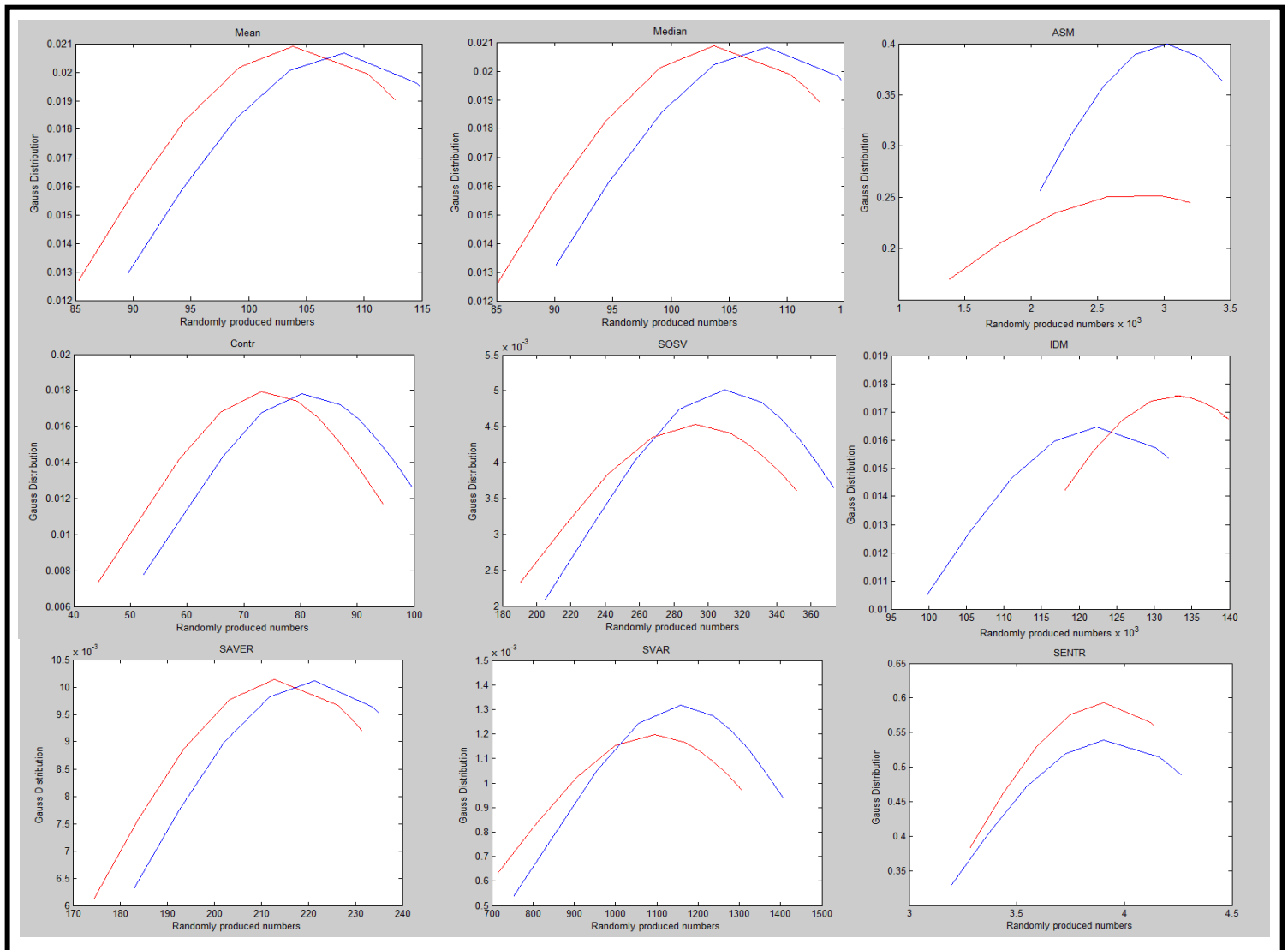
Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η γκαουσιανή κατανομή των χαρακτηριστικών υφής καθώς και η δοκιμή Wilcoxon Rank sum για να βρεθούν χαρακτηριστικά υφής τα οποία θα έχουν αισθητή διαφορά μεταξύ της πρώτης και δεύτερης εξέτασης.

### 4.5.1 Γκαουσιανή – Κανονική Κατανομή Χαρακτηριστικών υφής

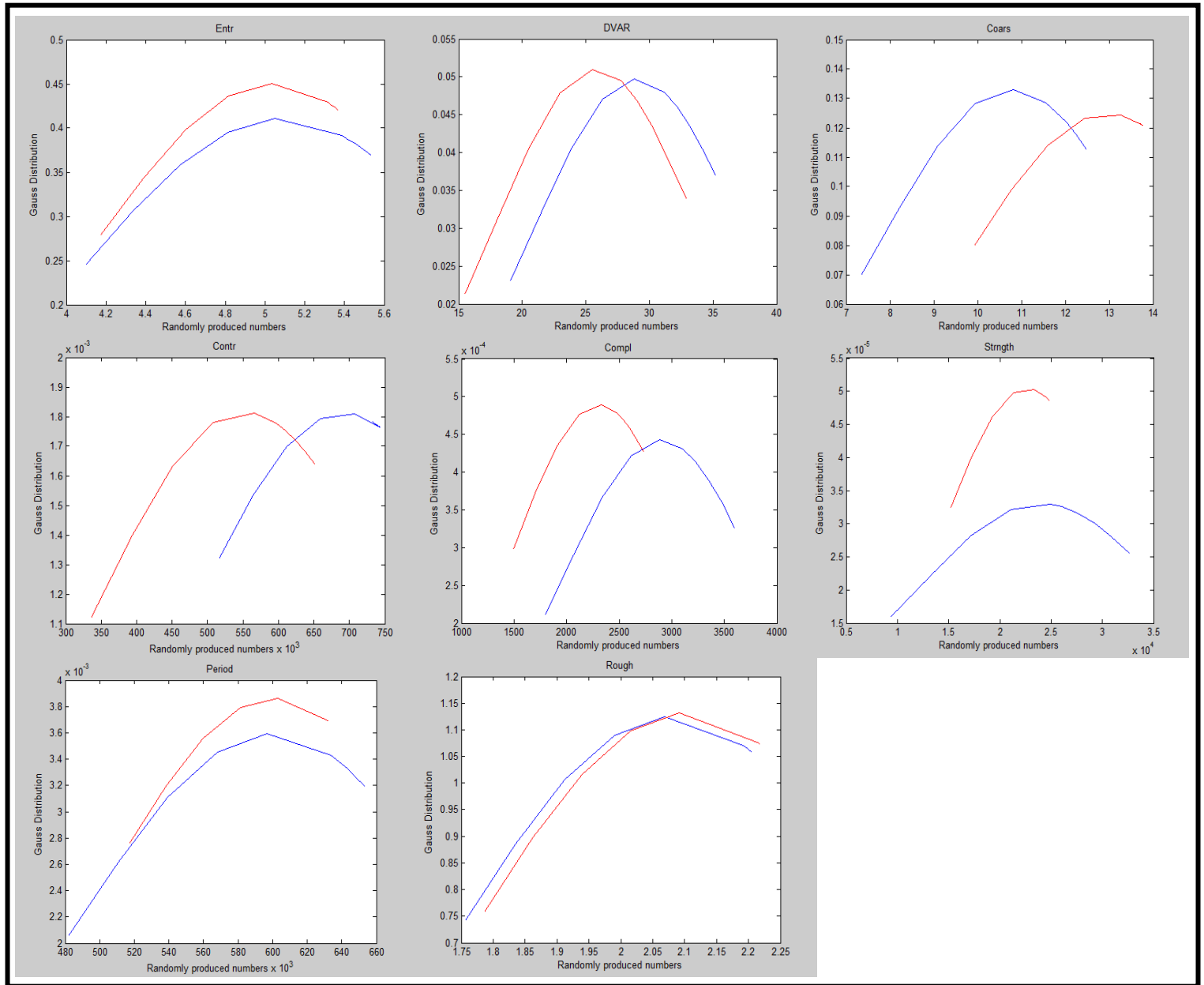
Εξέταση 1 ( '0' μήνες) : —

Εξέταση 2 ( '6' μήνες) : —

α ) Μέθοδος Snake

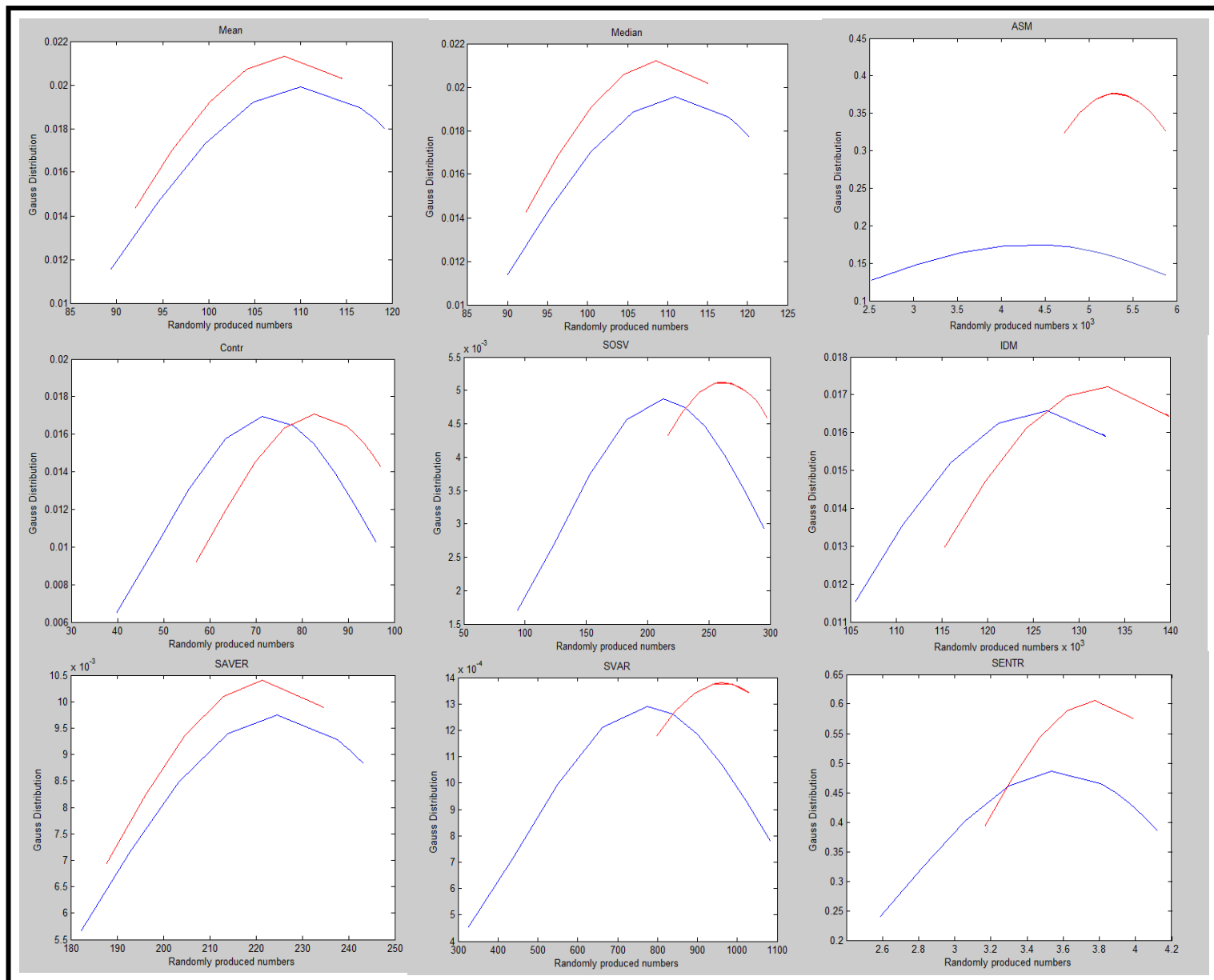


Εικόνα 4.5.1.1 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Snake

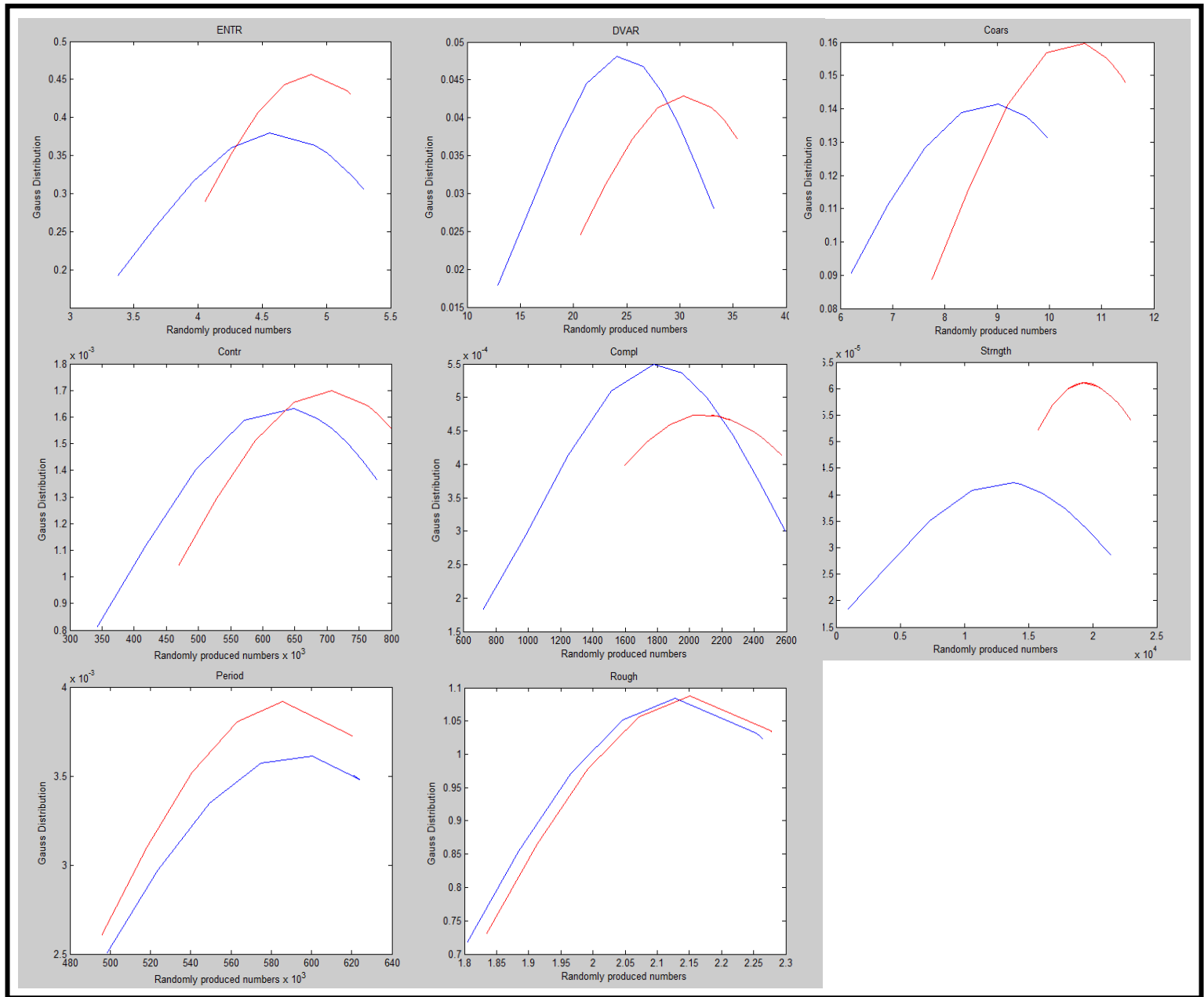


Εικόνα 4.5.1.2 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Snake

β) Μέθοδος Levelset

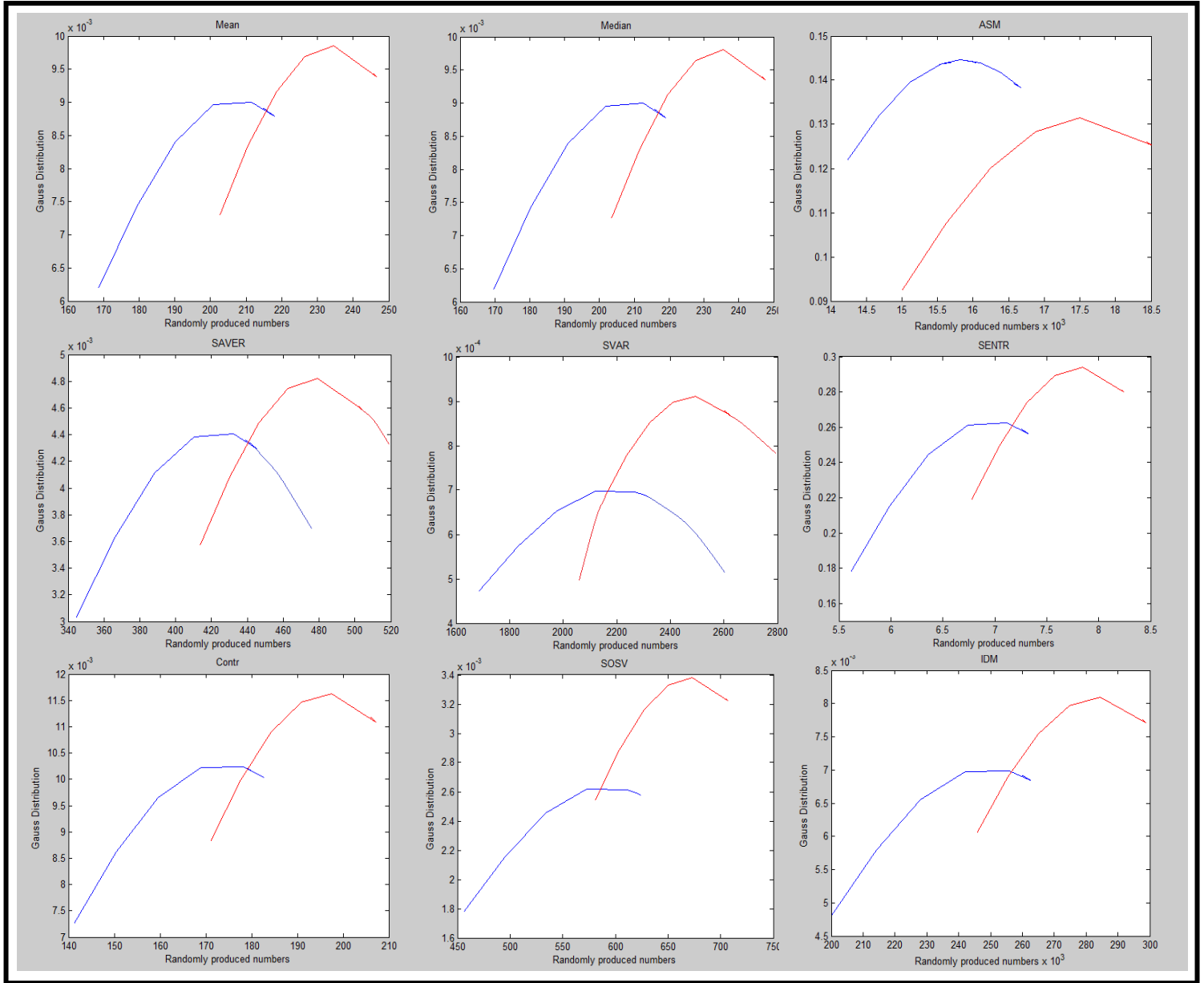


Εικόνα 4.5.1.3 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Levelset

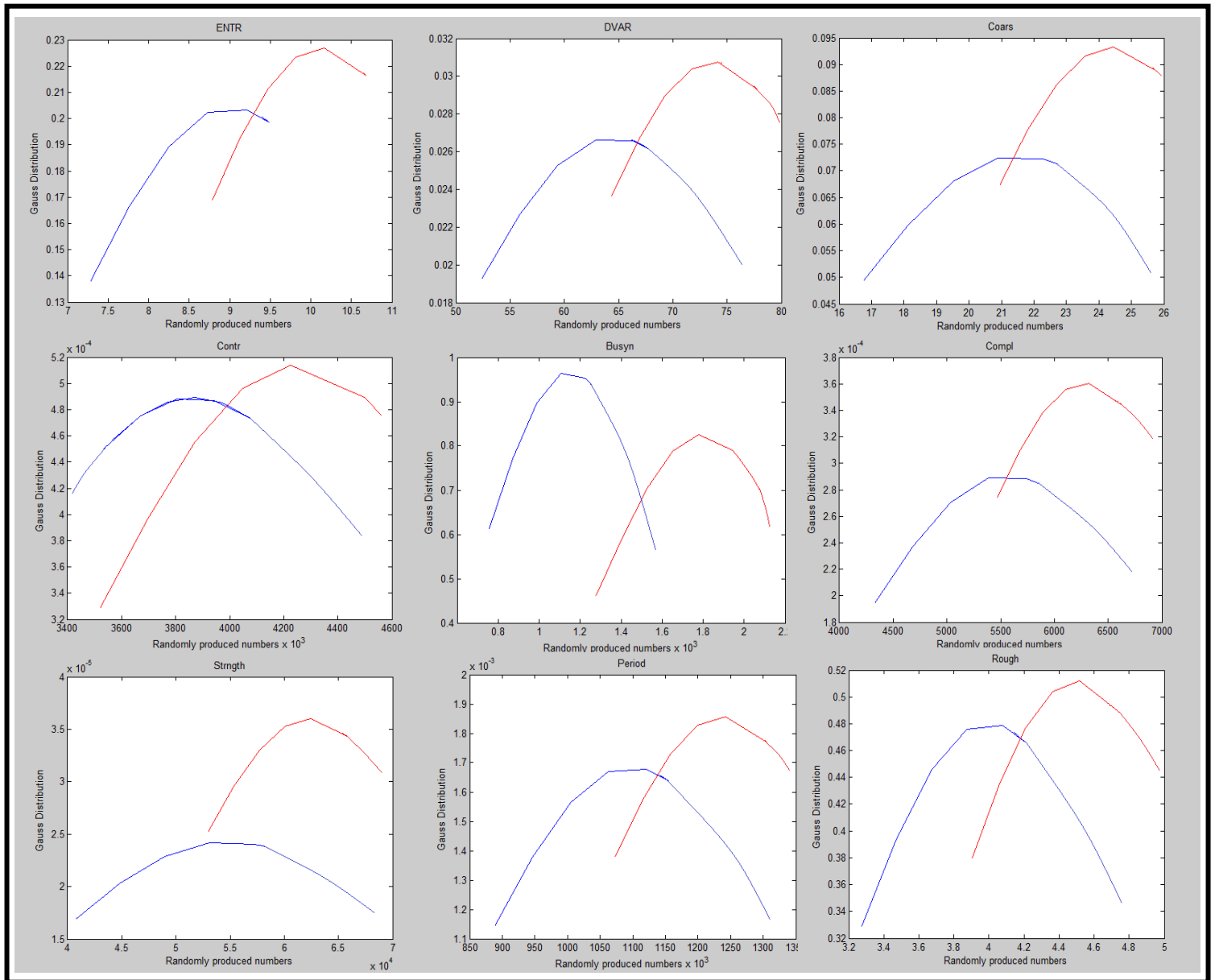


Εικόνα 4.5.1.4 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με την μέθοδο Levelset

γ) Χειροκίνητη Μέθοδος



Εικόνα 4.5.1.5 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο



Εικόνα 4.5.1.6 – Γκαουσιανή Κατανομή Χαρακτηριστικών Υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

## 4.5.2 Wilcoxon Rank Sum Test Χαρακτηριστικών Υφής

α ) Μέθοδος Snake

Εξετάσεις 1-2	Mean	Median	ASM	Contr	SOSV	IDM	SAVER	SVAR	SENTR
Rank Sum Test	0,0536	0,0536	0,970	0,3051	0,427	0,020	0,0536	0,472	0,269
S/D	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Πίνακες 4.5.2.1 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Snake

Εξετάσεις 1-2	Entr	DVAR	Coars	Contr	Busyn	Compl	Strngth	Period	Rough
Rank Sum Test	0,518	0,139	0,104	0,161	NaN	0,075	0,732	0,733	0,063
S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακες 4.5.2.2 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Snake

β ) Μέθοδος Levelset

Εξετάσεις 1-2	Mean	Median	ASM	Contr	SOSV	IDM	SAVER	SVAR	SENTR
Rank Sum Test	0,270	0,270	0,584	0,063	0,160	0,184	0,518	0,160	0,052
S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακες 4.5.2.3 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Levelset

Εξετάσεις 1-2	Entr	DVAR	Coars	Contr	Busyn	Compl	Strngth	Period	Rough
Rank Sum Test	0,074	0,063	0,239	0,383	NaN	0,790	0,104	0,184	0,054
S/D	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακες 4.5.2.4 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με μέθοδο Levelset

### γ) Χειροκίνητη Μέθοδος

Εξετάσεις 1-2	Mean	Median	ASM	Contr	SOSV	IDM	SAVER	SVAR	SENTR
Rank Sum Test	0,009	0,009	0,002	0,0169	0,0443	0,0111	0,009	0,0443	0,089
S/D	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Πίνακες 4.5.2.5 - Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

Εξετάσεις 1-2	Entr	DVAR	Coars	Contr	Busyn	Compl	Strngth	Period	Rough
Rank Sum Test	0,089	0,0137	0,0253	0,0044	0,0025	0,053	0,3431	0,0089	0,009
S/D	0	1	1	1	1	0	1	1	1

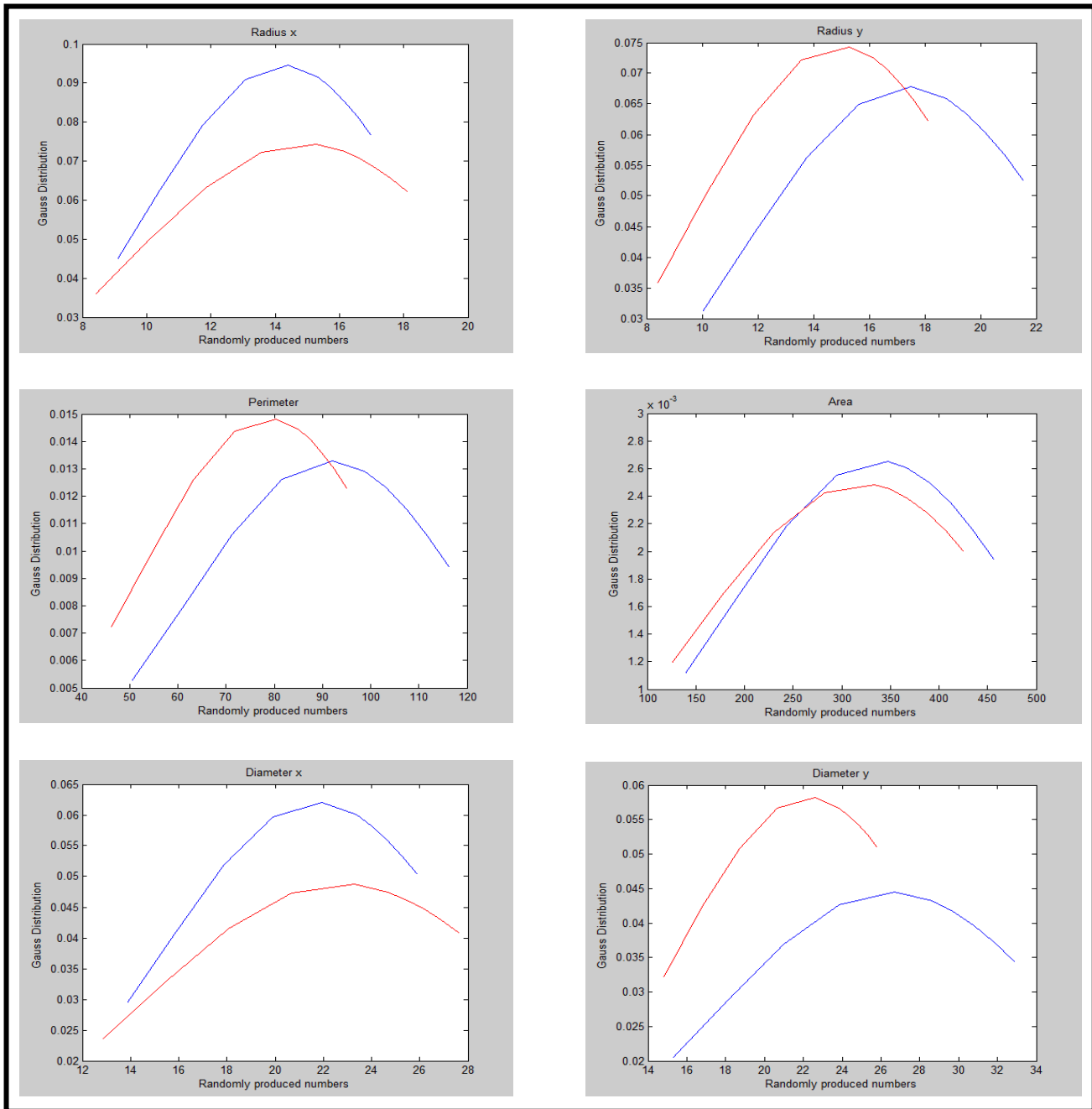
Πίνακες 4.5.2.6 – Wilcoxon Rank Sum Test χαρακτηριστικών υφής με Χειροκίνητη μέθοδο

## 4.6 Σύγκριση Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών

Σε αυτό το υποκεφάλαιο παρουσιάζεται η γκαουσιανή κατανομή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών καθώς και η δοκιμή Wilcoxon Rank sum και από τις δύο αυτόματες μεθόδους ξεχωριστά για να βρεθούν γεωμετρικά χαρακτηριστικά τα οποία θα έχουν αισθητή διαφορά μεταξύ της πρώτης και δεύτερης εξέτασης. Η γκαουσιανή κατανομή των χαρακτηριστικών υφής καθώς και των γεωμετρικών από την κάθε αυτόματη μέθοδο εξάγεται για να δούμε αν οι τιμές ακολουθούν κανονική κατανομή και να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε αργότερα την δοκιμή Wilcoxon Rank sum.

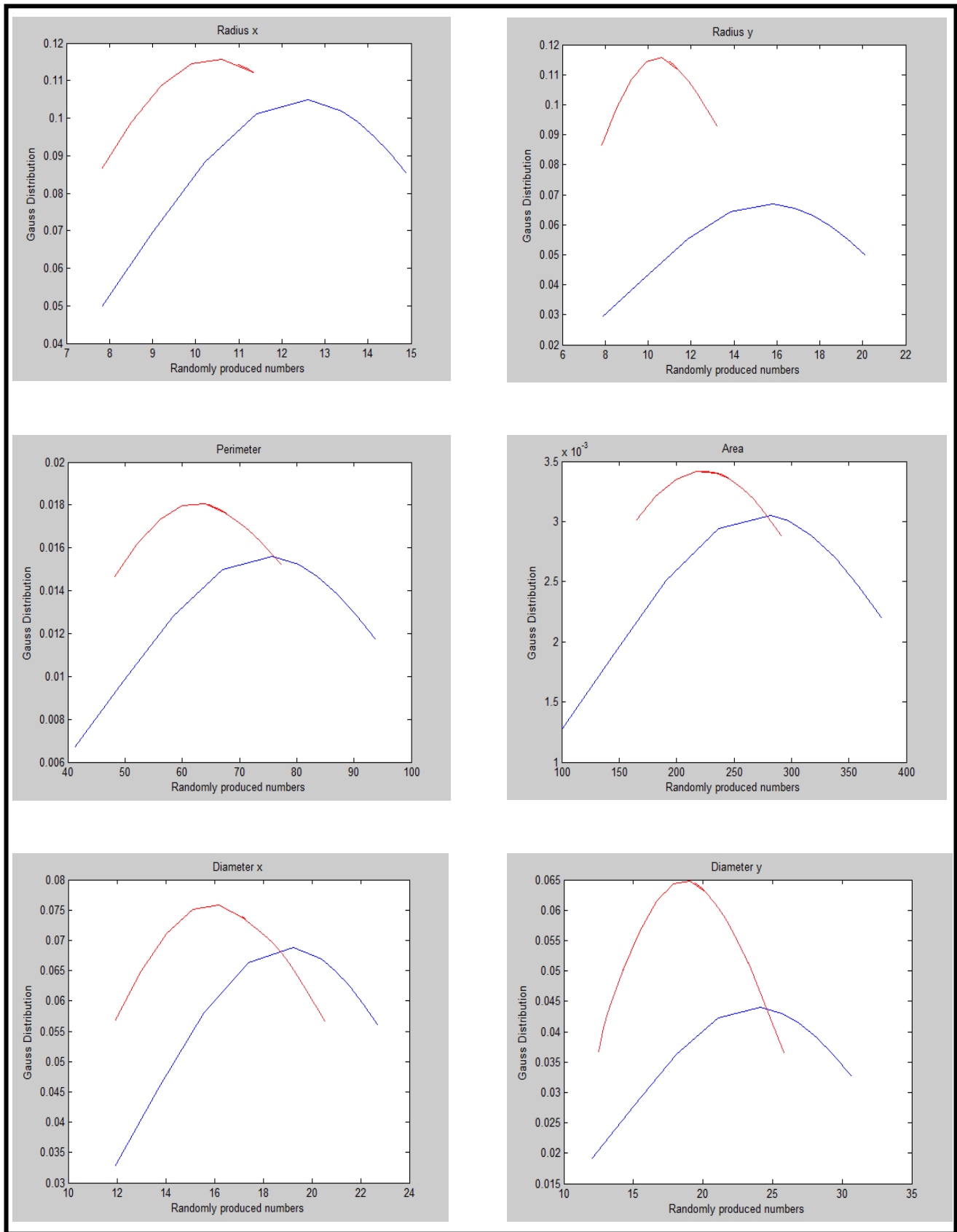
## 4.6.1 Γκαουσιανή Κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών

α ) Μέθοδος Snake



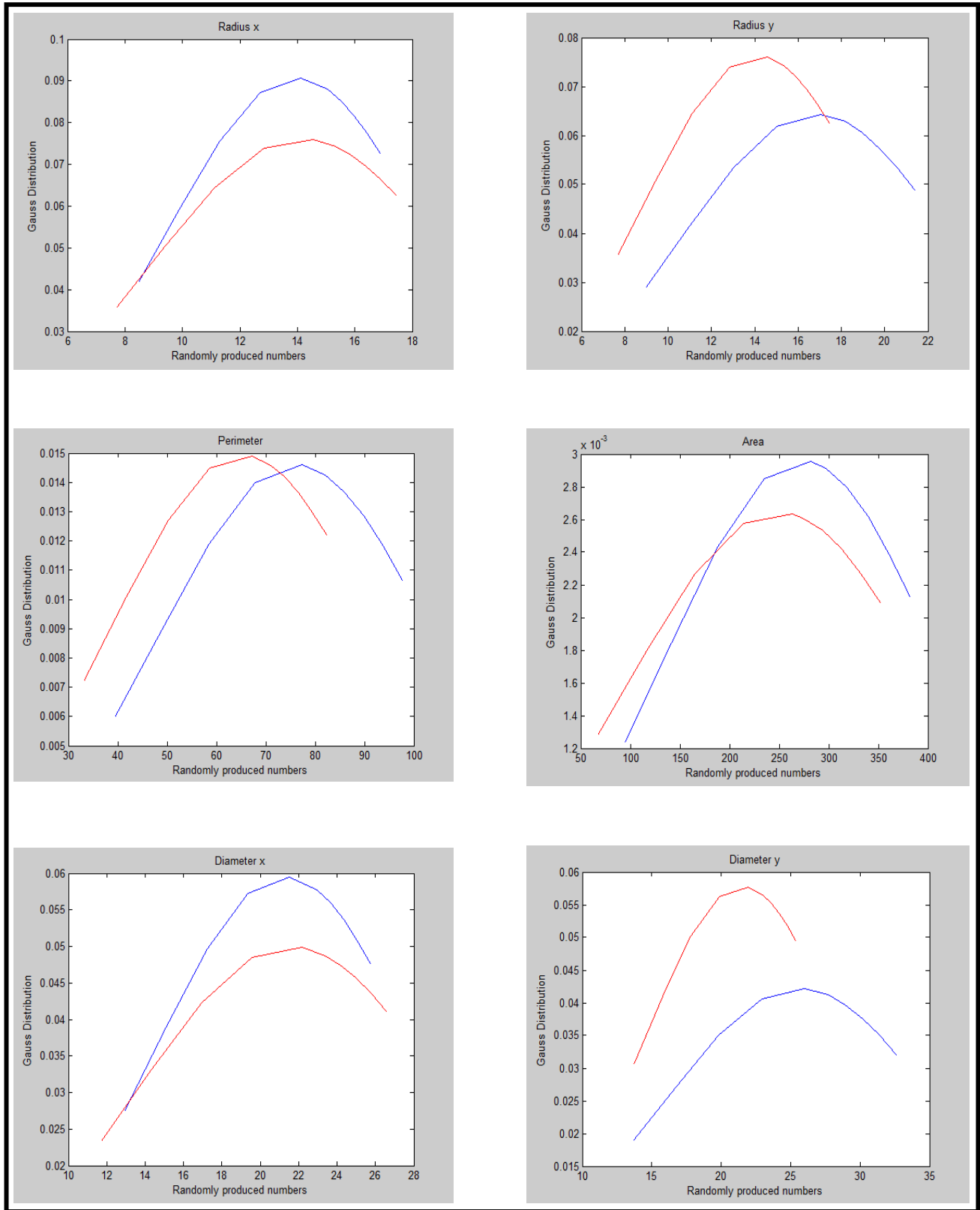
Εικόνα 4.6.1.1 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Snake

β ) Μέθοδος Levelset



Εικόνα 4.6.1.2 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Levelset

γ) Χειροκίνητη Μέθοδος



Εικόνα 4.6.1.3 – Γκαουσιανή κατανομή Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη Μέθοδο

#### 4.6.2 Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών

α ) Μέθοδος Snake

Εξετάσεις 1-2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Rank Sum Test	0,5672	0,1964	0,277	0,791	0,5672	0,1285
S\D	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.6.2.1 – Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Snake

α ) Μέθοδος Levelset

Εξετάσεις 1-2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Rank Sum Test	0,1709	0,0305	0,2111	0,3838	0,1709	0,1499
S\D	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.6.2.2 - Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με μέθοδο Levelset

γ ) Χειροκίνητη Μέθοδος

Εξετάσεις 1-2	Ακτίνα x	Ακτίνα γ	Περίμετρος	Εμβαδόν	Διάμετρος x	Διάμετρος γ
Rank Sum Test	0,879	0,226	0,2404	0,7332	0,9697	0,2101
S\D	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 4.6.2.3 - Wilcoxon Rank Sum Test Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με Χειροκίνητη Μέθοδο

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων

Αφού αποπερατώθηκε το ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα κατάτμησης εστιών της ΠΣ και πάρθηκε μια μεγάλη συλλογή αποτελεσμάτων το επόμενο βήμα είναι η εξέταση τους εις βάθος η οποία θα μας οδηγήσει στην εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων. Μέσα από τα αποτελέσματα μπορούμε αποδείξουμε ποια ήταν η καλύτερη μέθοδος κατάτμησης εφόσον αυτή έδωσε τις πιο ορθές ενδείξεις με βάση τα δεδομένα που είχαμε από τους ειδικούς και να βρεθούν κατάλληλα χαρακτηριστικά που να μπορούν να διαχωρίσουν την εξέλιξη της ασθένειας σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Η συλλογή των αποτελεσμάτων αποτελείται από ενδείξεις κατάτμησης από διάφορες μεθόδους, όπως κατάτμηση με μέθοδο ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) και κατάτμηση με μέθοδο συνόλου επιπέδων (Levelset) για να δειχθεί ποια μέθοδος έχει κατατμήσει καλύτερα την ουλή της ΠΣ με βάση την χειροκίνητη κατάτμηση από ειδικούς (PIq). Επίσης περιλαμβάνει αποτελέσματα των 18 χαρακτηριστικών υφής των μέσων όρων των ουλών της ΠΣ του κάθε ασθενή (σύνολο 10 ασθενείς) από την κάθε μέθοδο μαζί με τις γραφικές τους παραστάσεις (box plots) καθώς και γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κάθε ουλής της ΠΣ. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν σε δοκιμή Wilcoxon Rank sum, αφού πρώτα παραστάθηκαν γραφικά και φάνηκε ότι ακολουθούν κανονική κατανομή, για να αποδειχθούν κατάλληλα χαρακτηριστικά τα οποία θα μπορούν να δείξουν καλύτερα την κατάσταση της νόσου σε εξετάσεις στους 0 μήνες και στους 6 μήνες. Στην συνέχεια έγιναν μετρήσεις ποσοστών κάλυψης της ουλής και από τις δυο αυτόματες κατατμήσεις με μέτρο σύγκρισης το περίγραμμα της ουλής από χειροκίνητη κατάτμηση καθώς και μετρήσεις λάθους που αφορούν την διαφορά αποστάσεων μεταξύ του περιγράμματος της χειροκίνητης κατάτμησης και της αυτόματης κατάτμησης. Και ακόμη γίνεται σύγκριση αν οι τιμές της χειροκίνητης κατάτμησης από ειδικούς (PIqs) συμφωνούν με αυτές της αυτόματης κατάτμησης τότε η αυτόματη ανίχνευση της ουλής έχει γίνει σωστά.

Πολλές μελέτες που ασχολήθηκαν με το ίδιο το αντικείμενο έδειξαν μέσα από την έρευνα τους ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του σχήματος της εστίας της ΠΣ στους 0 και 6-12 μήνες. Όμως για μερικά χαρακτηριστικά υφής υπήρξε σημαντική διαφορά ανάμεσα σε κανονικές-υγιείς εστίες (normal tissue -NAWM) και εστίες της ΠΣ (Lesions) στους 0 και 6-12 μήνες και ανάμεσα στις εστίες της ΠΣ στους 0 και 6-12 μήνες. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά υφής είναι : *Αντίθεση* (contrast-Contr), *Διαφορά διασποράς* (difference variance-DVAR), *Διαφορά εντροπίας* (difference entropy-DENTR) κ.α. όπως αναφέρονται στα άρθρα [36],[37]. Μέσα από την παρούσα έρευνα δεν υπήρξε αισθητή διαφορά ανάμεσα στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της εστίας της ΠΣ στους 0-6 μήνες αλλά βρέθηκε ένα χαρακτηριστικό υφής το

*Inverse difference moment* (IDM) με την μέθοδο του ενεργού περιγράμματος (Snake) το οποίο έδειξε αισθητή διαφορά σε διάστημα δύο διαφορετικών εξετάσεων.

Σύμφωνα με μια άλλη έρευνα [38] έδειξαν ότι η ανάλυση υφής μπορεί να επιτύχει υψηλή ταξινόμηση ακρίβειας ( $\geq 90\%$ ) σε διάκριση κανονικών-υγιή εστιών του εγκεφάλου (NAWM) και εστιών της ΠΣ (Lesions).

Στο άρθρο [39] έγινε εκτεταμένη μελέτη διαφόρων μεθόδων κανονικοποίησης των εικόνων MT του εγκεφάλου σε ανάλυση υφής της ΠΣ. Ερευνήθηκαν έξι διαφορετικές μέθοδοι κανονικοποίησης των εικόνων MT και παρουσιάστηκε η πιο κατάλληλη για προ-επεξεργασία των εικόνων MT. Η έρευνα έγινε σε κανονικοποιημένες και μη εικόνες MT με κανονική-υγιή εστία του εγκεφάλου (NAMW) και με εστία της ΠΣ (Lesions), δείχνοντας πως η καλύτερη μέθοδος κανονικοποίησης αποτελεί η κανονικοποίηση ιστογράμματος (histogram normalization-HN). Η συγκεκριμένη μέθοδος κανονικοποίησης προτείνεται η καταλληλότερη για προ-επεξεργασία εικόνων MT στην ανάλυση των εστιών της ΠΣ και αποτελεί σημαντικό βήμα για την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών υφής ως υποκατάστατα δείκτες εξέλιξης της νόσου της ΠΣ. Γι αυτό και στην παρούσα ερευνητική εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος κανονικοποίησης ιστογράμματος για την προ-επεξεργασία εικόνων MT πριν την κατάτμηση και την εξαγωγή των χαρακτηριστικών υφής της εστίας της ΠΣ.

Σε μια άλλη ερευνητική μελέτη [40] χρησιμοποίησαν 32 εστίες της ΠΣ (Lesions) από 8 ασθενείς και μέσω 42 χαρακτηριστικών ανάλυσης υφής για κάθε εστία της ΠΣ τις ταξινόμησαν σε δύο ομάδες τις ενεργές και μη ενεργές εστίες. Επίσης διέκριναν σε 8 χαρακτηριστικά υφής σημαντική διαφορά.

Υπήρξαν και άλλες μελέτες όπου έγινε δημιουργία συστήματος για ανάλυση ιατρικών εικόνων από ασθενείς με ΠΣ και διαχείριση της πληροφορίας [41] και έδειξαν ότι είναι πολύ αποδοτικό για το χρήστη. Εφόσον έχουν μια βάση δεδομένων με εικόνες και κλινικές πληροφορίες μπορούν να τις ανακτήσουν για τις διάφορες λειτουργίες του συστήματος για την εξαγωγή σημαντικών αποτελεσμάτων. Τέτοια συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για άλλες εφαρμογές, ή να παρθούν ιδέες για δημιουργία μικρότερου σε συγκεκριμένο τομέα σύστημα όπως και στην παρούσα εργασία.

Παρόμοια με την παρούσα μελέτη ημιαυτόματης κατάτμησης των εστιών ΠΣ (Lesions) σε εικόνες μαγνητικής τομογραφίας χρησιμοποιώντας ανάλυση υφής είχε γίνει στο άρθρο [42]. Πάρθηκαν οι πραγματικοί προσδιορισμοί (real delineation – ground truth) από τους ειδικούς, η οποία είναι χρονοβόρα και μεγάλης χωρητικότητας διαδικασία, και έφτιαξαν ένα αυτόματο αλγόριθμο κατάτμησης τον οποίο χρησιμοποίησαν για την σύγκριση των χειροκίνητων προσδιορισμών με τις κατατεθείσες περιοχές από την αυτόματη κατάτμηση με βάση την ανάλυση υφής.

Επίσης μια άλλη μελέτη [43] σύγκρινε τα χαρακτηριστικά υφής των κανονικών-υγιών εστιών του εγκεφάλου (NAMW) με εστίες της ΠΣ (Lesions) και με κανονικές-υγιείς εστίες του εγκεφάλου (NAMW) αντίστοιχα. Τα

πειράματα έγιναν μέσω εικόνων MT 26 υγείων ατόμων και 26 ασθενών της ΠΣ και μέσω στατιστικών μεθόδων βρέθηκαν χαρακτηριστικά υφής τα οποία έδειξαν σημαντική και αισθητή διαφορά.

## 5.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων και την καταγραφή όλων των αποτελεσμάτων μπορούμε να συγκρίνουμε τόσο τις δύο αυτόματες μεθόδους οι οποίες ενσωματώθηκαν στο σύστημα όσο και τα διάφορα χαρακτηριστικά υφής και γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατατμηθείσας περιοχής.

Η εφαρμογή των διαφόρων μεθόδων κατάτμησης μέσα από την ορθότητα του αποτελέσματος τους οδηγεί στο συμπέρασμα πως και οι δύο αυτόματες μέθοδοι έχουν θετικά αποτελέσματα. Μια μικρή παρατήρηση δείχνει ότι η μέθοδος ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) είναι καλύτερη από την μέθοδο συνόλου επιπέδων (Levelset). Αυτό φαίνεται καλύτερα στο αποτέλεσμα μετρήσεων ποσοστών κάλυψης ουλής η οποία έχει κατά μέσο όρο ψηλότερο ποσοστό στην μέτρηση true positive function (TPF) δηλαδή πόσο τοις εκατό κάλυψε η αυτόματη κατάτμηση την ουλή από χειροκίνητη κατάτμηση όπως φαίνεται στους πίνακες 4.4.1.1-4. Επίσης η μέθοδος Snakes αποδεικνύεται καλύτερη αφού στο πίνακα 4.4.2.5 στις μετρήσεις λάθους παρατηρείται ότι η μέθοδος Snakes έχει στις 4 από τις 5 μετρήσεις λάθους μικρότερη τιμή από την μέθοδο Levelset.. Όσον αφορά τις γραφικές Bland Altman και οι δύο μέθοδοι χονδρικά έδειξαν ότι οι τιμές  $\chi_1$ ,  $\gamma_1$  των περιγραμμάτων τους συμφωνούν καλύτερα με αυτές τις χειροκίνητης μεθόδου (Plq) οι οποίες θεωρούνται σωστές αφού βρίσκονται μέσα στα όρια συμφωνίας, όπως φαίνονται στις γραφικές.

Όσον αφορά όλα τα χαρακτηριστικά υφής και γεωμετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ πρώτης και δεύτερης εξέτασης υποβλήθηκαν σε δοκιμή Wilcoxon Rank sum. Με βάση τα αποτελέσματα βρέθηκε ένα χαρακτηριστικό υφής το *Inverse difference moment* (IDM) το οποίο μετρά την τοπική ομογένεια με την μέθοδο ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) το οποίο παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και δεύτερης εξέτασης. Άλλα χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να δείξουν σημαντική διαφορά μεταξύ πρώτης και δεύτερης εξέτασης αν είχαμε περισσότερο δείγμα από ασθενείς είναι το *Mean, Median Sum average* (SAVER) και *Roughness* (Rough) της αυτόματης κατάτμησης με την μέθοδο Snake και το *Entropy* (ENTR), *Sum entropy* (SENTR), *Contrast* (Contr-Αντίθεση), *Difference variance* (DVAR) και *Roughness* (Rough) της αυτόματης κατάτμησης με την μέθοδο Levelset.

Και πάλι από τα πιο πάνω ενδεικτικά καταλήγουμε ότι η αυτόματη μέθοδος των ενεργών περιγραμμάτων (Snakes) είναι καλύτερη από εκείνη του συνόλου επιπέδων (Levelset).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

### **6.1 Αποτίμηση της εργασίας**

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής μελετήθηκαν ποίκιλα επιστημονικά άρθρα που είχαν σχετικό ερευνητικό υπόβαθρο και βοήθησαν στην δημιουργία ενός ολοκληρωμένου αυτοματοποιημένου συστήματος κατάτμησης εστιών ΠΣ. Το σύστημα οδήγησε στην εξαγωγή ενδιαφέρων και σημαντικών αποτελεσμάτων για την ανίχνευση ουλής της ΠΣ και την ανάλυση γεωμετρικών χαρακτηριστικών και υφής. Η ενσωμάτωση επιλεγμένων μεθόδων κατάτμησης στο σύστημα βοήθησε στην αξιολόγηση της ορθότητας των αποτελεσμάτων τους με βάση τους χειροκίνητους προσδιορισμούς κατάτμησης της ουλής που δόθηκαν από ειδικούς γιατρούς. Η εξαγωγή όλων των χαρακτηριστικών βοήθησε στο να βρεθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία παρουσίασαν διαφορετικές μετρήσεις μεταξύ πρώτης και δεύτερης εξέτασης και έτσι μπορούν να δείξουν καλύτερα την εξέλιξη της νόσου.

### **6.2 Μελλοντική εργασία**

Μετά από όλα αυτά που ερευνήθηκαν πιστεύω πως θα ήταν καλό ως μελλοντική εργασία να γίνει περαιτέρω μελέτη των αποτελεσμάτων, που έγιναν σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα, των χαρακτηριστικών υφής. Αρχικά να παρθούν περισσότερα δείγματα ασθενών έτσι ώστε να αποκομιστεί μεγαλύτερος και σημαντικότερος αριθμός χαρακτηριστικών υφής, εφόσον θα δείχνουν εμφανέστερα την αριθμητική διαφορά τους μεταξύ των διαφορετικών χρονικών διαστημάτων των εξετάσεων. Αυτό θα βοηθήσει τους ειδικούς στην καλύτερη και γρηγορότερη ανίχνευση της ασθένειας ΠΣ. Ακόμη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εκπαίδευσης ενός ολοκληρωμένου νευρωνικού δικτύου το οποίο θα είναι ικανό να παρουσιάζει αποτελέσματα της κατάστασης της νόσου, χωρίς να γίνεται χρήση κάποιας αυτόματης μεθόδου κατάτμησης, σε ελάχιστη χρονική διάρκεια.

### 6.3 Επίλογος

Αναμφίβολα η ΠΣ είναι μια από τις σοβαρότερες νευρολογικές ασθένειες στον πλανήτη μας. Η δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου συστήματος υποβοήθησης το οποίο ανιχνεύει τις εστίες της ΠΣ θα βοηθήσει το έργο του γιατρού. Έτσι μέσα από την έρευνα αυτή έγινε εκτεταμένη μελέτη και δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος. Αξιοσημείωτο είναι ότι μέσα από την πληθώρα των αποτελεσμάτων οδηγηθήκαμε σε σημαντικά συμπεράσματα, όπως την διάκριση του αυτόματου αλγορίθμου κατάτμησης ενεργών περιγραμμάτων (Snake) το οποίο είχε επιφέρει ορθότερα και καλύτερα αποτελέσματα κατάτμησης των εστιών. Επιπρόσθετα παρουσιάστηκε και ένα χαρακτηριστικό υφής που έδειξε αισθητή διαφορά σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα εξετάσεων και μαζί με τα υπόλοιπα μπορούν να αποτελέσουν δεδομένα εκπαίδευσης ενός μελλοντικού νευρωνικού δικτύου, το οποίο δεν θα αντικαταστήσει την δουλειά του γιατρού αλλά θα αποτελέσει σημαντικό εργαλείο υποβοήθησης στην διάγνωση της ασθένειας της ΠΣ.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Γρηγοράκης, Δ 2003, *Διατροφή & Σκλήρυνση κατά πλάκας (Πολλαπλή Σκλήρυνση)*, Πρώτη έκδοση, Βήτα Ιατρικές Εκδόσεις, Αθήνα.
- [2] Google 2011, *Google*, Google images, viewed 27 January 2011, <[www.google.com/images/article/308.jpg](http://www.google.com/images/article/308.jpg)>.
- [3] Polman, C.H, Thompson, A.J, Murray, T.J 2006, *Multiple sclerosis: the guide to treatment and management*, Sixth edition, Multiple sclerosis international federation, United States, America.
- [4] Par Web Solutions 2011, *AllRefer.com Health*, image viewed 27 January 2011, <<http://health.allrefer.com/pictures-images/multiple-sclerosis.html>>.
- [5] Waxman, S 2005, *Multiple Sclerosis As A Neuronal Disease*, First edition, Elsevier academic press, United States, America.
- [6] Google 2011, *Google*, Google images, viewed 27 January 2011, <[www.google.com/images/σκληρυνση+1.jpg](http://www.google.com/images/σκληρυνση+1.jpg)>
- [7] Hähnel, S 2009, *Inflammatory Diseases of the Brain*, Third edition, Springer, United States, America.
- [8] Westbrook, C, Roth, C.K, Talbot, J 2005 , *MRI in practice*, Third edition, Blackwell Publishing Limited, Australia.
- [9] Gonzalez, R.C, Woods, R.E, Edding, S.L 2009, *Digital Image Processing Using Matlab*, Ninth edition, Gatesmark Publishing, United States, America.

- [10] Westin C.F., Maier S.E., Khidhir B., Everett P., Jolesz F.A., and Kikinis R. 1999, 'Image Processing for Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging', *In Proceedings of Second Int. Conf. on Medical Image Computing and Computer-assisted Interventions (MICCAI'99)*, pp.441-452.
- [11] Mathworks, 2011, *Mathworks - Accelerating the pace of engineering and science*, viewed 1 September 2011, < [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com) >.
- [12] Loizou C.P., Patziaris M., Seimenis I., Pattichis C.S. 2009, 'MRI intensity normalization in brain multiple sclerosis subjects', *CD-ROM Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine ITAB 2009*, Nov. 5-7, 4 pages.
- [13] C.P. Loizou, V. Murray, M.S. Pattichis, M. Pantziaris, I. Seimenis, C.S. Pattichis 2010, 'AM-FM Texture Image Analysis in Multiple Sclerosis Brain White Matter Lesions', *IFMBE Proceedings*, vol. 29, pp. 446-449.
- [14] Pham L. Dzung, Xu Chenyang, Prince L. Jerry 1998, 'A Survey of Current Methods in Medical Image Segmentation', *Annual Review of Biomedical Engineering*, 27 pages.
- [15] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos 1988, 'Snakes: Active Contour Models', *International Journal of Computer Vision*, 321-331.
- [16] G. Teixeira, I. Pommeranzembaum, B. Oliveira, M. Lobosco, R. Weber 2008, 'Automatic Segmentation of Cardiac MRI Using Snakes and Genetic Algorithms', *ICCS 2008 In Proceedings of the 8th international conference on Computational Science, Part III (2008)*, pp. 168-177.

- [17] S. Osher and J.A. Sethian. 1988, 'Fronts propagating with curvature-dependent speed: algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations', *Journal of Computational Physics*, 79, pp.12-49.
- [18] A. Tsai, A. Yezzi, Jr., W. Wells, C. Tempany, D. Tucker, A. Fan, W. Eric Grimson, and Alan Willsky 2003, 'A Shape-Based Approach to the Segmentation of Medical Imagery Using Level Sets', *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 22, no. 2.
- [19] De, A. Das, R.L. Bhattacharjee, A. Sharma, D. 2010, 'Masking Based Segmentation of Diseased MRI Images', *Information Science and Applications (ICISA) 2010 International Conference*, p. 1-7.
- [20] Joan S. Weszka 1978, 'A survey of threshold selection techniques', *Computer Graphics and Image Processing*, Volume 7, Issue 2, Pages 259-265
- [21] M. Rajya, S. Rewri, S. Sheoran 2010, 'Application Of Fuzzy System In Segmentation of MRI Brain Tumor', (*IJCSIS*) *International Journal of Computer Science and Information Security*, Vol. 8, No. 1.
- [22] M. C. and Godfried T. Toussaint 1977, 'On the Detection of Structures in Noisy Pictures', *Pattern Recognition*, Vol. 9, 1977, pp. 95-98.
- [23] D. Hlindzich and R. Maenner 2009, 'Medical feature matching and model extraction from MRI/CT based on the Invariant Generalized Hough/Radon Transform', *4th European conference of the international federation for medical and biological engineering IFMBE Proceedings*, , Volume 22, Part 7, 608-612.
- [24] F V. Grau, A. U. J. Mewes, M. Alcañiz, R. Kikinis, and S. K. Warfield 2004, 'Improved Watershed Transform for Medical Image Segmentation Using Prior Information', *IEEE Trans. Med. Imag*, vol. 23, No. 4.

- [25] R. Ratan, S. Sharma and S. K. Sharma 2009, 'Multiparameter segmentation and quantization of brain tumor from MRI images', *Indian Journal of Science and Technology*, Vol.2 No 2.
- [26] Bankman I.N. Spisz, T.S.Pavlopoulos 2000, 'Two dimensional shape and texture quantification', *Handbook of medical imaging*.
- [27] Qiang J., Engel J., Craine E. 2000, 'Texture Analysis for classification of cervix lesions', *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol.19, pp 1144-1149.
- [28] Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I., 'Texture Features for Image Classification', *IEEE Trans. On systems, Man., and Cybernetics*, Vol. SMC-3, No. 6, pp.610-621.
- [29] C. I. Christodoulou, C. S. Pattichis, M. Pantziaris, and A. Nicolaides 2003, 'An Integrated System for the Segmentation of Atherosclerotic Carotid Plaque', *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol. 11, no. 6.
- [30] R. Bourne 2009, '*Fundamentals of Digital Imaging in Medicine*', Springer, London.
- [31] X. S. Zhou, D.Comaniciou, and A. Gupta, 'An information fusion framework for robust shape tracking', *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.27, no.1, pp. 115-129, 2005.
- [32] D. Huttenlocher, G. Klanderman, and W. Rucklidge 1993, 'Comparing images using Hausdorff distance', *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.15, no. 9, pp. 850-863.
- [33] A. Hammoude 1988, 'Computer-assited endocardial border identification from a sequence of two dimensional echocardiographic images', *Ph.D. dissertation*, University Washington.

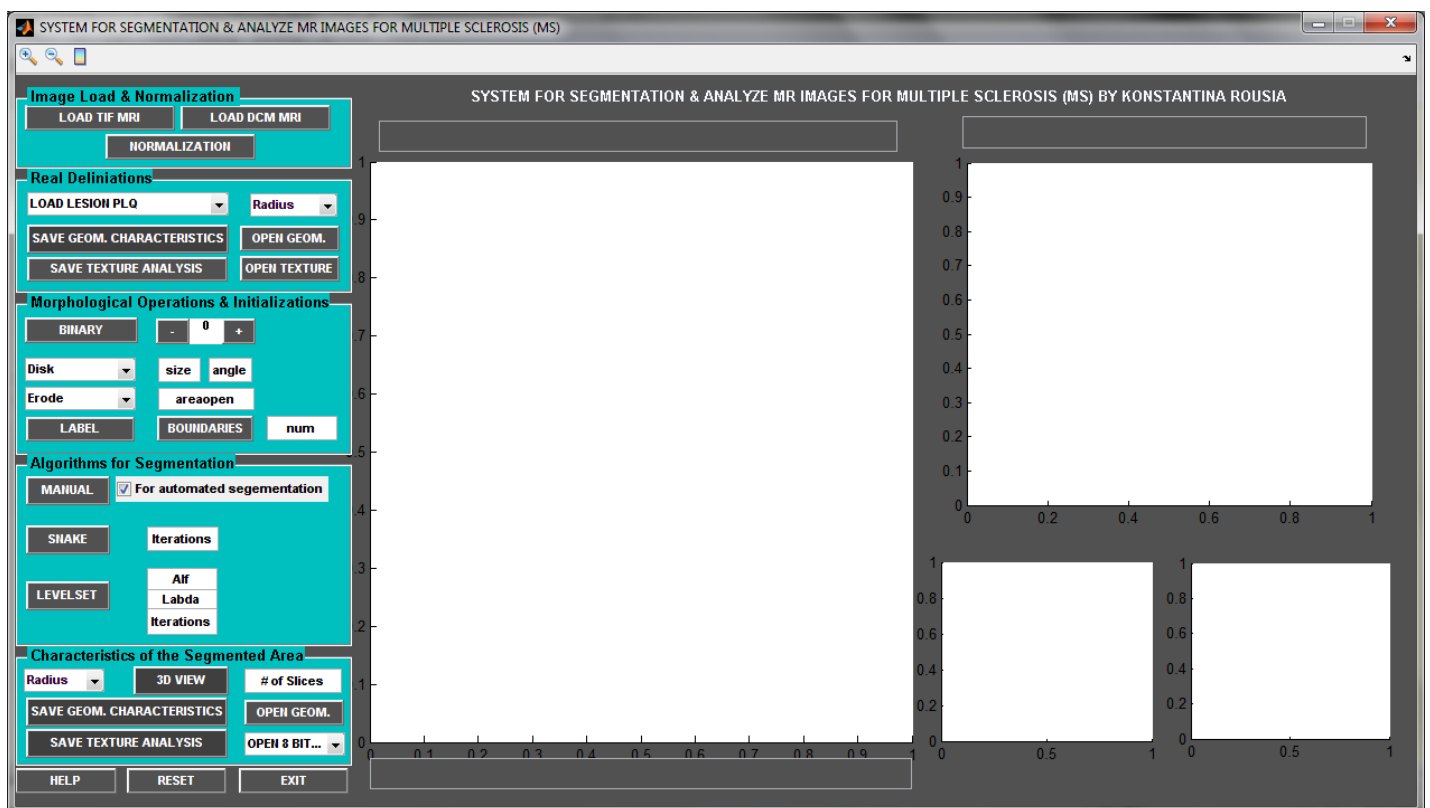
- [34] Y. Akgul, C. Kambhamettu 2003, 'A course-to-fine deformable contour optimization framework', *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.25, no. 2, pp.174-186.
- [35] I. Mikic, S. Krucinki, and J. D. Thomas 1998, 'Segmentation and tracking in echocardiographic sequences: Active contours guided by optical flow estimates', *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. 17, no. 2, pp. 274-284.
- [36] C.P. Loizou, C.S. Pattichis, I. Seimenis, M. Pantziaris 2009, 'Quantitative Analysis of Brain White Matter Lesions in Multiple Sclerosis Subjects', *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*.
- [37] C.P. Loizou, C.S. Pattichis, I. Seimenis, E. Eracleous, C. N. Schizas, M. Pantziaris 2008, 'Quantitative Analysis of Brain White Matter Lesions in Multiple Sclerosis Subjects : Preliminary Findings', *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*.
- [38] J. Zhang, L. Wang, L. Tong 2007, 'Feature reduction and texture classification in MRI – Texture analysis of multiple sclerosis', *IEEE/ICME Conf. Complex Med. Eng.*, pp.752-757.
- [39] C.P. Loizou, M. Pantziaris, I. Seimenis, C.S. Pattichis 2009, 'Brain MR Image Normalization in Texture Analysis of Multiple Sclerosis', Larnaca, *Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*.
- [40] O. Yu, Y. Mauss, G. Zollner, I.J. Namer, J. Chambon 1999, 'Distinct patterns of active and non-active plaques using texture analysis on brain nmr images in multiple sclerosis patients: Preliminary results', *Magnetic Resonance Imaging*, Vol. 17, No. 9, pp. 1261–1267.

- [41] L. Liu, D. Meier, M. Polgar-Turcsanyi, P. Karkocha, R. Bakshi, C. R. G. Guttmann 2005, 'Multiple Sclerosis Medical Image Analysis and Information Management', *American Society of Neuroimaging*, 15:103S-117S.
- [42] M. Ghazel, A. Traboulsee, R. K. Ward 2006, 'Semi-Automated Segmentation of Multiple Sclerosis Lesions in Brain MRI using Texture Analysis', *IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*.
- [43] W. Liu , X. Zhou, G. Jiang, L. Tong 2009, 'Texture Analysis of MRI in Patients with Multiple Sclerosis Based on the Gray-level Difference Statistics', *First International Workshop on Education Technology and Computer Science*.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

## Εγχειρίδιο

για το ολοκληρωμένο αυτοματοποιημένο σύστημα κατάτμησης και ανάλυσης εστιών σε εικόνες Μαγνητικής Τομογραφίας (MRI) από ασθενείς με πολλαπλή σκλήρυνση



Εικόνα Α.1 – Αρχική εικόνα συστήματος κατά την εκκίνηση του

Το σύστημα χωρίζεται σε 5 πάνελ :

- Image Load & Normalization
- Real Delineations
- Morphological Operations & Initializations
- Algorithms for Segmentation
- Characteristics of the Segmented Area

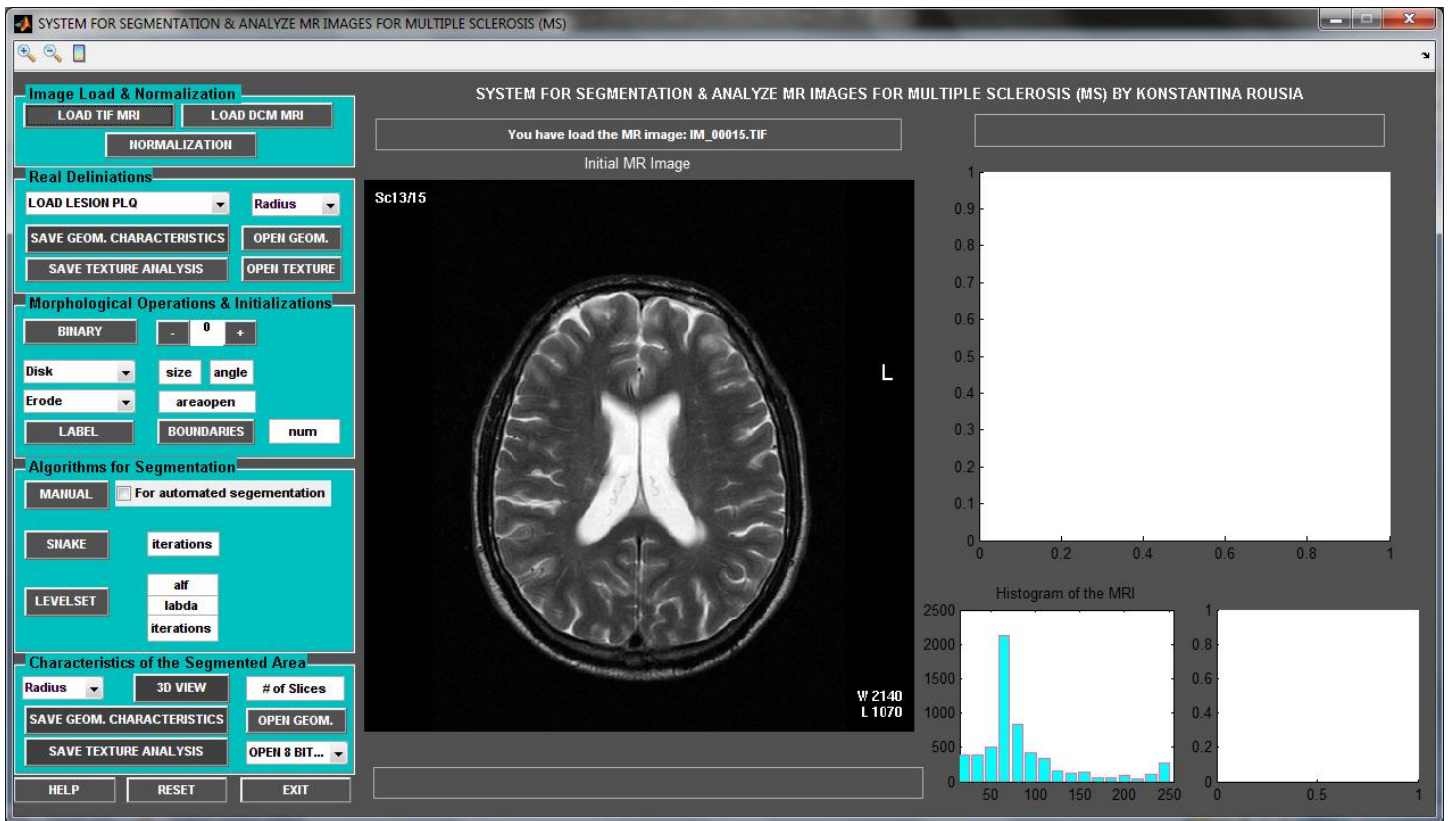
### Image Load & Normalization

Ο χρήστης μπορεί να εισάγει εικόνες μαγνητικής τομογραφίας (MRI) τύπου TIF και DICOM .

Πατώντας το Pushbutton **LOAD TIF MRI** εμφανίζεται παράθυρο από το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει φάκελο κάποιου ασθενή και επιλέγοντας τον εσωτερικό φάκελο slices μπορεί να φορτώσει μια εικόνα τομής εγκεφάλου η οποία εμφανίζεται σε άξονα.

Πατώντας το Pushbutton **LOAD DICOM MRI** εμφανίζεται παράθυρο από το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει φάκελο κάποιου ασθενή και επιλέγοντας τον εσωτερικό φάκελο slices μπορεί να φορτώσει μια εικόνα τομής εγκεφάλου η οποία εμφανίζεται σε άξονα.

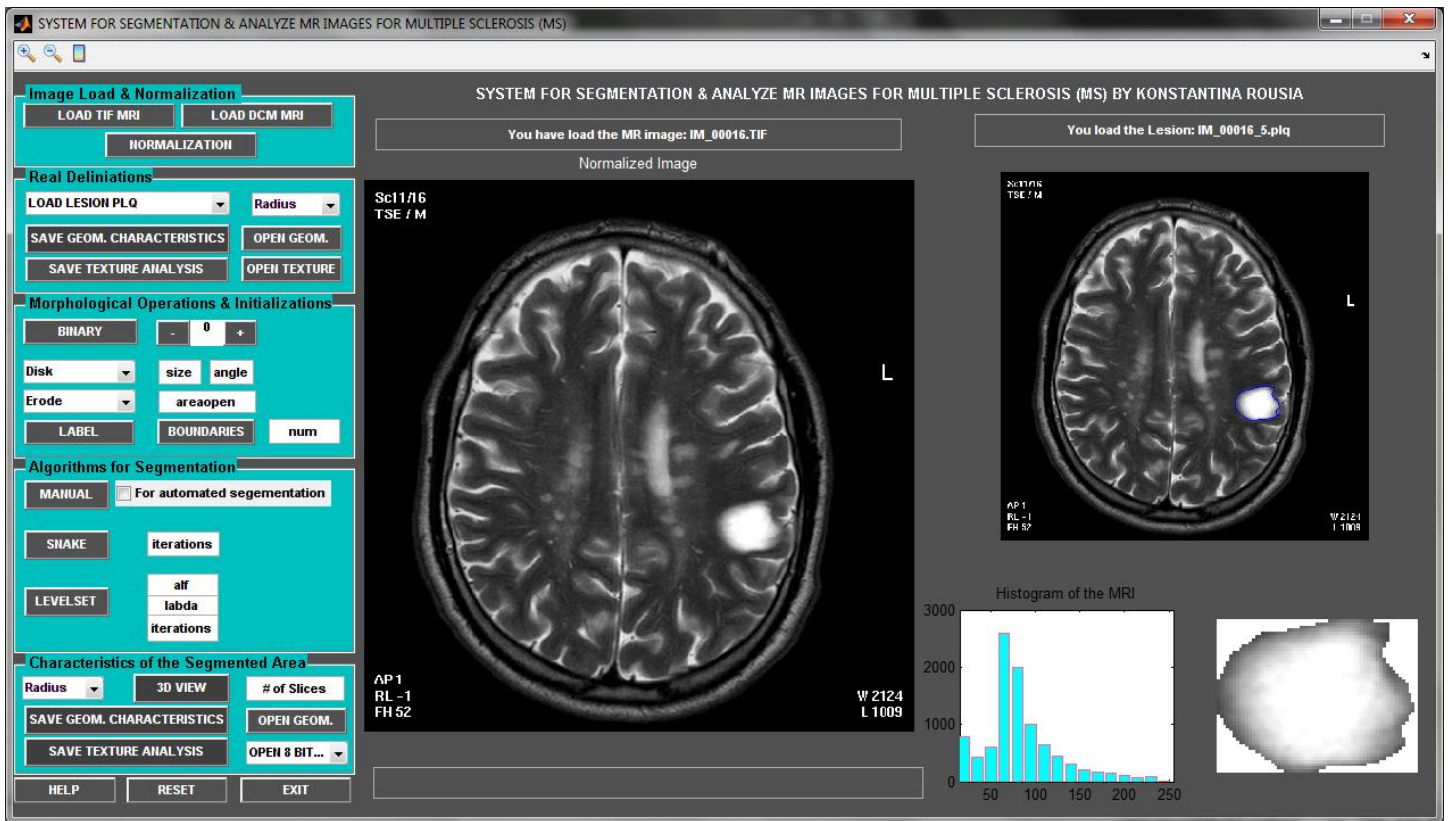
Πατώντας το Pushbutton **NORMALIZATION** εκτελείται η κανονικοποίηση ιστογράμματος πάνω στην αρχική εικόνα και εμφανίζεται στον άξονα.



Εικόνα Α.2 - Παράδειγμα φόρτωσης MRI εικόνας

### Real Delineations


Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από το **Popup menu** να φορτώσει ένα από τα τέσσερα είδη Plqs: Lesion(ουλή Πολλαπλής Σκλήρυνσης), CSF (το πιο άσπρο σημείο της εικόνας), NAWM (υγιές μέρος της εικόνας), Sinus (το πιο μαύρο σημείο της εικόνας). Ανοίγεται το ίδιο αρχικό παράθυρο και ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει το φάκελο του ασθενή από τον οποίο είχε φορτώσει την αρχική εικόνα και να διαλέξει από εκεί το Plq. Το Plq το οποίο θα φορτωθεί θα πρέπει να αντιστοιχεί με τον αριθμό της αρχική εικόνας που φορτώθηκε. Μόλις φορτωθεί το Plq εμφανίζεται σε άξονα. Σε αυτό το πάνελ μπορεί ο χρήστης να εξάγει γεωμετρικά χαρακτηριστικά από το **Popup menu** όπως ακτίνα, περίμετρος, επιφάνεια, διάμετρος της ουλής, και να τα αποθηκεύσει πατώντας το Pushbutton **SAVE GEOM. CHARACTERISTICS** καθώς και χαρακτηριστικά υφής πατώντας το Pushbutton **SAVE TEXTURE ANALYSIS**. Επίσης από τα Pushbuttons **OPEN GEOM.** και **OPEN TEXTURE** έχει την δυνατότητα να ανοίξει τα αρχεία (excel worksheets) στα οποία αποθηκεύτηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά υφής αντίστοιχα.



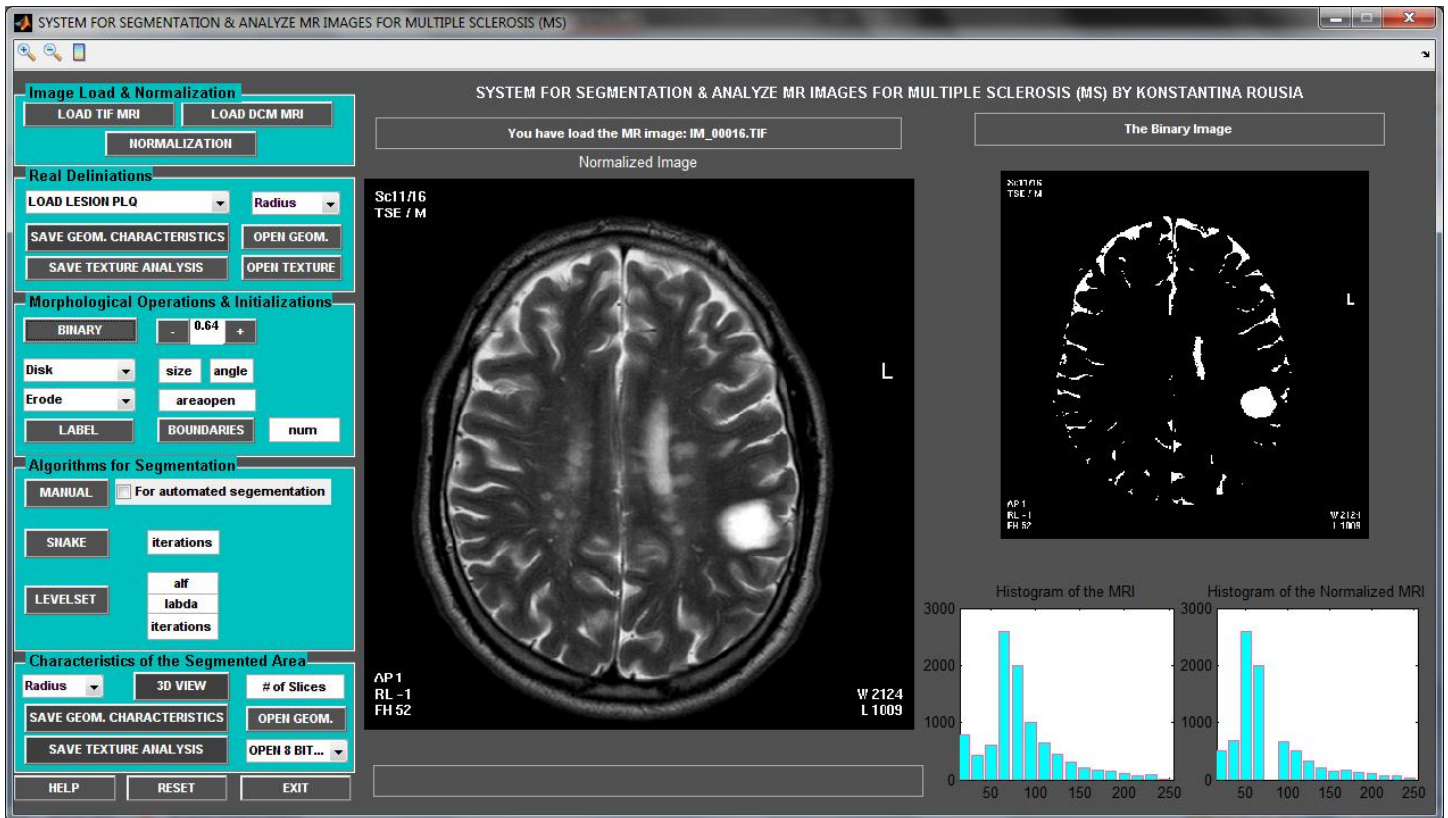
Εικόνα Α.3 - Παράδειγμα φόρτωσης Real Delineation (Plq)

### Morphological Operations & Initializations

Στο τρίτο panel ο χρήστης αν δεν έχει plqs η εικόνα που έχει εισάξει, τότε μπορεί να βρει την ουλή κάνοντας κάποιες μορφολογικές λειτουργίες.

Αρχικά πατώντας  το (+) και το (-) μπορείς να αυξομειώσεις την τιμή κατωφλίσωσης και πατώντας το Pushbutton **BINARY** η εικόνα μετατρέπεται σε δυαδική. Αυτό το κάνεις μέχρι να φτάσει η εικόνα σου στην μορφή που θέλεις. Στην συνέχεια στο πρώτο **Popur menu** μπορεί ο χρήστης να επιλέξει κάποια δομικά στοιχεία αφού πρώτα εισάγει ένα αριθμό για size (π.χ. 5) στο **text box**. Το δεύτερο **text box** λειτουργεί μόνο για το δομικό στοιχείο Line. Αφού τα εκτελέσει αυτά μπορεί να συνεχίσει στο δεύτερο **Popur menu** για να επιλέξει κάποια μορφολογική λειτουργία (π.χ. Erode, Dilate). Για το areaopen θα πρέπει να εισαχθεί αριθμητική τιμή στο **text box**. Ακολούθως πατώντας το Pushbutton **LABEL** εμφανίζονται σε άξονα αριθμημένα (Labeled) αυτά που θεωρεί ο χρήστης ως ουλές με την πιο πάνω προ-επεξεργασία του. Στο **text box** τοποθετείται ο

αριθμός ουλής που προσδιορίζεται για κατάτμηση. Πατώντας το Pushbutton **BOUNDARIES** εμφανίζεται σε άξονα η αρχικοποίηση της βλαβερής περιοχής.



Εικόνα Α.4 - Παράδειγμα μετατροπής αρχικής εικόνας σε Binary

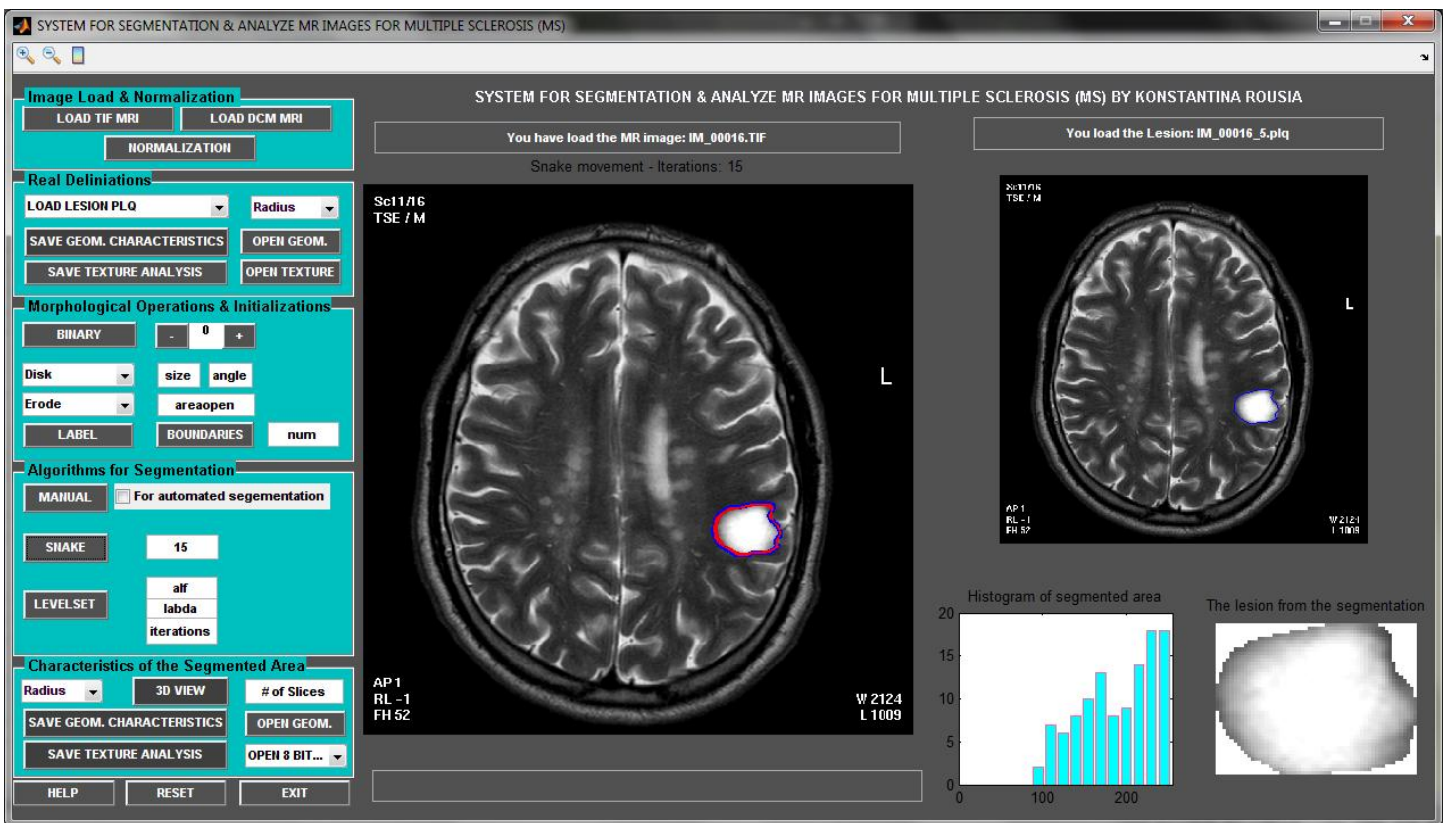
## Algorithms for Segmentation

Σε αυτό το πάνελ ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το είδος κατάτμησης που επιθυμεί. Επιλέγοντας αυτό το Pushbutton **MANUAL** μπορεί να εκτελέσει χειροκίνητη κατάτμηση. Ακολούθως τοποθετώντας στο κουτί μπορεί να στείλει ✓ αυτό που έχει βρει ως ουλή στο αλγόριθμο **SNAKE** segmentation ή **LEVELSET** πατώντας ένα από τα δυο Pushbuttons.

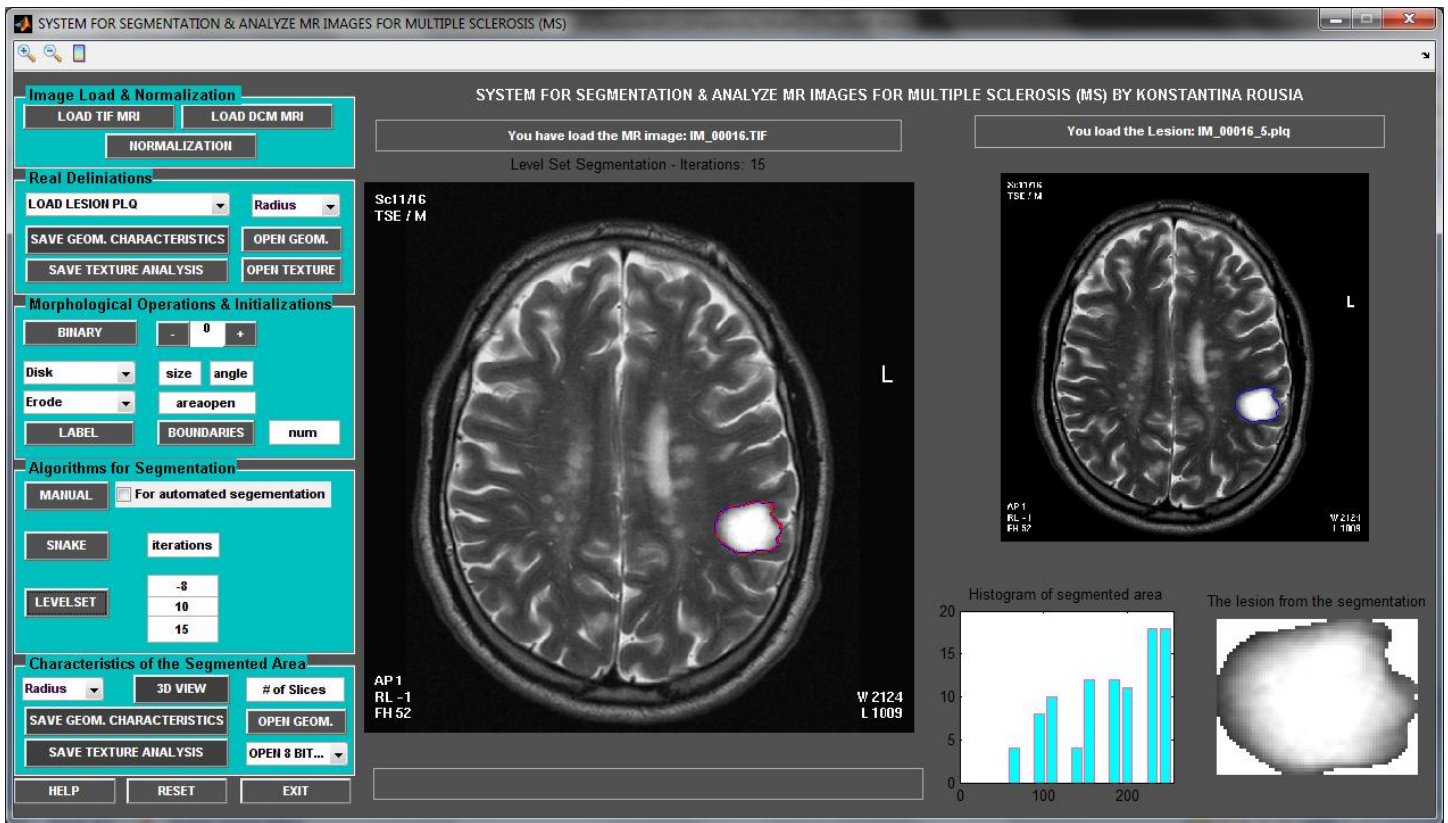
Στο **text box** του Snake πρέπει ο χρήστης να εισάγει τιμή για τον αριθμό των επαναλήψεων (iterations) που θέλει να γίνει η αυτόματη κατάτμηση.

Στα **text boxes** του Levelset πρέπει να εισάγει τιμή για τις παραμέτρους της μεθόδου,  $\alpha$  (προεπιλογή: 3),  $\lambda$  (προεπιλογή: 10) και τον αριθμό των επαναλήψεων (iterations) που θέλει να γίνει η αυτόματη κατάτμηση.

Το αποτέλεσμα των κατατμήσεων εμφανίζεται σε άξονα.



Εικόνα Α.5 - Παράδειγμα αυτόματης μεθόδου κατάτμησης SNAKE



Εικόνα Α.6 - Παράδειγμα αυτόματης μεθόδου κατάτμησης LEVELSET

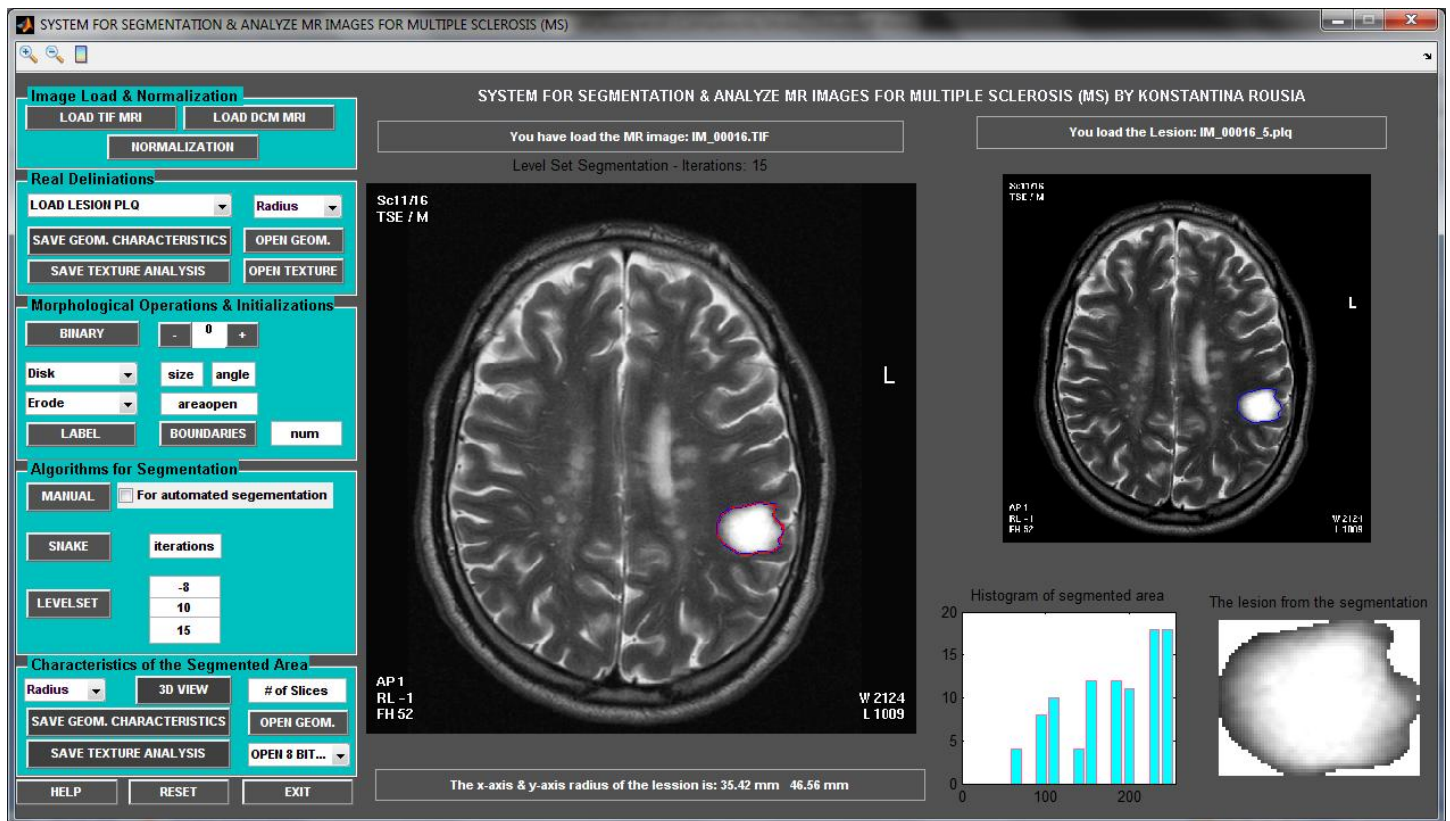
### Characteristics of the Segmented Area

Εδώ ο χρήστης μπορεί να εξάγει κάποια γεωμετρικά χαρακτηριστικά ή χαρακτηριστικά υφής.

#### Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Μπορεί να επιλέξει από το **Pop up menu** να βρεθεί η ακτίνα η περίμετρος η επιφάνεια και η διάμετρος της ουλής. Επίσης πατώντας Pushbutton **VOLUME** εμφανίζεται εικόνα 3d των τομών του εγκεφάλου με την κατατμηθείσα περιοχή. Όλα τα αριθμητικά αποτελέσματα εμφανίζονται στο **text box** κάτω από τον μεγάλο

άξονα. Όλα αυτά αποθηκεύονται σε ένα Microsoft Office Excel 97-2003 Worksheet (.xls) πατώντας το Pushbutton **SAVE GEOM.CHARACTERISTICS**.

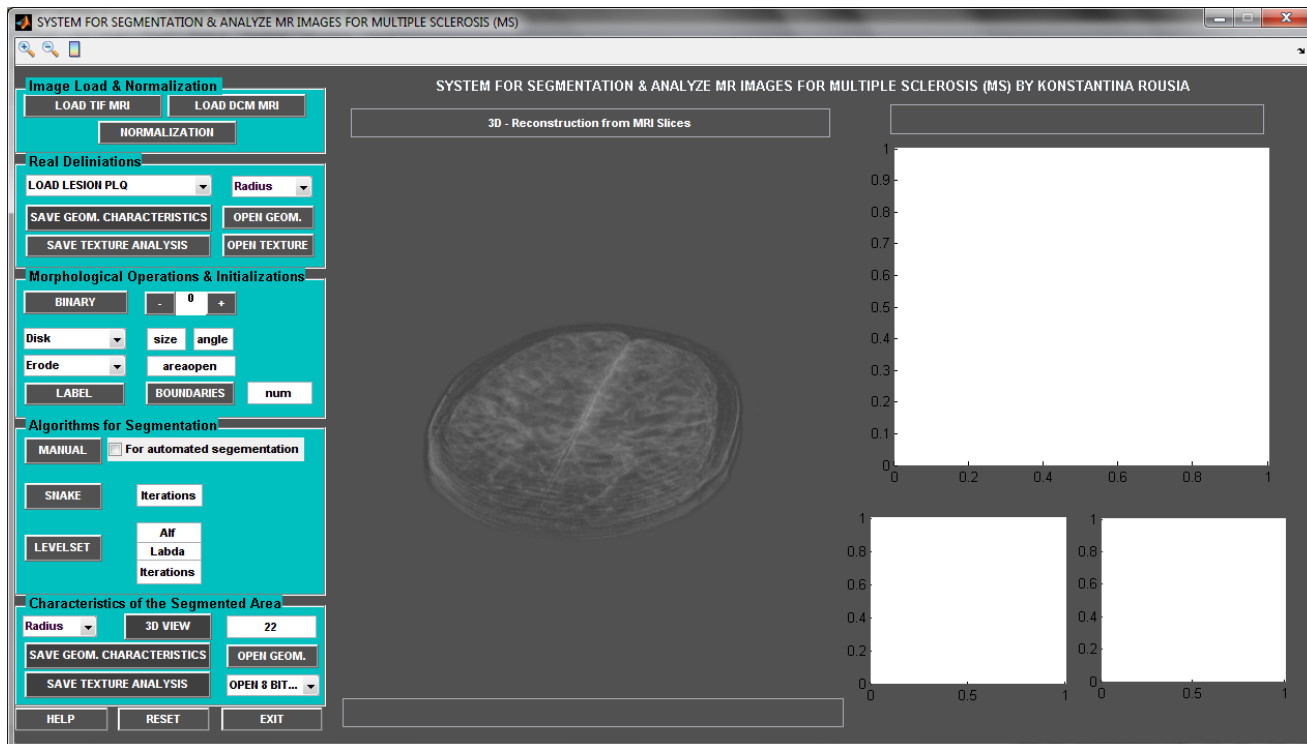


Εικόνα Α.7 - Παράδειγμα υπολογισμού ακτίνας στον x άξονα και στον y άξονα

### Χαρακτηριστικά υφής

Πατώντας το Pushbutton **TEXTURE ANALYSIS** δημιουργείται ένα Microsoft Office Excel 97-2003 Worksheet (.xls) όπου περιέχει μερικά χαρακτηριστικά υφής της ουλής. Πατώντας επίσης το Pushbutton **OPEN** ή επιλέγοντας από το **Popup menu OPEN 8 BITS** ( για TIF εικόνες) ή **OPEN 12 BITS** (για DICOM εικόνες) ανοίγεται αρχείο το οποίο περιέχει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και αρχείο με τα χαρακτηριστικά υφής του αποτελέσματος αυτόματης κατάτμησης, αντίστοιχα.

Επίσης σε αυτό πάνελ ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει την τρισδιάστατη εικόνα από όλα τις τομές (slides) ενός ασθενή πατώντας το Pushbutton **3D VIEW**, αφού εισάγει στο **text box** τον αριθμό των τομών (slides) του ασθενή.



Εικόνα Α.8 - Παράδειγμα τρισδιάστατης αναδόμησης των τομών ενός ασθενή

## ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

- Pushbutton **RESET**: Καθαρίζει όλους τους άξονες και αρχικοποιεί τις τιμές από τις μεταβλητές για να μπορείς να κάνεις καινούργια επεξεργασία.
- Pushbutton **EXIT**: Έξοδος από το σύστημα.
- Pushbutton **HELP**: Ανοίγει εγχειρίδιο για βοήθεια προς τον χρήστη το οποίο περιέχει τις βασικές λειτουργίες του συστήματος.