

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ
ΣΕ ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΠΝΟΙΑ

Η
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Υποβάλλεται στην

ορισθείσα από την Γενική Συνέλευση Ειδικής Σύνθεσης
του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής
Εξεταστική Επιτροπή

από την

Μικέλα Κακαράντζα

ως μέρος των Υποχρεώσεων

για τη λήψη

του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

ΜΕ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ιούνιος 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	iii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
EXTENDED ABSTRACT IN ENGLISH	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Στόχοι	1
1.2. Συνεισφορά της Διατριβής	2
1.3. Δομή της Διατριβής	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ	4
2.1. Το Φαινόμενο της Άπνοιας	4
2.2. Μορφές Άπνοιας	5
2.3. Διάγνωση	7
2.4. Θεραπεία	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΙΚΕΣ	11
3.1. Μελέτες	11
3.2. Μετρικές	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΝΟΙΑ	18
4.1. Δεδομένα	18
4.2. Αποφρακτική Άπνοια	20
4.3. Κεντρική Άπνοια	44
4.4 Διαφορετικός Τρόπος Υπολογισμού	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΚΓΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ	73
5.1. Περιγραφή Μετρικών	73
5.2 Αποτελέσματα	80
5.3 Διαγράμματα	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ	96
6.1. Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης	96
6.2. Απόδοση Μηχανής	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	104
7.1. Συμπεράσματα	104
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	105
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	106
ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ	108

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελ
Πίνακας 4.1 Αποφρακτική μέσος όρος όλων των διαστημάτων	21
Πίνακας 4.2 Αποφρακτική ρυθμός όλων των χτύπων	27
Πίνακας 4.3 Αποφρακτική μέσος όρος εκτός 15s πριν και 15s μετά	29
Πίνακας 4.4 Αποφρακτική ρυθμός εκτός 15s πριν και 15s μετά	30
Πίνακας 4.5 Αποφρακτική DCsgn	31
Πίνακας 4.6 Αποφρακτική BBDC	33
Πίνακας 4.7 Αποφρακτική Pnn50	37
Πίνακας 4.8 Αποφρακτική SDNN	39
Πίνακας 4.9 Αποφρακτική RMSSD	42
Πίνακας 4.10 Κεντρική μέσος όρος όλων των διαστημάτων	45
Πίνακας 4.11 Κεντρική ρυθμός όλων των χτύπων	50
Πίνακας 4.12 Κεντρική μέσος όρος εκτός 15s πριν και 15s μετά	52
Πίνακας 4.13 Κεντρική ρυθμός εκτός 15s πριν και 15s μετά	53
Πίνακας 4.14 Κεντρική DCsgn	54
Πίνακας 4.15 Κεντρική BBDC	57
Πίνακας 4.16 Κεντρική Pnn50	60
Πίνακας 4.17 Κεντρική SDNN	63
Πίνακας 4.18 Κεντρική RMSSD	65
Πίνακας 4.19 Αποφρακτική μέσος όρος όλων των διαστημάτων	68
Πίνακας 4.20 Κεντρική μέσος όρος όλων των διαστημάτων	70
Πίνακας 5.1 Μετρικές με φίλτρο 5%	81
Πίνακας 5.2 Μετρικές χωρίς φίλτρο	91

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα	Σελ
Σχήμα 4.1 Αποφρακτική Box plot-1	22
Σχήμα 4.2 Αποφρακτική Box plot-2	23
Σχήμα 4.3 Αποφρακτική Box plot-3	24
Σχήμα 4.4 Αποφρακτική Box plot-4	24
Σχήμα 4.5 Αποφρακτική Box plot-5	25
Σχήμα 4.6 Αποφρακτική Box plot-6	25
Σχήμα 4.7 Αποφρακτική Box plot-7	26
Σχήμα 4.8 Αποφρακτική άπνοια	28
Σχήμα 4.9 Αποφρακτική άπνοια-2	28
Σχήμα 4.10 Αποφρακτική άπνοια κοντά στην άπνοια	29
Σχήμα 4.11 Αποφρακτική Box plot-8	31
Σχήμα 4.12 Αποφρακτική Box plot-9	32
Σχήμα 4.13 Αποφρακτική Box plot-10	32
Σχήμα 4.14 Αποφρακτική DCsgn	33
Σχήμα 4.15 Αποφρακτική Box plot-11	34
Σχήμα 4.16 Αποφρακτική Box plot-12	35
Σχήμα 4.17 Αποφρακτική Box plot-13	35
Σχήμα 4.18 Αποφρακτική BBDC	36
Σχήμα 4.19 Αποφρακτική Box plot-14	37
Σχήμα 4.20 Αποφρακτική Box plot-15	38
Σχήμα 4.21 Αποφρακτική Box plot-16	38
Σχήμα 4.22 Αποφρακτική pNN50	39
Σχήμα 4.23 Αποφρακτική Box plot-17	40
Σχήμα 4.24 Αποφρακτική Box plot-18	40
Σχήμα 4.25 Αποφρακτική Box plot-19	41
Σχήμα 4.26 Αποφρακτική SDNN	41
Σχήμα 4.27 Αποφρακτική Box plot-20	42
Σχήμα 4.28 Αποφρακτική Box plot-21	43
Σχήμα 4.29 Αποφρακτική Box plot-22	43
Σχήμα 4.30 Αποφρακτική RMSSD	44
Σχήμα 4.31 Κεντρική Box plot-1	46
Σχήμα 4.32 Κεντρική Box plot-2	46
Σχήμα 4.33 Κεντρική Box plot-3	47
Σχήμα 4.34 Κεντρική Box plot-4	47
Σχήμα 4.35 Κεντρική Box plot-5	48
Σχήμα 4.36 Κεντρική Box plot-6	49
Σχήμα 4.37 Κεντρική Box plot-7	49

Σχήμα 4.38 Κεντρική άπνοια	51
Σχήμα 4.39 Κεντρική άπνοια-2	51
Σχήμα 4.40 Κεντρική άπνοια κοντά στην άπνοια	52
Σχήμα 4.41 Κεντρική Box plot-8	55
Σχήμα 4.42 Κεντρική Box plot-9	55
Σχήμα 4.43 Κεντρική Box plot-10	56
Σχήμα 4.44 Κεντρική DCsgn	57
Σχήμα 4.45 Κεντρική Box plot-11	58
Σχήμα 4.46 Κεντρική Box plot-12	58
Σχήμα 4.47 Κεντρική Box plot-13	59
Σχήμα 4.48 Κεντρική BBDC	59
Σχήμα 4.49 Κεντρική Box plot-14	60
Σχήμα 4.50 Κεντρική Box plot-15	61
Σχήμα 4.51 Κεντρική Box plot-16	62
Σχήμα 4.52 Κεντρική pNN50	62
Σχήμα 4.53 Κεντρική Box plot-17	63
Σχήμα 4.54 Κεντρική Box plot-18	64
Σχήμα 4.55 Κεντρική Box plot-19	64
Σχήμα 4.56 Κεντρική SDNN	65
Σχήμα 4.57 Κεντρική Box plot-20	66
Σχήμα 4.58 Κεντρική Box plot-22	66
Σχήμα 4.59 Κεντρική Box plot-23	67
Σχήμα 4.60 Κεντρική RMSSD	67
Σχήμα 4.61 Αποφρακτική μέσος όρος όλων	69
Σχήμα 4.62 Σύγκριση αποφρακτικής	70
Σχήμα 4.63 Κεντρική μέσος όρος όλων	71
Σχήμα 4.64 Σύγκριση κεντρικής	72
Σχήμα 5.1 Εμβαδόν ολόκληρου σχήματος	74
Σχήμα 5.2 Εμβαδόν μισού σχήματος αριστερά	74
Σχήμα 5.3 Ύψος από το σημείο της άπνοιας	75
Σχήμα 5.4 Πλάτος μισού σχήματος	75
Σχήμα 5.5 Εμβαδόν από το μέσο αριστερά ως το τέλος	76
Σχήμα 5.6 Εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος	76
Σχήμα 5.7 Άνω μισό εμβαδόν	77
Σχήμα 5.8 Κάτω μισό εμβαδόν	77
Σχήμα 5.9 Εμβαδόν άνω αριστερού σχήματος	78
Σχήμα 5.10 Ύψος μισού σχήματος	78
Σχήμα 5.11 Εμβαδόν από την άπνοια ως τη μέση του σχήματος	79
Σχήμα 5.12 Τετράγωνο που περικλείει το σχήμα	79
Σχήμα 5.13 Απόσταση αρχής ως το ύψος	80
Σχήμα 5.14 Απόσταση αρχής ως το τέλος	80
Σχήμα 5.15 Box plot για ολόκληρο το εμβαδόν	83
Σχήμα 5.16 Box plot εμβαδόν μισού σχήματος αριστερά	84
Σχήμα 5.17 Box plot εμβαδόν μισού σχήματος δεξιά	84
Σχήμα 5.18 Box plot ύψος σχήματος	85
Σχήμα 5.19 Box plot πλάτος στη μέση του σχήματος	85
Σχήμα 5.20 Box plot εμβαδόν μέσο αριστερά ως το τέλος της απέναντι πλευράς	86
Σχήμα 5.21 Box plot αρχή σχήματος ως το μέσο της απέναντι πλευράς	87

Σχήμα 5.22 Box plot εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος	87
Σχήμα 5.23 Box plot άνω μισό εμβαδόν	88
Σχήμα 5.24 Box plot κάτω μισό εμβαδόν	88
Σχήμα 5.25 Box plot άνω μισό εμβαδόν δεξιά του σχήματος	89
Σχήμα 5.26 Box plot εμβαδόν άπνοια ως το μέσο της δεξιάς πλευράς	89
Σχήμα 5.27 Box plot απόσταση από το ύψος ως το τέλος	90
Σχήμα 5.28 Box plot πλάτος ολόκληρου του σχήματος	90
Σχήμα 5.28 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας	93
Σχήμα 5.29 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας-2	94
Σχήμα 5.30 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας κοντά στην άπνοια	94
Σχήμα 5.31 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας ανά 20 σημεία	95
Σχήμα 6.1 ROC εμβαδόν ολόκληρου του σχήματος	100
Σχήμα 6.2 ROC εμβαδόν μισού σχήματος δεξιά	100
Σχήμα 6.3 ROC εμβαδόν μέσο αριστερά ως το τέλος της απέναντι πλευράς	101
Σχήμα 6.4 ROC εμβαδόν αρχή σχήματος ως το μέσο της απέναντι πλευράς	101
Σχήμα 6.5 ROC κάτω μισό εμβαδόν	101
Σχήμα 6.5 ROC χαρακτηριστικό που δεν επιλέχθηκε-1	102
Σχήμα 6.6 ROC χαρακτηριστικό που δεν επιλέχθηκε-2	102

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μικέλα Κακαράντζα του Λάμπρου και της Ερμιόνης

MSc, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ιούνιος, 2015

Μεταβολή του καρδιακού ρυθμού σε αποφρακτική και κεντρική άπνοια

Επιβλέποντας: Γεώργιος Μανής

Η άπνοια είναι ένα φαινόμενο που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του ύπνου και χαρακτηρίζεται από μη φυσιολογικές παύσεις κατά την αναπνοή που διαρκούν περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα. Στη διατριβή αυτή μελετήθηκε το φαινόμενο της άπνοιας σε δύο από τις μορφές της, την αποφρακτική και την κεντρική, ως προς την επίδρασή της στη μεταβολή του ρυθμού της καρδιάς.

Συγκεκριμένα, μελετήθηκε αν και κατά πόσο επηρεάζεται ο ρυθμός της καρδιάς λίγα λεπτά πριν την έναρξη της άπνοιας και λίγα λεπτά μετά και υπολογίστηκαν κάποιες μέθοδοι στις οποίες παρατηρήθηκε αν υπάρχει διαφορά στη συμπεριφορά της καρδιάς πριν και μετά την άπνοια. Ένα ακόμη σημαντικό μέρος της εργασίας ήταν η μελέτη της διαφοράς στην καμπύλη του ρυθμού της καρδιάς κατά τη διάρκεια της αποφρακτικής και κατά τη διάρκεια της κεντρικής άπνοιας. Για το σκοπό αυτό, υπολογίστηκαν γεωμετρικές ιδιότητες της καμπύλης και για τις δύο μορφές άπνοιας και συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Τέλος, οι μετρικές αυτές δόθηκαν ως είσοδο σε μία μηχανή διανυσματικής υποστήριξης, ώστε να διαπιστωθεί πόσο καλά μπορεί να προβλέψει αν τα αποτελέσματα προέρχονται από την αποφρακτική ή από την κεντρική άπνοια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στο ρυθμό της καρδιάς πριν και μετά την άπνοια και ιδιαίτερα μετά την άπνοια αυξάνεται αρκετά ο ρυθμός. Ακόμη, έδειξαν

ότι υπάρχει διαφορά στη συμπεριφορά της καρδιάς όταν η άπνοια είναι αποφρακτική από ότι όταν είναι κεντρική.

EXTENDED ABSTRACT IN ENGLISH

Kakarantza L. Mikela

MSc, Department of Computer Science and Engineering, University of Ioannina, Greece

June, 2015

Heart Rate Variability in obstructive and central apnea

Thesis Supervisor: George Manis

Apnea is a sleep disorder with breath interruption for 10 seconds or more, 10 or more times per hour of sleep. Diagnosis and treatment are very important for patient's health and sleep. There are different methods for diagnosis and treatment depending on each patient's situation, with most common being the CPAP test. Apnea can be divided into three categories: The first one is obstructive sleep apnea with repetitive pauses in breathing while the patient makes an effort to breathe. The second category, central apnea is characterized by complete or partial pause in breathing without even an effort to breathe again. The third category is mixed apnea which is a combination of obstructive and central apnea.

In this thesis, heart rate variability in obstructive and central apnea is studied along with whether heart rate is influenced by apnea a few minutes before and after an apnea episode has occurred. For this reason, certain methods which are related to heart rate are utilised and the results, before and after apnea, are compared using the p-value. These methods are: mean of heart rate, mean of heart's beats, sdn, sdann, pNN50, BBDC and DCsgn. Each method is utilised for intervals of 1, 5 and 10 minutes, with and without filter. The results are collected into tables and show that there is a significant difference in heart rate before and after apnea; heart rate is increased after apnea and this difference is seen in figures.

Another important topic of this thesis is to find out whether there is a difference in heart rate and geometric properties of apnea between obstructive and central apnea. To make a decision on this, some geometric metrics from the figure of heart rate during apnea are calculated. These metrics are related to the area of the figure or height or distance of figure and some others. Almost half of these features show differences between obstructive and central apnea. Their p-values are low enough to disprove the two categories of apnea and their results are seen in box plots and ROC curves. After this, the results from features with low p-values are used as an input to a support vector machine to decide if the values come from obstructive or central apnea. The performance of the support vector machine is good and the success proportion is 70%.

In conclusion, there are differences in heart rate variability before and after apnea, obstructive and central, which show that apnea affects heart rate and changes it. Furthermore, obstructive and central apnea have many differences in the way they change heart rate during the phenomenon of apnea and this is evident from the results.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Στόχοι

1.2 Δομή της Διατριβής

1.3 Συνεισφορά της Διατριβής

1.1. Στόχοι

Η άπνοια είναι μία διαταραχή ύπνου κατά την οποία διακόπτεται η αναπνοή για περίπου 10 δευτερόλεπτα. Στόχος της διατριβής είναι η μελέτη της μεταβολής της καρδιακής συχνότητας στις δύο μορφές άπνοιας, την αποφρακτική και την κεντρική με σκοπό την παρατήρηση της αντίδρασης της καρδιάς λίγο πριν και λίγο μετά την άπνοια, όπως και οι διαφορές μεταξύ των δύο κατηγοριών.

Συγκεκριμένα, τόσο για την αποφρακτική όσο και για την κεντρική άπνοια στόχος είναι να αναλυθεί η συμπεριφορά του ρυθμού της καρδιάς και αν αυτή επηρεάζεται μερικά λεπτά πριν την έναρξη της άπνοιας και μερικά λεπτά μετά. Στη συνέχεια, να μελετηθεί αν διαχωρίζονται οι δύο μορφές άπνοιας και κατά πόσο διαφοροποιούνται, παρατηρώντας την πορεία του ρυθμού της καρδιάς και υπολογίζοντας διάφορα μέτρα και μεθόδους πάνω σε αυτόν.

Επίσης, θα παρατηρηθεί η απόδοση σε μία μηχανή διανυσματικής υποστήριξης ως προς την απόφαση για το ποια από τις δύο μορφές άπνοιας υπάρχει, δηλαδή αν μπορεί να προβλέψει σωστά αν η άπνοια είναι αποφρακτική ή κεντρική, ώστε να μπορεί να αποφασιστεί η μορφή της άπνοιας με βάση τη συμπεριφορά της καρδιάς.

1.2. Συνεισφορά της Διατριβής

Στη διατριβή αυτή μελετήθηκαν δύο προβλήματα στα οποία καταλήξαμε σε ερευνητικά αποτελέσματα τα οποία δεν ήταν γνωστά μέχρι σήμερα.

Στο πρώτο από αυτά μελετήσαμε διάφορα μεγέθη όπως ο ρυθμός της καρδιάς ακριβώς πριν και μετά την άπνοια. Διαπιστώσαμε διαφορετική συμπεριφορά της καρδιάς που την αποδώσαμε στην αντίδραση του οργανισμού.

Στο δεύτερο από αυτά, προσπαθήσαμε να διαχωρίσουμε τις δύο μορφές άπνοιας: αποφρακτική και κεντρική. Αν και η βασική αιτία και στις δύο περιπτώσεις είναι η έλλειψη οξυγόνου, άρα το φαινόμενο δεν είναι πολύ διαφορετικό σε κάθε μορφή, καθεμία πιθανόν να προκαλέσει διαφορετικά συμπτώματα. Προσπαθήσαμε να δούμε αν αυτά τα συμπτώματα είναι αρκετά έτσι ώστε να διαχωριστούν με βάση μόνο τους χτύπους της καρδιάς. Δείξαμε ότι ο διαχωρισμός είναι εφικτός χωρίς να φθάσουμε σε πολύ υψηλά επίπεδα διαχωρισιμότητας.

1.3. Δομή της Διατριβής

Η διατριβή ξεκινά περιγράφοντας το φαινόμενο της άπνοιας και συνεχίζεται με κάποιες μελέτες που έχουν γίνει μέχρι τώρα πάνω σε αυτό. Έπειτα, παρουσιάζονται οι μετρικές που χρησιμοποιήθηκαν για να συγκριθούν τα διαστήματα πριν και μετά την άπνοια. Ακόμη, περιγράφεται, ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη διαφορά της καρδιάς πριν και μετά την άπνοια και διαγράμματα του ρυθμού. Στη συνέχεια, περιγράφονται οι γεωμετρικές ιδιότητες που υπολογίστηκαν ανάμεσα σε αποφρακτική και κεντρική άπνοια, όπως και τα αποτελέσματά τους. Και ύστερα, η απόδοση των αποτελεσμάτων αυτών σε μία μηχανή διανυσματικής υποστήριξης. Τέλος, όλα τα συμπεράσματα είναι συγκεντρωμένα σε ένα κεφάλαιο, όπως και τα σχέδια για μελλοντική επέκταση. Πιο συγκεκριμένα, η διατριβή περιέχει τα παρακάτω κεφάλαια:

Το πρώτο κεφάλαιο είναι η εισαγωγή.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι η περιγραφή της άπνοιας και ανάλυση του φαινομένου, μορφές της άπνοιας που υπάρχουν, τα συμπτώματα που εμφανίζει ένας ασθενής με άπνοια, η διάγνωση, η θεραπεία και ο τρόπος αντιμετώπισής τους.

Το τρίτο κεφάλαιο περιέχει παλαιότερες μελέτες που έχουν γίνει στην άπνοια με βάση τη μεταβολή του καρδιακού ρυθμού και την περιγραφή όλων των μεθόδων που βασίζονται στην καρδιά και χρησιμοποιήθηκαν για την παρατήρηση του φαινομένου της άπνοιας στην καρδιά.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται η επεξεργασία των δεδομένων και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα οποία φαίνεται κατά πόσο επηρεάζεται ο ρυθμός της καρδιάς πριν την έναρξη της άπνοιας και μετά. Είναι συγκεντρωμένοι όλοι οι πίνακες με τις p-value τιμές για το ρυθμό της καρδιάς και για όλες τις μεθόδους που αφορούν στη μεταβολή της καρδιακής συχνότητας και δείχνουν αν υπάρχει διαφορά πριν την άπνοια και μετά.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει όλες τις γεωμετρικές μετρικές, οι οποίες δείχνουν αν διαφέρουν οι δύο μορφές άπνοιας, η αποφρακτική και η κεντρική. Περιγράφονται οι μετρικές, τα αποτελέσματα και υπάρχουν και διαγράμματα που δείχνουν το ρυθμό της καρδιάς πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την άπνοια και στις δύο μορφές άπνοιας. Υπάρχουν ακόμη, τα σχήματα από τις γεωμετρικές μεθόδους, όπως και τα box plots από τις μεθόδους που πετυχαίνουν διαχωρισμό μεταξύ των δύο κατηγοριών άπνοιας.

Στο έκτο κεφάλαιο είναι η περιγραφή της απόδοσης της μηχανής διανυσματικής υποστήριξης με είσοδο τις γεωμετρικές τιμές και οι ROC καμπύλες από κάποιες τιμές.

Το έβδομο κεφάλαιο είναι ο επίλογος, όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της διατριβής και οι μελλοντικές επεκτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ

2.1 Το Φαινόμενο της Άπνοιας

2.2 Μορφές Άπνοιας

2.3 Διάγνωση

2.4 Θεραπεία

2.1. Το Φαινόμενο της Άπνοιας

Ο ύπνος είναι μία φυσιολογική κατάσταση που χαρακτηρίζεται από μειωμένη αντίληψη και ικανότητα αντίδρασης στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος[7,19]. Υπάρχουν δύο είδη ύπνου. Ο ύπνος NREM όπου χαρακτηρίζεται από αργές κινήσεις των οφθαλμών και ο ύπνος REM στον οποίο υπάρχουν γρήγορες κινήσεις οφθαλμών. Ο NREM ύπνος χωρίζεται σε τέσσερα στάδια, το πρώτο στάδιο αντιστοιχεί στην έναρξη του ύπνου και υπάρχει μείωση στη δραστηριότητα των κυμάτων άλφα στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, αυτό το στάδιο δεν διαρκεί πολύ. Στο δεύτερο στάδιο τα κύματα αυξάνουν και ύστερα περιορίζουν το εύρος τους και η αφύπνιση γίνεται εύκολα. Το πρώτο με το δεύτερο στάδιο ονομάζεται ελαφρύς ύπνος. Στο τρίτο στάδιο εμφανίζονται κύματα Δέλτα στο 20% με 30% του χρόνου και είναι η αρχή του βαθύ ύπνου. Και στο τέταρτο στάδιο υπάρχουν κυρίως κύματα Δέλτα και πρόκειται για τον βαθύ ύπνο. Ο REM ύπνος είναι αυτός στον οποίο εμφανίζονται τα όνειρα, κυρίως αυτά με χρώματα και με έντονα συναισθήματα και τα κύματα μοιάζουν με τα κύματα που έχει κάποιος όταν είναι ξύπνιος.

Η άπνοια κατά τον ύπνο είναι μία διαταραχή του ύπνου που χαρακτηρίζεται από μη ομαλές παύσεις στην αναπνοή ή επιφανειακή αναπνοή κατά τον ύπνο, λόγω της διακοπής του

αέρα για διάστημα μεγαλύτερο των 10 δευτερολέπτων[4,16,19]. Το φαινόμενο θα πρέπει να εμφανίζεται δέκα ή περισσότερες φορές ανά ώρα ύπνου. Στην περίπτωση της επιφανειακής αναπνοής ονομάζεται υπόπνοια και συνέπειά της είναι η μείωση της ροής του αέρα τουλάχιστον κατά 30% της αρχικής για 10 δευτερόλεπτα ή περισσότερο και υπάρχει ταυτόχρονη μείωση του κορεσμού του επιπέδου του οξυγόνου στο αίμα κατά 3%. Εμφανίζεται κυρίως στον ενήλικο πληθυσμό και δεν γίνεται αντιληπτό από τον ίδιο τον ασθενή, ο οποίος δεν καταλαβαίνει τα γεγονότα άπνοιας, αλλά από άτομο που κοιμάται δίπλα του και ακούει τον έντονο θόρυβο.

2.2. Μορφές Άπνοιας

Υπάρχουν τρεις μορφές άπνοιας[4,16,19], η αποφρακτική, η κεντρική και η μεικτή. Η αποφρακτική άπνοια παρουσιάζει μερική ή πλήρης διακοπή της ροής του αέρα. Ο αέρας δε ρέει μέσα ή έξω από τη μύτη ή το στόμα του ατόμου, ενώ ο ασθενής προσπαθεί να αναπνεύσει. Συνήθως υπάρχει στένωση στο εσωτερικό του λαιμού ή και κλείσιμο του στομίου του. Οι μύες του φάρυγγα χαλαρώνουν υπερβολικά φράσσοντας τη ροή του αέρα. Συνήθως τη στιγμή της άπνοιας σταματά το έντονο ροχαλητό που έχει ο ασθενής, παύει να αναπνέει για μερικά δευτερόλεπτα και μετά την άπνοια επανέρχεται η αναπνοή με έναν έντονο θόρυβο, συνεχίζεται το ροχαλητό και μπορεί να υπάρχουν και σπασμοί στο σώμα. Εμφανίζεται σε τουλάχιστον 2% με 4% του ενήλικου πληθυσμού.

Κάποια από τα βασικά συμπτώματά της είναι οι διακοπές της αναπνοής, το δυνατό ροχαλητό, αφυπνίσεις λόγω λαχανιάσματος ή πνιγμού, εμφάνιση ημερήσιας υπνηλίας, διαταραχές της μνήμης και της συγκέντρωσης, απώλεια της ετοιμότητας, παραμιλητό, εφιάλτες, πονοκέφαλοι, μείωση REM ύπνου, αλλαγή διάθεσης κ.α. Στην περίπτωση που τα αποφρακτικά αναπνευστικά γεγονότα είναι 15 ή περισσότερα ανά ώρα ύπνου, γίνεται διάγνωση της αποφρακτικής άπνοιας. Αποτελεί το 84% των περιπτώσεων άπνοιας. Κατά τη διάρκεια της αποφρακτικής άπνοιας, μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου και επιβραδύνεται ο ρυθμός της καρδιάς. Στη συνέχεια ο εγκέφαλος παίρνει το μήνυμα της λάθος λειτουργίας και κάνει τις απαραίτητες λειτουργίες ώστε να αυξηθεί πάλι ο ρυθμός της καρδιάς, να ανοίξει ο αεραγωγός και να υπάρξει αφύπνιση που μπορεί να γίνει αντιληπτή από τον ασθενή, μπορεί και όχι.

Η επόμενη μορφή είναι η κεντρική άπνοια στην οποία υπάρχει μερική ή πλήρης διακοπή αναπνοής από έλλειψη αναπνευστικής προσπάθειας. Σε αυτή την περίπτωση ο εγκέφαλος αποτυγχάνει να στείλει τα κατάλληλα σήματα στους μυς της αναπνοής για να ξεκινήσει η αναπνοή, δηλαδή δεν είναι ότι ο ασθενής δε μπορεί να αναπνεύσει, αλλά ότι δεν κάνει προσπάθεια γι' αυτό. Η ροή του αέρα δεν είναι φραγμένη και δεν υπάρχει κάποια στένωση. Εμφανίζεται σε λιγότερο από το 1% των ασθενών με άπνοια. Κάποια από τα συμπτώματα της κεντρικής άπνοιας είναι οι αφυπνίσεις κατά τη διάρκεια της νύχτας, το αίσθημα κόπωσης, πονοκέφαλοι, αδύναμη μνήμη και δυσκολία συγκέντρωσης, ξηροστομία.

Συγκρίνοντας τα συμπτώματα μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας, παρατηρείται ότι οι δύο μορφές έχουν πολλά κοινά συμπτώματα, όπως οι αφυπνίσεις κατά τη διάρκεια του ύπνου, η κόπωση, αδυναμία συγκέντρωσης κ.α. Τα συμπτώματα για την αποφρακτική είναι περισσότερα όπως οι εφιάλτες, η αλλαγή διάθεσης, το παραμιλητό. Ένα από τα βασικά συμπτώματα της αποφρακτικής είναι το δυνατό ροχαλητό, το οποίο δεν εμφανίζεται ιδιαίτερα στην κεντρική άπνοια. Οι λίγες διαφορές στα συμπτώματα θα χρησιμοποιηθούν και παρακάτω.

Η τρίτη μορφή άπνοιας είναι η μεικτή που αποτελεί συνδυασμό της αποφρακτικής και της κεντρικής άπνοιας. Συνήθως ξεκινάει με κεντρική και συνεχίζεται ως αποφρακτική. Σε αυτή την περίπτωση, μετά την εφαρμογή της συσκευής CPAP, που είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος αντιμετώπισης της άπνοιας, ο ασθενής εξακολουθεί να μην αναπνέει σωστά και στη συνέχεια εμφανίζεται κεντρική άπνοια[18].

Η άπνοια εμφανίζεται σε διάφορες ηλικίες[10]. Τα παιδιά ηλικίας τριών με πέντε χρονών εμφανίζουν άπνοια σε υψηλή συχνότητα, καθώς μεγαλώνουν η συχνότητα εμφάνισης άπνοιας μειώνεται, ενώ στους μεσήλικες και στους ηλικιωμένους, η συχνότητα αυξάνεται πάλι. Συγκεκριμένα, σε άντρες και γυναίκες ηλικίας άνω των εξήντα, η συχνότητα εμφάνισης πολλαπλασιάζεται σε σχέση με τη συχνότητα εμφάνισης στους μεσήλικες. Γενικά, δεν είναι σαφής η σχέση μεταξύ ηλικίας και άπνοιας.

Ακόμη, η άπνοια διαφέρει ανάλογα με τη φυλή χωρίς να έχει διευκρινιστεί αν

διαχωρίζονται από τον τρόπο ζωής ή τη διατροφή, και με ποιο τρόπο. Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει ότι οι Αφρικανό-Αμερικανοί εμφανίζουν συχνότερα άπνοια. Επιπλέον, η άπνοια έχει περισσότερες πιθανότητες να εμφανιστεί μεταξύ συγγενών. Όσο στενότερη είναι η συγγένεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα εμφάνισης άπνοιας.

2.3. Διάγνωση

Για τη διάγνωση της άπνοιας γίνεται αρχικά μία αξιολόγηση της υγείας και του ιστορικού του ασθενή, καθώς και αξιολόγηση των συμπτωμάτων άπνοιας που εμφανίζει. Σημαντικό μέρος της αξιολόγησης είναι και το αν ο ασθενής ανήκει στην κατηγορία υψηλού κινδύνου. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι παχύσαρκοι, οι ασθενείς με συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, με υπέρταση, με διαβήτη τύπου 2, με εγκεφαλικό, με νυκτόβιες δυσρυθμίες κ.α[4]. Στη φυσική εξέταση γίνεται έλεγχος του αναπνευστικού, του καρδιαγγειακού και του νευρολογικού συστήματος και δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην περίπτωση των παχύσαρκων, όσων έχουν στένωση του άνω αεραγωγού, όσων έχουν αυξημένη περίμετρο λαιμού και ως προς το δείκτη μάζας του σώματος αν είναι μεγαλύτερος ή ίσος από $30\text{kg} / \text{m}^2$. Συνήθως ο ασθενής απαντά σε μία σειρά ερωτήσεων όπως για τον αν ροχαλίζει, αν αυτό συμβαίνει, κάθε βράδυ και σε κάθε θέση ύπνου, αν δυσκολεύεται να ξυπνήσει, αν νιώθει υπνηλία κατά τη διάρκεια της εργασίας ή κατά τη διάρκεια της οδήγησης, αν έχει άσθμα ή σταματά η αναπνοή του στον ύπνο κ.α.[5].

Μετά την αξιολόγηση, γίνεται και ο ιατρικός έλεγχος είτε σε εργαστήριο πολυπνογραφίας, είτε στο σπίτι με φορητές οθόνες. Στο εργαστήριο καταγράφονται μέσω πολλών ηλεκτροδίων στο κεφάλι και στο σώμα, τα σήματα του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, του ηλεκτρομυογραφήματος στο πηγούνι και στο πόδι, του ηλεκτροοφθαλμογραφήματος, τον κορεσμό του οξυγόνου, τη ροή του αέρα, την αναπνευστική προσπάθεια, τη θέση του σώματος και το ροχαλητό[4]. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται ένας επαγγελματίας να ελέγχει τον εξοπλισμό και να καταγράφει κι ο ίδιος τη συμπεριφορά του ασθενή. Υπάρχει ένα δωμάτιο στο οποίο κοιμάται ο ασθενής και ένα άλλο δίπλα στο οποίο βρίσκεται ο επόπτης που παρακολουθεί τον ασθενή. Παρατηρώντας ο γιατρός την κατάσταση του ασθενή κατά τη διάρκεια του ύπνου και

συνδυάζοντας το δείκτη άπνοιας υπόπνοιας (AHI), που είναι ο αριθμός των γεγονότων άπνοιας υπόπνοιας ανά ώρα ύπνου, με τον αποκορεσμό του οξυγόνου, αποφασίζει αν ο ασθενής έχει άπνοια και τη σοβαρότητα της κατάστασης. Ο δείκτης άπνοιας υπόπνοιας υπολογίζεται διαιρώντας των αριθμών των γεγονότων άπνοιας με τον αριθμό των ωρών ύπνου. Οι φυσιολογικές τιμές είναι από 0 μέχρι 4, από 5 έως 14 θεωρείται ήπια μορφή άπνοιας, από 15 μέχρι 29 θεωρείται μέτρια μορφή άπνοιας και πάνω από 30 η άπνοια θεωρείται σοβαρή[19]. Σχετικά με τον κορεσμό του οξυγόνου, σε φυσιολογική κατάσταση τα επίπεδα του οξυγόνου στο αίμα είναι συνήθως 95% με 100%, από 95% έως 90% είναι ήπια μορφή, από 89% μέχρι 80% μέτρια και κάτω από 80% είναι σοβαρή. Ένας ακόμη σημαντικός δείκτης είναι αυτός της αναπνευστικής διαταραχής (RDI), όπου καταγράφει τα αναπνευστικά συμβάντα κατά τη διάρκεια του ύπνου. Εκτός από τις άπνοιες και τις υπόπνοιες περιλαμβάνει και άλλες αφυπνίσεις ή διαταραχές ύπνου, που δεν οφείλονται στην άπνοια.

Με τις φορητές οθόνες[15] μπορεί να διαγνωστεί κυρίως η αποφρακτική άπνοια και συνήθως συμβαίνει σε ασθενείς που δε μπορούν να κάνουν την εξέταση στα εργαστήρια. Σε αυτή την περίπτωση ο ασθενής κοιμάται πιο άνετα αφού βρίσκεται σε οικείο περιβάλλον και είναι συνδεδεμένος με λιγότερες συσκευές. Ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα για μη ακριβή διάγνωση, για κακή ποιότητα σημάτων και επίσης οι φορητές συσκευές δε μπορούν να διαγνώσουν άλλες διαταραχές ύπνου. Ακόμη σε αυτές τις συσκευές είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ο δείκτης AHI, που είναι η συχνότητα των απνοιών και υποπνοιών ανά ώρα ύπνου. Συνήθως καταγράφουν τη ροή του αέρα, την αναπνευστική προσπάθεια και την οξυγόνωση του αίματος και πρέπει να υπάρχει και σε αυτή την περίπτωση ένας επαγγελματίας που να εποπτεύει την κατάσταση του ασθενή[4].

2.4. Θεραπεία

Η άπνοια πρέπει να διαγνωστεί, ώστε να θεραπευθεί. Οι κίνδυνοι από την άπνοια είναι πολλοί. Η εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων, εγκεφαλικών επεισοδίων, υπέρτασης, νυκτουρίας είναι κάποιες από τις επιπτώσεις της ασθένειας. Ακόμη είναι αυξημένος ο κίνδυνος τροχαίων ή εργατικών ατυχημάτων, καθώς ο ασθενής έχει έντονη υπνηλία και κόπωση κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η άπνοια είναι απαραίτητο να θεραπευτεί ή τουλάχιστον να περιοριστεί. Εάν πρόκειται για ήπια προς μέτρια μορφή άπνοιας, η άπνοια μπορεί να αντιμετωπισθεί με αλλαγή του τρόπου ζωής. Για τους παχύσαρκους, η απώλεια βάρους είναι πολύ σημαντική. Ακόμη, η διακοπή του καπνίσματος, η άσκηση, η αποφυγή αλκοόλ, ηρεμιστικών, καφεΐνης και μεγάλης ποσότητας φαγητού πριν από τον ύπνο, η βελτίωση της θέσης του ύπνου, η διάρκεια του ύπνου να είναι 7 με 8 ώρες κάθε βράδυ κ.α. είναι συμπεριφορές που βελτιώνουν την κατάσταση της άπνοιας.[4]

Υπάρχουν επίσης οδοντιατρικές συσκευές, που συνήθως ελέγχουν τη θέση της κάτω γνάθου ή της γλώσσας, ανοίγοντας τους αεραγωγούς. Συνήθως χρησιμοποιούνται ενδοστοματικοί νάρθηκες, που είτε συγκρατούν τη γλώσσα μπροστά, είτε συγκρατούν την κάτω γνάθο μπροστά, ώστε να μείνει ο φάρυγγας ανοιχτός[7]. Ωστόσο μπορεί να έχουν διάφορες παρενέργειες όπως πόνος, βλάβη ή μεταβολή της θέσης της κάτω γνάθου, των δοντιών και του στόματος κ.α.

Εάν πρόκειται για μέτρια προς σοβαρή μορφή άπνοιας τότε ο φυσικός τρόπος δεν αρκεί. Ο συχνότερος τρόπος αντιμετώπισης της αποφρακτικής άπνοιας είναι οι συσκευές PAP(Positive Airway Pressure), που είναι ρινικές, στοματικές ή στοματορινικές μάσκες που παρέχουν πεπιεσμένο αέρα στον άνω αεραγωγό, διατηρώντας τα περάσματα της αναπνοής ανοιχτά[4,16]. Ο ασθενής φορά τη μάσκα κατά τη διάρκεια του ύπνου, χωρίς να ενοχλείται ή να αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα. Κυρίως χρησιμοποιείται η συσκευή CPAP(Continuous PAP), όπου παρέχει αέρα συνεχώς στον ασθενή. Με τη συσκευή αυτή ο ασθενής καταφέρνει να αναπνεύσει και να κοιμηθεί καλύτερα, βελτιώνεται η μνήμη του και μειώνεται ο κίνδυνος καρδιαγγειακών γεγονότων. Επιπλέον υπάρχει και η συσκευή BPAP(Bilevel PAP)[4,16], για όσους δε μπορούν να προσαρμοστούν με τη CPAP, ή για όσους έχουν κεντρική άπνοια. Η συσκευή αυτή παρέχει περισσότερο αέρα κατά την εισπνοή και λιγότερο κατά την εκπνοή. Ακόμη υπάρχει και η ASV(Adaptive servo-ventilation), όπου αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τον κανονικό ρυθμό της αναπνοής και προλαμβάνει τις παύσεις κατά την αναπνοή. Χρησιμοποιείται και για την αποφρακτική και για την κεντρική άπνοια[16].

Εάν το πρόβλημα δεν περιοριστεί με κάποια από τις συσκευές PAP ή ο ασθενής δε μπορεί να δεχτεί τη συσκευή, τότε υπάρχει και η λύση της χειρουργικής επέμβασης. Με τη

χειρουργική επέμβαση μπορεί να αυξηθεί το μέγεθος των αεραγωγών, να μειωθεί ο όγκος των μαλακών ιστών, να τροποποιηθεί ο σκελετός του προσώπου ή να γίνει τραχειοτομή.[10] Όμως υπάρχει κίνδυνος επιπλοκών και σε σπάνιες περιπτώσεις μπορεί τα συμπτώματα να επιδεινωθούν[16]. Γενικά, για την περίπτωση του χειρουργείου θα πρέπει να υπολογίζονται διάφοροι παράγοντες, όπως η ανατομία του άνω αεραγωγού, η παχυσαρκία και με βάση τον κάθε ασθενή και πόσο σοβαρή είναι η άπνοια που έχει, να επιλέγεται η κατάλληλη χειρουργική επέμβαση[10].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΙΚΕΣ

3.1 Μελέτες

3.2 Μετρικές

3.1. Μελέτες

Έχουν γίνει αρκετές μελέτες για τη διάγνωση της άπνοιας με βάση τη μεταβολή της καρδιακής συχνότητας[1], στις οποίες εφαρμόζοντας διάφορες μεθόδους κυρίως στα διαστήματα της καρδιάς, καταφέρνουν να εντοπίσουν με επιτυχία την άπνοια.

Μία από τις μεθόδους για τον εντοπισμό της άπνοιας[3] μετατρέπει την ακολουθία των RR διαστημάτων της καρδιάς στο πεδίο των συχνοτήτων με ανάλυση Fourier. Στη συνέχεια γίνεται οπτική ανάλυση, ώστε να εντοπισθεί η κορυφή που αντιστοιχεί στο αναμενόμενο εύρος συχνοτήτων εμφάνισης της άπνοιας. Για να διαχωριστούν αυτόματα τα δεδομένα σε άπνοια ή μη, εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος ο οποίος υπολογίζει την αναλογία δύο περιοχών. Η μία είναι η περιοχή κάτω από τη φασματική καμπύλη μεταξύ 0.01 και 0.05 κύκλους ανά χτύπο και η άλλη είναι το εμβαδόν κάτω από τη φασματική καμπύλη μεταξύ 0.005 και 0.01 κύκλους ανά χτύπο. Συγκρίνοντας την αναλογία των δύο περιοχών με ένα κατώφλι, τα δεδομένα ταξινομούνται σε δεδομένα άπνοιας ή όχι. Οι ασθενείς με άπνοια τείνουν να έχουν φασματική κορυφή μεταξύ 0.01 και 0.05 κύκλους ανά χτύπο και το πλάτος της κορυφής δείχνει το ρυθμό μεταβλητότητας της άπνοιας.

Ένας άλλος τρόπος που προτείνεται για τον εντοπισμό της άπνοιας[11] είναι από το ηλεκτροκαρδιογράφημα να εντοπίζονται τα QRS συμπλέγματα και τα RR διαστήματα. Από αυτά καταγράφονται κάποια χαρακτηριστικά στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Τα χαρακτηριστικά είναι η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και η πυκνότητα φασματικής ισχύος των RR διαστημάτων. Για να υπολογιστεί η πυκνότητα φασματικής ισχύος, σε κάποια αρχικά σημεία εφαρμόζεται μετασχηματισμός Fourier, αφαιρείται η μέση τιμή, υπολογίζονται οι τετραγωνικοί συντελεστές του μετασχηματισμού Fourier και υπολογίζεται ο μέσος όρος για κάθε τέσσερις κάδους συχνότητων. Τα μισά από τα σημεία που παράγονται χρησιμοποιούνται ως χαρακτηριστικά για την πυκνότητα φασματικής ισχύος. Η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και η πυκνότητα φασματικής ισχύος, υπολογίστηκαν και από το σήμα της αναπνοής. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκαν από μία μηχανή μάθησης η οποία εκπαιδεύεται για να ταξινομή τα δεδομένα σε δεδομένα άπνοιας ή μη.

Μία άλλη μέθοδος[9] που προτείνεται για τον εντοπισμό της άπνοιας χρησιμοποιεί και αυτή τα RR διαστήματα και αφού γίνεται κάποια προεπεξεργασία, υπολογίζονται χαρακτηριστικά στο πεδίο του χρόνου όπως τυπική απόκλιση, NN50 count, pNN50, SDNN, RMSSD, SDANN, SDNN index. Ακόμη, χρησιμοποιούνται μερικά άλλα χαρακτηριστικά. Το ένα είναι το NME-κανονικοποιημένη μέγιστη ιδιοτιμή και υπολογίζεται ως εξής:

Θεωρώντας, x_i τα RR διαστήματα, ορίζεται το διάνυσμα

$$\vec{x}_i = (x_i + x_{i+1} \dots x_{i+(D-1)})^T$$

όπου D είναι η διάσταση του διανύσματος και T η απόσταση των RR διαστημάτων.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται το διάνυσμα μέσης τιμής:

$$\vec{m} = \frac{1}{N-(D-1)} \sum_{i=1}^{N-(D-1)} \vec{x}_i$$

Και ο πίνακας

$$X = [\vec{x}_1 - \vec{m} \quad \vec{x}_2 - \vec{m} \quad \dots \quad \vec{x}_{N-(D-1)} - \vec{m}]$$

Από τις ιδιοτιμές $l_1 \dots l_D$

οι οποίες κανονικοποιούνται

$$\lambda_i = \frac{l_i}{\sum_{j=1}^D l_j}$$

χρησιμοποιείται η μέγιστη κανονικοποιημένη ιδιοτιμή λ_1

Το δεύτερο χαρακτηριστικό είναι το EBF και υπολογίζεται ως: $EBF = 2^H$

Όπου H η εντροπία

$$H = -\sum_{i=1}^D \lambda_i \log(\lambda_i)$$

Ένα τελευταίο χαρακτηριστικό είναι το CBF(Correlation Based Feature), όπου από RR διαστήματα διάρκειας 5 λεπτών που η αρχή του ενός να απέχει από την επόμενη 1 λεπτό, εξάγεται ένα κεντρικό παράθυρο 1 λεπτού. Το παράθυρό αυτό συνδυάζεται με το παράθυρο 5 λεπτών. Εάν το άθροισμα των κανονικοποιημένων συνδυασμών ξεπερνά ένα κατώφλι τότε αυτό το άθροισμα αποτελεί την τιμή CBF. Χρησιμοποιώντας για κάθε χαρακτηριστικό ένα κατώφλι, αποφασίζεται είτε ξεχωριστά για τα χαρακτηριστικά είτε συνδυάζοντας τα σε πολωνυμικό ταξινομητή δευτέρου βαθμού, αν τα δεδομένα αποτελούν άπνοια ή όχι.

Μελέτες έχουν γίνει και για τη σύγκριση μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας[12]. Σε μία μελέτη σε ασθενείς με υπνική άπνοια, οι οποίοι έχουν αποφρακτική και κεντρική άπνοια, υπολογίστηκαν τη μέση τιμή των RR διαστημάτων και βρέθηκε ότι κατά τη διάρκεια της αποφρακτικής άπνοιας, η τιμή αυτή είναι αρκετά μεγαλύτερη από ότι στην κεντρική άπνοια.

Μία άλλη μελέτη[13] συγκρίνει την αποφρακτική και κεντρική άπνοια σε ασθενείς με συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια. Αποδεικνύεται ότι η μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας, έχει διαφορετική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της αποφρακτικής και της κεντρικής άπνοιας. Στο πεδίο του χρόνου, το εύρος των NN διαστημάτων, η τυπική απόκλιση της διαφοράς των NN διαστημάτων και το NN50, είχαν μεγαλύτερες τιμές στην αποφρακτική από ότι στην κεντρική άπνοια. Ως προς τις συχνότητες, η απόλυτη ισχύς των χαμηλών και των υψηλών συχνοτήτων είναι πολύ μεγαλύτερη στην αποφρακτική από ότι στην κεντρική άπνοια. Γενικά το ποσοστό των υψηλών συχνοτήτων μειώνεται στην κεντρική άπνοια σε σχέση με την αποφρακτική, ενώ αντίθετα το ποσοστό των πολύ χαμηλών συχνοτήτων αυξάνεται.

Σε αυτή τη διατριβή αυτό που εξετάζεται είναι διαφορετικό από τις προηγούμενες μελέτες. Πρώτα χρησιμοποιούνται μέθοδοι που σχετίζονται με τα RR διαστήματα, αλλά για να

υπολογιστούν πριν την έναρξη της άπνοιας και μετά από αυτή και να συγκριθούν μεταξύ τους, ώστε να διαπιστωθεί αν διαχωρίζονται. Και στη συνέχεια, για τον διαχωρισμό μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας υπολογίζονται γεωμετρικές ιδιότητες της καμπύλης της άπνοιας. Τέλος, οι μετρήσεις αυτές δίνονται ως είσοδο σε μηχανή διανυσματικής υποστήριξης.

3.2. Μετρικές

Οι επόμενες μετρικές είναι αυτές που υπολογίστηκαν στη διατριβή με βάση τα διαστήματα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς: SDNN, RMSSD, pNN50, DCsgn και BBDC.

Η μετρική[14] SDNN(standard deviation of the NN interval), συμβολίζει την τυπική απόκλιση των NN διαστημάτων των χτύπων της καρδιάς. Αντιστοιχεί δηλαδή, στις εξαρτήσεις που οδηγούν στις μεταβολές του χρόνου καταγραφής των χτύπων. Αρχικά, υπολογίζει μεγαλύτερες περιόδους, συνήθως 24-ώρες, και στη συνέχεια μειώνονται σιγά σιγά. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζει όλο και μικρότερου μήκους καταγραφές και όσο μικρότερο είναι το μήκος τόσο μικρότερη είναι και η τιμή του.

$$SDNN = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ με } \bar{x} = 1/n \sum_{i=1}^n x_i$$

όπου x_i είναι τα χρονικά διαστήματα, n ο αριθμός των χτύπων της καρδιάς που δίνονται και $\bar{x}$ τη μέση τιμή των χτύπων.

Η μετρική RMSSD(square root mean square of successive RR intervals), υπολογίζει την τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των γειτονικών NN διαστημάτων. Υπολογίζει της υψηλής συχνότητας μεταβολές στους χτύπους της καρδιάς σε μικρού μήκους NN διαστήματα.

$$RMSSD = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i)^2 / n}$$

όπου x_i είναι τα χρονικά διαστήματα και n το πλήθος των διαφορών μεταξύ των γειτονικών χτύπων της καρδιάς.

Η μέθοδος pNN50 είναι ο αριθμός των γειτονικών NN διαστημάτων που διαφέρουν περισσότερο από 50ms, διαιρεμένο με τον συνολικό αριθμό όλων των NN διαστημάτων. Βασίζεται δηλαδή, στις συγκρίσεις μεταξύ των συνεχόμενων χτύπων της καρδιάς.

$$pNN50 = NN50count / n$$

όπου

$$NN50count = \sum_{i=1}^n x_{i+1} - x_i \text{ αν } x_{i+1} - x_i > 50ms$$

και n το πλήθος των χτύπων της καρδιάς .

Τα DCsgn και BBDC[2] είναι παραλλαγές της μεθόδου DC. Σε αυτή τη μέθοδο ορίζονται τα σημεία anchor τα οποία είναι τα RR διαστήματα που είναι μεγαλύτερα από το προηγούμενό τους διάστημα. Όσα διαστήματα διαφέρουν περισσότερο από 5% από το προηγούμενό τους εξαιρούνται. Στη συνέχεια, τα διαστήματα γύρω από τα anchor σημεία ευθυγραμμίζονται και η τιμή του DC υπολογίζεται:

$$DCorig = \frac{X(0) + X(1) - X(-1) - X(-2)}{4}$$

όπου $X(0)$ είναι η μέση τιμή όλων των anchor σημείων, $X(1)$ η μέση τιμή όλων των σημείων που είναι αμέσως μετά τα anchor και $X(-1)$, $X(-2)$ η μέση τιμή των αντίστοιχων σημείων που προηγούνται από τα anchor.

Στο DCsgn αλλάζει ο τρόπος που υπολογίζονται τα φίλτρα όπως και ο τρόπος που χαρακτηρίζονται τα διαστήματα ως επιτάχυνση ή επιβράδυνση. Συγκεκριμένα, έστω ότι έχουμε τα διαστήματα

$$RR_i = RR_1, RR_2, \dots, RR_N$$

ορίζονται τα διανύσματα

$$xi = (RR_i, RR_{i+1}, RR_{i+2}, RR_{i+3})$$

όπου $1 \leq i \leq N-3$

Στη συνέχεια ορίζεται το διάνυσμα v_i ως:

$$v_i = \begin{pmatrix} 1, & \left| \frac{x_i(4) - x_i(3)}{x_i(3)} \right| \leq 0.05, \left| \frac{x_i(3) - x_i(2)}{x_i(2)} \right| \leq 0.05, \left| \frac{x_i(2) - x_i(1)}{x_i(3)} \right| \leq 0.05, \\ 0, & \text{otherwise} \end{pmatrix}$$

όπου τα $x_i(1), x_i(2), x_i(3), x_i(4)$ είναι τα αντίστοιχα στοιχεία στον ορισμό του DCorig. Με αυτό τον τρόπο αν το φίλτρο δεν ικανοποιείται για τουλάχιστον μία από τις ανισότητες για κάποια σημεία, τότε τα σημεία αυτά αποκλείονται .

Ορίζεται επίσης η τιμή:

$$acdc_i = \frac{x_i(4) + x_i(3) - x_i(2) - x_i(1)}{4}$$

και χαρακτηρίζεται ένα διάνυσμα ως περίοδος επιβράδυνσης όταν αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη του 0

$$dc_i = \begin{pmatrix} 1, & \text{if } acdc_i > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{pmatrix}$$

και ως περίοδος επιτάχυνσης όταν είναι μικρότερη του 0

$$ac_i = \begin{pmatrix} 1, & \text{if } acdc_i < 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{pmatrix}$$

Υπολογίζονται ακόμη τα διανύσματα

$$\overline{dc} = (\overline{dc_i * v_i * x_i(1)}, \overline{dc_i * v_i * x_i(2)}, \overline{dc_i * v_i * x_i(3)}, \overline{dc_i * v_i * x_i(4)})$$

$$\overline{ac} = (\overline{ac_i * v_i * x_i(1)}, \overline{ac_i * v_i * x_i(2)}, \overline{ac_i * v_i * x_i(3)}, \overline{ac_i * v_i * x_i(4)})$$

και τελικά το DCsgn ορίζεται:

$$DCsgn = \frac{\overline{dc}(4) + \overline{dc}(3) - \overline{dc}(2) - \overline{dc}(1)}{4}$$

και το ACsgn:

$$ACsgn = \frac{\overline{ac}(4) + \overline{ac}(3) - \overline{ac}(2) - \overline{ac}(1)}{4}$$

Η μέθοδος BBDC(Beat to Beat Deceleration Capacity), περιορίζει του χτύπους σε δύο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$BBDC = \frac{X(0) - X(-1)}{2}$$

όπου το $X(0)$ είναι η μέση τιμή όλων των διαστημάτων που επιλέγονται ως anchor, εξαιρώντας αυτούς που δεν ικανοποιούνται από το φίλτρο και $X(-1)$ είναι η μέση τιμή των αμέσως προηγούμενων διαστημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΤΗΣ ΚΑΡΔΙΑΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΝΟΙΑ

4.1 Δεδομένα

4.2 Αποφρακτική Άπνοια

4.3 Κεντρική Άπνοια

4.1. Δεδομένα

Σκοπός αυτής της διατριβής ήταν η μελέτη του φαινομένου της άπνοιας, με βάση τη μεταβολή του καρδιακού ρυθμού, και η παρατήρηση του ρυθμού της καρδιάς λίγο πριν και λίγο μετά την άπνοια, τόσο για την αποφρακτική όσο και για την κεντρική άπνοια. Εξετάστηκαν ακόμη και οι διαφορές μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας.

Τα δεδομένα προέρχονται από ασθενείς με άπνοια από το Γενικό Νοσοκομείο Άρτας. Οι ασθενείς ήταν δεκατέσσερις και ο συνολικός αριθμός των γεγονότων άπνοιας ήταν 1200 γεγονότα αποφρακτικής άπνοιας και 152 κεντρικής άπνοιας. Η εξέταση των ασθενών έγινε στο εργαστήριο πολυπνογραφίας που διαθέτει το νοσοκομείο, όπου οι ασθενείς κοιμήθηκαν εκεί, με τους αισθητήρες να καταγράφουν τα σήματα από το καρδιογράφημα, τις κινήσεις των ποδιών, το ροχαλητό, την πίεση του ροχαλητού, τον κορεσμό του οξυγόνου, το σφυγμό, τις οφθαλμολογικές κινήσεις. Υπήρχαν ακόμη αισθητήρες ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, ηλεκτρομυογραφήματος στο σαγόνι, καθώς και δεξιά και αριστερά του σαγονιού, αισθητήρας μύτης, μύτης-στόματος, ζώνη θώρακος, ζώνη κοιλιάς και μετρήθηκε και η πίεση του αέρα που μετρά η συσκευή CPAP όταν είναι συνδεδεμένη. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

ήταν το αρχείο που μετρά την μεταβολή των χτύπων της καρδιάς και το αρχείο που περιέγραφε τις χρονικές στιγμές της άπνοιας και τη μορφή της άπνοιας, όπως τις κατέγραψε ο γιατρός.

Με βάση αυτά τα αρχεία, δημιουργήθηκε κώδικας σε MATLAB, που τα επεξεργάζεται, ώστε να υπάρχει όλη η πληροφορία για όλη τη διάρκεια του ύπνου και σε κάθε χρονική στιγμή αν ο ασθενής βρίσκεται σε άπνοια και ποια μορφή της ή αν κοιμάται φυσιολογικά. Επιπλέον, στα δευτερόλεπτα που ο ασθενής έχει άπνοια αντιστοιχίζεται και το διάστημα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς εκείνη τη χρονική στιγμή.

Στα δεδομένα έγινε έλεγχος για θόρυβο και αφαιρέθηκαν όσα είχαν διαφορά από το προηγούμενο ή το επόμενο RR διάστημα περισσότερο ή λιγότερο από κάποιο φίλτρο. Ακόμη, υπήρξε και μία επεξεργασία στα δεδομένα για τυχόν λάθη, γιατί θα μπορούσε η άπνοια να βρίσκεται μερικά δευτερόλεπτα πριν ή μετά από ότι είναι σημειωμένο στα αρχεία και με βάση τη βιβλιογραφία. Σε ό,τι έχει σχέση με την άπνοια είναι γνωστό ότι ο ρυθμός της καρδιάς μειώνεται κατά τη διάρκεια της άπνοιας και αυξάνεται μόλις το γεγονός της άπνοιας σταματήσει. Αν λοιπόν, σε κάποια άπνοια ο ρυθμός της καρδιάς δε μειώνεται αρκετά όταν αρχίσει η άπνοια, αλλά συμβαίνει μερικά δευτερόλεπτα πριν ή μετά, μετακινείται η αρχή της άπνοιας στο κατώτατο σημείο, δηλαδή στα αντίστοιχα δευτερόλεπτα πριν ή μετά, όπου γίνεται η έντονη πτώση του ρυθμού.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε το διάγραμμα με τους μέσους όρους των διαστημάτων μεταξύ των χτύπων της καρδιάς για όλους τους ασθενείς ώστε να φανεί τι ακριβώς συμβαίνει μέχρι δέκα λεπτά πριν την άπνοια και μέχρι δέκα λεπτά μετά. Η πληροφορία για δέκα λεπτά πριν και μετά μειώνεται αρκετά, καθώς οι άπνοιες είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη, οπότε δεν υπάρχουν πολλές άπνοιες που να μην έχουν σε περισσότερα από δέκα λεπτά, άπνοια πριν ή μετά. Κάθε σημείο του διαγράμματος αντιστοιχεί στο μέσο όρο 4 ή 6 δευτερολέπτων ανάλογα τη μέθοδο, με επικάλυψη 1 δευτερολέπτου. Αρχίζοντας δηλαδή, από την αρχή της άπνοιας υπολογίστηκε ο μέσος όρος των πρώτων 4 ή 6 δευτερολέπτων. Στη συνέχεια, από το δεύτερο δευτερόλεπτο μετά την έναρξη της άπνοιας υπολογίστηκε ο μέσος όρος των επόμενων 4 ή 6 δευτερολέπτων αντίστοιχα. Το ίδιο ισχύει και για το διάστημα πριν την άπνοια.

Για να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαφορά πριν και μετά την άπνοια υπολογίστηκαν οι p-value τιμές για διάφορα διαστήματα και για διάφορες μετρικές. Τα διαστήματα κυμαίνονται από ένα έως δέκα λεπτά. Συγκεκριμένα, για τους μέσους όρους των διαστημάτων όπως και για το ρυθμό, συγκρίθηκαν ένα λεπτό πριν την άπνοια με ένα λεπτό μετά, πέντε λεπτά πριν με πέντε λεπτά μετά, δέκα λεπτά πριν με δέκα λεπτά μετά, δέκα λεπτά πριν με ένα και με πέντε μετά. Τέλος, δέκα λεπτά πριν με το πρώτο έως το πέμπτο λεπτό μετά, καθώς και δέκα λεπτά πριν με το πέμπτο έως το δέκατο λεπτό μετά.

Για τις μετρικές, πρώτα υπολογίστηκε ανά 6 δευτερόλεπτα η κάθε μετρική για κάθε άπνοια και έπειτα ο μέσος όρος αυτών των τιμών για κάθε σημείο. Στη συνέχεια, συγκρίθηκαν τα διαστήματα ένα, πέντε και δέκα λεπτά πριν την άπνοια με ένα, πέντε και δέκα λεπτά μετά αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο συγκρίνονται τα διαστήματα της καρδιάς πριν και μετά την άπνοια και με το p-value αποφασίζεται αν υπάρχει διαχωρισμός.

4.2. Αποφρακτική Άπνοια

Όπως έχουν δείξει προηγούμενες μελέτες, ο ρυθμός της καρδιάς μειώνεται κατά τη διάρκεια της άπνοιας και μετά την άπνοια αυξάνεται, αφού τα διαστήματα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς μειώνονται[6]. Ο καρδιακός ρυθμός κάνει κυκλικές διακυμάνσεις, όπως και το πλάτος και η μορφολογία του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Επομένως η άπνοια επηρεάζει τη μεταβολή της καρδιακής συχνότητας. Στη μελέτη που έγινε, παρατηρήθηκε αν επηρεάζεται η καρδιά και συμπεριφέρεται διαφορετικά λίγα λεπτά πριν και λίγα λεπτά μετά την άπνοια. Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα από τις p-value τιμές, για τις δύο ομάδες που δημιουργήθηκαν. Η μία ομάδα είναι οι τιμές πριν την άπνοια και η άλλη ομάδα οι τιμές μετά.

Πρώτα παρουσιάζονται οι πίνακες με τις p-value τιμές για τις διάφορες μετρικές και για διάφορες χρονικές στιγμές για την αποφρακτική άπνοια ύπνου. Η p-value είναι μία μέτρηση η οποία παίρνει δεδομένα από δύο ομάδες και αποφασίζει αν τα δεδομένα αυτά απορρίπτονται ή αποδέχονται μία υπόθεση[19]. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η υπόθεση είναι ότι οι δύο

ομάδες, προέρχονται από κατανομές με ίσο μέσο[17]. Αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από 0.05, τότε η υπόθεση γίνεται δεκτή, διαφορετικά απορρίπτεται.

Ο πίνακας 4.1 έχει τις p-value τιμές για το μέσο όρο των μέσων όρων των RR διαστημάτων για τα λεπτά που φαίνονται στον πίνακα, η μία ομάδα είναι για πριν την άπνοια και η άλλη από την αρχή της άπνοιας μέχρι τα αντίστοιχα λεπτά μετά. Ο μέσος όρος για κάθε σημείο είναι ανά 4 δευτερόλεπτα. Όπως φαίνεται και από τα σχήματα 4.8, 4.9 και 4.10, υπάρχει μία διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων κι επειδή μετά την άπνοια παρατηρείται μία άνοδος, συγκρίθηκαν και ομάδες που να περιλαμβάνουν δέκα λεπτά πριν την άπνοια με ένα ή πέντε λεπτά μετά ή το διάστημα από ένα έως πέντε λεπτά μετά, όπως και το διάστημα από πέντε έως δέκα λεπτά μετά την άπνοια. Ακόμη, δοκιμάστηκαν και διάφορα φίλτρα για το θόρυβο, ώστε να εξαιρούνται τιμές που αποκλείουν περισσότερο από το φίλτρο από την προηγούμενη ή την επόμενη τιμή τους. Για παράδειγμα, αν εφαρμοστεί φίλτρο 5%, αυτό σημαίνει ότι θα αποκλειστούν οι τιμές που διαφέρουν περισσότερο από 5% από την προηγούμενή ή την επόμενη τους, εξαιρώντας το σημείο της άπνοιας.

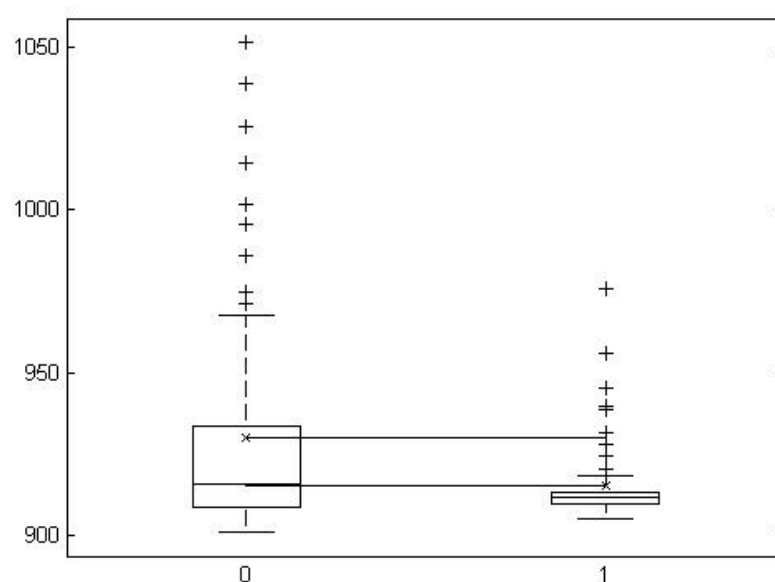
Όπως δείχνει και ο πίνακας 4.1 σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει διαχωρισμός, θεωρώντας ότι οι τιμές διαχωρίζονται καλά όταν η p-value τιμή είναι μικρότερη ή ίση από 0.05. Ακόμη παρατηρείται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα μετά την άπνοια, τόσο μικρότερη είναι η p-value και κυρίως το διάστημα 5 με 10 λεπτά μετά την άπνοια, το οποίο είναι λογικό με βάση το σχήμα 4.8 στο οποίο υπάρχει μία συνεχόμενη άνοδος μετά την άπνοια. Επίσης φαίνεται ότι αν δεν εφαρμοστεί φίλτρο οι τιμές είναι μικρότερες συγκριτικά με το να εφαρμοστεί φίλτρο. Ενώ, από όλα τα φίλτρα η επιλογή του φίλτρου 20%, δίνουν τις περισσότερες φορές τις μικρότερες p-value τιμές, επομένως και το μεγαλύτερο διαχωρισμό.

Πίνακας 4.1 Αποφρακτική μέσος όρος όλων των διαστημάτων

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$3.11 \cdot 10^{-2}$	$7.12 \cdot 10^{-3}$	$8.80 \cdot 10^{-3}$	$7.45 \cdot 10^{-3}$
5	5	$2.53 \cdot 10^{-23}$	$1.81 \cdot 10^{-28}$	$2.28 \cdot 10^{-22}$	$6.47 \cdot 10^{-22}$	$1.35 \cdot 10^{-21}$
10	10	$3.02 \cdot 10^{-51}$	$6.59 \cdot 10^{-40}$	$2.15 \cdot 10^{-40}$	$1.15 \cdot 10^{-40}$	$2.19 \cdot 10^{-41}$

10	1	$1.16 \cdot 10^{-12}$	$2.92 \cdot 10^{-10}$	$5.35 \cdot 10^{-12}$	$2.68 \cdot 10^{-12}$	$1.06 \cdot 10^{-12}$
10	5	$3.75 \cdot 10^{-39}$	$5.30 \cdot 10^{-33}$	$7.51 \cdot 10^{-33}$	$4.41 \cdot 10^{-33}$	$1.72 \cdot 10^{-33}$
10	1-5	$7.94 \cdot 10^{-45}$	$2.56 \cdot 10^{-38}$	$2.72 \cdot 10^{-37}$	$1.27 \cdot 10^{-37}$	$5.92 \cdot 10^{-38}$
10	5-10	$1.35 \cdot 10^{-61}$	$4.71 \cdot 10^{-45}$	$1.50 \cdot 10^{-46}$	$3.82 \cdot 10^{-47}$	$3.20 \cdot 10^{-48}$

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα box plots για κάθε διάστημα που φαίνεται στον πίνακα, επιλέγοντας μόνο το φίλτρο με τη χαμηλότερη τιμή. Το πρώτο ορθογώνιο είναι οι τιμές πριν την άπνοια και το δεύτερο οι τιμές μετά. Τα όρια των ορθογωνίων είναι το 25% και το 75% των τιμών, ενώ οι οριζόντιες γραμμές μέσα στα κουτιά είναι ο μέσος για κάθε κατηγορία. Το σημείο 'x' μέσα στο κουτί, είναι η μέση τιμή για κάθε κατηγορία και με την ευθεία γραμμή, φαίνεται σε ποιο σημείο του άλλου ορθογωνίου φθάνει, ώστε να φανεί η διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών. Τα '+' πάνω από τα ορθογώνια είναι τα outliers. Για το διάστημα 1 λεπτό πριν και 1 μετά, η χαμηλότερη τιμή εμφανίζεται όταν δεν εφαρμόζεται κάποιο φίλτρο(Σχήμα 4.1).

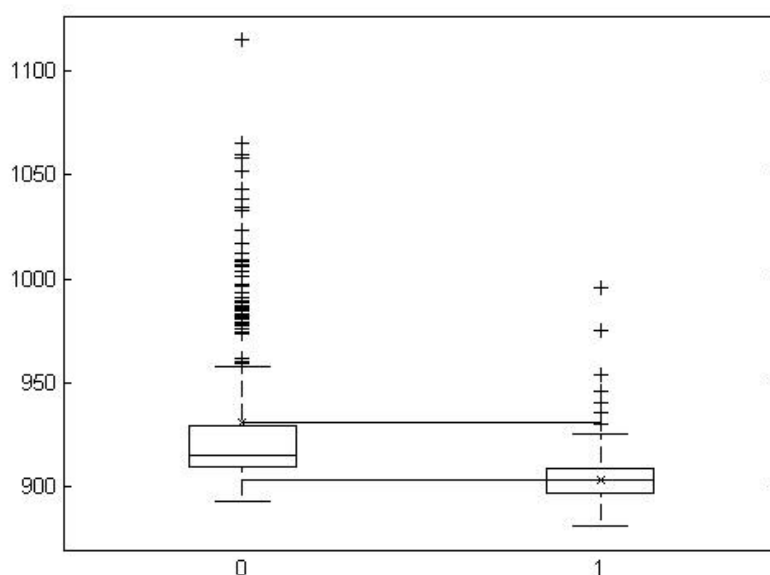


Σχήμα 4.1 Αποφρακτική Box plot-1

Όπως φαίνεται στο σχήμα, οι τιμές μετά την άπνοια συγκεντρώνονται σε μία περιοχή πολύ μικρότερη σε σχέση με τις τιμές πριν την άπνοια. Επίσης, το άνω όριο του ορθογωνίου μετά

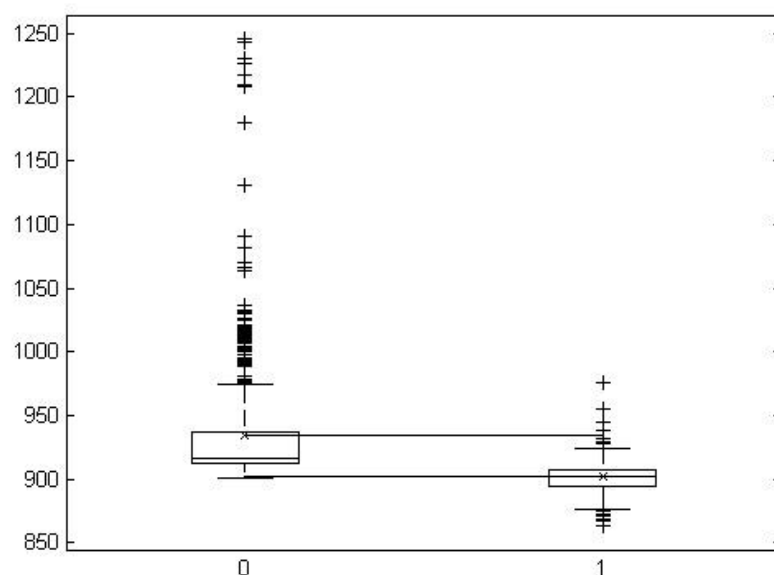
την άπνοια, είναι πολύ χαμηλότερο από το αντίστοιχο μετά την άπνοια.

Για το διάστημα 5 λεπτά πριν και 5 λεπτά μετά την άπνοια, χρησιμοποιήθηκε το box plot με 5% φίλτρο. Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται ότι οι τιμές ξεχωρίζουν, αφού το άνω όριο του ορθογωνίου μετά την άπνοια, είναι χαμηλότερα από το κάτω όριο του ορθογωνίου πριν την άπνοια.



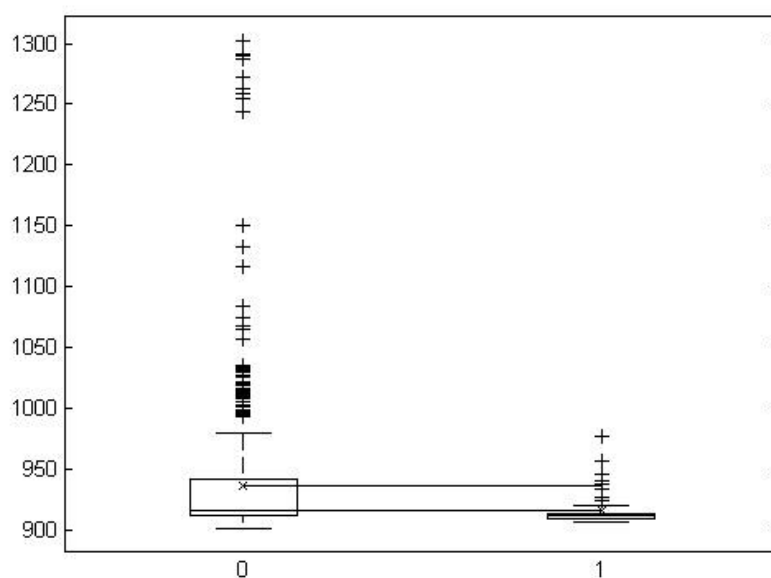
Σχήμα 4.2 Αποφρακτική Box plot-2

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν και δέκα λεπτά μετά, η χαμηλότερη τιμή εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει φίλτρο. Στο σχήμα 4.3 φαίνεται το ορθογώνιο για τις τιμές μετά την άπνοια, να είναι χαμηλότερα από το ορθογώνιο με τις τιμές πριν την άπνοια.



Σχήμα 4.3 Αποφρακτική Box plot-3

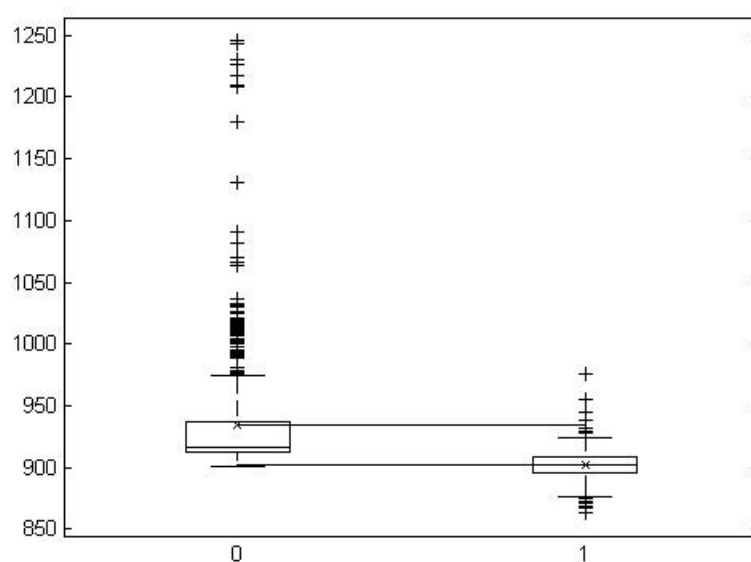
Τα ίδια συμπεράσματα βγαίνουν και από το σχήμα 4.4 που είναι το διάστημα 10 λεπτά πριν με 1 λεπτό μετά για δεδομένα χωρίς φίλτρο.



Σχήμα 4.4 Αποφρακτική Box plot-4

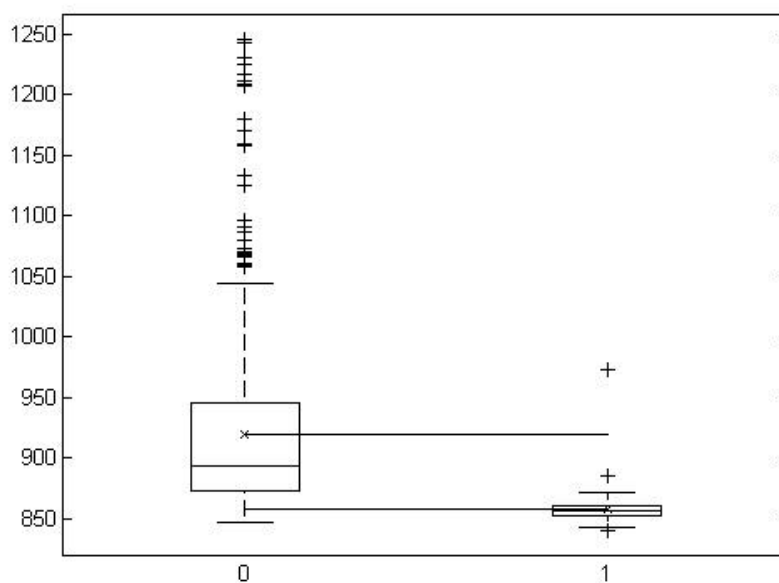
Παρόμοιο είναι και το σχήμα για τα 10 λεπτά και 5 μετά, που τη μικρότερη τιμή την έχουν

τα δεδομένα με φίλτρο 20%(Σχήμα 4.5).



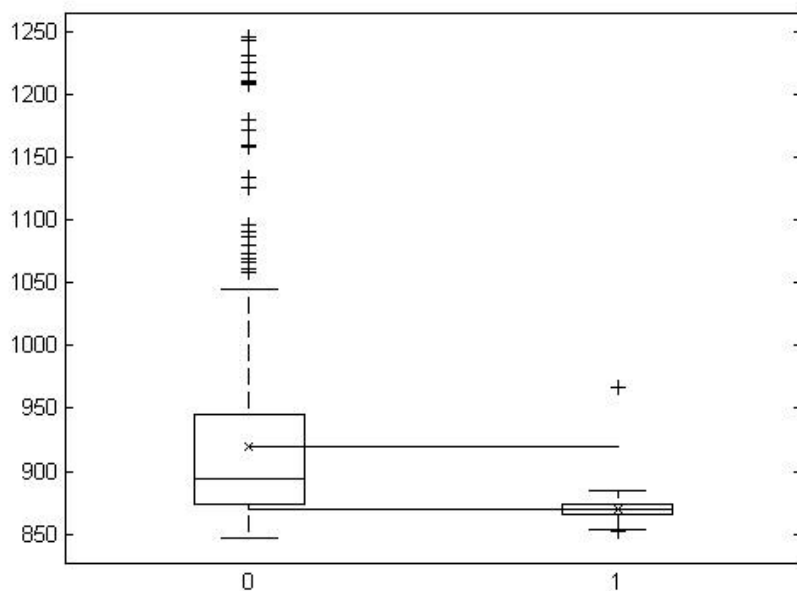
Σχήμα 4.5 Αποφρακτική Box plot-5

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν και 1 έως 5 λεπτά μετά και χωρίς φίλτρο, το box plots φαίνεται στο σχήμα 4.6. Και σε αυτή την περίπτωση, τα δεδομένα χωρίζονται αρκετά καλά.



Σχήμα 4.6 Αποφρακτική Box plot-6

Το ίδιο και για την περίπτωση 10 λεπτά πριν με 5 έως 10 λεπτά μετά, για δεδομένα χωρίς φίλτρο (Σχήμα 4.7).



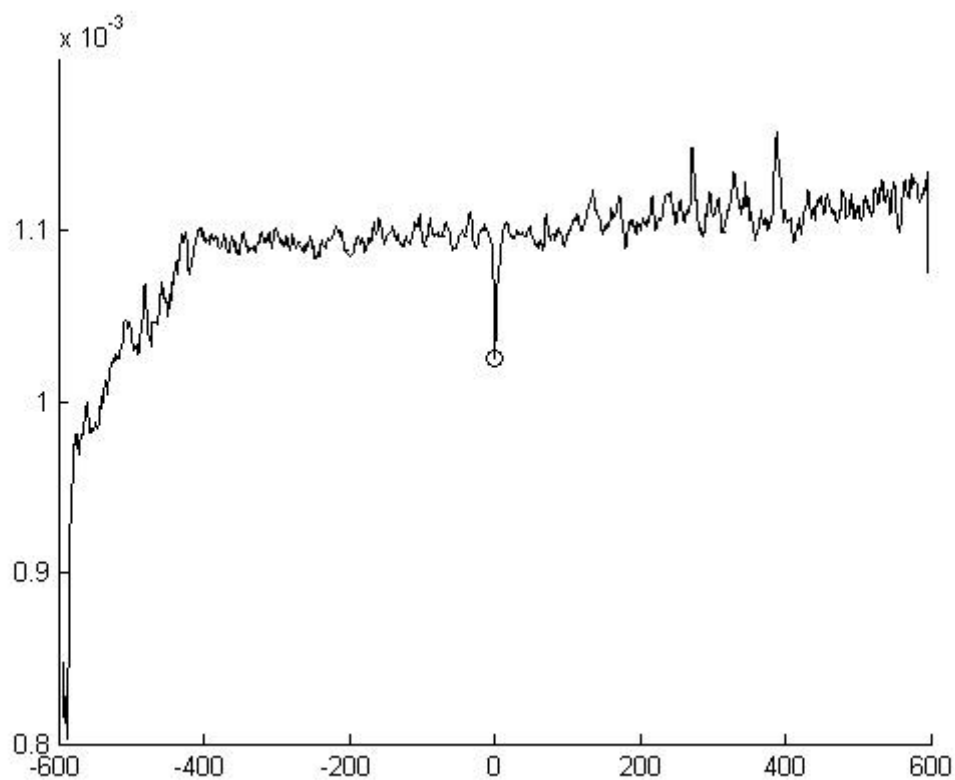
Σχήμα 4.7 Αποφρακτική Box plot-7

Όμοια συμπεράσματα για το διαχωρισμό βγαίνουν και από το ρυθμό των χτύπων της καρδιάς, όπως δείχνει και ο πίνακας 4.2, που παρουσιάζει τις p-value τιμές για τα λεπτά που αναγράφονται για το διάστημα πριν την άπνοια και το διάστημα από την άπνοια και ύστερα. Και πάλι το διάστημα 5 με δέκα λεπτά μετά έχει τις μικρότερες τιμές. Ωστόσο, η επιλογή του φίλτρου δεν είναι ξεκάθαρη καθώς ανάλογα με τα λεπτά αλλάζουν οι τιμές. Ο μέσος όρος για και σημείο και σε αυτή την περίπτωση είναι ανά 4 δευτερόλεπτα.

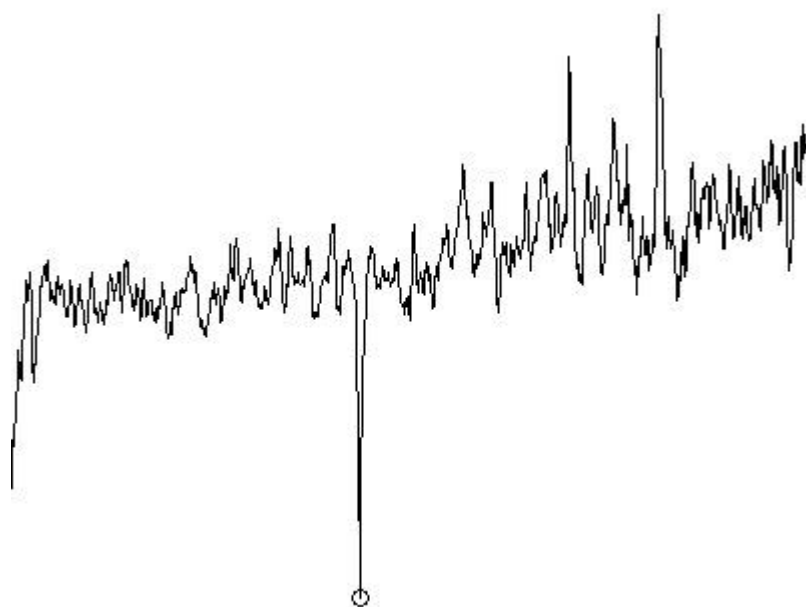
Πίνακας 4.2 Αποφρακτική ρυθμός όλων των χτύπων

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$5.40 \cdot 10^{-3}$	$3.16 \cdot 10^{-2}$	$6.85 \cdot 10^{-3}$	$8.94 \cdot 10^{-3}$	$7.73 \cdot 10^{-3}$
5	5	$8.21 \cdot 10^{-26}$	$8.73 \cdot 10^{-31}$	$5.16 \cdot 10^{-25}$	$1.73 \cdot 10^{-24}$	$4.58 \cdot 10^{-24}$
10	10	$4.90 \cdot 10^{-62}$	$7.46 \cdot 10^{-54}$	$7.99 \cdot 10^{-52}$	$7.38 \cdot 10^{-52}$	$2.46 \cdot 10^{-52}$
10	1	$2.62 \cdot 10^{-12}$	$3.19 \cdot 10^{-10}$	$6.76 \cdot 10^{-12}$	$3.54 \cdot 10^{-12}$	$1.47 \cdot 10^{-12}$
10	5	$5.78 \cdot 10^{-46}$	$3.76 \cdot 10^{-43}$	$5.73 \cdot 10^{-41}$	$4.98 \cdot 10^{-41}$	$3.52 \cdot 10^{-41}$
10	1-5	$3.72 \cdot 10^{-53}$	$7.14 \cdot 10^{-51}$	$3.98 \cdot 10^{-47}$	$2.65 \cdot 10^{-47}$	$2.75 \cdot 10^{-47}$
10	5-10	$4.33 \cdot 10^{-75}$	$3.79 \cdot 10^{-61}$	$3.05 \cdot 10^{-60}$	$1.12 \cdot 10^{-60}$	$1.45 \cdot 10^{-61}$

Στο σχήμα 4.8 είναι το διάγραμμα του ρυθμού της καρδιάς για την αποφρακτική άπνοια. Για όλες τις άπνοιες κάθε σημείο έχει υπολογιστεί ως ο μέσος όρος 4 σημείων. Το διάγραμμα δείχνει το μέσο όρο για όλους τους ασθενείς. Στο σημείο 0 του άξονα x είναι η έναρξη της άπνοιας, που είναι σημειωμένο με ένα κυκλάκι. Ο άξονας x είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα και συνολικά είναι 10 λεπτά πριν και 10 λεπτά μετά την έναρξη της άπνοιας. Ο άξονας y έχει το μέσο όρο του ρυθμού της καρδιάς. Όπως φαίνεται, κατά τη διάρκεια της άπνοιας, ο ρυθμός της καρδιάς πέφτει σημαντικά. Ακόμη, φαίνεται και ότι μετά την άπνοια υπάρχει μία σταδιακή άνοδος του ρυθμού και παρατηρείται ότι ο ρυθμός μετά την άπνοια είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό πριν την άπνοια. Αυτό φαίνεται καλύτερα στο σχήμα 4.9 που είναι το σχήμα 4.8 εστιασμένο λίγο. Η πιθανότερη αιτία για αυτή την άνοδο είναι ότι ο ασθενής μετά την άπνοια βρίσκεται σε εγρήγορση, γιατί η καρδιά προσπαθεί να επανέλθει, οπότε ο ρυθμός της αυξάνεται. Επίσης, ο ασθενής μπορεί να ξυπνάει, αφού μετά την άπνοια γίνεται αφύπνιση που πολλές φορές δε γίνονται αντιληπτές από τον ασθενή.



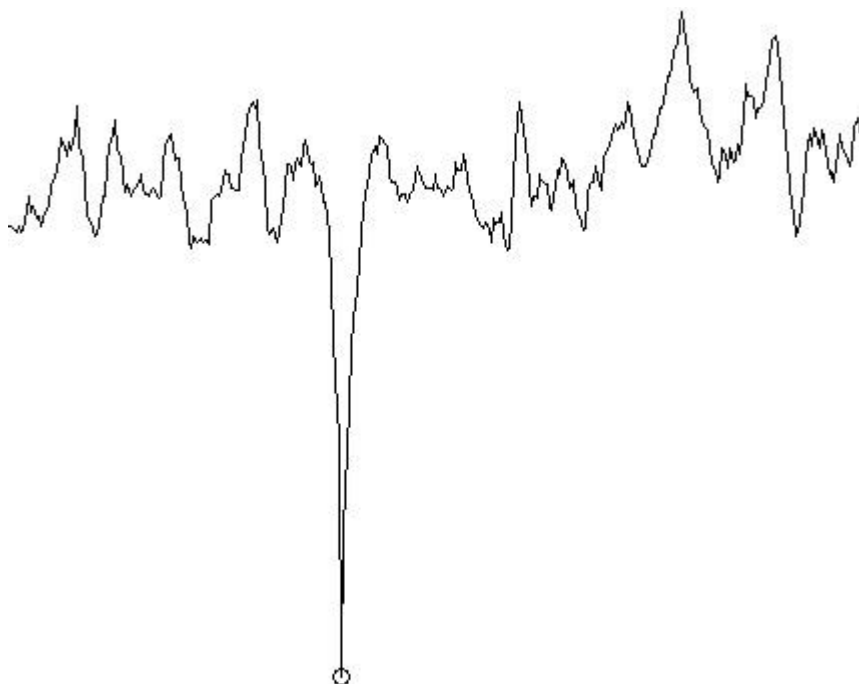
Σχήμα 4.8 Αποφρακτική άπνοια



Σχήμα 4.9 Αποφρακτική άπνοια-2

Το σχήμα 4.10 είναι πάλι το σχήμα 4.9, αλλά μόνο το κομμάτι κοντά στην άπνοια, που

είναι ορατή η μεγάλη πτώση του ρυθμού.



Σχήμα 4.10 Αποφρακτική άπνοια κοντά στην άπνοια

Οι πίνακες 4.3 και 4.4 δείχνουν και αυτοί τις p-value τιμές για τους μέσους όρους των διαστημάτων, όπως και το ρυθμό των χτύπων, με τη διαφορά ότι δε συμπεριλαμβάνονται 15 δευτερόλεπτα πριν την άπνοια και 15 δευτερόλεπτα μετά. Αυτό γίνεται, ώστε να μην υπολογιστεί στις τιμές η πτώση λόγω της άπνοιας κι επειδή ή άπνοια διαρκεί συνήθως από δέκα μέχρι είκοσι δευτερόλεπτα, επιλέχθηκε ο μέσος όρος τους, ώστε να μη χαθεί σημαντική πληροφορία από άπνοιες που διαρκούν περίπου δέκα δευτερόλεπτα. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι ο μεγαλύτερος διαχωρισμός, δηλαδή οι μικρότερες p-value τιμές εμφανίζονται όταν δεν εφαρμόζεται κάποιο φίλτρο στα δεδομένα, ενώ αν εφαρμοστεί κάποιο φίλτρο, τις μικρότερες τιμές δίνει κυρίως το φίλτρο 5%, ενώ στα 10 λεπτά μετά οι τιμές γίνονται μικρές σε σημαντικό βαθμό.

Πίνακας 4.3 Αποφρακτική μέσος όρος εκτός 15s πριν και 15s μετά

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
---------------	---------------	-----------------	-----------	---------------	---------------	---------------

1	1	$3.48 \cdot 10^{-4}$	$1.39 \cdot 10^{-3}$	$6.61 \cdot 10^{-4}$	$5.37 \cdot 10^{-4}$	$4.73 \cdot 10^{-4}$
5	5	$1.15 \cdot 10^{-26}$	$5.33 \cdot 10^{-32}$	$2.28 \cdot 10^{-23}$	$6.77 \cdot 10^{-24}$	$2.28 \cdot 10^{-23}$
10	10	$4.86 \cdot 10^{-54}$	$8.71 \cdot 10^{-49}$	$4.53 \cdot 10^{-46}$	$7.25 \cdot 10^{-46}$	$8.11 \cdot 10^{-46}$
10	1	$6.17 \cdot 10^{-26}$	$2.20 \cdot 10^{-24}$	$1.99 \cdot 10^{-26}$	$5.69 \cdot 10^{-26}$	$2.08 \cdot 10^{-25}$
10	5	$4.08 \cdot 10^{-43}$	$5.77 \cdot 10^{-42}$	$5.77 \cdot 10^{-39}$	$8.12 \cdot 10^{-39}$	$1.64 \cdot 10^{-38}$
10	1-5	$9.31 \cdot 10^{-47}$	$1.24 \cdot 10^{-46}$	$3.25 \cdot 10^{-42}$	$2.34 \cdot 10^{-42}$	$6.41 \cdot 10^{-42}$
10	5-10	$4.11 \cdot 10^{-63}$	$1.80 \cdot 10^{-52}$	$2.71 \cdot 10^{-51}$	$1.86 \cdot 10^{-51}$	$1.04 \cdot 10^{-51}$

Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για το ρυθμό των χτύπων της καρδιάς, όταν εξαιρεθούν 15 δευτερόλεπτα πριν την έναρξη της άπνοιας και 15 δευτερόλεπτα από τη στιγμή της έναρξης, και οι μικρότερες τιμές στο φίλτρο είναι όταν δεν εφαρμόζεται φίλτρο ή για φίλτρο 5%.

Πίνακας 4.4 Αποφρακτική ρυθμός εκτός 15s πριν και 15s μετά

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$2.22 \cdot 10^{-4}$	$9.71 \cdot 10^{-4}$	$3.42 \cdot 10^{-4}$	$3.02 \cdot 10^{-4}$	$2.57 \cdot 10^{-4}$
5	5	$4.54 \cdot 10^{-29}$	$1.45 \cdot 10^{-34}$	$8.90 \cdot 10^{-27}$	$7.05 \cdot 10^{-27}$	$2.67 \cdot 10^{-26}$
10	10	$7.65 \cdot 10^{-65}$	$3.36 \cdot 10^{-61}$	$1.25 \cdot 10^{-56}$	$3.34 \cdot 10^{-56}$	$4.52 \cdot 10^{-56}$
10	1	$8.43 \cdot 10^{-28}$	$3.44 \cdot 10^{-27}$	$8.52 \cdot 10^{-30}$	$4.76 \cdot 10^{-29}$	$3.95 \cdot 10^{-28}$
10	5	$1.67 \cdot 10^{-50}$	$1.34 \cdot 10^{-51}$	$5.51 \cdot 10^{-47}$	$1.18 \cdot 10^{-46}$	$3.43 \cdot 10^{-46}$
10	1-5	$6.38 \cdot 10^{-55}$	$1.20 \cdot 10^{-57}$	$3.51 \cdot 10^{-51}$	$2.94 \cdot 10^{-51}$	$1.28 \cdot 10^{-50}$
10	5-10	$4.30 \cdot 10^{-76}$	$6.77 \cdot 10^{-66}$	$2.21 \cdot 10^{-63}$	$1.97 \cdot 10^{-63}$	$1.08 \cdot 10^{-63}$

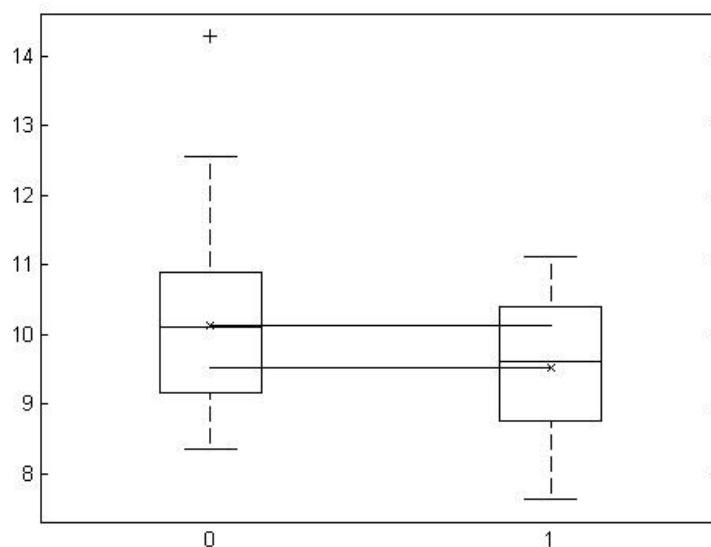
Ο πίνακας 4.5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του διαχωρισμού της αποφρακτικής άπνοιας για τη μέθοδο DCsgn, πριν και μετά την άπνοια, όπου πάλι εξαιρούνται 15 δευτερόλεπτα πριν

την άπνοια και από τη στιγμή της έναρξής της. Ο μέσος όρος αυτή τη φορά είναι ανά 6 δευτερόλεπτα. Όπως δείχνουν τα αποτελέσματα, όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα που επιλέγεται πριν και μετά την άπνοια, τόσο καλύτερος διαχωρισμός των δύο κατηγοριών γίνεται. Ακόμη, η μικρότερη τιμή όταν εφαρμόζεται φίλτρο είναι 5%, εκτός από τα 5 λεπτά που είναι το φίλτρο 15%.

Πίνακας 4.5 Αποφρακτική DCsgn

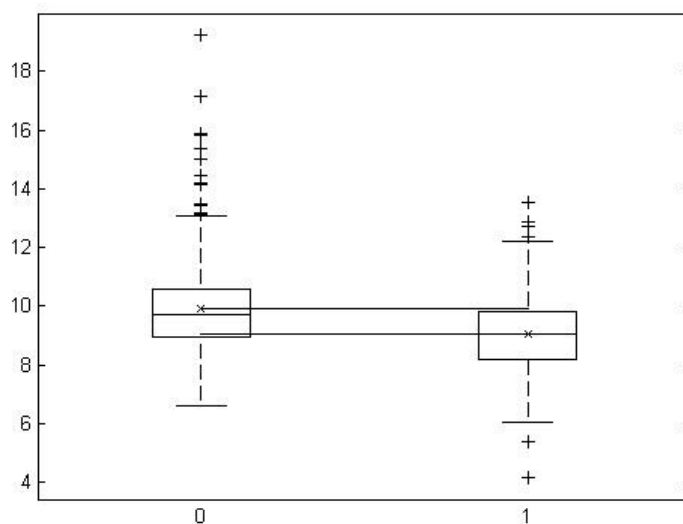
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.33 \cdot 10^{-2}$	$1.46 \cdot 10^{-2}$	$5.37 \cdot 10^{-2}$	$3.12 \cdot 10^{-2}$	$2.95 \cdot 10^{-2}$
5	5	$1.48 \cdot 10^{-12}$	$2.33 \cdot 10^{-12}$	$1.97 \cdot 10^{-11}$	$2.00 \cdot 10^{-12}$	$2.63 \cdot 10^{-12}$
10	10	$1.12 \cdot 10^{-9}$	$5.43 \cdot 10^{-24}$	$2.45 \cdot 10^{-15}$	$7.92 \cdot 10^{-17}$	$1.59 \cdot 10^{-16}$

Τα box plots των φίλτρων που έχουν τις μικρότερες τιμές για κάθε διάστημα φαίνονται παρακάτω. Για το διάστημα 1 λεπτό πριν και 1 μετά, επιλέγονται τα δεδομένα χωρίς φίλτρο, που έχουν τη μικρότερη p-value. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.11, τα δεδομένα μετά την άπνοια, έχουν χαμηλότερες τιμές και η αρχή του ορθογωνίου είναι πριν από την αρχή του ορθογωνίου των δεδομένων πριν την άπνοια, όπως και το τέλος.



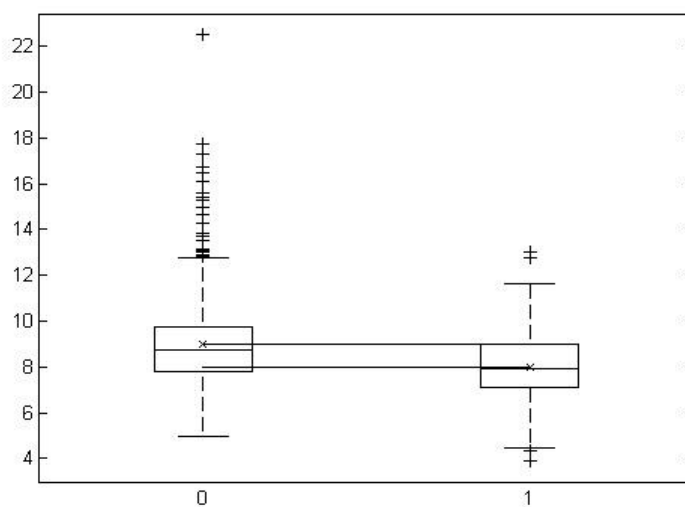
Σχήμα 4.11 Αποφρακτική Box plot-8

Στο σχήμα 4.12 που είναι το διάστημα των 5 λεπτών πριν και μετά, για δεδομένα χωρίς φίλτρο που η p-value είναι αρκετά μικρότερη από το διάστημα του 1 λεπτού, πάλι τα δεδομένα μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα, αλλά η διαφορά είναι πιο έντονη.



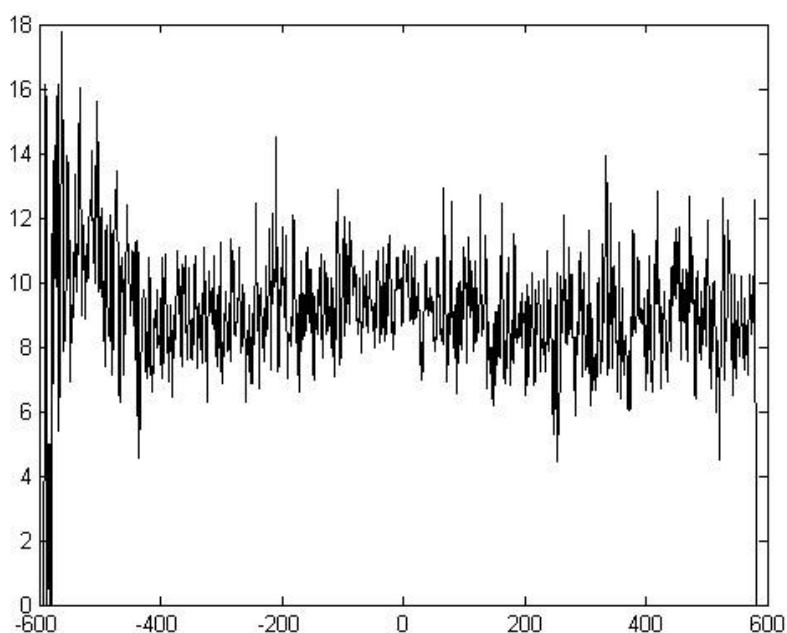
Σχήμα 4.12 Αποφρακτική Box plot-9

Ανάλογα είναι και τα συμπεράσματα για το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά την άπνοια, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.13 Αποφρακτική Box plot-10

Το σχήμα 4.14 είναι το διάγραμμα της συνάρτησης DCsgn, φαίνεται να υπάρχει μία μικρή διαφορά, αλλά όχι έντονη. Ο άξονας x είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα, το διάστημα πριν το 0 είναι τα 10 λεπτά πριν την άπνοια και το διάστημα μετά το 0 είναι τα 10 λεπτά μετά την άπνοια.



Σχήμα 4.14 Αποφρακτική DCsgn

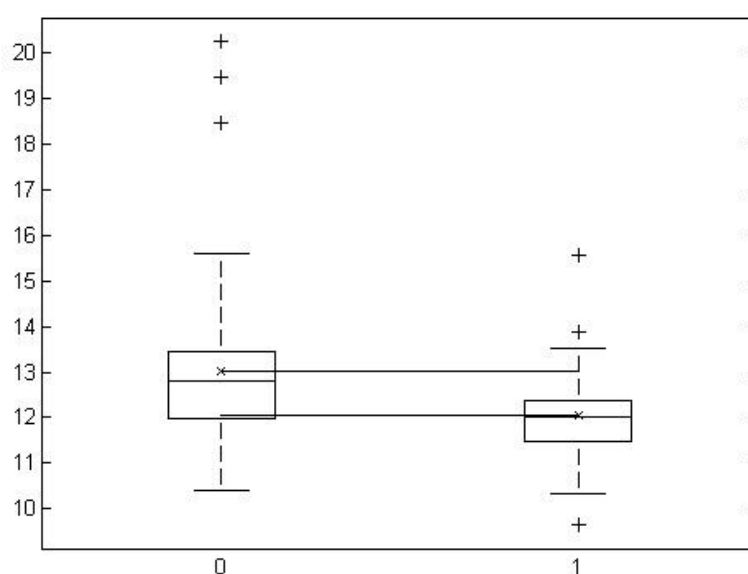
Ανάλογα είναι και τα κριτήρια για τη BBDC μέθοδο. Στο αποτέλεσμα δεν έχουν συμπεριληφθεί 15 δευτερόλεπτα πριν και δεκαπέντε μετά την άπνοια και τα σημεία επιλέγονται ανά 6 δευτερόλεπτα. Στον πίνακα 4.6 βρίσκονται τα αποτελέσματα της μεθόδου όπου είναι εμφανές ότι στα δέκα λεπτά γίνεται καλύτερα ο διαχωρισμός, όπως και το ότι η επιλογή ως φίλτρου του 10% δίνει το μεγαλύτερο διαχωρισμό, εκτός από το 1 λεπτό που το τη δίνει το φίλτρο 15%.

Πίνακας 4.6 Αποφρακτική BBDC

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.19 \cdot 10^{-1}$	$9.37 \cdot 10^{-3}$	$3.09 \cdot 10^{-2}$	$1.18 \cdot 10^{-3}$	$8.51 \cdot 10^{-3}$

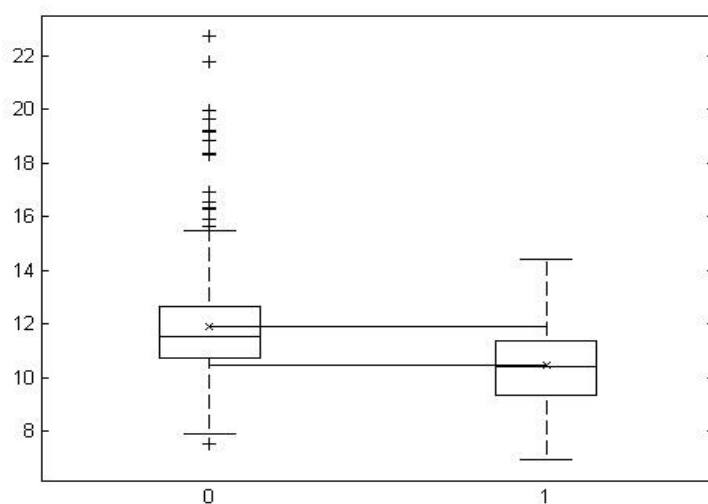
5	5	$7.67 \cdot 10^{-9}$	$2.05 \cdot 10^{-18}$	$8.34 \cdot 10^{-22}$	$1.28 \cdot 10^{-12}$	$2.72 \cdot 10^{-8}$
10	10	$6.30 \cdot 10^{-23}$	$2.27 \cdot 10^{-37}$	$5.11 \cdot 10^{-46}$	$1.43 \cdot 10^{-29}$	$5.80 \cdot 10^{-29}$

Τα box plots για τη μέθοδο BBDC, φαίνονται παρακάτω. Το σχήμα 4.15 είναι για το διάστημα 1 λεπτό πριν και 1 λεπτό μετά την άπνοια, με φίλτρο 15%. Οι τιμές μετά την άπνοια, είναι μικρότερες από τις τιμές πριν και η αρχή και το τέλος του ορθογωνίου μετά, είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα του ορθογωνίου πριν.



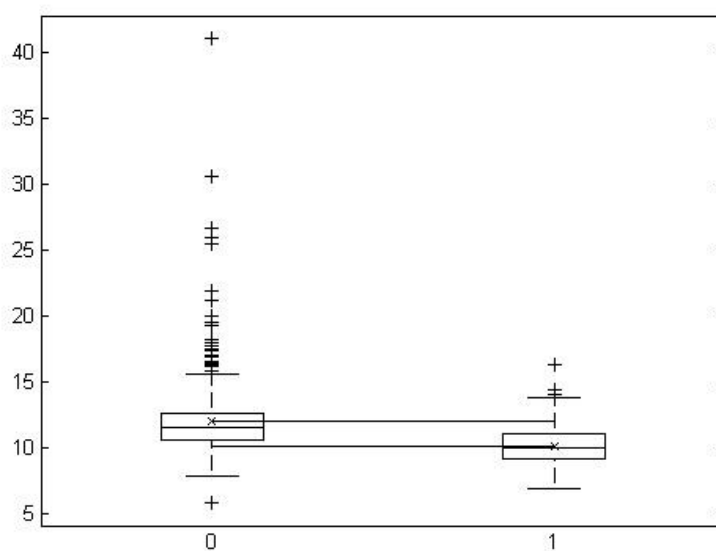
Σχήμα 4.15 Αποφρακτική Box plot-11

Στο διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά την άπνοια με φίλτρο 10%, το box plot είναι στο σχήμα 4.16 . Και σε αυτή την περίπτωση, οι τιμές μετά την άπνοια είναι χαμηλότερες σε σχέση με πριν και η αρχή του ορθογωνίου όπως και το τέλος, είναι χαμηλότερα με τα αντίστοιχα πριν την άπνοια.



Σχήμα 4.16 Αποφρακτική Box plot-12

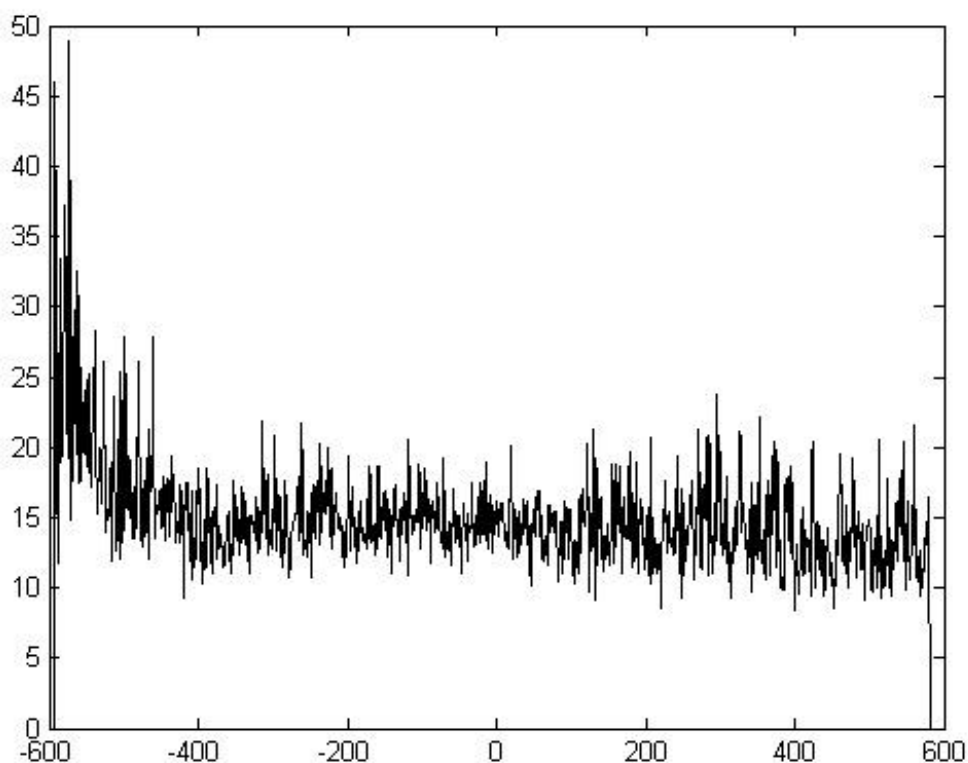
Όμοια είναι και τα συμπεράσματα για το διάστημα 10 λεπτά πριν και 10 λεπτά μετά την άπνοια, όπου το φίλτρο 10%, επιλέγεται ξανά, αφού αυτό έχει τη μικρότερη p-value(Σχήμα 4.17).



Σχήμα 4.17 Αποφρακτική Box plot-13

Το σχήμα 4.18 είναι το διάγραμμα της συνάρτησης BBDC, στο οποίο δε ξεχωρίζουν ιδιαίτερα τα δεδομένα. Το διάστημα πριν το 0 είναι τα 10 λεπτά πριν την άπνοια και το

διάστημα μετά το 0 είναι τα 10 λεπτά μετά την άπνοια.



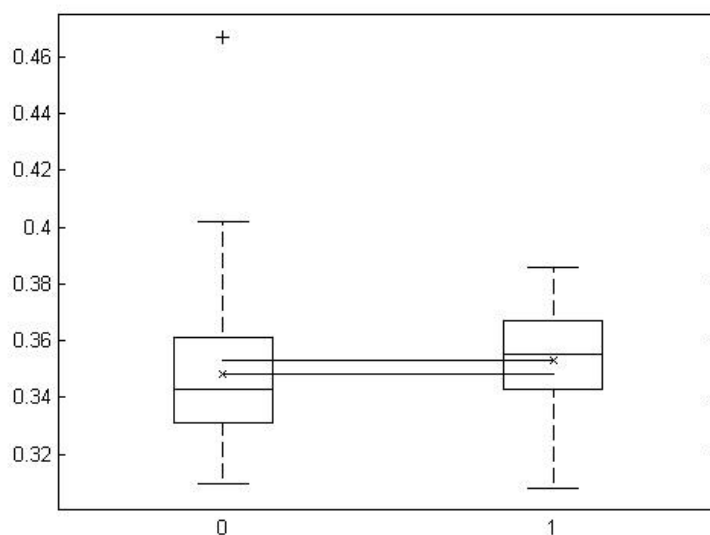
Σχήμα 4.18 Αποφρακτική BBDC

Στη μέθοδο pNN50 εφαρμόστηκαν πάλι τα 6 δευτερόλεπτα για το μέσο όρο κάθε σημείου και εξαιρέθηκαν τα 15 δευτερόλεπτα πριν και μετά την άπνοια. Ο πίνακας 4.7 δείχνει τα αποτελέσματα από τα οποία φαίνεται ότι στην περίπτωση του 1 λεπτού δεν διαχωρίζονται τα δεδομένα, στα 5 λεπτά η τιμή είναι μικρότερη από 0.05 όταν δεν εφαρμόζεται φίλτρο ή όταν το φίλτρο είναι 20% και στα δέκα λεπτά που είναι οι μικρότερες p-value τιμές, αλλά όχι με τόσο μεγάλη διαφορά όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις, τη μικρότερη τιμή έχει το φίλτρο 20%.

Πίνακας 4.7 Αποφρακτική pNN50

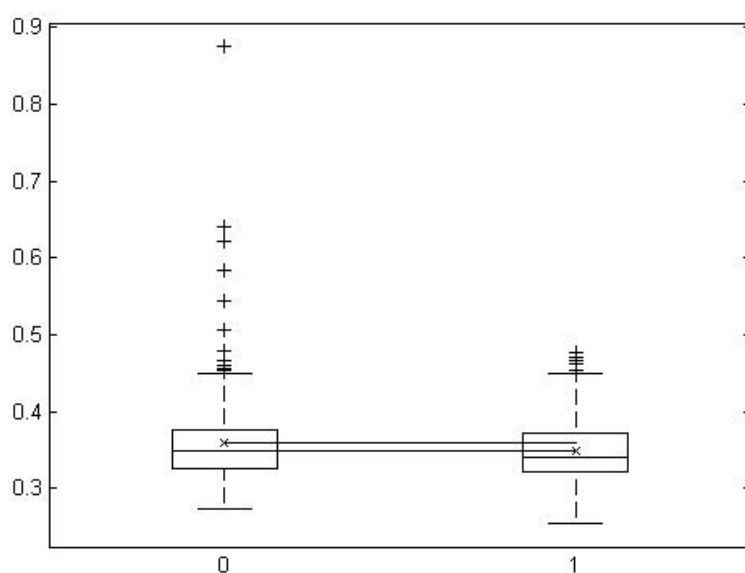
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$3.29 \cdot 10^{-1}$	$8.18 \cdot 10^{-1}$	$8.15 \cdot 10^{-1}$	$3.80 \cdot 10^{-1}$	$8.23 \cdot 10^{-1}$
5	5	$3.05 \cdot 10^{-2}$	$8.14 \cdot 10^{-1}$	$9.60 \cdot 10^{-2}$	$8.96 \cdot 10^{-2}$	$1.77 \cdot 10^{-2}$
10	10	$1.58 \cdot 10^{-2}$	$6.03 \cdot 10^{-1}$	$3.15 \cdot 10^{-7}$	$3.63 \cdot 10^{-4}$	$7.51 \cdot 10^{-6}$

Τα box plots για τη μέθοδο pNN50, δε ξεχωρίζουν ιδιαίτερα, αφού ούτε οι p-values τιμές τους ξεχωρίζουν. Στο σχήμα 4.19 είναι τα box plots για το διάστημα 1 λεπτό πριν και μετά την άπνοια. Όπως φαίνεται, οι τιμές μετά την άπνοια είναι μεγαλύτερες από αυτές πριν.



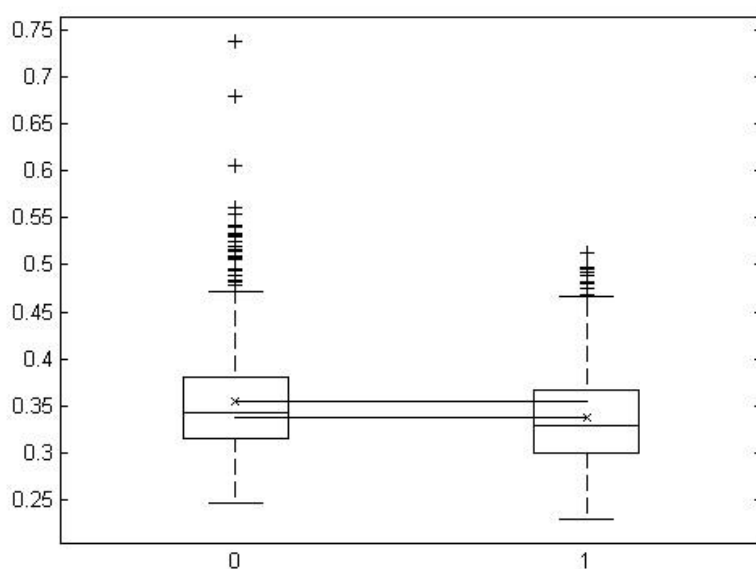
Σχήμα 4.19 Αποφρακτική Box plot-14

Για το διάστημα 5 λεπτά πριν και 5 λεπτά μετά, με φίλτρο 20%, οι τιμές είναι σχεδόν ίδιες(Σχήμα 4.20).



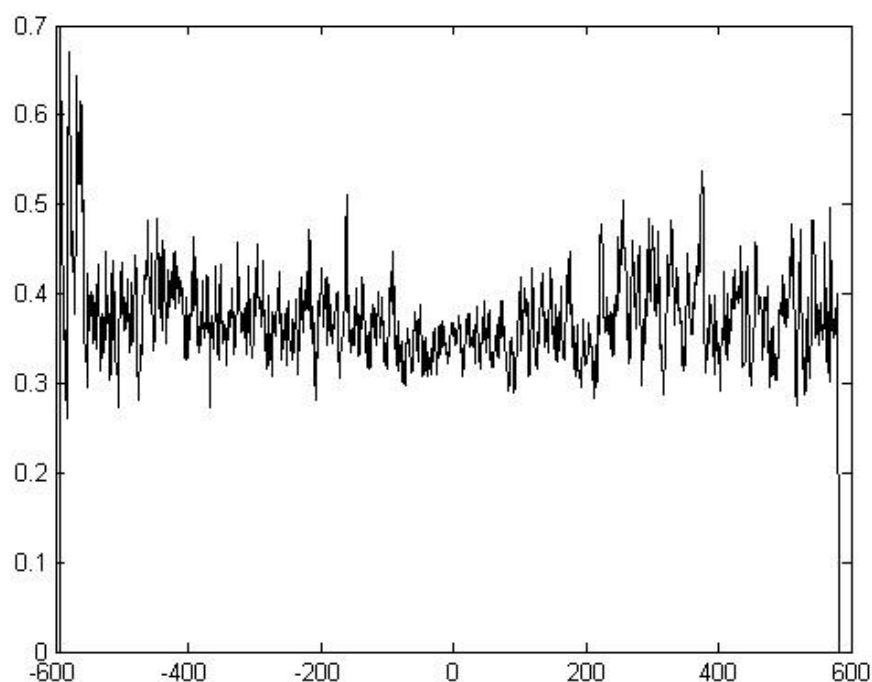
Σχήμα 4.20 Αποφρακτική Box plot-15

Το σχήμα 4.21 είναι τα box plot για το διάστημα 10 λεπτά πριν και 10 λεπτά μετά την άπνοια. Οι τιμές μετά την άπνοια, είναι μικρότερες από ότι πριν, αλλά όχι με μεγάλη διαφορά.



Σχήμα 4.21 Αποφρακτική Box plot-16

Για το pNN50 το διάγραμμα είναι στο σχήμα 4.22 . Και πάλι οι διαφορές είναι πολύ μικρές στο σχήμα. Ο άξονας x είναι όπως και στις προηγούμενες μεθόδους.



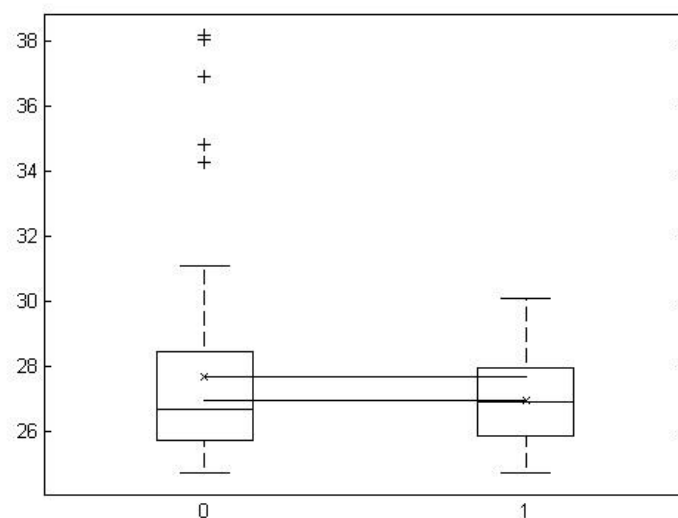
Σχήμα 4.22 Αποφρακτική pNN50

Στον πίνακα 4.8 είναι τα αποτελέσματα από τη μέθοδο SDNN. Σε αυτή την περίπτωση δε ξεχωρίζει κάποιο φίλτρο από τα υπόλοιπα, και στο 1 λεπτό πριν και μετά δεν υπάρχει διαχωρισμός. Στα 5 λεπτά υπάρχει διαχωρισμός όταν εφαρμόζεται οποιοδήποτε φίλτρο, ενώ στα 10 λεπτά διαχωρίζονται πάντα τα δεδομένα. Τα κριτήρια ήταν τα ίδια με την προηγούμενη μέθοδο pNN50.

Πίνακας 4.8 Αποφρακτική SDNN

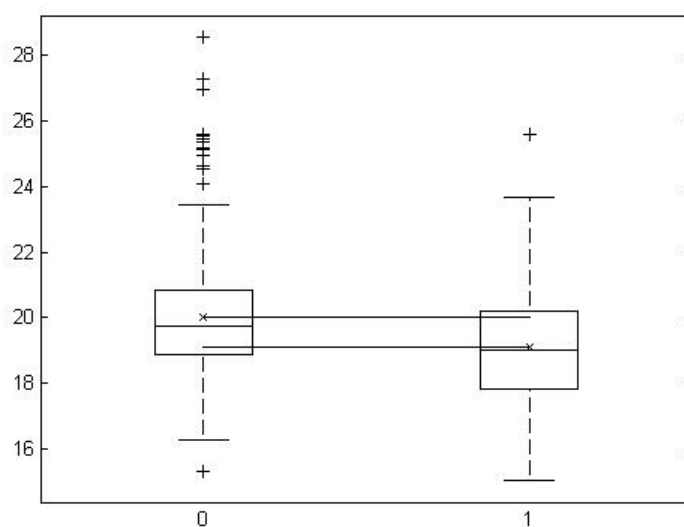
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$4.28 \cdot 10^{-1}$	$4.89 \cdot 10^{-1}$	$2.86 \cdot 10^{-1}$	$1.23 \cdot 10^{-1}$	$2.98 \cdot 10^{-1}$
5	5	$3.90 \cdot 10^{-1}$	$2.56 \cdot 10^{-9}$	$1.15 \cdot 10^{-5}$	$5.34 \cdot 10^{-5}$	$1.39 \cdot 10^{-4}$
10	10	$1.29 \cdot 10^{-6}$	$1.75 \cdot 10^{-13}$	$2.68 \cdot 10^{-19}$	$1.62 \cdot 10^{-15}$	$4.62 \cdot 10^{-15}$

Στο σχήμα 4.23 είναι τα box plots της μεθόδου SDNN, για ένα λεπτό πριν την έναρξη της άπνοιας και 1 λεπτό μετά και με φίλτρο 15%. Τα δύο ορθογώνια φαίνεται να μην έχουν μεγάλη διαφορά.



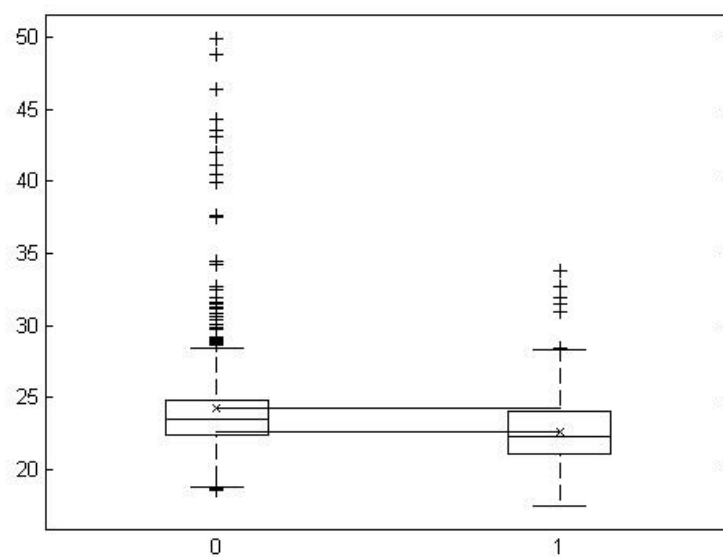
Σχήμα 4.23 Αποφρακτική Box plot-17

Το σχήμα 4.24 είναι για το διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 5%. Οι τιμές ξεχωρίζουν περισσότερο από ότι προηγουμένως και είναι λογικό, αφού η τιμή p-value είναι μικρότερη.



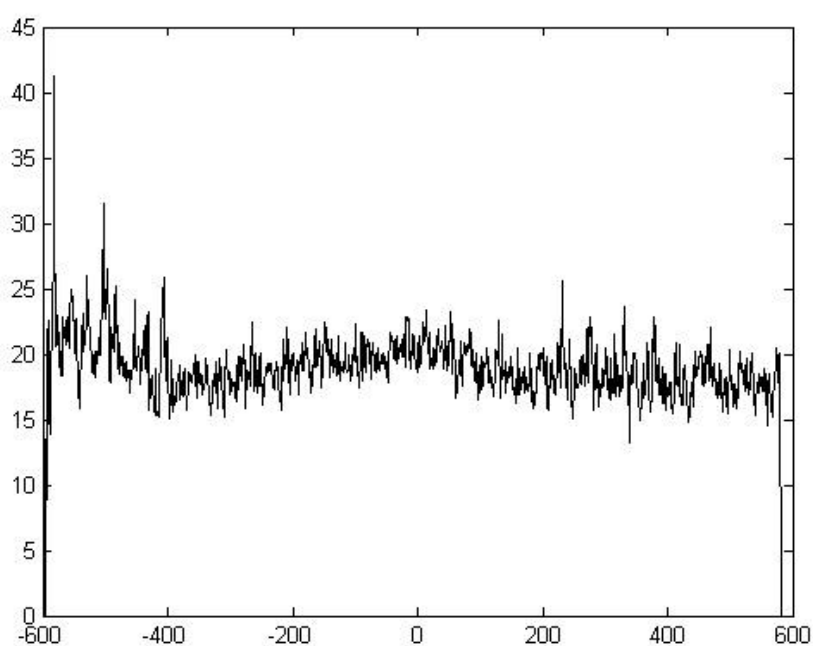
Σχήμα 4.24 Αποφρακτική Box plot-18

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 10%, πάλι οι τιμές μετά την άπνοια είναι χαμηλότερες από τις τιμές πριν, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.25.



Σχήμα 4.25 Αποφρακτική Box plot-19

Στο σχήμα 4.26 , είναι το διάγραμμα για τη μέθοδο SDNN, στο οποίο δεν είναι φανερές οι διαφορές πριν την άπνοια και μετά.



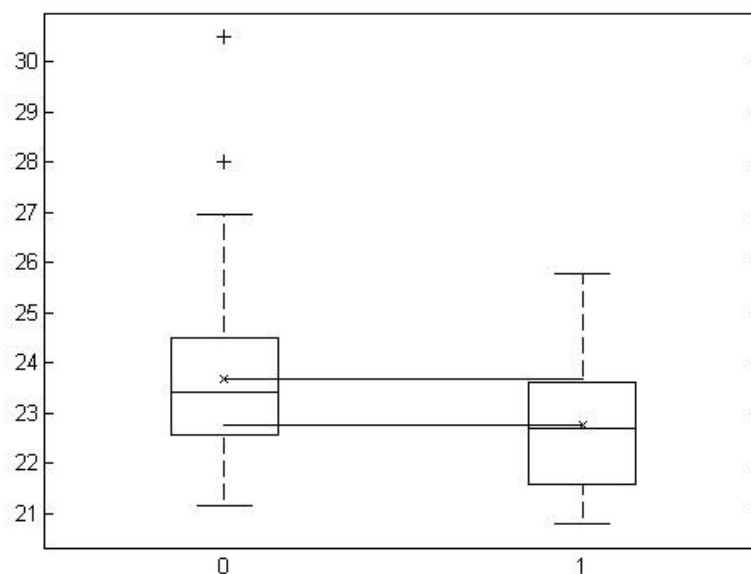
Σχήμα 4.26 Αποφρακτική SDNN

Στη μέθοδο RMSSD, τα κριτήρια ήταν πάλι τα ίδια με τη μέθοδο pNN50 και τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.9. Στο 1 λεπτό το φίλτρο 5% και 15% διαχωρίζουν τα δεδομένα, στα 5 λεπτά όλα τα φίλτρα διαχωρίζουν, ενώ στα 10 λεπτά διαχωρίζουν πάντα. Το φίλτρο 5% έχει κυρίως τις μικρότερες τιμές.

Πίνακας 4.9 Αποφρακτική RMSSD

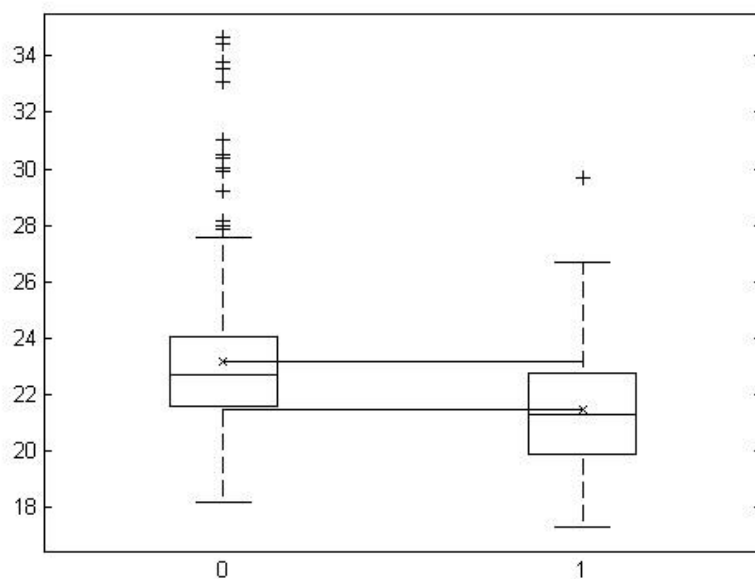
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$3.71 \cdot 10^{-1}$	$4.25 \cdot 10^{-3}$	$5.76 \cdot 10^{-2}$	$2.25 \cdot 10^{-2}$	$1.44 \cdot 10^{-1}$
5	5	$6.61 \cdot 10^{-1}$	$5.26 \cdot 10^{-19}$	$2.97 \cdot 10^{-12}$	$2.13 \cdot 10^{-7}$	$7.54 \cdot 10^{-7}$
10	10	$1.15 \cdot 10^{-3}$	$1.29 \cdot 10^{-29}$	$1.17 \cdot 10^{-29}$	$1.89 \cdot 10^{-21}$	$8.67 \cdot 10^{-21}$

Τα box plots για τη μέθοδο RMSSD, δείχνουν οι τιμές μετά την άπνοια να είναι μικρότερες από τις τιμές πριν. Η κάτω γραμμή του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από την κάτω γραμμή του ορθογωνίου πριν, όπως και η άνω γραμμή. Στο σχήμα 4.27 είναι το διάστημα 1 λεπτό πριν και 1 μετά με φίλτρο 5%.



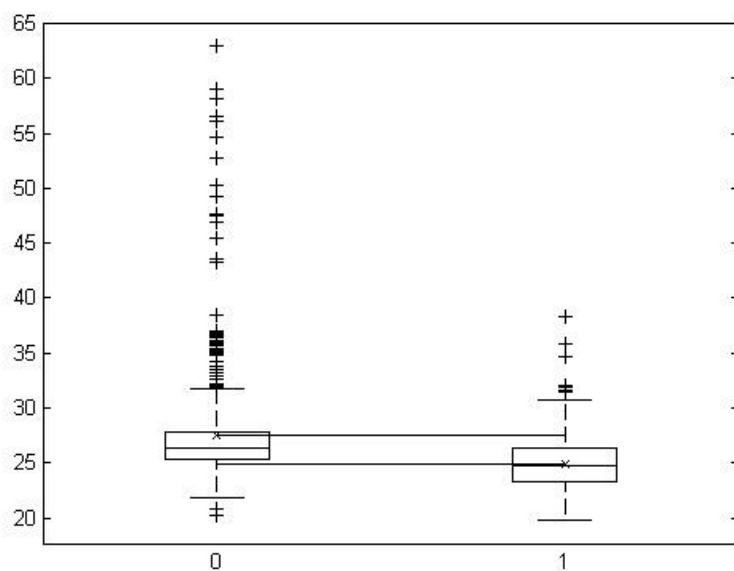
Σχήμα 4.27 Αποφρακτική Box plot-20

Παρόμοιο είναι και το σχήμα 4.28 για το διάστημα 5 λεπτά πριν την άπνοια και 5 λεπτά μετά, με φίλτρο 5%.



Σχήμα 4.28 Αποφρακτική Box plot-21

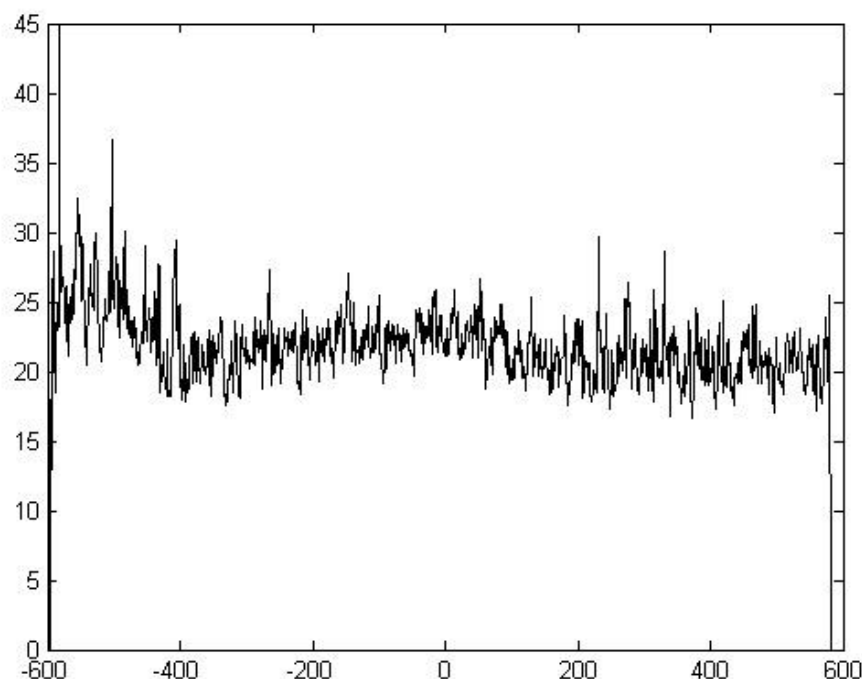
Όπως και το σχήμα 4.29 που είναι τα διαστήματα 10 λεπτά πριν και δέκα λεπτά μετά με φίλτρο 10%.



Σχήμα 4.29 Αποφρακτική Box plot-22

Το διάγραμμα για τη μέθοδο RMSSD είναι το σχήμα 4.30 . Και πάλι δεν φαίνεται η

διαφορά πριν την άπνοια και μετά.



Σχήμα 4.30 Αποφρακτική RMSSD

4.3. Κεντρική Άπνοια

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι ίδιοι πίνακες, αλλά για την κεντρική άπνοια αυτή τη φορά. Κάθε πίνακας έχει τις p-value τιμές μεταξύ των διαστημάτων των χτύπων της καρδιάς πριν την άπνοια και από την έναρξή της και έπειτα. Για τον υπολογισμό των μέσων όρων και των ρυθμών τα σημεία υπολογίστηκαν ανά 4 δευτερόλεπτα, ενώ για τις υπόλοιπες μεθόδους ανά 6.

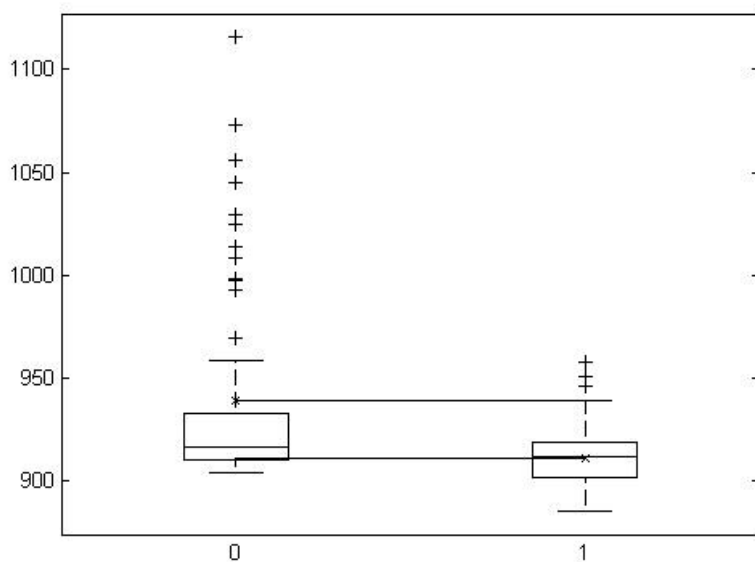
Ο πίνακας 4.10 έχει τα αποτελέσματα από το μέσο όρο όλων των σημείων για την κεντρική άπνοια. Έχουν υπολογιστεί οι τιμές για 1,5,10 λεπτά πριν και μετά. Για 10 λεπτά πριν και για 1 και 5 λεπτά μετά, καθώς και για 10 λεπτά πριν και από 1 έως 5 μετά και από 5 έως 10 μετά. Ο πίνακας δείχνει ότι οι μικρότερες τιμές είναι όταν επιλέγεται όλο το διάστημα των 10 λεπτών πριν με κάποιο από τα διαστήματα μετά, με μικρότερη από όλες όταν το διάστημα μετά είναι από 5 μέχρι δέκα λεπτά μετά. Αυτό είναι λογικό και φαίνεται και από τα

σχήματα 4.4, 4.5 και 4.6, υπάρχει μία άνοδος σε εκείνο το διάστημα, όποτε η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών είναι πολύ έντονη. Σε κάθε περίπτωση οι τιμές είναι τόσο μικρές που είναι φανερό ότι οι δύο ομάδες διαφέρουν αρκετά. Ως προς τα φίλτρα, οι τιμές ποικίλουν, ανάλογα με τα λεπτά και δεν υπάρχει συγκεκριμένη περίπτωση που να δίνει τις μικρότερες τιμές.

Πίνακας 4.10 Κεντρική μέσος όρος όλων

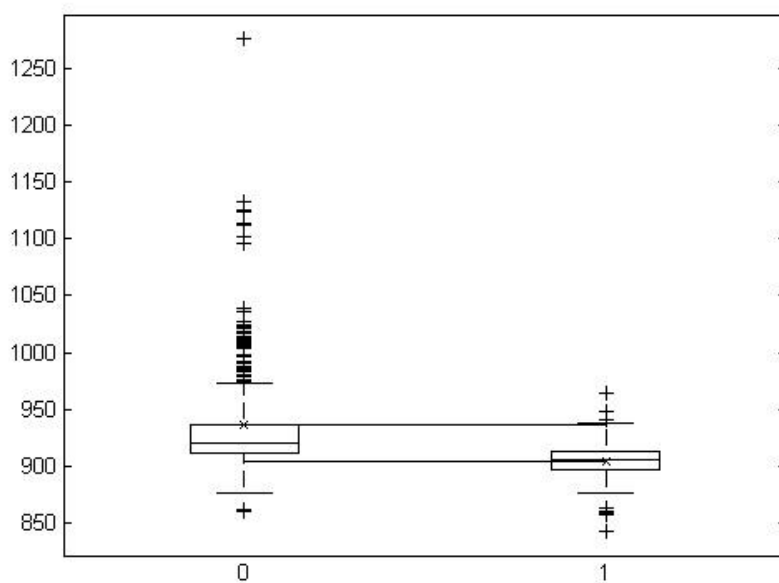
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$3.62 \cdot 10^{-4}$	$1.63 \cdot 10^{-4}$	$1.30 \cdot 10^{-4}$	$1.27 \cdot 10^{-4}$	$1.55 \cdot 10^{-4}$
5	5	$1.48 \cdot 10^{-22}$	$1.64 \cdot 10^{-24}$	$2.15 \cdot 10^{-23}$	$6.67 \cdot 10^{-21}$	$1.80 \cdot 10^{-21}$
10	10	$4.11 \cdot 10^{-40}$	$4.11 \cdot 10^{-33}$	$1.81 \cdot 10^{-38}$	$4.98 \cdot 10^{-38}$	$1.30 \cdot 10^{-37}$
10	1	$6.04 \cdot 10^{-21}$	$3.78 \cdot 10^{-16}$	$4.21 \cdot 10^{-23}$	$2.68 \cdot 10^{-22}$	$4.24 \cdot 10^{-22}$
10	5	$8.47 \cdot 10^{-35}$	$3.79 \cdot 10^{-30}$	$1.21 \cdot 10^{-34}$	$1.37 \cdot 10^{-33}$	$1.13 \cdot 10^{-33}$
10	1-5	$1.86 \cdot 10^{-35}$	$9.31 \cdot 10^{-31}$	$7.35 \cdot 10^{-35}$	$1.11 \cdot 10^{-33}$	$4.50 \cdot 10^{-34}$
10	5-10	$9.02 \cdot 10^{-44}$	$3.00 \cdot 10^{-34}$	$6.13 \cdot 10^{-41}$	$3.84 \cdot 10^{-42}$	$2.67 \cdot 10^{-40}$

Για κάθε διάστημα επιλέγεται το φίλτρο που δίνει τη μικρότερη p-value τιμή ώστε να σχηματιστούν τα box plots. Για το διάστημα 1 λεπτό πριν και μετά η μικρότερη τιμή είναι στο φίλτρο 15%. Οι τιμές μετά την άπνοια είναι μικρότερες από τις τιμές πριν. Ακόμη, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.31, το κάτω όριο του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από το κάτω όριο του ορθογωνίου πριν την άπνοια. Το ίδιο ισχύει και για το άνω όριο των ορθογωνίων.



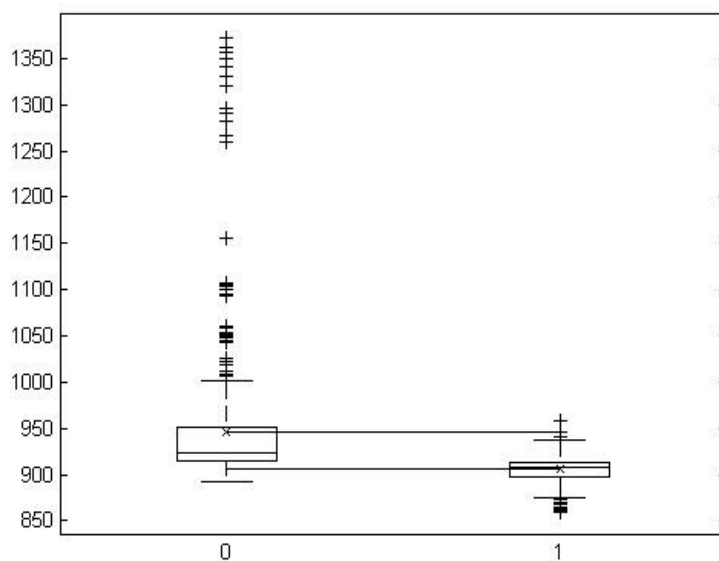
Σχήμα 4.31 Κεντρική Box plot-1

Για το διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά το φίλτρο 5% έχει τη μικρότερη τιμή. Σε αυτή την περίπτωση, όλο το ορθογώνιο μετά την άπνοια, είναι κάτω από του ορθογωνίου πριν την άπνοια(Σχήμα 4.32).



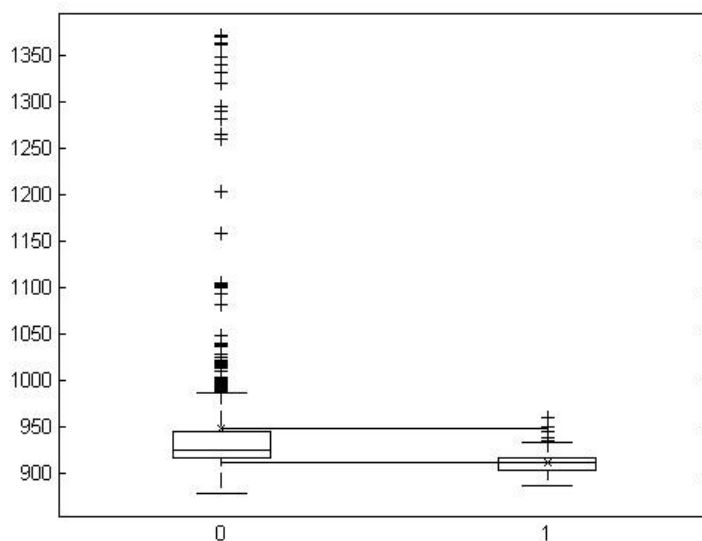
Σχήμα 4.32 Κεντρική Box plot-2

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά χωρίς φίλτρο, το box plot είναι στο σχήμα 4.33 . Και εδώ, οι τιμές μετά την άπνοια είναι μικρότερες από τις τιμές πριν.



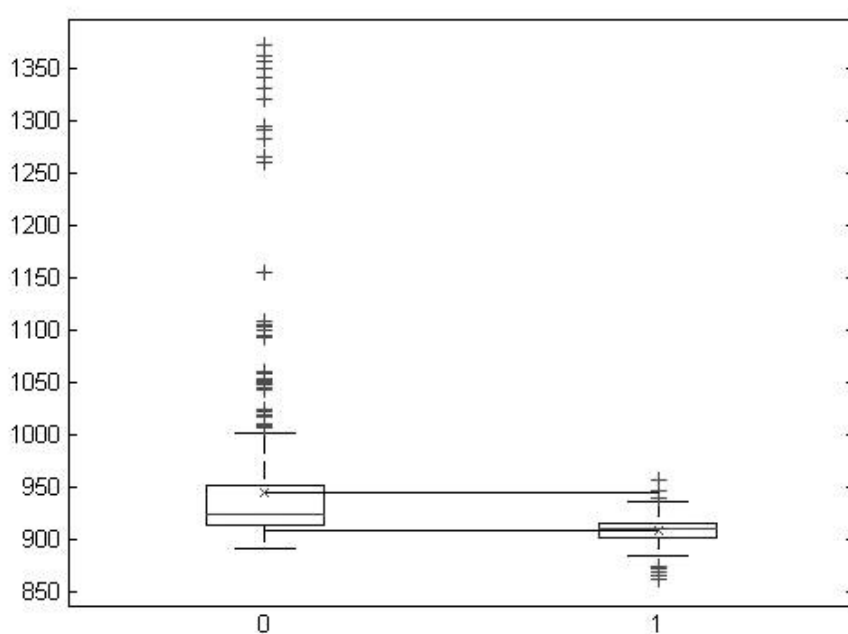
Σχήμα 4.33 Κεντρική Box plot-3

Τα ίδια ισχύουν και για το σχήμα 4.34 που είναι για το διάστημα 10 λεπτά πριν με 1 λεπτό μετά και φίλτρο 10%, όπου όλο το ορθογώνιο μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από το ορθογώνιο πριν.



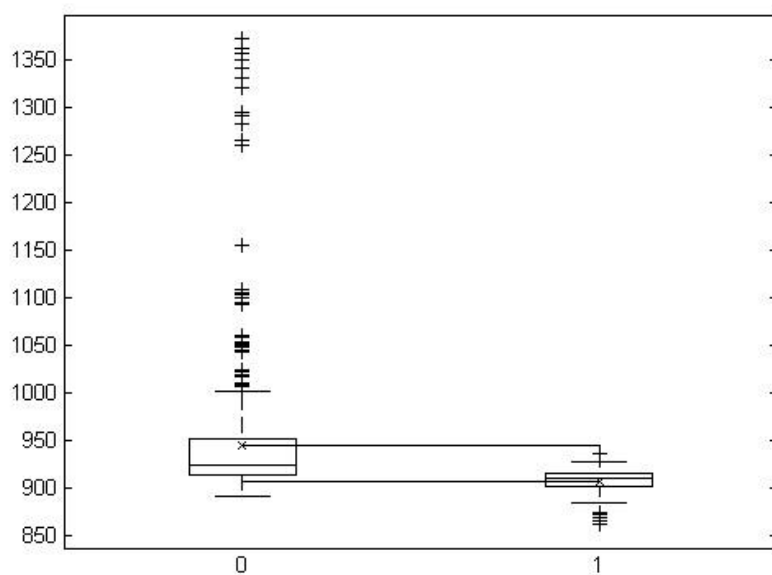
Σχήμα 4.34 Κεντρική Box plot-4

Στο σχήμα 4.35 είναι τα box plots για 10 λεπτά πριν και 5 μετά χωρίς φίλτρο. Όπως φαίνεται στο σχήμα οι τιμές μετά την άπνοια είναι μικρότερες από τις τιμές πριν, όπως και τα άνω και κάτω όρια.



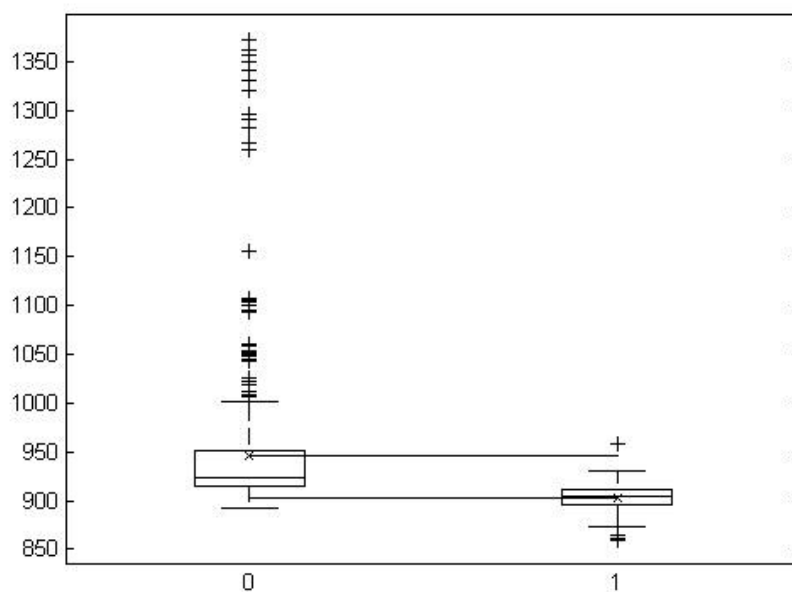
Σχήμα 4.35 Κεντρική Box plot-5

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν με 1 έως 5 λεπτά μετά, χωρίς φίλτρο το ορθογώνιο μετά την άπνοια τελειώνει στο σημείο που αρχίζει του ορθογώνιο πριν την άπνοια(Σχήμα 4.36).



Σχήμα 4.36 Κεντρική Box plot-6

Στο σχήμα 4.37 είναι τα box plots για το διάστημα 10 λεπτά πριν με 5 έως 10 λεπτά μετά, χωρίς φίλτρο. Όπως φαίνεται ολόκληρο το ορθογώνιο μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από του ορθογώνιο πριν.



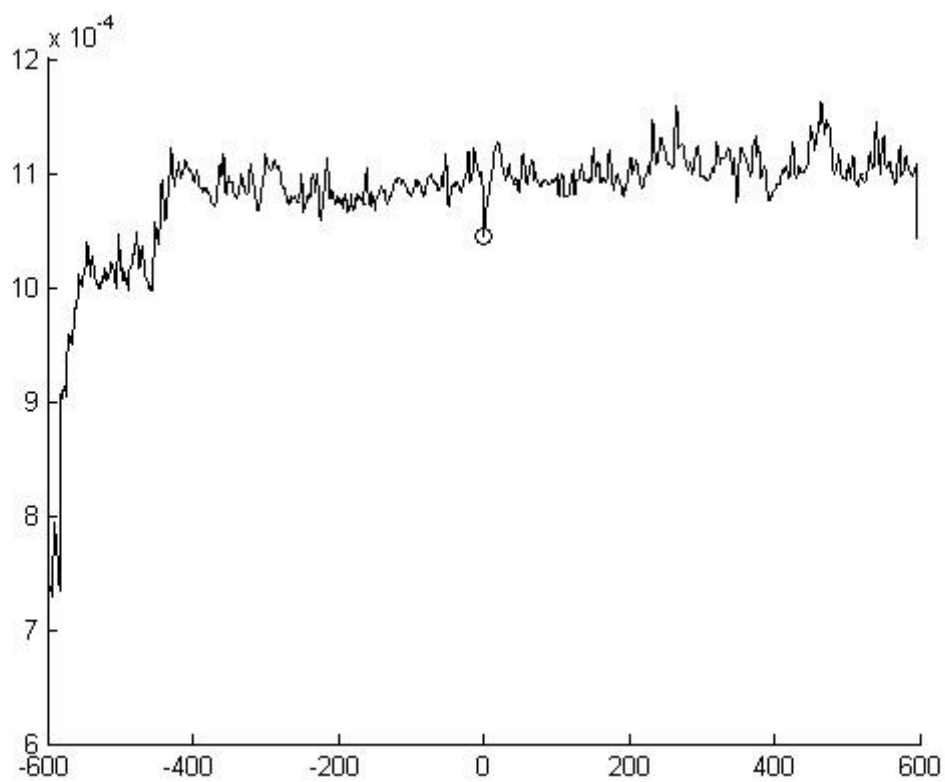
Σχήμα 4.37 Κεντρική Box plot-7

Στο ρυθμό όλων των χτύπων βγαίνουν τα ίδια συμπεράσματα. Όταν συγκρίνεται όλο το χρονικό διάστημα πριν την άπνοια με οποιοδήποτε διάστημα μετά, η τιμή p-value μειώνεται σημαντικά, με ελάχιστη όταν το διάστημα μετά είναι από 5 μέχρι 10 λεπτά. Ακόμη, ως προς την επιλογή φίλτρου ή χωρίς φίλτρο φαίνεται να ξεχωρίζει λίγο το φίλτρο 10% ή χωρίς φίλτρο.

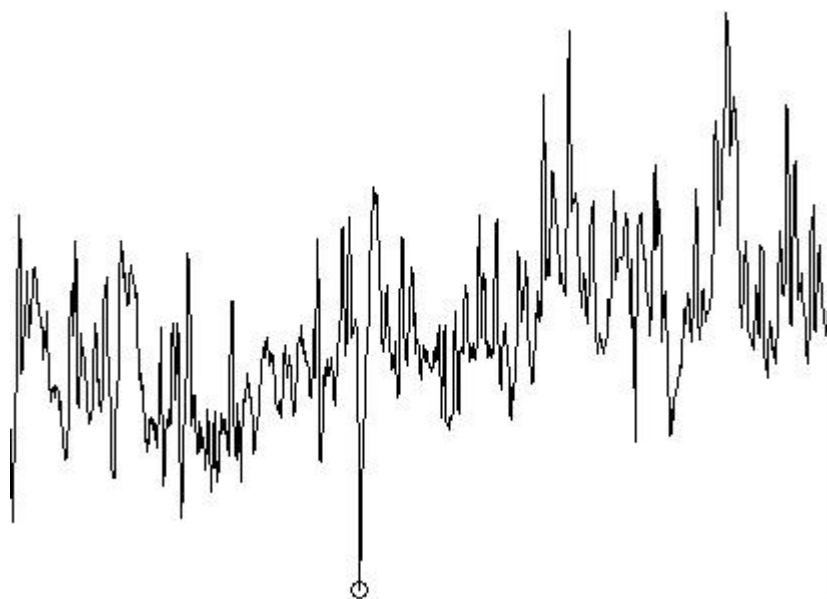
Πίνακας 4.11 Κεντρική ρυθμός όλων

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$2.76 \cdot 10^{-4}$	$1.22 \cdot 10^{-4}$	$7.41 \cdot 10^{-5}$	$8.28 \cdot 10^{-5}$	$1.04 \cdot 10^{-4}$
5	5	$5.49 \cdot 10^{-28}$	$1.24 \cdot 10^{-27}$	$6.84 \cdot 10^{-29}$	$2.49 \cdot 10^{-26}$	$3.94 \cdot 10^{-27}$
10	10	$1.48 \cdot 10^{-52}$	$6.85 \cdot 10^{-43}$	$1.44 \cdot 10^{-50}$	$7.14 \cdot 10^{-50}$	$1.17 \cdot 10^{-49}$
10	1	$1.14 \cdot 10^{-20}$	$4.36 \cdot 10^{-15}$	$3.06 \cdot 10^{-23}$	$3.66 \cdot 10^{-22}$	$3.47 \cdot 10^{-22}$
10	5	$3.19 \cdot 10^{-44}$	$6.58 \cdot 10^{-38}$	$1.97 \cdot 10^{-44}$	$7.89 \cdot 10^{-43}$	$2.39 \cdot 10^{-43}$
10	1-5	$7.43 \cdot 10^{-45}$	$1.34 \cdot 10^{-38}$	$1.72 \cdot 10^{-44}$	$1.02 \cdot 10^{-42}$	$1.00 \cdot 10^{-43}$
10	5-10	$3.68 \cdot 10^{-57}$	$1.07 \cdot 10^{-43}$	$1.09 \cdot 10^{-53}$	$5.95 \cdot 10^{-54}$	$3.74 \cdot 10^{-53}$

Το σχήμα 4.38 είναι το διάγραμμα της κεντρικής άπνοιας. Με τον άξονα x να έχει το χρόνο, 10 λεπτά πριν και 10 λεπτά αφού αρχίσει η άπνοια και ο άξονας y έχει το ρυθμό. Και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει απότομη πτώση του ρυθμού κατά τη διάρκεια της άπνοιας, όπως και μία άνοδος μετά την άπνοια, αλλά όχι τόσο έντονη όσο στην αποφρακτική, όπως δείχνει και το σχήμα 4.39.

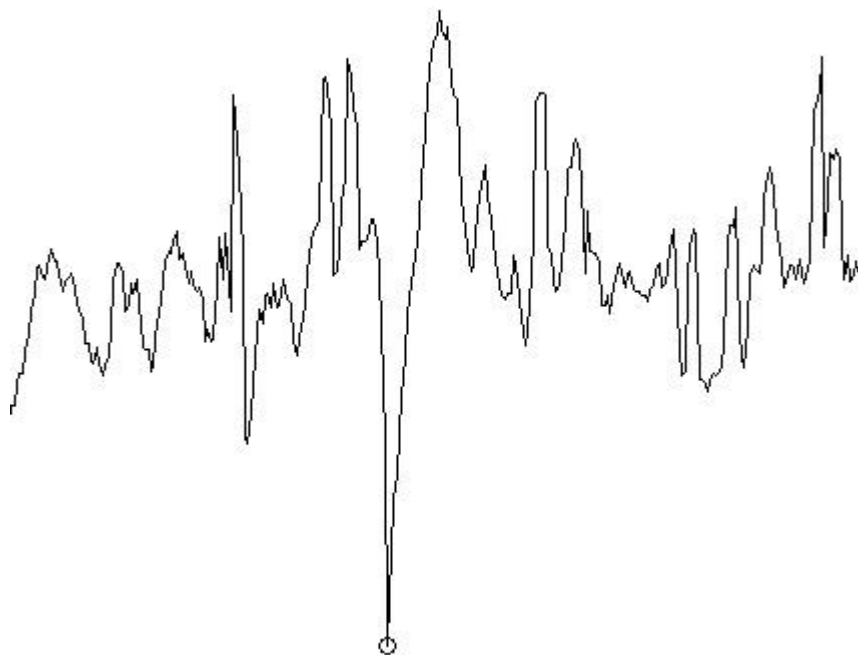


Σχήμα 4.38 Κεντρική άπνοια



Σχήμα 4.39 Κεντρική άπνοια-2

Το σχήμα 4.40 είναι το σχήμα 4.38, αλλά μόνο κοντά στην άπνοια.



Σχήμα 4.40 Κεντρική άπνοια κοντά στην άπνοια

Ο πίνακας 4.12 δείχνει το μέσο όρο των διαστημάτων των χτύπων της καρδιάς, αφαιρώντας τα 15 δευτερόλεπτα πριν την άπνοια και τα 15 από την έναρξή της. Και σε αυτή την περίπτωση ο μεγαλύτερος διαχωρισμός γίνεται όταν υπολογίζεται ο μέσος όρος όλου του δεκαλέπτου πριν με το μέσο όρο του διαστήματος από 5 μέχρι 10 λεπτά. Όταν δεν επιλέγεται φίλτρο, οι τιμές είναι οι μικρότερες, ενώ όταν εφαρμόζεται φίλτρο το 10% έχει τις μικρότερες τιμές όπως και το 15% σε κάποιες περιπτώσεις.

Πίνακας 4.12 Κεντρική μέσος όρος εκτός 15s πριν και 15s μετά

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$6.20 \cdot 10^{-5}$	$1.63 \cdot 10^{-4}$	$1.30 \cdot 10^{-4}$	$1.27 \cdot 10^{-4}$	$1.55 \cdot 10^{-4}$
5	5	$1.50 \cdot 10^{-22}$	$1.64 \cdot 10^{-24}$	$2.15 \cdot 10^{-23}$	$6.67 \cdot 10^{-21}$	$1.80 \cdot 10^{-21}$
10	10	$8.78 \cdot 10^{-45}$	$4.11 \cdot 10^{-33}$	$1.81 \cdot 10^{-38}$	$4.98 \cdot 10^{-38}$	$1.30 \cdot 10^{-37}$

10	1	$7.51 \cdot 10^{-25}$	$3.78 \cdot 10^{-16}$	$4.21 \cdot 10^{-23}$	$2.68 \cdot 10^{-22}$	$4.24 \cdot 10^{-22}$
10	5	$4.26 \cdot 10^{-39}$	$3.79 \cdot 10^{-30}$	$1.21 \cdot 10^{-34}$	$1.37 \cdot 10^{-33}$	$1.13 \cdot 10^{-33}$
10	1-5	$4.54 \cdot 10^{-38}$	$9.31 \cdot 10^{-31}$	$7.35 \cdot 10^{-35}$	$1.11 \cdot 10^{-33}$	$4.50 \cdot 10^{-34}$
10	5-10	$9.24 \cdot 10^{-49}$	$3.00 \cdot 10^{-34}$	$6.13 \cdot 10^{-41}$	$3.84 \cdot 10^{-41}$	$2.67 \cdot 10^{-40}$

Ο πίνακας 4.13 δείχνει τις p-value τιμές για την κεντρική άπνοια, χωρίς να υπολογίζονται 15 δευτερόλεπτα πριν, όπως και 15 δευτερόλεπτα από την έναρξη της άπνοιας. Τα ίδια συμπεράσματα βγαίνουν και από αυτό τον πίνακα. Το μεγαλύτερο διαχωρισμό δίνει η σύγκριση με το διάστημα 5 με 10 λεπτά μετά και από τα φίλτρα όταν δεν εφαρμόζεται κανένα φίλτρο είναι ο μεγαλύτερος διαχωρισμός, ενώ από τα φίλτρα πάλι το 10% έχει τις μικρότερες τιμές.

Πίνακας 4.13 Κεντρική ρυθμός εκτός 15s πριν και 15s μετά

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$2.23 \cdot 10^{-5}$	$2.68 \cdot 10^{-4}$	$9.43 \cdot 10^{-6}$	$9.70 \cdot 10^{-6}$	$1.02 \cdot 10^{-5}$
5	5	$5.32 \cdot 10^{-29}$	$1.59 \cdot 10^{-26}$	$2.65 \cdot 10^{-28}$	$1.13 \cdot 10^{-26}$	$1.89 \cdot 10^{-27}$
10	10	$2.77 \cdot 10^{-57}$	$2.10 \cdot 10^{-44}$	$3.20 \cdot 10^{-51}$	$2.05 \cdot 10^{-50}$	$3.63 \cdot 10^{-50}$
10	1	$1.80 \cdot 10^{-23}$	$8.99 \cdot 10^{-17}$	$1.14 \cdot 10^{-27}$	$1.35 \cdot 10^{-24}$	$4.28 \cdot 10^{-25}$
10	5	$1.26 \cdot 10^{-48}$	$4.23 \cdot 10^{-40}$	$9.64 \cdot 10^{-46}$	$7.08 \cdot 10^{-44}$	$1.81 \cdot 10^{-44}$
10	1-5	$1.34 \cdot 10^{-46}$	$1.09 \cdot 10^{-37}$	$6.19 \cdot 10^{-44}$	$5.62 \cdot 10^{-42}$	$1.40 \cdot 10^{-42}$
10	5-10	$8.65 \cdot 10^{-62}$	$7.60 \cdot 10^{-45}$	$4.79 \cdot 10^{-54}$	$3.19 \cdot 10^{-54}$	$2.43 \cdot 10^{-53}$

Στις επόμενες μεθόδους ο μέσος όρος κάθε σημείου υπολογίζεται ανά 6 δευτερόλεπτα. Ακόμη, έχουν αφαιρεθεί 15 δευτερόλεπτα πριν και μετά την άπνοια, ώστε να μην επηρεάσει η

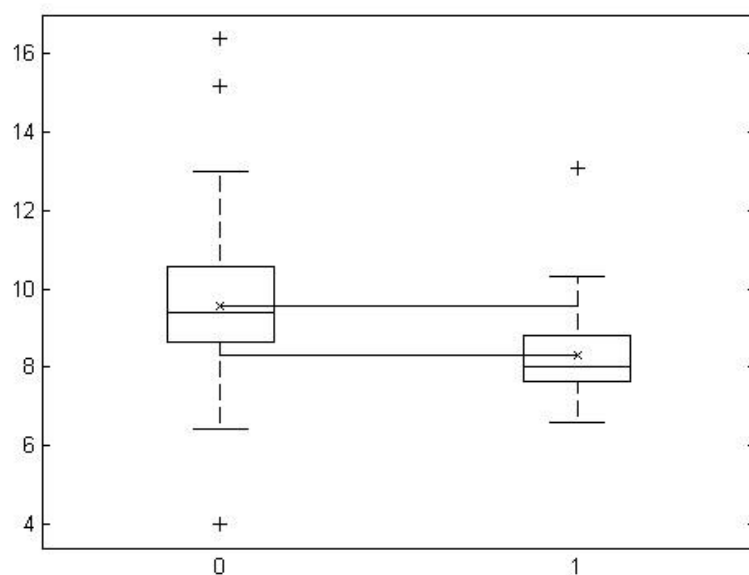
πτώση του ρυθμού της καρδιάς, τα αποτελέσματα και να φανεί αν υπάρχει διαφορά στο ρυθμό της καρδιάς πριν και μετά την άπνοια. Τα χρονικά διαστήματα είναι 1 λεπτό πριν και μετά, 5 πριν και μετά και δέκα πριν και μετά.

Ο πίνακας 4.14 δείχνει τις τιμές p-value για τη μέθοδο DCsgn. Όπως φαίνεται και σε αυτή τη μέθοδο τα δεδομένα διαχωρίζονται με τον καλύτερο διαχωρισμό να γίνεται στα 10 λεπτά. Εκτός από την περίπτωση που επιλέγεται το 1 δευτερόλεπτο πριν στην οποία η τιμή είναι μικρότερη όταν εφαρμόζεται φίλτρο 15%, στα υπόλοιπα διαστήματα η καλύτερη τιμή είναι στο φίλτρο 5%.

Πίνακας 4.14 Κεντρική DCsgn

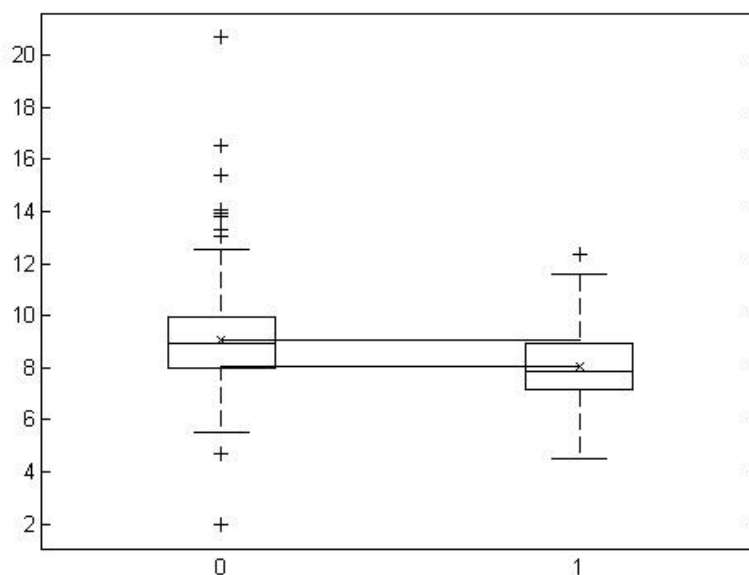
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.89 \cdot 10^{-4}$	$1.91 \cdot 10^{-4}$	$2.66 \cdot 10^{-4}$	$1.70 \cdot 10^{-4}$	$2.52 \cdot 10^{-4}$
5	5	$6.36 \cdot 10^{-9}$	$1.38 \cdot 10^{-13}$	$4.39 \cdot 10^{-11}$	$2.05 \cdot 10^{-10}$	$3.03 \cdot 10^{-10}$
10	10	$6.01 \cdot 10^{-13}$	$1.12 \cdot 10^{-25}$	$6.61 \cdot 10^{-14}$	$1.41 \cdot 10^{-12}$	$1.20 \cdot 10^{-12}$

Στο σχήμα 4.41 είναι τα box plots για το διάστημα 1 λεπτό πριν με 1 μετά, με φίλτρο 15%, που έχει τη μικρότερη p-value τιμή. Όπως φαίνεται, οι τιμές μετά την άπνοια είναι χαμηλότερες από ότι είναι πριν την άπνοια και η άνω γραμμή του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι στο σημείο που βρίσκεται η κάτω γραμμή του ορθογωνίου πριν την άπνοια.



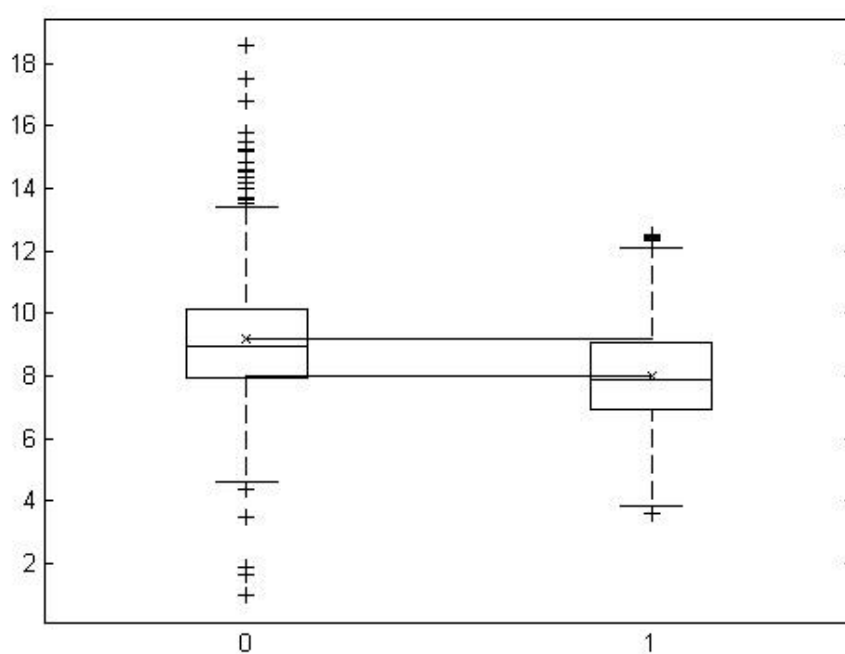
Σχήμα 4.41 Κεντρική Box plot-8

Για το διάστημα 5 λεπτά πριν και 5 λεπτά μετά, με φίλτρο 5%, πάλι οι τιμές μετά την άπνοια είναι μικρότερες από τις τιμές πριν(Σχήμα 4.42).



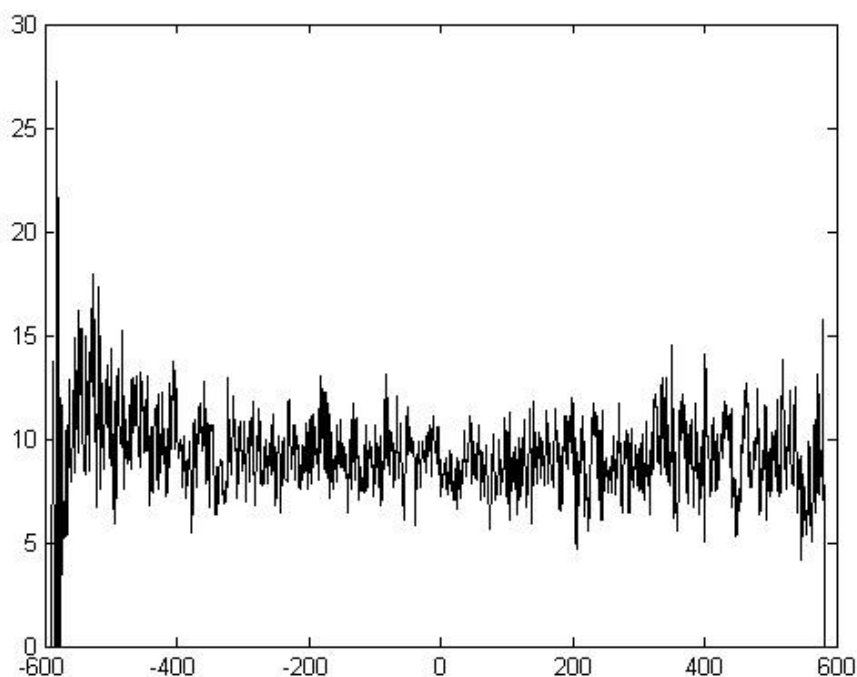
Σχήμα 4.42 Κεντρική Box plot-9

Οι παρατηρήσεις είναι ίδιες και για το διάστημα 10 λεπτά πριν με 10 λεπτά μετά και φίλτρο 5%(Σχήμα 4.43).



Σχήμα 4.43 Κεντρική Box plot-10

Στο σχήμα 4.44 , είναι το διάγραμμα για τη μέθοδο DCsgn, στο οποίο δεν είναι φανερές οι διαφορές πριν την άπνοια και μετά. Ο άξονας x είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα, με το σημείο 0 να είναι το σημείο που ξεχωρίζει πριν την άπνοια και μετά και ο άξονα y είναι οι τιμές της μεθόδου.



Σχήμα 4.44 Κεντρική DCsgn

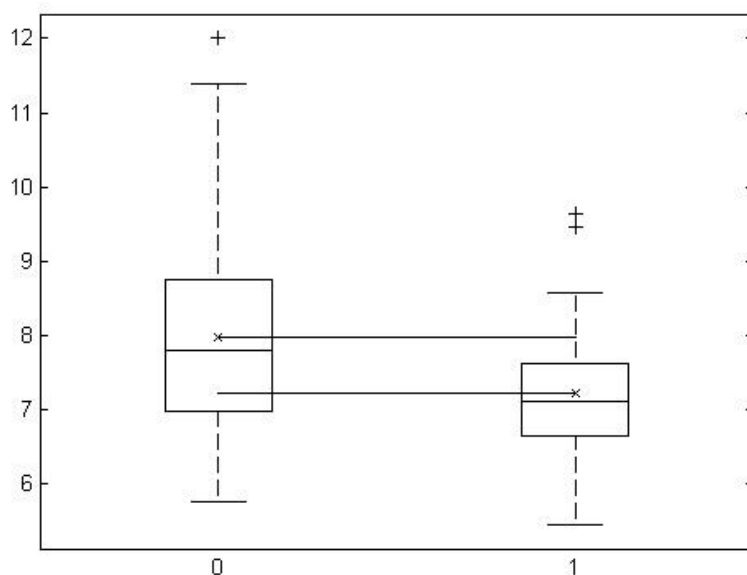
Ο πίνακας 4.15 έχει τα αποτελέσματα για τη μέθοδο BBDC. Στο 1 λεπτό δεν υπάρχει διαχωρισμός, εκτός από το φίλτρο 5%, ενώ η επιλογή του φίλτρου 10% δίνει τη χαμηλότερη τιμή στην περίπτωση των 5 λεπτών, και η επιλογή του φίλτρου 5% στην περίπτωση των 10 λεπτών. Και εδώ τα 10 λεπτά έχουν το μεγαλύτερο διαχωρισμό.

Πίνακας 4.15 Κεντρική BBDC

(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.97 \cdot 10^{-1}$	$1.68 \cdot 10^{-3}$	$1.87 \cdot 10^{-1}$	$7.61 \cdot 10^{-1}$	$5.39 \cdot 10^{-1}$
5	5	$9.00 \cdot 10^{-8}$	$2.10 \cdot 10^{-14}$	$6.82 \cdot 10^{-17}$	$3.88 \cdot 10^{-15}$	$2.12 \cdot 10^{-14}$
10	10	$1.77 \cdot 10^{-20}$	$9.76 \cdot 10^{-38}$	$5.89 \cdot 10^{-26}$	$5.64 \cdot 10^{-26}$	$5.24 \cdot 10^{-27}$

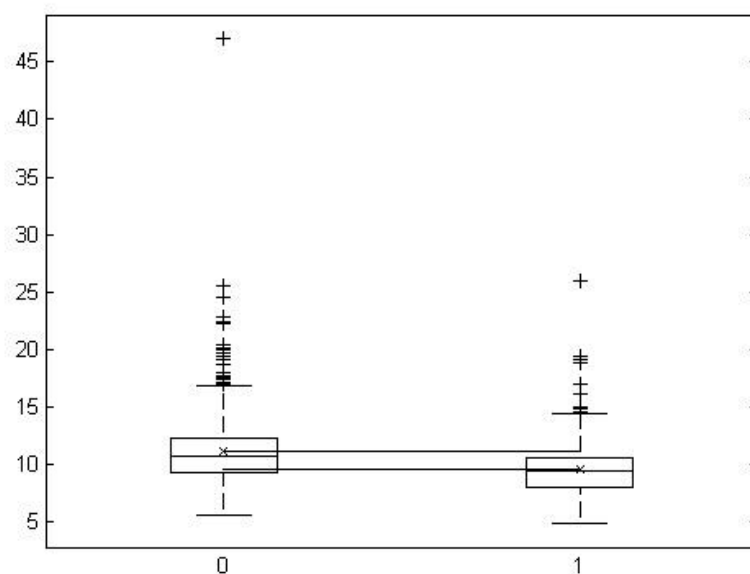
Στο σχήμα 4.45 είναι τα box plots για το διάστημα 1 λεπτό πριν και μετά με φίλτρο 5% για τη μέθοδο BBDC. Και σε αυτή τη μέθοδο οι τιμές μετά την άπνοια είναι χαμηλότερες από τις τιμές πριν. Ακόμη η άνω και η κάτω γραμμή του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι

χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του ορθογωνίου πριν την άπνοια.

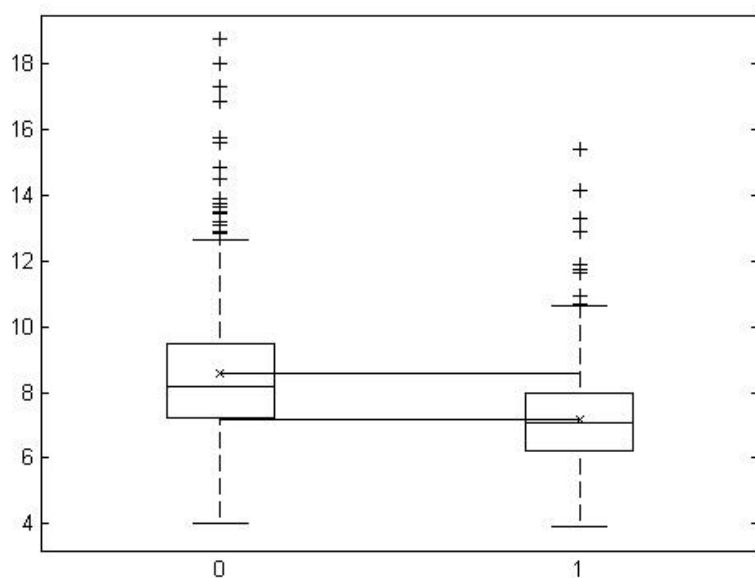


Σχήμα 4.45 Κεντρική Box plot-11

Τα ίδια ισχύουν και για τα σχήματα 4.46 και 4.47. Το σχήμα 4.46 είναι το διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 10%, ενώ το σχήμα 4.47 είναι το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 5%.

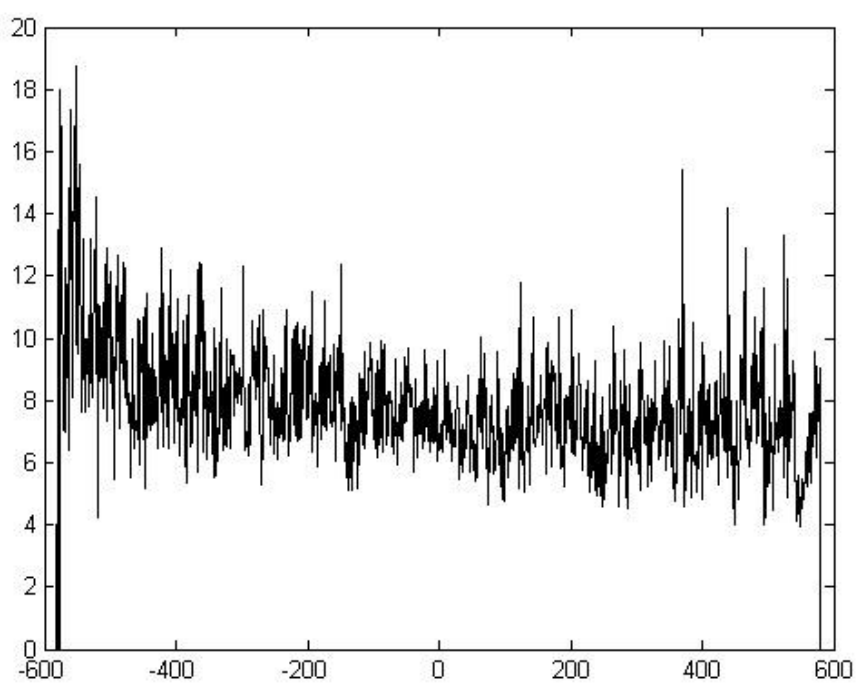


Σχήμα 4.46 Κεντρική Box plot-12



Σχήμα 4.47 Κεντρική Box plot-13

Το διάγραμμα της μεθόδου είναι στο σχήμα 4.48 . Υπάρχει μία διαφορά πριν και μετά την άπνοια που όμως δε διακρίνεται καλά.



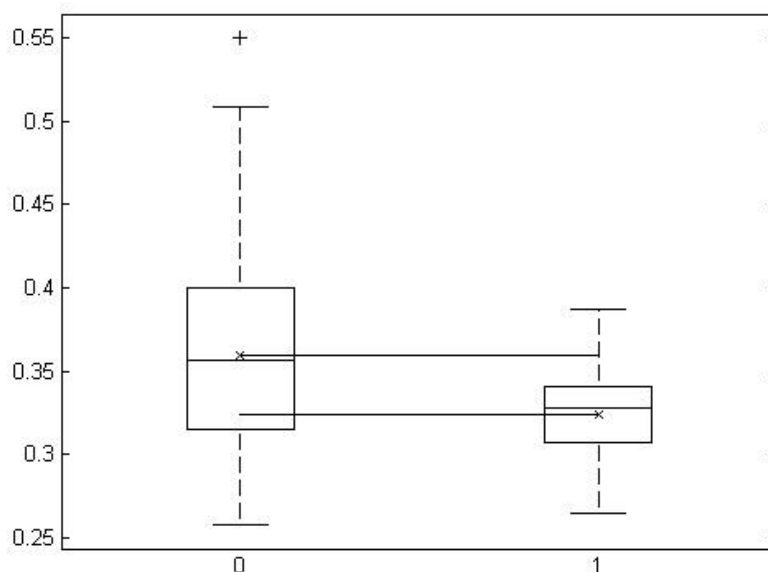
Σχήμα 4.48 Κεντρική BBDC

Στη μέθοδο pNN50, όταν επιλέγεται το 1 λεπτό ή τα 5 λεπτά δεν υπάρχει διαχωρισμός μόνο στο φίλτρο 5%. Στο 1 λεπτό όταν δε χρησιμοποιείται φίλτρο εμφανίζεται η μικρότερη τιμή, ενώ στα 5 και στα 10 λεπτά εμφανίζεται στο φίλτρο 20%. Τα 10 λεπτά δίνουν και εδώ τις μικρότερες τιμές. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.16

Πίνακας 4.16 Κεντρική pNN50

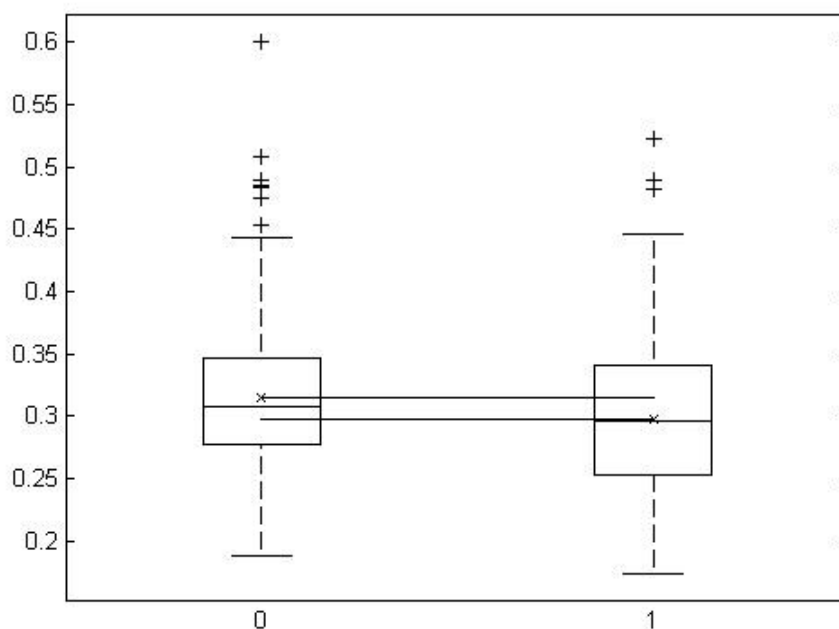
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.73 \cdot 10^{-4}$	$6.85 \cdot 10^{-1}$	$5.91 \cdot 10^{-4}$	$4.98 \cdot 10^{-2}$	$2.94 \cdot 10^{-4}$
5	5	$3.57 \cdot 10^{-3}$	$9.74 \cdot 10^{-1}$	$2.77 \cdot 10^{-3}$	$4.44 \cdot 10^{-3}$	$5.09 \cdot 10^{-4}$
10	10	$5.06 \cdot 10^{-8}$	$9.26 \cdot 10^{-2}$	$1.72 \cdot 10^{-7}$	$7.80 \cdot 10^{-7}$	$2.83 \cdot 10^{-8}$

Το σχήμα 4.49 είναι τα box plots για τη μέθοδο pNN50, για διάστημα ένα λεπτό πριν και ένα μετά χωρίς φίλτρο που είναι η μικρότερη τιμή p-value. Οι τιμές μετά την άπνοια είναι μικρότερες από τις τιμές πριν και ανάλογες είναι και οι θέσεις των ορθογωνίων.



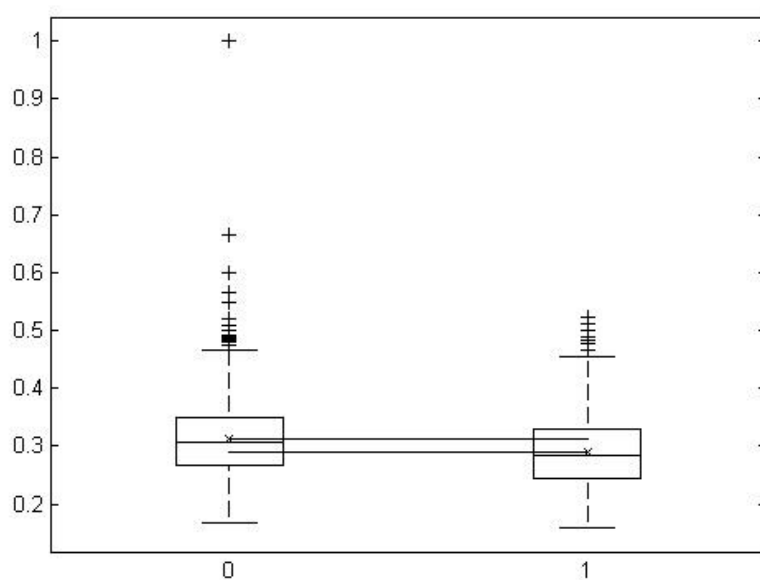
Σχήμα 4.49 Κεντρική Box plot-14

Το σχήμα 4.50 είναι για το διάστημα 5 λεπτά πριν και 5 μετά με φίλτρο 20%. Σε αυτή την περίπτωση η κάτω γραμμή του ορθογωνίου των τιμών μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από την κάτω γραμμή των τιμών πριν την άπνοια. Οι άνω γραμμές όμως, είναι σχεδόν στο ίδιο σημείο.



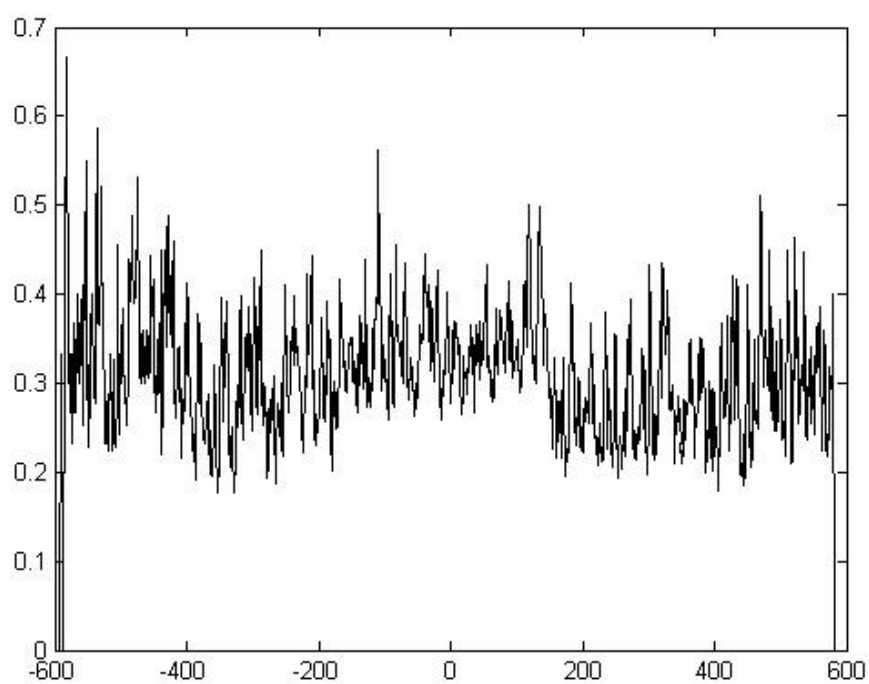
Σχήμα 4.50 Κεντρική Box plot-15

Για το διάστημα 10 λεπτά πριν και 10 μετά με φίλτρο 20%, η κάτω και η άνω γραμμή του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι χαμηλότερα από τις αντίστοιχες τιμές πριν (Σχήμα 4.51).



Σχήμα 4.51 Κεντρική Box plot-16

Το σχήμα 4.52 δείχνει το διάγραμμα της μεθόδου για τα 10 λεπτά. Όπως φαίνεται, υπάρχει μία διαφορά πριν και μετά την άπνοια, αλλά όχι πολύ έντονη.



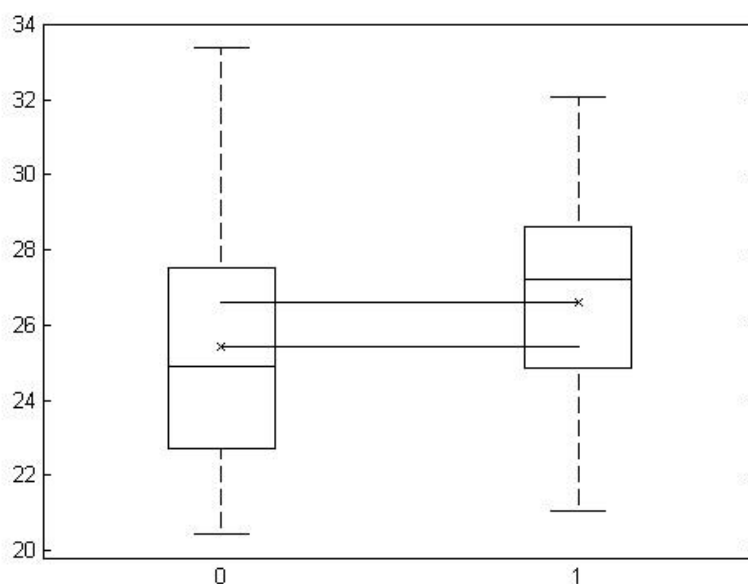
Σχήμα 4.52 Κεντρική pNN50

Ο πίνακας 4.17 έχει την SDNN μέθοδο. Σε αυτή την περίπτωση η επιλογή φίλτρου 10%, δίνει τις μικρότερες τιμές για 5 και 10 λεπτά. Στο διάστημα του 1 λεπτού δεν υπάρχει διαχωρισμός, ενώ για όλες τις περιπτώσεις στα 5 λεπτά όλα τα φίλτρα διαχωρίζουν τα δεδομένα. Ακόμη, όσο μεγαλώνει το χρονικό διάστημα, τόσο μειώνονται οι τιμές.

Πίνακας 4.17 Κεντρική SDNN

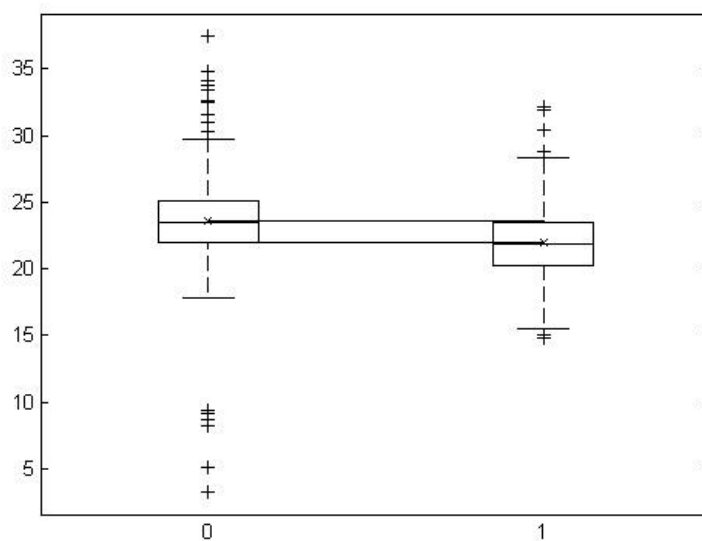
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$3.04 \cdot 10^{-1}$	$4.07 \cdot 10^{-1}$	$5.06 \cdot 10^{-1}$	$6.32 \cdot 10^{-2}$	$2.82 \cdot 10^{-1}$
5	5	$8.06 \cdot 10^{-1}$	$2.92 \cdot 10^{-5}$	$2.86 \cdot 10^{-9}$	$3.12 \cdot 10^{-6}$	$1.42 \cdot 10^{-7}$
10	10	$3.00 \cdot 10^{-3}$	$5.07 \cdot 10^{-6}$	$2.09 \cdot 10^{-14}$	$1.52 \cdot 10^{-10}$	$2.75 \cdot 10^{-13}$

Το σχήμα 4.53 είναι το box plot για τη μέθοδο SDNN, για διάστημα 1 λεπτού πριν και μετά και με φίλτρο 15%. Σε αυτή την περίπτωση, οι p-value τιμές μετά την άπνοια είναι μεγαλύτερες από τις τιμές πριν. Η άνω και η κάτω γραμμή του ορθογωνίου μετά την άπνοια είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές πριν.



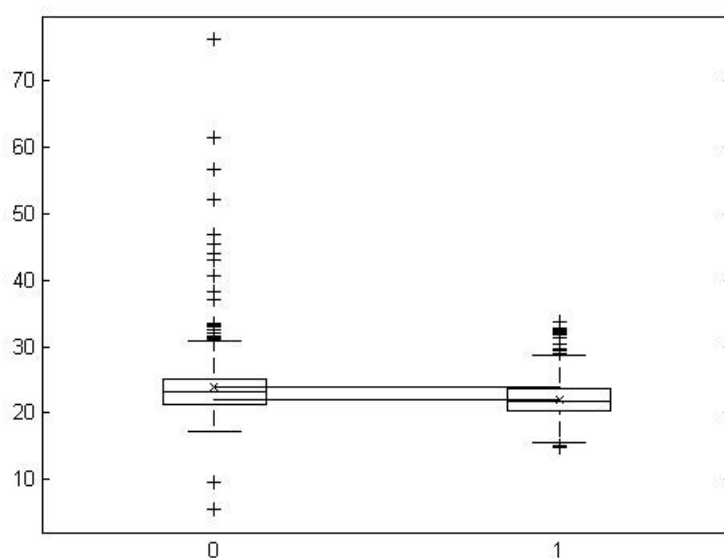
Σχήμα 4.53 Κεντρική Box plot-17

Για το διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά την άπνοια με φίλτρο 10%, οι τιμές μετά την άπνοια είναι χαμηλότερες από τις τιμές πριν και το ίδιο ισχύει και για τα όρια του ορθογωνίου (Σχήμα 4.54).



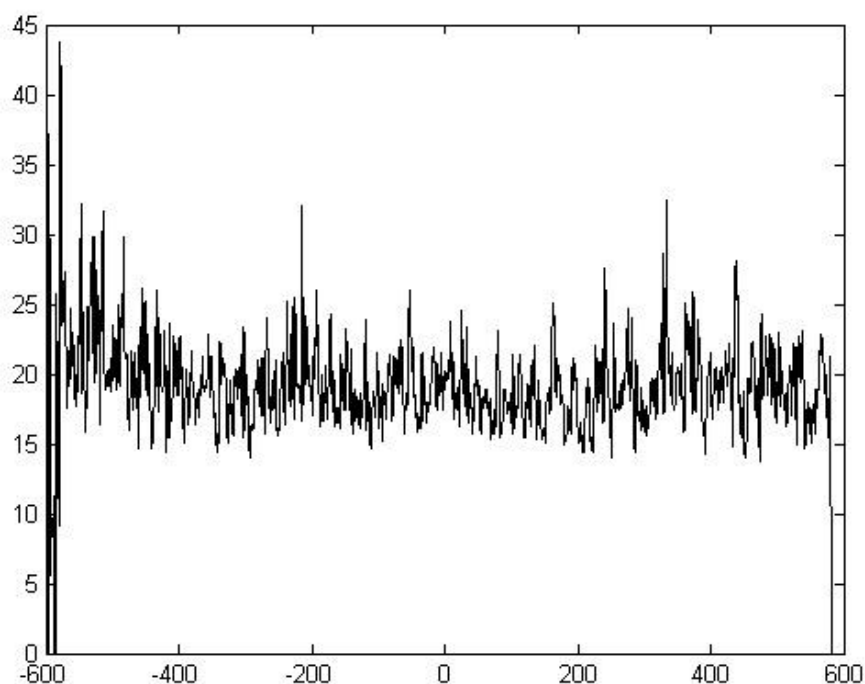
Σχήμα 4.54 Κεντρική Box plot-18

Τα ίδια ισχύουν και για το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά και φίλτρο 10%, όπου η εικόνα είναι παρόμοια (Σχήμα 4.55).



Σχήμα 4.55 Κεντρική Box plot-19

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.56 δε ξεχωρίζουν οι τιμές πριν και μετά την άπνοια στο διάγραμμα.



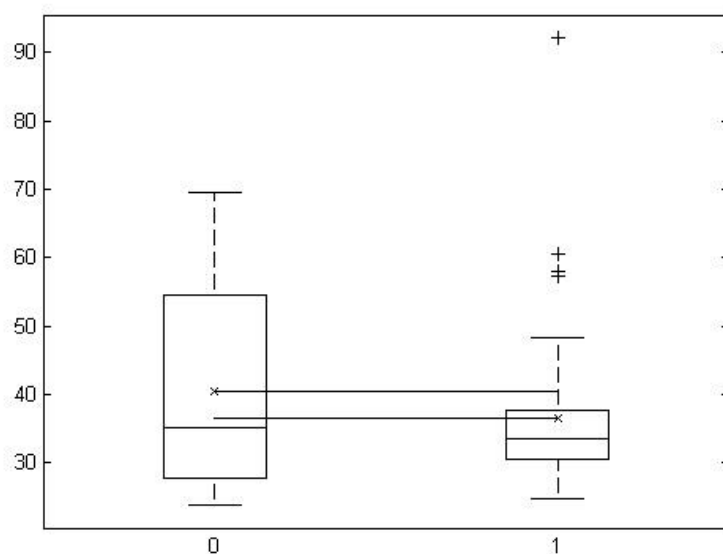
Σχήμα 4.56 Κεντρική SDNN

Στον πίνακα 4.18 φαίνονται τα αποτελέσματα για την RMSSD μέθοδο. Σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα είναι όμοια με αυτά της μεθόδου SDNN ως προς το διαχωρισμό και τα φίλτρα.

Πίνακας 4.18 Κεντρική RMSSD

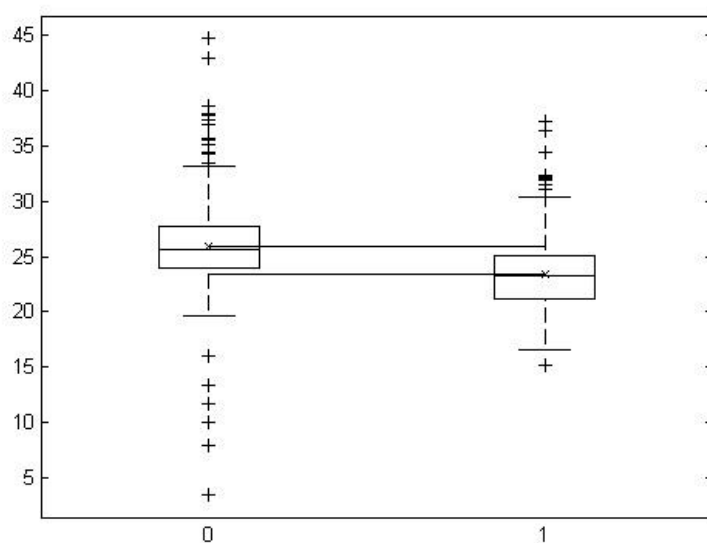
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$1.59 \cdot 10^{-1}$	$6.34 \cdot 10^{-1}$	$6.91 \cdot 10^{-1}$	$4.67 \cdot 10^{-2}$	$8.36 \cdot 10^{-1}$
5	5	$4.88 \cdot 10^{-1}$	$1.02 \cdot 10^{-10}$	$1.04 \cdot 10^{-15}$	$1.69 \cdot 10^{-10}$	$1.11 \cdot 10^{-13}$
10	10	$3.15 \cdot 10^{-4}$	$1.54 \cdot 10^{-14}$	$6.73 \cdot 10^{-29}$	$1.05 \cdot 10^{-23}$	$2.59 \cdot 10^{-27}$

Το σχήμα 4.57 είναι τα box plots για 1 λεπτό πριν και μετά το ορθογώνιο των τιμών μετά την άπνοια, είναι μικρότερο σε μέγεθος από ότι του ορθογωνίου πριν την άπνοια, όμως οι τιμές του βρίσκονται μέσα στα όρια του ορθογωνίου μετά την άπνοια.



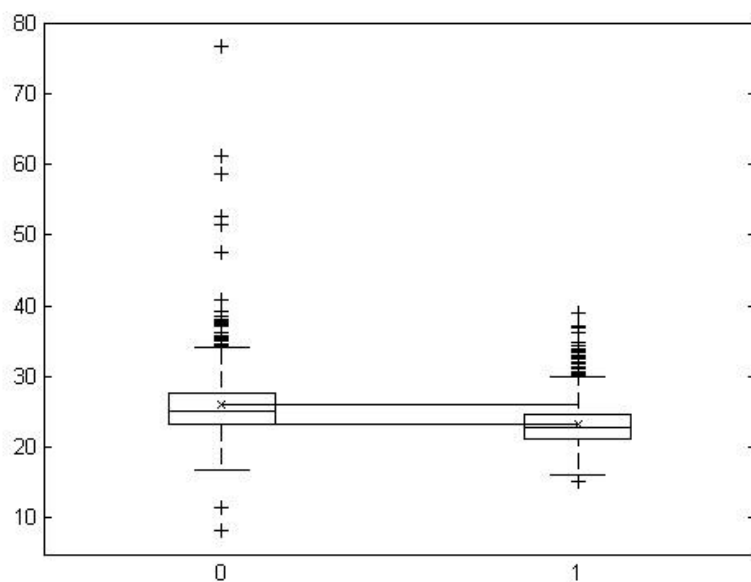
Σχήμα 4.57 Κεντρική Box plot-20

Το σχήμα 4.58 είναι το διάστημα 5 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 10%. Οι τιμές μετά την άπνοια, είναι μικρότερες από τις τιμές πριν, όπως και τα όρια του ορθογωνίου.



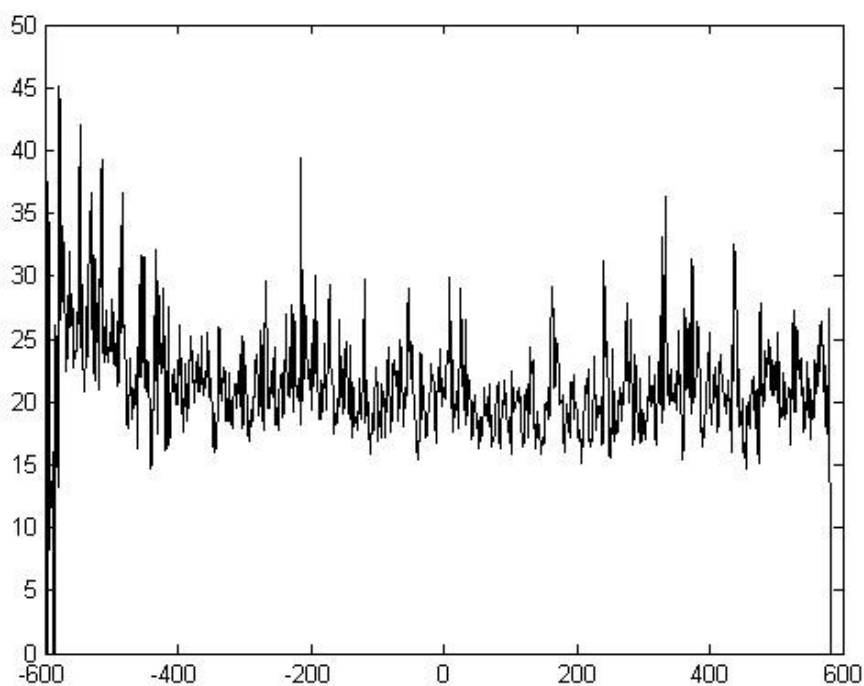
Σχήμα 4.58 Κεντρική Box plot-21

Τα ίδια ισχύουν και για το διάστημα 10 λεπτά πριν και μετά με φίλτρο 10%(Σχήμα 4.59).



Σχήμα 4.59 Κεντρική Box plot-22

Και στη μέθοδο RMSSD δε ξεχωρίζουν οι τιμές πριν και μετά την άπνοια(Σχήμα 4.60).



Σχήμα 4.60 Κεντρική RMSSD

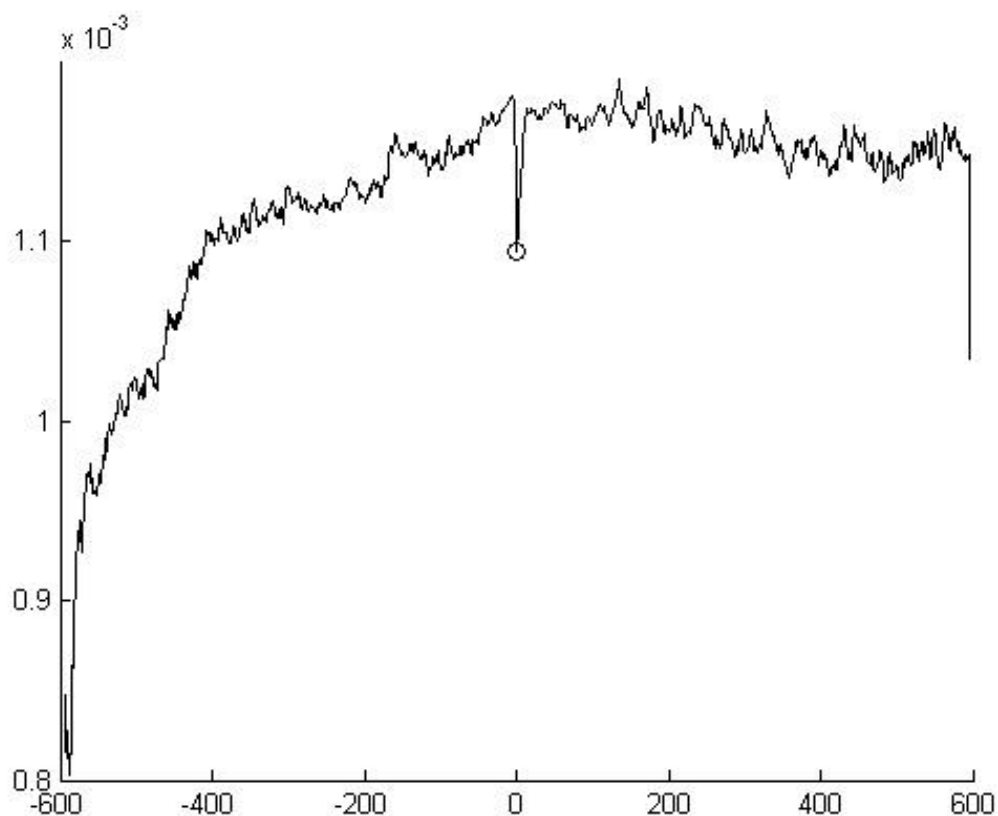
4.4. Διαφορετικός Τρόπος Υπολογισμού

Για να βγουν τα αποτελέσματα από τις p-value τιμές πριν και μετά την άπνοια, για κάθε ασθενή σε όλα τα σημεία του κάθε διαστήματος, υπολογίστηκε ο μέσος όρος όλων των απνοιών του σε κάθε σημείο και στη συνέχεια ο μέσος όρος των μέσων όρων κάθε ασθενή. Εκτός από αυτή την περίπτωση υπολογίστηκε και ο μέσος όρος όλων των απνοιών όλων των ασθενών. Οι p-value τιμές είναι μικρότερες, αλλά μεταβάλλονται όπως οι τιμές της πρώτης περίπτωσης. Ακολουθεί ο πίνακας με τις p-value για το μέσο όρο των διαστημάτων των χτύπων της καρδιάς στην αποφρακτική άπνοια.

Πίνακας 4.19 Αποφρακτική μέσος όρος όλων των διαστημάτων

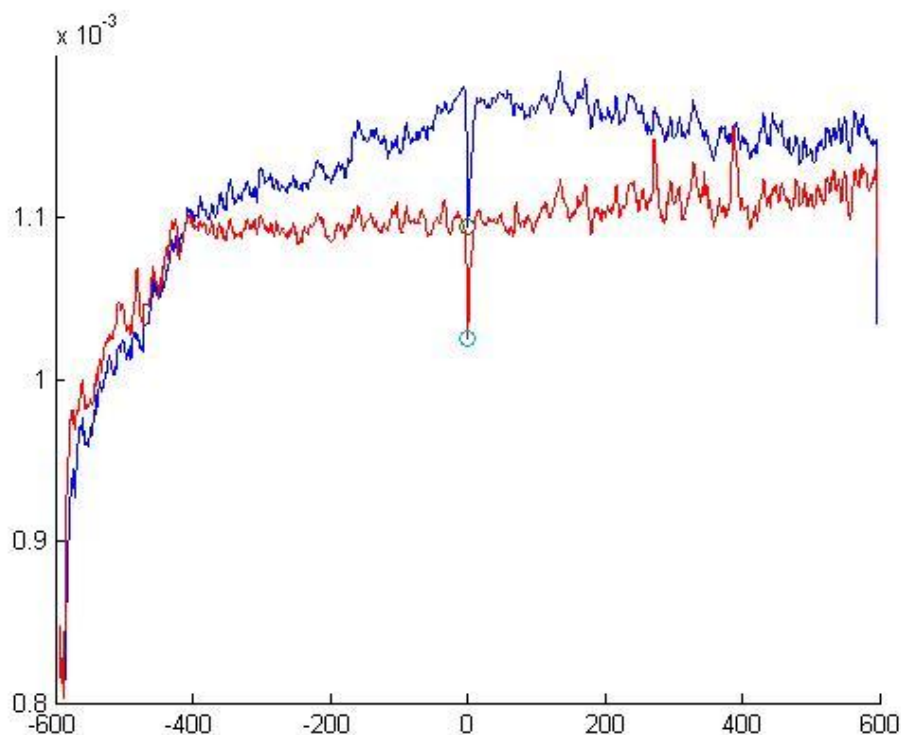
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$4.76 \cdot 10^{-4}$	$1.63 \cdot 10^{-3}$	$9.51 \cdot 10^{-4}$	$7.99 \cdot 10^{-4}$	$6.60 \cdot 10^{-4}$
5	5	$3.74 \cdot 10^{-30}$	$3.50 \cdot 10^{-29}$	$2.23 \cdot 10^{-29}$	$1.61 \cdot 10^{-28}$	$1.90 \cdot 10^{-28}$
10	10	$4.71 \cdot 10^{-67}$	$2.67 \cdot 10^{-51}$	$9.33 \cdot 10^{-58}$	$1.09 \cdot 10^{-58}$	$2.39 \cdot 10^{-59}$
10	1	$1.84 \cdot 10^{-43}$	$6.75 \cdot 10^{-39}$	$1.94 \cdot 10^{-42}$	$1.94 \cdot 10^{-43}$	$3.78 \cdot 10^{-44}$
10	5	$1.41 \cdot 10^{-77}$	$4.96 \cdot 10^{-63}$	$4.64 \cdot 10^{-69}$	$7.15 \cdot 10^{-70}$	$1.76 \cdot 10^{-70}$
10	1-5	$1.33 \cdot 10^{-77}$	$1.81 \cdot 10^{-63}$	$3.77 \cdot 10^{-69}$	$5.28 \cdot 10^{-70}$	$2.04 \cdot 10^{-70}$
10	5-10	$3.08 \cdot 10^{-55}$	$8.86 \cdot 10^{-39}$	$1.88 \cdot 10^{-45}$	$9.19 \cdot 10^{-47}$	$1.66 \cdot 10^{-47}$

Το διάγραμμα για το ρυθμό των διαστημάτων στην αποφρακτική άπνοια είναι το σχήμα 4.61. Ο άξονας x είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα και στον άξονα y είναι οι μέσοι όροι διαστημάτων. Όπως δείχνει το διάγραμμα υπάρχει η έντονη πτώση στο σημείο 0 στον άξονα x που είναι η αρχή της άπνοιας. Ακόμη, φαίνεται η διαφορά πριν και μετά την άπνοια. Μετά την άπνοια υπάρχει μία άνοδος του ρυθμού και ύστερα μία πτώση συγκριτικά με το αντίστοιχο διάγραμμα του μέσου όρου των μέσων όρων των ασθενών. Ενώ πριν την άπνοια οι τιμές δεν αυξάνουν τόσο απότομα όπως στο αρχικό διάγραμμα.



Σχήμα 4.61 Αποφρακτική μέσος όρος όλων

Όλες οι τιμές του ρυθμού είναι μεγαλύτερες σε σχέση με το μέσο όρο των μέσων όρων, όπως δείχνει και το σχήμα 4.62, που συγκρίνει τις δύο περιπτώσεις. Η κόκκινη γραμμή είναι ο μέσος όρος των μέσων όρων και η μπλε ο μέσος όρος όλων.



Σχήμα 4.62 Σύγκριση αποφρακτικής

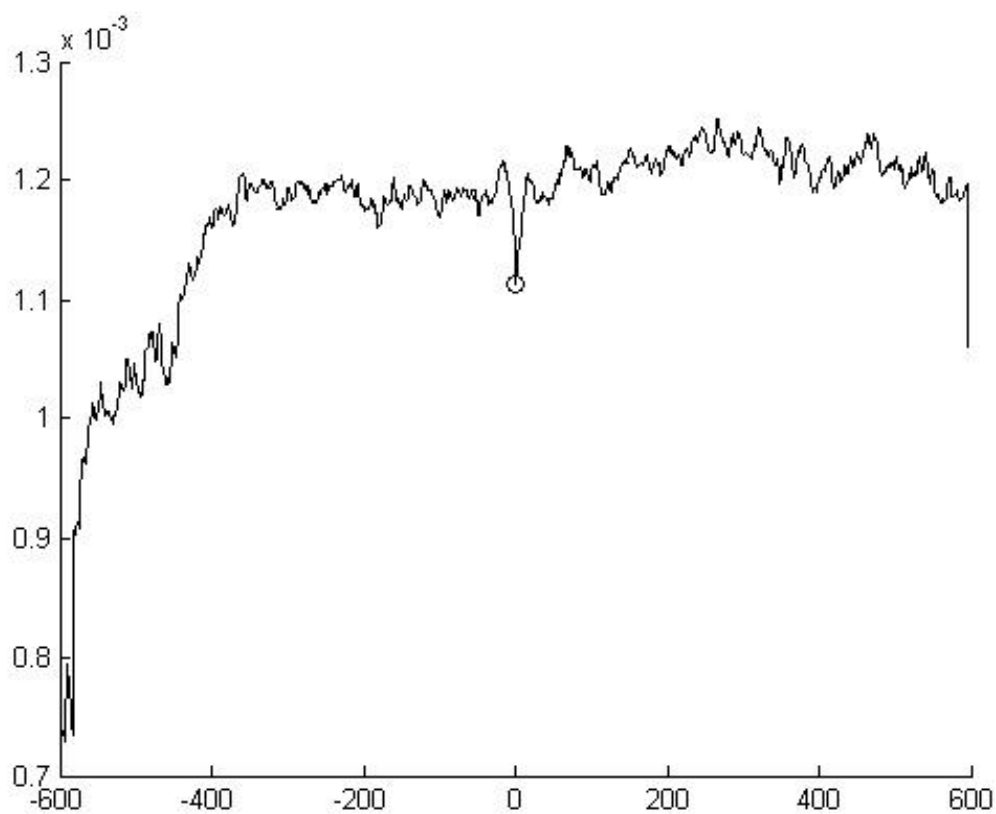
Για την κεντρική άπνοια, τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 4.20. Οι τιμές του μέσου όρου είναι μικρότερες από ότι του μέσου όρου των μέσων όρων, οπότε ο ρυθμός θα έχει μεγαλύτερες τιμές όπως δείχνει το σχήμα 4.64, με τη μπλε γραμμή να είναι ο μέσος όρος όλων και την κόκκινη να είναι ο μέσος όρος των μέσων όρων.

Πίνακας 4.20 Κεντρική μέσος όρος όλων των διαστημάτων

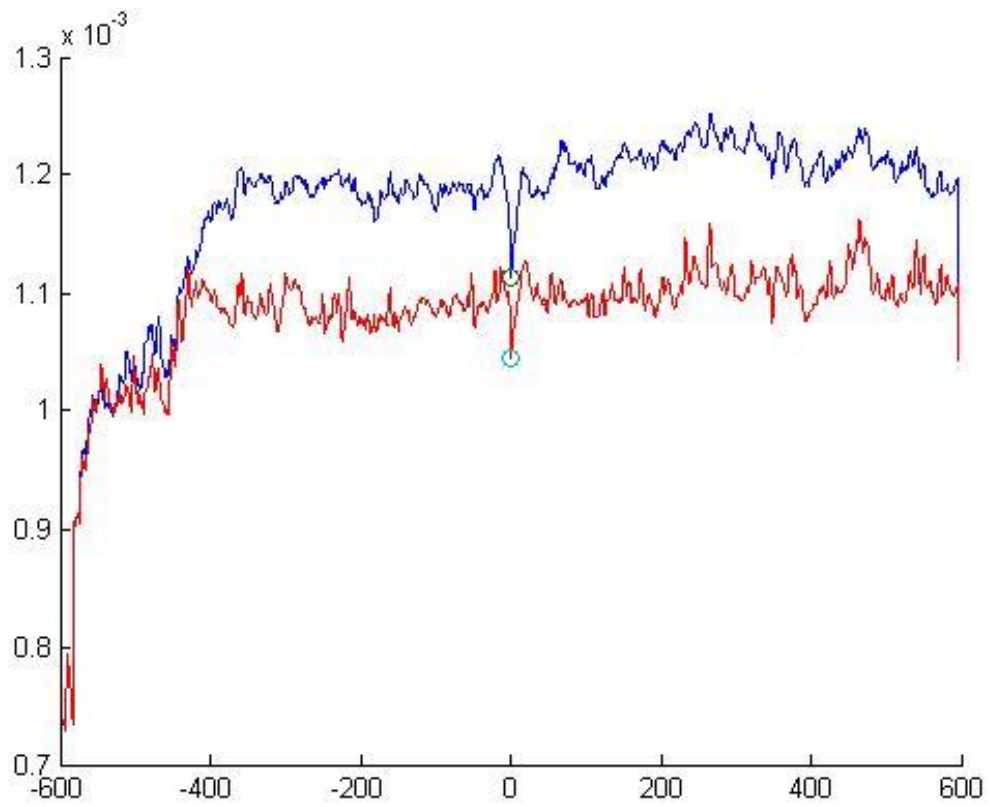
(min) πριν	(min) μετά	χωρίς φίλτρο	φίλτρο 5%	φίλτρο 10%	φίλτρο 15%	φίλτρο 20%
1	1	$6.24 \cdot 10^{-4}$	$8.70 \cdot 10^{-4}$	$7.09 \cdot 10^{-4}$	$8.69 \cdot 10^{-4}$	$1.00 \cdot 10^{-3}$
5	5	$3.35 \cdot 10^{-29}$	$3.60 \cdot 10^{-28}$	$7.45 \cdot 10^{-29}$	$1.51 \cdot 10^{-27}$	$1.06 \cdot 10^{-27}$
10	10	$1.32 \cdot 10^{-52}$	$1.34 \cdot 10^{-46}$	$2.82 \cdot 10^{-50}$	$1.55 \cdot 10^{-50}$	$4.30 \cdot 10^{-50}$
10	1	$5.94 \cdot 10^{-20}$	$7.55 \cdot 10^{-20}$	$4.04 \cdot 10^{-21}$	$4.54 \cdot 10^{-20}$	$6.15 \cdot 10^{-20}$
10	5	$1.79 \cdot 10^{-51}$	$7.33 \cdot 10^{-46}$	$3.87 \cdot 10^{-50}$	$6.24 \cdot 10^{-50}$	$1.93 \cdot 10^{-49}$

10	1-5	$1.51 \cdot 10^{-58}$	$6.26 \cdot 10^{-51}$	$1.96 \cdot 10^{-56}$	$1.09 \cdot 10^{-56}$	$3.72 \cdot 10^{-56}$
10	5-10	$9.15 \cdot 10^{-52}$	$1.06 \cdot 10^{-45}$	$1.10 \cdot 10^{-48}$	$2.24 \cdot 10^{-49}$	$5.26 \cdot 10^{-49}$

Το διάγραμμα και εδώ έχει έντονη πτώση στην άπνοια και οι τιμές μετά την άπνοια είναι μεγαλύτερες από τις τιμές πριν(Σχήμα 4.63).



Σχήμα 4.63 Κεντρική μέσος όρος όλων



Σχήμα 4.64 Σύγκριση κεντρικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΠΝΟΙΑΣ

5.1 Περιγραφή Μετρικών

5.2 Αποτελέσματα

5.3 Διαγράμματα

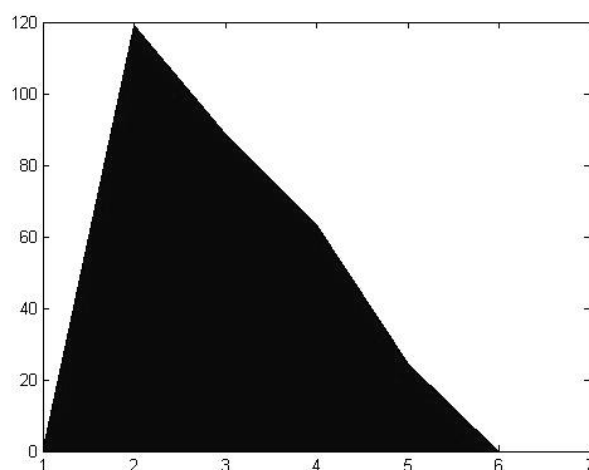
5.1. Περιγραφή Μετρικών

Σημαντικό κομμάτι της εργασίας είναι η παρατήρηση των διαφορών μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας και αν υπάρχει διαχωρισμός στη συμπεριφορά της καρδιάς λίγο πριν, κατά τη διάρκεια όπως και μετά την άπνοια. Για το λόγο αυτό υπολογίστηκαν διάφορες μετρήσεις στην καμπύλη της κάθε άπνοιας. Αυτή τη φορά, για κάθε άπνοια σε κάθε ασθενή υπολογίστηκε η καμπύλη της άπνοιας, η οποία κάνει την απότομη άνοδο, κρατήθηκε δηλαδή μόνο το κομμάτι αυτό και σε αυτό το κομμάτι υπολογίστηκαν εμβαδά, κλίσεις και διάφοροι λόγοι που περιγράφονται παρακάτω.

Με τις γεωμετρικές ιδιότητες της καμπύλης, εξετάζεται αν διαφέρουν οι δύο κατηγορίες άπνοιας ως προς τη μορφολογία τους. Αν η κάθε κατηγορία έχει διαφορετική έκταση στην άπνοια, η διαφορά μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής ως προς το μέγεθος της πτώσης, η μορφή της καμπύλης πριν και μετά την άπνοια, η σύγκριση των καμπυλών, η κλίση τους και διάφορες ιδιότητες της καμπύλης.

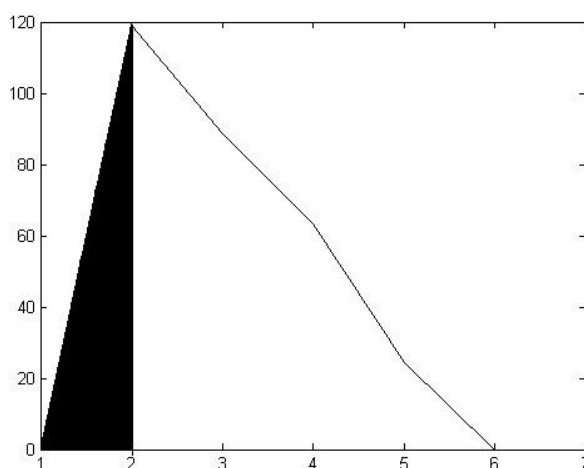
Η πρώτη μέτρηση που έγινε είναι το εμβαδόν όλου της καμπύλης(Σχήμα 5.1), το οποίο

υπολογίστηκε για κάθε αποφρακτική, όπως και για κάθε κεντρική άπνοια και στη συνέχεια υπολογίστηκε το p-value μεταξύ όλων των αποφρακτικών και όλων των κεντρικών απνοιών.



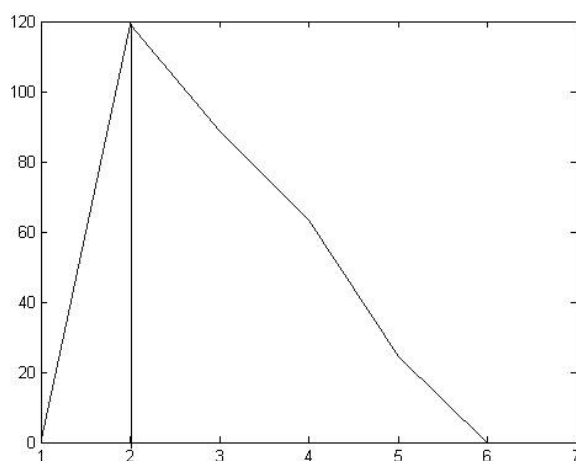
Σχήμα 5.1 Έμβασον ολόκληρου σχήματος

Η δεύτερη μέτρηση ήταν το μισό αριστερό έμβασον. Στην περίπτωση αυτή υπολογίστηκε το έμβασον από την αρχή του σχήματος μέχρι το σημείο της άπνοιας (Σχήμα 5.2).



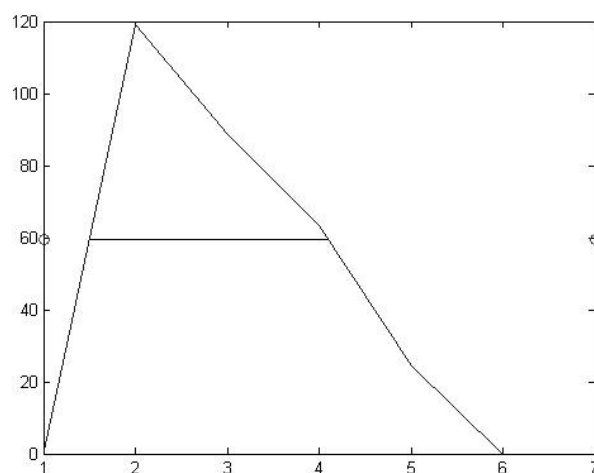
Σχήμα 5.2 Έμβασον μισού σχήματος αριστερά

Η τρίτη μέτρηση ήταν το μισό δεξί έμβασον που είναι ανάλογα το έμβασον από το σημείο της άπνοιας έως το τέλος του σχήματος και ο λόγος του αριστερού μισού εμβαδού προς το δεξί μισό είναι η τέταρτη μέτρηση. Η πέμπτη μέτρηση είναι το ύψος της άπνοιας, δηλαδή το μήκος από το σημείο της άπνοιας μέχρι τη νοητή ευθεία που σχηματίζεται μεταξύ της αρχής και του τέλους του σχήματος (Σχήμα 5.3).



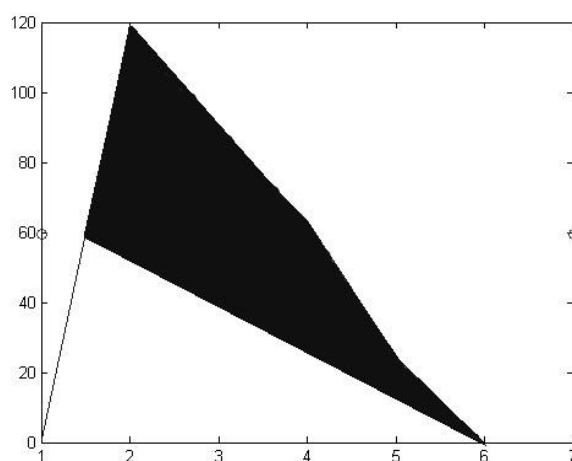
Σχήμα 5.3 Ύψος από το σημείο της άπνοιας

Έκτη μετρική είναι το πλάτος στη μέση του σχήματος, το οποίο είναι η απόσταση από τη μέση της γραμμής που δημιουργείται από την αρχή του σχήματος ως την άπνοια, μέχρι τη μέση της γραμμής από την άπνοια ως το τέλος του σχήματος (Σχήμα 5.4).



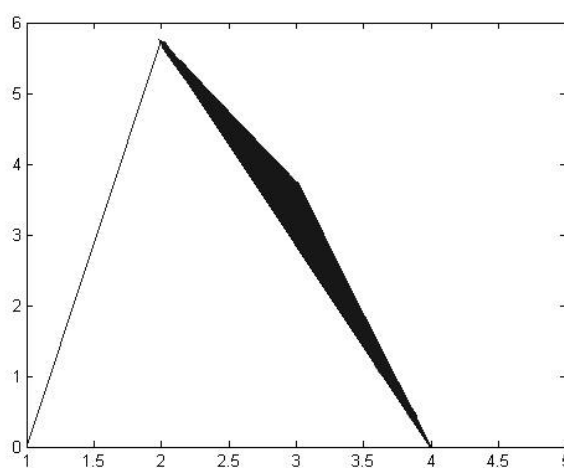
Σχήμα 5.4 Πλάτος μισού σχήματος

Για τις επόμενες δύο μετρήσεις υπολογίστηκαν τα εμβαδά από την κάθε άκρη του σχήματος μέχρι το μέσο της απέναντι πλευράς. Συγκεκριμένα, για την έβδομη μετρική υπολογίστηκε το εμβαδόν που υπάρχει από το σημείο που αποτελεί τη μέση της γραμμής που σχηματίζεται από την αρχή του σχήματος ως την άπνοια, μέχρι το τέλος της άλλης πλευράς του σχήματος (Σχήμα 5.5). Ενώ για την όγδοη μέτρηση είναι το εμβαδόν το οποίο σχηματίζεται από την αρχή της άπνοιας έως τη μέση της γραμμής που δημιουργείται από το σημείο της άπνοιας μέχρι το τέλος του σχήματος.



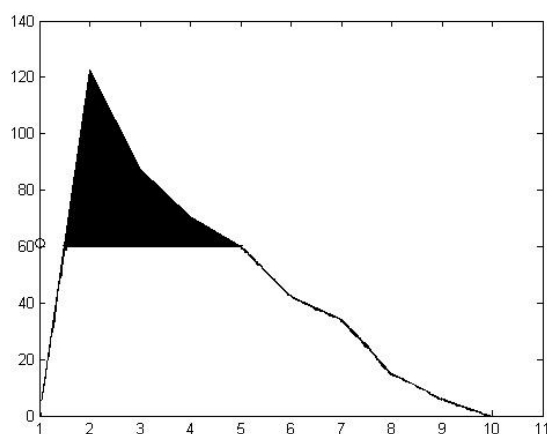
Σχήμα 5.5 Έμβασον από το μέσο αριστερά ως το τέλος

Η ένατη μέτρηση είναι το έμβασον που σχηματίζεται από τη νοητή ευθεία που ενώνει την αρχή του σχήματος με το σημείο της άπνοιας και τη γραμμή που ενώνει τα αντίστοιχα σημεία. Και η δέκατη μέτρηση είναι η ανάλογη για τα σημεία όμως της άπνοιας και του τέλους του σχήματος (Σχήμα 6.6).



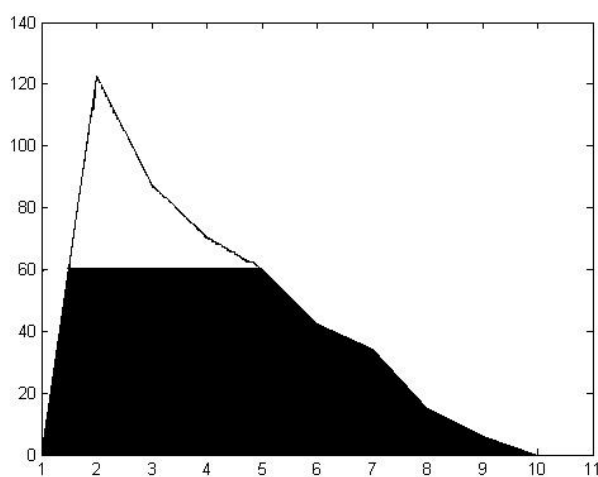
Σχήμα 6.6 Έμβασον από την άπνοια ως το τέλος

Επόμενο μέγεθος είναι το άνω έμβασον, δηλαδή η περιοχή από τη μέση του σχήματος ως την άπνοια (Σχήμα 5.7).



Σχήμα 5.7 Άνω μισό εμβαδόν

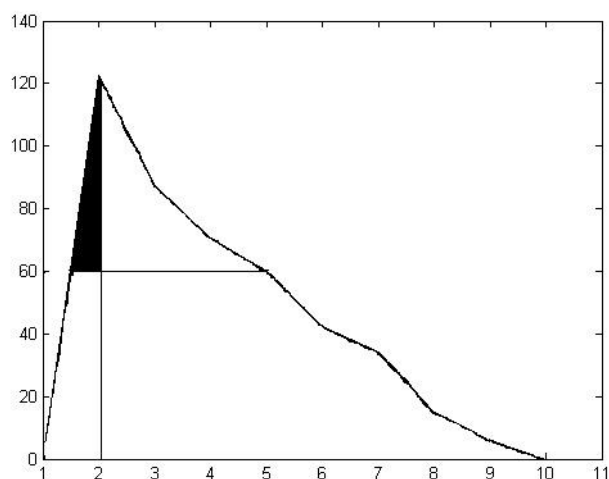
Δωδέκατο μέγεθος είναι το κάτω εμβαδόν, από τη μέση του σχήματος ως τα σημεία που το σχήμα σταματάει (Σχήμα 5.8). Ενώ η δέκατη τρίτη μετρική είναι ο λόγος του άνω εμβαδού προς το κάτω.



Σχήμα 5.8 Κάτω μισό εμβαδόν

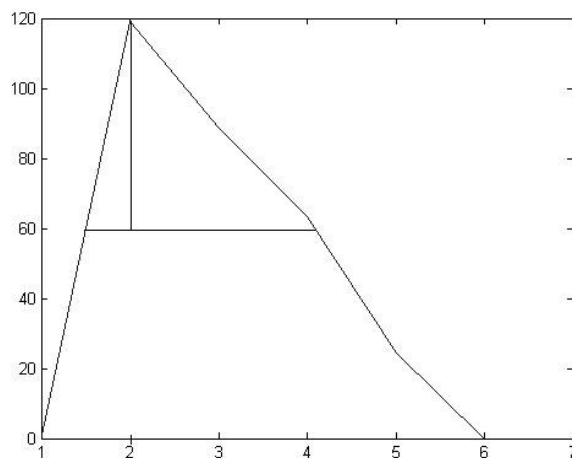
Οι επόμενες μετρήσεις είναι αντίστοιχες με τις προηγούμενες, αλλά για το μισό σχήμα, δηλαδή το σχήμα από το σημείο της άπνοιας ως το σημείο που προκύπτει αν χωριστεί το σχήμα στη μέση, βρίσκοντας το μέσο από το σημείο της άπνοιας ως το τέλος του σχήματος.

Το δέκατο τέταρτο μέγεθος είναι στο μισό σχήμα το αριστερό εμβαδόν, δηλαδή το εμβαδόν από την αρχή της άπνοιας ως την κάθετη που προκύπτει από το σημείο της άπνοιας μέχρι τη βάση του μισού σχήματος (Σχήμα 5.9).



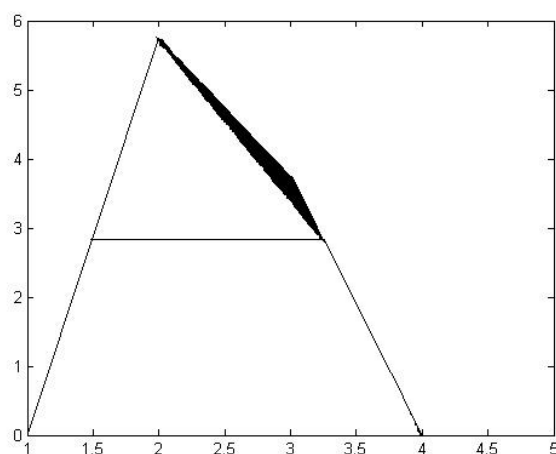
Σχήμα 5.9 Έμβασον άνω αριστερού σχήματος

Το επόμενο μέγεθος είναι το αντίστοιχο έμβασον από την κάθετη πάλι από το σημείο της άπνοιας, ως τη βάση του μισού σχήματος, μέχρι το τέλος του σχήματος. Η δέκατη έκτη μετρική είναι το μισό ύψος, δηλαδή η απόσταση από την άπνοια ως τη νοητή γραμμή στο μέσο του σχήματος (Σχήμα 5.10).



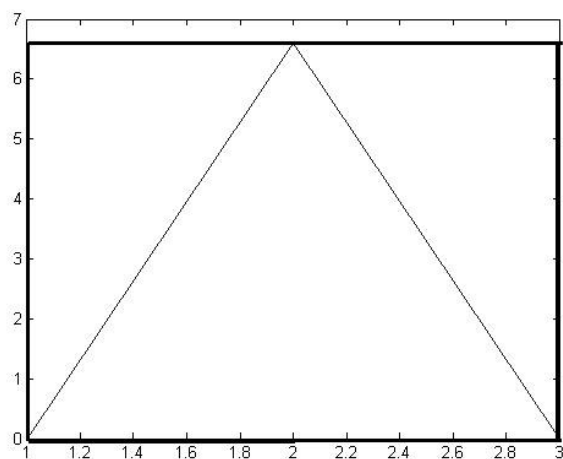
Σχήμα 5.10 Ύψος μισού σχήματος

Επόμενη μετρική είναι το έμβασον από την αρχή του μισού σχήματος ως το σημείο της άπνοιας, αυτή τη φορά όχι ως προς την κάθετη, αλλά ως προς τη νοητή ευθεία από την αρχή του μισού σχήματος ως την άπνοια. Ενώ το δέκατο όγδοο μέγεθος είναι το αντίστοιχο για το σημείο της άπνοιας με το σημείο που τελειώνει το μισό σχήμα (Σχήμα 5.11).



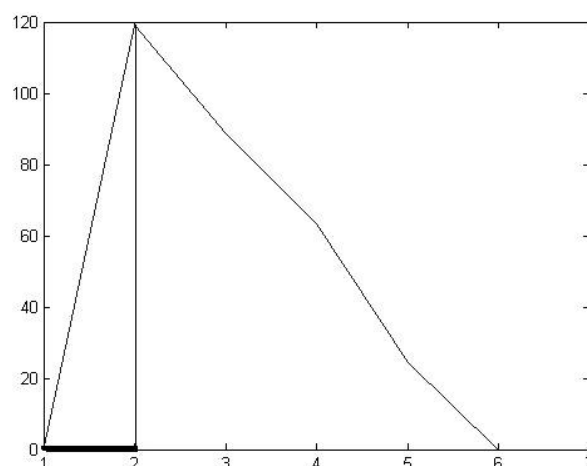
Σχήμα 5.11 Εμβαδόν από την άπνοια ως τη μέση του σχήματος

Μία ακόμα μετρική είναι ο λόγος του εμβαδού του σχήματος προς το εμβαδόν του τετραγώνου που περικλείει το σχήμα της άπνοιας (Σχήμα 5.12).



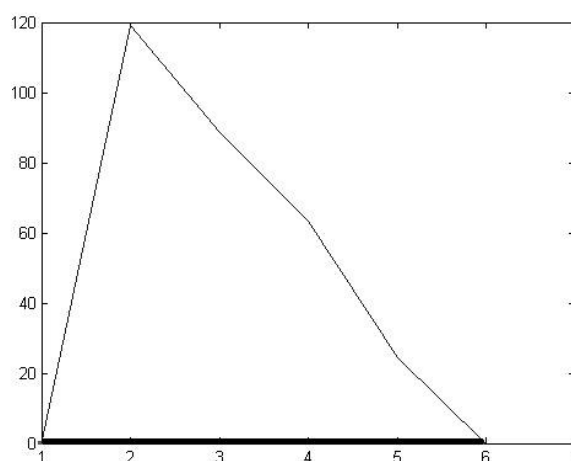
Σχήμα 5.12 Τετράγωνο που περικλείει το σχήμα

Επόμενο μέγεθος είναι η κλίση της αριστερής γραμμής που σχηματίζεται από την αρχή ολόκληρου του σχήματος ως το σημείο της άπνοιας. Και η κλίση της γραμμής από το σημείο της άπνοιας μέχρι το τέλος του σχήματος είναι το εικοστό πρώτο μέγεθος. Ο λόγος της πρώτης κλίσης προς τη δεύτερη είναι μία ακόμη ποσότητα που υπολογίστηκε. Τέλος, η απόσταση από το σημείο που αρχίζει το σχήμα ως το σημείο που τέμνει σε ευθεία το ύψος από το σημείο της άπνοιας είναι το εικοστό τρίτο μέγεθος (Σχήμα 5.13).



Σχήμα 5.13 Απόσταση αρχής ως το ύψος

Επίσης, υπολογίστηκε η απόσταση από το ίδιο σημείο, δηλαδή το σημείο που τέμνει το ύψος της άπνοιας τη βάση του σχήματος ως το τελευταίο σημείο του σχήματος, όπως και ο λόγος της πρώτης απόστασης προς τη δεύτερη. Η επόμενη μετρική είναι η απόσταση από την αρχή του σχήματος μέχρι το τέλος του, δηλαδή το μήκος της βάσης του (Σχήμα 5.14). Τέλος, υπολογίστηκε και η τιμή του ανώτατου σημείου.



Σχήμα 5.14 Απόσταση αρχής ως το τέλος

5.2. Αποτελέσματα

Όλα τα μεγέθη υπολογίστηκαν για όλες τις αποφρακτικές και τις κεντρικές άπνοιες που είχαν όλοι οι ασθενείς. Έπειτα, για να φανεί αν τα δύο είδη απνοιών διαχωρίζονται βρέθηκε η

p-value τιμή μεταξύ του κάθε μεγέθους από τις αποφρακτικές και του αντίστοιχου μεγέθους από τις κεντρικές. Στον πίνακα 5.1 φαίνονται οι μετρικές συγκεντρωμένες καθώς και οι p-value τιμές που έχουν για τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκε φίλτρο 5%.

Πίνακας 5.1 Μετρικές με φίλτρο 5%

όλο το σχήμα	$3.661 \cdot 10^{-4}$
μισό σχήμα αριστερά	0.041
μισό σχήμα δεξιά	$1.605 \cdot 10^{-3}$
μισό σχήμα αριστερά/μισό σχήμα δεξιά	0.455
ύψος	0.044
πλάτος	$6.569 \cdot 10^{-3}$
μέσο αριστερά ως το τέλος	$8.801 \cdot 10^{-3}$
αρχή ως το μέσο δεξιά	$4.469 \cdot 10^{-3}$
εμβαδόν από την αρχή ως την άπνοια	0.208
εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος	0.015
μισό άνω εμβαδόν	$9.849 \cdot 10^{-3}$
μισό κάτω εμβαδόν	$3.817 \cdot 10^{-3}$
μισό άνω εμβαδόν/ μισό κάτω εμβαδόν	0.734
μισό ύψος	0.071
εμβαδόν άνω μισού σχήματος αριστερά	0.194
εμβαδόν άνω μισού σχήματος δεξιά	$6.812 \cdot 10^{-3}$
εμβαδόν από την αρχή του μισού σχήματος ως την άπνοια	0.311
εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος του μισού σχήματος	0.025

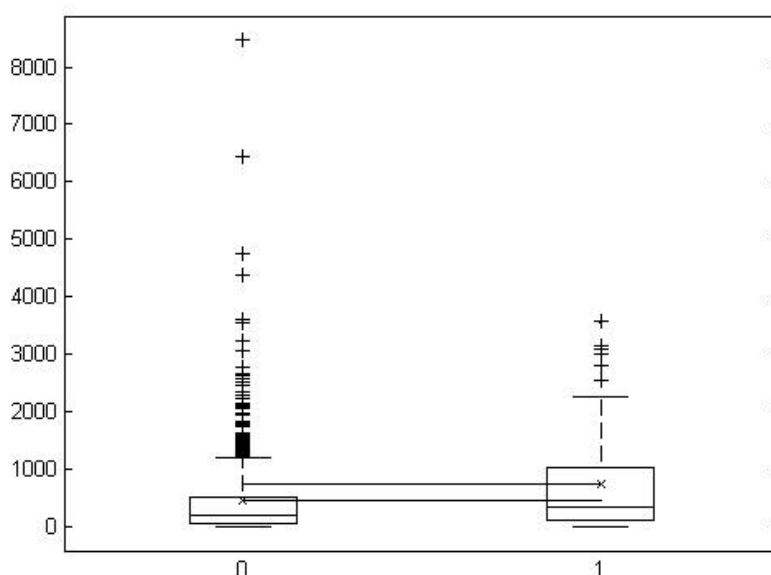
λόγος εμβαδού σχήματος προς το τετράγωνο του	0.480
κλίση αριστερά	0.866
κλίση δεξιά	0.051
κλίσης αριστερά/κλίση δεξιά	0.117
απόσταση αρχής ως το ύψος	0.105
απόσταση από το ύψος ως το τέλος	$2.223 \cdot 10^{-3}$
απόσταση αρχής ως το ύψος/ απόσταση από το ύψος ως το τέλος	0.635
απόσταση από την αρχή ως το τέλος	$3.475 \cdot 10^{-4}$
ανώτατο σημείο	0.918

Από τον πίνακα 5.1 φαίνεται ποιες μετρικές μπορούν να διαχωρίσουν την αποφρακτική από την κεντρική άπνοια και ποιες όχι. Η μετρική που κάνει τον καλύτερο διαχωρισμό είναι αυτή που υπολογίζει το εμβαδόν ολόκληρου του σχήματος. Το συγκεκριμένο μέγεθος έχει τη μικρότερη p-value τιμή από όλα τα υπόλοιπα. Στη συνέχεια, ακολουθεί η απόσταση από την αρχή ως το τέλος του σχήματος, η βάση δηλαδή και αμέσως μετά το άνω μισό εμβαδόν. Επόμενο μέγεθος που κάνει αρκετά καλό διαχωρισμό είναι το εμβαδόν από το μέσο της γραμμής αριστερά μέχρι το τέλος του σχήματος, που δίνει και αυτό πολύ καλό αποτέλεσμα, όπως και το εμβαδόν του άνω μισού σχήματος δεξιά. Μία ακόμη πολύ καλή τιμή είναι το πλάτος στη μέση του σχήματος, όπως και από το εμβαδόν της περιοχής από την αρχή του σχήματος μέχρι το μέσο της απέναντι πλευράς. Το μισό εμβαδόν στην κάτω περιοχή του σχήματος έχει κι αυτό πολύ μικρή τιμή, όπως και η απόσταση στη βάση του σχήματος από το σημείο του ύψους στο σημείο της άπνοιας ως το τέλος, αλλά και το μισό εμβαδόν δεξιά. Οι επόμενες μετρικές κάνουν και αυτές διαχωρισμό μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας, αλλά όχι με τόσο χαμηλή τιμή. Αυτές είναι το εμβαδόν που σχηματίζεται από τη γραμμή από την άπνοια ως το τέλος ολόκληρου του σχήματος με τη νοητή ευθεία που δημιουργείται από τα ίδια σημεία, το εμβαδόν που σχηματίζεται από τη γραμμή από την άπνοια ως τη μέση του σχήματος με τη νοητή ευθεία που δημιουργείται από τα ίδια σημεία,

το εμβαδόν του μισού σχήματος αριστερά, και τέλος το ύψος όλου του σχήματος. Δύο ακόμη μετρικές που έχουν καλές τιμές, αλλά δεν είναι μικρότερες από 0,05, είναι η κλίση της γραμμής δεξιά, όπως και το ύψος του μισού σχήματος. Όλα τα υπόλοιπα μεγέθη δεν καταφέρνουν να διαχωρίσουν τις δύο μορφές άπνοιας.

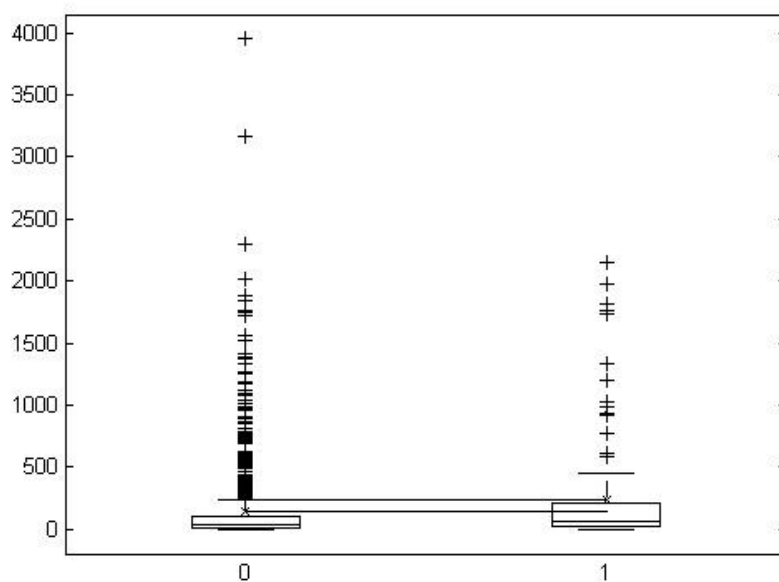
Για τις μετρικές που διαχωρίζουν την αποφρακτική και την κεντρική άπνοια, δηλαδή αυτές που οι p-value τιμές είναι μικρότερες από 0.05, φαίνονται τα box plots τους στα παρακάτω σχήματα. Το πρώτο κουτί είναι η αποφρακτική άπνοια και το δεύτερο η κεντρική.

Τα box plots για όλο το εμβαδόν του σχήματος είναι το σχήμα 5.15, στο οποίο ξεχωρίζει ότι ο μέσος όρος των τιμών της κεντρικής άπνοιας είναι πάνω από την άνω ακμή του ορθογωνίου της αποφρακτικής.

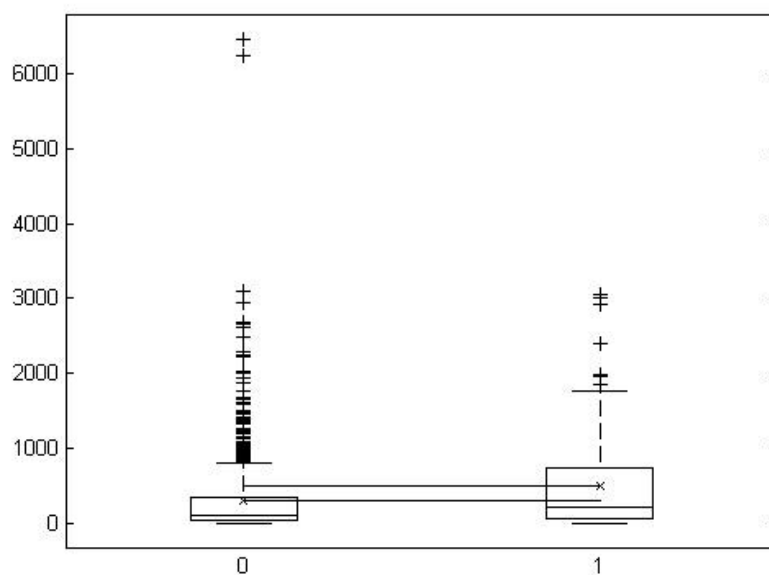


Σχήμα 5.15 Box plot για ολόκληρο το εμβαδόν

Η ίδια παρατήρηση γίνεται και στο σχήμα 5.16, που είναι το εμβαδόν του μισού σχήματος αριστερά και στο σχήμα 5.17 που είναι το εμβαδόν του μισού σχήματος δεξιά.

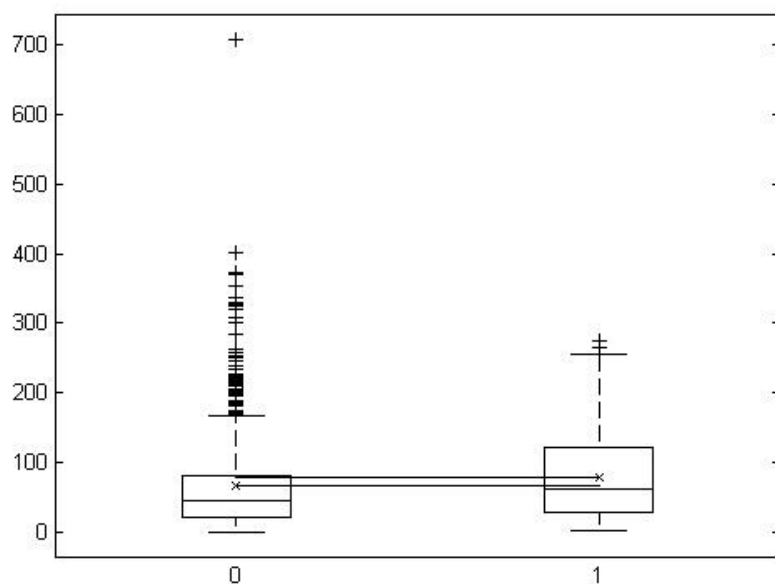


Σχήμα 5.16 Box plot εμβαδόν μισού σχήματος αριστερά



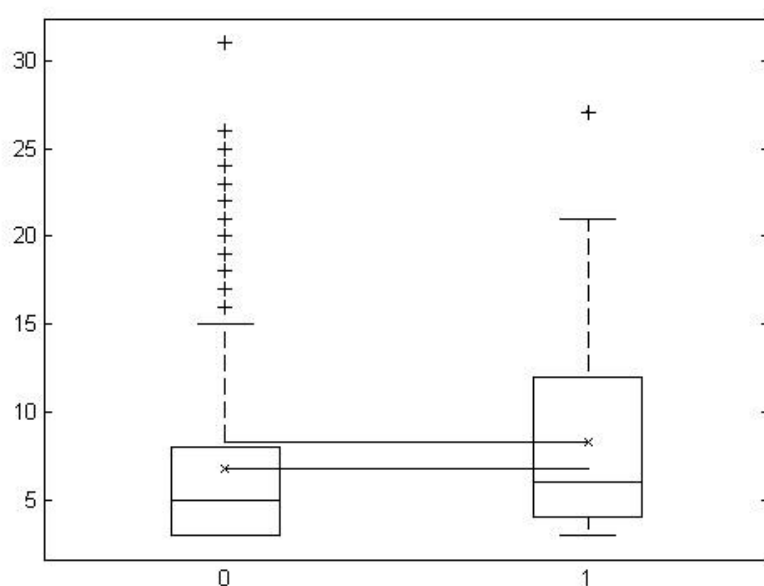
Σχήμα 5.17 Box plot εμβαδόν μισού σχήματος δεξιά

Στο σχήμα 5.18 είναι το ύψος του σχήματος, ο διαχωρισμός σε αυτή τη μετρική είναι μικρότερος, αφού η p value τιμή είναι μεγαλύτερη από τις προηγούμενες μετρικές και αυτό φαίνεται και στο σχήμα, που η διαφορά των δύο ορθογωνίων είναι μικρότερη.



Σχήμα 5.18 Box plot ύψος σχήματος

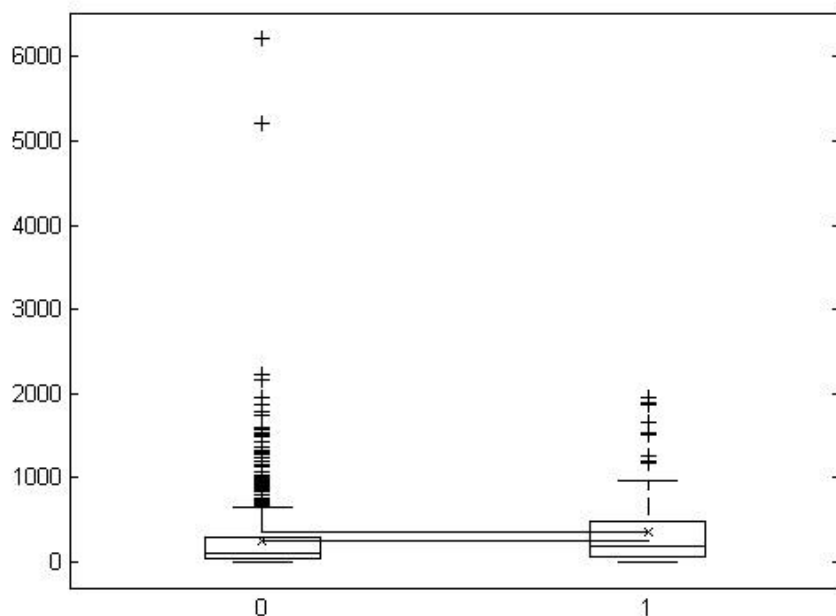
Αντίθετα, το πλάτος στη μέση του σχήματος που έχει αρκετά μικρότερη p value τιμή, ξεχωρίζουν περισσότερο τα box plots μεταξύ των δύο μορφών άπνοιας (Σχήμα 5.19).



Σχήμα 5.19 Box plot πλάτος στη μέση του σχήματος

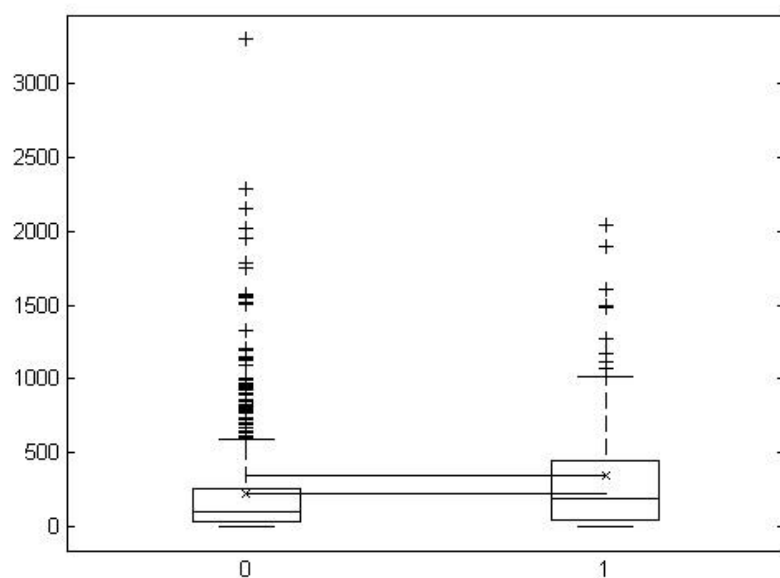
Στο εμβαδόν από τη μέση της αριστερής πλευράς του σχήματος ως το τέλος της απέναντι

πλευράς, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.20, η μέση τιμή της κεντρικής άπνοιας, φθάνει λίγο πιο πάνω από την άνω ακμή του ορθογωνίου της αποφρακτικής.

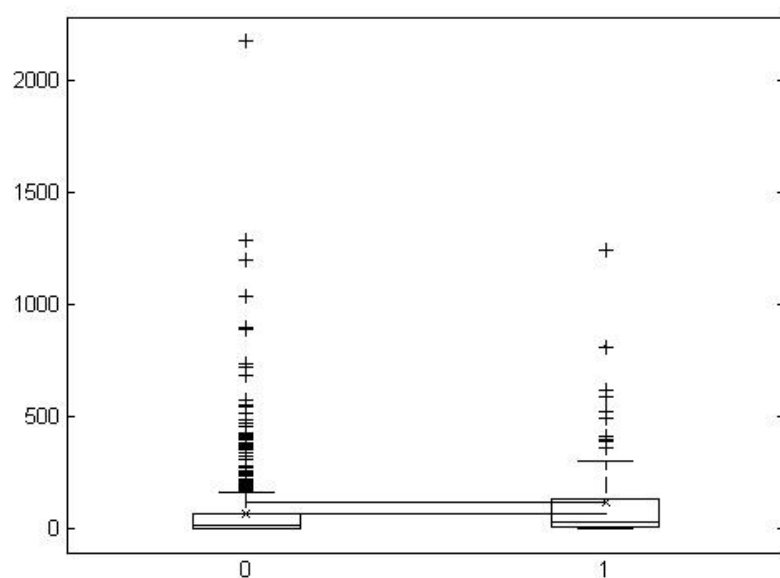


Σχήμα 5.20 Box plot μέσο αριστερά ως τέλος απέναντι πλευράς

Στο σχήμα 5.21, που είναι το εμβαδόν από την αρχή του σχήματος ως το μέσο της απέναντι πλευράς τα ορθογώνια διαχωρίζονται καλύτερα, όπως και από το εμβαδόν που σχηματίζεται από τη νοητή ευθεία που ενώνει το σημείο της άπνοιας με το τέλος του σχήματος και τη γραμμή που ενώνει τα αντίστοιχα σημεία αν και τα μεγέθη των ορθογωνίων είναι μικρότερα (Σχήμα 5.22).

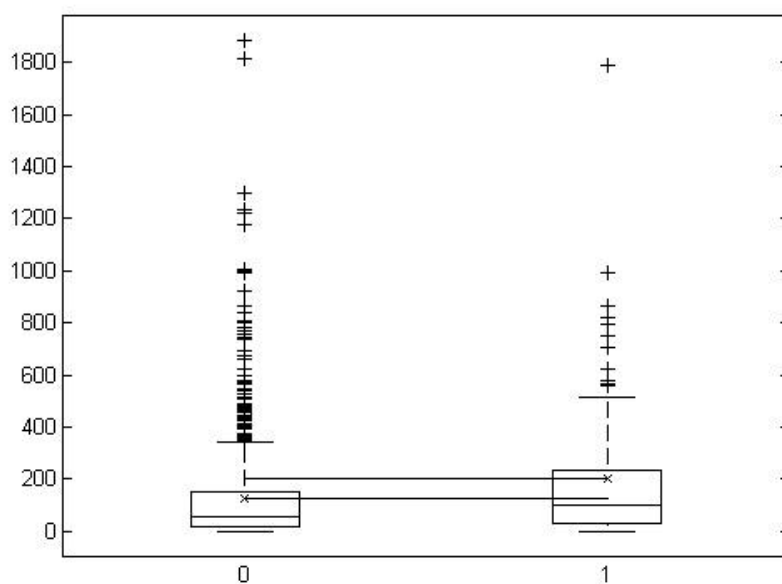


Σχήμα 5.21 Box plot αρχή σχήματος ως το μέσο της απέναντι πλευράς



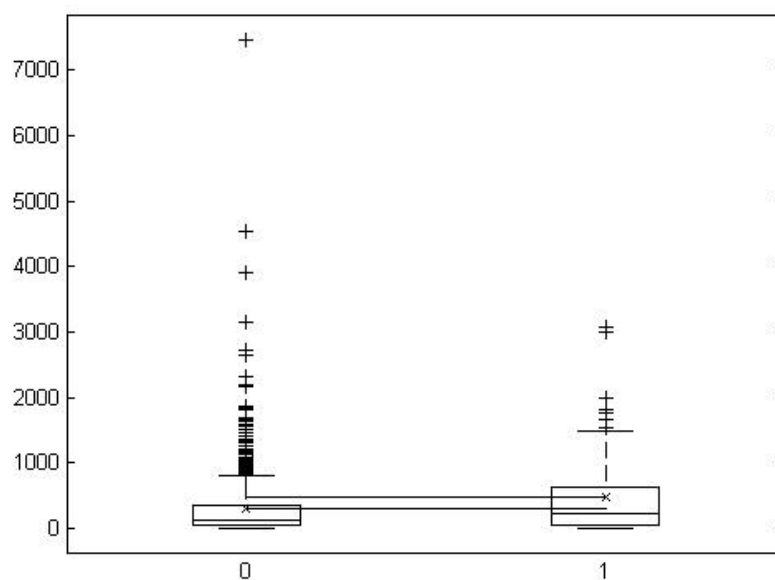
Σχήμα 5.22 Box plot εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος

Ανάλογες είναι και οι παρατηρήσεις για το σχήμα 5.23, που δείχνει τα box plots για το εμβαδόν από το άνω μισό σχήμα.



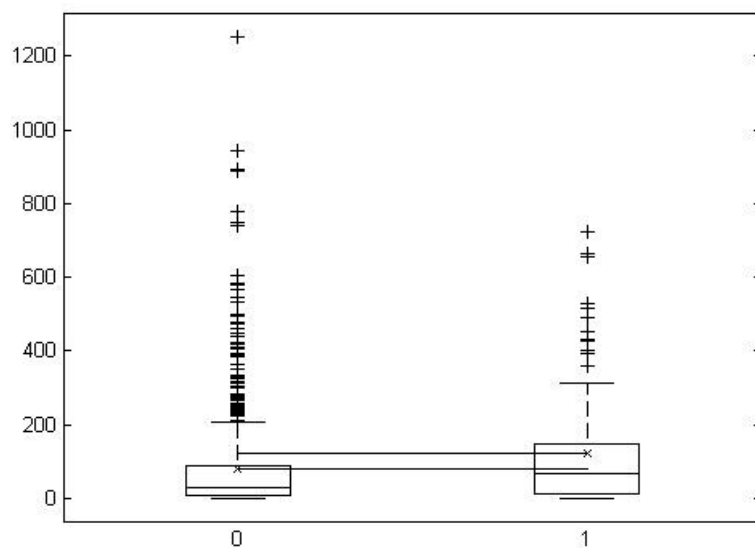
Σχήμα 5.23 Box plot άνω μισό εμβαδόν

Στο σχήμα 5.24 είναι τα box plots για το κάτω μισό εμβαδόν, όπου και το η μέση τιμή και το άνω όριο του ορθογωνίου της κεντρικής άπνοιας είναι παραπάνω από τα αντίστοιχα της αποφρακτικής.



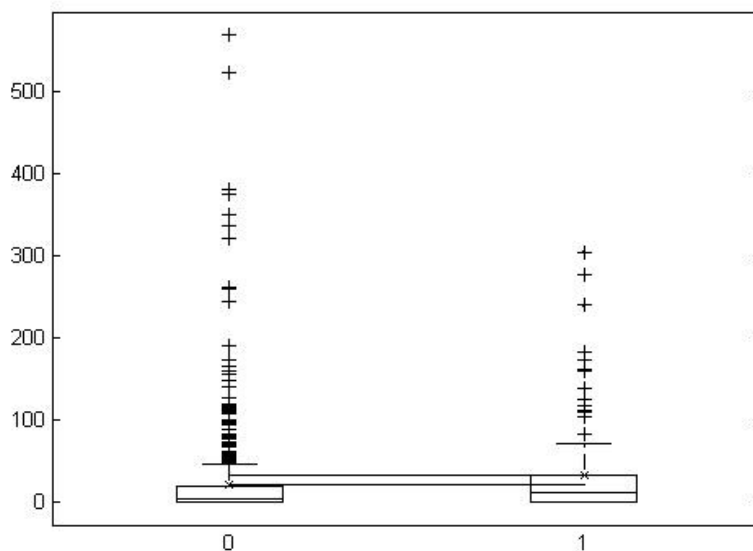
Σχήμα 5.24 Box plot κάτω μισό εμβαδόν

Στα box plot από το εμβαδόν του άνω μισού σχήματος στα δεξιά παρατηρείται πάλι, η μέση τιμή και το άνω όριο του ορθογωνίου της κεντρικής άπνοιας να είναι μεγαλύτερο από της αποφρακτικής (Σχήμα 5.25).



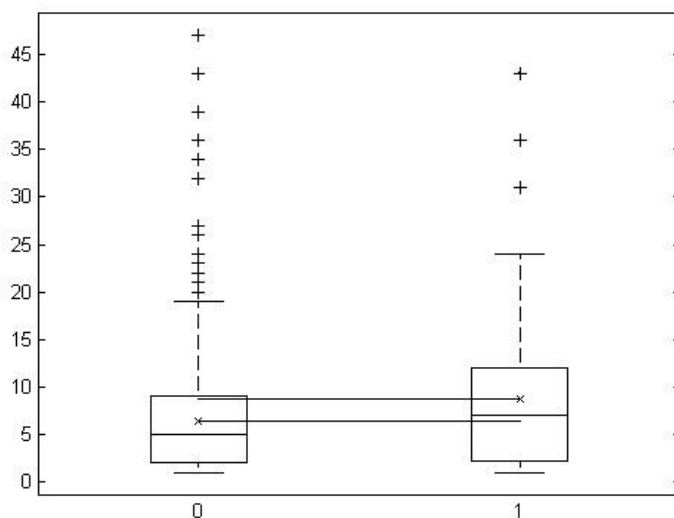
Σχήμα 5.25 Box plot άνω μισό εμβαδόν δεξιά του σχήματος

Ίδια είναι τα συμπεράσματα και για το εμβαδόν που σχηματίζεται από τη νοητή ευθεία που ενώνει το σημείο της άπνοιας με το μέσο της δεξιάς πλευράς σχήματος και τη γραμμή που ενώνει τα αντίστοιχα σημεία, αλλά οι διαφορές δεν είναι τόσο έντονες (Σχήμα 5.26).



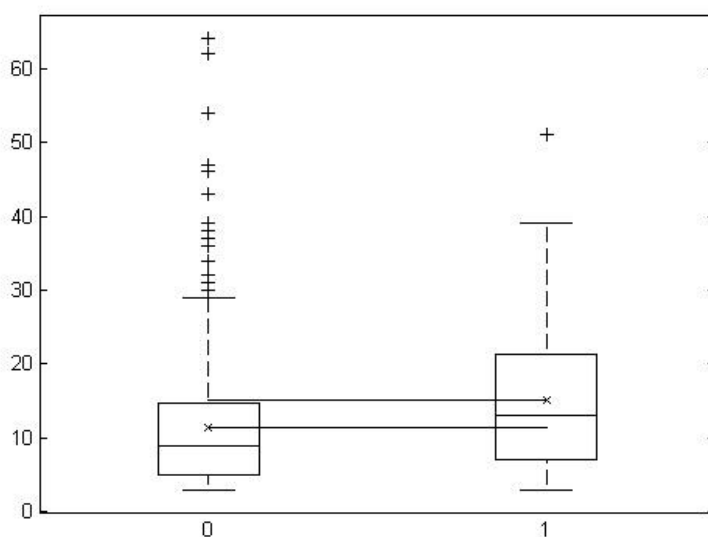
Σχήμα 5.26 Box plot άπνοια ως το μέσο της δεξιάς πλευράς

Στο σχήμα 5.27 είναι τα box plots από την απόσταση από το ύψος ολόκληρου του σχήματος ως το τέλος, η μέση τιμή της κεντρική άπνοιας είναι ακριβώς στο άνω όριο του ορθογωνίου της αποφρακτικής.



Σχήμα 5.27 Box plot απόσταση από το ύψος ως το τέλος

Τέλος, στο πλάτος ολόκληρου του σχήματος που κάνει καλό διαχωρισμό, η μέση τιμή της κεντρικής άπνοιας είναι πάνω από το άνω όριο του ορθογωνίου της αποφρακτικής και το άνω όριο του ορθογωνίου της κεντρικής είναι αρκετά παραπάνω από αυτό της αποφρακτικής (Σχήμα 5.28).



Σχήμα 5.28 Box plot απόσταση από την αρχή ως το τέλος

Γενικά, τα box plots από όλες τις μετρικές έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά. Στα περισσότερα και κυρίως σε αυτά που τα p-values είχαν αρκετά χαμηλή τιμή, η μέση τιμή της κεντρικής άπνοιας ήταν πάνω από την άνω ακμή της αποφρακτικής, δηλαδή πάνω από το 75% των τιμών της. Ακόμη, η άνω ακμή του ορθογωνίου της κεντρικής άπνοιας ήταν αρκετά παραπάνω από αυτή της αποφρακτικής στις περισσότερες περιπτώσεις.

Ο πίνακας 5.2 περιέχει τις ίδιες μετρικές με τον πίνακα 5.1, αλλά για τα δεδομένα για τα οποία δε χρησιμοποιήθηκε φίλτρο. Οι μετρικές που κάνουν διαχωρισμό είναι ίδιες, με τη διαφορά ότι δε περιλαμβάνεται το αριστερό εμβαδόν ολόκληρου του σχήματος και προστέθηκε το ύψος του μισού σχήματος, η κλίση της γραμμής αριστερά και ο λόγος της κλίσης της γραμμής αριστερά προς την κλίση της γραμμής δεξιά.

Πίνακας 5.2 Μετρικές χωρίς φίλτρο

όλο το σχήμα	$7.972 \cdot 10^{-4}$
μισό σχήμα αριστερά	0.195
μισό σχήμα δεξιά	$5.657 \cdot 10^{-4}$
μισό σχήμα αριστερά/μισό σχήμα δεξιά	0.415
ύψος	$1.931 \cdot 10^{-3}$
πλάτος	$9.371 \cdot 10^{-5}$
μέσο αριστερά ως το τέλος	$4.136 \cdot 10^{-4}$
αρχή ως το μέσο δεξιά	$1.024 \cdot 10^{-3}$
εμβαδόν από την αρχή ως την άπνοια	0.128
εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος	$2.142 \cdot 10^{-3}$
μισό άνω εμβαδόν	$1.053 \cdot 10^{-3}$
μισό κάτω εμβαδόν	$4.441 \cdot 10^{-4}$
μισό άνω εμβαδόν/ μισό κάτω εμβαδόν	0.575

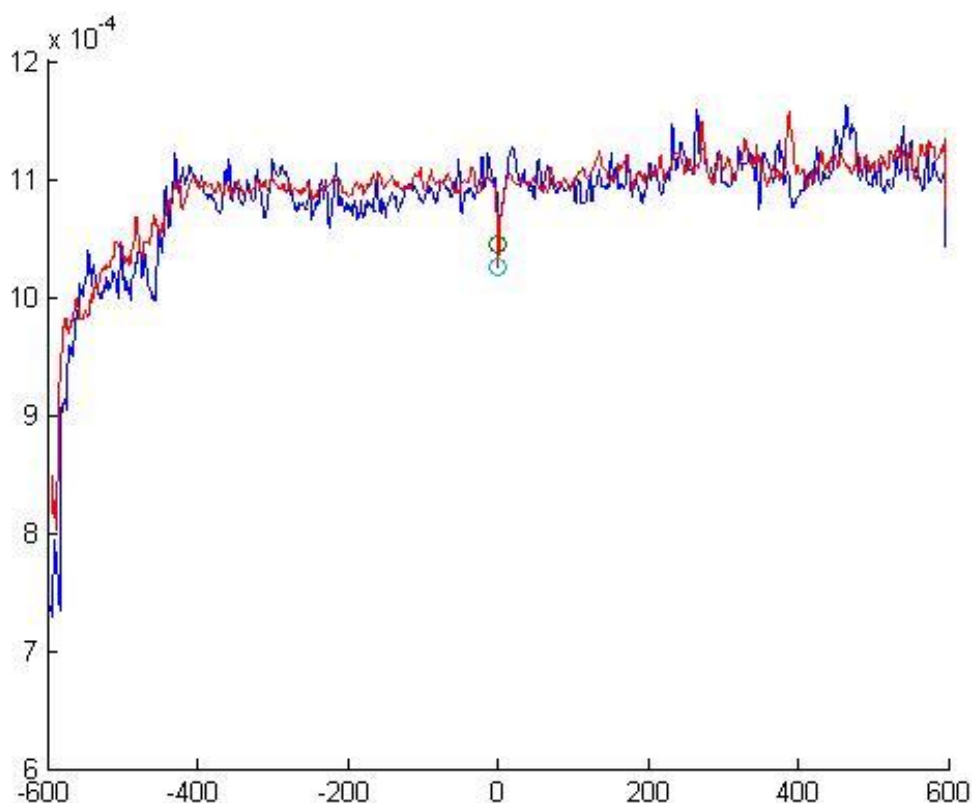
μισό ύψος	$2.518 \cdot 10^{-3}$
εμβαδόν άνω μισού σχήματος αριστερά	0.063
εμβαδόν άνω μισού σχήματος δεξιά	$9.979 \cdot 10^{-4}$
εμβαδόν από την αρχή του μισού σχήματος ως την άπνοια	0.250
εμβαδόν από την άπνοια ως το τέλος του μισού σχήματος	0.030
λόγος εμβαδού σχήματος προς το τετράγωνο του	0.336
κλίση αριστερά	0.190
κλίση δεξιά	0.014
λόγος κλίσης αριστερά/κλίση δεξιά	0.039
απόσταση αρχής ως το ύψος	0.122
απόσταση από το ύψος ως το τέλος	$1.108 \cdot 10^{-4}$
απόσταση αρχής ως το ύψος/ απόσταση από το ύψος ως το τέλος	0.285
απόσταση από την αρχή ως το τέλος	$1.466 \cdot 10^{-4}$
ανώτατο όριο	0.214

5.3. Διαγράμματα

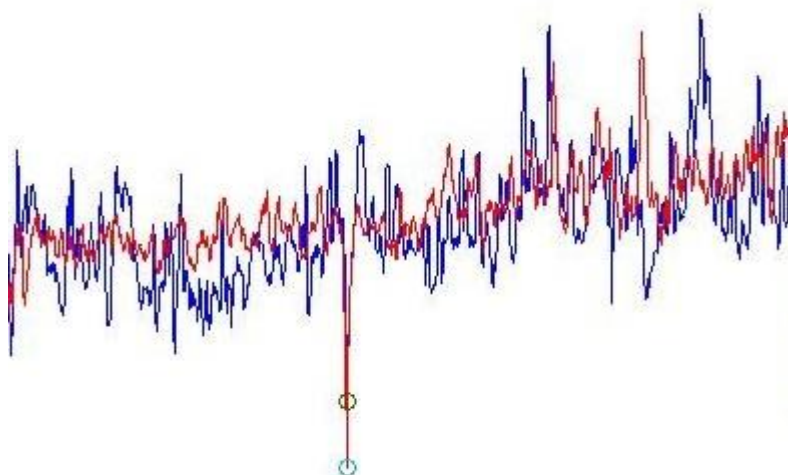
Ακολουθούν κάποια διαγράμματα με τη μορφή του ρυθμού της καρδιάς κατά την άπνοια. Και εδώ ισχύουν τα ίδια με προηγουμένως. Δηλαδή, κάθε σημείο έχει υπολογιστεί ως ο μέσος όρος 4 σημείων και τα διαγράμματα δείχνουν το μέσο όρο για όλους τους ασθενείς. Το σημείο 0 του άξονα x είναι η έναρξη της άπνοιας, ο άξονας x είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα

και ο άξονας y έχει το μέσο όρο του ρυθμού της καρδιάς.

Το σχήμα 5.28 έχει το ρυθμό της καρδιάς για την αποφρακτική και την κεντρική άπνοια. Το κόκκινο χρώμα είναι η αποφρακτική και το μπλε η κεντρική άπνοια. Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι η αποφρακτική άπνοια έχει υψηλότερες τιμές, αφού βρίσκεται πιο πάνω από την κεντρική στον άξονα y. Ωστόσο τη στιγμή της άπνοιας η πτώση του ρυθμού της καρδιάς είναι μεγαλύτερη στην αποφρακτική άπνοια, γιατί όπως φαίνεται στα σχήματα 5.29 και 5.30 που είναι το σχήμα 5.28 μετά από zoom, η κόκκινη γραμμή φτάνει αρκετά κάτω από τη μπλε, τη στιγμή της άπνοιας, οπότε και ο ρυθμός της καρδιάς μειώνεται περισσότερο στην αποφρακτική από ότι στην κεντρική άπνοια.

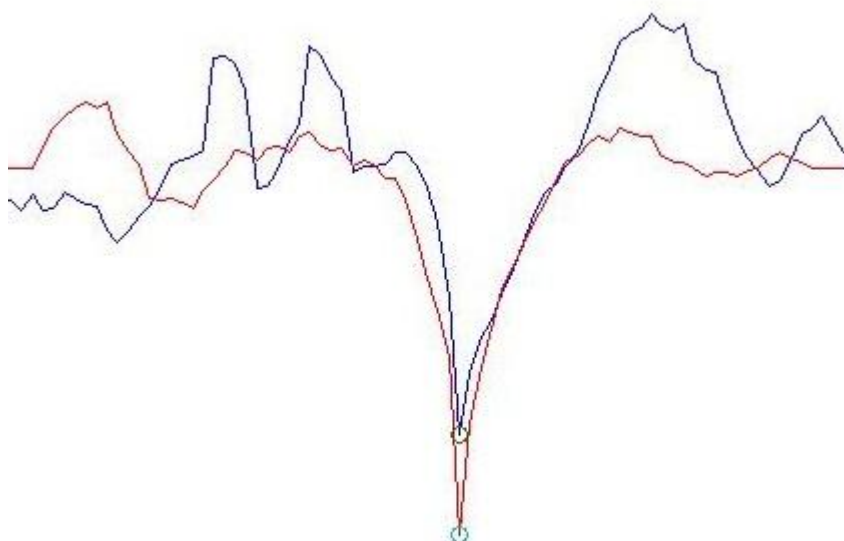


Σχήμα 5.28 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας



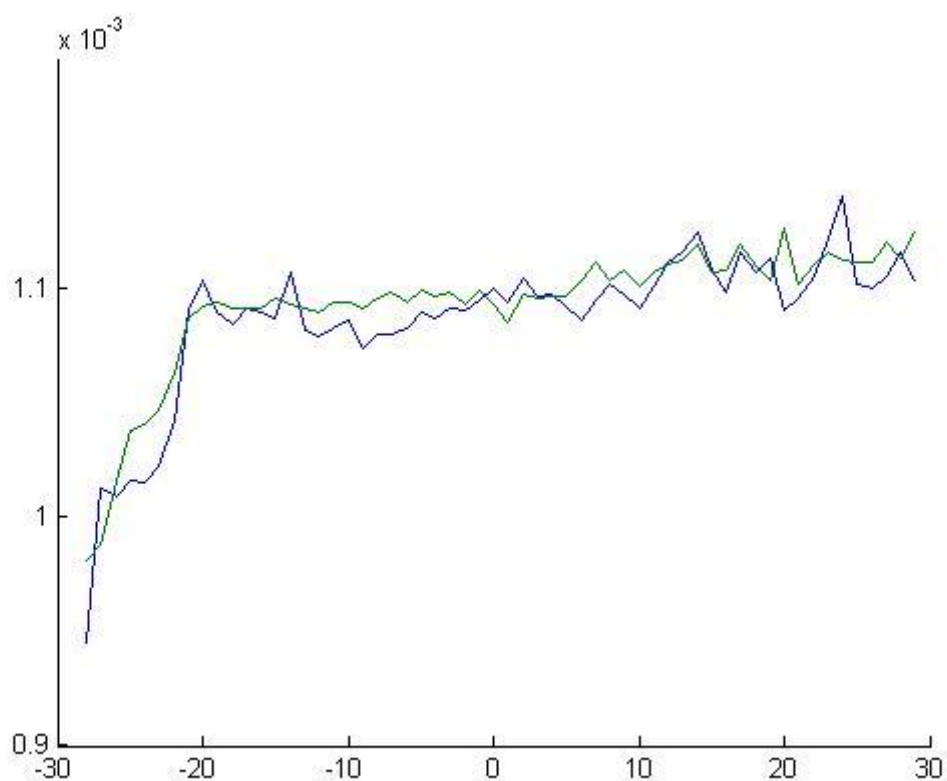
Σχήμα 5.29 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας-2

Η διαφορά μεταξύ των δύο μορφών άπνοιας κατά τη διάρκεια της άπνοιας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.30 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας κοντά στην άπνοια

Στο σχήμα 5.31 είναι πάλι η αποφρακτική και η κεντρική άπνοια, υπολογίζοντας το μέσο όρο του σχήματος 5.28 ανά 20 σημεία, ώστε να φανεί καλύτερα ο διαχωρισμός των δύο μορφών. Η πράσινη γραμμή είναι η αποφρακτική και η μπλε είναι η κεντρική άπνοια. Οι δύο γραμμές δείχνουν να ξεχωρίζουν καλά.



Σχήμα 5.31 Σύγκριση αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας ανά 20 σημεία

Παρατηρώντας τα τελικά διαγράμματα στις δύο μορφές άπνοιας και συνδυάζοντας τα με τα αποτελέσματα από τις μετρικές, το συμπέρασμα είναι ότι το σχήμα της αποφρακτικής άπνοιας έχει μεγαλύτερο βάθος, οπότε ο ρυθμός της καρδιάς πέφτει περισσότερο στην αποφρακτική άπνοια από ότι στην κεντρική. Μία ακόμη διαπίστωση είναι ότι η μορφή του σχήματος είναι παρόμοια στις δύο κατηγορίες άπνοιας και γι' αυτό μερικές μετρικές δεν τα διαχωρίζουν, όπως ο λόγος του εμβαδού της δεξιάς με την αριστερή πλευρά. Αυτό είναι αναμενόμενο και από τα συμπτώματα των δύο μορφών άπνοιας που δε διαφέρουν πολύ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

6.1 Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης

6.2 Απόδοση Μηχανής

6.1. Μηχανές Διανυσματικής Υποστήριξης

Τα αποτελέσματα από τις μετρικές χρησιμοποιήθηκαν σε μηχανή διανυσματικής υποστήριξης, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο οι μετρικές μπορούν να κατηγοριοποιήσουν τα δεδομένα σωστά σε αποφρακτική και κεντρική άπνοια. Η μηχανή διανυσματικής υποστήριξης[17] εκπαιδεύεται ώστε να βρει ένα υπερεπίπεδο με το οποίο προσπαθεί να διαχωρίσει τα δεδομένα στις κατηγορίες τους. Το υπερεπίπεδο αυτό είναι ένα περιθώριο μεταξύ των δεδομένων, το οποίο όσο μεγαλύτερο είναι τόσο καλύτερος διαχωρισμός γίνεται.

Η εξίσωση του υπερεπιπέδου[8] είναι:

$$w^T x + b = 0$$

όπου $w, x \in \mathbb{R}^d$ και $b \in \mathbb{R}$

Έστω $\{(x_i, y_i), i = 1, \dots, l\}$

Ένα σύνολο εκπαίδευσης από l παραδείγματα, όπου $x \in \mathbb{R}^d$ και $y \in \{-1, 1\} \subset \mathbb{R}$

Αν το σύνολο εκπαίδευσης που δίνεται ως είσοδο είναι γραμμικά διαχωρίσιμο, τότε χρησιμοποιείται για διαχωρισμό η γραμμική συνάρτηση

$$f(x) = w^T x + b$$

έτσι ώστε $y_i f(x_i) \geq 0$, ή $f(x_i) \geq 0$ για $y_i = +1$ και $f(x_i) < 0$ για $y_i = -1$

Για να βρεθεί το υπερεπίπεδο με το μέγιστο περιθώριο, πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η συνάρτηση κόστους:

$$J(w) = \frac{1}{2} w^T w = \frac{1}{2} \|w\|^2$$

με τους περιορισμούς $y_i(w^T x_i + b) \geq 1, i = 1, \dots, l$

Στην περίπτωση που το σύνολο εκπαίδευσης δεν είναι ολοκληρωτικά γραμμικά διαχωρίσιμο, ένα σύνολο από μεταβλητές

$$\xi_i \geq 0, i = 1, \dots, l$$

χρησιμοποιείται, που αντιπροσωπεύει το μέγεθος που η γραμμική διαχωρισιμότητα παραβιάζεται:

$$y_i(w^T x_i + b) \geq 1 - \xi_i, \xi_i \geq 0, i = 1, \dots, l$$

και η συνάρτηση κόστους γίνεται:

$$J(w, \xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i$$

με τους παραπάνω περιορισμούς.

C : η απόσταση μεταξύ των σημείων και του υπερεπιπέδου σε σχέση με τις παραβιάσεις των περιορισμών

ξ : διάνυσμα των μεταβλητών

Το πρόβλημα με τους περιορισμούς, λύνεται με τους πολλαπλασιαστές Lagrange και ο υπολογισμός του w γίνεται:

$$w = \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i x_i$$

όπου $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, l$ οι πολλαπλασιαστές Lagrange που σχετίζονται με τους προηγούμενους περιορισμούς, και το πρόβλημα πλέον γίνεται:

$$\max_{\alpha_i} \left\{ \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i (y_i y_j x_i x_j) \alpha_j \right\}$$

με τους περιορισμούς $\alpha_i \geq 0, \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$

Η συνάρτηση που ταξινομεί το σύνολο ελέγχου είναι:

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^l (\alpha_i y_i x x_i + b) \right)$$

Όπου το b υπολογίζεται από τη συνάρτηση $y_i(w x_i + b) = 1$

Όταν σε κάποιο σύνολο δεδομένων, ο γραμμικός ταξινομητής δεν έχει καλή απόδοση και χρειάζεται να γίνουν οι υπολογισμοί σε μεγαλύτερες διαστάσεις, αυτό γίνεται με μηχανές διανυσματικής υποστήριξης βασισμένες στον πυρήνα.

Έστω $\Phi(\cdot)$ ένας μη γραμμικό τελεστής που αντιστοιχεί στο διάνυσμα εισόδου x σε χώρο υψηλότερης διάστασης. Για τα νέα σημεία, το πρόβλημα γίνεται:

$$\min J(w, \xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i$$

με τους περιορισμούς

$$y_i(w^T \Phi(x_i) + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, l$$

Η μόνη μορφή στην οποία εμφανίζεται η αντίστοιχηση είναι:

$$K(x_i, x_j) = \Phi^T(x_i) \Phi(x_j)$$

Επομένως, η αντίστοιχηση εμφανίζεται μόνο στη συνάρτηση πυρήνα $K(\cdot, \cdot)$

Αυτή τη φορά, το πρόβλημα είναι:

$$\max_{\alpha_i} \left\{ \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i (y_i y_j K(x_i, x_j)) \alpha_j \right\}$$

με περιορισμούς $\alpha_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$

Η συνάρτηση που ταξινομεί τον πίνακα ελέγχου είναι τώρα:

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^l (\alpha_i y_i K(x, x_i) + b) \right)$$

Μία από τις πιο συνηθισμένες συναρτήσεις πυρήνα που χρησιμοποιήθηκε και στη διατριβή είναι η RBF(Radial Basis Function) kernel. Ο τύπος αυτής της συνάρτησης:

$$K(x, x') = \exp \left(-\gamma \|x - x'\|^2 \right) \quad \text{ή} \quad K(x, x') = \exp \left(-\frac{\|x - x'\|^2}{2\sigma^2} \right)$$

όπου γ είναι μία παράμετρος μπορεί να θεωρηθεί ως το αντίστροφο της ακτίνας επιρροής των συνόλων εκπαίδευσης που επιλέγονται. Μικρές τιμές του γ αντιστοιχούν σε μεγάλη ακτίνα, ενώ μεγάλες τιμές του γ σε μικρή ακτίνα.

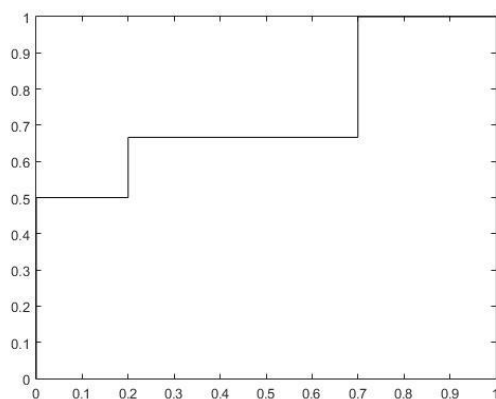
6.2. Απόδοση Μηχανής

Επομένως, η μηχανή διανυσματικής υποστήριξης παίρνει ως είσοδο δεδομένα από διαφορετικές κατηγορίες και βρίσκει το κατάλληλο υπερεπίπεδο που θα διαχωρίσει τα δεδομένα και στη συνέχεια θα μπορέσουν να ταξινομηθούν σωστά στις κατηγορίες τους.

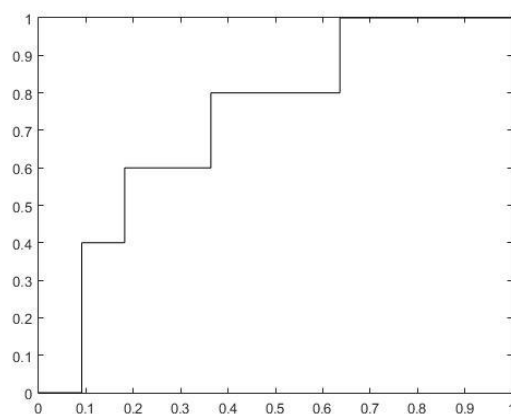
Στην περίπτωση των τιμών από τις μετρικές που υπολογίστηκαν, ο ταξινομητής παίρνει ως είσοδο δεδομένα από τις δύο κατηγορίες, συγκεκριμένα παίρνει όλα τα δεδομένα από την κεντρική και διαλέγει τυχαία δεδομένα από την αποφρακτική, διαλέγοντας με τη μέθοδο cross validation ένα σύνολο εκπαίδευσης και το 5% των υπόλοιπων δεδομένων ως σύνολο ελέγχου. Στη συνέχεια, εκπαιδεύεται με βάση αυτά τα δεδομένα και τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζεται, γίνεται γενίκευση και ο αλγόριθμος προβλέπει για τα υπόλοιπα δεδομένα σε ποια κατηγορία ανήκουν.

Η μηχανή διανυσματικής υποστήριξης υπολογίστηκε για τα δεδομένα χωρίς φίλτρο και για αυτά με φίλτρο 5%. Αρχικά επιλέγονται όσες μετρικές πετυχαίνουν το διαχωρισμό, έχοντας p-value τιμή μικρότερη από 0.05, δηλαδή το εμβαδόν από ολόκληρο το σχήμα, το εμβαδόν από το μισό σχήμα αριστερά και το εμβαδόν από το μισό σχήμα δεξιά, το ύψος, το πλάτος, το εμβαδόν από το μέσο της αριστερής γραμμής ως το τέλος του σχήματος, όπως και το εμβαδόν από την αρχή του σχήματος μέχρι το μέσο της απέναντι πλευράς. Ακόμη, το εμβαδόν που σχηματίζεται από τη δεξιά γραμμή και την ευθεία που έχει ως άκρα τα ίδια σημεία της γραμμής, το άνω μισό εμβαδόν όπως και το κάτω μισό, το άνω μισό εμβαδόν από δεξιά και η γραμμή από την άπνοια ως το μέσο της πλευράς δεξιά με την αντίστοιχη γραμμή. Τέλος, η απόσταση από το ύψος ως το τέλος και η απόσταση από την αρχή ως το τέλος. Από αυτές τις μετρικές επιλέχθηκαν ορισμένες με βάση τα αποτελέσματα από τις καμπύλες ROC (Receiver Operating Characteristic), και συγκεκριμένα με βάση το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ROC. Οι καμπύλες ROC, δείχνουν σε γραφική παράσταση τη συμπεριφορά ενός

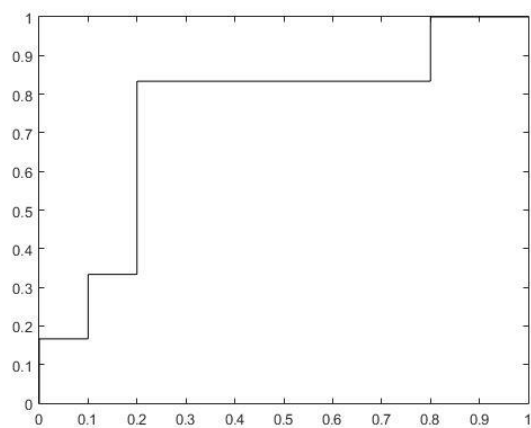
χαρακτηριστικού ως προς την απόδοσή στην ταξινόμηση των δεδομένων. Το μεγαλύτερο εμβαδόν κάτω από την καμπύλη έδωσαν το εμβαδόν όλου του σχήματος(Σχήμα 6.1), το εμβαδόν από το μισό σχήμα δεξιά(Σχήμα 6.2), το εμβαδόν από το μέσο της γραμμής από την αρχή του σχήματος ως το τέλος του σχήματος(Σχήμα 6.3), το εμβαδόν από την αρχή του σχήματος μέχρι το μέσο της απέναντι πλευράς(Σχήμα 6.4) και το κάτω μισό εμβαδόν(Σχήμα 6.5). Τα άλλα χαρακτηριστικά έχουν καμπύλες σαν αυτές στα σχήματα 6.6 και 6.7.



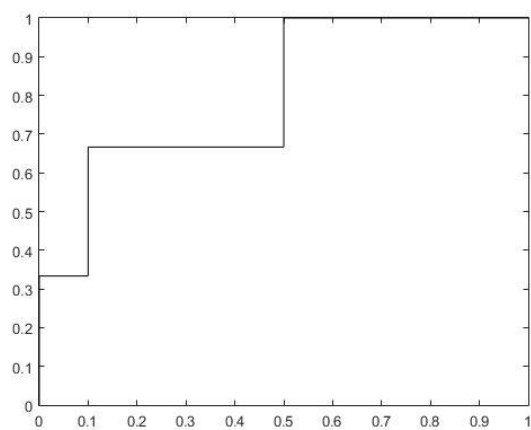
Σχήμα 6.1 ROC εμβαδόν ολόκληρου του σχήματος



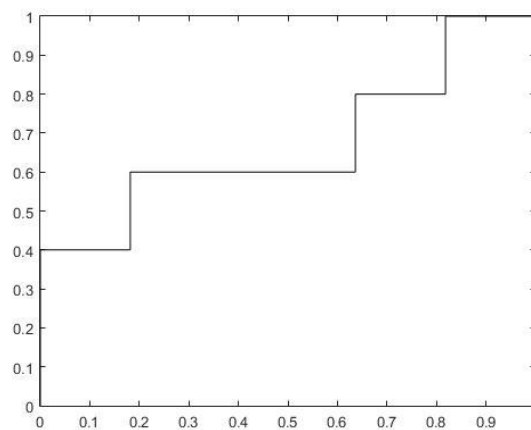
Σχήμα 6.2 ROC εμβαδόν μισού σχήματος δεξιά



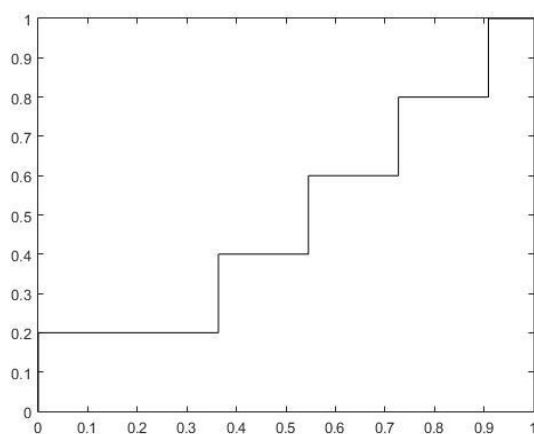
Σχήμα 6.3 ROC εμβαδόν μέσο αριστερά ως το τέλος της απέναντι πλευράς



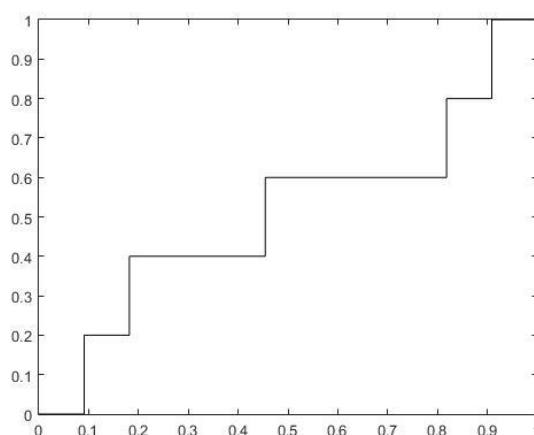
Σχήμα 6.4 ROC εμβαδόν αρχή σχήματος ως το μέσο της απέναντι πλευράς



Σχήμα 6.5 ROC κάτω μισό εμβαδόν



Σχήμα 6.6 ROC χαρακτηριστικό που δεν επιλέχθηκε-1



Σχήμα 6.7 ROC χαρακτηριστικό που δεν επιλέχθηκε-2

Το πείραμα επαναλήφθηκε 100 φορές και ο μέσος όρος για το ποσοστό επιτυχίας είναι 70.18%, δηλαδή περίπου το 70% των περιπτώσεων των δεδομένων κατηγοριοποιούνταν σωστά. Το μέγιστο ποσοστό είναι 72.61%, το ελάχιστο 67.04% και η τυπική απόκλιση είναι 1.20.

Για τα δεδομένα χωρίς φίλτρο, οι μετρικές είναι σχεδόν ίδιες με αυτές του φίλτρου 5%, με τη διαφορά ότι δεν περιλαμβάνεται το μισό εμβαδόν στα αριστερά και προστίθεται το μισό ύψος, η κλίση της δεξιάς γραμμής, ο λόγος της κλίσης της αριστερής γραμμής προς της δεξιάς. Χρησιμοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά έγινε η εκπαίδευση και ο έλεγχος και ο μέσος όρος του ποσοστού επιτυχίας ήταν 70.07%, με μέγιστη τιμή 73.68, ελάχιστη 66.49 και

τυπική απόκλιση 1.21. Επίσης, το πείραμα έγινε και με 10% των δεδομένων να αποτελεί το σύνολο ελέγχου και τα ποσοστά ήταν παρόμοια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

7.1 Συμπεράσματα

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

7.1. Συμπεράσματα

Στη διατριβή αυτή μελετήθηκε το φαινόμενο της άπνοιας σε διάστημα λίγων λεπτών πριν αρχίσει και λίγων λεπτών μετά, με βάση το ρυθμό της καρδιάς και εξετάστηκε αν η καρδιά συμπεριφέρεται διαφορετικά πριν την άπνοια και μετά. Ακόμη, μελετήθηκε η διαφορά μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας, υπολογίζοντας διάφορες γεωμετρικές ιδιότητες της καμπύλης της καρδιάς.

Στη μελέτη της συμπεριφοράς της άπνοιας ως προς τη μεταβολή του ρυθμού της καρδιάς, τα συμπεράσματα είναι αρκετά. Αρχικά, παρατηρείται αλλαγή στη συμπεριφορά πριν και μετά την άπνοια, με σημαντικότερη διαφορά στο διάστημα 10 λεπτά μετά την άπνοια. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται και στη σύγκριση των τιμών του ρυθμού πριν και μετά την άπνοια, και στο διάγραμμα, αλλά και σε όλες τις μεθόδους που υπολογίστηκαν και βασίζονται στα διαστήματα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς, σημαντικές διαφορές. Αυτό οφείλεται στην άνοδο που έχει ο ρυθμός της καρδιάς μετά την άπνοια, η οποία δημιουργεί την έντονη διαφορά στα διαστήματα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς. Η άνοδος αυτή είναι έντονη λόγω της εγρήγορσης της λειτουργίας της καρδιάς με σκοπό να επανέλθει σε φυσιολογική κατάσταση, αλλά και της πιθανότητας αφύπνισης.

Στη σύγκριση μεταξύ αποφρακτικής και κεντρικής άπνοιας, ως προς την καμπύλη που δημιουργείται στο ρυθμό της καρδιάς κατά τη διάρκεια της άπνοιας, παρατηρείται να διαχωρίζονται οι δύο μορφές, αλλά όχι σημαντικά. Στις γεωμετρικές ιδιότητες που μετρήθηκαν, τα μισά αποτελέσματα διαχωρίζουν τις δύο μορφές και τα box plots δείχνουν ότι η μέση τιμή στην κεντρική άπνοια είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της αποφρακτικής. Γενικά, οι δύο μορφές άπνοιας οδηγούν στο συμπέρασμα πως υπάρχει κάποια διαφοροποίηση της καμπύλης του ρυθμού της καρδιάς τη στιγμή της άπνοιας. Ακόμη, από τα διαγράμματα φαίνεται πως ο ρυθμός της καρδιάς πέφτει περισσότερο τη στιγμή της αποφρακτικής άπνοιας σε σχέση με την κεντρική.

Από τις μετρήσεις από τις γεωμετρικές ιδιότητες, αλλά μόνο αυτές που διαχώριζαν τα δεδομένα, με βάση την p-value τιμή, επιλέχθηκαν αυτές που η ROC καμπύλη τους είχε το μεγαλύτερο εμβαδόν και δόθηκαν ως είσοδο σε μία μηχανή διανυσματικής υποστήριξης. Η ικανότητα της μηχανής να ταξινομήσει σωστά τα δεδομένα είναι περίπου 70%.

7.2. Μελλοντικές Επεκτάσεις

Σημαντική επέκταση της διατριβής για το μέλλον είναι να αυξηθούν τα δεδομένα, ώστε να γίνει γενίκευση των συμπερασμάτων σε περισσότερους ασθενείς. Θα πρέπει να προστεθούν και ασθενείς με περισσότερες κεντρικές άπνοιες, ώστε να είναι πιο εύκολο να συγκριθούν οι δύο κατηγορίες και ίσως να βγουν περισσότερα συμπεράσματα.

Ακόμη, ο υπολογισμός περισσότερων χαρακτηριστικών στα διαστήματα πριν και μετά την άπνοια, με μετρικές που χρησιμοποιούν τα διαστήματα μεταξύ των χτύπων της καρδιάς. Το ίδιο μπορεί να γίνει και στις γεωμετρικές ιδιότητες που μπορεί να βοηθήσουν να διαχωριστούν καλύτερα τα δεδομένα.

Επιπλέον, ο συνδυασμός των γεωμετρικών ιδιοτήτων με μετρικές που βασίζονται στο ρυθμό της καρδιάς, όπως SDNN, RMSSD, DCsgn, BBDC, ίσως βοηθήσουν να ξεχωρίσουν περισσότερο οι δύο μορφές άπνοιας και ύστερα να βελτιωθεί το ποσοστό στη μηχανή διανυσματικής υποστήριξης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] S. Andreas, G. Hajak, B. v. Breska, E. R  ther and H. Kreuzer. “Changes in heart rate during obstructive sleep apnea”, *European Respiratory Journal*, vol. 5(7), pp. 853-857, July 1992.
- [2] P. Arsenos and G. Manis. “Deceleration Capacity of heart rate: Two new methods of computation”, *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 14, pp. 158-163, November 2014.
- [3] M.J. Drinnan, J. Allen, P. Langley and A. Murray. “Detection of Sleep Apnoea from Frequency Analysis of Heart Rate Variability”, *Computers in Cardiology*, vol. 27, pp. 259-262, September 2000.
- [4] Adult Obstructive Sleep Apnea Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. “Clinical Guideline for the Evaluation, Management and Long-term Care of Obstructive Sleep Apnea in Adults”, *Journal of Clinical Sleep Medicine*, vol. 5(3), pp. 263-276, June 2009.
- [5] D. Fairbanks and S. Fujita. “Snoring and Obstructive Sleep Apnea”, *Published by Raven Press*, 1994.
- [6] C. Guilleminault, D. Poyares, A. Rosa and YS. Huang. “Heart rate variability, sympathetic and vagal balance and EEG arousals in upper airway resistance and mild obstructive sleep apnea syndromes”, *Sleep Medicine*, vol. 6(5), pp. 451-457, September 2005.
- [7] Δ. Γκ  λης. “Το ροχαλητό και η θεραπεία του”, *Εκδόσεις “Γκ  λης”*, 1998.
- [8] A. Kampouraki, G. Manis and C. Nikou. “Heartbeat Time Series Classification With Support Vector Machines”, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 13(4), pp. 512-518, July 2009.
- [9] C. Maier, M. Bauch and H. Dickhaus. “Recognition and Quantification of Sleep Apnea by Analysis of Heart Rate Variability Parameters”, *Computers in Cardiology*, vol. 27, pp. 741-744, September 2000.
- [10] W. Randerath, B. Sanner and V. Somers. “Sleep apnea Current Diagnosis and

Treatment”, *KARGER Publishers*, 2006.

[11] N. Sadr and P. de Chazal. “Automated Detection of Obstructive Sleep Apnoea by Single-lead ECG through ELM Classification”, *Computing in Cardiology*, vol. 41, pp. 909-912, September 2014.

[12] L. Spicuzza, L. Bernardi, A. Calciati and G.U. Di Maria. “Autonomic Modulation of Heart Rate during Obstructive versus Central Apneas in Patients with Sleep-disordered Breathing”, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 167(6), pp. 902-910, March 2003.

[13] I. Szollosi, H. Krum, D. Kaye and M. Naughton. “Sleep Apnea in Heart Failure Increases Heart Rate Variability and Sympathetic Dominance”, *Sleep*, vol. 30(11), pp. 1509-1514, November 2007.

[14] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. “Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use”, *European Heart Journal*, vol. 17, pp. 354-381, March 1996.

[15] J. Tice. “Portable Devices Used for Home Testing in Obstructive Sleep Apnea”, *Medscape MULTISPECIALTY*, 2010, last seen online 07/06/2015

[16] Helpguide. <http://www.helpguide.org/articles/sleep/sleep-apnea.htm>, last seen online 11/06/2015

[17] Mathworks. <http://www.mathworks.com/>, last seen online 12/06/2015

[18] Sciencedaily. <http://www.sciencedaily.com/>, last seen online 16/06/2015

[19] Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/>, last seen online 12/06/2015

ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Η Μικέλα Κακαράντζα γεννήθηκε στα Ιωάννινα στις 30 Ιουλίου 1991.

Το 2009 εισήχθη στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, από το οποίο αποφοίτησε πρώτη μεταξύ των συμφοιτητών της το 2013 με βαθμό 8.28/10. Κατά τη διάρκεια των σπουδών της, έλαβε υποτροφία και βραβείο από το ΙΚΥ για το πρώτο και το τρίτο έτος σπουδών. Η πτυχιακή της εργασία «Ανάλυση εργαλείων υπολογισμού της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας και ανάρτηση στον Παγκόσμιο Ιστό», αφορούσε στην ανάπτυξη λογισμικού για την ανάλυση σημάτων του καρδιακού ρυθμού.

Το 2013 εισήχθη στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του ίδιου Τμήματος, όπου έλαβε υποτροφία από το Τμήμα για τον πρώτο και δεύτερο χρόνο σπουδών.