



Ανώτατο Τεχνολογικό  
Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης  
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Μηχανολογίας

2011

Μελέτη Επίδρασης Δειγματοληψίας Στην Μέτρηση  
Της Επιτάχυνσης Της Βάδισης



**Η ΑΡΜΟΜΕΤΡΙΑ - ΜΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ  
ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ**

*Ένα σώμα αποτελούμενο από μέλη,  
συμπεριφέρεται με πολλούς τρόπους.*

*Η μέτρηση της μεταβολής της συμπεριφοράς  
των σωμάτων γίνεται με τη μέθοδο της  
αρμομετρίας.*

*Η τροπή του σώματος προς την αρμονία  
εκφράζεται με την αρμοτροπή.*

Σπουδαστής:

**ΣΠΑΝΟΥΔΑΚΗΣ**

**ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ**

Εισηγητής:

**Κος ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ**

**ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

## *Ευχαριστίες*

Πρώτα απ'όλα θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Παπαδάκη Νίκο, που ήταν κάθε φορά που τον χρειάστηκα δίπλα μου και πάντα με τη διάθεση να λύσει οποιαδήποτε απορία και αν μου παρουσιαζόταν.

Ακόμα, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Χρηστάκη Δημήτρη , που μου έδωσε την ευκαιρία να πραγματοποιήσω την πρακτική μου άσκηση στο Αιολικό Πάρκο στο τμήμα της Εμβιομηχανικής. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, να έχω περισσότερο χρόνο για να κατανοήσω καλύτερα το αντικείμενο στο οποίο έχω ασχοληθεί.

Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Τζαγκαράκη Γιώργο, που ήταν μαζί στα πρώτα μου βήματα καθώς με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα και σε συντομότερο χρονικό διάστημα τα στάδια της έρευνας.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλα τα εξεταζόμενα άτομα τα οποία αποτελούσαν το δείγμα των μετρήσεων, για την διεξαγωγή αυτής της έρευνας.

# Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων .....	3
Εισαγωγή.....	6
Γενικά .....	6
Συλλογή στατιστικών στοιχείων.....	7
1 Θεωρητικό Υπόβαθρο Ανάλυσης Σήματος .....	8
1.1 Θεώρημα και Ανάλυση Fourier .....	8
1.1.1 Γενικά.....	10
1.1.2 Εφαρμογή στο πρόβλημα μας.....	11
1.2 Δειγματοληψία - Θεώρημα του Nyquist.....	12
1.3 Power Spectrum .....	16
1.3.1 Φασματική ισχύς σήματος.....	16
1.3.2 Περιοδικότητα και ετερισμός.....	18
1.3.3 Ανακατασκευή σήματος Shannon-Whittaker και Nyquist.....	19
1.4 Θεώρημα Parseval's .....	21
1.4.1 Δήλωση του θεωρήματος Parseval's.....	22
1.4.2 Εφαρμογές.....	22
2 Θεωρητικό Υπόβαθρο Στατιστικής.....	24
2.1 Εκτιμήτριες .....	24
2.2 Έλεγχος υποθέσεων .....	24
2.3 Κατανομή Student- t .....	25
2.3.1 Ιδιότητες της $t_{(d)}$ – κατανομής .....	26
2.3.2 Πίνακας της $t_{(d)}$ – κατανομής των επιλεγμένων αξιών.....	26
2.4 Γενικά.....	29
2.4.1 Ανεξάρτητα δύο δείγματα και αντιστοίχιση δειγμάτων.....	30
2.4.2 Εξαρτημένα ζεύγη δειγμάτων .....	31
2.4.3 Εναλλακτικές λύσεις του t-test για προβλήματα τοποθεσία.....	33
2.4.4 Οι δοκιμές πολλαπλών παραλλαγών.....	33
3 Μετρητικές Διατάξεις και Πρωτόκολλο Μετρήσεων.....	34
3.1 Μετρητική διάταξη → Επιταχυνσιόμετρο.....	34
3.1.1 Εισαγωγή .....	34
3.1.2 Επιταχυνσιόμετρο και περιφερειακές διατάξεις .....	35
3.2 Διάδρομος .....	38
3.3 Πρωτόκολλο .....	39
3.3.1 Προτροπή των εξεταζομένων.....	39
3.3.2 Υποδήματα ένδυση .....	41

3.3.3	Αριθμός μετρήσεων και διάρκεια .....	42
3.3.4	Μέτρηση της γωνίας τοποθέτησης .....	42
3.4	Ανάλυση σήματος βάδισης .....	43
3.4.1	Gait Frequency .....	43
3.4.2	Gait Ensemble.....	44
3.4.3	Gait Frequency Content .....	45
4	Διόρθωση Συντελεστή Χρονισμού της Μετρητικής Διάταξης .....	46
4.1	Εισαγωγή .....	46
4.2	Παρουσίαση προβλήματος .....	46
4.2.1	Επικέντρωση προβλήματος.....	48
4.3	Μεθοδολογία διερεύνησης προβλήματος .....	49
4.3.1	Διαδικασία.....	49
4.3.2	Επεξεργασία Μετρήσεων.....	50
4.4	Συντελεστής διόρθωσης.....	51
4.4.1	Μετρητικές Συσκευές.....	51
4.5	Μεθοδολογία εύρεσης νέας συχνότητας .....	54
4.5.1	Μαθηματικοί Υπολογισμοί .....	55
4.6	Παρουσίαση διορθωμένου αποτελέσματος.....	55
4.6.1	Αποτέλεσμα.....	57
5	Μεθοδολογία .....	60
5.1	Εισαγωγή .....	60
5.2	Διεξαγωγή Μετρήσεων .....	62
5.3	Ανάλυση Αποτελεσμάτων με Gait Frequency Content.....	62
5.3.1	Το πρόγραμμα Gait Frequency Content.....	62
5.3.2	Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας 137Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h] .....	64
5.3.3	Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας 734Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h] .....	65
5.3.4	Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας AAAA(46)Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h]	67
5.4	Τρόποι επεξεργασίας μιας Μέτρησης .....	69
5.4.1	Μείωση δεδομένων με την απομάκρυνση δεδομένων (Data Removal).....	69
5.4.2	Μείωση δεδομένων με μέσο όρο (Averaging).....	73
5.5	Σύγκριση των Μεθόδων .....	74
5.5.1	Data Removal .....	75
5.5.2	Averaging.....	76
5.5.3	Επιβεβαίωση Μεθοδολογίας .....	78
5.5.4	Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	81
5.5.5	Συμπέρασμα.....	83

6	Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων .....	84
6.1	Εισαγωγή .....	84
6.2	Σκοπός της Μελέτης και Συχνότητα Ενέργειας 90% .....	84
6.3	Στατιστική μεθοδολογία.....	86
6.3.1	Γενικά.....	86
6.3.2	Ανιχνεύσιμη Διαφορά .....	87
6.3.3	Σύγκριση εξαρτημένων μετρήσεων, ενός ατόμου .....	87
6.3.4	Σύγκριση ανεξάρτητων μετρήσεων, ενός ατόμου .....	87
6.3.5	Σύγκριση εξαρτημένων μετρήσεων, όλων των εξεταζόμενων .....	88
6.3.6	Σύγκριση ανεξάρτητων μετρήσεων, όλων των εξεταζόμενων.....	88
6.4	Στατιστική Ανάλυση, για ένα άτομο.....	89
6.4.1	Εξαρτημένες Μεταβλητές - Paired t-test .....	89
6.4.2	Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test.....	92
6.5	Στατιστική ανάλυση για όλο το δείγμα.....	95
6.5.1	Εξαρτημένες Μετρήσεις - Paired t-test.....	95
6.5.2	Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test.....	97
6.5.3	Μέση και Μέγιστη τιμή, συχνότητας ενέργειας 90% όλου του δείγματος....	99
6.6	Συγκεντρωτικοί πίνακες .....	102
6.6.1	Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων για ένα άτομο .....	103
6.6.2	Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων για όλη την ομάδα.....	106
6.7	Διαφορά μεταξύ στατιστικά σημαντικής και ανιχνεύσιμης διαφοράς .....	110
7	Συμπεράσματα και Προτάσεις .....	112
7.1	Γενικά.....	112
7.2	Κατανομή συχνότητας ενέργειας 90%.....	112
7.3	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας .....	112
7.4	Μέθοδοι μείωσης δεδομένων .....	112
7.5	Άλλα συμπεράσματα.....	113
7.6	Προτάσεις.....	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	115
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Μετρητική Διάταξη.....	116
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Πίνακες Χρονοκαθυστέρησης στον άξονα Z.....	126
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: Πίνακες σύγκρισης των μετρήσεων ενός ατόμου, μεταξύ των δύο μεθόδων.....	136
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Πίνακες ελέγχου υποθέσεων(συγκρίσεις) για όλο το δείγμα, με τη μέθοδο Averaging .....	139
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Δημιουργία T-Test και P-Value τιμών.....	172
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Πίνακας των επιλεγμένων αξιών.....	207

# Εισαγωγή

## Γενικά

Σε κάθε έρευνα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε και τη συχνότητα δειγματοληψίας με την οποία θα πραγματοποιηθεί μια μέτρηση για τη διεξαγωγή του πειράματος. Η συχνότητα δειγματοληψίας θα επιτρέψει την λήψη και αποθήκευση του ελάχιστου όγκου δεδομένων με την (εκ των προτέρων) προσδιορισμένη ελάχιστη ακρίβεια της μέτρησης.

Έτσι, για να είμαστε πάντα καλυμμένοι θα χρησιμοποιούσαμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερες συχνότητες δειγματοληψίας (όσο μας επιτρέπει η μετρητική διάταξη). Όμως αυτό, δεν είναι και η καλύτερη λύση σε πολλές εφαρμογές, διότι με αυτόν τον τρόπο επέρχονται πολλές αρνητικές επιπτώσεις που τελικά ίσως να μην είναι και τόσο ευνοϊκές. Οι επιπτώσεις αυτές είναι:

- Μεγάλος όγκος δεδομένων. Ειδικά σε περιπτώσεις που είναι αναγκαία η καθημερινή και πολύωρη καταγραφή δεδομένων, χρειάζεται πολύ μεγάλος αποθηκευτικός χώρος.
- Ακρίβεια-επιπλοκές-χρόνος. Στην ανάλυση των δεδομένων τα δεδομένα μετατρέπονται σε πληροφορία/συμπέρασμα. Όσο ο όγκος των δεδομένων αυξάνει δημιουργούνται διάφορες επιπλοκές (πχ. διασταύρωση της εγκυρότητας των δεδομένων, στατιστική ανάλυση) με συνέπεια να χρειάζεται μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα επεξεργασίας.
- Κόστος. Σε πολλές εφαρμογές το κόστος ανάλυσης μιας έρευνας είναι και το βασικότερο. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνονται όσο το δυνατόν μελέτες σε συντομότερο χρονικό διάστημα.

Για να αποφύγουμε όλες αυτές τις επιπτώσεις, ψάχνουμε μια συχνότητα η οποία να αποτελεί τη χρυσή τομή της δειγματοληψίας. Έτσι, εκτός από το ότι θα μας αποδώσει αξιόπιστα αποτελέσματα, θα είναι και προσιτή ως προς την έρευνα που διεξάγεται.

Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιείται για τον υπολογισμό της ελάχιστης επιτρεπόμενης συχνότητας δειγματοληψίας όσο αφορά την επιτάχυνση της βάδισης, ώστε αυτή να επαρκεί για τη καταγραφή δεδομένων και την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Σκοπός μας είναι, να προσδιορίσουμε τις παραμέτρους που θα πρέπει να μεταβάλλουμε ή να καταγράψουμε στην διάρκεια των μετρήσεων και να εξετάσουμε αν επηρεάζεται το αποτέλεσμα της μέτρησης με τη Συχνότητα Δειγματοληψίας. Ο έλεγχος αυτός διεξάγεται, εξετάζοντας το ποσοστό της ενέργειας που μεταφέρεται από το σήμα.

### Στόχοι της πτυχιακής είναι:

A) να εκτιμηθεί η μέγιστη και ελάχιστη συχνοτική συνιστώσα που εμφανίζεται στην βάδιση

B) να υπολογιστεί η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας για φυσιολογική βάδιση με βάση το θεώρημα Nyquist.

Γ) ελεγχθεί αν η μείωση δεδομένων σε ένα σήμα δημιουργεί τεχνήματα (artifacts).

Για την ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε η επαγωγική στατιστική ή αλλιώς συμπερασματολογική στατιστική, η οποία αναλύει τα δεδομένα και δημιουργεί την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

### **Συλλογή στατιστικών στοιχείων**

Για να συλλεχτούν τα στατιστικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δειγματοληψίας. Η δειγματοληψία επιλέγεται όταν παίρνουμε ένα μέρος του πληθυσμού με τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτελεί αντιπροσωπευτικό κομμάτι για ολόκληρο τον πληθυσμό.

Έτσι, για τη διασταύρωση των δεδομένων μετρήθηκαν όσο το δυνατόν περισσότεροι εξεταζόμενοι, χωρίς ιδιαίτερο ιστορικό ορθοπεδικών παθήσεων. Έγινε καταγραφή του βάρους, ύψους και ηλικίας τους. Η πλειοψηφία του δείγματος ήταν κυρίως ηλικίας 19-25 ετών εκτός από δύο εξαιρέσεις οι οποίες κυμάνθηκαν μέχρι και 34 ετών.

# 1 Θεωρητικό Υπόβαθρο Ανάλυσης Σήματος

## 1.1 Θεώρημα και Ανάλυση Fourier

Η **ανάλυση Φουριέ** είναι ένα πεδίο των εφαρμοσμένων μαθηματικών, το οποίο προέκυψε από την προσπάθεια αναπαράστασης μίας συνάρτησης, ως αθροίσματος απλούστερων περιοδικών τριγωνομετρικών συναρτήσεων. Επομένως, κεντρική ιδέα στην ανάλυση Φουριέ, είναι η προσπάθεια για κατανόηση των ιδιοτήτων μίας συνάρτησης (η οποία μπορεί να αναπαριστά π.χ. ένα σήμα) μέσω διάσπασής της σε γνωστά, στοιχειώδη μέρη (*αποσύνθεση*). Η ανάστροφη διαδικασία, η κατασκευή μίας συνάρτησης από γνωστές βασικές συναρτήσεις, ονομάζεται *σύνθεση*. Με τον όρο *ανάλυση Φουριέ* αναφερόμαστε και στις δύο διεργασίες. Η μέθοδος αυτή, εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τον Τζόζεφ Φουριέ (Fourier) στην προσπάθειά του να ερευνήσει τη διάδοση της θερμότητας.



Jean Baptiste  
Joseph Baron Fourier  
(1768-1830)

Ο όρος **Μετασχηματισμός Φουριέ** (ΜΦ), αναφέρεται σε μία αυστηρώς ορισμένη μαθηματική διεργασία. Η διεργασία πραγματοποιείται, στη προσπάθεια για κατανόηση των ιδιοτήτων μίας συνάρτησης (ή ενός σήματος), μέσω διάσπασής της σε γνωστά στοιχειώδη μέρη (*αποσύνθεση*). Το αποτέλεσμα του μετασχηματισμού, είναι μία νέα συνάρτηση με διαφορετικό πεδίο ορισμού, επίσης γνωστή ως *Μετασχηματισμός Φουριέ* ή ως *φάσμα*. Η νέα συνάρτηση περιγράφει το κατά πόσον συμμετέχει κάθε στοιχειώδες ημίτονο στον σχηματισμό της αρχικής συνάρτησης (έστω  $f$ ).

Σύμφωνα με αυτό το σημαντικό θεώρημα, οποιοδήποτε περιοδικό σήμα (ασχέτως πολυπλοκότητας) το οποίο αποτελείται από δεκάδες ή χιλιάδες μετρήσεις, μπορεί να εκφραστεί με ένα συνδυασμό ημιτόνων ή συνημίτονων. Η διαδικασία λήψης του φάσματος συχνοτήτων  $H(f)$ , απαρτίζουν το κάθε χρονικά μεταβαλλόμενο σήμα  $h(t)$  και ως εκ τούτου, κάθε περιοδικό σήμα είναι ένα άθροισμα διακριτών ημιτονοειδών στοιχείων.

Το θεώρημα Fourier, είναι αρκετά γενικό και ισχύει και για περιοδικές συναρτήσεις που έχουν ασυνέχειες και δεν μπορούν να εκφραστούν από μια ενιαία αναλυτική



έκφραση. Για μια περιοδική συνάρτηση  $f(x)$ , υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις (συνθήκες Dirichlet) έχουμε<sup>i</sup>:

- (α) η  $f(x)$  ορίζεται και είναι μονοσήμαντη στο διάστημα  $(-T, T)$ ,
- (β) η  $f(x)$  είναι περιοδική έξω από το  $(-T, T)$ , με περίοδο  $2T$ ,
- (γ) η  $f(x)$  και  $f'(x)$  είναι κατά τμήματα συνεχής στο  $(-T, T)$ ,

Αν πληρούνται οι παραπάνω υποθέσεις, τότε  $f(x)$  μπορεί να εκφράζεται με την ακόλουθη σειρά:

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos\left(\frac{n\pi x}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{n\pi x}{T}\right) \right)$$

όπου

$$a_n = \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(x) \cos\left(\frac{n\pi x}{T}\right) dx$$

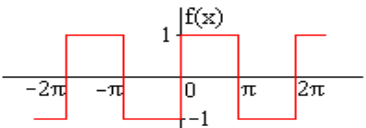
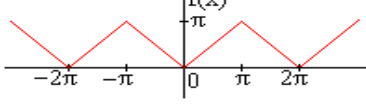
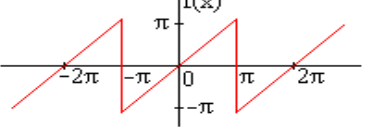
$$b_n = \frac{1}{T} \int_{-T}^T f(x) \sin\left(\frac{n\pi x}{T}\right) dx$$

Παρά το γεγονός ότι ο υπολογισμός του  $a_0, a_1, \beta_1, a_2, b_2$ , είναι μια απλή μαθηματική διαδικασία, μπορεί να καταστεί μάλλον κουραστική, ανάλογα με την πολυπλοκότητα και τις ασυνέχειες της  $f(x)$ . Το θεώρημα Fourier είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, όταν η  $f(x)$  αντιπροσωπεύει την πραγματική περιοδικότητα των σημάτων της  $f(t)$ .

Κάποια απλά παραδείγματα των σειρών Fourier είναι: της πλατειάς, τριγωνικών και πριονωτών (οδοντωτών) κυματομορφών:

---

<sup>i</sup> Βλέπε Σύνοψη Περιοδικής κυματομορφής

Πλατειά κυματομορφή	 $f(x) =  x  = \begin{cases} 1 & 0 < x < \pi \\ -1 & -\pi < x < 0 \end{cases} =$ $= \frac{4}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots \right)$
Τριγωνική κυματομορφή	 $f(x) =  x  = \begin{cases} x & 0 < x < \pi \\ -x & -\pi < x < 0 \end{cases} =$ $= \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi} \left( \frac{\cos x}{1^2} + \frac{\cos 3x}{3^2} + \frac{\cos 5x}{5^2} + \dots \right)$
Πριονωτή κυματομορφή	 $f(x) = x \quad (-\pi < x < \pi) =$ $= 2 \left( \frac{\sin x}{1} - \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} - \dots \right)$

Εικόνα 1.1: Είδη κυματομορφών fourier

### 1.1.1 Γενικά

Ονομάζουμε σειρά Fourier τη μαθηματική έκφραση

$$A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos(nx) + B_n \sin(nx))$$

Φυσικά, αυτή η παράσταση αντιπροσωπεύει ένα άθροισμα άπειρων όρων. Αν όμως περιορίσουμε την παράσταση σε πεπερασμένο πλήθος όρων, τότε παίρνουμε το πολυώνυμο Fourier, που έχει τη μορφή:

$$F_n(x) = a_0 + (a_1 \cos(x) + b_1 \sin(x)) + \dots + (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$$

όπου  $a_0, a_i, b_i$  σταθερές με  $i=1, 2, \dots, n$ , οι συντελεστές του πολυωνύμου Fourier.

Κάθε πολυώνυμο Fourier έχει  $2\pi$ -περιοδική συνάρτηση. Χρησιμοποιώντας τις γνωστές ταυτότητες, έχουμε:

$$\sin(mx) \cos(nx) = \frac{1}{2} [\sin((m+n)x) + \sin((m-n)x)]$$

$$\cos(mx) \sin(nx) = \frac{1}{2} [\cos((m+n)x) + \cos((m-n)x)]$$

$$\sin(mx) \sin(nx) = \frac{1}{2} [\cos((m-n)x) - \cos((m+n)x)]$$

έτσι, αποδεικνύεται εύκολα ότι:

- Για  $n \geq 0$  τότε  $\int_{-\pi}^{\pi} \cos(nx) dx = 0$ ,  $\int_{-\pi}^{\pi} \sin(nx) dx = 0$
- Για οποιαδήποτε  $m, n$  τότε  $\int_{-\pi}^{\pi} (\sin(mx) \cos(nx)) dx = 0$
- Για  $n \neq m$ , τότε  $\int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx) \cos(nx) dx = 0$ ,  $\int_{-\pi}^{\pi} \sin(mx) \sin(nx) dx = 0$
- Για  $n \geq 1$  τότε  $\int_{-\pi}^{\pi} \cos^2(nx) dx = \pi$ ,  $\int_{-\pi}^{\pi} \sin^2(nx) dx = \pi$

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος της σειράς fourier της συνάρτησης L-περιοδικής.

Λέμε ότι η F είναι L-περιοδική, όταν ορίζεται στο διάστημα  $[-L, L]$  και γίνεται  $F(x) = f(Lx/\pi)$ , όπου η f είναι ορισμένη και ολοκληρώσιμη στο  $[-\pi, \pi]$ .

Αναπτύσσοντας σε σειρά fourier την F, έχουμε:

$$F(x) = f\left(\frac{Lx}{\pi}\right) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$$

θέτοντας  $t = Lx/\pi$ , το ανάπτυγμα fourier της f γίνεται:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n \cos\left(n \frac{\pi t}{L}\right) + b_n \sin\left(n \frac{\pi t}{L}\right) \right)$$

όπου για  $n \geq 1$  έχουμε:

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f\left(\frac{Lx}{\pi}\right) \cos(nx) dx = \frac{1}{2L} \int_{-L}^L f(x) \cos\left(n \frac{\pi x}{L}\right) dx,$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f\left(\frac{Lx}{\pi}\right) \cos(nx) dx = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \cos\left(n \frac{\pi x}{L}\right) dx,$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f\left(\frac{Lx}{\pi}\right) \sin(nx) dx = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(x) \sin\left(n \frac{\pi x}{L}\right) dx$$

### 1.1.2 Εφαρμογή στο πρόβλημα μας

Έστω ότι το πλήθος δεδομένων είναι  $N = 512$  και η χρονική διάρκεια λήψης των δεδομένων είναι  $t = 25.6 \text{ sec}$ . Αυτό συνεπάγεται ότι η συχνότητα δειγματοληψίας είναι:

$$f_s = \frac{N}{t} = \frac{512}{25.6} = 20 \text{ samples/sec}$$

- Βήμα 1ο – Ανάλυση FFT (Ταχύς Μετασχηματισμός Fourier)

Με τη βοήθεια της fourier ανάλυσης (FFT), υπολογίζονται οι μιγαδικοί συντελεστές ( $z = x + yi$ ), για κάθε συχνότητα του σήματος της αρμονικής ταλάντωσης.

Παρατηρείται ότι, η πρώτη και η  $256^{\text{η}}$  τιμή είναι πραγματικοί αριθμοί και αντιστοιχούν στην μηδενική και στην αναδιπλωμένη συχνότητα (**folding ή cut-off**) και συμβολίζεται  $\rightarrow (f_c)$ .

Η ανάλυση Fourier που πραγματοποιείται απ' το λογισμικό, περιορίζεται μόνο στον υπολογισμό των μιγαδικών συντελεστών. Η σχέση μεταξύ των συχνοτήτων και των μιγαδικών συντελεστών, υπολογίζεται στη συνέχεια.

- Βήμα 2ο – Υπολογισμός FFT magnitude (σπουδαιότητα του εύρους φάσματος)

Οι τιμές του FFT magnitude δίνονται απ' την εξίσωση:

$$FFT\ magnitude = \left(\frac{2}{N}\right) * |Z|$$

όπου  $|Z| = \sqrt{x^2 + y^2}$ , η απόλυτη τιμή του μιγαδικού συντελεστή της FFT

- Βήμα 3ο – Κανονικοποίηση FFT magnitude (φάσμα εύρους)
- Βήμα 4ο – Υπολογισμός FFT frequency

Θέτουμε την πρώτη τιμή ίση με μηδέν. Οι επόμενες συχνότητες δίνονται απ' την σχέση:

$$FFT_{freq} = n * \left(\frac{f_s}{N}\right), \text{ όπου } n = 1, 2, \dots, (N - 1)$$

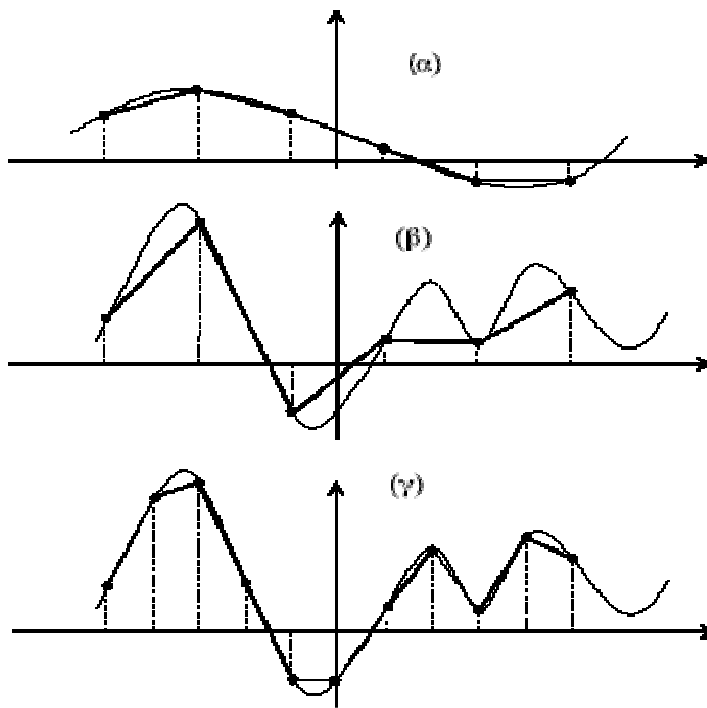
- Βήμα 5ο – Διάγραμμα φάσματος συχνοτήτων (magnitude – frequency)

Στη παρουσίαση του σήματος, εμφανίζονται μόνο τα  $N/2$  δεδομένα, επειδή τα πρώτα  $N/2$  δεδομένα απ' την ανάλυση Fourier, είναι τα ίδια με τα επόμενα  $N/2$ .

- Βήμα 6ο – Υπολογισμός εντροπίας normalized FFT magnitude (κανονικοποιημένο φάσμα εύρους), η οποία δεν χρειάζεται για αυτή τη μελέτη.

## 1.2 Δειγματοληψία - Θεώρημα του Nyquist

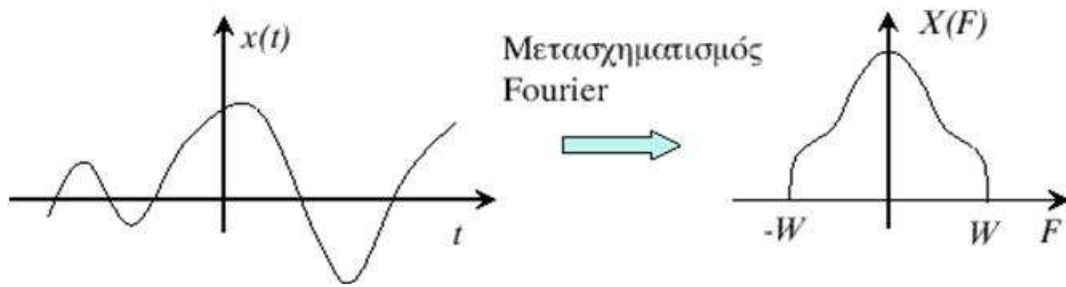
Έστω ένα σήμα συνεχούς-χρόνου  $x(t)$ . Είναι δυνατόν το σήμα αυτό να αντιπροσωπευθεί από ένα μετρήσιμο σύνολο σημείων του χωρίς απώλεια πληροφορίας; Την απάντηση στο βασικό αυτό ερώτημα την δίνει το θεώρημα του Nyquist. Μία διαισθητική απάντηση διαγράφεται με τη βοήθεια του Σχ. 1.1.



Σχ. 1.1: Δειγματοληψία σήματος

Το σήμα του Σχήματος 1(α) μεταβάλλεται αργά και μία γραμμική παρεμβολή των δειγμάτων του, λαμβανόμενα ανά  $T_s$ (sec) αναπαριστά ικανοποιητικά το σήμα. Όμως, η ίδια περίοδος δειγματοληψίας  $T_s$ , δεν φαίνεται να οδηγεί σε ικανοποιητικά αποτελέσματα στην περίπτωση του σήματος του Σχήματος 1(β) το οποίο μεταβάλλεται πιο γρήγορα. Στην περίπτωση αυτή, τα δείγματα θα πρέπει να λαμβάνονται πιο συχνά (μικρότερο  $T_s$ ) όπως για παράδειγμα στο Σχήμα 1(γ). **Είναι λοιπόν κατανοητό, ότι όσο πιο απότομα μεταβάλλεται ένα σήμα τόσο συχνότερα θα πρέπει να λαμβάνονται τα δείγματά του.** Ένα μέτρο του πόσο γρήγορα μεταβάλλεται ένα σήμα, αποτελεί η μέγιστη συχνότητα που είναι παρούσα στο φάσμα του σήματος.

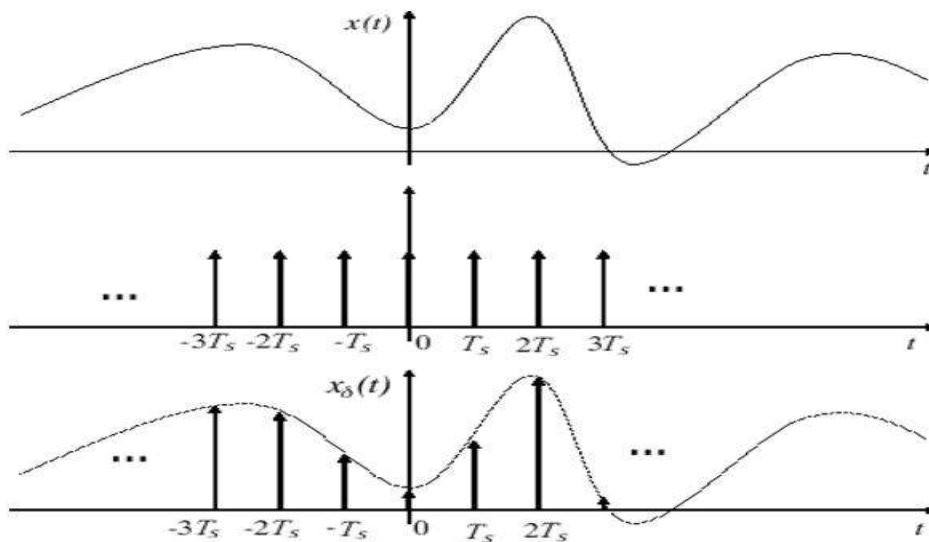
Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχει μια σχέση που να συνδέει το εύρος ζώνης συχνοτήτων ενός σήματος με τη συχνότητα δειγματοληψίας  $F_s = 1/T_s$ , για την ικανοποιητική αναπαράσταση του σήματος από τα δείγματά του. Η σχέση αυτή γνωστή και ως συνθήκη του Nyquist, είναι καθολική για κάθε είδος δειγματοληψίας.



Σχ. 1.2: Φάσμα χαμηλοπερατού σήματος  $x(t)$

Η ιδανική δειγματοληψία συνίσταται στον πολλαπλασιασμό του σήματος  $x(t)$  με τη συνάρτηση χτένι  $\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$ , όπου  $T_s$  είναι η περίοδος δειγματοληψίας. Η όλη διαδικασία απεικονίζεται στο Σχ. 1.3. Το σήμα που προκύπτει, αποτελείται από μία σειρά κρουστικών παλμών (τοποθετημένων σε πολλαπλάσια της περιόδου δειγματοληψίας). Το πλάτος αυτών των παλμών, έχει πολλαπλασιασθεί με τις τιμές του σήματος, κατά τις χρονικές στιγμές δειγματοληψίας, δηλαδή:

$$x_\delta(t) = x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT_s) \delta(t - nT_s) \quad (1-1)$$



Σχ. 1.3: Ιδανική δειγματοληψία σήματος

Το φάσμα του δειγματοληπτημένου σήματος  $X_\delta(F)$  βρίσκεται εύκολα λαμβάνοντας τον μετασχηματισμό Fourier των δύο μελών της Εξίσωσης 1-1. Έτσι, έχουμε:

$$x_\delta(F) = F[x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)] \quad (1-2)$$

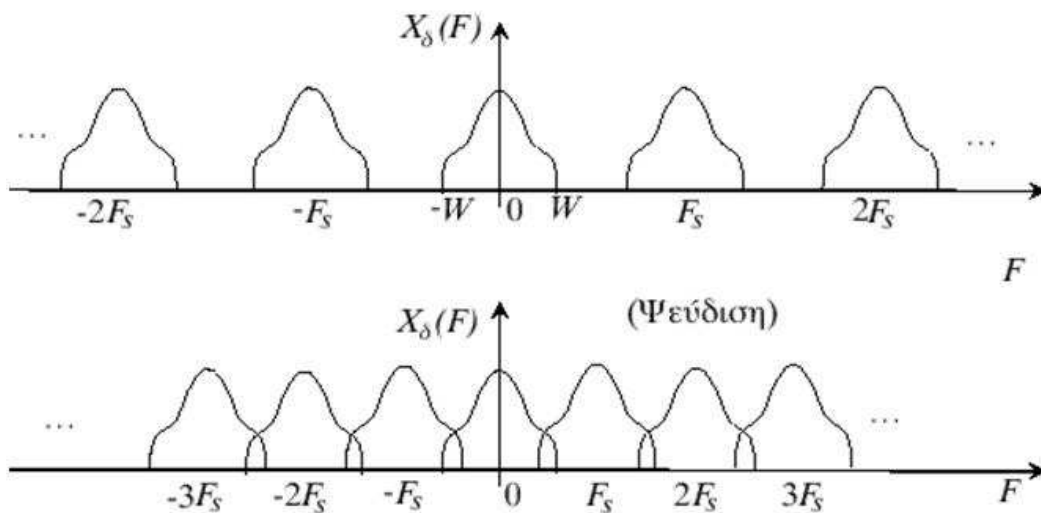
$$\Rightarrow x_\delta(F) = X(F) * F \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) \right]$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow x_\delta(F) &= X(F) * \frac{1}{T_s} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \delta(F - \frac{m}{T_s}) \\ \Rightarrow x_\delta(F) &= \frac{1}{T_s} \sum_{m=-\infty}^{\infty} X(F - \frac{m}{T_s}) \end{aligned}$$

Η ισότητα (α) προκύπτει από την ιδιότητα του γινομένου του μετασχηματισμού Fourier, δηλαδή:

$$\text{εάν } F[y(t)] = Y(F) \text{ και } F[w(t)] = W(F) \text{ τότε } F[y(t) \cdot w(t)] = Y(F) * W(F).$$

Προκύπτει λοιπόν, ότι ο μετασχηματισμός Fourier  $X_\delta(F)$  του δειγματοληπτημένου σήματος, είναι το άθροισμα ταυτόσημων αντιγράφων, του  $X(F)$  μετατοπισμένων κατά πολλαπλάσια του  $F_s = 1/T_s$ . Στο Σχ. 1.4 απεικονίζεται το  $X_\delta(F)$ .



Σχ. 1.4: Φάσμα δειγματοληπτημένου σήματος  $X_\delta(F)$

Εάν  $T_s > \frac{1}{2W}$  τότε  $F_s < 2W$ , οπότε τα αντίγραφα του φάσματος του  $x(t)$ , παρουσιάζουν επικαλύψεις και δεν είναι δυνατή η ανακατασκευή του αρχικού σήματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *ψεύδιση* (aliasing) και είναι αποτέλεσμα της υποδειγματοληψίας. Αντίθετα, εάν  $T_s \leq \frac{1}{2W}$  τότε  $F_s \geq 2W$ , οπότε δεν υπάρχει επικάλυψη φασμάτων και με τη χρήση κατάλληλων φίλτρων μπορούμε να ανακτήσουμε το αρχικό σήμα. Η συχνότητα δειγματοληψίας  $F_s = 2W$ , είναι η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας για την αποφυγή της ψεύδισης και ονομάζεται *συχνότητα ή ρυθμός δειγματοληψίας Nyquist*.

Σχόλιο (i)

Όπως παρατηρούμε ένα διακριτού χρόνου σήμα όπως το  $x_\delta(t)$  είναι περιοδικό. Επίσης, ένα περιοδικό σήμα έχει διακριτό φάσμα (ανάλυση Fourier). Υπάρχει λοιπόν

μια δυαδικότητα μεταξύ των πεδίων του χρόνου και της συχνότητας. Περιοδικότητα στο πεδίο του χρόνου συνεπάγεται διακριτότητα στο πεδίο συχνοτήτων και αντίστροφα, διακριτότητα στο πεδίο του χρόνου συνεπάγεται περιοδικότητα στο πεδίο συχνοτήτων.

Στη πράξη η δειγματοληψία γίνεται σε ρυθμούς πολύ μεγαλύτερους της συχνότητας Nyquist, αφήνοντας έτσι μια ζώνη προστασίας, εύρους  $F_s - 2W$  μεταξύ δύο διαδοχικών αντιγράφων του φάσματος. Έτσι, διευκολύνεται με αυτόν τον τρόπο η υλοποίηση των φίλτρων ανακατασκευής.

### 1.3 Power Spectrum

Για ένα συγκεκριμένο σήμα, το φάσμα ισχύος δίνει ένα τμήμα της ισχύος του σήματος (ενέργεια ανά μονάδα χρόνου). Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής ενός φάσματος ισχύος, είναι με τη χρήση ενός διακριτού μετασχηματισμού Fourier. Υπάρχουν όμως και άλλες τεχνικές για την παραγωγή του φάσματος ισχύος, όπως είναι η μέθοδος της μέγιστης εντροπίας, η οποία δεν χρειάζεται σε αυτή τη μελέτη.

#### 1.3.1 Φασματική ισχύς σήματος

Ας υποθέσουμε ότι, μια μετρητική συσκευή καταμετρά την εξέλιξη με το χρόνο κάποιου φαινομένου. Η περιοδικότητα που μπορεί να υποκρύπτεται σε μια τέτοια χρονοσειρά, είναι πολλές φορές σημαντικό να αναδυθεί. Μέσω αυτής της περιοδικότητας, μπορεί να αποκαλυφθεί η δυναμική, που δημιουργεί την εξέλιξη του εν λόγω φαινομένου. Άλλες φορές η περιοδικότητα αυτή, μπορεί να είναι γνωστή, αλλά λόγω πολυπλοκότητας ή ακόμη και θορύβου (που είναι εμπλεγμένος στις μετρήσεις μας), δεν είναι άμεσα ορατή στη χρονοσειρά των μετρήσεών μας. **Ο καλύτερος τρόπος για να αναδειχθεί οποιαδήποτε περιοδικότητα, η οποία είναι πιθανώς κρυμμένη μέσα στο σήμα, είναι να υπολογίσουμε το φάσμα του σήματός μας, δηλαδή τον μετασχηματισμό Fourier. Το φάσμα ενός χρονικά εξαρτώμενου σήματος, μας πληροφορεί για το πόσο έντονο είναι το σήμα, σε μία δεδομένη συχνότητα.**

Έστω μια συνάρτηση μιας μεταβλητής  $x(t)$ , τότε από το θεώρημα Fourier μπορούμε να αναλύσουμε τη συνάρτηση, στο χώρο των συχνοτήτων της  $f$ :

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{x}(f) e^{-i2\pi ft} df$$

όπου το πλάτος του μετασχηματισμού Fourier  $\tilde{x}(f)$  της  $x(t)$  δίνεται από:



$$\tilde{x}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{i2\pi ft} dt$$

Είναι προτιμότερο η συχνότητα  $f$  να χρησιμοποιείται μετρημένη σε κύκλους ανά μονάδα χρόνου, ή Hz εάν η μονάδα χρόνου είναι το second, αντί της κυκλικής συχνότητας  $\omega = 2\pi f$  (με μονάδες rad ανά μονάδα χρόνου), διότι έτσι αποφεύγονται οι σταθεροί όροι, με τα  $\pi$  στον ορισμό του μετασχηματισμού Fourier.

Η τελευταία αυτή ποσότητα στη θέση  $t = t_0$ , είναι 2ν απομακρυσμένοι από το  $t_0$  όπου ταλαντώνεται με συχνότητα  $\nu$  και ταυτόχρονα φθίνει. Το ενδιαφέρον όμως είναι, πως το ολοκλήρωμα της ποσότητας αυτής (υπολογίζεται εύκολα με μιγαδική ολοκλήρωση της  $e^{iz} / z$ ) στον άξονα των  $t$ , είναι 1 για κάθε τιμή του  $\nu$ . Η περιγραφή αυτή, θυμίζει ακριβώς τη μορφή της συνάρτησης δέλτα όταν το  $\nu \rightarrow \infty$ . Η «τρελή» ταλάντωση της συνάρτησης αυτής για μεγάλα  $\nu$ , όταν  $t \neq t_0$ , εξασφαλίζει την μηδενική συμμετοχή της συνάρτησης στις περιοχές αυτές. Ουσιαστικά με τη βοήθεια μιας μιγαδικής ολοκλήρωσης, εύκολα παρατηρείται η δράση της παραπάνω συνάρτησης, όταν αυτή πολλαπλασιάζεται με κάποια τυχαία συνάρτηση και αποδεικνύεται ότι ικανοποιεί τη βασική ιδιότητα της συνάρτησης δέλτα στο όριο  $\nu \rightarrow \infty$ .

Ας δούμε μερικά παραδείγματα μετασχηματισμού Fourier:

Το ημίτονο  $w(t) = \sin 2\pi f_0 t$  εκτεινόμενο σε όλους τους χρόνους, έχει προφανώς μια καλά καθορισμένη συχνότητα, την  $f_0$ . Για να ελέγξουμε τη διαίσησή μας, ο μετασχηματισμός Fourier του ημιτόνου θα είναι:

$$\begin{aligned} \tilde{W}(f) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \sin(2\pi f_0 t) e^{i2\pi ft} dt = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{2i} [e^{i2\pi(f+f_0)t} - e^{i2\pi(f-f_0)t}] dt \\ &= \frac{1}{2i} [\delta(f+f_0) - \delta(f-f_0)]. \end{aligned}$$

Με άλλα λόγια το φάσμα του ημιτόνου αποτελείται από δύο συχνότητες, την  $f_0$  και την  $-f_0$  και μάλιστα με φανταστικά πλάτη. Αυτά τα αποτελέσματα όμως, δεν θα έπρεπε να μας προκαλούν έκπληξη, αφού είναι άμεσα φανερό ότι ο μετασχηματισμός Fourier μιας πραγματικής συνάρτησης  $G$  είναι συμμετρικός ως προς τις συχνότητες και ειδικότερα  $\tilde{G}(f) = \tilde{G}^*(-f)$ . Όσο για τα πλάτη αυτά, είναι

εν γένει μιγαδικά και ιδιαίτερη αξία έχουν τα σχετικά μέτρα τους, για να καταλάβουμε πόσο έντονο είναι το περιεχόμενο του σήματος στην κάθε συχνότητα.

Εάν είχαμε στη διάθεση μας τη συνάρτηση  $x(t)$ , δηλαδή τις τιμές της συνάρτησης στο άπειρο διάστημα  $(-\infty, \infty)$ , τότε θα μπορούσαμε να αναλύσουμε την  $x(t)$  κατά Fourier και να υπολογίσουμε την ισχύ του φάσματος, ενός σήματος σε κάθε συχνότητα. Δηλαδή θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε το Power Spectrum, όπου δίνεται από τον τύπο:

$$P(f) \propto |\tilde{x}(f)|^2, \text{ αυτό δηλαδή που μας ενδιαφέρει για το σήμα.}$$

Συνήθως όμως, έχουμε μόνο ένα μικρό δείγμα της  $x(t)$ , το οποίο έχει ένα πεπερασμένο αριθμό τιμών (μετρήσεις) από ένα πεπερασμένο χρονικό διάστημα (διάρκεια της μέτρησης). Εάν αναλύσουμε αυτό το δείγμα της  $x(t)$  κατά Fourier και υπολογίσουμε τη φασματική ισχύ του διακριτού σήματος  $\hat{P}(f)$ , προκύπτει το ερώτημα, ποια είναι η σχέση του ιδανικού  $P(f)$  (αυτού που θα παίρναμε από τον μετασχηματισμό Fourier της  $x(t)$  για όλους τους χρόνους) με το  $\hat{P}(f)$ ; Πρόκειται για πιστό αντίγραφο της  $P(f)$  ή απλώς ένα αλλοιωμένο αντίγραφο της;

Πιο συγκεκριμένα, για να δώσουμε εξήγηση σε αυτό το ερώτημα, θεωρούμε ότι ανά  $\tau$  χρονικά διαστήματα, μετρούμε την  $x(t)$ . Δηλαδή, διαθέτουμε τις μετρήσεις  $\hat{x}_n = x(n\tau)$ , με  $n = \dots -1, 0, 1, 2, \dots$ . Έτσι ορίζουμε το μετασχηματισμό Fourier της  $\hat{x}$ ,  $\tilde{\hat{x}}(f)$ , ακολουθώντας τη μεθοδολογία της προσέγγισης του συνεχούς μετασχηματισμού Fourier:

$$\tilde{x}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{i2\pi ft} dt \rightarrow \tilde{\hat{x}}(f) = \tau \sum_n x_n e^{i2\pi fn\tau}$$

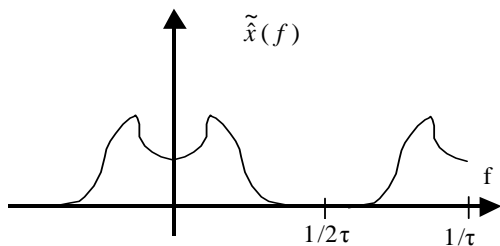
### 1.3.2 Περιοδικότητα και ετερισμός

Είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς ότι ο διακριτός μετασχηματισμός Fourier

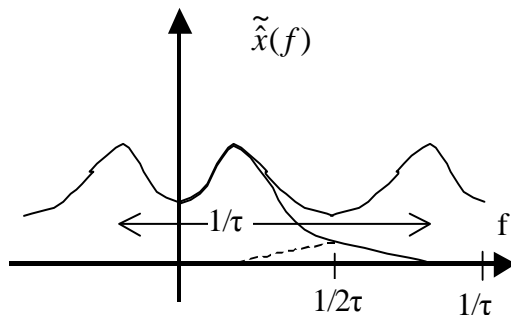
$\tilde{\hat{x}}(f)$  είναι περιοδικός, με περίοδο  $1/\tau$

$$\begin{aligned} (\alpha\text{φού } e^{i2\pi(f+\frac{1}{\tau})n\tau} &= e^{i2\pi fn\tau} e^{i2\pi n} = \\ &= e^{i2\pi fn\tau}). \text{ Έτσι, έχουμε } \tilde{\hat{x}}(f) = \tilde{\hat{x}}\left(f + \frac{n}{\tau}\right). \end{aligned}$$

Με άλλα λόγια το φάσμα της  $\hat{x}$  επαναλαμβάνεται σε κάθε διάστημα



συχνοτήτων εύρους  $1/\tau$ .



Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δύο ποιοτικά διαφορετικά είδη φάσματος. (α)Αν το φάσμα του πραγματικού σήματος  $x(t)$  έχει μικρό εύρος και συγκεκριμένα αν περιορίζεται στην περιοχή  $-1/2\tau \leq f \leq 1/2\tau$ , τότε στη περίπτωση διακριτών μετρήσεων, το φάσμα ισχύος του απλώς θα επαναλαμβάνεται περιοδικά (βλ. διάγραμμα). (β)Αν το εύρος του

φάσματος ισχύος του  $x(t)$  εξαπλώνεται εκτός της προαναφερθείσας περιοχής (εστιγμένη καμπύλη), η περιοδικότητα του φάσματος των διακριτών μετρήσεων (συνεχής καμπύλη), θα επιφέρει την αλλοίωση του. Το κομμάτι του φάσματος εκτός της απώτατης συχνότητας  $1/2\tau$  θα ανακλαστεί στην περιοχή εντός της  $f = 1/2\tau$  και θα «επηρεάσει» κατάλληλα το φάσμα ώστε αυτό να αποκτήσει την αναμενόμενη περιοδικότητα. Στο πλάτος του φάσματος, στη περιοχή των συχνοτήτων  $[-1/2\tau, 1/2\tau]$ , συντελούν αθροιστικά και το πλάτος του ιδανικού σήματος, στις αριθμήσιμα άπειρες συχνότητες  $f + \frac{n}{\tau}$ . Το αποτέλεσμα δηλαδή, της χρονικά διακριτής δειγματοληψίας του σήματος, είναι η αλλοίωση του φάσματος, του πραγματικού σήματος. Το φαινόμενο αυτό λέγεται *ετερισμός* (μετάφραση του aliasing).

### 1.3.3 Ανακατασκευή σήματος Shannon-Whittaker και Nyquist

Άξιο προσοχής είναι το γεγονός, ότι η διακριτή δειγματοληψία οδηγεί κυρίως σε ένα φάσμα με περιορισμένο εύρος συχνοτήτων, από  $-1/2\tau$  μέχρι  $1/2\tau$ , με το 'τ' να είναι το χρονικό διάστημα δειγματοληψίας του σήματος. Οτιδήποτε πέραν αυτών των ορίων είναι απλώς επανάληψη, η οποία δεν κρύβει κάποιο φυσικό περιεχόμενο του σήματος. Ποια είναι όμως η φυσική σημασία αυτής της οριακής συχνότητας  $1/2\tau$ ;

Έστω ότι παρατηρούμε ανά χρονικά διαστήματα  $\tau$  ένα φυσικό φαινόμενο του οποίου η συχνότητα είναι  $f_0$ , δηλαδή οι τιμές που μετράμε είναι οι  $\sin(2\pi f_0 n\tau)$ . Βλέπουμε ότι, τις ίδιες τιμές θα έδινε και μία ταλάντωση συχνότητας  $f_0 + k/\tau$ , όπου  $k$  κάποιος θετικός ή αρνητικός ακέραιος. Οπότε το φάσμα των χρονικά διακριτών μετρήσεων θα είναι συναρτήσεις δέλτα επικεντρωμένες στα σημεία  $f_0 + k/\tau$  με  $k =$

$0, \pm 1, \pm 2, \dots$ . Παρατηρούμε, ότι η μεγαλύτερη συχνότητα που δεν μπορεί να επηρεαστεί από μικρότερες συχνότητες είναι η  $1/2\tau$ . Συνεπώς αν επιλέξουμε αρκετά μικρό διάστημα  $\tau$  (με αρκετά πυκνή δειγματοληψία), ώστε να μην έχει φασματική ισχύ (για συχνότητες με απόλυτη τιμή μεγαλύτερη από τη συχνότητα  $1/2\tau$ ), τότε ο υπολογισμός του φάσματος στο διάστημα  $[-1/2\tau, 1/2\tau]$  είναι απόλυτα ακριβής.

Η πρόταση αυτή έχει γενική ισχύ και ονομάζεται θεώρημα δειγματοληψίας των Shannon-Whittaker. Το θεώρημα αυτό αποδεικνύει, ότι η ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ανακατασκευαστεί πλήρως ενός σήματος  $x(t)$ , από τις διακριτές μετρήσεις του ανά διαστήματα  $\tau$ , είναι:

$$|\tilde{x}(f)| = 0 \text{ για } |f| \geq 1/2\tau$$

Γενικά, η απόδειξη ότι το πραγματικό σήμα δίνεται από τον ανωτέρω τύπο είναι η ακόλουθη:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{x}(f) e^{i2\pi f t} df = \int_{-1/2\tau}^{+1/2\tau} \tilde{x}(f) e^{i2\pi f t} df$$

αφού συχνότητες πέραν του ορίου  $\pm 1/2\tau$ , απλώς δεν υπάρχουν στο φάσμα. Το θεώρημα Shannon-Whittaker είναι εκπληκτικό, διότι παρέχει τις προϋποθέσεις ώστε μία συνάρτηση η οποία λαμβάνει δεδομένα, με μη αριθμήσιμο (συνεχές) πλήθος τιμών, να μπορεί να ανακατασκευασθεί πλήρως από ένα αριθμήσιμο πλήθος παρατηρήσεων.

Πρακτικά λοιπόν, συμπεραίνουμε ότι για να έχουμε πιστό καθορισμό του φάσματος, θα πρέπει να επιλέξουμε κατάλληλο  $\tau$ , τέτοιο ώστε, να μην υπάρχει σημαντική ισχύς του σήματος για συχνότητες μεγαλύτερες του  $1/2\tau$ . Η συχνότητα  $1/2\tau$  λέγεται συχνότητα Nyquist. Αντιστρόφως, εάν θέλουμε να αναπαράγουμε ένα φαινόμενο συχνότητας  $f_0$ , θα πρέπει να κάνουμε παρατηρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα, μικρότερα του  $1/2f_0$  ώστε να πάρουμε τουλάχιστον δύο δείγματα ανά κύκλο του φαινομένου (συνήθως για ασφάλεια λαμβάνονται το λιγότερο τέσσερα δείγματα ανά κύκλο).

Παράδειγμα, εάν θέλουμε να μεταδώσουμε ακριβώς τη μουσική μιας συμφωνικής ορχήστρας μέσω μιας ψηφιακής συσκευής, θα πρέπει οι μηχανισμοί να λαμβάνουν δείγματα του ήχου ανά διαστήματα μικρότερα του  $1/2f_0$ , όπου  $f_0$  η μεγαλύτερη συχνότητα την οποία ενδιαφερόμαστε να μεταφέρουμε (για ήχο συχνότητας 5 kHz, απαιτείται μηχανισμός με ταχύτητα δειγματοληψίας τουλάχιστον 0.1 ms).

## 1.4 Θεώρημα Parseval's

Στα μαθηματικά το θεώρημα Parseval's συνήθως αναφέρεται στο αποτέλεσμα που η μετατροπή fourier είναι μοναδική. Κυρίως αναφέρεται στο (ακέραιο) άθροισμα του τετραγώνου μιας συνάρτησης που ισούται με το (ακέραιο) άθροισμα του τετραγώνου της μετατροπής του. Προκύπτει από ένα θεώρημα του 1799 για τις σειρές του Marc-Antoine Parseval, το οποίο αργότερα εφαρμόστηκε στις σειρές fourier. Επίσης, είναι γνωστό και ως το θεώρημα ενέργειας του Rayleigh ή η ταυτότητα του Rayleigh μετά τον John William Strutt.

Εάν μια συνάρτηση έχει μια ακολουθία κατά fourier, η οποία δίνεται από:

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx) \quad (1)$$

τότε η ανισότητα Bessel's γίνεται ισότητα γνωστή ως θεώρημα parseval's. Από (1) έχουμε:

$$\begin{aligned} |f(x)|^2 &= \frac{1}{4}a_0^2 + a_0 \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)] \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} [a_n a_m \cos(nx) \cos(mx) + a_n b_m \cos(nx) \sin(mx) \\ &+ a_m b_n \sin(nx) \cos(mx) + b_n b_m \sin(nx) \sin(mx)] \end{aligned}$$

Ολοκληρώνοντας παίρνουμε:

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} [f(x)]^2 dx &= \frac{1}{4}a_0^2 \int_{-\pi}^{\pi} dx \\ &+ a_0 \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)] dx \\ &+ \int_{-\pi}^{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} [a_n a_m \cos(nx) \cos(mx) + a_n b_m \cos(nx) \sin(mx) \\ &+ a_m b_n \sin(nx) \cos(mx) + b_n b_m \sin(nx) \sin(mx)] dx \\ &= \frac{1}{4}a_0^2(2\pi) + 0 + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} [a_n a_m \pi \delta_{nm} + 0 + 0 + b_n b_m \pi \delta_{nm}] \end{aligned}$$

Έτσι το τελικό αποτέλεσμα είναι:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} [f(x)]^2 dx = \frac{1}{2}a_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^2 + b_n^2)$$

Για μια γενικευμένη σειρά κατά fourier ενός ολοκληρωμένου ορθογωνικού συστήματος  $\{\varphi_i\}_{i=1}^{\infty}$ , κρατάει μια αναλογική σχέση.

Για μια πολύπλοκη σειρά κατά fourier έχουμε:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |f(x)|^2 dx = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |a_n|^2$$

Παρόλο που ο όρος θεώρημα Parseval's συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει την μοναδικότητα από οποιαδήποτε μετατροπή fourier (ειδικά στη Φυσική και στη Μηχανολογία), η πιο γενική μορφή αυτής της ιδιοκτησίας είναι πιο σωστό να καλείται θεώρημα Plancherel.

### 1.4.1 Δήλωση του θεωρήματος Parseval's

Υποθέτουμε ότι οι  $A(x)$  και  $B(x)$  είναι δύο μιγαδικές συναρτήσεις του  $\mathbb{R}$  για περίοδο  $2\pi$  κατά (τυπική) σειρά fourier:

$$A(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n e^{inx} \quad \text{και} \quad B(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} b_n e^{inx}$$

τότε:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \bar{b}_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} A(x) \overline{B(x)} dx$$

όπου το  $i$  είναι η φανταστική μονάδα και οι οριζόντιες μπάρες δείχνουν την πολύπλοκη συζυγία. Ο Parseval, ο οποίος προφανώς είχε αφιερώσει τον εαυτό του σε πραγματικής αξίας συναρτήσεις, παρουσίασε το θεώρημα χωρίς απόδειξη, θεωρώντας ότι είναι αυταπόδεικτο.

Υπάρχουν αρκετές σημαντικές περιπτώσεις αυτού του θεωρήματος, όπως εάν  $A=B$ , τότε:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |a_n|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |A(x)|^2 dx$$

Ακόμα, στην περίπτωση όπου οι συναρτήσεις  $A$  και  $B$ , με  $a_0$  πραγματικό,  $a_{-n} = \bar{a}_n$ ,  $b_0$  πραγματικό, και  $b_{-n} = \bar{b}_n$ , ανταποκρίνονται στη σειρά fourier, τότε:

$$a_0 b_0 + 2\Re \sum_{n=1}^{\infty} a_n \bar{b}_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} A(x) B(x) dx$$

όπου το  $\Re$  καθορίζει το πραγματικό μέρος (στην ανακοίνωση του άρθρου για τη σειρά Φουριέ, αντικαθιστούμε το  $a_n$  και  $b_n$  με  $\frac{a_n}{2} - i \frac{b_n}{2}$ )

### 1.4.2 Εφαρμογές

Στη Φυσική και στη Μηχανολογία, το θεώρημα Parseval's συνήθως γράφεται ως:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df$$

όπου  $X(f) = F\{x(t)\}$  αντιπροσωπεύει τη συνεχή μετατροπή fourier στη κανονική μορφή του  $x(t)$  και το  $f$  αντιπροσωπεύει το στοιχείο συχνότητας (όχι συχνότητα) του  $X$ .

Η ερμηνεία αυτής της μορφής του θεωρήματος αποτελεί τη συνολική ενέργεια που περιέχεται σε μια κυματομορφή  $x(t)$ . Αυτή η μορφή  $x(t)$ , είναι αθροισμένη γύρω από το χρόνο  $t$ , που ισούται με την συνολική ενέργεια της κυματομορφής του μετασχηματισμού fourier  $X(f)$ . Επίσης, είναι αθροισμένη γύρω από το συστατικό μέρος της συχνότητα του  $f$ .

Για διακριτά σημάδια χρόνου, το θεώρημα γίνεται:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |X(e^{i\phi})|^2 d\phi$$

όπου το  $x$  είναι η διακριτή μετατροπή Φουριέ (DTFT) και το  $\phi$  αντιπροσωπεύει την γωνιακή συχνότητα (σε ακτίνια ανά δευτερόλεπτο) του  $x$ . Εναλλακτικά, για τη διακριτή μετατροπή κατά fourier η σχέση μετατρέπεται:

$$\sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2$$

όπου  $X(k)$  είναι η διακριτή μετατροπή κατά Φουριέ του  $x[n]$  και του μήκους  $N$ .

## 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο Στατιστικής

### 2.1 Εκτιμήτριες

Σε κάθε παρουσίαση στις διάφορες κατανομές πιθανότητας, αναφέρονται οι παράμετροι της κάθε κατανομής. Π.χ στη κανονική κατανομή αναφέρονται οι  $\mu$  και  $\sigma$ .

Ο ρόλος των παραμέτρων αυτών, είναι να μας δίνουν για κάθε δυνατή τιμή τους μία και μόνο μία, από τις δυνατές μορφές που μπορεί να έχει η κατανομή. Είναι καλό να θυμηθούμε πόσο διαφορετική εικόνα έχει η  $B(n,p)$  (για  $p < 1/2$ ,  $p = 1/2$  και  $p > 1/2$ ) ή πόσο αλλάζει το διάγραμμα πιθανότητας της γεωμετρικής κατανομής, όταν δίνουμε διαφορετικές τιμές στο  $p$ .

Στην πράξη όμως, οι πραγματικές τιμές των παραμέτρων δεν είναι γνωστές και συνεπώς πρέπει με κάποιο τρόπο να «εκτιμηθούν».

Η εκτίμηση των αγνώστων παραμέτρων των κατανομών αποτελεί αντικείμενο ενός κλάδου της Στατιστικής της «ΕΚΤΙΜΗΤΙΚΗΣ».

Οι εκτιμήσεις των παραμέτρων επιτυγχάνονται με τη βοήθεια των «στατιστικών».

**Καλούμε δε στατιστικό, κάθε συνάρτηση των δεδομένων ενός δείγματος.**

Παραδείγματα στατιστικών αποτελούν, μεταξύ πληθώρας άλλων, ο δειγματικός μέσος  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum \chi_i$  που εκτιμά τον πληθυσμιακό μέσο  $\mu$ , η δειγματική διακύμανση

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\chi_i - \bar{X})^2 \text{ που εκτιμά τη } \sigma^2 \text{ του πληθυσμού κ.λ.π.}$$

Παρατηρούμε ότι τα παραπάνω παραδείγματα στατιστικών αποτελούν πράγματι συναρτήσεις των δεδομένων του δείγματος.

### 2.2 Έλεγχος υποθέσεων

Ο προσδιορισμός του κατά πόσον υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μέσων αναφέρεται ως P-Value (τιμή-p). Συνήθως, εάν η τιμή  $p$  είναι κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο (το οποίο ονομάζεται **επίπεδο σημαντικότητας** και είναι αυτό που ουσιαστικά ορίζει ο ερευνητής -συνήθως 0.05), συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο μέσων της ομάδας.

Για να γίνει αυτό κατανοητό εξηγούμε, ότι **μικρή τιμή του P-Value σημαίνει πως μπορώ να απορρίψω άφοβα τη μηδενική υπόθεση χωρίς να φοβάμαι ότι θα κάνω λάθος. Ενώ, μεγάλη τιμή του P-Value σημαίνει πως η πιθανότητα να κάνω λάθος αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση είναι μεγάλη.**



Το p-value αναφέρεται συνήθως σε άρθρα εφημερίδων για να υποστηρίξει την αρχική υπόθεση ενός ερευνητή σχετικά με τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν για τις δύο εξεταζόμενες ομάδες.

## 2.3 Κατανομή Student- t

Η κατανομή student ονομάζεται και t-στατιστική. <sup>ii</sup> Εισήχθη το 1908 από τον **William Sealy Gosset**, χημικός που εργαζόταν σε μια εταιρεία ζυθοποιίας. Το όνομα 'Student' ήταν το ψευδώνυμο του για να μπορέσει να δημοσιεύσει την ανακάλυψη του, κρυφά από το αφεντικό του, λόγο ότι είχε απαγορεύσει τις δημοσιεύσεις των επιστημονικών εργασιών σαν εμπορικό μυστικό.

Η κατανομή Student χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που το δείγμα είναι μικρότερο από 30 ( $n < 30$ ). Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις περιπτώσεις που το δείγμα είναι μεγαλύτερο ή ίσο από 30 ( $n \geq 30$ ), απλώς έχει την ίδια συμπεριφορά με τις ιδιότητες την κανονικής κατανομής.

Γνωρίζουμε ότι αν η τυχαία μεταβλητή  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , τότε η τυχαία μεταβλητή

$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \sim N(0, 1)$ . [Η σημασία των συμβόλων  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , δηλώνει ότι η τυχαία μεταβλητή  $X$  έχει κανονική κατανομή με μέσο  $\mu$  και τυπική απόκλιση  $\sigma$ , (ισοδύναμα διακύμανση  $\sigma^2$ )].

Το **συμπέρασμα** αυτό **ισχύει** στην περίπτωση που ο μέσος  $\mu$  και η τυπική απόκλιση  $\sigma$  είναι **γνωστά**. Στην πράξη το  $\mu$  και το  $\sigma$  είναι συνήθως άγνωστα. Το  $Z$  και το  $S$  είναι ανεξάρτητα.

Τι συμβαίνει τότε στο πηλίκο  $\frac{X - \mu}{\sigma}$ ;

Σύμφωνα με αυτά, υποθέτοντας ότι η τυχαία μεταβλητή  $X$  έχει κανονική κατανομή με γνωστό μέσο  $\mu$  αλλά άγνωστη διακύμανση  $\sigma^2$ , παρατηρήθηκε ότι:

- Η τυχαία μεταβλητή  $T = \frac{X - \mu}{S}$ , όπου  $S$  η δειγματική απόκλιση που εκτιμά την άγνωστη  $\sigma$  που μοιάζει με την  $Z$ , και οι καμπύλες των κατανομών των τιμών της τυχαίας μεταβλητής  $T$  είναι πλατύκυρτες δηλαδή 'πλατύτερες'.
- Οι κατανομές αυτές ονομάζονται t-κατανομές.

Η μορφή των καμπυλών της κατανομής της τυχαίας μεταβλητής  $T$ , εξαρτάται από το πλήθος  $n$  των παρατηρήσεων- δεδομένων.

Λαμβάνοντας υπόψη την τελευταία αυτή εξάρτηση της κατανομής από το  $n$ , ορίστηκε η κατανομή κατά τρόπο ώστε το σχήμα της να μεταβάλλεται ανάλογα με την

<sup>ii</sup> Η Κατανομή Student είναι βιβλιογραφία από το βιβλίο Στατιστικής Γ' Λυκείου (Γεωργιακώδης Φώτης, Γιαλαμάς Βασίλης, Δίκαιος Δημήτρης, Κόκλα Άννα-Μαρία)

τιμή του  $v$ . Έτσι με τη βοήθεια του  $v$ , ορίστηκε η μοναδική παράμετρος της κατανομής, η οποία συμβολίζεται με  $d$  και ονομάζεται **βαθμοί ελευθερίας της κατανομής**.

Αποδεικνύεται ότι η κατανομή της τυχαίας μεταβλητής  $T = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{v}}$  έχει  $d=v-1$  βαθμούς ελευθερίας.

### 2.3.1 Ιδιότητες της $t_{(d)}$ – κατανομής

Αν η τυχαία μεταβλητή  $T$  έχει  $t_{(d)}$  – κατανομή τότε ισχύουν τα εξής:

- $H E[T] = 0$
- $H Var[T] = \frac{d}{d-2}$  με  $d > 2$
- Η κατανομή είναι συμμετρική γύρω από το μέσο
- Η κατανομή είναι διαφορετική για διαφορετικές τιμές του  $d$  που ισούται με  $v-1$  στη συγκεκριμένη περίπτωση.

### 2.3.2 Πίνακας της $t_{(d)}$ – κατανομής των επιλεγμένων αξιών

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα κομμάτι του πίνακα των επιλεγμένων αξιών από το Παράρτημα VI, για να δείξουμε τον τρόπο εύρεσης των τιμών της τυχαίας μεταβλητής  $t$ . Τονίζονται οι κρίσιμες περιοχές, με τις τιμές της τυχαίας  $t_{(d)}$  – κατανομής, να βρίσκεται με  $d$  βαθμούς ελευθερίας για τις επιλεγμένες τιμές της πιθανότητας  $P[T < t] = \alpha$ . Επιπλέον, παρουσιάζει τις τιμές για μονόπλευρο ή αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων.

Ο αριθμός στην αρχή της κάθε γραμμής (κάθετη στήλη) είναι ο 'N', ο οποίος έχει οριστεί ως  $N - 1$  βαθμός ελευθερίας. Το ποσοστό κατά μήκος της κορυφής, είναι το  $100\%(1 - \alpha)$  και καλείται επίπεδο σημαντικότητας ή διάστημα εμπιστοσύνης, ενώ τα άκρα του λέγονται όρια εμπιστοσύνης και η τιμή  $1-\alpha$  βαθμός εμπιστοσύνης.

Οι αριθμοί στο κύριο σώμα του πίνακα είναι  $t_{\alpha, v}$ . Εάν μια 'T' ποσότητα κατανέμεται ως  $t$  διανομή με  $N$  βαθμούς ελευθερίας, τότε υπάρχει μια πιθανότητα  $1-\alpha$  η 'T' να είναι μικρότερη από την  $t_{\alpha, v}$  (Υπολογίζεται ως προς μία ή δύο ουρές αντίστοιχα για τον μονόπλευρο ή αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων).

Πίνακας 2.1:  $t_{(d)}$  κατανομή

d	1-a					
Μία όψη	75%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%
Δύο όψεις	50%	80%	90%	95%	97.5%	99%
1	1.000	3.078	6.314	12.710	31.820	63.660
2	0.816	1.816	2.940	4.303	6.965	9.925
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
...						
$\infty$	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

### 2.3.2.1 Παράδειγμα 1:

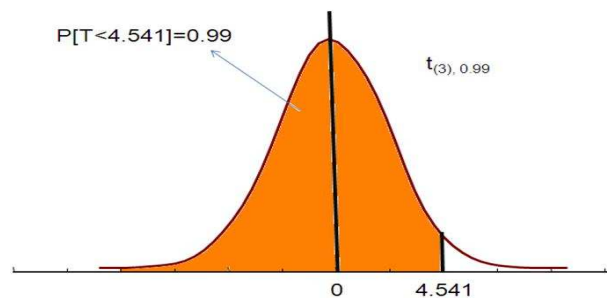
Η τυχαία μεταβλητή  $T$  έχει  $t$ -κατανομή με  $N=3$  βαθμούς ελευθερίας.

Ποια είναι η τιμή  $t$  της  $T$  για την οποία:

- $P[T < t] = 0.99$
- $P[T < t] = 0.25$
- $P[|T| < t] = 0.98$
- $P[|T| < t] = 0.05$

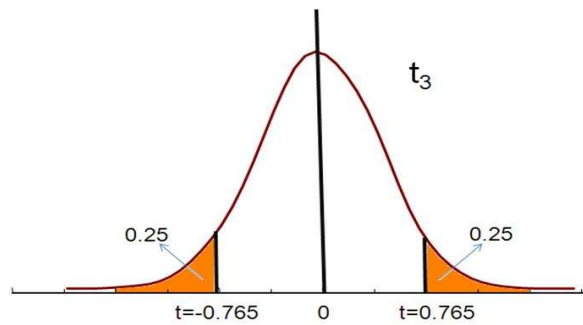
Απάντηση:

- Από τη στήλη του 0.99 και την γραμμή των  $N=3$  βαθμών ελευθερίας βρίσκουμε ότι  $t = 4.541$ .



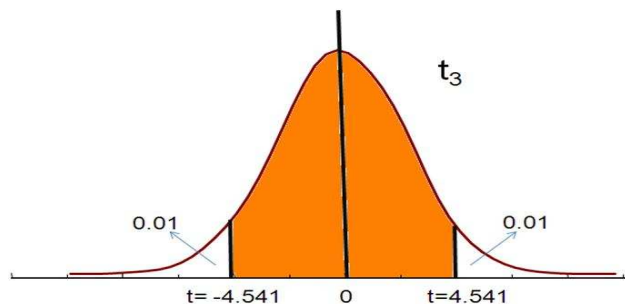
Σχ. 2.1

- Από τη στήλη του 0.75 και την γραμμή των 3 βαθμών ελευθερίας βρίσκουμε ότι  $P[T < 0.765] = 0.75$  και συνεπώς η  $P[T > 0.765] = 0.25$ . Από τη συμμετρία της κανονικής κατανομής, όπως φαίνεται από το σχήμα η  $P[T < -0.765] = 0.25$  και η ζητούμενη τιμή  $t$  είναι  $-0.765$ .



Σχ. 2.2

- c) Η  $P[|T|] = 0.98$  γράφεται ως  $P[-t < T < t] = 0.98$ . Η θετική τιμή  $t$  έχει δεξιά της πιθανότητας ίση με 0.01 και συνεπώς αριστερά της πιθανότητα ίση με 0.99. Άρα η τιμή  $t$  βρίσκεται στην τομή της στήλης 0.99 και της γραμμής των 3 βαθμών ελευθερίας και είναι η 4.541.



Σχ. 2.3

- d) Κατά ανάλογο τρόπο αντιμετωπίζεται και αυτή η περίπτωση.

### 2.3.2.2 Παράδειγμα 2:

Η τυχαία μεταβλητή  $T$  έχει  $t$ -κατανομή με 4 βαθμούς ελευθερίας.

Ποιο είναι το επίπεδο σημαντικότητας για το οποίο η τιμή της  $T$  παίρνει τη τιμή  $t=2.132$ ;

**Απάντηση:**

Για 4 βαθμούς ελευθερίας και για την τιμή '2.132', βρίσκουμε τη στήλη με 95% για τον μονόπλευρο και 90% για τον αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων.

Στη συνέχεια, η πιθανότητα η  $T$  να είναι μικρότερη από '2,132' είναι:

- 95% που σημαίνει ότι  $P(-\infty < T < 2.132) = 0.95$ . Αυτό υπολογίζεται από τη συμμετρία  $P(T < -2.132) = 1 - P(T > -2.132) = 1 - 0.95 = 0.05$  ή
- 90% που σημαίνει ότι  $P(-2.132 < T < 2.132) = 0.9$ . Αυτό υπολογίζεται από τη συμμετρία  $P(-2.132 < T < 2.132) = 1 - 2(0.05) = 0.9$ .

## 2.4 Γενικά

Το T-Test Statistic δηλώνει το σχετικό σφάλμα της διαφοράς αδιαστατοποίησης της διασποράς. Όσο μεγαλύτερο είναι το T-test, τόσο πέφτει λογαριθμικά η πιθανότητα να απορριφτεί η μηδενική υπόθεση.

- Κάθε ένας από τους δύο πληθυσμούς που συγκρίνονται πρέπει να ακολουθούν μια κανονική κατανομή (η οποία μπορεί να ελεγχθεί γραφικά χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη περιοχή τιμών, με τη χρήση δοκιμής ομαλότητας, όπως η Shapiro-Wilk και Kolmogorov-δοκιμές Smornov).
- Εάν χρησιμοποιηθεί ο αρχικός ορισμός Φοιτητών του t-test, η σύγκριση των δύο ομάδων πρέπει να έχουν την ίδια διακύμανση. Σε περίπτωση που συγκρίνονται τα μεγέθη του δείγματος και είναι σχεδόν ίδια και στις δύο ομάδες, η αρχική συνάρτηση είναι πολύ ισχυρή με την παρουσία της άνισης διακυμάνσεις t. Η συνάρτηση δοκιμής είναι ευαίσθητη ως προς την ισότητα των διακυμάνσεων, ανεξάρτητα από το αν το μέγεθος του δείγματος είναι παρόμοιο.
- Το δείγμα που χρησιμοποιείται για τη διενέργεια της δοκιμής πρέπει να λαμβάνεται ανεξάρτητα από τους δύο πληθυσμούς που συγκρίνονται.

Δύο δείγματα μπορεί να είναι είτε ανεξάρτητα είτε εξαρτημένα.

**Τα ανεξάρτητα δείγματα** χρησιμοποιούνται όταν δύο χωριστά δείγματα διανέμονται με πανομοιότυπο τρόπο, και προέρχονται κάθε ένα από διαφορετικό πληθυσμό.

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι αξιολογούμε την επίδραση της ιατρικής περίθαλψης, και θα γραφτούν 100 επιλεγμένα θέματα στη μελέτη. Τότε ορίζουμε τα 50 τυχαία άτομα, να είναι στην ομάδα θεραπείας και τα άλλα 50 άτομα, να είναι στην ομάδα ελέγχου. Σε αυτή την περίπτωση, έχουμε δύο ανεξάρτητα δείγματα και θα χρησιμοποιηθεί η unpaired μορφή του *t-test*. Η τυχαιοποίηση δεν είναι απαραίτητο εδώ, έστω και αν τα δεδομένα είναι παρατηρήσεις με μια διαφορά στη μέση.

**Τα εξαρτημένα δείγματα**, συνήθως αποτελούνται από ένα δείγμα για συμφωνημένα ζεύγη παρόμοιων μονάδων, ή σε μια ομάδα μονάδων που έχει δοκιμαστεί δύο φορές (για "επαναλαμβανόμενες μετρήσεις" *t-test*).

Ένα τυπικό παράδειγμα των επαναλαμβανόμενων μέτρων *t-test*, είναι ο έλεγχος πριν από την θεραπεία, για την υψηλή πίεση του αίματος και μετά από τη θεραπεία, με μια πτώση της αρτηριακής πίεσης με φαρμακευτική αγωγή.

## 2.4.1 Ανεξάρτητα δύο δείγματα και αντιστοίχιση δειγμάτων

### 2.4.1.1 Ίσο μέγεθος δείγματος, ίση διακύμανση

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται μόνον όταν:

- τα δύο μεγέθη δείγματος (δηλαδή, ο αριθμός  $N$  των συμμετεχόντων από κάθε ομάδα) είναι ίσα.
- μπορεί να υποθεθεί ότι οι δύο διανομές έχουν την ίδια διακύμανση.

Σε περίπτωση που δεν ισχύουν τα παραπάνω, για να ελέγξουμε αν τα μέσα είναι διαφορετικά, υπολογίζεται ως εξής:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{X_1X_2} * \sqrt{\frac{2}{n}}} \quad \text{όπου} \quad S_{X_1X_2} = \sqrt{\frac{S_{X_1}^2 + S_{X_2}^2}{2}}$$

Το  $S_{X_1X_2}$  είναι η μεγάλη τυπική απόκλιση (ή συγκεντρωτική τυπική απόκλιση), με  $1 =$  για την πρώτη ομάδα και  $2 =$  για την δεύτερη ομάδα. Ο παρονομαστής του  $t$  είναι το τυπικό σφάλμα της διαφοράς μεταξύ των δύο μέσων. Σημασία για τη δοκιμή έχουν οι βαθμοί ελευθερίας, όπου για αυτή τη περίπτωση είναι  $2n - 2$ , με  $n$  να είναι ο αριθμός των συμμετεχόντων σε κάθε ομάδα.

### 2.4.1.2 Άνισα μεγέθη δείγματος, ίση διακύμανση

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται μόνον όταν μπορεί να υποθεθεί ότι οι δύο διανομές έχουν την ίδια διακύμανση. Σε περίπτωση που δεν ισχύουν τα παραπάνω, για να ελέγξουμε αν τα μέσα είναι διαφορετικά, υπολογίζεται ως εξής:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{X_1X_2} * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{όπου} \quad S_{X_1X_2} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_{X_1}^2 + (n_2 - 1)S_{X_2}^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Οι παραπάνω τύποι αποτελούν γενίκευση για την περίπτωση όπου τα δύο δείγματα έχουν ίσα μεγέθη. Το  $S_{X_1X_2}$  είναι ένας εκτιμητής της κοινής τυπικής απόκλισης των δύο δειγμάτων. Ορίζεται με αυτόν τον τρόπο, έτσι ώστε το εμβαδόν που καταλαμβάνει, να είναι η αμερόληπτη εκτιμητής της κοινής διακύμανσης, με τα μέσα του πληθυσμού να είναι τα ίδια. Στους τύπους αυτούς,  $n =$  αριθμός των συμμετεχόντων με  $1 =$  για τη μία ομάδα και  $2 =$  για τη δεύτερη ομάδα. Για τη κάθε μία ομάδα, ο βαθμός ελευθερίας βγαίνει από το  $N - 1$ . Για το συνολικό αριθμό των βαθμών ελευθερίας που χρησιμοποιείται σε αυτή τη περίπτωση είναι  $(N_1 + N_2 - 2)$ .

### 2.4.1.3 Άνισα μεγέθη δείγματος, άνιση διακύμανση

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται μόνο όταν οι δύο διακυμάνσεις του πληθυσμού θεωρούνται ότι είναι διαφορετικές (τα δύο μεγέθη δείγματος είτε είναι, είτε δεν είναι ίσα) και ως εκ τούτου, πρέπει η κάθε διακύμανση να εκτιμηθεί ξεχωριστά Welch's  $t$ -test. Για να ελέγξουμε αν τα μέσα του πληθυσμού είναι διαφορετικά, το  $t$  στατιστικό στοιχείο μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} \quad \text{όπου} \quad S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

Το  $S^2$  είναι η διακύμανση των δύο δειγμάτων,  $n=$  αριθμός των συμμετεχόντων με  $1=$  για τη μία ομάδα και  $2=$  για τη δεύτερη ομάδα. Σε αυτή τη περίπτωση, η διακύμανση  $S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}^2$  είναι μια συγκεντρωτική διακύμανση με βαθμούς ελευθερίας οι οποίοι βγαίνουν από:

$$D.F. = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{(s_1^2/n_1)^2/(n_1 - 1) + (s_2^2/n_2)^2/(n_2 - 1)}$$

Αυτό ονομάζεται εξίσωση του Welch-Satterthwaite Behrens-Fisher problem. Η πραγματική διανομή του στατιστικού αποτελέσματος της δοκιμής εξαρτάται και για τις δύο άγνωστες διακυμάνσεις.

### 2.4.2 Εξαρτημένα ζεύγη δειγμάτων

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται όταν τα δείγματα εξαρτώνται. Όταν υπάρχει ένα δείγμα που έχει δοκιμαστεί δύο φορές (επαναλαμβανόμενες φορές) ή όταν υπάρχουν δύο δείγματα που είναι συμφωνημένα ή «αξιόπιστα»

$$t = \frac{\bar{X}_D - \mu_0}{s_D/\sqrt{N}}$$

Για αυτή την εξίσωση, οι διαφορές μεταξύ όλων των ζευγών πρέπει να υπολογιστούν. Τα αποτελέσματα είναι ζευγάρια ενός ατόμου, ή ζεύγη μεταξύ των προσώπων που αντιστοιχούν σε σημαντικές ομάδες (για παράδειγμα, προέρχονται από την ίδια οικογένεια). Οι όροι που χρησιμοποιούνται και πρέπει να βρεθούν για αυτήν την εξίσωση, είναι ο μέσος όρος ( $\bar{X}_D$ ) και η τυπική απόκλιση  $s_D$ . Ο όρος  $\mu_0$  είναι μη μηδενικός, εάν ο μέσος όρος της διαφοράς είναι σημαντικά διαφορετικός από τον  $\mu_0$ . Ο βαθμός ελευθερίας που χρησιμοποιείται είναι  $N - 1$ .

### 2.4.2.1 Αριθμητικά παραδείγματα

Ας υποθέσουμε ότι δύο τυχαία δείγματα από βίδες έχουν βάρη:

30.02, 29.99, 30.11, 29.97, 30.01, 29.99

και

29.89, 29.93, 29.72, 29.98, 30.02, 29.98.

Θα πραγματοποιηθούν δοκιμές. Η μηδενική υπόθεση είναι, ότι οι μέσες τιμές των πληθυσμών είναι ίσες. Η διαφορά μεταξύ των δύο μέσων του δείγματος, το οποίο περιλαμβάνεται στον αριθμητή και για τις δύο δοκιμές, είναι:

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 0.095$$

Οι τυπικές αποκλίσεις και για τα δύο δείγματα είναι περίπου 0.05 και 0.11 αντίστοιχα. Για αυτά τα μικρά δείγματα, μια δοκιμασία της ισότητας μεταξύ των δύο διακυμάνσεων του πληθυσμού δεν θα είναι πολύ ισχυρή, δεδομένου ότι τα μεγέθη των δειγμάτων είναι ίσα. Οι δύο μορφές των δύο δειγμάτων *t-test* θα εκτελεστούν με τον ίδιο τρόπο σε αυτό το παράδειγμα.

#### 2.4.2.1.1 Άνισες αποκλίσεις

Αν ακολουθήσουμε την προσέγγιση για τις άνισες αποκλίσεις, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχουμε:

$$\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \approx 0.0485 \text{ και } df \approx 7.03$$

Το στατιστικό αποτέλεσμα της δοκιμής είναι περίπου 1.959. Για τις δύο ουρές της δοκιμής είναι περίπου 0.091 και για τη μία ουρά είναι περίπου 0.045.

#### 2.4.2.1.2 Ίσες διακυμάνσεις

Αν ακολουθήσουμε την προσέγγιση για την ίση διακύμανση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχουμε:

$$S_{X_1 X_2} \approx 0.084 \text{ και } df = 10$$

Δεδομένου ότι τα μεγέθη των δειγμάτων είναι ίσα (και τα δύο είναι 6), το στατιστικό αποτέλεσμα της δοκιμής είναι και πάλι περίπου ίσο με 1.959. Δεδομένου ότι οι βαθμοί ελευθερίας είναι διαφορετικοί από αυτό που είναι στην άνιση δοκιμή διακυμάνσεων, οι *p*-τιμές θα διαφέρουν ελαφρώς από αυτό που διαπιστώθηκε παραπάνω. Οι τιμές του *p*-value είναι: περίπου 0.078 για τις δύο ουρές και περίπου 0.039 για τη μία. Έτσι, εάν υπάρχει λόγος να πιστεύει κανείς ότι οι διακυμάνσεις πληθυσμού είναι ίσες, τα αποτελέσματα έγιναν για να αποδείξουν μια διαφορά που υπάρχει στη μέση του βάρους, για τους πληθυσμούς των δύο βιδών.



### 2.4.3 Εναλλακτικές λύσεις του $t$ -test για προβλήματα τοποθεσία

Το  $t$ -test παρέχει μια ακριβή δοκιμή για την ισότητα των μέσων δύο κανονικών πληθυσμών, με άγνωστες αλλά ίσες διακυμάνσεις. Η δοκιμασία είναι σχεδόν-ακριβής για την περίπτωση που τα δεδομένα είναι κανονικά αλλά οι διακυμάνσεις μπορεί να διαφέρουν  $Z$ -τεστ. Για μεγάλα δείγματα, το  $t$ -test γίνεται παρόμοιο με τη  $Z$ -δοκιμή, και ως εκ τούτου είναι ισχυρό έως μέτριο για την ορθή ομαλότητα της υπόθεσης.

Το  $t$ -test και το  $Z$ -test απαιτούν κανονικότητα του δείγματος. Η  $t$ -δοκιμή απαιτεί, επιπλέον τη διακύμανση του δείγματος να ακολουθεί μια κλίμακα  $\chi^2$  κατανομής και η μέση διακύμανση του δείγματος να είναι στατιστικά ανεξάρτητη. Κανονικότητα των επιμέρους τιμών των δεδομένων δεν απαιτείται, εφόσον πληρούνται οι όροι αυτοί. Από το κεντρικό οριακό θεώρημα, για μέτρια και μεγάλα δείγματα, συχνά γίνεται η κατά προσέγγιση με μια κανονική κατανομή, ακόμη και αν τα δεδομένα δεν διανέμονται κανονικά. Για τα μη κανονικά στοιχεία, η κατανομή της διακύμανσης του δείγματος μπορεί να αποκλίνει αισθητά από τη  $\chi^2$  διανομή. Ωστόσο, εάν το μέγεθος του δείγματος είναι μεγάλο (σύμφωνα με το θεώρημα Slutsky), σημαίνει ότι η κατανομή της διακύμανσης, έχει μικρή επίδραση στην κατανομή του στατιστικού αποτελέσματος. Εάν τα δεδομένα είναι μη κανονικά και το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό, το  $t$ -test μπορεί να δώσει παραπλανητικά αποτελέσματα.

Στην υπόθεση κανονικότητα, μια μη-παραμετρική εναλλακτική λύση για το  $t$ -test μπορεί να χρησιμοποιηθεί, με κόστος κάτω των στατιστικών της ενέργειας. Οι συνήθεις επιλογές για τις μη παραμετρικές δοκιμές είναι οι Mann-Whitney U test για ανεξάρτητα δείγματα, και η διωνυμική δοκιμή ή αλλιώς το Wilcoxon signed-rank test για τα ζεύγη δειγμάτων.

### 2.4.4 Οι δοκιμές πολλαπλών παραλλαγών

Μια γενίκευση του στατιστικού  $t$  Φοιτητών, επιτρέπει τη δοκιμή των υποθέσεων σε πολλαπλά (συχνά συσχετιζόμενα) μέτρα εντός του ίδιου δείγματος. Για παράδειγμα, ένας ερευνητής μπορεί να υποβάλλει μια σειρά από θέματα, σε ένα τεστ προσωπικότητας που αποτελείται από πολλαπλές κλίμακες. Επειδή, τα μέτρα αυτού του είδους συνήθως σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό, δεν είναι σωστό να διεξαχθούν ξεχωριστές μεταβλητές με  $t$ -δοκιμασίες για έλεγχο υποθέσεων, διότι αυτές αμελούν την συνδιακύμανση μεταξύ των μέτρων. Έτσι, διογκώνουν την ευκαιρία να απορρίπτον τουλάχιστον μία υπόθεση (δημιουργώντας σφάλμα τύπου I). Σε αυτή την περίπτωση είναι προτιμότερο να γίνεται μόνο η δοκιμή πολλαπλών παραλλαγών για τον έλεγχο υποθέσεων που πραγματοποιείται. |

## 3 Μετρητικές Διατάξεις και Πρωτόκολλο Μετρήσεων

### 3.1 Μετρητική διάταξη → Επιταχυνσιόμετρο

#### 3.1.1 Εισαγωγή

Για την διεξαγωγή των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν δύο επιταχυνσιόμετρα (το 2 και το 5) από την 5<sup>η</sup> έκδοση των επιταχυνσιόμετρων (βιομηχανικό πρωτότυπο), όπου είναι διαθέσιμα στο εργαστήριο της εμβιομηχανικής στο ΑΤΕΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.

Το επιταχυνσιόμετρο της βάδισης αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο σύνολο προγραμμάτων και συσκευών, που χρησιμοποιούνται για την μελέτη του ανθρώπινου βαδίσματος, για ιατρικούς διαγνωστικούς σκοπούς. Επίσης, αποτελείται απ' την επιταχυνσιομετρική διάταξη συνοδευόμενη απ' το λογισμικό επεξεργασίας του σήματος της βάδισης<sup>iii</sup>.

Ο χρήστης της μεθόδου, τοποθετεί την διάταξη του επιταχυνσιόμετρου στον εξεταζόμενο, πραγματοποιεί τη μέτρηση και στη συνέχεια επεξεργάζεται το καταγεγραμμένο σήμα σε κοινό προσωπικό υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό. Χρησιμοποιώντας αισθητήρα επιτάχυνσης τριών αξόνων, είναι δυνατή η καταγραφή της επιτάχυνσης στην κάθετη(άξονας Z), πλάγια(άξονας Y) και εμπρός/πίσω(άξονας X) διεύθυνση κίνησης.

Η διάταξη τοποθετείται στην περιοχή του Ο5, δηλαδή στο 55% του ύψους του εξεταζομένου, με τη χρήση εύκαμπτης και ελαστικής ζώνης, χωρίς να εμποδίζεται η βάδιση του εξεταζομένου.

Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα βρίσκονται τοποθετημένα σε τυπωμένο κύκλωμα. Οι διαστάσεις της διάταξης είναι 130x65x25 mm με βάρος 150 g (συμπεριλαμβανομένης της μπαταρίας). Η μεταφορά των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω της θύρας RS232. Τα δεδομένα αποθηκεύονται με τη μορφή αρχείου πίνακα (.GAIF), ώστε να είναι εύκολη η ανάλυση και επεξεργασία τους. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η γραφική απεικόνιση της επιτάχυνσης στους τρεις άξονες της κίνησης. Στην παρούσα έκδοση, χρησιμοποιείται το λογισμικό LabView της National Instrument. Απ' το διάγραμμα της

<sup>iii</sup> Η εξομάλυνση της μετρητικής διάταξης είναι κομμάτι από το αρχείο αναφοράς του Τζαγκαράκη Γιώργου, όπου αποτελεί την διδακτορική του διατριβή πάνω στην εντροπία του σώματος καθώς και στην μελέτη των υποδημάτων, για την συμπεριφορά στο ανθρώπινο βάδισμα.

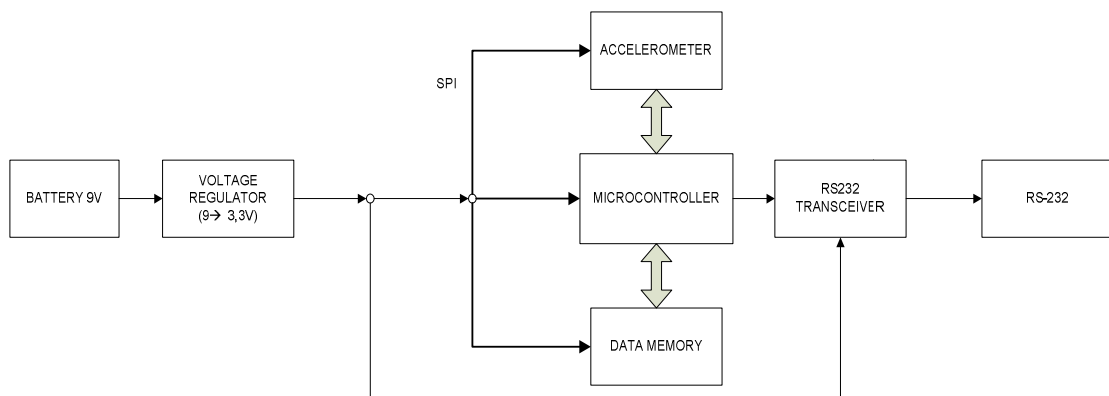
επιτάχυνσης στο GAIT ENSEMBLE, υπολογίζεται η μέση βάδιση με τη συχνότητα ενέργειας 90%. Από το διάγραμμα της επιτάχυνσης στο GAIT FREQUENCY, υπολογίζεται η **συχνότητα** στην οποία το αθροιστικό ποσοστό της ενέργειας ξεπερνά το 90%, δηλαδή το φάσμα συχνοτήτων.

Λεπτομερή αναφορά όσο αφορά τη μετρητική διάταξη παρουσιάζεται στο Παράρτημα I

### 3.1.2 Επιταχυνσιόμετρο και περιφερειακές διατάξεις

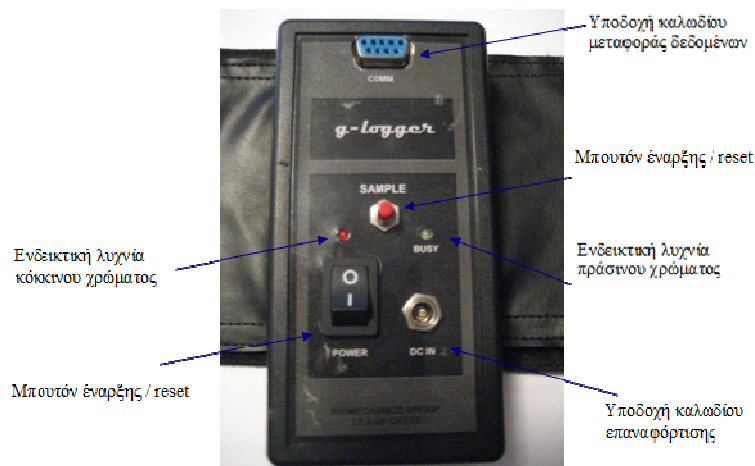
Η συσκευή καταγραφής της επιτάχυνσης αποτελείται από τον αισθητήρα μέτρησης και από το σύστημα καταγραφής, ελέγχου και τροφοδοσίας.

Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής που περιγράφει τη λειτουργία της επιταχυνσιομετρικής διάταξης.



Εικόνα 3.1: : Διάγραμμα ροής επιταχυνσιομετρικής διάταξης

Στην πρόσοψη (εξωτερική πλευρά) της επιταχυνσιομετρικής διάταξης, διακρίνονται (βλ.Εικόνα 3.2):



Εικόνα 3.2: Σύστημα καταγραφής, τροφοδοσίας και ελέγχου.

### 3.1.2.1 Συσκευή ψηφιακής τριαξονικής επιτάχυνσης

Η επιταχυνσιομετρική συσκευή αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρονικών διατάξεων όπως ο αισθητήρας επιτάχυνσης, ο μικροελεγκτής, η μνήμη, ο μετατροπέας στάθμης, ο σταθεροποιητής τάσης κλπ.

### 3.1.2.2 Ζώνη προσαρμογής

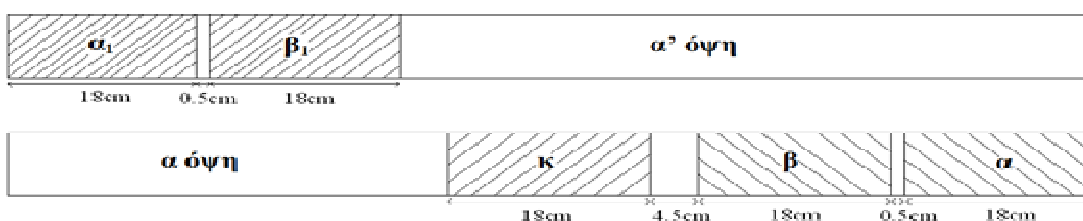
Η επιταχυνσιομετρική συσκευή, τοποθετείται στον εξεταζόμενο με τη βοήθεια της ζώνης προσαρμογής. Η ζώνη προσαρμογής αποτελείται από έναν ελαστικό ιμάντα στον οποίο έχει προσαρμοστεί η επιταχυνσιομετρική συσκευή. Η ελαστικότητα του ιμάντα παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής του, σε μεγάλο εύρος σωματότυπων, στον οποίο δεν περιλαμβάνονται παιδιά. Στην περίπτωση παιδιών – εξεταζομένων, προβλέπεται η χρήση ζώνης προσαρμογής μικρότερου μήκους. Η τοποθέτηση της επιταχυνσιομετρικής συσκευής σε μια εκ των δύο ζωνών προσαρμογής, γίνεται εύκολα, γρήγορα και χαρακτηρίζεται από σταθερότητα.

Η ζώνη στην οποία προσαρμόζεται το επιταχυνσιόμετρο, αποτελείται από ελαστικό υλικό στο οποίο είναι προσαρμοσμένα αυτοκόλλητα τμήματα **scratch**. Μεταξύ των τμημάτων αυτών υπάρχει διάκενο μήκους 0.5 έως 4.5cm, προκειμένου να διατηρείται η ελαστικότητα της ζώνης. Αυτό βοηθάει στην προσαρμογή της σε οποιαδήποτε σωματότυπο, με ελάχιστο και μέγιστο μήκος, 1 m και 1.48 m, αντίστοιχα.

Ο χρήστης εντοπίζει τον Ο5 σπόνδυλο και στο ύψος αυτό (Εικόνα 3.3), τοποθετεί την οπίσθια όψη του τμήματος “κ” της ζώνης (Εικόνα 3.4). Η αυτοκόλλητη επιφάνεια “κ”, θα παραμείνει διαθέσιμη ώστε να τοποθετηθεί σ’ αυτή, το επιταχυνσιόμετρο. Στη συνέχεια, ο χρήστης τυλίγει τη ζώνη στον εξεταζόμενο, ώστε το αυτοκόλλητο τμήμα “β” να κολλήσει με το αντίστοιχο τμήμα “β<sub>1</sub>” και το αυτοκόλλητο τμήμα “α” να κολλήσει με το αντίστοιχο τμήμα “α<sub>1</sub>” (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.3: Εύρεση του Ο5 σπονδύλου

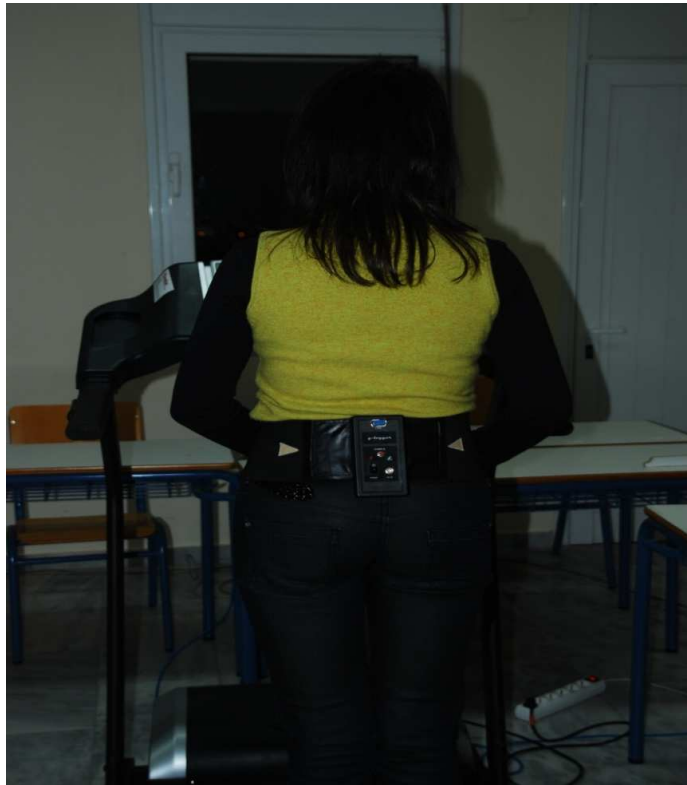


Εικόνα 3.4: Σχέδιο ζώνης προσαρμογής επιταχυνσιομέτρου



Εικόνα 3.5: Τοποθέτηση ζώνης

Η τοποθέτηση θα γίνει έτσι ώστε ολόκληρη η επιφάνεια του τμήματος “κ” να εφάπτεται στο σώμα του εξεταζομένου, χωρίς ωστόσο να είναι ιδιαίτερα σφιχτή ώστε να επηρεάζει τη βάδισή του. Τελευταίο βήμα τοποθέτησης της ζώνης, αποτελεί, η εφαρμογή του επιταχυνσιόμετρου (Εικόνα 3.5 και Εικόνα 3.6) στο τμήμα “κ”.



Εικόνα 3.6: Το επιταχυνσιόμετρο τοποθετημένο πάνω στον εξεταζόμενο

### 3.2 Διάδρομος

Οι μετρήσεις που πάρθηκαν παριστάνουν το ανθρώπινο βάδισμα υπό φυσιολογικές συνθήκες. Επειδή ήταν αδύνατον να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στο έδαφος, χρησιμοποιήθηκε ως εξομοιωτής ο ταινιόδρομος (διάδρομος βλ. Εικόνα 3.7), ο οποίος είναι διαθέσιμος στο εργαστήριο Εμβιομηχανικής, για τέτοιου είδους διεργασίες.



Εικόνα 3.7: Διάδρομος Μετρήσεων

### 3.3 Πρωτόκολλο

#### 3.3.1 Προτροπή των εξεταζομένων

Επεξήγηση στον εξεταζόμενο τη διαδικασία των μετρήσεων:

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο επίπεδα ταχυτήτων, στα 3.5(Km/h) και στα 4.5(Km/h). Αυτές οι ταχύτητες είναι πιο κοντά στο υπό φυσιολογικό **περπάτημα** του κάθε ανθρώπου, χωρίς να επέρχονται δευτερογενείς παράγοντες όπως είναι η κούραση και το αναγκαστικό τρέξιμο.

Πιο συγκεκριμένα, ο εξεταζόμενος περπατούσε συνεχόμενα, καθώς γίνονταν οι απαραίτητες ρυθμίσεις από τον καθοδηγητή. Οι ρυθμίσεις πραγματοποιούνταν στην μετρητική διάταξη, μέσω του υπολογιστή, σε κάθε μέτρηση. Αρχικά ξεκινούσε το περπάτημα με 3.5(Km/h) και ανάλογα με τη μέτρηση, ο καθοδηγητής υποδείκνυε στον εξεταζόμενο να αλλάξει ταχύτητα στα 4.5(Km/h) και πάλι αντίστροφα στα 3.5(Km/h).

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων, ζητήθηκε από τον εξεταζόμενο να περπατάει με όσο το δυνατόν ομαλότερο ρυθμό (φυσιολογικά και επαναλήψιμα) πάνω στον διάδρομο.

Τέλος, αναλύθηκε λεπτομερώς σε κάθε εξεταζόμενο, ο τρόπος λειτουργίας του διαδρόμου (βλ. Εικόνα 3.8 και Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.8: Επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας του διαδρόμου



Εικόνα 3.9: Εμφάνιση των απαραίτητων ρυθμίσεων κατά την πορεία των μετρήσεων

Έγινε καταγραφή του βάρους, ύψους και ηλικίας του κάθε εξεταζόμενου στην καρτέλα με τα προσωπικά δεδομένα (βλ. Εικόνα 3.10). Στην καρτέλα με το Ιατρικό ιστορικό Παθήσεων καταγράφηκε κάθε είδους ορθοπεδική πάθηση, που είχε αντιμετωπίσει ο εξεταζόμενος. Επιπλέον, καταγραφόταν και η κατηγορία της κάθε μέτρησης, η οποία πραγματοποιούνταν (βλ.Εικόνα 3.11).



The screenshot shows a software interface with two main columns: 'Personal Info' and 'Statistics'. The 'Personal Info' column contains fields for Surname (TZIPTZILAKH), Name (ΑΓΓΕΛΙΚΗ), Father Name (ΓΙΩΡΓΟΣ), Sex (Female), Occupation (ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ), Address, and Telephone. The 'Statistics' column contains fields for Height (160), Weight (45), BMI (17.5781), Shoes (poly lepto(flat)), Age (19), Exercise (3 - Regular), Psych (3 - Average), and Strength (5 - Normal). The interface has a menu bar at the top with options: Προσωπικά Δεδομένα, Ιατρικό Ιστορικό, Γράφημα Επιτάχυνσης, Gait Frequency Content Evolution, and About.

Εικόνα 3.10: Καταγραφή στοιχείων εξεταζόμενου

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top: Προσωπικά Δεδομένα, Ιατρικό Ιστορικό, Γράφημα Επιτάχυνσης, Entropy Evolution, and About. The main content area is divided into three sections: 'Medical History' (empty), 'OPERATIONS\_HISTORY' (empty), and 'GENERAL\_&\_OTHER\_COMMENTS' containing the text 'syknotita(512), taxytita(4.5), epanalipsi(1)'. The interface has a light gray background and a blue border.

Εικόνα 3.11: Καρτέλα Ιατρικό Ιστορικό

### 3.3.2 Υποδήματα ένδυση

Δεν είναι παράμετροι που επηρεάζουν τον σκοπό της μέτρησης. Έπρεπε όμως τα ενδύματα και τα υποδήματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για έναν εξεταζόμενο, να είναι άνετα και να παραμένουν ίδια, για όλη τη διάρκεια της εξέτασης.

### 3.3.3 Αριθμός μετρήσεων και διάρκεια

Πραγματοποιήθηκαν τριάντα μετρήσεις για κάθε εξεταζόμενο. Αυτές αποτελούνταν από τρεις διαφορετικές συχνότητες και τις προαναφερόμενες δύο ταχύτητες.

Οι μετρήσεις διήρκησαν 30[sec] και με ρυθμό δειγματοληψίας 128,256 και 512Hz. Πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά, για την αποφυγή δευτερευόντων παραγόντων αλλά και για την καλύτερη διασταύρωση των αποτελεσμάτων.

Πριν από κάθε μέτρηση, πάρθηκαν μετρήσεις βαθμονόμησης διάρκειας 30[sec]. Καλό είναι να αναφέρουμε, ότι η βαθμονόμηση πραγματοποιείται για τον καθορισμό της γωνίας τοποθέτησης της μετρητικής διάταξης πάνω στον εξεταζόμενο.

### 3.3.4 Μέτρηση της γωνίας τοποθέτησης

Καταγράφηκε η γωνία τοποθέτησης του αισθητήριου πάνω στο σώμα, μια φορά στην αρχή και μια στο τέλος των μετρήσεων.

Ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία καθορισμού της γωνίας τοποθέτησης:

Τοποθετήθηκε η μετρητική διάταξη πάνω στον εξεταζόμενο. Ο εξεταζόμενος περπάτησε ΠΑΝΩ στον διάδρομο για 3 λεπτά, ώστε η μετρητική διάταξη να έρθει σε μια θέση ισορροπίας. Στη συνέχεια σταμάτησε ακίνητος ΠΑΝΩ στο διάδρομο. Η μέτρηση πάρθηκε ΔΙΧΩΣ να κινείται και να ακουμπάει τις λαβές του διαδρόμου. Η μέτρηση «βαθμονόμησης» μεταφέρθηκε στον υπολογιστή μέσω του προγράμματος λήψης μετρήσεων.

Από τα δεδομένα που εμφανίζονται στον Η/Υ για να μετρήσουμε τη γωνία τοποθέτησης της μετρητικής διάταξης υποθέτουμε ότι η μέση τιμή της επιτάχυνσης στο Z συμβολίζεται με  $Z_m$  και η μέση τιμή στον άξονα της κίνησης συμβολίζεται με  $X_m$ , οπότε ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι :

$\arctan(Z_m/X_m) =$  γωνία τοποθέτησης με βάση τον οριζόντιο άξονα.

Εάν υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις στο τέλος των μετρήσεων (πάνω από 5 μοίρες), όλες οι μετρήσεις επαναλαμβάνονταν.

Σε περιπτώσεις που κρίθηκε αναγκαίο (π.χ. κούραση), σταματούσαν οι μετρήσεις για 5-10λεπτά. Αν είχε καθίσει ο εξεταζόμενος σε καρέκλα ή οπουδήποτε αλλού, σχηματίζοντας η μέση του γωνία 90 μοιρών, έπρεπε να επανατοποθετηθεί η ζώνη και να επαναληφθούν τα στάδια της βαθμονόμησης. Αυτό γινόταν διότι, η ζώνη είχε γλιστρήσει και είχε αλλάξει θέση, από την αρχική θέση ισορροπίας της.

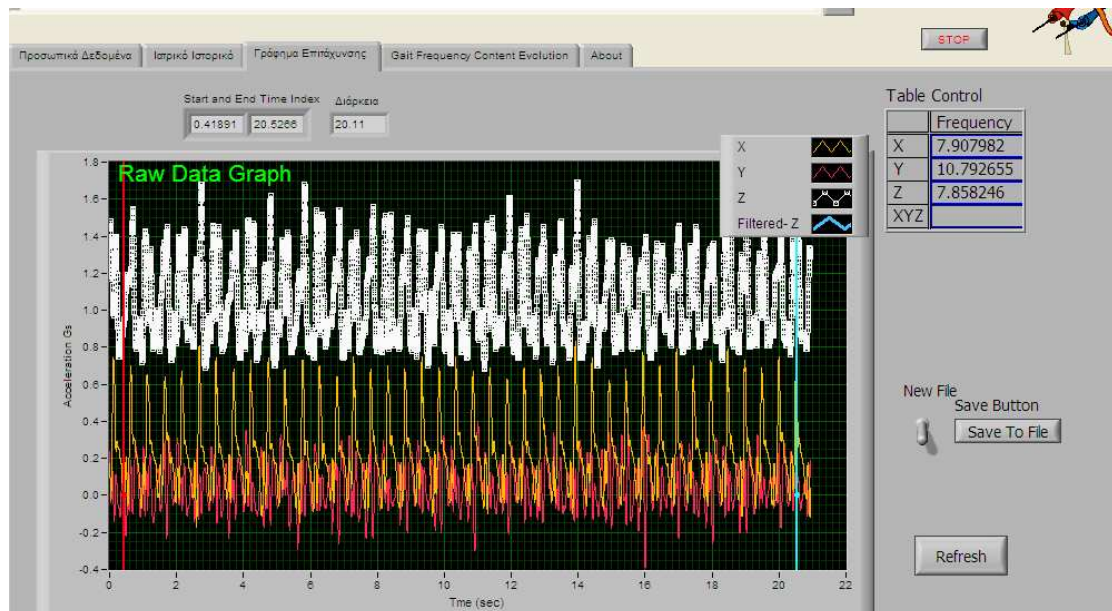
### 3.4 Ανάλυση σήματος βάδισης

Όλα τα προγράμματα που χρειάστηκαν για τη διεξαγωγή αυτής της μελέτης έχουν δημιουργηθεί μέσω του Lab View. Το Lab View έχει τη δυνατότητα με τον ανάλογο προγραμματισμό, να δημιουργήσει προγράμματα, που μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του κάθε χειριστή. Μέσω των προγραμμάτων, ο χειριστής-ερευνητής ελαττώνει κατά πολύ το χρόνο εύρεσης των στατιστικών δεδομένων. Έτσι, αποφεύγει τα περιττά λάθη τα οποία μπορεί να δημιουργηθούν λόγω των πονοκεφάλων, εξαιτίας των επαναλαμβανόμενων και μακροσκελών πράξεων.

#### 3.4.1 Gait Frequency

Το πρόγραμμα Gait Frequency στη καρτέλα γράφημα επιτάχυνσης, καθιστά δυνατή την εύρεση του δείκτη με το 90% της ισχύος μέσα στο σήμα, για κάθε άξονα (X,Y,Z) ξεχωριστά (βλ. Εικόνα 3.12). Με τις μετακινούμενες μπάρες δεξιά και αριστερά μπορούμε να καθορίσουμε την περιοχή την οποία θέλουμε να μελετήσουμε, προσδιορίζοντας και τον αντίστοιχο χρόνο που συμπεριλαμβάνει η κάθε μέτρηση.

Από αυτό το στάδιο όπου είναι και το αρχικό, περνάνε όλες οι μετρήσεις. Δημιουργούνται τα αρχικά στατιστικά δεδομένα, τα οποία εμφανίζονται πάνω δεξιά, στον πίνακα Table Control.



Εικόνα 3.12: Πρόγραμμα Gait Frequency

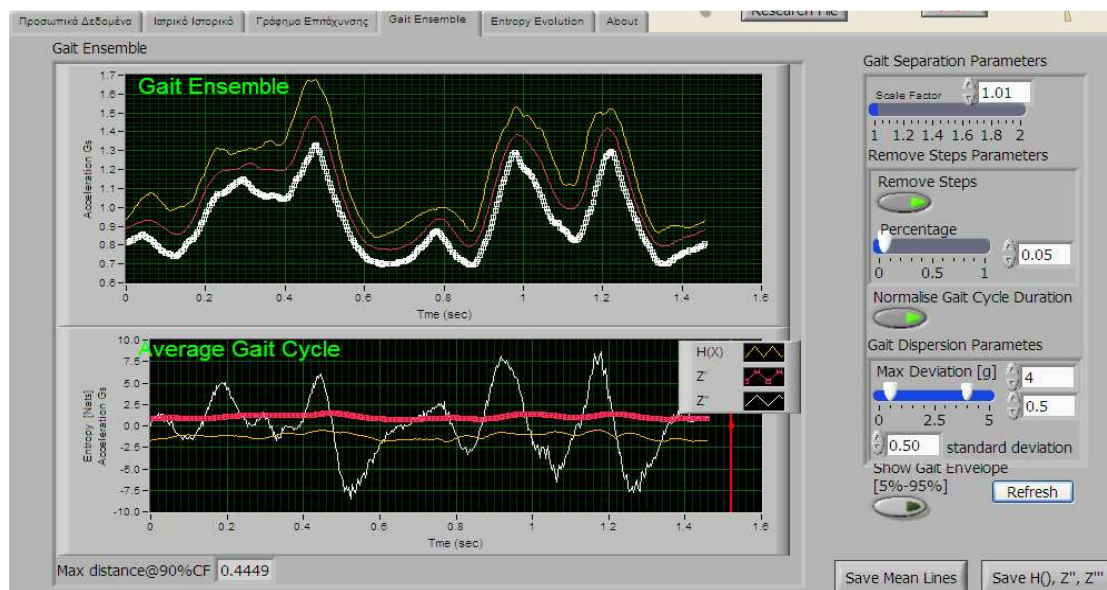
### 3.4.2 Gait Ensemble

Με το πρόγραμμα Gait Ensemble στην καρτέλα Gait Ensemble είναι δυνατή η εύρεση του κάθε κύκλου βάδισης, μέσα σε μία μέτρηση. Ο κάθε κύκλος βάδισης, αντιστοιχεί περίπου σε 1 - 1.5sec και αποτελείται από δύο ολοκληρωμένα βήματα - δεξί και αριστερό. Επιπλέον, μπορούμε να βρούμε την εντροπία, η οποία συμπεριλαμβάνεται μέσα σε κάθε σήμα. Τα παραπάνω περί εντροπίας, δεν θα αναφερθούν καθόλου μέσα σε αυτή τη μελέτη, διότι δεν χρειάζονται για την διεξαγωγή της έρευνας.

Μέσω του Gait Ensemble, είναι δυνατή η ρύθμιση και η εύρεση της πληθώρας των ταυτόσημων κύκλων βάδισης. Το σύνολο όλων των προαναφερόμενων κύκλων, αποτελούν τη κάθε μέτρηση. Σε κάθε μέτρηση υπολογίζεται η περιοχή με το 5% (κάτω από την άσπρη γραμμή), 50% (κάτω από την κόκκινη γραμμή) και αντίστοιχα 95% (κάτω από την κίτρινη γραμμή) των ταυτόσημων κύκλων βάδισης (βλ. Εικόνα 3.13).

Μας ενδιαφέρει περισσότερο η συμπεριφορά στον άξονα Z (κατακόρυφος άξονας), διότι είναι ευνοϊκότερος προς επεξεργασία και μελέτη.

Δεδομένα είναι δυνατό να ληφθούν και από τους άλλους άξονες. Αυτό όμως μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας άλλης πτυχιακής εργασίας.

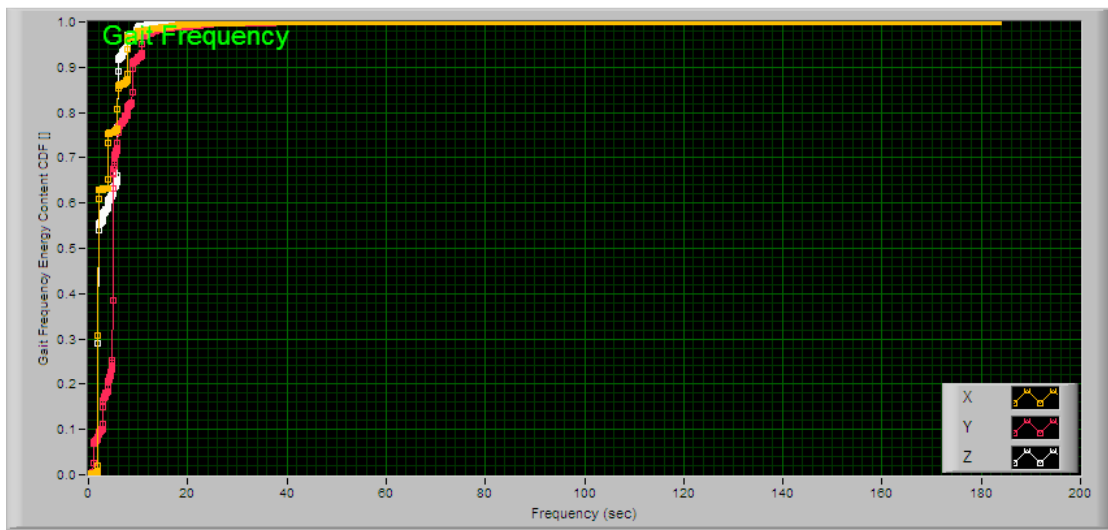


Εικόνα 3.13: Πρόγραμμα Gait Ensemble

### 3.4.3 Gait Frequency Content

Στην καρτέλα Gait Frequency Content (βλ. Εικόνα 3.14), παρουσιάζεται αθροιστικά η εσωτερική ενέργεια που εμπεριέχεται σε μία μέτρηση ως προς την συχνότητα (συχνοτικές συνιστώσες). Φαίνεται, ότι αυξάνεται από το μηδέν μέχρι τα 40 Hz περίπου. Με αυτή την άνοδο επιβεβαιώνεται, ότι από τα 40Hz και κάτω (δηλαδή στις χαμηλότερες συχνότητες), ίσως να υπάρχει απώλεια δεδομένων. Αυτό έχει ως συνέπεια, να εμφανίζεται κάποιο σφάλμα στα αποτελέσματα που λαμβάνουμε.

Η λεπτομερή ανάλυση αυτής της καρτέλας, που αποτελεί ένα από τα ουσιώδη στοιχεία της μελέτης, θα πραγματοποιηθεί σε παρακάτω κεφάλαιο.



Εικόνα 3.14: Gait Frequency Content

## 4 Διόρθωση Συντελεστή Χρονισμού της Μετρητικής Διάταξης

### 4.1 Εισαγωγή

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων παρουσιάστηκε το πρόβλημα που φαίνεται στην Εικόνα 4.1. Αυτό διεξάγεται στην διάρκεια των κύκλων βάδισης σε διαφορετικές συχνότητες δειγματοληψίας.

Παρατηρήθηκε, πως κάθε λήψη δείγματος στον Η/Υ, φαίνονταν να διαρκεί περισσότερο από ότι στην πραγματικότητα. Πιθανότατα να οφείλεται στον χρόνο που χρειάζεται για την αποθήκευση της μέτρησης στη μνήμη ram της μετρικής διάταξης. Ως εκ τούτου και ανάλογα με την συχνότητα δειγματοληψίας σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, παράγεται ένα άθροισμα χρονοκαθυστερήσεων από τις εγγραφές στην μνήμη, το οποίο εμφανίζεται σαν σφάλμα στην απεικόνιση του κύκλου βάδισης. Αυτό το σφάλμα παρουσιάζεται με την μορφή αυξημένης διάρκειας δειγματοληψίας.

Πειραματικά παρατηρήθηκε ότι, ανάλογα με τη συχνότητα δειγματοληψίας η οποία ρυθμίζονταν στη μετρητική διάταξη, άλλαζε η διάρκεια του ενός κύκλου βάδισης. Όσο μεγαλύτερη συχνότητα είχε η συσκευή, τόσο αναλογικά αυξάνονταν το σύνολο των χρονοκαθυστερήσεων. Αυτός ο επιπλέον χρόνος, άλλαζε τις ιδιότητες της συχνότητας και παρουσιάζονταν ως σφάλμα κατά την επεξεργασία των μετρήσεων.

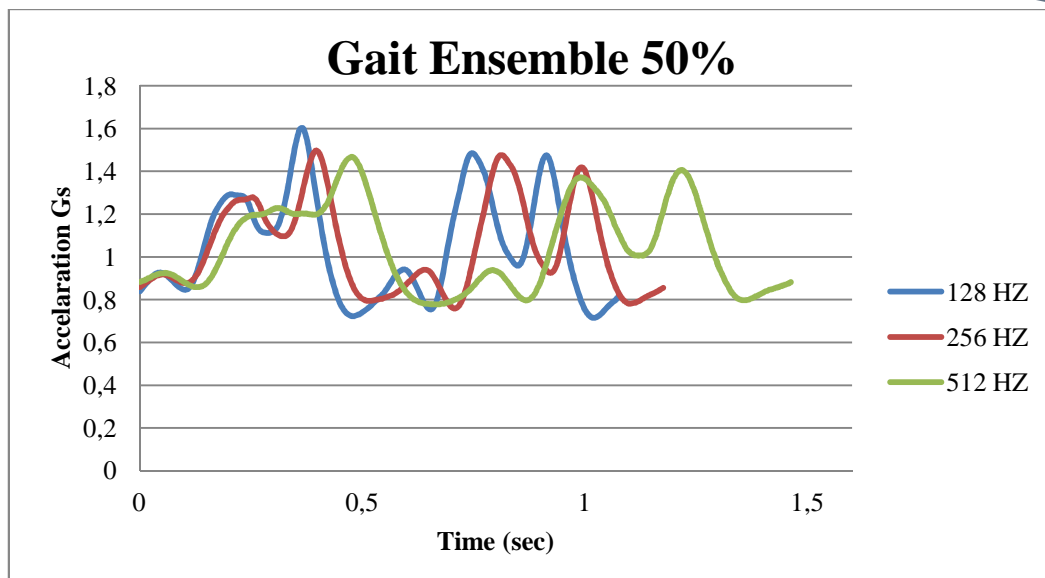
### 4.2 Παρουσίαση προβλήματος

Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζονται τρεις μετρήσεις διαφορετικής κατηγορίας, μία για κάθε συχνότητα (είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους<sup>iv</sup>). Οι μετρήσεις είναι για το ίδιο άτομο και την ίδια ταχύτητα βάδισης.

Όπως φαίνεται υπάρχει μια μικρή ξεχωριστή καθυστέρηση για κάθε συχνότητα, στο χρόνο που χρειάζεται για να κάνει ένα κύκλο βάδισης. Αυτή η καθυστέρηση οφείλεται σε σχεδιαστική αδυναμία της μετρητικής διάταξης και στους περιορισμούς του υλικού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την απόκλιση μεταξύ μικρών και μεγάλων συχνοτήτων. Επίσης, παρατηρείται, ότι για μεγαλύτερες συχνότητες, ο μέσος κύκλος βάδισης,<sup>v</sup> διαρκεί περισσότερο από τους αντίστοιχους κύκλους, για μικρότερες συχνότητες δειγματοληψίας.

<sup>iv</sup> Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι ανεξάρτητες και οι εξαρτημένες μετρήσεις.

<sup>v</sup> Κύκλος βάδισης θεωρείται ένα ολοκληρωμένο βήμα, αποτελούμενο από το δεξί και αριστερό βήμα αντίστοιχα.



Εικόνα 4.1: Gait Ensemble- Δημιουργία Σφάλματος

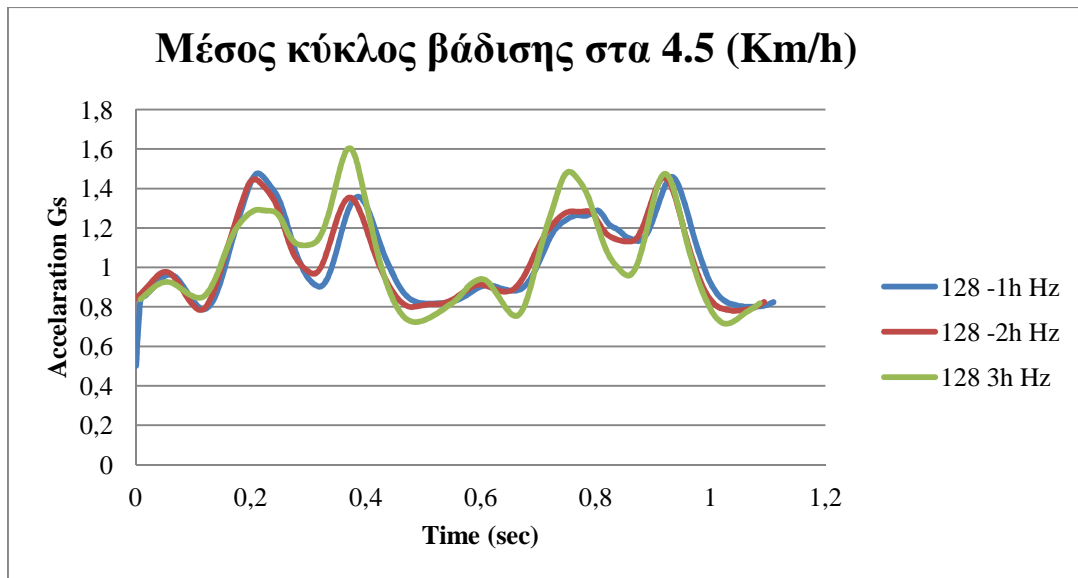
Λόγω του ότι η μέση βάδιση στη περίπτωση που διατηρείται σταθερή η δειγματοληψία και η ταχύτητα βάδισης, είναι πολύ επαναλήψιμη, από βάδιση σε βάδιση, η σωστή και αναμενόμενη κατανομή των διαγραμμάτων, πρέπει να κυμαίνεται στον ίδιο χρόνο. Αυτό ισχύει, για όλες τις κατηγορίες συχνοτήτων μικρών και μεγάλων, κατά το τελείωμα των διαγραμμάτων τους. Επίσης, γίνεται φανερό και στα παρακάτω διαγράμματα, της ίδιας κατηγορίας συχνοτήτων.

Η διαφορετική διάρκεια χρόνου, προκαλεί άμεσο πρόβλημα στην ανάλυση μας, γιατί ο σκοπός είναι να εξετάσουμε την ενέργεια που εμφανίζεται στις διάφορες συχνότητες. Εάν αλλοιωθεί η συχνότητα, τότε τα αποτελέσματα δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα. Δηλαδή, όλες οι μετρήσεις με ρυθμό δειγματοληψίας 512Hz και οι παράγωγές τους, παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερη συχνότητα (συχνότητα ενέργειας 90% της ισχύος μέσα στο σήμα), η οποία θα είναι χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες μετρήσεις συχνοτήτων, που έγιναν με ρυθμό δειγματοληψίας 128 και 256Hz.

Επειδή ο αλγόριθμος διαχωρισμού των βημάτων, δεν χρησιμοποιεί την πληροφορία από τους άξονες X,Y και Z, που μερικές φορές δημιουργούν την ψευδαίσθηση, ότι εκτός από το πρόβλημα στην διάρκεια της βάδισης, οι μετρήσεις δεν είναι όμοιες (με βάση περίπου τη μέση της κάθε μέτρησης). Αυτό δημιουργείται διότι ο αλγόριθμος δεν διαχωρίζει δεξί – αριστερό βήμα, αλλά κύκλο βάδισης. Έτσι, σε άλλες μετρήσεις, φαίνεται πρώτα το αριστερό και σε άλλες πρώτα το δεξί βήμα. Αν πάρουμε το πρώτο μισό και το δεύτερο μισό, στις περιπτώσεις όπου εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο, θα δούμε ότι οι μετρήσεις είναι όμοιες.

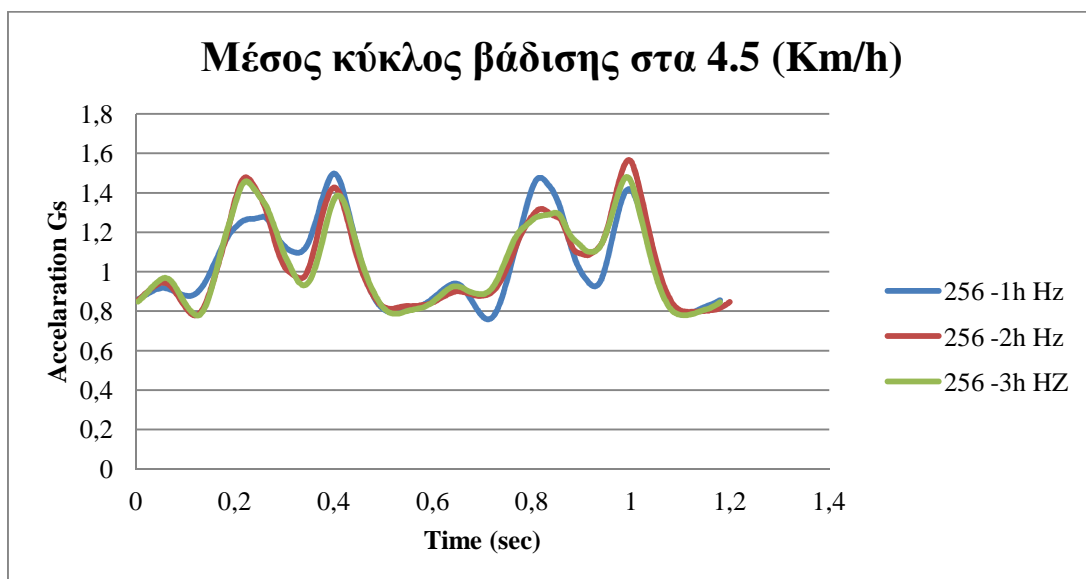
#### 4.2.1 Επικέντρωση προβλήματος

Παρακάτω, παρουσιάζεται αναλυτικά τι συμβαίνει σε κάθε συχνότητα. Εμφανίζεται ο μέσος κύκλος βάδισης για κάθε μέτρηση και ξεχωριστά για κάθε συχνότητα που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 4.2: Gait Ensemble- 128Hz

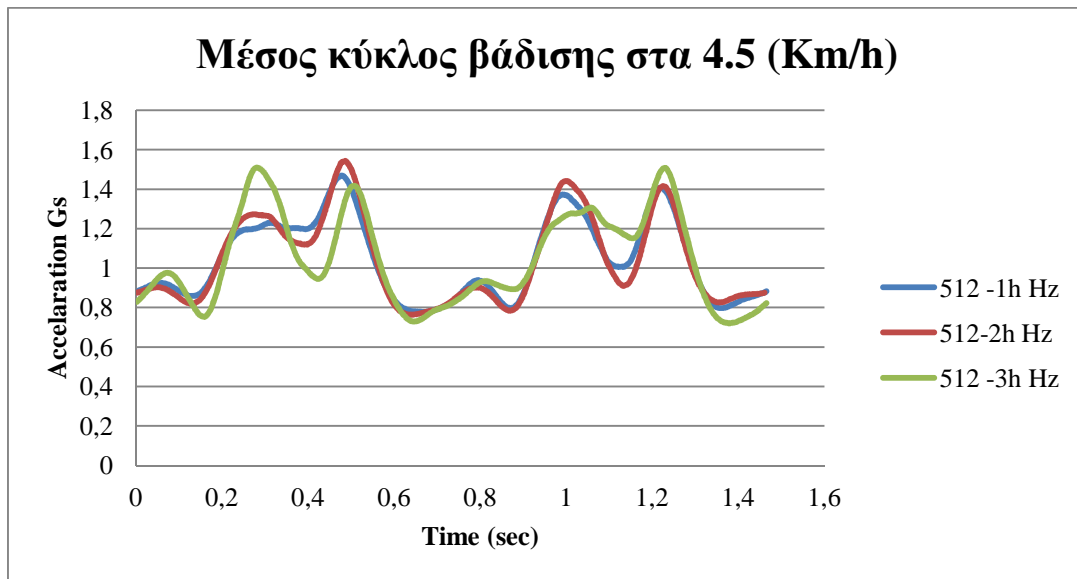
Στην Εικόνα 4.2 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (128Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.1 sec.



Εικόνα 4.3: Gait Ensemble- 256Hz

Στην Εικόνα 4.3 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (256Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.2 sec.





Εικόνα 4.4: Gait Ensemble- 512Hz

Στην Εικόνα 4.4 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (512Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.5 sec.

Οπότε, σύμφωνα με τα διαγράμματα, επιβεβαιώνεται ότι για κάθε συχνότητα, ο κύκλος βάδισης αλλάζει. Δημιουργείται δηλαδή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κάποιο σφάλμα.

Επιπλέον, και στις μετρήσεις ίδιας κατηγορίας συχνοτήτων, εμφανίζεται μία μικρή διαφορά, ως προς τον χρόνο του κάθε κύκλου βάδισης. Αυτός ο χρόνος είναι στατιστικά ασήμαντος, δίχως να χρειάζεται να τον δικαιολογήσουμε.

### 4.3 Μεθοδολογία διερεύνησης προβλήματος

Για την διερεύνηση του προβλήματος έπρεπε :

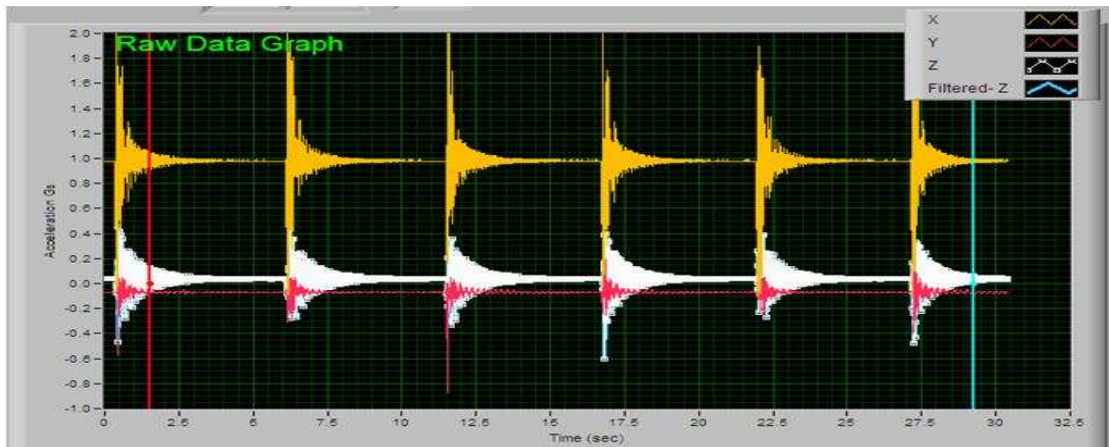
**A) να γίνει επαλήθευση του ευρήματος, ώστε να βρεθεί η αιτία της παρουσίας του.**

**B) να σχεδιαστεί μια μεθοδολογία που να επιτρέπει την διόρθωση του σήματος.**

#### 4.3.1 Διαδικασία

Πάνω σε ένα έδρανο τοποθετήθηκε η μετρητική διάταξη χωρίς τη ζώνη τοποθέτησης του σώματος. Με τη βοήθεια του χρονομέτρου ενός κινητού, κάθε 5sec ο χειριστής χτυπούσε το χέρι του πάνω στο γραφείο. Ταυτόχρονα με το χτύπημα, ξεκινούσε και το χρονόμετρο να μετράει πατώντας το κουμπί εκκίνησης του. Το χρονόμετρο κατέγραφε τον ακριβή χρόνο όπου πιέζονταν το κουμπί, μαζί με ένα

δεκαδικό ψηφίο. Η κάθε μέτρηση διαρκούσε 30sec. Οι μετρήσεις πάρθηκαν με το λογισμικό Lab View Εικόνα 4.5 και αποθηκεύτηκαν στον Η/Υ.



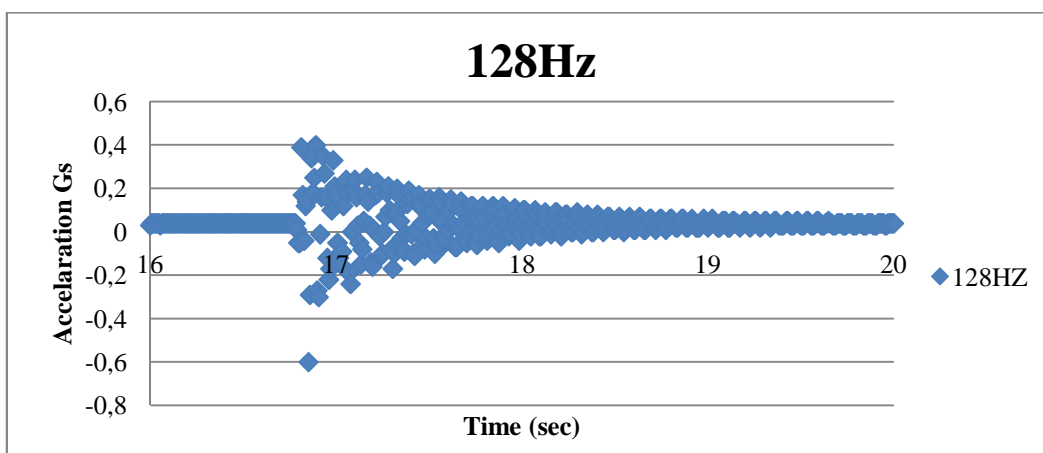
Εικόνα 4.5: Επιταχυνσιόμετρο2- Συχνότητα 128Hz

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, ήταν πέντε για κάθε συχνότητα (128,256 και 512Hz). Έγιναν μετρήσεις, ξεχωριστά για κάθε μετρητική διάταξη.

#### 4.3.2 Επεξεργασία Μετρήσεων

Από τις μετρήσεις πάρθηκαν οι χρόνοι που αντιδρούσε η μετρητική διάταξη (επιταχυνσιόμετρο) με τη βοήθεια του excel (βλ. Εικόνα 4.6). Έπειτα συγκρίθηκαν με τους χρόνους του χρονομέτρου καταγράφοντας τις διαφορές τους. Υπολογίστηκε ο μέσος όρος της διαφοράς του χρόνου για κάθε δευτερόλεπτο σε κάθε μέτρηση. Αυτός είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο αλγόριθμος της μετρητικής διάταξης, για να καταγράψει ο επεξεργαστής στη μνήμη, κάθε δευτερόλεπτο τη μέτρηση που πραγματοποιείται.

Τέλος, υπολογίστηκαν οι συντελεστές διόρθωσης για κάθε συχνότητα και αντίστοιχα για κάθε μετρητική διάταξη.



Εικόνα 4.6: Χρόνος αντίδρασης

## 4.4 Συντελεστής διόρθωσης

Παρακάτω παρουσιάζονται αποσπασματικά τμήματα από όλη την ανάλυση. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ στους Πίνακες 2.1-2.6, εμφανίζονται αναλυτικά όλες οι μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί.

Εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα, οι χρόνοι αντίδρασης της κάθε μέτρησης, δεν είναι ακριβώς κάθε 5sec, τα οποία έχουν οριστεί σαν βάση αυτής της διαδικασίας. Υπάρχει μεταξύ τους ένα μικρό εύρος συν - πλην δέκατα του δευτερολέπτου. Έτσι λοιπόν έγινε προσπάθεια να απομονωθεί αυτό το εύρος, υπολογίζοντας το χρόνο που καθυστερεί το κάθε δευτερόλεπτο ξεχωριστά. Όπως θα δούμε παρακάτω, αναλύεται η κάθε στήλη και η κάθε σειρά του Πίνακα 4.1.

### 4.4.1 Μετρητικές Συσκευές

#### 4.4.1.1 Επιταχυνσιόμετρο 2

Πίνακας 4.1: Χρόνος στα 128Hz

	128(Hz)						Σύνολο (sec)
Επιταχυνσιόμετρο (sec)	0.43	6.18	11.55	16.805	22	27.12	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.75	5.37	5.255	5.195	5.12	26.69
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	5	4.9	5.2	4.6	25.1
Απόλυτη διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.35	0.37	0.355	-0.005	0.52	1.59
Ποσοστιαίο σφάλμα μέτρησης επιταχυνσιομέτρου Χρόνος ανά (sec)	0	0.065	0.074	0.072	-0.001	0.113	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.065						
Μέσος όρος διαφοράς (επιταχυνσιομέτρου μείον χρονόμετρου) διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.0633						

Κάθε κατακόρυφη στήλη αποτελεί τον χρόνο αντίδρασης της μετρητικής διάταξης, στη διάρκεια του προκαθορισμένου χρόνου. Αυτός αποτελεί τη διάρκεια ανάμεσα

από χτύπημα σε χτύπημα, του χεριού πάνω στο τραπέζι. Στην τελευταία στήλη είναι ο πραγματικός *συνολικός* χρόνος κατά τον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις .

- Στη **πρώτη σειρά**, παρουσιάζονται οι χρόνοι αντίδρασης της μετρητικής διάταξης. Οι χρόνοι αυτοί καταγράφονται με το πάτημα του button, μετά την έναρξη καταγραφής των δεδομένων.
- Στη **δεύτερη σειρά**, παρουσιάζεται ο πραγματικός χρόνος μεταξύ των χτυπημάτων. Ο χρόνος αυτός βρίσκεται ανάμεσα από δύο χτυπήματα, κατά τον οποίο αντιδρά η μετρητική διάταξη (η διαφορά ανάμεσα από δύο χτυπήματα).
- Στη **τρίτη σειρά**, παρουσιάζονται οι χρόνοι αντίδρασης του χρονομέτρου μεταξύ των χτυπημάτων (μετά από κάθε μέτρηση το χρονόμετρο μηδενίζονταν).
- Στην **τέταρτη σειρά**, παρουσιάζεται το χάσμα (διαφορά) που υπάρχει μεταξύ μετρητικής διάταξης και χρονομέτρου.
- Στην **πέμπτη σειρά**, παρουσιάζεται η διαφορά που υπάρχει μεταξύ μετρητικής διάταξης και χρονομέτρου, **ανά δευτερόλεπτο**.
- Στην **έκτη σειρά**, παρουσιάζεται ο μέσος όρος της σχετικής διαφοράς μεταξύ μετρητικής διάταξης και χρονομέτρου, για κάθε δευτερόλεπτο. Αυτός ο όρος βγαίνει από τον μέσο όρο της πέμπτης σειράς.
- Τέλος, στην **έβδομη σειρά** παρουσιάζεται ο μέσος όρος για όλη τη διάρκεια της μέτρησης, ο οποίος δημιουργείται από το σύνολο της τέταρτης γραμμής διά το σύνολο της τρίτης γραμμής. Αυτός ο όρος, μαζί με τον όρο της έκτης σειράς, παρουσιάζουν την ίδια ποσότητα. Μερικές φορές υπάρχει μία απόκλιση μεταξύ τους, η οποία οφείλεται σε στρογγυλοποιήσεις. Σε αυτή τη περίπτωση αφήνεται στη κρίση του κάθε μελετητή να επιλέξει ποιά από τις δύο τιμές θα χρησιμοποιήσει. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής ο οποίος βγαίνει από την έβδομη σειρά.

Όλη η διαδικασία που αναλύθηκε παραπάνω έχει γίνει για μία μόνο μέτρηση και μία κατηγορία συχνότητων. Παρακάτω φαίνεται συγκεντρωτικά ο Πίνακας 4.2, ο οποίος παρουσιάζει τους μέσους όρους όλων των μετρήσεων. Εμφανίζονται ξεχωριστά οι όροι για κάθε συχνότητα, αλλά για τη μία μόνο μετρητική διάταξη. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει τον χρόνο του μέσου όρου του χάσματος, μεταξύ μετρητικής διάταξης και χρονομέτρου, ανά δευτερόλεπτο. Αυτός ο χρόνος βγαίνει, όπως είπαμε παραπάνω, από την πέμπτη σειρά του πίνακα και βρίσκει τον επιπλέον

χρόνο που χρειάζεται ο επεξεργαστής, για την αποθήκευση των δεδομένων, σε κάθε δευτερόλεπτο.

**Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα**

Αποτελέσματα τιμών	sec
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 128(Hz)	0.065
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 256(Hz)	0.147
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 512(Hz)	0.404

Ο Πίνακας 4.3 παρουσιάζει και αυτός τον επιπλέον χρόνο που χρειάζεται ο επεξεργαστής για την αποθήκευση των δεδομένων, σε κάθε δευτερόλεπτο. Παρουσιάζεται ξεχωριστά για κάθε συχνότητα, ο μέσος όρος όλων των μετρήσεων, για τη μία μετρητική διάταξη. Συγκεκριμένα εμφανίζεται ο μέσος όρος από την έβδομη σειρά, για όλη τη διάρκεια της μέτρησης, ο οποίος βγαίνει από το άθροισμα της τέταρτης σειράς, διά το άθροισμα της τρίτης σειράς.

Αυτοί οι όροι ουσιαστικά, είναι οι συντελεστές διόρθωσης για κάθε συχνότητα, όπου αποτελούν ξεχωριστό όρο της κάθε μίας και εφαρμόζονται στον ίδιο τύπο (ο οποίος παρουσιάζεται παρακάτω). Έτσι, δημιουργείται μια νέα συχνότητα, για κάθε κατηγορία. Αυτή η συχνότητα, είναι η πραγματική, η οποία ανταποκρίνεται αναλόγως στα υπάρχοντα δεδομένα, που έχει η κάθε μέτρηση.

**Πίνακας 4.3: Γενικά Αποτελέσματα  $\bar{\chi}$  [Γενικός Μέσος όρος διαφοράς (επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου)/Μέσος όρος Χρονομέτρου]**

Συχνότητα	Διορθωτικό Συντελεστή
128 (Hz)	0.067
256 (Hz)	0.146
512 (Hz)	0.431

#### 4.4.1.2 Επιταχυνσιόμετρο 5

Όπως με την προηγούμενη μετρητική διάταξη => επιταχυνσιόμετρο 2, έτσι και εδώ με τη συγκεκριμένη μετρητική διάταξη => επιταχυνσιόμετρο 5, ισχύουν οι ίδιοι αντίστοιχοι πίνακες. Τα συμπεράσματα τα οποία βγαίνουν είναι τα ίδια και για το λόγο αυτό, αναφέρονται μόνο οι συγκεντρωτικοί πίνακες, οι οποίοι παρουσιάζουν:

- Πίνακας 4.4, παρουσιάζει τους μέσους όρους όλων των συχνοτήτων που αναφέρονται για τη συγκεκριμένη μετρητική διάταξη. Δηλαδή, εμφανίζει τον μέσο όρο του χάσματος, μεταξύ μετρητικής διάταξης και χρονομέτρου, για κάθε δευτερόλεπτο.

Αυτός ο χρόνος, είναι ο επιπλέον χρόνος που χρειάζεται ο επεξεργαστής σε κάθε δευτερόλεπτο και διεξάγεται από την πέμπτη σειρά του αντίστοιχου πίνακα (όπως και στον παραπάνω).

**Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα**

Αποτελέσματα	sec
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 128(Hz)	0.071
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 256(Hz)	0.141
Μέσος Όρος Χρόνου ανά sec στα 512(Hz)	0.433

- Πίνακας 4.5, παρουσιάζει και αυτός τους μέσους όρους όλων των συχνοτήτων, για τη συγκεκριμένη μετρητική διάταξη. Δηλαδή, τον μέσο όρο για όλη τη διάρκεια της μέτρησης. Ο όρος αυτός, δημιουργείται από την έβδομη σειρά, του αντίστοιχου πίνακα όπως και τον παραπάνω. Διεξάγεται από το άθροισμα της τέταρτης γραμμής, διά το άθροισμα της τρίτης γραμμής.

**Πίνακας 4.5: Γενικά Αποτελέσματα  $\bar{\chi}$  [Γενικός Μέσος όρος διαφοράς (επιταχυνσιομέτρου-χρονόμετρου)/Μέσος όρος Χρονόμετρου]**

Συχνότητα (Hz)	Διορθωτικό Συντελεστή
128	0.071
256	0.140
512	0.433

## 4.5 Μεθοδολογία εύρεσης νέας συχνότητας

Στη συνέχεια όπως θα δούμε, με τη βοήθεια της παρακάτω μαθηματικής μεθόδου, υπολογίζεται μία διορθωμένη συχνότητα. Αυτός ο υπολογισμός, βασίζεται κυρίως στον συντελεστή διόρθωσης, ο οποίος βρέθηκε παραπάνω. Η κάθε συχνότητα πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή. Έτσι δημιουργείται μια νέα συχνότητα, όπου είναι η πραγματική και ανταποκρίνεται στα δεδομένα που λαμβάνουμε από κάθε μέτρηση. Η αντικατάσταση της νέας συχνότητας πραγματοποιείται αφού ανοίξουμε τη κάθε μέτρηση με το excel και κάτω από το Sampling Rate, αλλάξουμε τη παλιά συχνότητα με τη διορθωμένη.

#### 4.5.1 Μαθηματικοί Υπολογισμοί

Έστω  $f_s$  η πραγματική συχνότητα δειγματοληψίας και  $f_d$  η συχνότητα που είναι ρυθμισμένο το επιταχυνσιόμετρο. Στη πραγματική διάρκεια ενός δευτερολέπτου ( $t_s$ ), το επιταχυνσιόμετρο θα λάβει  $N$  μετρήσεις. Μετά την επεξεργασία, η φαινόμενη διάρκεια θα είναι  $t_d=1+\bar{x}$ . Δηλαδή:

$$t_s = N \cdot \frac{1}{f_s} = 1 \text{ [sec]} \Rightarrow N = f_s$$

$$t_d = N \cdot \frac{1}{f_d} = 1 + \bar{x} \text{ [sec]} \Rightarrow N = (1 + \bar{x})f_d$$

Λύνοντας ως προς  $N$  και εξισώνοντας έχουμε:

$$f_s = (1 + \bar{x})f_d$$

Π.χ. η συχνότητα 512Hz του επιταχυνσιόμετρου 2, γίνεται:

$$f_s = (1 + 0.431) * 512 \text{ (Hz)} \Leftrightarrow$$

$$f_s = 733 \text{ (Hz)}$$

Έτσι οι συχνότητες μετά τη διόρθωση, θα είναι όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6:

Πίνακας 4.6: Πραγματικές Συχνότητες μετά την επεξεργασία

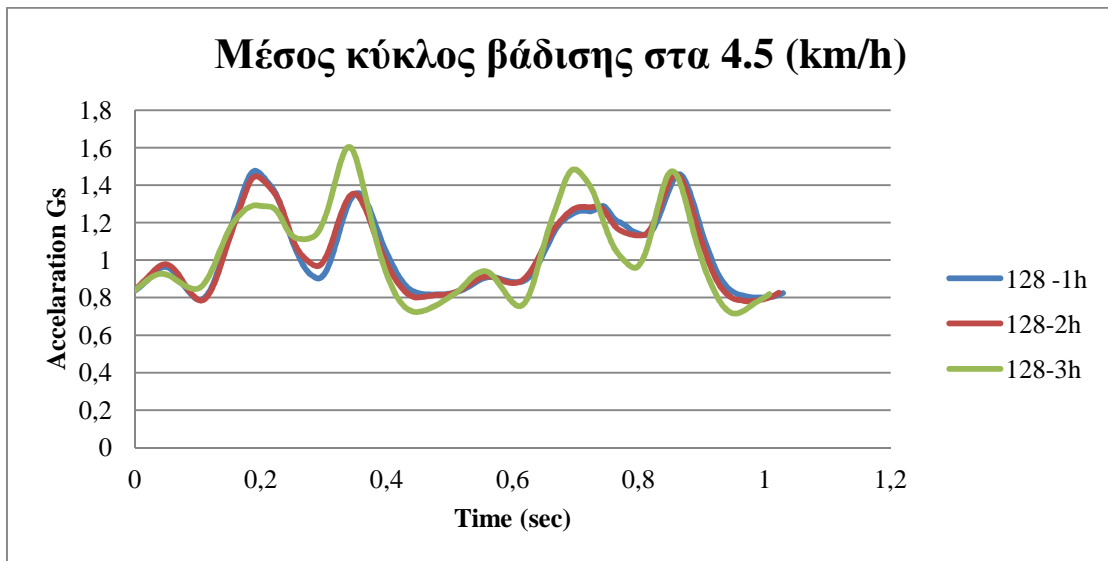
Συχνότητα (HZ)	Επιταχυνσιόμετρο 2	Επιταχυνσιόμετρο 5
128	136.6 -> 137	137.1 -> 137
256	293.6 -> 294	291.8 -> 292
512	732.7 -> 733	733.7 -> 734

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, δημιουργούνται οι πραγματικές συχνότητες. Με τις δημιουργούμενες συχνότητες, παίρνουμε την 'ν' πραγματική διάρκεια του κάθε δευτερολέπτου, μέσα από κάθε μέτρηση που λαμβάνουμε.

Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, διορθώθηκαν όλες οι μετρήσεις με τις αντίστοιχες πραγματικές συχνότητες. Στα επόμενα κεφάλαια, τα δεδομένα που εφαρμόζονται για την επεξεργασία και την στατιστική ανάλυση, είναι βάση αυτών των διορθωμένων συχνοτήτων.

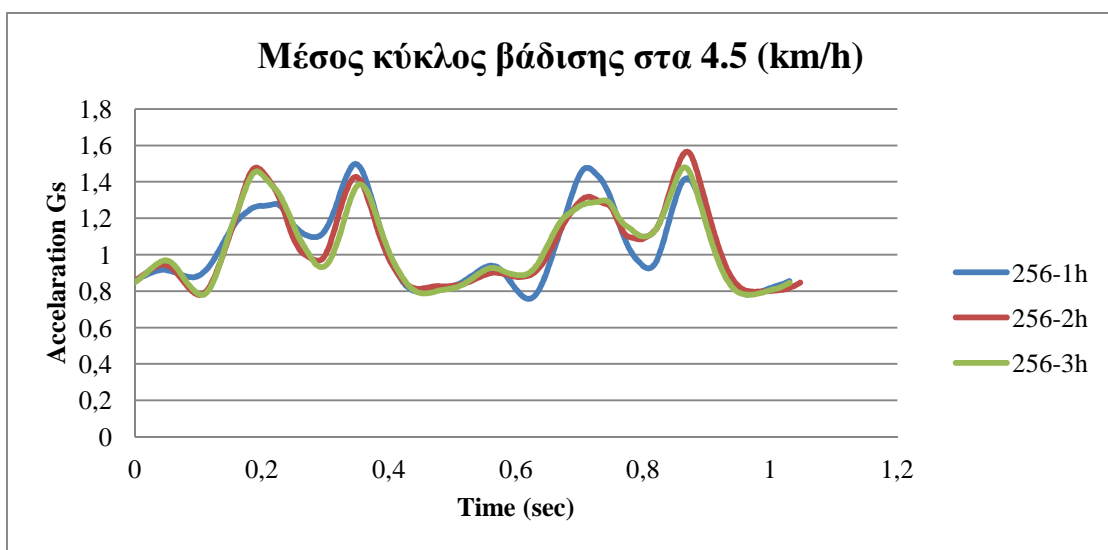
#### 4.6 Παρουσίαση διορθωμένου αποτελέσματος

Μετά την διόρθωση που πραγματοποιήθηκε σε κάθε μέτρηση, δημιουργήθηκαν αποσπασματικά τα παρακάτω διαγράμματα. Όπως θα παρατηρήσουμε σε κάθε διάγραμμα και για τις τρεις μετρήσεις, έχουμε τον ίδιο χρόνο κατά το τελείωμα του κάθε κύκλου βάδισης.



Εικόνα 4.7: Gait Ensemble, Ταχύτητα 4.5 (km/h), 128Hz

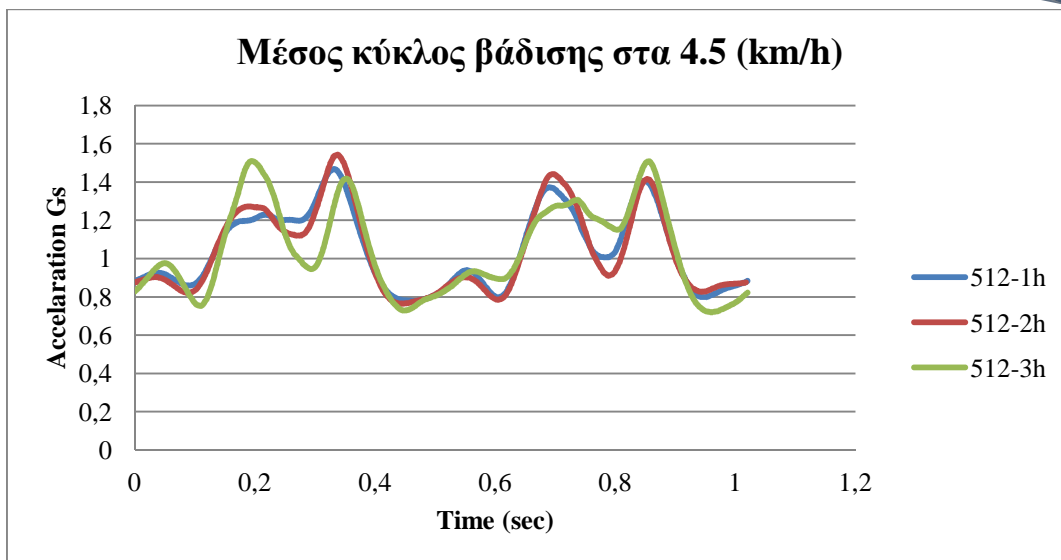
Στην Εικόνα 4.7 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (128Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.05 sec.



Εικόνα 4.8: Gait Ensemble, Ταχύτητα 4.5 (km/h), 256Hz

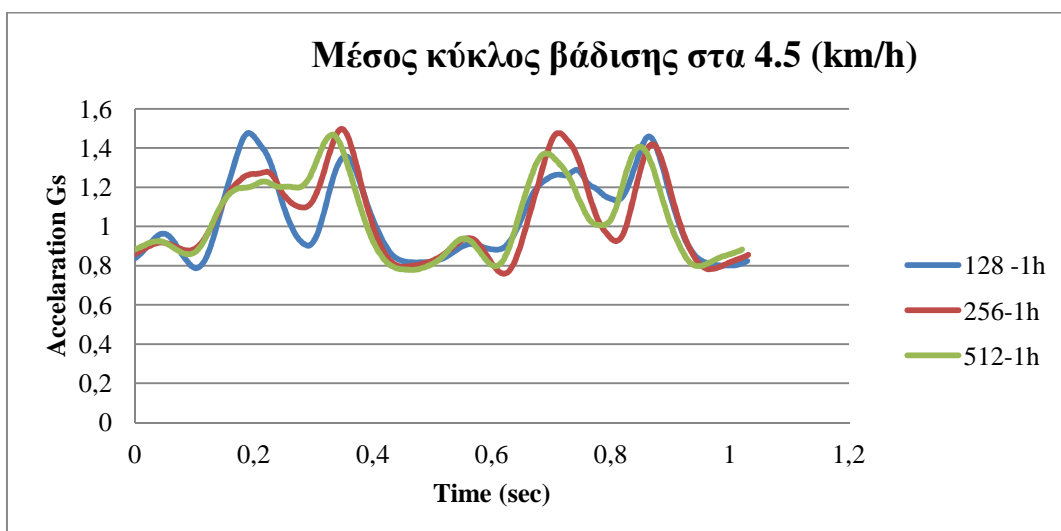
Στην Εικόνα 4.8 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (256Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.05 sec.





Εικόνα 4.9: Gait Ensemble, Ταχύτητα 4.5 (km/h), 512Hz

Στην Εικόνα 4.9 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, ίδιας συχνότητας (512Hz) που τελειώνουν περίπου στο 1.05 sec.



Εικόνα 4.10: Gait Ensemble, Ταχύτητα 4.5 (km/h), (128,256 και 512Hz)

Στην Εικόνα 4.10 φαίνονται τρεις μετρήσεις κύκλου βάδισης, διαφορετικής συχνότητας (128, 256 και 512Hz) που τελειώνουν περίπου στον ίδιο χρόνο 1.05 sec.

#### 4.6.1 Αποτέλεσμα

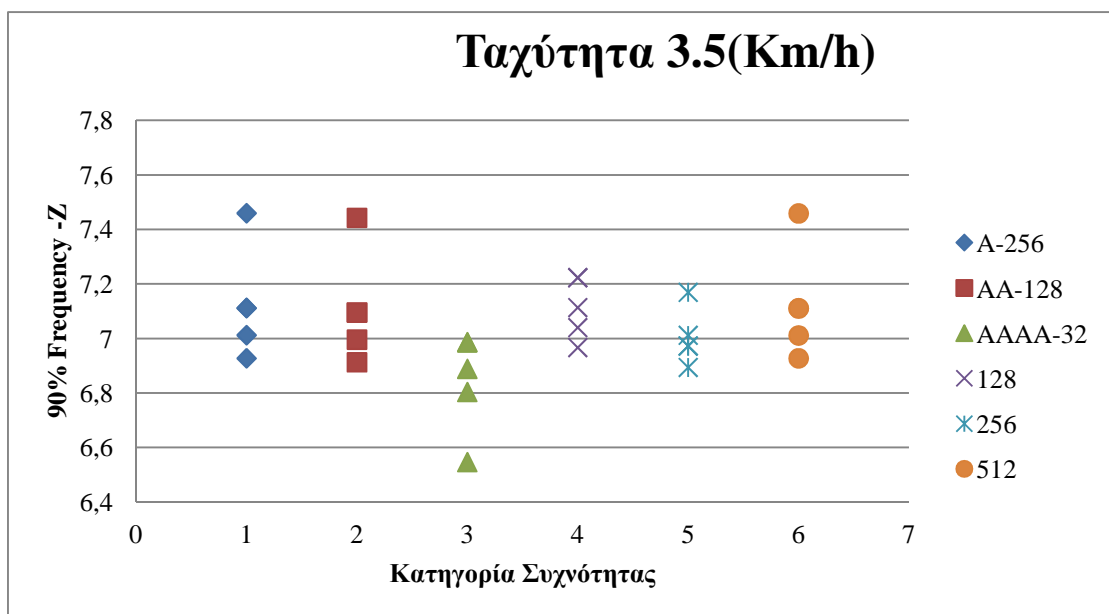
Σύμφωνα με τα παραπάνω, αν αντικατασταθούν οι συχνότητες σε κάθε μέτρηση το πρόβλημα αντιμετωπίζεται. Υπάρχει βέβαια μια ελάχιστη διαφορά σε όλα τα διαγράμματα μεταξύ των μετρήσεων η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος εμφανίζεται και στα παρακάτω διαγράμματα, όπου παρουσιάζουν τις μετρήσεις που έγιναν για την ταχύτητα στα 3.5Km/h (βλ.

Εικόνα 4.11) και 4.5Km/h (βλ. Εικόνα 4.12) ενός ατόμου μέσα από το δείγμα. Σε αυτά τα διαγράμματα εμφανίζονται οι μετρήσεις διορθωμένες και για τις δύο κατηγορίες εξαρτημένων και ανεξάρτητων μετρήσεων.

Τα διαγράμματα έχουν δημιουργηθεί από το πρόγραμμα Gait Frequency και έχουν συγκεντρωθεί σε ένα αρχείο excel. Στο αρχείο εμφανίζονται οι **συχνότητες στις οποίες συμπεριλαμβάνεται το 90% της φασματικής ισχύος, μέσα στο σήμα της βάδισης**. Στα επόμενα κεφάλαια, αντί να λέμε -**συχνότητες στις οποίες συμπεριλαμβάνεται το 90% της φασματικής ισχύος, μέσα στο σήμα της βάδισης**- θα λέμε μόνο **συχνότητα ενέργειας 90%**.

Στη προκειμένη περίπτωση, εμφανίζονται και οι μετρήσεις συχνοτήτων στα 32Hz. Φαίνεται, πως παρόλο που είναι διορθωμένες, εμφανίζεται να έχουν σημαντική διαφορά μεταξύ των άλλων συχνοτήτων, ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%. Αυτή η διαφορά είναι μία πολύ σημαντική παρατήρηση, η οποία μαζί και με άλλα δεδομένα τα οποία θα προκύψουν σε επόμενα κεφάλαια, θα γίνουν οι βάσεις για την δημιουργία του τελικού αποτελέσματος.

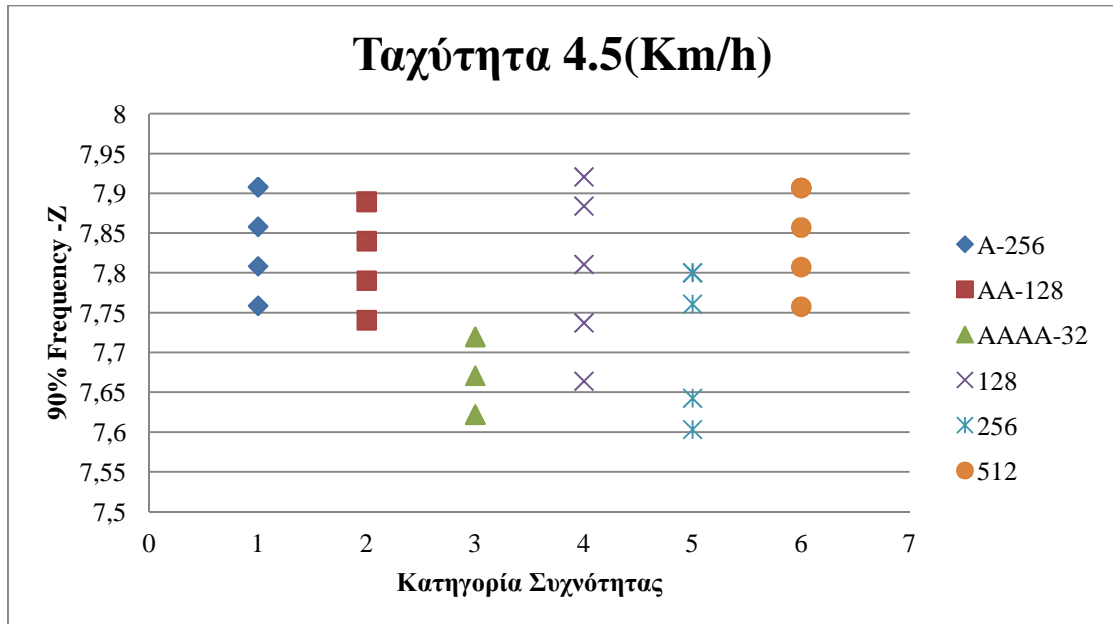


Εικόνα 4.11: Διόρθωση Σφάλματος- Ταχύτητα 3.5(Km/h)

Στην Εικόνα 4.11 φαίνεται, ότι οι περισσότερες μετρήσεις κυμαίνονται στο ίδιο φάσμα συχνοτήτων (περίπου 6.9 – 7.3Hz), εκτός από τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 32Hz (περίπου 6.5 – 7.01Hz).

Επιπλέον παρατηρούμε, ότι η μία μέτρηση της κατηγορίας συχνοτήτων των 512Hz, κυμαίνεται λίγο παραπάνω από τα 7.3Hz. Σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να

ευθύνεται ο παράγοντας της τυχαιότητας. Δηλαδή, έτυχε σε αυτή τη μέτρηση, η συχνότητα ενέργειας 90%, να κυμαίνεται στα 7.5Hz. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να επηρεάζει και τις παράγωγες μετρήσεις (A-256 και AA-128Hz), όπου κυμαίνονται και αυτές στα 7.5Hz. Δεν χρειάζεται όμως να σπουδαιολογήσουμε αυτή τη παρατήρηση, διότι η διαφορά είναι πολύ μικρή.



Εικόνα 4.12: Διόρθωση Σφάλματος- Ταχύτητα 4.5(Km/h)

Στην Εικόνα 4.12 φαίνεται, ότι και εδώ οι περισσότερες μετρήσεις κυμαίνονται στο ίδιο φάσμα συχνοτήτων (περίπου 7.65 – 7.95Hz), εκτός από τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 32Hz (περίπου 7.6 – 7.75Hz).

Επιπλέον, παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 256Hz, κυμαίνονται σε χαμηλότερο επίπεδο φάσματος συχνοτήτων, απ'ότι θα περιμέναμε. Σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να ευθύνεται ο παράγοντας της τυχαιότητας. Δηλαδή, έτυχε σε αυτές τις μετρήσεις, οι συχνότητες ενέργειας 90%, να κυμαίνονται σε αυτό το επίπεδο φάσματος συχνοτήτων.

## 5 Μεθοδολογία

### 5.1 Εισαγωγή

Με τα δεδομένα που παίρνουμε από το Gait Ensemble και με την επεξεργασία σε αρχείο excel, παρατηρήθηκε ότι, στη σύγκριση μεταξύ ανεξάρτητων συχνοτήτων, αν αυξηθούν οι συχνότητες με ένα αντίστοιχο συντελεστή διόρθωσης (ο οποίος αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο), χωρίς να αλλάξουν τα δεδομένα, τότε η διάρκεια του μέσου κύκλου βάδισης μεταξύ μετρήσεων με διαφορετική συχνότητα δειγματοληψίας ταυτίζεται.

#### Στην παρούσα μελέτη θέλουμε να ελέγξουμε:

**A) αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις συγκρίσεις μεταξύ μεγάλων συχνοτήτων δειγματοληψίας (512, 256 και 128Hz)<sup>vi</sup> ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%.**

**B) αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ μεγάλων συχνοτήτων σε σύγκριση με μικρότερες συχνότητες (όπως τα 32Hz) ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%.**

Αυτό που αναμένεται είναι ότι τα αποτελέσματα των μετρήσεων στις συχνότητες των 512Hz μέχρι και τις συχνότητες των 128Hz, δεν θα έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος, ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%, ώστε να ελέγξουμε αν επηρεάζονται μεταξύ τους τα αποτελέσματα.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα αποτελέσματα των μετρήσεων στα 32Hz, αναμένεται να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%.

Ουσιαστικά αυτό που θέλουμε να αποδείξουμε είναι, πως όποια συχνότητα μεταξύ 128-512Hz και να χρησιμοποιήσουμε για οποιοδήποτε πείραμα, τα αναμενόμενα αποτελέσματα θα ταυτίζονται μεταξύ τους.

---

<sup>vi</sup> Σε αυτό το σημείο, οι κατηγορίες συχνοτήτων, αναφέρονται με τα αρχικά τους νούμερα (128,256 και 512Hz). Δεν αναφέρεται η διόρθωση, που πραγματοποιείται σε κάθε μέτρηση με βάση τον αντίστοιχο συντελεστή διόρθωσης. Αυτό γίνεται για να αποφευχθούν τυχόν συγχύσεις, οι οποίες θα δημιουργούνταν, λόγω της γενικής αναφοράς περί κατηγοριών συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένου και των δύο μετρητικών διατάξεων.

Όλα αυτά γίνονται καλύτερα κατανοητά αν σκεφτούμε τι ακριβώς σημαίνει συχνότητα! Δηλαδή, όσο μεγαλώνει η συχνότητα, τόσο μειώνεται ο χρόνος, που η μετρητική διάταξη καταγράφει μετρήσεις. Άρα, έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνονται τα δεδομένα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$

Συνεπώς στις μεγαλύτερες συχνότητες που υπάρχουν περισσότερα δεδομένα, μπορεί να καταγράφονται κάποια περαιτέρω φαινόμενα, που όμως δεν ισχύουν το ίδιο και για τις μικρότερες συχνότητες.

Για να αποδειχθεί το παραπάνω, θα μειωθούν οι μετρήσεις με μεγάλες συχνότητες σε αντιστοιχία με τις μετρήσεις μικρότερων συχνοτήτων. Δηλαδή, θα υπολογίσουμε τη συχνότητα ενέργειας 90% των μεγάλων συχνοτήτων, με τη συχνότητα ενέργειας 90% των μικρότερων συχνοτήτων. Με τα δεδομένα που θα πάρουμε, θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ τους.

Στη συνέχεια, θα γίνει έλεγχος μεταξύ των μετρήσεων οι οποίες έχουν ληφθεί με διαφορετικές συχνότητες ονομαζόμενες ως **ανεξάρτητες**. Εντούτοις, θα γίνει έλεγχος μεταξύ μετρήσεων μεγάλων και μικρών συχνοτήτων δειγματοληψίας, οι οποίες προκύπτουν από άλλες με μεγαλύτερη συχνότητα ονομαζόμενες ως **εξαρτημένες**.

Οι μετρήσεις της κατηγορίας χωρίς μείωση δεδομένων (128,256 και 512Hz) ονομάζονται **ανεξάρτητες μετρήσεις**. Είναι ξεκάθαρο ότι σε αυτές τις μετρήσεις υπεισέρχεται ο παράγοντας της τυχαιότητας. Αυτό το συμπεραίνουμε, διότι το φαινόμενο που καταγράφεται σε ένα αρχείο μέτρησης είναι κάθε φορά διαφορετικό. Συνεπώς, αυτό που περιγράφουν οι μετρήσεις σε μια συχνότητα, δεν είναι ακριβώς το ίδιο φαινόμενο με μια άλλη μέτρηση της ίδιας ή άλλης κατηγορίας συχνοτήτων. Σε αυτή τη κατηγορία μετρήσεων, συμπεριλαμβάνονται και οι μετρήσεις των 512Hz, όπου δεν έχουν υποστεί καμία επεξεργασία.

Οι νέες μετρήσεις μικρότερων συχνοτήτων, οι οποίες δημιουργούνται από μετρήσεις μεγαλύτερων συχνοτήτων, ονομάζονται **εξαρτημένες μετρήσεις**. Αυτές οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με μείωση δεδομένων (data reduction techniques). Ο σκοπός είναι, να εξεταστεί αν κάποια χαρακτηριστικά της βάδισης, χάνονται εξαιτίας των μεθόδων μείωσης δεδομένων. Αυτό ισχύει, διότι οι μετρήσεις που δημιουργούνται, εξαρτώνται και συνάμα επηρεάζονται από τις αρχικές μετρήσεις. Έτσι, οποιοδήποτε φαινόμενο εμφανίζεται στις μετρήσεις μεγάλων συχνοτήτων, αυτόματα μεταφέρεται και στις παραγόμενες μετρήσεις μικρότερων συχνοτήτων.

Για να γίνει η παραπάνω σύγκριση, μείωσης δεδομένων από τις αρχικές μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι:

- i) Μείωση δεδομένων με απομάκρυνση δεδομένων- Data Removal
- ii) Μείωση δεδομένων με μέσο όρο - Averaging

## 5.2 Διεξαγωγή Μετρήσεων

Για τη διεξαγωγή του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν δύο μετρητικές διατάξεις. Χωρίστηκαν τυχαία στα άτομα, που αποτελούσαν το δείγμα της μελέτης, για την εγκυρότητα και διασταύρωση των αποτελεσμάτων.

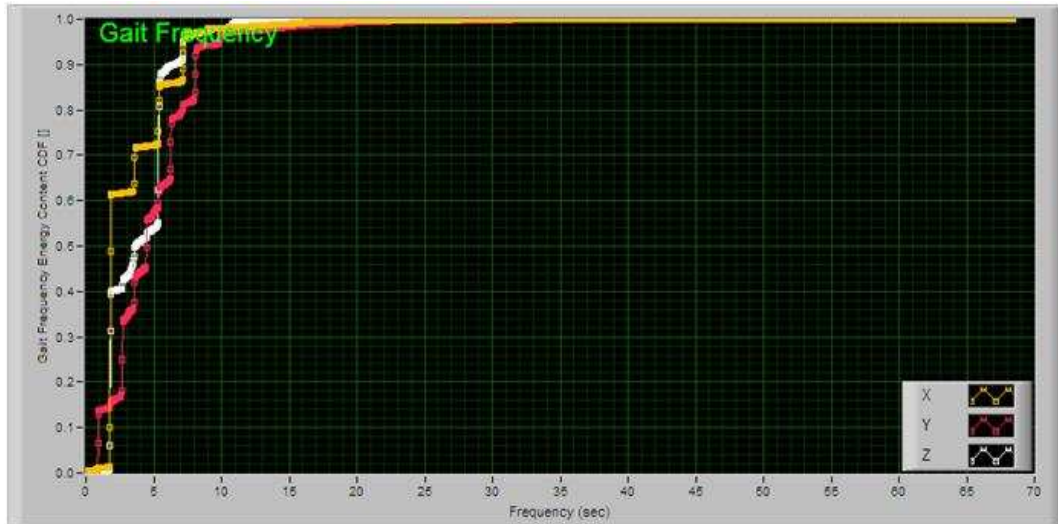
Στη διάρκεια του πειράματος, χρειάστηκαν τακτικοί έλεγχοι για την ορθή διεξαγωγή των μετρήσεων. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του βαδίσματος ελέγχονταν συχνά ο κάθε εξεταζόμενος, ώστε να τηρεί τις οδηγίες του πρωτοκόλλου, ενώ επιπλέον υπήρχε και σχετικός έλεγχος στη φάση λήψης των μετρήσεων. Με αυτό τον τρόπο είχαμε τη δυνατότητα να αποφύγουμε τις απότομες διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις, δημιουργούνται κατά πλάτος του γραφήματος επιτάχυνσης, από δευτερογενείς εξωτερικούς παράγοντες (όπως είναι κάποιο τυχαίο παραπάτημα). Αυτοί οι παράγοντες, μπορούν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα της μέτρησης, ίσως και του γενικού συνόλου όλου του πειράματος. Αν υπήρχε κάποιο τέτοιο σφάλμα, η μέτρηση επαναλαμβάνονταν.

## 5.3 Ανάλυση Αποτελεσμάτων με Gait Frequency Content

### 5.3.1 Το πρόγραμμα Gait Frequency Content

Η καρτέλα Gait Frequency Content Evolution του προγράμματος Gait Frequency Content, παρουσιάζει το γράφημα όπως στην Εικόνα 5.1. Μέσω αυτού του υποπρογράμματος, υπολογίζεται η **συχνότητα ενέργειας 90%** που αποτελεί το μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται σε αυτή τη μελέτη.

Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζει την ποσοστιαία αθροιστική ενέργεια του σήματος ως προς τις συχνοτικές συνιστώσες (frequency components). Π.χ. εάν η τιμή στην τεταγμένη είναι 0.5 για μία συχνότητα  $f_1$ , σημαίνει ότι η αθροιστική ενέργεια του σήματος μέχρι την συχνότητα  $f_1$  είναι 50% της μέγιστης ενέργειας που μεταφέρει το σήμα.



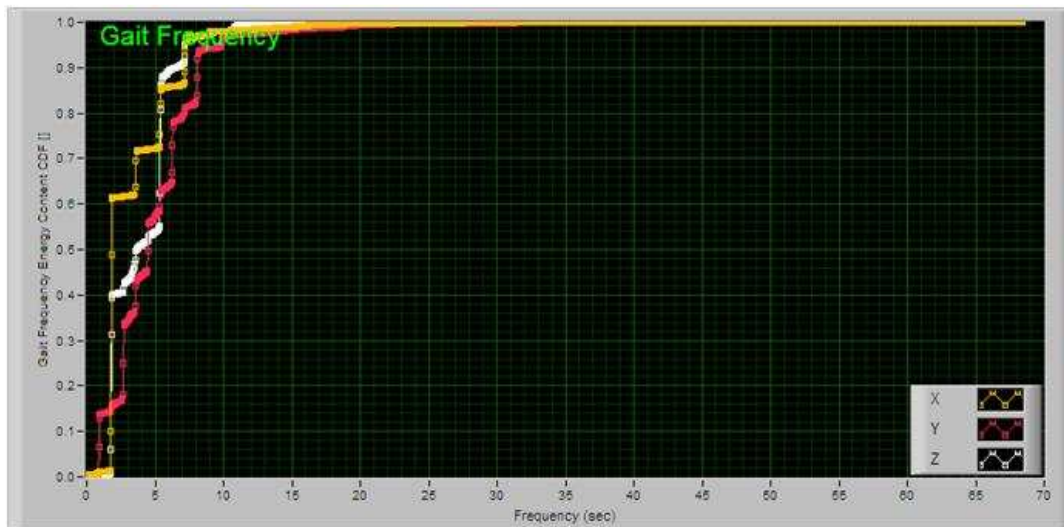
Εικόνα 5.1: Ταχύτητα 3.5 –Συχνότητα 137Hz

Η αθροιστική ενέργεια είναι μια μονοτονική αύξουσα συνάρτηση της συχνότητας. Από τα παρακάτω γραφήματα, είναι προφανές ότι η αθροιστική ενέργεια αυξάνεται και πολύ σύντομα πλησιάζει τη μονάδα (100%).

Είναι σημαντικό να υπάρχει μια ένδειξη της κατανομής της ενέργειας που μεταφέρεται στις διάφορες συχνότητες. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που μεταφέρει μια συχνότητα τόσο πιο έντονη είναι και η παρουσία της στο σήμα. Επίσης είναι σημαντικό να γίνει μια μελέτη κατανομής της ενέργειας των συχνοτήτων, για να μπορεί να καθοριστεί ποια θα είναι η συχνότητα δειγματοληψίας σύμφωνα με το θεώρημα του Nyquist.

### 5.3.2 Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας 137Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h]

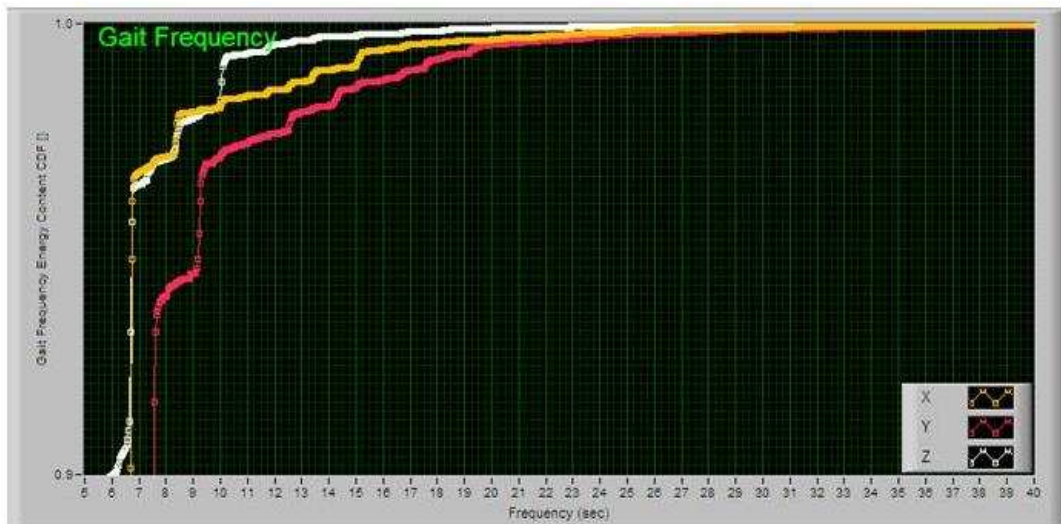
Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για τη συχνότητα 137Hz με ταχύτητα 3.5[km/h]. Στην Εικόνα 5.2 παρουσιάζεται ολόκληρο το φάσμα ισχύος για δειγματοληψία 137Hz. Παρατηρούμε, ότι οι τιμές της συχνότητας φτάνουν μέχρι και τα 68Hz όπως είναι αναμενόμενο.



Εικόνα 5.2: Παράδειγμα βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας 137Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 0 έως 70Hz και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 0 έως 100%.

Στα 68Hz παρατηρούμε ότι η ενέργεια που περικλείεται στο σήμα είναι ίση με την μονάδα σε όλους του άξονες X, Y και Z. Επίσης παρατηρείται ότι οι περισσότεροι άξονες έχουν πλησιάσει τη μονάδα και βρίσκονται πολύ κοντά ή πάνω από το 95% μέχρι και τα 10Hz. Αυτό σημαίνει ότι το 95% της ενέργειας που μεταφέρεται από το σήμα βρίσκεται περίπου στο 15% των συχνοτικών συνιστωσών.



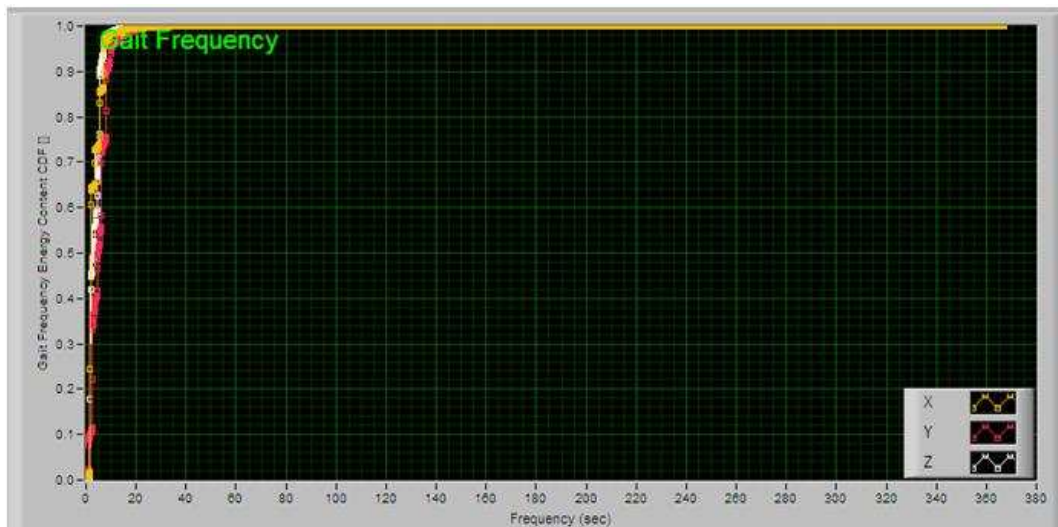


Εικόνα 5.3: Λεπτομέρεια παραδείγματος βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας 137Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 5 έως 40Hz και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 90 έως 100%.

Η τιμή της συχνότητας που χρησιμοποιείται για την συγκεκριμένη μελέτη είναι η τιμή της συχνότητας που αντιστοιχεί στο 90% της συνολικής ενέργειας του σήματος. Στην Εικόνα 5.3 παρουσιάζεται μια μεγέθυνση από την ίδια μέτρηση. Σε αυτήν την περίπτωση ο άξονας των συχνοτήτων δείχνει συχνότητες από 5 έως 40Hz, ενώ το ποσοστό αθροιστικής συχνότητας είναι από 90% έως 100%. Φαίνεται ότι για τον άξονα των Z η συχνότητα που περικλείει το 99% της ενέργειας είναι μεταξύ 9 και 10Hz. Αντίθετα για τον X, φτάνει μέχρι και τα 15Hz ενώ για τον Y μέχρι και τα 20Hz.

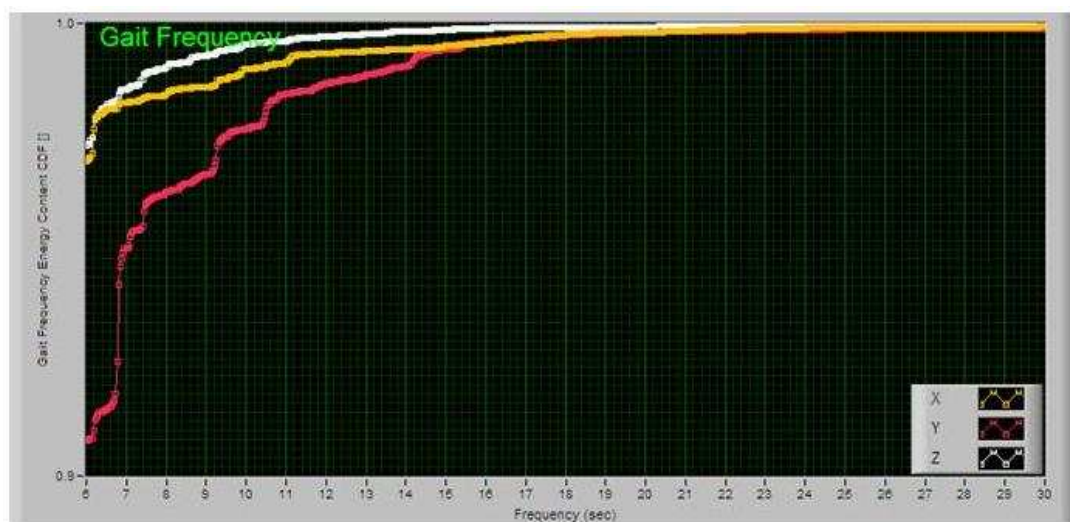
### 5.3.3 Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας 734Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h]

Στην Εικόνα 5.4 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα με συχνότητα δειγματοληψίας στα 734Hz. Σε αυτή τη περίπτωση η διαφορά που υπάρχει, είναι στον άξονα των συχνοτήτων, οι τιμές του οποίου κυμαίνονται από 0 έως 367Hz. Παρατηρούμε, ότι κι εδώ το 90% της ενέργειας είναι κάτω από τα 10Hz και για τους τρεις άξονες.



**Εικόνα 5.4:** Παράδειγμα βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας 734Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 0 έως 367Hz και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 0 έως 100%.

Στην Εικόνα 5.5 παρουσιάζεται μια λεπτομέρεια από την ίδια μέτρηση. Είναι προφανές ότι για τον X και Z άξονα, η τιμή της συχνότητας μέχρι την οποία περικλείεται το 90% της ενέργειας του σήματος, είναι κάτω από 5Hz. Το 99% της ενέργειας φαίνεται να είναι περίπου στα 10Hz για τον άξονα των Z, στα 12Hz για τον άξονα των X και στα 14Hz για τον άξονα των Y, διατηρώντας τη διάταξη όπου υπήρχε και στις χαμηλότερες συχνότητες δειγματοληψίας. Παρατηρείται όμως, ότι οι τιμές είναι λίγο χαμηλότερες και αυτό ίσως μπορεί να αποδοθεί στην μεγαλύτερη ανάλυση που υπάρχει στο φάσμα των συχνοτήτων.



Εικόνα 5.5: Λεπτομέρεια παραδείγματος βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας 734Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 5 έως 40Hz και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 90 έως 100%.

### 5.3.4 Παράδειγμα Συχνότητας δειγματοληψίας AAAA(46)Hz – Ταχύτητα 3.5[km/h]

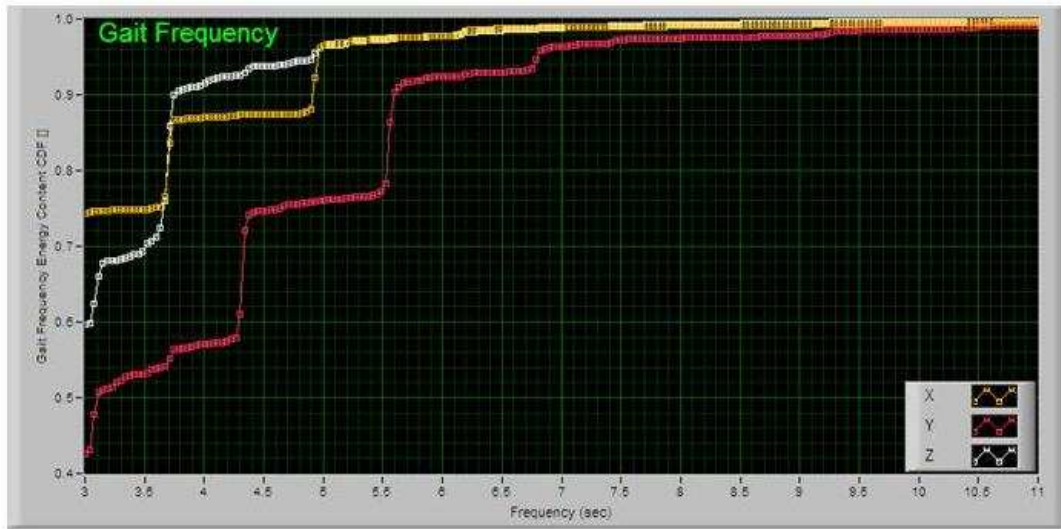
Στην Εικόνα 5.6 παρουσιάζεται μια μέτρηση στα 3.5(Km/h), για συχνότητα δειγματοληψίας AAAA(46)Hz, η οποία έχει προκύψει από 4-πλή μείωση δεδομένων. Σε αυτή τη περίπτωση, φαίνεται ότι το 90% της ενέργειας περικλείεται σε συχνότητες περίπου στα 5Hz για τον άξονα των Z. Για τους άξονες Y και X οι αντίστοιχες συχνότητες είναι 7 και 8Hz. Σε σχέση με τα διαγράμματα της συχνότητας 734Hz, παρατηρείται απότομη αύξηση της ενέργειας. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στα τεχνήματα που δημιουργούνται κατά τη μείωση των δεδομένων, αλλά δεν είναι κάτι που αποτελεί σκοπό αυτής της πτυχιακής εργασίας.



Εικόνα 5.6: Παράδειγμα βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας με μείωση δεδομένων AAAA(46)Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 0 έως 23Hz, και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 0 έως 100%.

Στην Εικόνα 5.7 παρουσιάζεται μια λεπτομέρεια από την ίδια μέτρηση. Για τον X και Z άξονα, η τιμή της συχνότητας στην οποία περικλείεται το 90% της ενέργειας του σήματος, είναι κάτω από τα 5Hz. Το 99% της ενέργειας φαίνεται να είναι περίπου στα 6.5Hz για αυτούς τους δύο άξονες και λίγο μετά τα 9Hz για τον άξονα των Y, διατηρώντας τη διάταξη όπου υπήρχε και στις χαμηλότερες συχνότητες δειγματοληψίας. Επίσης, κι εδώ παρατηρείται, ότι οι τιμές είναι λίγο χαμηλότερες και

αυτό ίσως μπορεί να αποδοθεί στην ακόμα μεγαλύτερη ανάλυση που υπάρχει στο φάσμα των συχνοτήτων.

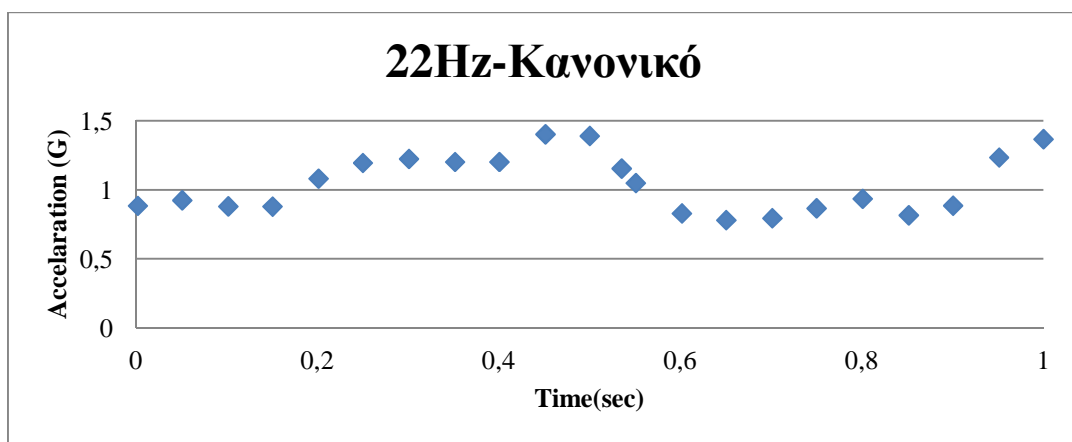


**Εικόνα 5.7:** Λεπτομέρεια παραδείγματος βάδισης με Ταχύτητα 3.5(Km/h) και συχνότητα δειγματοληψίας μείωσης δεδομένων AAAA(46)Hz. Εμφανίζονται συχνότητες από 5 έως 11Hz, και ποσοστό αθροιστικής ενέργειας από 40 έως 100%.

## 5.4 Τρόποι επεξεργασίας μιας Μέτρησης

### 5.4.1 Μείωση δεδομένων με την απομάκρυνση δεδομένων (Data Removal)

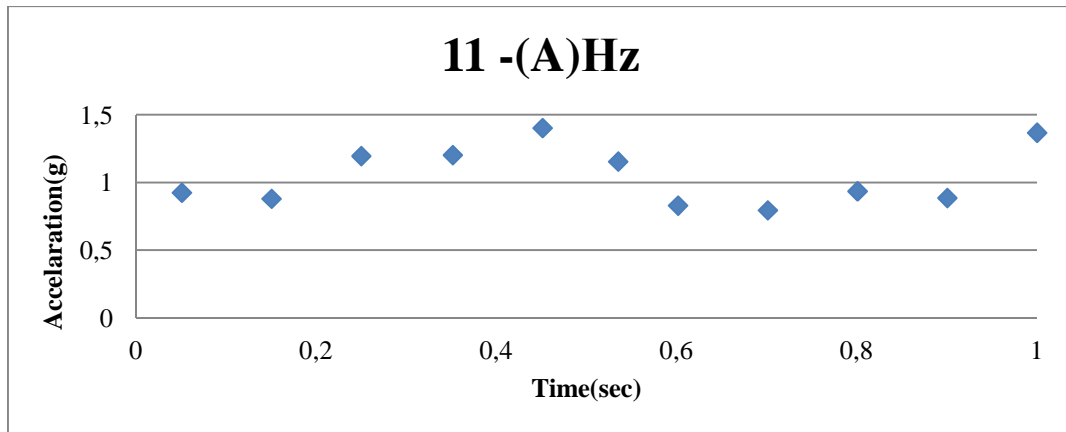
Με το data removal, κάνοντας πρώτα τις απαραίτητες αλλαγές<sup>vii</sup> μέσα σε κάθε μέτρηση που θέλουμε να επεξεργαστούμε, πραγματοποιούμε την απομάκρυνση (αφαίρεση) των μισών δεδομένων (γραμμών) από την αρχική μέτρηση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μία ή δύο φορές, ανάλογα με την κατηγορία συχνοτήτων στην οποία θέλαμε να καταλήξουμε. Στην Εικόνα 5.8 παρουσιάζεται το γράφημα ενός παραδείγματος με τα κανονικά αρχικά δεδομένα που παίρνουμε από μία μέτρηση στα 22Hz.



Εικόνα 5.8: Αρχική μέτρηση στα 22Hz

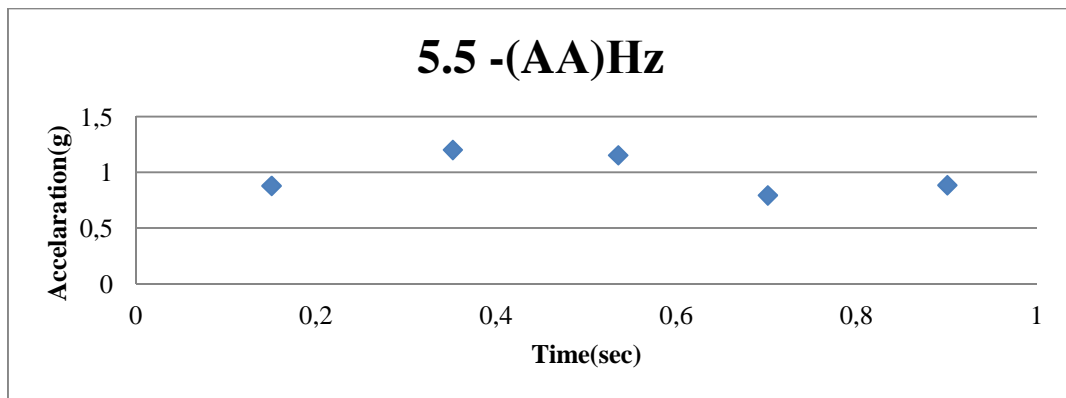
Στην Εικόνα 5.9, παρουσιάζεται το γράφημα, που παίρνουμε από την πρώτη επεξεργασία της μέτρησης των 22Hz, με την μέθοδο απομάκρυνσης δεδομένων. Σε αυτή την εικόνα, έχουμε κάνει αφαίρεση των μισών **ενδιάμεσων** δεδομένων από την αρχική μέτρηση.

<sup>vii</sup> Οι αλλαγές που γίνονται σε κάθε μέτρηση πριν από τη διαδικασία του data removal αναφέρονται παρακάτω.



Εικόνα 5.9: 1<sup>η</sup> επεξεργασία των 22Hz στα 11 -(A)Hz

Στην Εικόνα 5.10 παρουσιάζεται το γράφημα που παίρνουμε από την δεύτερη επεξεργασία με μείωση των ενδιάμεσων δεδομένων της μέτρησης των 22Hz. Οπότε εδώ παρουσιάζεται το ¼ των δεδομένων από την αρχική μέτρηση.



Εικόνα 5.10: 2<sup>η</sup> επεξεργασία των 22Hz στα 5.5 -(AA)Hz

Με την παραπάνω διαδικασία, δημιουργείται η μείωση δεδομένων, με τη μέθοδο data removal. Επαναλαμβάνουμε αυτή τη διαδικασία, όσες φορές χρειαστεί, για να καταλήξουμε τις μετρήσεις στη συχνότητα την οποία θέλουμε να εξετάσουμε.

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, για να πραγματοποιηθεί η απομάκρυνση δεδομένων από μία μέτρηση, πρέπει αρχικά να γίνουν κάποιες απαραίτητες αλλαγές. Οι αλλαγές οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν μέσα σε κάθε μέτρηση, είναι στις ετικέτες (tag):

- **Αλλαγή του Sampling Rate**
- **Αλλαγή του Samples**

Σε αυτές τις ετικέτες, αφού ανοίξουμε τη κάθε μέτρηση με το excel, αλλάζουμε στο Sampling Rate την αρχική συχνότητα γράφοντας την επιθυμητή. Έπειτα, διαιρούμε

τον αριθμό του δείγματος samples (βλ. Εικόνα 5.11) όσες φορές χρειαστεί, για να φτάσουμε στον αριθμό της επιθυμητής συχνότητας, η οποία είναι και ο τελικός μας στόχος.

Τέλος, γίνονται οι αφαιρέσεις των δεδομένων, σε μία παρά μία γραμμές. Οι αφαιρέσεις εκτελούνται αυτόματα, βάζοντας τον κέρσορα κάτω από το Raw Data. Επιλέγουμε τη πρώτη ή τη δεύτερη γραμμή (A ή B), ανάλογα με την κατηγορία της ομάδας, την οποία θέλουμε να επεξεργαστούμε (βλ. Εικόνα 5.11).

Για να γίνουν πιο κατανοητά τα παραπάνω, είναι ανάγκη να κάνουμε κάποιες διευκρινίσεις. Συγκεκριμένα πρέπει να διασαφηνίσουμε τους όρους A ή B. Αναφέρουμε λοιπόν ότι οι επεξεργασμένες μετρήσεις συχνοτήτων, όπου θέλουμε να καταλήξουμε, είναι μετρήσεις οι οποίες έχουν βγει από τις αρχικές, της κατηγορίας συχνοτήτων στα 512Hz. Συγκεκριμένα, η διαδικασία που πραγματοποιείται σε κάθε επεξεργασμένη μέτρηση είναι:

- A: Αφαιρείται η πρώτη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή
- AB: Αφαιρείται η πρώτη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή. Μόλις διεξαχθεί η πρώτη διαδικασία, επαναλαμβάνεται το ίδιο για την επόμενη δεύτερη γραμμή.
- AA: Αφαιρείται η πρώτη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή. Μόλις διεξαχθεί η πρώτη διαδικασία, επαναλαμβάνεται το ίδιο ξανά για την επόμενη πρώτη γραμμή.
- AAAA: Αφαιρείται η πρώτη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή. Μόλις διεξαχθεί η πρώτη διαδικασία, επαναλαμβάνεται το ίδιο τρεις φορές για τις επόμενες πρώτες γραμμές.
- B: Αφαιρείται η δεύτερη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή
- BA: Αφαιρείται η δεύτερη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή. Μόλις διεξαχθεί η πρώτη διαδικασία, επαναλαμβάνεται το ίδιο για την επόμενη πρώτη γραμμή.
- BB: Αφαιρείται η δεύτερη γραμμή και αντίστοιχα μία παρά μια γραμμή. Μόλις διεξαχθεί η πρώτη διαδικασία, επαναλαμβάνεται το ίδιο για την επόμενη δεύτερη γραμμή.

A59		f <sub>s</sub> 0.05		
	A	B	C	D
50	syxnotita(512). taxytita(4.5). epanalipsi(1)			
51				
52	#SENSOR_OFFSET			
53	1024	1024	1024	
54	#SENSOR_GAIN			
55	2048	2048	2048	
56	#N_OF_SAMPLES			
57	15378			
58	#RAW DATA			
59	0.05	0.18	1.11	
60	0.17	0.22	1.12	
61	0.17	0.24	1.15	
62	0.16	0.24	1.19	
63	0.15	0.23	1.21	
64	0.15	0.22	1.22	
65	0.15	0.22	1.22	
66	0.15	0.21	1.24	
67	0.14	0.2	1.25	
68	0.13	0.18	1.27	

Εικόνα 5.11: Επεξεργασία μιας μέτρησης

Τελευταία μας κίνηση, είναι να επιλέξουμε εκτέλεση της μακρό-εντολής και έτσι το πρόγραμμα ξεκινάει την εκτέλεση αφαίρεσης δεδομένων.

Η μακρό-εντολή η οποία εκτελείται για την απομάκρυνση δεδομένων παρουσιάζεται παρακάτω:

```
Sub DeleteLine2()
'
' DeleteLine2 Macro
'
ActiveCell.EntireRow.Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
ActiveCell.Offset(1, 0).Select
End Sub
Sub HalfFrequency()
```



```

Dim NoRows As Integer
Dim i As Integer
NoRows = Range(ActiveCell.Address, Selection.End(xlDown)).Rows.Count / 2

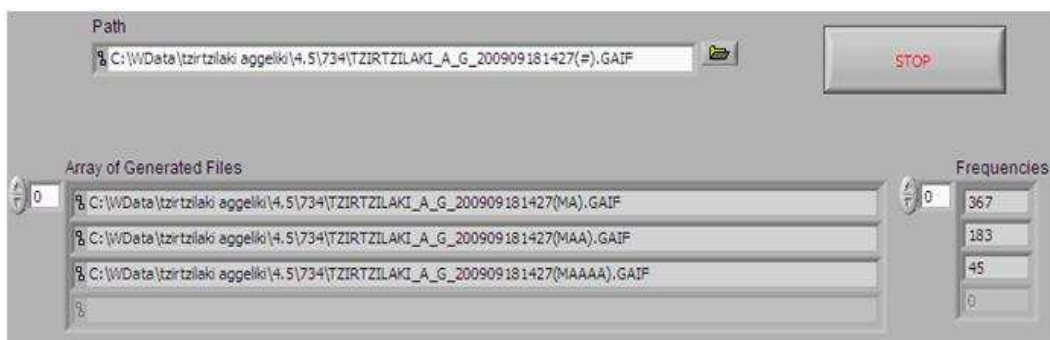
For i = 1 To NoRows
Call DeleteLine2
Next i
End Sub

```

#### 5.4.2 Μείωση δεδομένων με μέσο όρο (Averaging)

Η διαδικασία Averaging πραγματοποιείται με το πρόγραμμα Gait Frequency Averaging, όπου δημιουργεί το μέσο όρο των δεδομένων, μέσα σε κάθε μέτρηση.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, πραγματοποιεί το μέσο όρο ανά δύο δεδομένων. Ταυτόχρονα δημιουργεί το μέσο όρο ανά τεσσάρων και επιπλέον ανά οχτώ δεδομένων στη περιοχή του Raw Data. Έτσι, δημιουργεί αυτόματα τρία νέα αρχεία με συχνότητες 256-A, 128-AA και 32-AAAA(Hz). Τα τρία αυτά νέα αρχεία, παράγονται από τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων, των 512Hz (βλ.Εικόνα 5.12).



Εικόνα 5.12:Πρόγραμμα Gait Frequency Averaging

Το πρόγραμμα, πραγματοποιεί αυτόματα τις απαραίτητες αλλαγές (οι οποίες αναφέρθηκαν στη προηγούμενη μέθοδο), δίχως να χρειάζεται η παρέμβαση του ερευνητή. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο ερευνητής είναι, να βάλει τη κάθε

μέτρηση προς επεξεργασία (των 512Hz) μέσα στο πρόγραμμα, με το κουμπί όπου αναφέρει την διεύθυνση Path.

Για να γίνουν καλύτερα κατανοητά όσα αναφέραμε παραπάνω, σκόπιμο είναι δώσουμε μερικές διευκρινήσεις σχετικά με τις δυνατότητες του προγράμματος.

- Το πρόγραμμα δημιουργεί τον μέσο όρο, ανά δύο δεδομένων (γραμμών). Η διαδικασία πραγματοποιείται για όλα τα δεδομένα, που απαρτίζουν τη κάθε μέτρηση στη περιοχή του Raw Data. Έτσι, δημιουργείται μια νέα μέτρηση, με τα μισά δεδομένα της αρχικής όπου απεικονίζεται στη πρώτη σειρά του προγράμματος Gait Frequency Averaging.
- Αντίστοιχα, δημιουργεί το μέσο όρο ανά τεσσάρων δεδομένων. Η διαδικασία πραγματοποιείται και εδώ για όλα τα δεδομένα, που απαρτίζουν τη κάθε μέτρηση, στη περιοχή του Raw Data. Έτσι, δημιουργείται μια νέα μέτρηση, με το  $\frac{1}{4}$  των δεδομένων της αρχικής όπου απεικονίζεται στη δεύτερη σειρά του προγράμματος Gait Frequency Averaging.
- Τέλος, δημιουργεί τον μέσο όρο ανά οχτώ δεδομένων. Η διαδικασία πραγματοποιείται επίσης για όλα τα δεδομένα, που απαρτίζουν τη κάθε μέτρηση στη περιοχή του Raw Data. Έτσι, δημιουργείται μια νέα μέτρηση, με το  $\frac{1}{8}$  των δεδομένων της αρχικής όπου απεικονίζεται στη τρίτη σειρά του προγράμματος Gait Frequency Averaging.

Η νέα συχνότητα από την οποία αποτελείται η κάθε δημιουργημένη μέτρηση, εμφανίζεται παραπλεύρως αντίστοιχα από τις σειρές των νέων μετρήσεων, κάτω από το Frequencies.

## 5.5 Σύγκριση των Μεθόδων

Παρακάτω διεξάγεται σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων. Η σύγκριση γίνεται ανάμεσα σε ομάδες συχνοτήτων (εξαρτημένων- ανεξάρτητων), ως προς τη συχνότητα ενέργειας 90%. Αυτή η συχνότητα, εμφανίζει το μήκος κύματος των διαγραμμάτων της κάθε μέτρησης.

Σε κάθε μέτρηση, η συχνότητα ενέργειας 90% δημιουργείται με το πρόγραμμα Gait Frequency. Συγκεντρώνοντας όλες αυτές τις συχνότητες κατά ομάδες σε ένα αρχείο excel, δημιουργούμε μέσω αυτού, τα αντίστοιχα διαγράμματα (βλ. Εικόνα 5.13 και Εικόνα 5.14).

Το δείγμα των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν, για τη σύγκριση των δύο μεθόδων, αποτελεί ένα κομμάτι από το πλήθος των διεξαχθέντων μετρήσεων του 5<sup>ου</sup>

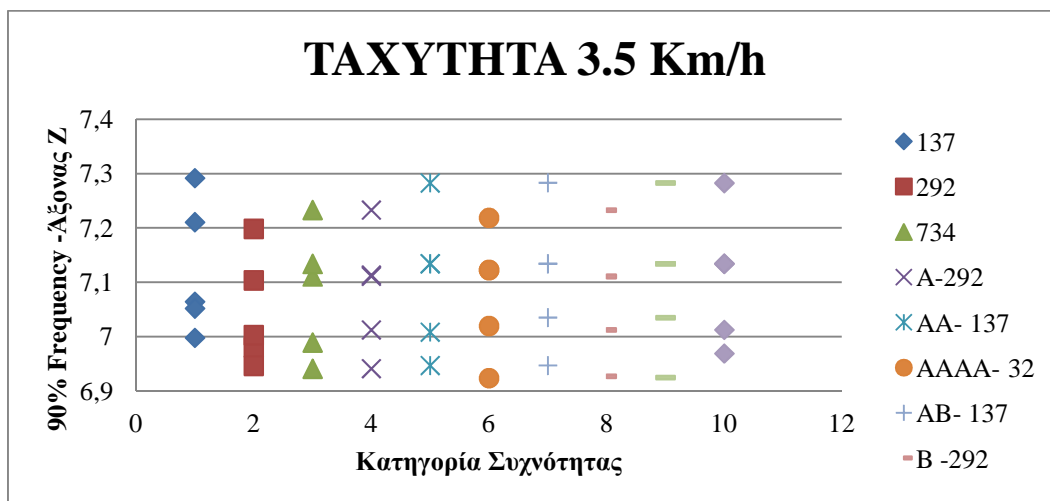
εντροπημέτρου. Οι μετρήσεις αυτές, είναι μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων στα 512Hz, ενός ατόμου.

Σύμφωνα με τον αντίστοιχο συντελεστή διόρθωσης, οι μετρήσεις μετατρέπονται από 512Hz σε 734Hz. Οι παραγόμενες μετρήσεις, εφόσον είναι μετρήσεις με τα μισά δεδομένα, θα έχουν και τη μισή συχνότητα, όπου είναι:  $f_s = \frac{734}{2} = 367\text{Hz}$ .

Με τη σύγκριση που θα πραγματοποιηθεί, αποδεικνύεται ότι και οι δύο μέθοδοι βαίνουν στα ίδια αποτελέσματα. Τα στοιχεία των δεδομένων, όπου πάρθηκαν για τα παρακάτω αποτελέσματα, υπάρχουν αναλυτικά στο Παράρτημα ΙΙΙ στους Πίνακες 3.1 και 3.2.

### 5.5.1 Data Removal

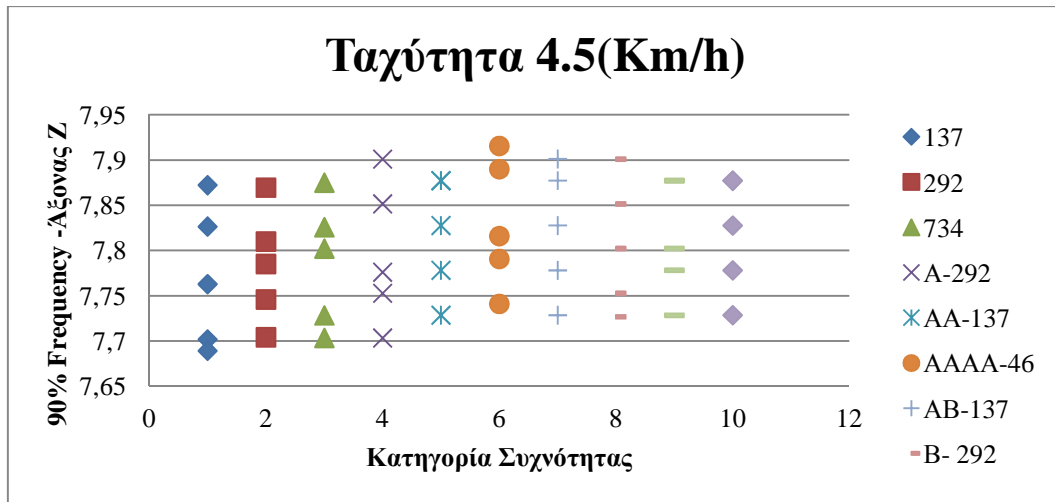
Με τη μέθοδο Data Removal παίρνουμε το γράφημα της Εικόνα 5.13, για την ταχύτητα στα 3.5 (Km/h) και της Εικόνα 5.14 για την ταχύτητα στα 4.5 (Km/h):



Εικόνα 5.13: Data Removal –Ταχύτητα 3.5 (Km/h)

Στην Εικόνα 5.13 παρουσιάζονται δέκα ομαδοποιημένες κατηγορίες συχνοτήτων, των πέντε μετρήσεων. Από αυτές, οι οχτώ κατηγορίες με τα γράμματα μπροστά, είναι παράγωγες από τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 734Hz. Επίσης, αυτές οι οχτώ κατηγορίες, είναι εξαρτημένες μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες δύο κατηγορίες συχνοτήτων, είναι και μεταξύ τους ανεξάρτητες αλλά και μεταξύ των άλλων κατηγοριών συχνοτήτων, με τα αποτελέσματά τους να είναι αυτοτελή.

Όπως φαίνεται, όλες οι μετρήσεις των εξαρτημένων και ανεξάρτητων κατηγοριών συχνοτήτων, κυμαίνονται στο ίδιο εύρος (περίπου 0.5Hz) και περίπου στις ίδιες τιμές συχνοτήτας ενέργειας 90% (περίπου 6.9 – 7.3Hz).

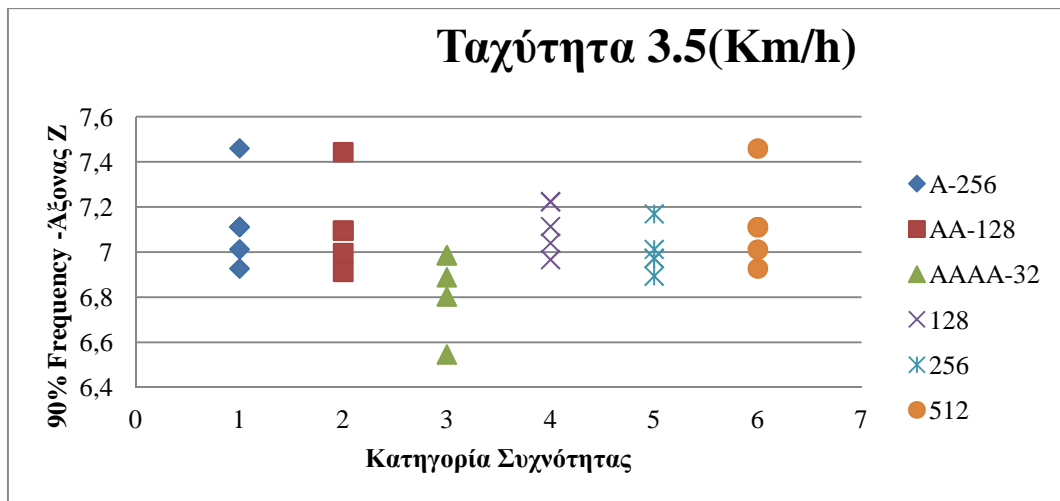


Εικόνα 5.14: Data Removal –Ταχύτητα 4.5 (Km/h)

Στην Εικόνα 5.14, που η ταχύτητα είναι 4.5(Km/h), παρουσιάζονται οι ίδιες κατηγορίες συχνοτήτων σε αντιστοιχία με την παραπάνω ταχύτητα στα 3.5 (Km/h). Η διαφορά όμως εδώ είναι, ότι λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας το βάδισμα είναι πιο σταθερό και πιο ισχυρό, ώστε να μην επηρεάζεται τόσο η σταθερότητα του από δευτερογενείς παράγοντες. Έτσι έχει ως αποτέλεσμα, το εύρος το οποίο κυμαίνονται αυτές οι μετρήσεις να είναι μικρότερο (περίπου 0.3Hz) και οι τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% να είναι ελαφρώς αυξημένες (περίπου 7.7 – 7.9Hz), σε σχέση με την ταχύτητα στα 3.5 (Km/h).

### 5.5.2 Averaging

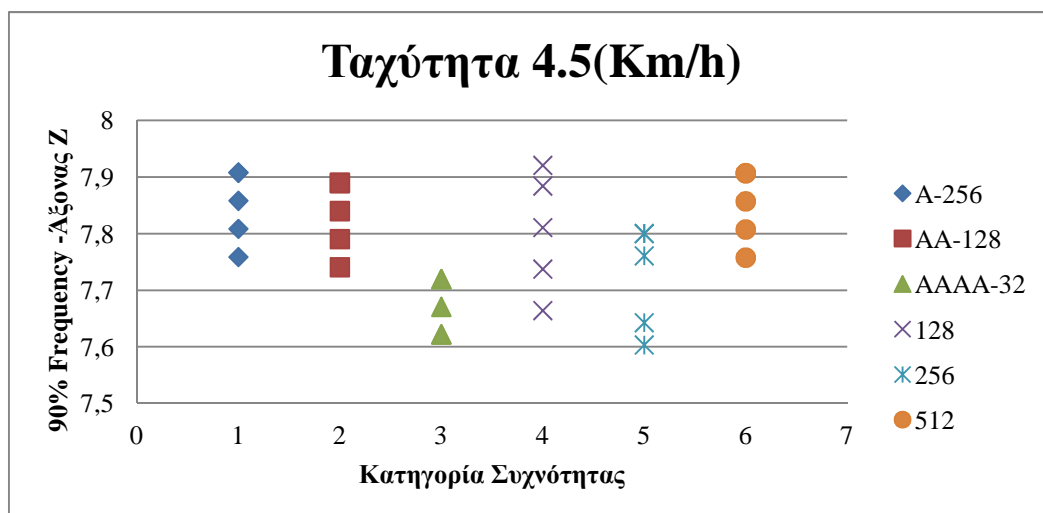
Με τη μέθοδο Averaging παίρνουμε το γράφημα της Εικόνα 5.15 και της Εικόνα 5.16. Αυτές, απεικονίζουν τα ίδια φαινόμενα σε αντιστοιχία με τη μέθοδο data removal. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο παρουσιάζονται μόνο οι βασικότερες κατηγορίες εξαρτημένων συχνοτήτων, οι οποίες θα μελετηθούν και σε επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 5.15: Averaging –Ταχύτητα 3.5 (Km/h)

Στην Εικόνα 5.15, παρουσιάζονται έξι κατηγορίες συχνοτήτων, των πέντε μετρήσεων. Από αυτές, οι τρεις κατηγορίες με τα γράμματα μπροστά, είναι εξαρτημένες και παράγωγες από τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 734Hz. Οι υπόλοιπες δύο κατηγορίες είναι και μεταξύ τους ανεξάρτητες αλλά και μεταξύ των άλλων κατηγοριών συχνοτήτων, με τα αποτελέσματά τους να είναι αυτοτελή.

Όπως φαίνεται, και σε αυτή τη μέθοδο, όλες οι μετρήσεις των εξαρτημένων κατηγοριών συχνοτήτων, κυμαίνονται στο ίδιο εύρος (περίπου 0.5Hz) και περίπου στις ίδιες τιμές συχνότητας ενέργειας 90% (περίπου 6.9 – 7.3Hz). Ενώ οι μετρήσεις των ανεξάρτητων κατηγοριών συχνοτήτων έχουν μία ελαφριά απόκλιση μεταξύ τους.



Εικόνα 5.16: Averaging –Ταχύτητα 4.5 (Km/h)

Στην Εικόνα 5.16, στην οποία η ταχύτητα είναι 4.5(Km/h), απεικονίζονται σε αντιστοιχία τα ίδια φαινόμενα όπως:

- i) με τη παραπάνω ταχύτητα στα 3.5 (Km/h) και
- ii) με τη μέθοδο data removal

Δηλαδή και εδώ, λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας, το βάδισμα είναι πιο σταθερό και πιο ισχυρό, ώστε να μην επηρεάζεται τόσο η σταθερότητά του από δευτερογενείς παράγοντες. Έτσι έχει ως αποτέλεσμα, το εύρος στο οποίο κυμαίνονται αυτές οι μετρήσεις να είναι μικρότερο (περίπου 0.3Hz) και οι τιμές συχνότητας ενέργειας 90% να είναι ελαφρώς αυξημένες (περίπου 7.7 – 7.9Hz).

### 5.5.3 Επιβεβαίωση Μεθοδολογίας

Η σύγκριση των δύο μεθόδων γίνεται, για την επιβεβαίωση της επιλογής της μεθόδου που θα ακολουθηθεί, με στόχο τη διεκπεραίωση της μελέτης.

Οι συγκρίσεις οι οποίες θα πραγματοποιηθούν στη συνέχεια μεταξύ των δύο μεθόδων (Data Removal και Averaging), γίνονται για τις μετρήσεις των πρώτων παραγώγων τους (A-367Hz) και για τις δύο προαναφερόμενες ταχύτητες. Οι παραγόμενες μετρήσεις, δημιουργούνται από τις αρχικές της κατηγορίας συχνοτήτων στα 734Hz.

Τα δεδομένα που παίρνουμε μέσα από κάθε μέτρηση, ακολουθούν κανονική κατανομή. Επειδή το δείγμα των μετρήσεων, είναι κάτω από 30, θα χρησιμοποιηθεί η κατανομή Student με τη μέθοδο T-Test Statistic. Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζεται περιληπτικά ένα κομμάτι της κατανομής Student και ο τρόπος λειτουργίας της. Από αυτό το σημείο και μετά, αρχίζουμε να μπαίνουμε στη βασική δομή αυτής της μελέτης.

#### 5.5.3.1 Η μηδενική $H_0$ υπόθεση

Για να γίνει ένας στατιστικός έλεγχος υποθέσεων, ο ερευνητής πρέπει να έχει ξεκαθαρίσει, ποιες είναι οι εναλλακτικές υποθέσεις, οι οποίες μπορεί να επιλέξει. Με τον έλεγχο αυτό, ορίζεται μια υπόθεση ως αντιπροσωπευτική εκ του αποτελέσματος, η οποία ελέγχεται ως προς την εγκυρότητα της. Αυτή η υπόθεση είτε απορρίπτεται, είτε δεν απορρίπτεται και έχει τη δυνατότητα να ονομαστεί ως αρχική αλλά και ως μηδενική υπόθεση  $H_0$ .

Γενικά, η μηδενική υπόθεση διατυπώνεται με σκοπό να αμφισβητηθεί. Συνεπώς το συμπλήρωμα (αντίθετο) του συμπεράσματος στο οποίο θέλει να φθάσει ο ερευνητής, γίνεται η αποδεκτή υπόθεση.

Στην προκειμένη περίπτωση, ο έλεγχος της υπόθεσης, ο οποίος θα πραγματοποιηθεί, είναι αμφίπλευρος και θέλουμε να ερευνήσουμε:

‘Αν διαφέρουν οι συχνότητες ενέργειας 90%, μεταξύ των δύο μεθόδων, για την πρώτη αφαίρεση δεδομένων (A-367Hz)’.

Ως μηδενική υπόθεση ορίζεται, **ότι οι δύο κατηγορίες συχνοτήτων δεν διαφέρουν μεταξύ τους ( $\mu_1 = \mu_2$ )**. Δηλαδή, αν τα αποτελέσματα των μέσων τιμών και με τις δύο μεθόδους, κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, όσο αφορά τη συχνότητα ενέργειας 90%.

### 5.5.3.2 Διεξαγωγή Ελέγχου

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.1 και Πίνακας 5.2) παρουσιάζονται τα δεδομένα που παίρνουμε μέσα από το πρόγραμμα Gait Frequency. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει και σε προηγούμενο κεφάλαιο, με το πρόγραμμα Gait Frequency, παίρνουμε τη συχνότητα ενέργειας 90%.

Πίνακας 5.1: Συχνότητα ενέργειας 90% για την πρώτη απομάκρυνση δεδομένων, στα 3.5(Km/h)

Average Ταχύτητα 3.5(Km/h)				3.5 Data Reduction		
Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ	GFCX	GFCY	GFCZ
A (367 Hz)	7.112	9.947	7.112	7.11335	9.9587	7.11335
A (367 Hz)	6.928	9.431	6.928	6.9409	9.48589	6.9409
A (367 Hz)	7.013	9.599	7.013	7.01211	9.57993	7.01211
A (367 Hz)	7.112	9.748	7.112	7.11087	9.77745	7.11087
A (367 Hz)	7.460	9.102	7.261	7.43116	9.11555	7.23299

Στον Πίνακας 5.1, παρουσιάζονται τα στοιχεία για την πρώτη απομάκρυνση δεδομένων (A-367Hz), στα 3.5(Km/h).

Πίνακας 5.2: Συχνότητα ενέργειας 90% για την πρώτη απομάκρυνση δεδομένων, στα 4.5(Km/h)

Average Ταχύτητα 4.5(Km/h)				4.5 Data Reduction		
Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ	GFCX	GFCY	GFCZ
A (367 Hz)	7.908	10.793	7.858	7.90097	10.8145	7.85159
A (367 Hz)	7.908	10.892	7.858	7.90097	10.9132	7.90097
A (367 Hz)	7.858	10.743	7.809	7.82527	10.729	7.77605
A (367 Hz)	7.759	10.693	7.759	7.80221	10.7157	7.75283
A (367 Hz)	7.809	10.693	7.709	7.80221	10.7157	7.70345

Στον Πίνακας 5.2, παρουσιάζονται τα στοιχεία για την πρώτη απομάκρυνση δεδομένων (A-367Hz), στα 4.5(Km/h).

Στους παρακάτω πίνακες (Πίνακας 5.3 και Πίνακας 5.4), παρουσιάζονται αναλυτικά τα βήματα για την διεξαγωγή των συγκρίσεων, εμφανίζοντας τη πορεία

που θα ακολουθήσει η στατιστική ανάλυση. Στο τέλος των συγκρίσεων βγαίνει ένας αριθμός, ο οποίος είναι το P-Value. Το P-Value, δηλώνει την πιθανότητα να απορρίψουμε εσφαλμένα την αρχική υπόθεση. **(Μικρή τιμή του P-Value, σημαίνει ότι μπορώ να απορρίψω άφοβα την μηδενική υπόθεση, χωρίς να φοβάμαι ότι κάνω λάθος. Μεγάλη τιμή του P-Value, σημαίνει ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη).**

Οι τύποι που χρησιμοποιούνται για την πορεία της διαδικασίας, αναφέρονται αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο (θεωρητικό υπόβαθρο). Εκεί, εμφανίζεται και η ανάλυση της μεθοδολογίας του T-Test, για τη περίπτωση του unpaired t-test με ίσο μέγεθος δείγματος και ίση διακύμανση.

Πίνακας 5.3: Διαδικασία σύγκρισης των δύο μεθόδων, για την ταχύτητα 3.5(Km/h)

Σύγκριση μεταξύ 'A' του Average και 'A' του Data Removal 3.5(Km/h)		X	Y	Z
Μέση Τιμή	Average	7.125	9.565	7.085
	Data Removal	7.122	9.584	7.082
Διασπορά	Average	0.0411	0.1033	0.0156
	Data Removal	0.0352	0.1017	0.0124
Βαθμοί Ελευθερίας	Aver - Data rem	7.952	8.000	7.892
Τυπική Απόκλιση		0.123	0.203	0.075
T-Test		0.027	-0.089	0.043
P-Value		0.9789	0.9314	0.9667

Στον Πίνακα 5.3, εμφανίζονται τα αποτελέσματα που παράγονται μέσα από τη στατιστική διαδικασία, για την ταχύτητα στα 3.5(Km/h). Σε κάθε στήλη, τα αποτελέσματα εμφανίζονται ξεχωριστά για κάθε άξονα. Αντίστοιχα, σε κάθε σειρά έχουμε:

- Στη πρώτη, είναι η μέση τιμή ( $f_g$ ) των δεδομένων, με τη μέθοδο Average
- Στη δεύτερη, είναι ο μέσος όρος των δεδομένων, με τη μέθοδο Data Removal
- Στη τρίτη, είναι η διασπορά με τη μέθοδο Average
- Στη τέταρτη, είναι η διασπορά με τη μέθοδο Data Removal
- Στη πέμπτη, είναι οι βαθμοί ελευθερίας, οι οποίοι υπολογίζονται με βάση και τις δύο μεθόδους
- Στη έκτη, είναι η τυπική απόκλιση με βάση των δύο μεθόδων
- Στην έβδομη, είναι το t-test. Αυτό εμφανίζει τη τιμή του κριτηρίου, που ελέγχει αν κυμαίνεται μέσα στο επιτρεπτό διάστημα, με σκοπό να απορριφτεί ή να μην απορριφτεί.



- Στην όγδοη, είναι το P-Value. Αυτό εμφανίζει την πιθανότητα να απορρίψουμε εσφαλμένα την αρχική υπόθεση

Πίνακας 5.4: Διαδικασία σύγκρισης των δύο μεθόδων, για την ταχύτητα 4.5(Km/h)

Σύγκριση μεταξύ 'A' του Average και 'A' του Data Removal 4.5(Km/h)		X	Y	Z
Μέση Τιμή	Average	7.848	10.763	7.799
	Data Removal	7.846	10.778	7.797
Διασπορά	Average	0.0042	0.0069	0.0042
	Data Removal	0.0026	0.0074	0.0062
Βαθμοί Ελευθερίας	Aver - Data rem	7.564	7.990	7.709
Τυπική Απόκλιση		0.037	0.054	0.046
T-Test		0.054	-0.276	0.035
P-Value		0.9587	0.7906	0.9732

Στον Πίνακα 5.4, εμφανίζονται τα αποτελέσματα που παράγονται μέσα από τη στατιστική διαδικασία, για την ταχύτητα στα 4.5(Km/h). Η στατιστική ανάλυση ακολουθεί την ίδια διαδικασία, όπως με τη περίπτωση για την ταχύτητα στα 3.5(Km/h).

#### 5.5.4 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, ανατρέχοντας και στο Παράρτημα VI, στον πίνακα των t-test τιμών, για  $7.564 \rightarrow 8$  βαθμούς ελευθερίας βρίσκουμε  $t_{0.25} = 2.31$ . Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση της μη διαφοράς, θα απορριφθεί, αν η τιμή του κριτηρίου είναι έξω από το διάστημα  $[-2.31, 2.31]$ . Έτσι, με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε, από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

##### Ταχύτητα 3.5(km/h)

- Για τον άξονα X, παίρνουμε τη τιμή  $T = 0.027$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του  $P\text{-Value} = 0.9789$ , είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.
- Για τον άξονα Y, παίρνουμε τη τιμή  $T = -0.089$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν

υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του P-Value= 0.9314 είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.

- Για τον άξονα Z, παίρνουμε τη τιμή  $T = 0.043$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του P-Value= 0.9667 είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.

#### Ταχύτητα 4.5(km/h)

- Για τον άξονα X, παίρνουμε τη τιμή  $T = 0.054$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του P-Value= 0.9587 είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.
- Για τον άξονα Y, παίρνουμε τη τιμή  $T = -0.276$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του P-Value= 0.7906 είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.
- Για τον άξονα Z, παίρνουμε τη τιμή  $T = 0.035$ . Βρίσκεται μέσα στο διάστημα  $[-2.31, 2.31]$  οπότε δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε, πως τα δεδομένα μας για αυτόν τον άξονα, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς, ανάμεσα από τις δύο μεθόδους. Επίσης, φαίνεται ότι η τιμή του P-Value= 0.9232 είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει, ότι η πιθανότητα να κάνω λάθος, αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι μεγάλη.

### 5.5.5 Συμπέρασμα

Μέσα από τους παραπάνω ελέγχους συμπεραίνουμε, ότι με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε και για τις δύο ταχύτητες, αποτυγχάνεται στο να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση. Άρα, η μηδενική υπόθεση μπορεί να είναι αληθινή. Αυτό λοιπόν συνεπάγεται, ότι τα αποτελέσματα και των δύο μεθόδων, κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο και είναι εξίσου το ίδιο σημαντικά.

Στο παρόν πείραμα, θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα της μεθόδου, μείωσης δεδομένων με μέσο όρο (Averaging), καθ'όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής των αποτελεσμάτων.

## 6 Στατιστική Ανάλυση Αποτελεσμάτων

### 6.1 Εισαγωγή

Σε πολλές επιστημονικές περιοχές, αναπτύσσουμε συχνά μια θεωρία, για να εξηγήσουμε ένα φαινόμενο που παρατηρούμε. Η ισχύ αυτής της θεωρίας, συνεχώς ελέγχεται, εμπλουτίζοντας την με νέες παρατηρήσεις και νέα πειραματικά δεδομένα. Τελικά, αποδεχόμαστε αυτή τη θεωρία, ως ικανοποιητικό πρότυπο εξήγησης του φαινομένου, μέχρι να υπάρξουν παρατηρήσεις, που δεν μπορούν να αιτιολογηθούν επαρκώς. Όταν υπάρχουν παρατηρήσεις, που δεν αιτιολογούνται από αυτή τη θεωρία, τότε είτε την τροποποιούμε, είτε την εγκαταλείπουμε και υιοθετούμε κάποια άλλη.

Τη παραπάνω διαδικασία ακολουθούμε και στο στατιστικό έλεγχο των υποθέσεων. Συγκεκριμένα, στην αρχή διατυπώνουμε μια υπόθεση, ως προς την τιμή μιας παραμέτρου ενός πληθυσμού. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια των τιμών ενός δείγματος, το οποίο έχουμε πάρει από το σχετικό πληθυσμό, ελέγχουμε την τιμή της παραμέτρου που εκτιμούμε συγκρίνοντάς την με το δείγμα. Δηλαδή, εξετάζουμε κατά πόσο η διαφορά (ανάμεσα στην τιμή της παραμέτρου που εκτιμήσαμε από το δείγμα και εκείνη της παραμέτρου που υποθέσαμε ότι έχει ο πληθυσμός) είναι φαινομενική και οφείλεται στις τυχαίες διακυμάνσεις της δειγματοληψίας, ή είναι πραγματική και πρέπει να δεχθούμε ότι η υπόθεση δεν ισχύει.

### 6.2 Σκοπός της Μελέτης και Συχνότητα Ενέργειας 90%

Ο σκοπός αυτής της μελέτης (όπως αναφέραμε και στην αρχή) είναι να ελέγξουμε ποια είναι η ελάχιστη δυνατή συχνότητα δειγματοληψίας. Για να ποσοτικοποιήσουμε αυτή τη συχνότητα, χρησιμοποιούμε την ενέργεια που μεταφέρεται μέσα από το σήμα στο πεδίο των συχνοτήτων. Κάνοντας την υπόθεση, ότι οι συχνότητες (συχνοτικές συνιστώσες) που παρουσιάζονται στην βάδιση είναι ανεξάρτητες από την συχνότητα δειγματοληψίας, θα εξεταστεί μέχρι ποια συχνότητα μεταφέρεται ένα ποσοστό της ενέργειας του σήματος.

Από το θεώρημα του Parseval, αν  $P(f)$  είναι η ισχύς σε μια συχνότητα  $f$ , τότε η αθροιστική ενέργεια του σήματος μέχρι μια συχνότητα 'α' ορίζεται σαν  $\int_0^a P(f)df$ , και η ολική ενέργεια του σήματος ορίζεται σαν  $\int_0^{f_s} P(f)df$ .

Στην προκειμένη περίπτωση σαν όριο τέθηκε το 90% της ενέργειας μέσα στο σήμα, δηλαδή ζητούμενη είναι μια συχνότητα 'α' που ο λόγος της είναι:

$$\frac{\int_0^a P(f)df}{\int_0^{f_s} P(f)df} = 0.9$$

Για να συγκριθούν οι συχνότητες ενέργειας 90% σε διαφορετικές συχνότητες υπήρχαν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις.

- Να ληφθούν επαναλαμβανόμενες **ανεξάρτητες** μετρήσεις βάδισης σε διαφορετικές συχνότητες. Δηλαδή, ο εξεταζόμενος θα έκανε ξανά και ξανά την ίδια βάδιση πάνω στον διάδρομο καθώς γινόταν λήψη με διαφορετικές συχνότητες.
- Να ληφθούν μετρήσεις σε μια υψηλή συχνότητα και μετά με επεξεργασία του σήματος (διαδικασίες μείωσης δεδομένων), να κατασκευαστούν νέες μετρήσεις με χαμηλότερες συχνότητες. Σε αυτή τη περίπτωση, το φαινόμενο της βάδισης που θα συγκρίνονταν θα ήταν το ίδιο. Άρα οι μετρήσεις με χαμηλότερη συχνότητα, θα ήταν **εξαρτώμενες** από τις αρχικές.

Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεταξύ των δύο μεθόδων. Φαίνεται, ότι οι ανεξάρτητες και οι εξαρτημένες μετρήσεις στο στάδιο της επεξεργασίας, συγκρίνουν δείγματα βάδισης (από τον πληθυσμό των μετρήσεων, σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα). Επομένως, γίνεται προφανές ότι για τους σκοπούς της σύγκρισης, είναι επιθυμητό να εξετάζεται το ίδιο φαινόμενο ώστε να μειώνονται οι παράγοντες της τυχαιότητας. Από την άλλη, η αβεβαιότητα που προκύπτει από τις εξαρτημένες μετρήσεις, είναι ότι η επίδραση από τις μεθόδους μείωσης δεδομένων παραμένει άγνωστη. Για το σκοπό αυτό, έγινε μελέτη και με τις δύο μεθόδους.

Πίνακας 6.1: Σύγκριση προσεγγίσεων ανεξάρτητων και εξαρτημένων μετρήσεων

A/A	Ανεξάρτητη	Εξαρτημένη
<b>Ευκολία λήψης μέτρησης</b>	Περισσότερες μετρήσεις βάδισης	Μία μόνο μέτρηση
<b>Προ-Επεξεργασία</b>	Καμία	Δημιουργία νέων μετρήσεων από υψηλή συχνότητα
<b>Φαινόμενο</b>	Διαφορετικό σε κάθε μέτρηση	Ίδιο
<b>Τέχνημα (artifacts) από μείωση δεδομένων</b>	Όχι	Ναι (πιθανόν)

## 6.3 Στατιστική μεθοδολογία

### 6.3.1 Γενικά

Το δείγμα των ατόμων που πήραν μέρος σε αυτή τη μελέτη και αποτελούν τον πληθυσμό των μετρήσεων είναι  $n=25 < 30$ . Μέσα από αυτό το δείγμα εξετάζεται η συχνότητα ενέργειας 90% η οποία προέρχεται από κανονικά κατανομημένο πληθυσμό, με άγνωστη διασπορά. Οι ολοκληρωμένες μετρήσεις προς μελέτη, που πραγματοποίησε ο κάθε εξεταζόμενος ήταν  $N=30$ .

Παρακάτω, θα γίνουν οι ακόλουθοι στατιστικοί έλεγχοι υποθέσεων:

- Έλεγχος μέσης τιμής, μεταξύ δύο σετ εξαρτημένων μετρήσεων, σε ένα συγκεκριμένο εξεταζόμενο
- Έλεγχος μέσης τιμής, μεταξύ δύο σετ ανεξάρτητων μετρήσεων, σε ένα συγκεκριμένο εξεταζόμενο
- Έλεγχος μέσης τιμής, μεταξύ δυο σετ εξαρτημένων μετρήσεων, για όλους τους εξεταζόμενους.
- Έλεγχος μέσης τιμής, μεταξύ δυο σετ ανεξάρτητων μετρήσεων, για όλους τους εξεταζόμενους

**Η μηδενική υπόθεση  $H_0$ , η οποία θέλουμε να εξετάσουμε για κάθε έλεγχο από τους παραπάνω, είναι ότι η διαφορά των δεικτών (συχνότητα ενέργειας 90%) δεν είναι διαφορετική του μηδενός ( $\mu_1 = \mu_2$ ).**

Θα αναλύσουμε λοιπόν τον τρόπο διεξαγωγής των στατιστικών αποτελεσμάτων με τη μέθοδο του t-test statistic. Στη συνέχεια, θα κάνουμε λεπτομερή αναφορά μόνο στις περιπτώσεις των πρώτων συγκρίσεων [734Hz-A(367)Hz, 734Hz-292Hz για την ταχύτητα στα 3.5(Km/h)] οι οποίες γίνονται για κάθε κατηγορία μετρήσεων (εξαρτημένων και ανεξάρτητων αντίστοιχα) σε ένα άτομο. Οι υπόλοιπες συγκρίσεις για λόγους απλότητας, αναλύονται στο Παράρτημα V.

Σε κάθε κατηγορία, εμφανίζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με όλα τα στατιστικά αποτελέσματα που μας ενδιαφέρουν. Κάθε πίνακας δηλαδή, εμφανίζει μόνο τις τιμές του P-Value. Εάν αυτές κυμαίνονται κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο (το οποίο ονομάζεται **επίπεδο σημαντικότητας** και στη προκειμένη περίπτωση ορίστηκε το 0.05), συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μέσων της ομάδας.

Οι τιμές του P-Value μαζί με τη μέση τιμή των διαφορών που μετράται στην περίπτωση της κάθε σύγκρισης ( $f_g$ ), μας επιβεβαιώνουν για τις αποφάσεις που πρέπει να πάρουμε.

### 6.3.2 Ανιχνεύσιμη Διαφορά

Υπάρχει μια σημαντική διαφορά μεταξύ στατιστικά σημαντικού και ανιχνεύσιμου. Για παράδειγμα αν μια ποσότητα μήκους μετριέται σε χιλιόμετρα και υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά της τάξης του χιλιοστού, τότε θεωρούμε ότι δεν είναι ανιχνεύσιμη (ή μετρητικά σημαντική).

Σε κάθε σύγκριση που πραγματοποιείται θα θέσουμε σαν όριο ανιχνευσιμότητας οποιαδήποτε διαφοράς μέσης τιμής της συχνότητας ενέργειας 90% μεγαλύτερη του 5%. Οπότε, κάτω από αυτό το όριο οι μετρήσεις των συγκρίσεων κρίνονται ότι δεν εισάγουν ανιχνεύσιμο σφάλμα (οπότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι παρουσιάζουν το ίδιο φαινόμενο), ενώ πάνω από αυτό το όριο εμφανίζονται να παρουσιάζουν ανιχνεύσιμη (άρα δεν μπορούμε να πούμε ότι παρουσιάζουν το ίδιο φαινόμενο).

### 6.3.3 Σύγκριση εξαρτημένων μετρήσεων, ενός ατόμου

Παρακάτω συγκρίνονται εξαρτημένες μετρήσεις (η μια από την άλλη) για ζεύγη δειγμάτων.

Η διαδικασία γίνεται, για να φανεί αν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των μετρήσεων, εμφανίζονται τεχνήματα μέσα στο σήμα, τα οποία επηρεάζουν τον δείκτη που μας αφορά (συχνότητα ενέργειας 90%). Για τον σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$t = \frac{\bar{X}_D - \mu_0}{s_D / \sqrt{N}}$$

του paired t-test με βαθμό εμπιστοσύνης  $\alpha=95\%$  και άγνωστη άνιση διακύμανση.

Οι βασικοί όροι στη συγκεκριμένη εξίσωση είναι, ο μέσος όρος ( $\bar{X}_D$ ) και η τυπική απόκλιση (SD). Ο όρος ( $\bar{X}_D$ ) υπολογίζεται από τη μέση τιμή των διαφορών  $X_D$  μεταξύ των ζευγών των μετρήσεων. Ο βαθμός ελευθερίας που χρησιμοποιείται είναι  $N - 1$ .

Παρουσιάζονται αναλυτικά, όλοι οι συνδυασμοί συγκρίσεων συχνότητας ενέργειας 90%. Συγκεκριμένα, παρακάτω συγκρίνονται:

- 734 – A(367)Hz,
- 734 – AA(184)Hz,
- 734 – AAAA(46)Hz,
- AA(184) – AAAA(46)Hz

### 6.3.4 Σύγκριση ανεξάρτητων μετρήσεων, ενός ατόμου

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος στατιστικής σύγκρισης δύο ανεξάρτητων δειγμάτων με άνιση διακύμανση και ίσα μεγέθη (επειδή δεν υπάρχει κατηγορία με ίσα

μεγέθη δείγματος, επιλέγεται η κατηγορία με άνισα μεγέθη δείγματος και άνιση διακύμανση).

Η διαδικασία γίνεται, για να εξεταστεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών των δεικτών σε ανεξάρτητες μετρήσεις (συχνότητα ενέργειας 90%). Για τον σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθεί ο παρακάτω τύπος:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}} \quad \text{όπου} \quad S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

του unpaired ή independent t-test με βαθμό εμπιστοσύνης  $\alpha=95\%$  και άνιση διακύμανση. Οι βασικοί όροι στη συγκεκριμένη εξίσωση είναι, η διακύμανση  $s^2$  των δύο δειγμάτων (με  $n$ = αριθμός του κάθε δείγματος) και οι βαθμοί ελευθερίας.

Η περίπτωση  $S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}$  είναι μια συγκεντρωτική διακύμανση. Στις δοκιμές, η διανομή του στατιστικού αποτελέσματος, πρέπει να προσεγγίζει την t διανομή, με τους βαθμούς ελευθερίας που υπολογίζονται, χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο.

$$D.F. = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{(s_1^2/n_1)^2/(n_1 - 1) + (s_2^2/n_2)^2/(n_2 - 1)}$$

Παρουσιάζονται αναλυτικά, όλοι οι συνδυασμοί συγκρίσεων συχνότητας ενέργειας 90%. Συγκεκριμένα, παρακάτω συγκρίνονται:

- 734 – 292Hz,
- 734 – 137Hz,
- 292 – 137Hz,
- 137 – AAAA(46)Hz

### 6.3.5 Σύγκριση εξαρτημένων μετρήσεων, όλων των εξεταζόμενων

Η διαδικασία διεξάγεται, για να εξεταστεί τι ακριβώς συμβαίνει σε ολόκληρο τον πληθυσμό. Για τον σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθεί όπως και στην περίπτωση ενός ατόμου, το paired t-test με βαθμό εμπιστοσύνης  $\alpha=95\%$ .

### 6.3.6 Σύγκριση ανεξάρτητων μετρήσεων, όλων των εξεταζόμενων

Η διαδικασία διεξάγεται, για να εξεταστεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, ανάμεσα στις μέσες τιμές των δεικτών, σε όλες τις ανεξάρτητες μετρήσεις μεταξύ δύο συχνότητων. Για τον σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθεί όπως και στην περίπτωση ενός ατόμου, το independent t-test με βαθμό εμπιστοσύνης  $\alpha=95\%$ .



## 6.4 Στατιστική Ανάλυση, για ένα άτομο

### 6.4.1 Εξαρτημένες Μεταβλητές - Paired t-test

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, από τη διεξαγωγή του παραπάνω αντίστοιχου τύπου, ανατρέχουμε στο Παράρτημα VI. Πάμε στον πίνακα των t-test τιμών, για αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων και 4 βαθμούς ελευθερίας. Έτσι βρίσκουμε τη τιμή  $t_{0.5} = 3.747$ . Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση της μη διαφοράς θα απορριφθεί, αν η τιμή του κριτηρίου είναι έξω από το διάστημα  $\alpha=95\%$ , δηλαδή έξω από το όριο τιμών  $[(-3.747) - (3.747)]$ .

#### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz – A(367)Hz

Ο Πίνακας 6.2 παρουσιάζει, τις τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα A(367)Hz. Σε κάθε κατηγορία εμφανίζονται πέντε μετρήσεις. Οι μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων στα A(367)Hz έχουν δημιουργηθεί με τη μέθοδο μέσης τιμής, στις οποίες έχει γίνει η μείωση δεδομένων από τα 734Hz.

Πίνακας 6.2: Τιμές 734Hz – A(367)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	A(367)	7.112	9.947	7.112
734	6.928	9.431	6.928	A(367)	6.928	9.431	6.928
734	7.012	9.598	7.012	A(367)	7.013	9.599	7.013
734	7.111	9.747	7.111	A(367)	7.112	9.748	7.112
734	7.459	9.100	7.260	A(367)	7.460	9.102	7.261

Ο Πίνακας 6.3 παρουσιάζει, τη διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα A(367)Hz.

Πίνακας 6.3: Διαφορά μεταξύ των τιμών

Διαφορά 734Hz - A(367)Hz		
X	Y	Z
-0.00096	-0.00135	-0.00096
0.00000	0	0
-0.00095	-0.0013	-0.00095
-0.00096	-0.00132	-0.00096
-0.00101	-0.00123	-0.00098

Ο Πίνακας 6.4 παρουσιάζει, τα αποτελέσματα που βγαίνουν βήμα-βήμα, μετά από την εκτέλεση των πράξεων. Τα βήματα που ακολουθούμε, για τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος, έχουν αναφερθεί αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο (σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων).

Πίνακας 6.4 : Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	-0.00078	-0.00104	-0.00077
Τυπική Απόκλιση	0.000435	0.000583	0.000432
T-Test	-3.994	-3.989	-3.998
P-Value	0.0162	0.0163	0.0162

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου, το οποίο υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

- Για τον άξονα X, παίρνουμε τη τιμή  $T=-3.994$ . Αυτή βρίσκεται έξω από το διάστημα  $[-3.747, 3.747]$ . Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.0162 \rightarrow P=1.62\% < 5\%$ ) βλέπουμε, ότι η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε, η πιθανότητα να κάνουμε λάθος αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση είναι πολύ μικρή.
- Για τον άξονα Y, παίρνουμε τη τιμή  $T=-3.989$ . Αυτή βρίσκεται έξω από το διάστημα  $[-3.747, 3.747]$ . Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.01632 \rightarrow P=1.63\% < 5\%$ ) βλέπουμε, ότι η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε, η πιθανότητα να κάνουμε λάθος αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση είναι πολύ μικρή.
- Για τον άξονα Z, παίρνουμε τη τιμή  $T=-3.998$ . Αυτή βρίσκεται έξω από το διάστημα  $[-3.747, 3.747]$ . Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.0162 \rightarrow P=1.62\% < 5\%$ ) βλέπουμε, ότι η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε η πιθανότητα να κάνουμε λάθος αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση είναι πολύ μικρή.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα για αυτή τη σύγκριση. Οπότε παρατηρείται πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο κατηγορίες συχνότητων.

Στις επόμενες συγκρίσεις, τα δεδομένα που θα ελέγξουμε, θα είναι μόνο οι τιμές του P-Value για τον άξονα Z (βλ. Πίνακας 6.5), διότι μας ενδιαφέρει περισσότερο να

εξετάσουμε τη πιθανότητα να κάνουμε λάθος, αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση στο συγκεκριμένο άξονα. Όλη η διαδικασία της κάθε σύγκρισης στην οποία δημιουργείται η αντίστοιχη τιμή του P-Value υπάρχει στο Παράρτημα V.

Πίνακας 6.5: Τιμές P-Value, για τις εξαρτημένες μετρήσεις σε ένα άτομο

Τιμές P-Value, Εξαρτημένων μετρήσεων σε ένα άτομο				
A/A	734- A(367)Hz	734- AA(184)Hz	734- AAAA(46)Hz	AA(184)- AAAA(46)Hz
3.5(Km/h)	0.0162	6.58 <sup>E</sup> -02	0.083	0.085
4.5(Km/h)	1.09 <sup>E</sup> -09	1.15 <sup>E</sup> -09	9.39 <sup>E</sup> -02	1.06 <sup>E</sup> -01

### Ταχύτητα 3.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz,  $P=6.582^E-02 \rightarrow P=6.582\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz,  $P=0.083 \rightarrow P=8.3\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz,  $P=0.085 \rightarrow P=8.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -A(367)Hz,  $P=1.09^E-09 \rightarrow P=1.09^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz,  $P=1.149^E-09 \rightarrow P=1.149^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η

μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

- Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz,  $P=9.39 \times 10^{-2} \rightarrow P=9.39\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz,  $P=1.055 \times 10^{-1} \rightarrow P=10.55\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### 6.4.2 Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test

##### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση μεταξύ 734Hz – 292Hz

Ο Πίνακας 6.6 παρουσιάζει, τις τιμές της συχνότητας ενέργειας 90%. Οι κατηγορίες συχνοτήτων είναι στα 734Hz και στα 292Hz, από τις οποίες έχουν παρθεί πέντε μετρήσεις για τη κάθε μία.

Πίνακας 6.6: Τιμές734Hz -292Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	292	7.170	9.770	7.209
734	6.928	9.431	6.928	292	6.973	9.534	7.012
734	7.012	9.598	7.012	292	7.012	9.573	7.012
734	7.111	9.747	7.111	292	6.973	9.494	6.973
734	7.459	9.100	7.260	292	6.894	9.376	6.855

Ο Πίνακας 6.7 παρουσιάζει, τα αποτελέσματα που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων. Τα βήματα που ακολουθούμε κι εδώ, για τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος, έχουν αναφερθεί αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο (σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων).

Πίνακας 6.7: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734(Hz)	7.124	9.564	7.085
	292 (Hz)	7.005	9.549	7.012
Διασπορά	734 (Hz)	0.0410	0.1032	0.0156
	292 (Hz)	0.0104	0.0206	0.0163
Βαθμοί Ελευθερίας	734-292(Hz)	5.908	5.538	7.996
Τυπική Απόκλιση		0.101	0.157	0.080
T-Test		1.182	0.095	0.903
P-Value		0.291	0.928	0.396

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου, το οποίο υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε και εξετάζοντας μόνο τις τιμές του P-Value που μας ενδιαφέρει (ομοίως όπως και στη περίπτωση των εξαρτημένων μετρήσεων), έχουμε :

- Για τον άξονα X, παίρνουμε τη τιμή  $P=0.291 \rightarrow P=29.1\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.
- Για τον άξονα Y, παίρνουμε τη τιμή  $P=0.928 \rightarrow P=92.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.
- Για τον άξονα Z, παίρνουμε τη τιμή  $P=0.396 \rightarrow P=39.6\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

Στις επόμενες συγκρίσεις, τα δεδομένα που θα ελέγξουμε, θα είναι μόνο οι τιμές του P-Value για τον άξονα Z (βλ. Πίνακας 6.8), διότι όπως έχουμε ήδη αναφέρει μας ενδιαφέρει περισσότερο να εξετάσουμε τη πιθανότητα να κάνουμε λάθος, αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση στο συγκεκριμένο άξονα. Όλη η διαδικασία της κάθε σύγκρισης στην οποία δημιουργείται η αντίστοιχη τιμή του P-Value υπάρχει στο Παράρτημα V.

Πίνακας 6.8: Τιμές P-Value, για τις ανεξάρτητες μετρήσεις σε ένα άτομο

Τιμές P-Value, Ανεξάρτητων μετρήσεων σε ένα άτομο				
A/A	734-292Hz	734-137Hz	292-137Hz	137- AAAA(46)Hz
3.5(Km/h)	0.396	0.51	0.17	0.0148
4.5(Km/h)	0.078	0.598	0.295	0.165

#### Ταχύτητα 3.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -137Hz,  $P=0.51 \rightarrow P=51\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 292Hz -137Hz,  $P=0.17 \rightarrow P=17\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz,  $P=0.0148 \rightarrow P=1.48\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -292Hz,  $P=0.078 \rightarrow P=7.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -137Hz,  $P=0.598 \rightarrow P=59.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

- Σύγκριση 292Hz -137Hz,  $P=0.295 \rightarrow P=29.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνотήτων.
- Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz,  $P=0.165 \rightarrow P=16.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνотήτων.

## 6.5 Στατιστική ανάλυση για όλο το δείγμα

### 6.5.1 Εξαρτημένες Μετρήσεις - Paired t-test

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τη διεξαγωγή του παραπάνω αντίστοιχου τύπου, ανατρέχουμε στο Παράρτημα VI. Πάμε στον πίνακα των t-test τιμών, για αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων και 124 βαθμούς ελευθερίας. Έτσι βρίσκουμε τη τιμή  $t_{0.25} = 2.358$ . Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση της μη διαφοράς θα απορριφθεί, αν η τιμή του κριτηρίου είναι έξω από το διάστημα  $\alpha=95\%$ , δηλαδή έξω από το όριο τιμών  $[(-2.358) - (2.358)]$ .

Λόγω της πληθώρας του όγκου δεδομένων, όπου δημιουργούνται από το σύνολο των μετρήσεων ολόκληρου του πληθυσμού (των εξεταζόμενων), τα δεδομένα που παίρνουμε με τις τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% παρουσιάζονται στο Παράρτημα IV.

Επίσης, (όπως και στη περίπτωση ενός ατόμου) οι συγκρίσεις μεταξύ των κατηγοριών συχνотήτων που διεξάγονται εμφανίζονται στο Παράρτημα V. Οι τιμές που θα εξετάσουμε παρακάτω είναι μόνο του P-Value για τον άξονα Z (βλ. Πίνακας 6.9).

Πίνακας 6.9: Τιμές P-Value, για τις εξαρτημένες μετρήσεις σε όλο το δείγμα

Τιμές P-Value, Εξαρτημένων μετρήσεων σε όλο το δείγμα				
A/A	734- A(367)Hz	734- AA(184)Hz	734- AAAA(46)Hz	AA(184)- AAAA(46)Hz
3.5(Km/h)	0.193	$1.41^E -11$	$4.55^E -17$	$7.26^E -17$
4.5(Km/h)	$6.81^E -05$	$3^E -14$	$3^E -23$	$1.75^E -22$

### Ταχύτητα 3.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz – A(367)Hz,  $P=0.193 \rightarrow P=19.3\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz,  $P=1.409^E-11 \rightarrow P=1.409^E-09\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz,  $P=4.545^E-17 \rightarrow P=4.545^E-15\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz,  $P=7.255^E-17 \rightarrow P=7.255^E-15\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz –A(367)Hz,  $P=6.811^E-05 \rightarrow P=6.811^E-03\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz,  $P=3^E-14 \rightarrow P=3^E-12\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz,  $P=2.996^E-23 \rightarrow P=2.996^E-21\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η



μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

- Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz,  $P=1.754^E-22 \rightarrow P=1.754^E-20\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### 6.5.2 Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test

Ο Πίνακας 6.10, παρουσιάζει τις τιμές του P-Value για τις ανεξάρτητες μετρήσεις ολόκληρου του δείγματος.

Πίνακας 6.10: Τιμές P-Value, για τις ανεξάρτητες μετρήσεις σε όλο το δείγμα

Τιμές P-Value, Ανεξάρτητων μετρήσεων σε όλο το δείγμα				
A/A	734- 292Hz	734- 137Hz	292- 137Hz	137- AAAA(46)Hz
3.5(Km/h)	0.1207	0.0326	0.5703	$2.42^E-08$
4.5(Km/h)	0.0938	0.0385	0.738	$4.33^E-08$

#### Ταχύτητα 3.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -292Hz,  $P=0.1207 \rightarrow P=12.07\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 734Hz -137Hz,  $P=0.0326 \rightarrow P=3.26\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.
- Σύγκριση 292Hz -137Hz,  $P=0.5703 \rightarrow P=57.03\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε ότι, με τα

διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

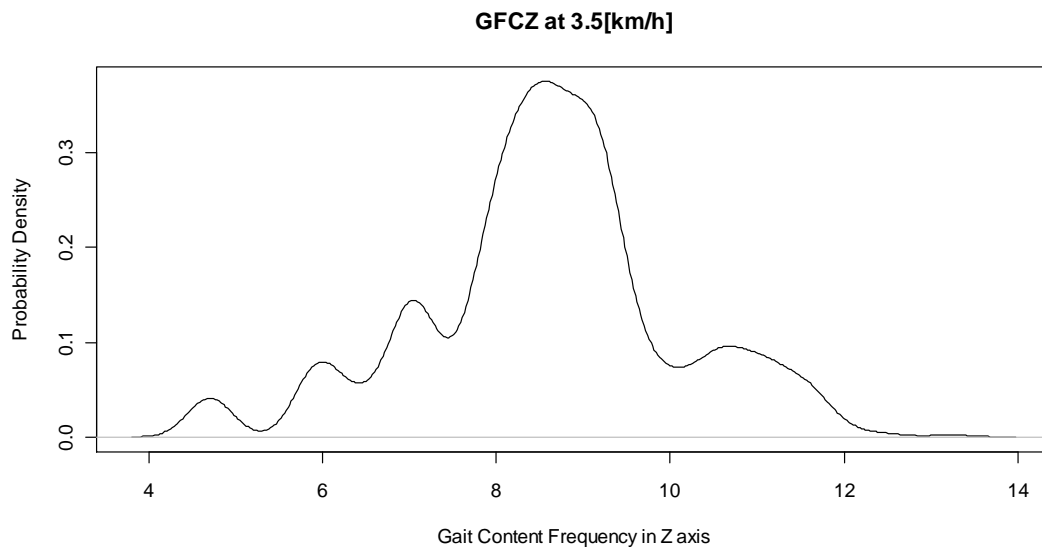
- Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz,  $P=2.424^E-08 \rightarrow P=2.424^E-06\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h)

- Σύγκριση 734Hz -292Hz,  $P=0.0938 \rightarrow P=9.38\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.
- Σύγκριση 734Hz -137Hz,  $P=0.0385 \rightarrow P=3.85\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.
- Σύγκριση 292Hz -137Hz,  $P=0.7380 \rightarrow P=73.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.
- Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz,  $P=4.329^E-08 \rightarrow P=4.329^E-06\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

### 6.5.3 Μέση και Μέγιστη τιμή, συχνότητας ενέργειας 90% όλου του δείγματος

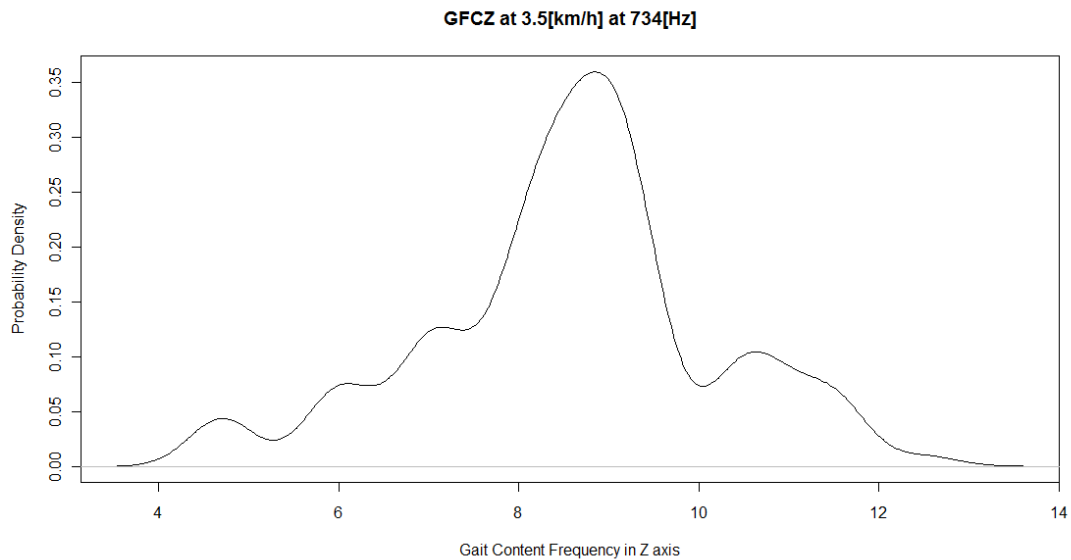
Στην Εικόνα 6.1 εμφανίζεται το φάσμα της συχνότητας ενέργειας 90%, όσον αφορά την ταχύτητα των 3.5(Km/h). Το γράφημα περιλαμβάνει τις μετρήσεις όλων των κατηγοριών συχνοτήτων για όλο το δείγμα.



**Εικόνα 6.1: Εύρος τιμών συχνότητας ενέργειας 90% για όλο το δείγμα στα 3.5(Km/h)**

Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% κυμαίνονται από 4 έως και 13Hz. Η μέση τιμή, στην οποία έχουμε συχνότερο φαινόμενο εμφάνισής της, είναι τα 8.577Hz και η μεγαλύτερη τιμή που παίρνει είναι τα 13.124Hz.

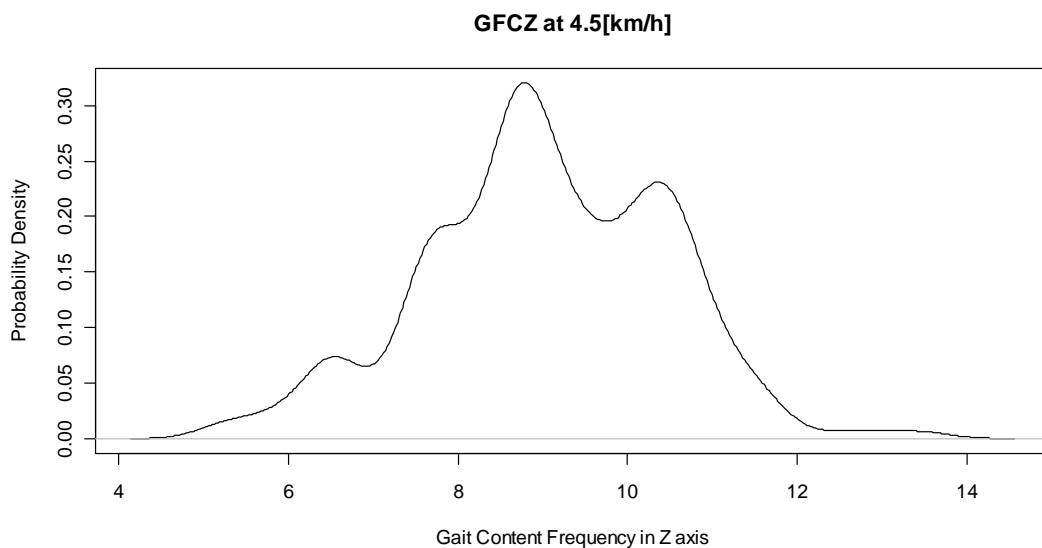
Στην Εικόνα 6.2 εμφανίζεται το φάσμα της συχνότητας ενέργειας 90%, στην ταχύτητα των 3.5(Km/h). Το γράφημα περιλαμβάνει τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων στα 734Hz, για όλο το δείγμα.



**Εικόνα 6.2:** Εύρος τιμών συχνότητας ενέργειας 90% για τις μετρήσεις των 734Hz στα 3.5(Km/h)

Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% κυμαίνονται λίγο μετά τα 3.5Hz μέχρι και λίγο πριν τα 14Hz. Η μέση τιμή στην οποία έχουμε συχνότερο φαινόμενο εμφάνισής της είναι τα 8.566Hz και η μεγαλύτερη τιμή που παίρνει είναι τα 12.53Hz.

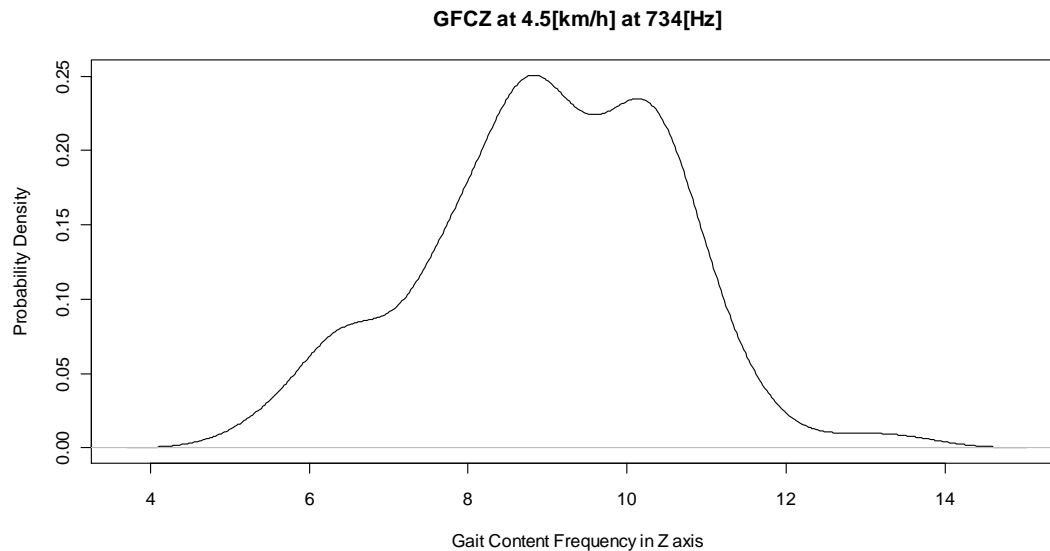
Στην Εικόνα 6.3 εμφανίζεται το φάσμα της συχνότητας ενέργειας 90%, στην ταχύτητα των 4.5(Km/h). Το γράφημα περιλαμβάνει τις μετρήσεις όλων των κατηγοριών συχνοτήτων που εμπεριέχονται στο δείγμα.



**Εικόνα 6.3:** Εύρος τιμών συχνότητας ενέργειας 90% για όλο το δείγμα στα 4.5(Km/h)

Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% κυμαίνονται από 5Hz μέχρι και 14Hz. Η μέση τιμή στην οποία έχουμε συχνότερο φαινόμενο εμφάνισής της είναι τα 9.042Hz και η μεγαλύτερη τιμή που παίρνει είναι τα 13.53Hz.

Στην Εικόνα 6.4 εμφανίζεται το φάσμα της συχνότητας ενέργειας 90%, στην ταχύτητα των 4.5(Km/h). Το γράφημα περιλαμβάνεται τις μετρήσεις της κατηγορίας συχνοτήτων των 734Hz, για όλο το δείγμα.



**Εικόνα 6.4: Εύρος τιμών συχνότητας ενέργειας 90% για μετρήσεις στα 734Hz για 4.5(Km/h)**

Σε αυτήν την περίπτωση, οι τιμές της συχνότητας ενέργειας 90% κυμαίνονται από 4Hz μέχρι και 14Hz. Η μέση τιμή στην οποία έχουμε συχνότερο φαινόμενο εμφάνισής της είναι τα 9.035Hz και η μεγαλύτερη τιμή που παίρνει είναι τα 14.7Hz.

## 6.6 Συγκεντρωτικοί πίνακες

Στον Πίνακα 6.11, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα στατιστικά αποτελέσματα του P-Value, τα οποία διεξάγονται μέσω της διαδικασίας του t-test. Εμφανίζονται οι συγκρίσεις για ένα άτομο αλλά και για όλο το δείγμα που αφορούν τις μετρήσεις με ταχύτητα 3.5(Km/h).

Πίνακας 6.11: Συγκεντρωτικός πίνακας όλων των τιμών P-Value, για τη ταχύτητα στα 3.5(Km/h)

Τιμές P-Value για τη ταχύτητα στα 3.5 (Km/h)						
Ένα άτομο Όλο το δείγμα	734Hz	292Hz	137Hz	A-367Hz	AA-184Hz	AAAA-46Hz
734Hz	-	0.396	0.51	0.0162	6.58 <sup>E</sup> -02	0.083
292Hz	0.1207	-	0.17	-	-	-
137Hz	0.0326	0.5703	-	-	-	0.0148
A-367Hz	0.193	-	-	-	-	-
AA-184Hz	1.41 <sup>E</sup> -11	-	-	-	-	0.085
AAAA-46Hz	4.55 <sup>E</sup> -17	-	2.42 <sup>E</sup> -08	-	7.26 <sup>E</sup> -17	-

Στον Πίνακα 6.12, παρουσιάζονται επίσης τα συγκεντρωτικά στατιστικά αποτελέσματα του P-Value, τα οποία διεξάγονται μέσω της διαδικασίας του t-test. Εμφανίζονται οι συγκρίσεις για ένα άτομο αλλά και για όλο το δείγμα που αφορούν τις μετρήσεις με ταχύτητα 4.5(Km/h).

Πίνακας 6.12: Συγκεντρωτικός πίνακας όλων των τιμών P-Value, για τη ταχύτητα στα 4.5(Km/h)

Τιμές P-Value για τη ταχύτητα στα 4.5 (Km/h)						
Ένα άτομο Όλο το δείγμα	734Hz	292Hz	137Hz	A-367Hz	AA-184Hz	AAAA-46Hz
734Hz	-	0.078	0.598	1.09 <sup>E</sup> -09	1.15 <sup>E</sup> -09	9.39 <sup>E</sup> -02
292Hz	0.0938	-	0.295	-	-	-
137Hz	0.0385	0.738	-	-	-	0.165
A-367Hz	6.81 <sup>E</sup> -05	-	-	-	-	-
AA-184Hz	3 <sup>E</sup> -14	-	-	-	-	1.06 <sup>E</sup> -01
AAAA-46Hz	3 <sup>E</sup> -23	-	4.33 <sup>E</sup> -08	-	1.75 <sup>E</sup> -22	-

### 6.6.1 Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων για ένα άτομο

Ο Πίνακας 6.13, παρουσιάζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που δημιουργούνται μέσα από όλη την ανάλυση που έχει διεξαχθεί για τις εξαρτημένες μετρήσεις σε ένα άτομο .

Πίνακας 6.13: Συγκεντρωτικός πίνακας εξαρτημένων μετρήσεων για ένα άτομο

A/A			734- A(367)	734- AA(184)	734- AAAA(46)	AA(367)- AAAA(46)
Εξαρτημένες	3.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	NAI	NAI	ΌΧΙ	ΌΧΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	-0.00077	0.0253	0.261	0.236
	4.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	NAI	NAI	ΌΧΙ	ΌΧΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	-0.00106	0.017	0.361	0.344

Παρατηρείται, ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για τις εξαρτημένες μετρήσεις ενός ατόμου και για τα δύο επίπεδα ταχυτήτων. Η διαφορά αυτή εμφανίζεται μεταξύ των πρωτογενών και των παράγωγων μετρήσεών τους, που αφορούν μόνο τις κατηγορίες συγκρίσεων 734 -A(367) και 734 -AA(184), αλλά όχι τη κατηγορία σύγκρισης 734 -AAAA(46).

Η μέση τιμή των διαφορών που μετράται (σαν απόλυτη τιμή) στην περίπτωση της σύγκρισης 734-A(367) είναι  $f_g = 0.00077\text{Hz}$  στα 3.5(Km/h) και  $f_g = 0.00106\text{Hz}$  στα 4.5(Km/h), ενώ για την περίπτωση 734-AA(188) είναι  $f_g = 0.0253\text{Hz}$  στα 3.5(Km/h) και  $f_g = 0.017\text{Hz}$  στα 4.5(Km/h). Αυτό σημαίνει, ότι η μείωση δεδομένων στην περίπτωση ενός ατόμου, προκαλεί στατιστικά σημαντικές αλλοιώσεις της συχνότητας ενέργειας 90%, οι οποίες όμως είναι πρακτικά μη ανιχνεύσιμες αλλαγές.

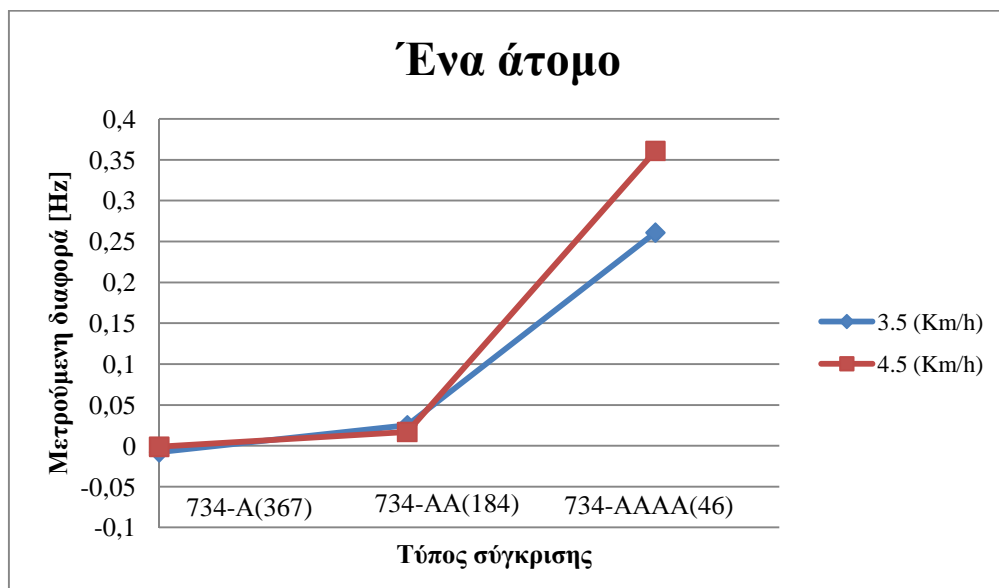
Στην κατηγορία συγκρίσεως 734-AAAA(46) εμφανίζεται να μην υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Όμως, από τη μέση τιμή των διαφορών τους διακρίνουμε μια ανιχνεύσιμη διαφορά της τάξης του  $f_g = 0.261\text{Hz}$  στα 3.5(Km/h) και  $f_g = 0.361\text{Hz}$  στα 4.5(Km/h). Οπότε αντιλαμβανόμαστε, ότι υπάρχει μια φαινομενικά αντιφατική διαφορά ανάμεσα, στη μη στατιστική διαφορά και στη διαφορά της μέσης τιμής η

οποία είναι ανιχνεύσιμη. Η διαφορά εξηγείται καλύτερα στην παράγραφο 6.7. Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουμε είναι ότι σε χαμηλές συχνότητες [AAAA(46)Hz] (μεγάλη μείωση δεδομένων) υπάρχει αλλοίωση φαινομένου με αποτέλεσμα να παύουν να είναι συγκρίσιμοι οι δείκτες που προκύπτουν από τις μετρήσεις.

Το ίδιο ακριβώς που συμβαίνει με τη σύγκριση 734-AAAA(46), ισχύει και για τη κατηγορία συγκρίσεως AA(367)-AAAA(46). Σε αυτό το σημείο, παρατηρούμε ότι η τιμή της διαφοράς των μέσων τιμών μπορεί να δημιουργηθεί και από τη διαφορά των κατηγοριών συγκρίσεων 734-AA(367) και 734-AAAA(46).

Γενικότερα οι τιμές της διαφοράς των μέσων τιμών μπορούν να δημιουργηθούν και από τη σύγκριση που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε αλλά και από την αφαίρεση μεταξύ των αυτούσιων τιμών τους.

Επίσης, στην Εικόνα 6.5 φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι διαφορές μεταξύ πρωτογενών και εξαρτημένων μετρήσεων αυξάνονται με εκθετικό τρόπο, καθώς αυξάνεται η επεξεργασία των μετρήσεων. Μέχρι τα 183Hz, οι διαφορές παραμένουν κάτω από τα 0.03Hz και αντιπροσωπεύουν ένα σφάλμα της τάξης του  $0.03/7^{viii} = 0.43\%$ , το οποίο κρίνεται αποδεκτό. Από εκεί και πέρα οι διαφορές αυξάνονται πάνω από τα 0.2Hz φτάνοντας σε ένα σφάλμα της τάξης του 2.9%.



Εικόνα 6.5: Αύξηση της διαφοράς για διαφορετικά επίπεδα σύγκρισης εξαρτημένων μετρήσεων

<sup>viii</sup> Για τη δημιουργία του σφάλματος σε κάθε σύγκριση, διαιρούμε τη διαφορά της μέσης τιμής (της συχνότητας ενέργειας 90%) προς τη τιμή του μέσου όρου αυτής της ενέργειας στην οποία κυμαίνονται όλες οι μετρήσεις. Στην προκειμένη περίπτωση όλες οι μετρήσεις της συχνότητας ενέργειας 90% ενός ατόμου, κυμαίνονται γύρω στα 7Hz.



Ο Πίνακας 6.14 παρουσιάζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που δημιουργούνται μέσα από όλη την ανάλυση που έχει διεξαχθεί για τις ανεξάρτητες μετρήσεις σε ένα άτομο .

Πίνακας 6.14: Συγκεντρωτικός πίνακας εξαρτημένων μετρήσεων για ένα άτομο

A/A		734-292	734-137	292-137	137- AAAA(46)	
Ανεξάρτητες	3.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	0.073	-0.058	-0.131	0.32
	4.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	0.19	0.031	-0.159	0.331

Για τις ανεξάρτητες μετρήσεις παρατηρούμε, ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτογενών μετρήσεων στα διάφορα επίπεδα συγκρίσεων.

Στην μόνη περίπτωση που παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά είναι στην σύγκριση μεταξύ πρωτογενών μετρήσεων και μετρήσεων με 4-πλή μείωση δεδομένων (46Hz) για την ταχύτητα στα 3.5(Km/h). Η μέση τιμή των διαφορών που μετράται είναι  $f_g = 0.32\text{Hz}$ . Σε αυτήν την περίπτωση, παρουσιάζονται και οι μεγαλύτερες διαφορές που αντιστοιχούν σε σφάλμα της τάξης του 4.3%. Αντίθετα στις υπόλοιπες περιπτώσεις η διαφορά παραμένει μικρότερη από τα 0.15Hz.

Επίσης, στη σύγκριση με 4-πλή μείωση δεδομένων (46Hz) για την ταχύτητα στα 4.5(Km/h) παρατηρείται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Διαπιστώνεται όμως κι εδώ, ότι η μέση τιμή των διαφορών είναι υψηλή, της τάξης των  $f_g = 0.331\text{Hz}$ . Αυτό είναι σύμφωνο με το προηγούμενο συμπέρασμα ότι μεγάλη μείωση των δεδομένων προκαλεί μεγάλη αλλοίωση στις δημιουργούμενες μετρήσεις.

#### 6.6.1.1 Συμπεράσματα για ένα άτομο

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα για ένα άτομο είναι ενδεικτικά και ουσιαστικά έχουν γίνει για να παρατηρηθούν οι εξαρτημένες μετρήσεις και πιο

συγκεκριμένα η επίπτωση των μεθόδων μείωσης των δεδομένων. Για μικρή μείωση (υποδιπλασιασμό της συχνότητας) οι μετρήσεις εμφανίζονται να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, η οποία όμως είναι πρακτικά μη ανιχνεύσιμη (αντιπροσωπεύει σφάλμα μικρότερο του 0.43%). Επίσης, παρατηρούμε ότι όσο σημαντικότερη είναι η μείωση δεδομένων τόσο περισσότερο ανιχνεύσιμη είναι η διαφορά μεταξύ των πρωτογενών μετρήσεων. Τέλος, η διαφορά εμφανίζεται να αυξάνεται εκθετικά με κάθε υποδιπλασιασμό των δεδομένων.

Στην περίπτωση των AAAA(46)Hz τα τεχνήματα που δημιουργούνται επηρεάζουν κατά πολύ το σήμα, ώστε αυξάνουν σημαντικά την μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων. Αυτό έχει ως συνέπεια, να μην είναι πια στατιστικά σημαντική η διαφορά που παρατηρείται, παρά το γεγονός ότι σαν απόλυτη τιμή είναι μεγαλύτερη. Συνεπώς αυτό που συμβαίνει είναι, ότι σε τόσο χαμηλό επίπεδο συχνοτήτων φαίνεται να επιφέρονται σημαντικές αλλοιώσεις στο σήμα.

### 6.6.2 Συγκεντρωτικοί πίνακες αποτελεσμάτων για όλη την ομάδα

Ο Πίνακας 6.15, παρουσιάζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που δημιουργούνται μέσα από όλη την ανάλυση που έχει διεξαχθεί, για τις εξαρτημένες μετρήσεις ολόκληρης της ομάδας.

Πίνακας 6.15: Συγκεντρωτικός πίνακας για τις εξαρτημένες μετρήσεις όλης της μελετούμενης ομάδας

A/A			734- A(367)	734- AA(188)	734- AAAA(46)	AA(367)- AAAA(46)
Εξαρτημένες	3.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	0.029	0.059	0.528	0.469
	4.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	0.011	0.065	0.54	0.475

Παρατηρείται, ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα επίπεδα μείωσης δεδομένων μεγαλύτερα του AA. Επίσης, εμφανίζεται να υπάρχει στατιστικά

σημαντική διαφορά στη σύγκριση 734-A(367) μόνο στη ταχύτητα των 4.5(Km/h), η οποία όμως είναι πρακτικά μη ανιχνεύσιμη, της τάξης σφάλματος  $0.011/8.566^{ix} = 0.13\%$ . Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η ανιχνεύσιμη διαφορά μεταξύ των συχνοτήτων ενέργειας 90% εμφανίζεται να αυξάνεται, καθώς υποδιπλασιάζονται περαιτέρω τα δεδομένα.

Στην σύγκριση μεταξύ του 734-AA και του 734-AAAA, όπου οι μέσες τιμές της διαφοράς είναι αντίστοιχα  $f_g = 0.059\text{Hz}$  και  $f_g = 0.528\text{Hz}$ , έχουν πρακτικά σχεδόν δεκαπλασιαστεί η μία σε σχέση με την άλλη. Εάν αυτό μεταφραστεί σε ποσοστά σφάλματος, αντιπροσωπεύει ένα σφάλμα της τάξης του 0.69% και 6.2% αντίστοιχα. Τα συμπεράσματα αυτά ισχύουν και για τα δύο επίπεδα ταχυτήτων.

Επίσης, κι εδώ φαίνεται ξεκάθαρα από την Εικόνα 6.6, ότι οι διαφορές μεταξύ πρωτογενών και εξαρτημένων μετρήσεων αυξάνονται εκθετικά, καθώς αυξάνεται η επεξεργασία των μετρήσεων. Μέχρι τα 183Hz, οι διαφορές παραμένουν κάτω από τα 0.06Hz και αντιπροσωπεύουν ένα σφάλμα της τάξης του  $0.06/8.566 = 0.7\%$ , το οποίο κρίνεται αποδεκτό. Από εκεί και πέρα οι διαφορές αυξάνονται εκθετικά πάνω από τα 0.5Hz φτάνοντας σε ένα σφάλμα της τάξης του 5.8%.



Εικόνα 6.6: Αύξηση της διαφοράς για διαφορετικά επίπεδα σύγκρισης

<sup>ix</sup> Σε αυτήν τη περίπτωση ο μέσος όρος της συχνότητας ενέργειας 90%, των μετρήσεων όλου του δείγματος, κυμαίνεται γύρω στα 8.566Hz.

Ο Πίνακας 6.16, παρουσιάζει τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα που δημιουργούνται μέσα από όλη την ανάλυση που έχει διεξαχθεί, για τις ανεξάρτητες μετρήσεις ολόκληρης της ομάδας.

**Πίνακας 6.16: Συγκεντρωτικός πίνακας για τις ανεξάρτητες μετρήσεις όλης της μελετούμενης ομάδας**

A/A			734-292	734-137	292 - 137	137- AAAA(46)
Ανεξάρτητες	3.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	-0.295	-0.39	-0.095	0.919
	4.5 (Km/h)	Μπορεί να απορριφτεί η υπόθεση ότι είναι ίσα	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ
		Μέση Τιμή διαφοράς $f_g$	-0.306	-0.36	-0.054	0.904

Για τις ανεξάρτητες μετρήσεις παρατηρούμε, όπως και στην περίπτωση του ενός ατόμου, πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτογενών μετρήσεων στα διάφορα επίπεδα συχνότητας.

Στην μόνη περίπτωση που παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά είναι στην σύγκριση μεταξύ πρωτογενών μετρήσεων και μετρήσεων με 4-πλή μείωση δεδομένων [AAAA(46)Hz] για την ταχύτητα των 3.5(Km/h). Σε αυτήν την περίπτωση, παρουσιάζονται και οι μεγαλύτερες διαφορές της τάξης των  $f_g= 0.92\text{Hz}$  που αντιστοιχούν σε ένα σφάλμα της τάξης του 10.7%.

Η παρατηρούμενη διαφορά των μέσων τιμών για τις υπόλοιπες συγκρίσεις εμφανίζεται να είναι μικρότερη από 0.39Hz που αντιστοιχεί σε σφάλμα της τάξης του 4.5%. Όταν συγκρίνεται αυτό το σφάλμα με εξαρτημένες μετρήσεις των AAAA(46), η διαφορά υπερδιπλασιάζεται και πλησιάζει το 1Hz.

Επίσης, στην σύγκριση πρωτογενών μετρήσεων με 4-πλή μείωση δεδομένων (46Hz) για την ταχύτητα στα 4.5(Km/h) παρατηρείται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Εμφανίζεται όμως κι εδώ, ότι η μέση τιμή των διαφορών είναι υψηλή, της τάξης των  $f_g= 0.904\text{Hz}$ . Οπότε και πάλι γίνεται αντιληπτή μια διαφορά

αντικρουόμενη ανάμεσα στη μη στατιστική διαφορά και στη διαφορά της μέσης τιμής, η οποία είναι ανιχνεύσιμη. Έτσι, μας πληροφορεί πως σε χαμηλές συχνότητες [AAAA(46)Hz] υπάρχει μεγάλη αλλοίωση στις παράγωγες μετρήσεις με αποτέλεσμα να μην είναι συγκρίσιμα τα μεγέθη. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι συχνότητες δειγματοληψίας της τάξης των 50Hz φαίνεται να είναι ακατάλληλες για ανάλυση και επεξεργασία βάδισης.

#### 6.6.2.1 Συμπεράσματα για όλη την ομάδα

Στατιστικά σημαντικές διαφορές στη σύγκριση μεταξύ των πρωτογενών και των παράγωγων μετρήσεών τους, υπάρχουν στα επίπεδα μείωσης δεδομένων μεγαλύτερα και ίσα του AA. Επίσης, παρατηρείται ότι όσο πιο σημαντική (μεγαλύτερη) είναι η μείωση των δεδομένων τους, τόσο περισσότερο ανιχνεύσιμη είναι η διαφορά των συχνοτήτων ενέργειας 90%, καθώς αυξάνεται εκθετικά με κάθε υποδιπλασιασμό τους.

Για τις ανεξάρτητες μετρήσεις παρατηρείται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτογενών μετρήσεων στα διάφορα επίπεδα συχνοτήτων.

Και για τις δύο κατηγορίες μετρήσεων (εξαρτημένων και ανεξάρτητων), εμφανίζεται ότι στις συγκρίσεις που πραγματοποιούνται με επίπεδο συχνοτήτων AAAA(46)Hz, δημιουργούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές, οι οποίες είναι και ανιχνεύσιμες. Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι τα τεχνήματα που δημιουργούνται σε τόσο χαμηλά επίπεδα συχνοτήτων, επηρεάζουν αρκετά το σήμα ώστε αυξάνουν σημαντικά την μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων. Συνεπώς, αυτό που συμβαίνει είναι, πως σε τόσο χαμηλό επίπεδο συχνοτήτων φαίνεται να επιφέρονται σημαντικές αλλοιώσεις στο φαινόμενο με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η σύγκριση.

## 6.7 Διαφορά μεταξύ στατιστικά σημαντικής και ανιχνεύσιμης διαφοράς

Για περαιτέρω διευκρίνιση των παραπάνω συμπερασμάτων, ακολουθείται η ανάλυση τριών φωτογραφιών. Οι δύο εκ των οποίων είναι παράγωγες από την πρώτη και παρουσιάζουν ένα τυχαίο τοπίο με σκοπό να δείξουμε την αλλοίωση όπου επέρχεται κατά την επεξεργασία τους.

Η Εικόνα 6.7, παρουσιάζει την πρωτογενή φωτογραφία η οποία έχει τραβηχτεί με ανάλυση 1280pixel.



Εικόνα 6.7: Ενδεικτική εικόνα τοπίου (Ψηλορείτης) στα 1280 pixel

Στην Εικόνα 6.8 παρουσιάζεται η πρώτη επεξεργασία της ανάλυσης της. Η επεξεργασία που έχει υποστεί είναι από τα 1280 στα 128pixel.



Εικόνα 6.8: Ενδεικτική εικόνα τοπίου (Ψηλορείτης) στα 128 pixel

Στην Εικόνα 6.9 παρουσιάζεται η δεύτερη επεξεργασία της ανάλυσης της. Η επεξεργασία που έχει υποστεί εδώ, είναι από τα 1280 στα 12pixel.



Εικόνα 6.9: Ενδεικτική εικόνα τοπίου (Ψηλορείτης) στα 12 pixel

Όπως μπορεί να διακρίνει κανείς οι τρεις φωτογραφίες έχουν τεράστιες διαφορές μεταξύ τους. Η δεύτερη εικόνα φαίνεται ότι είναι παράγωγη από τη πρώτη, με μια μικρή αλλοίωση στην ανάλυση της. Η τρίτη εικόνα όμως έχει υποστεί τόσο μεγάλη αλλοίωση στην ανάλυση της, με αποτέλεσμα να μην ξεκαθαρίζεται ούτε το τοπίο αλλά ούτε καν η προέλευση της (δηλαδή ότι προέρχεται από την πρώτη εικόνα). Οπότε είναι αυτονόητο, ότι με τόσο χαμηλή ανάλυση μιας φωτογραφίας, είναι δύσκολο να βγει συμπέρασμα για το αν οι δύο φωτογραφίες περιγράφουν το ίδιο τοπίο.

Το ίδιο ακριβώς συμπέρασμα ισχύει και στις μετρήσεις με διαφορετική συχνότητα δειγματοληψίας, όπως αποδείξαμε παραπάνω. Παρατηρήσαμε λοιπόν, ότι μέχρι ένα επίπεδο συχνοτήτων (137Hz) δεν δημιουργούνται σημαντικές απώλειες δεδομένων. Από εκεί και κάτω όμως, σε χαμηλότερα επίπεδα συχνοτήτων επέρχονται σημαντικές αλλοιώσεις του σήματος καθώς αυξάνουν σημαντικά την μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων.

## 7 Συμπεράσματα και Προτάσεις

### 7.1 Γενικά

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή τη μελέτη αφορούν:

- Την κατανομή της συχνότητας ενέργειας 90% της βάδισης
- Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας
- Μεθόδους μείωσης δεδομένων

### 7.2 Κατανομή συχνότητας ενέργειας 90%

Με βάση τα δεδομένα από όλες τις μετρήσεις που λήφθηκαν η συχνότητα ενέργειας 90% κυμαίνεται από 4-14Hz και η μέση τιμή της είναι περίπου 9Hz. Η κατανομή της φαίνεται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

### 7.3 Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας

Με βάση το θεώρημα του Nyquist, θα περιμέναμε η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας να είναι τουλάχιστον 30Hz (δύο φορές μεγαλύτερη από την μέγιστη συχνότητα που συναντάται). Το θεώρημα του Nyquist όμως είναι θεωρητικό και στην πράξη χρειάζεται να πάμε σε υψηλότερες συχνότητες. Επόμενως στην προκειμένη περίπτωση η συχνότητα δειγματοληψίας των 46Hz κρίνεται ανεπαρκής.

Οπότε, για να πραγματοποιήσουμε μια μελέτη χρειαζόμαστε μετρήσεις με μεγαλύτερο επίπεδο συχνοτήτων. Έτσι, με βάση όλα τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης και τις δυνατότητες της συσκευής είναι, ότι η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας που επιτρέπει επαρκή ανάλυση δεδομένων εμφανίζεται να είναι τα 128Hz. Στη προκειμένη περίπτωση όμως σύμφωνα με το συντελεστή διόρθωσης τα 128Hz αντιστοιχούν σε 137Hz.

### 7.4 Μέθοδοι μείωσης δεδομένων

Από την παραπάνω μελέτη προέκυψαν στις συγκρίσεις μεταξύ εξαρτημένων μετρήσεων, ότι προκαλούνται αλλαγές μεταξύ των πρωτογενών και των παραγώγων τους. Παρατηρείται λοιπόν, πως κατά τη μείωση δεδομένων επέρχονται σημαντικές αλλοιώσεις μέσα στο σήμα, δημιουργώντας ένα σφάλμα της τάξης του 1%, το οποίο αυξάνεται όσο αυξάνεται περαιτέρω η μείωση δεδομένων φτάνοντας έως και το 10% (για την περίπτωση των AAAA(46)Hz).

Στις συγκρίσεις ανεξάρτητων μετρήσεων δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές αλλαγές μεταξύ τους, τουλάχιστον όσο αφορά τις συχνότητες μέχρι και τα 137Hz.



Από εκεί και πέρα όμως οι συγκρίσεις μετρήσεων μεγάλης συχνότητας δειγματοληψίας με αντίστοιχες μετρήσεις που έχουν προέρθει από μείωση δεδομένων εμφανίζονται να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οπότε αρχικά αντιλαμβανόμαστε, ότι οι συχνότητες δειγματοληψίας με εύρος από 137Hz μέχρι και 734Hz (ισχύει και για τις μετρήσεις οι οποίες έχουν δημιουργηθεί με τη μέθοδο μείωσης δεδομένων αλλά και για τις μετρήσεις που έχουν παρθεί ως αυτούσιες με τη συγκεκριμένη συχνότητα δειγματοληψίας) δεν έχουν σημαντικές απώλειες δεδομένων (ως άνω όριο σφάλματος της διαφοράς μεταξύ των τιμών συχνότητας ενέργειας 90% λαμβάνεται το 5%).

Στη συνέχεια όμως παρατηρούμε και μέσα από το παραπάνω παράδειγμα με τις τρεις φωτογραφίες, ότι είναι δύσκολο να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα σε χαμηλά επίπεδα δειγματοληψίας. **Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι από τα 137Hz και κάτω επέρχονται σημαντικές αλλοιώσεις της ενέργειας του σήματος που αυξάνουν σημαντικά τη μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων και τις εμφανίζουν ως απωλεστικές.** Το συμπέρασμα αυτό διεξάγεται και από το όριο σφάλματος των μέσων τιμών των διαφορών το οποίο είναι μεγαλύτερο από 5%.

## 7.5 Άλλα συμπεράσματα

Η μελέτη της βάδισης (και γενικότερα φαινομένων που αφορούν το ανθρώπινο σώμα) είναι μια περίπλοκη υπόθεση. Συμπεράσματα τα οποία ισχύουν για ένα άτομο, μπορεί να μην μπορούν να γενικευτούν για τον γενικότερο πληθυσμό.

Πιο συγκεκριμένα, στις συγκρίσεις εξαρτημένων μετρήσεων ενός ατόμου στις οποίες **δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά**, αλλά είναι **ανιχνεύσιμη** διαφορά στις μέσες τιμές. Εντούτοις όμως, παρατηρούμε να συμβαίνει **εν μέρει** το αντίθετο φαινόμενο για όλο το δείγμα. Δηλαδή, στις αντίστοιχες περιπτώσεις συγκρίσεων με τις παραπάνω εμφανίζεται να **υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά** η οποία **είναι ανιχνεύσιμη**. Αυτή η αντίφαση, εξηγείται απ' το γεγονός, ότι αυτό που παρατηρούμε είναι το αποτέλεσμα της μείωσης δεδομένων το οποίο μπορεί να επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις μέσα στο σήμα, τουλάχιστον όσο αφορά την στατιστική του ανάλυση.

Σε γενικές γραμμές, επειδή είναι ανέφικτο να παρατηρηθεί το ίδιο φαινόμενο και σε άλλο άτομο, δεδομένου ότι κάθε στιγμή της ζωής είναι και κάτι διαφορετικό (ακόμα και το ίδιο άτομο αν επαναλάβει την ίδια μέτρηση με τις ίδιες προϋποθέσεις, οι ενδείξεις της ανάλυσης θα εμφανίσουν διαφορετικά αποτελέσματα) για εξαχθούν έγκυρα συμπεράσματα χρειάζεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο δείγμα. Οπότε, είναι

φανερό ότι στην σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ ενός ατόμου και όλου του δείγματος, τα τεχνήματα που δημιουργήθηκαν έχουν κάποια απόκλιση μεταξύ τους.

Τέλος, μια επιπλέον παρατήρηση που εμφανίζεται μέσα από τη διεξαγωγή του πειράματος είναι, ότι στις μεγάλες ταχύτητες ο τρόπος του βαδίσματος είναι λίγο διαφορετικός. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα, τόσο πιο 'καθαρό' είναι το βάδισμα του εξεταζόμενου. Λέγοντας 'καθαρό' εννοούμε ότι ο εξεταζόμενος είναι πιο συγκεντρωμένος, έτσι ώστε το βάδισμά του να μην επηρεάζεται τόσο πολύ από εξωτερικούς παράγοντες (όπως π.χ. απόσπαση προσοχής, παραπάτημα κτλ). Αυτή η διαφορά όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική, ώστε να της δώσουμε έμφαση.

## 7.6 Προτάσεις

Αν θέλει κάποιος να ασχοληθεί και να εξελίξει αυτή τη μελέτη, μπορεί να εντρυφήσει όσον αφορά την εύρεση του μηχανικού θορύβου που δημιουργείται μέσα από τη μετρητική διάταξη. Επίσης, οι μετρήσεις καλό θα είναι να πραγματοποιηθούν με την εξελεγμένη μετρητική διάταξη, η οποία έχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο.

Ακόμα μπορούν να γίνουν έρευνες πάνω σε δεκάδες κατηγορίες καθημερινών αναγκών, για τη μελέτη και τη βελτίωση της ανθρώπινης φύσης, όπως είναι κινητικά προβλήματα, διαγνωστικά αποτελέσματα μιας πάθησης κτλ.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Manual Εντροπήμετρου, από τη διδακτορική διατριβή του κ. Τζαγκαράκη Γεώργιου Ωρομίσθιου Καθηγητή ΤΕΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.
2. Βιβλίο Στατιστικής (Εισαγωγή στη Στατιστική) Γ' Ενιαίου Λυκείου, Α' ΕΚΔΟΣΗ 1999, των Συγγραφέων: i) Γεωργιακώδης Φώτης, ii) Γιαλαμάς Βασίλης, iii) Δίκαιος Δημήτρης, iv) Κόκλα Άννα-Μαρία.
3. Βιβλίο Ιατρικής Στατιστικής
4. Βιβλίο Στατιστικής Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης
5. Γνώσεις από τον κ. Παπαδάκη Νίκο
6. Πολλές πληροφορίες από το internet:

Θεώρημα fourier → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

Θεώρημα parsevals

→ <http://mathworld.wolfram.com/ParsevalsTheorem.html>

Θεώρημα nyquist → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

→ <http://mathworld.wolfram.com/NyquistFrequency.html>

Power Spectrum

→ <http://mathworld.wolfram.com/PowerSpectrum.html>

Κατανομή Student → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

Έλεγχος υποθέσεων → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

T-test Statistic → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

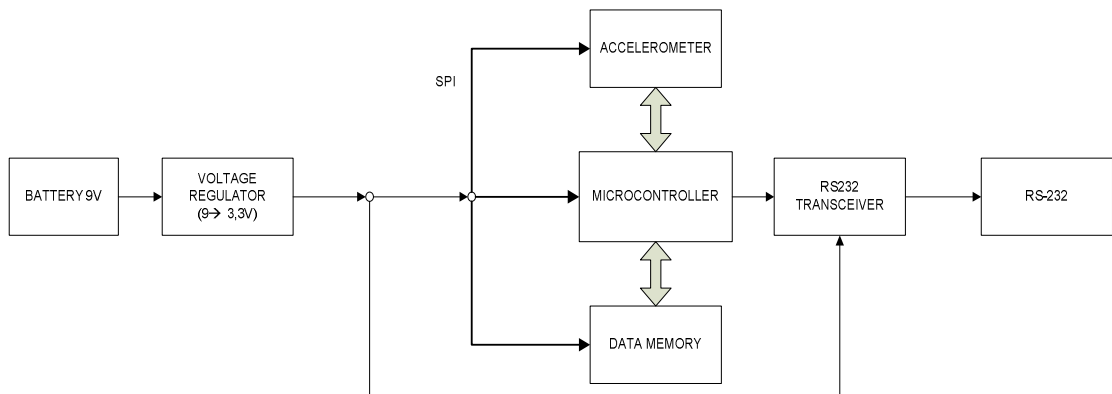
P-Value → [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: Μετρητική Διάταξη

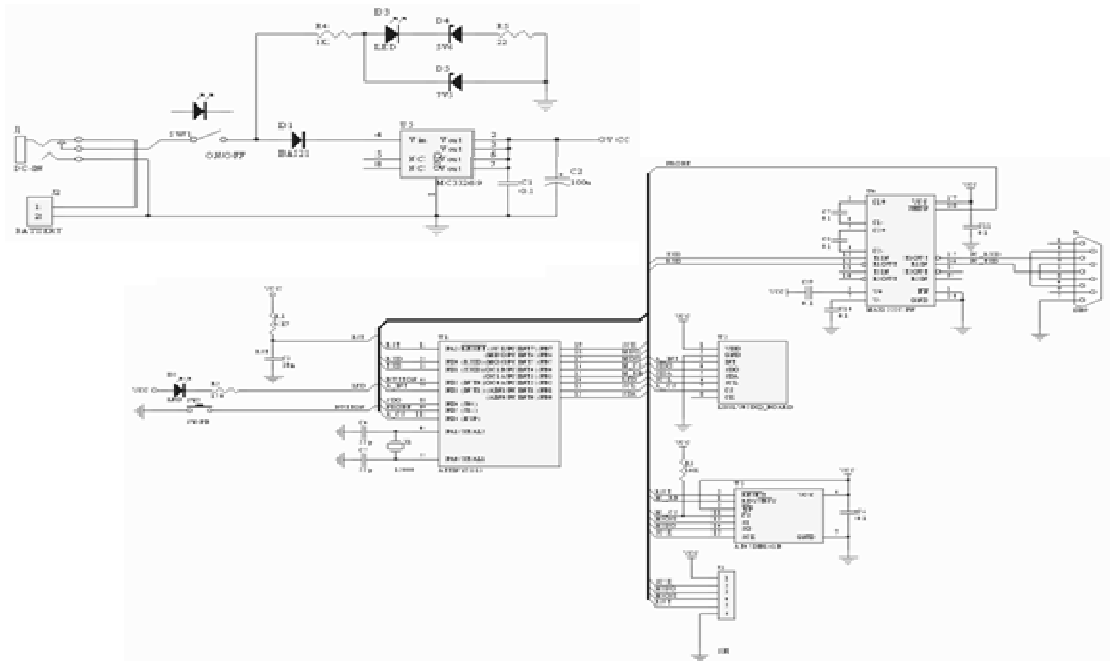
### Επιταχυνσιόμετρο και περιφερειακές διατάξεις

Η συσκευή καταγραφής της επιτάχυνσης αποτελείται από τον αισθητήρα μέτρησης και από το σύστημα καταγραφής, ελέγχου και τροφοδοσίας. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής που περιγράφει τη λειτουργία της επιταχυνσιομετρικής διάταξης.



Εικόνα 0.1: : Διάγραμμα ροής επιταχυνσιομετρικής διάταξης

Το ηλεκτρονικό διάγραμμα της επιταχυνσιομετρικής συσκευής παρουσιάζεται στην Εικόνα 0.2.



Εικόνα 0.2: Ηλεκτρονικό διάγραμμα επιταχυνσιομετρικής διάταξης.

Στην πρόσοψη (εξωτερική πλευρά) της επιταχυνσιομετρικής διάταξης, διακρίνονται (Εικόνα 3.2):



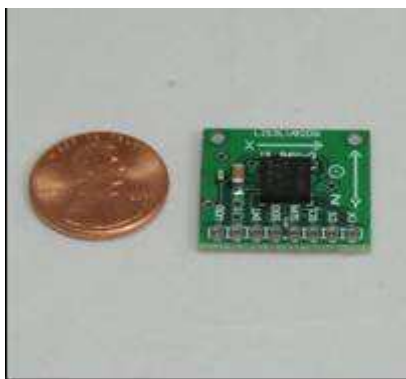
Εικόνα 0.3: Σύστημα καταγραφής, τροφοδοσίας και ελέγχου.

### Συσκευή ψηφιακής τριαξονικής επιτάχυνσης

Η επιταχυνσιομετρική συσκευή αποτελείται από ένα σύνολο ηλεκτρονικών διατάξεων όπως ο αισθητήρας επιτάχυνσης, ο μικροελεγκτής, η μνήμη, ο μετατροπέας στάθμης, ο σταθεροποιητής τάσης κλπ.

#### Ψηφιακός αισθητήρας επιτάχυνσης

Ο αισθητήρας επιτάχυνσης LIS3LV02DQ είναι της εταιρείας STMicroelectronic, χαρακτηρίζεται για τις μικρές διαστάσεις του -5x5x1.8mm- (Εικόνα 0.4), βασίζεται στην κατασκευαστική τεχνολογία Mems (Micro Electro Mechanical System) και διαθέτει δικό του μικροελεγκτή. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι πιεζοηλεκτρικός (CMOS). Η τεχνολογία CMOS έχει την ιδιότητα να μετατρέπει (compensate) σε τάση, οποιαδήποτε μεταβολή της επιτάχυνσης. Η αναλογική τάση που παράγεται σε κάθε άξονα (X, Y και Z) είναι ανάλογη της επιτάχυνσης στον κάθε άξονα και εμφανίζεται στην έξοδο ταυτόχρονα για κάθε άξονα. Είναι γραμμικός αισθητήρας επιτάχυνσης, τριών εξόδων, ψηφιακής εξόδου. Η περιοχή μέτρησης είναι  $\pm 2 \text{ g @ } 640 \text{ Hz}$ . Η έξοδος του είναι ψηφιακή και έχει ανάλυση 12 bit. Επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω σειριακού διαύλου I<sup>2</sup>C/SPI. Η τάση τροφοδοσίας του κυμαίνεται από 2.16V έως 3.6V. Δεν επηρεάζεται απ' την θερμοκρασία, μιας και τα θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας του είναι -40°C έως +85°C ενώ επίσης δεν χρειάζεται βαθμονόμηση. Επιπλέον έχει την δυνατότητα να εντοπίζει κατάσταση ελεύθερης πτώσης της διάταξης, εκπέμποντας αντίστοιχο σήμα ειδοποίησης.



Εικόνα 0.4: Αισθητήρας επιτάχυνσης

### Μικροελεγκτής

Ο μικροελεγκτής ATTINY2313 είναι της εταιρείας ATMEL και χρονίζεται από κρύσταλλο 12MHz. Επικοινωνεί σειριακά με τα περιφερειακά κυκλώματα. Μέσω σειριακής σύνδεσης RS-232 συνδέεται επίσης με προσωπικό υπολογιστή. Η τάση τροφοδοσίας του είναι 1.8-5.5V.

### Μνήμη

Η μνήμη AT45DB161B Dataflash είναι της εταιρείας Atmel με χωρητικότητα 16-megabit. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων της επιτάχυνσης και επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω σειριακού διαύλου SPI. Η μνήμη διατηρεί τα δεδομένα ακόμα και στην περίπτωση που διακοπεί η τροφοδοσία. Μόλις το σύστημα τροφοδοτηθεί και πάλι, τα δεδομένα βρίσκονται στη διάθεση του χρήστη. Η μνήμη διαγράφεται μόνο στην περίπτωση που ενεργοποιηθεί το μπουτόν.

Η χωρητικότητα της μνήμης κρίθηκε ότι έπρεπε να είναι της τάξης των 4MB. Αυτό επιτρέπει ρυθμό δειγματοληψίας 128MHz για διάρκεια μέτρησης 1 ώρας λαμβάνοντας υπόψη ότι για κάθε μέτρηση των τριών αξόνων δεσμεύονται 8Bytes (3\*2Bytes για τους άξονες και 2 Bytes για τον συγχρονισμό της μνήμης με τον επεξεργαστή). Ο Πίνακας 0.1, παρουσιάζει τη διάρκεια μέτρησης ανάλογα με τον ρυθμό δειγματοληψίας, για μνήμη 4MB.

Πίνακας 0.1: Συσχέτιση δειγματοληψίας - μνήμης

Δειγματοληψία [Hz]	Bytes/sec	Διάρκεια [sec]
128	1024	4096
256	2048	2048
512	4096	1024
1024	8192	512
2048	16384	256
6000	48000	87.38

### **Μετατροπέας στάθμης**

Ο μετατροπέας στάθμης MAX3222 προσαρμόζει τα σήματα επικοινωνίας 0V/3,3V σε στάθμη RS-232 (-12V/+12V).

### **Σταθεροποιητής τάσης**

Ο σταθεροποιητής τάσης μετατρέπει την τάση από 9V σε 3,3V, ενώ παράγει σταθερή τάση τροφοδοσίας για όλα τα κυκλώματα. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της διάταξης χρειάζονται συνεχή τροφοδοσία την οποία παρέχει ο ρυθμιστής τάσης. Ο ρυθμιστής τάσης μετατρέπει την τάση της μπαταρίας (9V) σε τάση κατάλληλη (3V) για την τροφοδοσία του αισθητήρα, του μικροελεγκτή και της μνήμης.

### **Μετρητής τάσης**

Ο μετρητής τάσης συγκρίνει την τάση της μπαταρίας με μια σταθερή τάση 7,5 V και οδηγεί μια φωτοδίοδο σαν ένδειξη αντικατάστασης μπαταρίας.

### **Transceiver**

Ο RS232 Transceiver μεταφέρει τα δεδομένα απ' τη μνήμη, στη θύρα RS232.

### **Διακόπτης τροφοδοσίας δύο (2) θέσεων.**

Ο διακόπτης ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη διάταξη.

### **Ερυθρού χρώματος μπουτόν.**

Μετά το άνοιγμα του διακόπτη λειτουργίας και με το πάτημα του μπουτόν, ενεργοποιείται η διαδικασία μηδενισμού των δεδομένων της προηγούμενης μέτρησης και ξεκινά η διαδικασία μέτρησης.

### **Ερυθρού χρώματος ενδεικτική λυχνία.**

Η λυχνία είναι σταθερή καθόλη τη διάρκεια που ο διακόπτης είναι ενεργοποιημένος. Μόλις πέσει η τάση της μπαταρίας, αντίστοιχα μειώνεται η ένταση της φωτεινότητας της.

### **Πράσινου χρώματος ενδεικτική λυχνία.**

Η λυχνία έχει έντονο πράσινο φως με την ενεργοποίηση του διακόπτη. Με το πάτημα του μπουτόν, η λυχνία αναβοσβήνει και το σύστημα μηδενίζει την προηγούμενη μέτρηση. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, η λυχνία παραμένει ενεργοποιημένη με μειωμένη φωτεινότητα, ενώ μετά το πέρας της καταγραφής, η λυχνία ακτινοβολεί και πάλι κανονικά.

### Υποδοχή διάταξης επαναφόρτισης της μπαταρίας.

Στην υποδοχή επαναφόρτισης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να συνδέσει τον φορτιστή ώστε να φορτίσει την μπαταρία της επιταχυνσιομετρικής διάταξης.

### Υποδοχή για σύνδεση με Η/Υ.

Σε κατάλληλη υποδοχή (RS-232) συνδέεται το καλώδιο μεταφοράς δεδομένων απ' την μνήμη της επιταχυνσιομετρικής διάταξης προς τον Η/Υ.

### Ζώνη προσαρμογής

Η επιταχυνσιομετρική συσκευή, τοποθετείται στον εξεταζόμενο με τη βοήθεια της ζώνης προσαρμογής. Η ζώνη προσαρμογής αποτελείται από έναν ελαστικό ιμάντα στον οποίο έχει προσαρμοστεί η επιταχυνσιομετρική συσκευή. Η ελαστικότητα του ιμάντα παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής του, σε μεγάλο εύρος σωματότυπων, όπου δεν περιλαμβάνονται παιδιά. Στην περίπτωση παιδιών – εξεταζομένων, προβλέπεται η χρήση ζώνης προσαρμογής μικρότερου μήκους. Η τοποθέτηση της επιταχυνσιομετρικής συσκευής σε μια εκ των δύο ζωνών προσαρμογής, γίνεται εύκολα, γρήγορα και χαρακτηρίζεται από σταθερότητα.

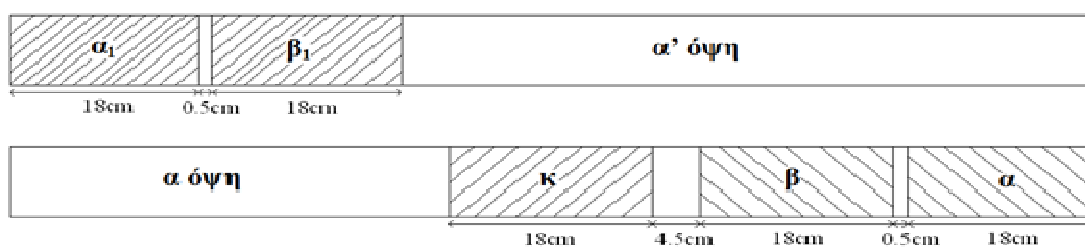
Η ζώνη στην οποία προσαρμόζεται το επιταχυνσιόμετρο, αποτελείται από ελαστικό υλικό στο οποίο είναι προσαρμοσμένα αυτοκόλλητα τμήματα (scratch). Μεταξύ των τμημάτων αυτών υπάρχει διάκενο μήκους 0.5 έως 4.5cm, προκειμένου να διατηρείται η ελαστικότητα της ζώνης. Η ελαστικότητα της ζώνης βοηθά στην προσαρμογή της σε οποιαδήποτε σωματότυπο, με ελάχιστο και μέγιστο μήκος, 1 m και 1.48 m, αντίστοιχα.

Ο χρήστης εντοπίζει τον Ο5 σπόνδυλο και στο ύψος αυτό (βλ. Εικόνα 3.3), τοποθετεί την οπίσθια όψη του τμήματος “κ” της ζώνης (βλ. Εικόνα 3.4). Η αυτοκόλλητη επιφάνεια “κ”, θα παραμείνει διαθέσιμη ώστε να τοποθετηθεί σ' αυτή, το επιταχυνσιόμετρο. Στη συνέχεια, ο χρήστης τυλίγει τη ζώνη στον εξεταζόμενο, ώστε το αυτοκόλλητο τμήμα “β” να κολλήσει με το αντίστοιχο τμήμα “β<sub>1</sub>” και το αυτοκόλλητο τμήμα “α” να κολλήσει με το αντίστοιχο τμήμα “α<sub>1</sub>” (βλ. Εικόνα 3.4).





Εικόνα 0.5: Εύρεση του Ο5 σπονδύλου



Εικόνα 0.6: Σχέδιο ζώνης προσαρμογής επιταχυνσιομέτρου



Εικόνα 0.7: Τοποθέτηση ζώνης

Η τοποθέτηση θα γίνει έτσι ώστε ολόκληρη η επιφάνεια του τμήματος “κ” να εφάπτεται στο σώμα του εξεταζομένου, χωρίς ωστόσο να είναι ιδιαίτερα σφιχτή ώστε να επηρεάζει τη βάδισή του. Τελευταίο βήμα τοποθέτησης της ζώνης, αποτελεί, η εφαρμογή του επιταχυνσιομέτρου (βλ. Εικόνα 3.5) στο τμήμα “κ”.



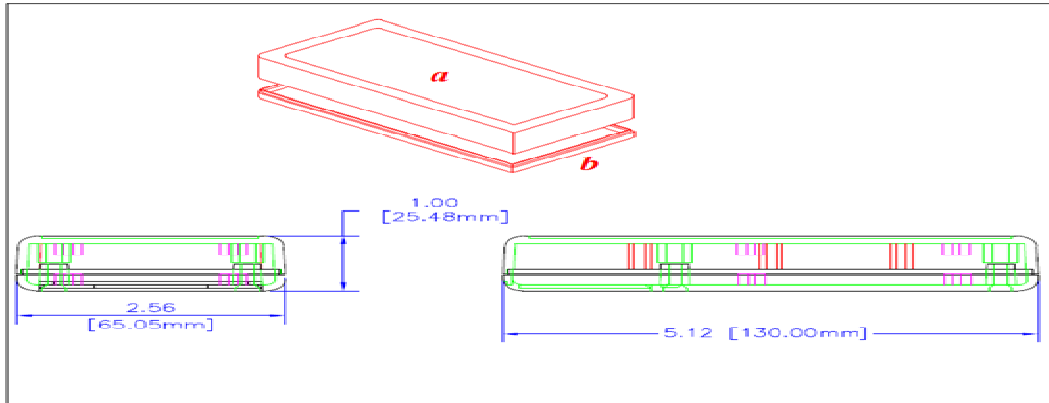
Εικόνα 0.8: Το επιταχυνσιόμετρο τοποθετημένο πάνω στον εξεταζόμενο

### Πλαίσιο τοποθέτησης επιταχυνσιομέτρου

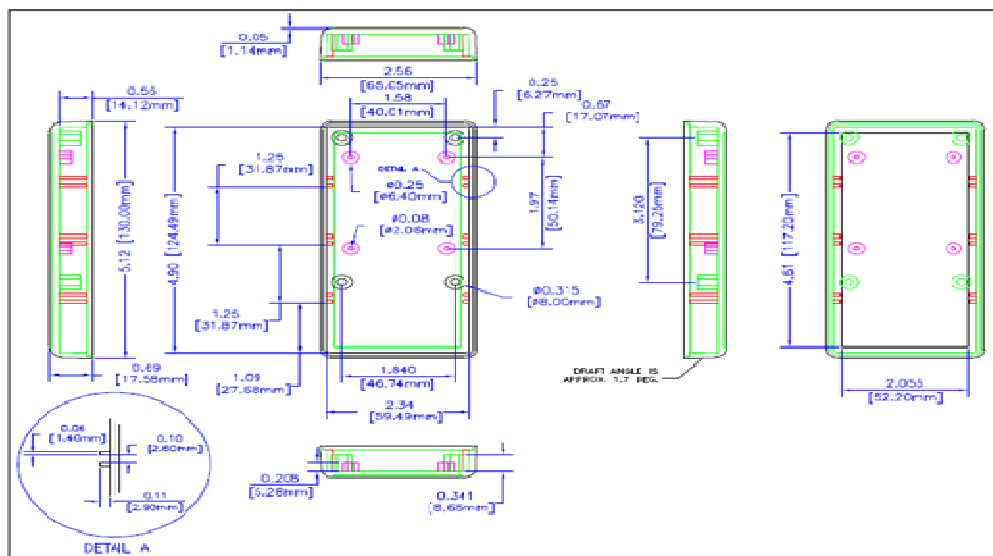
Το πλαίσιο τοποθέτησης του επιταχυνσιομέτρου είναι κατασκευασμένο από **ABS** ή **(styrene)** μαύρου χρώματος και αποτελείται από δύο τμήματα “a” και “b” (βλ. Εικόνα 0.9). Στο τμήμα “a” προσαρμόζεται η ηλεκτρονική διάταξη, ενώ στο τμήμα “b” τοποθετούνται οι ενδεικτικές λυχνίες, οι επαφές μεταφοράς δεδομένων, ο διακόπτης ενεργοποίησης / απενεργοποίησης και το κουμπί έναρξης της μέτρησης.

Το πλαίσιο του επιταχυνσιομέτρου προσφέρει εύκολη πρόσβαση, επιτρέποντας την συναρμολόγηση και επισκευή του αισθητηρίου. Επιτρέπει επίσης την εύκολη αντικατάσταση της μπαταρίας, η οποία με τη σειρά της είναι τοποθετημένη μακριά απ’ την πλακέτα, αποφεύγοντας πιθανές κρούσεις της μπαταρίας με την πλακέτα από κραδασμούς. Το βάρος του πλαισίου στήριξης είναι 87g, ενώ το συνολικό βάρος

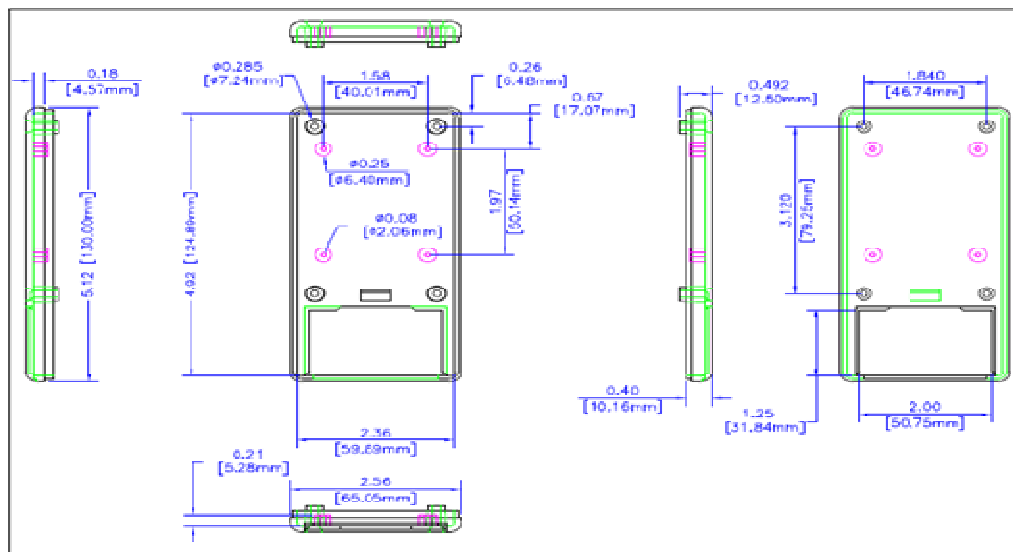
της διάταξης συμπεριλαμβανομένης της ζώνης και της μπαταρίας είναι 301g, ελαχιστοποιώντας την επιβάρυνση που δέχεται ο εξεταζόμενος.



Εικόνα 0.9: Πλαίσιο τοποθέτησης επιταχυνσιόμετρου



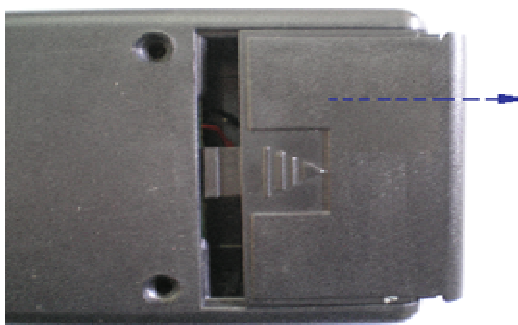
Εικόνα 0.10: Άνω πλαίσιο τοποθέτησης επιταχυνσιόμετρου “α”



Εικόνα 0.11: Κάτω πλαίσιο τοποθέτησης επιταχυνσιόμετρου “β”

### Επαναφορτιζόμενος συσσωρευτής (μπαταρία)

Η μπαταρία που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της επιταχυνσιομετρικής συσκευής, είναι επαναφορτιζόμενη, 8.4V/ 170mAh. Η διάρκεια λειτουργίας είναι έξι (6) ώρες, ενώ ο χρόνος επαναφόρτισής της, μία (1) ώρα. Προκειμένου να τοποθετηθεί η μπαταρία στη διάταξη του επιταχυνσιομέτρου, ο χρήστης σύρει το κάλυμμα που είναι τοποθετημένο στην οπίσθια πλευρά της διάταξης του επιταχυνσιομέτρου ακολουθώντας τη φορά του βέλους που βρίσκεται στο κάλυμμα (βλ. Εικόνα 0.12).



Εικόνα 0.12: Απομάκρυνση προστατευτικού καλύμματος μπαταρίας

Στη συνέχεια και αφού αφαιρεθεί το κάλυμμα, ο χρήστης τοποθετεί τη μπαταρία στην κατάλληλη υποδοχή του συστήματος τροφοδοσίας του επιταχυνσιομέτρου, ενώ στη συνέχεια τοποθετεί την μπαταρία στο εσωτερικό της διάταξης του επιταχυνσιομέτρου (βλ. Εικόνα 0.13)



Εικόνα 0.13: Τοποθέτηση μπαταρίας

Τέλος, θα πρέπει να επανατοποθετηθεί το κάλυμμα της μπαταρίας στην αρχική του θέση.

### Καλώδιο μεταφοράς δεδομένων

Το καλώδιο μεταφοράς δεδομένων, συνδέει τη θύρα επικοινωνίας (RS232) της επιταχυνσιομετρικής συσκευής με μία εκ των θυρών επικοινωνίας (usb) του προσωπικού υπολογιστή του χρήστη. Για την σύνδεση του καλωδίου με τη θύρα επικοινωνίας (usb) του Η/Υ χρησιμοποιείται κατάλληλος μετατροπέας.

## Μετατροπέας

Ο μετατροπέας, συνδέει το καλώδιο μεταφοράς δεδομένων RS232 με τη θύρα επικοινωνίας (usb) του Η/Υ. Για την σύνδεσή του απαιτεί την εγκατάσταση κατάλληλου λογισμικού (driver) στον Η/Υ.

## Συσκευή επαναφόρτισης (φορτιστής)

Η συσκευή επαναφόρτισης της μπαταρίας του επιταχυνσιομέτρου, συνδέεται στο δίκτυο Χ.Τ. (230Vac) και παρέχει στην ρυθμιζόμενη τάση εξόδου από 2.8-14V και ρυθμιζόμενη ένταση ρεύματος εξόδου από 300-600mA. Περιλαμβάνει και καλώδιο τροφοδοσίας με κατάλληλο βύσμα σύνδεσης με την υποδοχή τροφοδοσίας της επιταχυνσιομετρικής συσκευής. Ο φορτιστής θα πρέπει να έχει ρυθμιστεί απ' τον χρήστη για την κατάλληλη φόρτιση της συγκεκριμένης μπαταρίας. Με την μπαταρία που προαναφέρθηκε και προσφέρεται στη συσκευασία του επιταχυνσιόμετρου (8.4V) οι παράμετροι του φορτιστή πρέπει να είναι:

- 6 cells
- η ελάχιστη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος φόρτισης (300mA ή 500mA ανάλογα με τον φορτιστή).

Ο φορτιστής έχει τη δυνατότητα να ελέγχει αν η μπαταρία είναι πλήρως αποφορτισμένη ή όχι. Στην περίπτωση που η μπαταρία έχει αποφορτιστεί πλήρως, ξεκινά απευθείας η διαδικασία φόρτισης και η ενδεικτική λυχνία του φορτιστή έχει κόκκινο χρώμα.

Σε περίπτωση που η μπαταρία δεν είναι πλήρως αποφορτισμένη, ο φορτιστής ξεκινά αυτόματα τη διαδικασία αποφόρτισης και η ενδεικτική λυχνία έχει κίτρινο χρώμα. Μόλις τελειώσει η διαδικασία αποφόρτισης, ξεκινά η διαδικασία φόρτισης (η ενδεικτική λυχνία αποκτά κόκκινο χρώμα) έως ότου επιτευχθεί πλήρη φόρτιση και η ενδεικτική λυχνία έχει πράσινο χρώμα.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: Πίνακες Χρονοκαθυστέρησης στον άξονα Ζ

### Επιταχυνσιόμετρο 2

Πίνακας 0.1: Επιταχυνσιόμετρο 2- Συχνότητα 128 ΗΖ

		128(HZ)-1h					Σύνολο
Επιταχυνσιόμετρο (sec)	0.43	6.18	11.55	16.805	22	27.12	26.69
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.75	5.37	5.255	5.195	5.12	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	5	4.9	5.2	4.6	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.35	0.37	0.355	-0.005	0.52	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.065	0.074	0.072	-0.001	0.113	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.065						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.0633						
		128-2h					Σύνολο
Επιταχυνσιόμετρο (sec)	0.734	6.68	11.37	16.82	22.132	27.562	26.828
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.946	4.69	5.45	5.312	5.43	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.5	4.5	5.1	5	5.1	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.446	0.19	0.35	0.312	0.33	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.081	0.042	0.069	0.062	0.065	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.0638						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.065						
		128-3h					Σύνολο
Επιταχυνσιόμετρο (sec)	0.453	5.815	11.219	16.515	21.687	27.305	26.852
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.362	5.404	5.296	5.172	5.618	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.1	5	5	4.8	5.2	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.262	0.404	0.296	0.372	0.418	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.051	0.081	0.059	0.078	0.080	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.07						

Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.07						
		128-4h					Σύνολο
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.461	5.883	11.017	16.656	21.719	27.195	26.734
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.422	5.134	5.639	5.063	5.476	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.1	4.8	5.3	4.7	5.1	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.322	0.334	0.339	0.363	0.376	1.734
Χρόνος ανά (sec)	0	0.063	0.07	0.064	0.077	0.074	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.07						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.069						
		128-5h					Σύνολο
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.719	6.531	11.469	16.836	21.937	27.555	26.836
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.812	4.938	5.367	5.101	5.618	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	4.9	4.8	4.8	5.2	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.412	0.038	0.567	0.301	0.418	1.736
Χρόνος ανά (sec)	0	0.076	0.008	0.118	0.063	0.08	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.069						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.069						

Πίνακας 0.2: Επιταχυνσιόμετρο 2- Συχνότητα 256 HZ

		256-1h					
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.633	6.637	12.297	18.445	23.465	29.5	28.82
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	6.004	5.66	6.148	5.02	5.99	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	4.9	5.3	4.4	5.3	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.804	0.76	0.848	0.62	0.69	3.72

Χρόνος ανά (sec)	0	0.155	0.155	0.16	0.141	0.13	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.148						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.148						
		256-2h					
Επιταχυσίόμετρο (sec)	0.641	6.266	12.277	18.246	23.703		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.625	6.011	5.969	5.457		23.062
Χρονόμετρο (sec)	0	4.8	5.3	5.1	4.8		20
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.825	0.711	0.869	0.657		3.062
Χρόνος ανά (sec)	0	0.172	0.134	0.170	0.137		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.153						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.153						
		256-3h					
Επιταχυσίόμετρο (sec)	0.805	6.879	12.3	17.996	23.824	29.5	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	6.074	5.421	5.696	5.828	5.68	28.695
Χρονόμετρο (sec)	0	5.3	4.8	4.9	5.1	5	25.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.774	0.621	0.796	0.728	0.68	3.595
Χρόνος ανά (sec)	0	0.146	0.129	0.162	0.143	0.14	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.143						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.143						
		256-4h					
Επιταχυσίόμετρο (sec)	1.082	7.082	12.746	18.519	24.734	30	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	6	5.664	5.773	6.215	5.25	28.906
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	5	5.1	4.6	5.4	25.3
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.8	0.664	0.673	1.615	-0.1	3.606
Χρόνος ανά (sec)	0	0.154	0.133	0.132	0.351	-0.027	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.149						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.143						
		256-5h					



Επιταχυσίομετρο (sec)	1.09	7.019	12.566	18.656	24.035	29.7	28.636	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	5.929	5.547	6.09	5.379	5.69		
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	4.9	5.3	4.7	5		25.1
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.729	0.647	0.79	0.679	0.69		3.536
Χρόνος ανά (sec)	0	0.14	0.132	0.149	0.144	0.138		
Μέσος όρος ανά sec	0.141							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.141							

Πίνακας 0.3: Επιταχυσίομετρο 2- Συχνότητα 734 ΗΖ

	512-1h						
Επιταχυσίομετρο (sec)	1.453	9.068	15.924	23.13	29.926	28.473	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	7.615	6.856	7.206	6.796		
Χρονόμετρο (sec)	0	5.3	4.8	5	4.8		19.9
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.315	2.056	2.206	1.996		8.573
Χρόνος ανά (sec)	0	0.437	0.428	0.441	0.416		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.431						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.431						
	512-2h						
Επιταχυσίομετρο (sec)	1.295	8.683	15.9	22.824		21.529	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	7.388	7.217	6.924			
Χρονόμετρο (sec)	0	5.1	5	4.9			15
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.288	2.217	2.024			6.529
Χρόνος ανά (sec)	0	0.449	0.443	0.413			
Μέσος όρος ανά (sec)	0.435						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.435						
	512-3h						
Επιταχυσίομετρο (sec)	1.039	8.562	15.447	22.699	29.765	28.726	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	7.523	6.885	7.252	7.066		

Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	4.8	5	4.9	19.9
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.323	2.085	2.252	2.166	8.826
Χρόνος ανά (sec)	0	0.447	0.434	0.45	0.442	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.443					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.444					
		512-4h				
Επιταχυσίμετρο (sec)	1.232	8.783	15.908	23.168		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.551	7.125	7.26		21.936
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	4.9	5		15.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.351	2.225	2.26		6.836
Χρόνος ανά (sec)	0	0.452	0.454	0.452		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.272					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.453					
		512-5h				
Επιταχυσίμετρο (sec)	1.012	8.556	15.519	22.769		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.544	6.963	7.25		21.757
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	4.8	5.1		15.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.344	2.163	2.15		6.657
Χρόνος ανά (sec)	0	0.451	0.451	0.422		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.441					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.441					

## Επιταχυνσιόμετρο 5

Πίνακας 0.4: Επιταχυνσιόμετρο 5- Συχνότητα 128 HZ

	128(HZ)-1h						Σύνολο
Επιταχυσίμετρο (sec)	0.65	6.5	11.7	16.82	22.2	27.7	27.05
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.85	5.2	5.12	5.38	5.5	
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	4.9	4.8	5	5.2	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-	0	0.45	0.3	0.32	0.38	0.3	

Χρονομέτρου (sec)							
Χρόνος ανά (sec)	0	0.083	0.061	0.067	0.076	0.058	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.069						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.069						
	128-2h						
Επιταχυσίόμετρο (sec)	0.99	7.07	11.8	16.96	22.4	27.9	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	6.08	4.73	5.16	5.44	5.5	26.91
Χρονομέτρο (sec)	0	5.7	4.5	4.8	5.1	4.8	24.9
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.38	0.23	0.36	0.34	0.7	2.01
Χρόνος ανά (sec)	0	0.067	0.051	0.075	0.067	0.146	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.081						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.081						
	128-3h						
Επιταχυσίόμετρο (sec)	0.586	6.531	11.445	16.93	22.094	27.484	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.945	4.914	5.485	5.164	5.39	26.898
Χρονομέτρο (sec)	0	5.6	4.7	5.1	4.8	5.1	25.3
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.345	0.214	0.385	0.364	0.29	1.598
Χρόνος ανά (sec)	0	0.062	0.046	0.075	0.076	0.057	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.063						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.063						
	128-4h						
Επιταχυσίόμετρο (sec)	0.508	6.531	11.445	16.93	22.094	27.484	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	6.023	4.914	5.485	5.164	5.39	26.976
Χρονομέτρο (sec)	0	5.4	4.7	5.3	4.7	5	25.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.623	0.214	0.185	0.464	0.39	1.876
Χρόνος ανά (sec)	0	0.115	0.046	0.035	0.099	0.078	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.075						
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.075						
	128-5h						

Επιταχυσίομετρο (sec)	0.469	5.96	11.359	16.898	21.742	27.328	26.859	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	5.491	5.399	5.539	4.844	5.586		
Χρονόμετρο (sec)	0	5.2	5	5.2	4.6	5.2		25.2
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.291	0.399	0.339	0.244	0.386		1.659
Χρόνος ανά (sec)	0	0.056	0.08	0.065	0.053	0.074		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.066							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.066							

Πίνακας 0.5: Επιταχυνσιόμετρο 5- Συχνότητα 256 HZ

	256-1h						Σύνολο	
Επιταχυσίομετρο (sec)	2.4	8.59	13.87	19.63	25.17		22.77	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	6.19	5.28	5.76	5.54			
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	4.8	5.1	5			20.3
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.79	0.48	0.66	0.54			2.47
Χρόνος ανά (sec)	0	0.146	0.1	0.129	0.108			
Μέσος όρος ανά (sec)	0.121							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.122							
	256-2h							
Επιταχυσίομετρο (sec)	0.175	6.28	11.85	17.48	23.15	28.93	28.755	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	6.105	5.57	5.63	5.67	5.78		
Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	4.8	5.1	5	5.1		25.4
Διαφορά επιταχυσίομετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	0.705	0.77	0.53	0.67	0.68		3.355
Χρόνος ανά (sec)	0	0.131	0.160	0.104	0.134	0.133		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.132							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυσίομετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.132							
	256-3h							
Επιταχυσίομετρο (sec)	0.68	6.671	12.258	18.039	23.527	30.11	29.433	
Πραγματικός χρόνος επιταχυσίομετρου (sec)	0	5.991	5.587	5.781	5.488	6.586		
Χρονόμετρο (sec)	0	5.3	4.8	5.1	4.7	5.7		25.6

Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.691	0.787	0.681	0.788	0.886	3.833	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.130	0.164	0.134	0.168	0.155		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.15							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.15							
	256-4h							
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.73	6.55	12.547	18.105	23.703	29.69		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.82	5.997	5.558	5.598	5.984	28.957	
Χρονομέτρο (sec)	0	5.6	4.7	4.8	4.9	5.2	25.2	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.22	1.297	0.758	0.698	0.784	3.757	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.039	0.276	0.158	0.142	0.151		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.153							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.149							
	256-5h							
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.328	6.277	11.926	17.86	23.355	29.17	28.84	
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	5.949	5.649	5.934	5.495	5.813		
Χρονομέτρο (sec)	0	5.1	4.9	5.2	4.8	5.1		25.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	0.849	0.749	0.734	0.695	0.713	3.74	
Χρόνος ανά (sec)	0	0.166	0.153	0.141	0.145	0.14		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.149							
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.149							

Πίνακας 0.6: Επιταχυνσιόμετρο 5- Συχνότητα 512 HZ

	512-1h					Σύνολο
Επιταχυσιόμετρο (sec)	0.64	8.67	15.4	22.13	28.99	28.35
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	8.03	6.73	6.73	6.86	
Χρονομέτρο (sec)	0	5.8	4.7	4.7	4.8	
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	2.23	2.03	2.03	2.06	8.35
Χρόνος ανά (sec)	0	0.384	0.432	0.432	0.429	
Μέσος όρος ανά (sec)	0.419					

Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.418					
	512-2h					
Επιταχυσίμετρο (sec)	2.09	10.04	16.93	23.75		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.95	6.89	6.82		21.66
Χρονομέτρο (sec)	0	5.8	4.7	4.7		15.2
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	2.15	2.19	2.12		6.46
Χρόνος ανά (sec)	0	0.371	0.466	0.451		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.429					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.425					
	512-3h					
Επιταχυσίμετρο (sec)	0.4	8.38	15.56	22.68		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.98	7.18	7.12		22.28
Χρονομέτρο (sec)	0	5.2	5	5		15.2
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	2.78	2.18	2.12		7.08
Χρόνος ανά (sec)	0	0.535	0.436	0.424		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.465					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.466					
	512-4h					
Επιταχυσίμετρο (sec)	1.514	8.896	16.06	23.045		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.382	7.164	6.985		21.531
Χρονομέτρο (sec)	0	5.2	5	4.9		15.1
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονομέτρου (sec)	0	2.182	2.164	2.085		6.431
Χρόνος ανά (sec)	0	0.420	0.433	0.426		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.426					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονομέτρου διά Μέσος όρος Χρονομέτρου (sec)	0.426					
	512-5h					
Επιταχυσίμετρο (sec)	1.435	9.295	15.973	23.154		
Πραγματικός χρόνος επιταχυνσιόμετρου (sec)	0	7.86	6.678	7.181		21.719

Χρονόμετρο (sec)	0	5.4	4.8	5		15.2
Διαφορά επιταχυνσιόμετρου-Χρονόμετρου (sec)	0	2.46	1.878	2.181		6.519
Χρόνος ανά (sec)	0	0.456	0.391	0.436		
Μέσος όρος ανά (sec)	0.428					
Μέσος όρος διαφοράς επιταχυνσιόμετρου-χρονόμετρου διά Μέσος όρος Χρονόμετρου (sec)	0.429					

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ:** Πίνακες σύγκρισης των μετρήσεων ενός ατόμου, μεταξύ των δύο μεθόδων.

**Μέθοδος Data Reduction**

**Πίνακας 0.1: Τιμές Data Reduction**

Data Removal Ταχύτητα 3.5(Km/h)				Data Removal Ταχύτητα 4.5(Km/h)			
Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ	Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ
137	7.21053	9.85559	7.21053	137	7.73827	10.6083	7.70194
137	6.99312	9.45702	7.2917	137	7.79942	10.7151	7.76297
137	7.10072	9.69944	7.06412	137	7.90875	10.8609	7.87231
137	7.03405	9.6946	6.99761	137	7.86305	10.7888	7.82648
137	7.19714	9.70523	7.05174	137	7.66561	10.6083	7.68928
292	7.19829	9.74116	7.19829	292	7.7851	10.9539	7.80998
292	6.98024	9.55395	6.98024	292	7.62862	11.2669	7.8695
292	7.00268	9.58467	7.00268	292	7.7851	10.6801	7.7851
292	6.96356	9.50643	7.10356	292	7.82422	10.7583	7.74598
292	6.88532	9.34995	6.9462	292	7.64316	10.5288	7.70417
734	7.11087	9.92559	7.11087	734	7.87501	10.8281	7.82579
734	6.9409	9.48589	6.9409	734	7.92423	10.8774	7.87501
734	6.98907	9.59767	6.98907	734	7.85159	10.7651	7.80221
734	7.13391	9.75958	7.13391	734	7.77794	10.7009	7.7284
734	7.43116	9.11555	7.23299	734	7.80221	10.7157	7.70345
A	7.11335	9.9587	7.11335	A	7.90097	10.8145	7.85159
A	6.9409	9.48589	6.9409	A	7.90097	10.9132	7.90097
A	7.01211	9.57993	7.01211	A	7.82527	10.729	7.77605
A	7.11087	9.77745	7.11087	A	7.80221	10.7157	7.75283
A	7.43116	9.11555	7.23299	A	7.80221	10.7157	7.70345
AA	7.13409	9.958	7.13409	AA	7.92676	10.8498	7.87722
AA	6.9467	9.51523	6.9467	AA	7.92676	10.8993	7.87722
AA	7.0081	9.64236	7.0081	AA	7.87722	10.7507	7.82768
AA	7.13409	9.75983	7.13409	AA	7.77814	10.7507	7.77814
AA	7.48088	9.16532	7.28271	AA	7.82768	10.7507	7.7286
AAAA	7.17204	9.94194	7.12258	AAAA	7.88997	10.8177	7.88997
AAAA	6.98214	9.5051	6.92347	AAAA	7.91558	10.9026	7.91558
AAAA	7.01948	9.60823	7.01948	AAAA	7.8658	10.7532	7.81602
AAAA	7.17204	9.79355	7.12258	AAAA	7.79072	10.7184	7.79072
AAAA	7.46753	9.16017	7.21862	AAAA	7.79072	10.7184	7.7411
AB	7.13409	9.958	7.13409	AB	7.92676	10.8498	7.87722
AB	6.9467	9.45685	6.9467	AB	7.95062	10.9136	7.90124
AB	7.035	9.6112	7.035	AB	7.87722	10.7507	7.82768
AB	7.13409	9.75983	7.13409	AB	7.77814	10.7507	7.77814
AB	7.48008	9.15325	7.28323	AB	7.82768	10.7507	7.7286



Data Removal Ταχύτητα 3.5(Km/h)				Data Removal Ταχύτητα 4.5(Km/h)			
Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ	Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ
B	7.11087	9.92559	7.11087	B	7.90097	10.8145	7.85159
B	6.92673	9.42966	6.92673	B	7.90097	10.9132	7.90097
B	7.01211	9.57993	7.01211	B	7.85159	10.7651	7.80221
B	7.11087	9.77745	7.11087	B	7.80221	10.7157	7.75283
B	7.43116	9.11555	7.23299	B	7.77605	10.6798	7.72683
BA	7.13409	9.958	7.13409	BA	7.92676	10.8498	7.87722
BA	6.98292	9.48514	6.92473	BA	7.92676	10.8993	7.87722
BA	7.035	9.6112	7.035	BA	7.85185	10.7654	7.80247
BA	7.13409	9.75983	7.13409	BA	7.77814	10.7507	7.77814
BA	7.48088	9.16532	7.28271	BA	7.82768	10.7507	7.7286
BB	7.13409	9.958	7.13409	BB	7.92676	10.8498	7.87722
BB	6.96881	9.48695	6.96881	BB	7.92676	10.8993	7.87722
BB	7.01235	9.62963	7.01235	BB	7.87722	10.7507	7.82768
BB	7.13409	9.75983	7.13409	BB	7.77814	10.7507	7.77814
BB	7.48088	9.16532	7.28271	BB	7.82768	10.7507	7.7286

## Μέθοδος Averaging

Πίνακας 0.2: Τιμές Averaging

Average Ταχύτητα 3.5(Km/h)				Average Ταχύτητα 4.5(Km/h)			
Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ	Συχνότητα Hz	GFCX	GFCY	GFCZ
A (367 Hz)	7.112	9.947	7.112	A (367 Hz)	7.908	10.793	7.858
A (367 Hz)	6.928	9.431	6.928	A (367 Hz)	7.908	10.892	7.858
A (367 Hz)	7.013	9.599	7.013	A (367 Hz)	7.858	10.743	7.809
A (367 Hz)	7.112	9.748	7.112	A (367 Hz)	7.759	10.693	7.759
A (367 Hz)	7.460	9.102	7.261	A (367 Hz)	7.809	10.693	7.709
AA (184 Hz)	7.096	9.874	7.096	AA (184 Hz)	7.890	10.768	7.840
AA (184 Hz)	6.913	9.411	6.913	AA (184 Hz)	7.890	10.867	7.840
AA (184 Hz)	6.996	9.577	6.996	AA (184 Hz)	7.840	10.718	7.790
AA (184 Hz)	7.096	9.726	7.096	AA (184 Hz)	7.741	10.668	7.741
AA (184 Hz)	7.443	9.081	7.195	AA (184 Hz)	7.790	10.668	7.691
AAAA (46 Hz)	6.987	9.577	6.938	AAAA (46 Hz)	7.720	10.554	7.671
AAAA (46 Hz)	6.804	7.719	6.804	AAAA (46 Hz)	7.720	10.651	7.720
AAAA (46 Hz)	6.889	8.502	6.840	AAAA (46 Hz)	7.671	9.528	7.524
AAAA (46 Hz)	6.987	9.528	6.987	AAAA (46 Hz)	7.622	10.456	7.573
AAAA (46 Hz)	6.547	8.257	6.547	AAAA (46 Hz)	7.622	10.456	6.694
137 Hz	7.224	9.864	7.187	137 Hz	7.737	10.598	7.701
137 Hz	6.967	9.461	7.371	137 Hz	7.811	10.708	7.774
137 Hz	7.114	9.718	7.077	137 Hz	7.921	10.854	7.884
137 Hz	7.041	9.681	7.004	137 Hz	7.884	10.818	7.847
137 Hz	7.224	9.718	7.077	137 Hz	7.664	10.634	7.627
292 Hz	7.170	9.770	7.209	292 Hz	7.761	10.952	7.761
292 Hz	6.973	9.534	7.012	292 Hz	7.603	11.267	7.603
292 Hz	7.012	9.573	7.012	292 Hz	7.800	10.676	7.761
292 Hz	6.973	9.494	6.973	292 Hz	7.800	10.755	7.761
292 Hz	6.894	9.376	6.855	292 Hz	7.643	10.519	7.603
734 Hz	7.111	9.946	7.111	734 Hz	7.907	10.791	7.857
734 Hz	6.928	9.431	6.928	734 Hz	7.907	10.891	7.857
734 Hz	7.012	9.598	7.012	734 Hz	7.857	10.741	7.807
734 Hz	7.111	9.747	7.111	734 Hz	7.758	10.692	7.758
734 Hz	7.459	9.100	7.260	734 Hz	7.807	10.692	7.708

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV:** Πίνακες ελέγχου υποθέσεων(συγκρίσεις) για όλο το δείγμα, με τη μέθοδο Averaging

**Εξαρτημένες Μεταβλητές**

**Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734-A(367)Hz**

**Πίνακας 0.1: Τιμές 734-A(367)Hz, Διαφορές**

Hz	X	Y	Z	Hz	X	Y	Z	Διαφορά		
734	10.337	6.764	6.348	A	10.304	6.765	6.349	0.033	-0.001	-0.001
734	10.815	6.562	6.965	A	10.815	6.562	6.965	0.000	0.000	0.000
734	10.625	6.627	6.452	A	10.627	6.664	6.453	-0.002	-0.036	-0.001
734	10.372	6.348	6.001	A	10.373	6.349	6.002	-0.001	-0.001	-0.001
734	10.164	6.452	5.966	A	10.096	6.453	5.967	0.068	-0.001	-0.001
734	8.184	10.717	8.184	A	8.173	10.703	8.173	0.010	0.013	0.010
734	8.622	10.619	8.232	A	8.611	10.606	8.222	0.011	0.013	0.010
734	9.499	10.522	8.573	A	9.487	10.509	8.563	0.012	0.013	0.011
734	8.086	10.473	8.866	A	8.076	10.460	8.855	0.010	0.013	0.011
734	8.184	10.717	8.135	A	8.173	10.703	8.125	0.010	0.013	0.010
734	4.718	6.903	4.614	A	4.718	6.904	4.614	-0.001	-0.001	-0.001
734	5.081	7.783	4.759	A	5.081	7.783	4.759	0.000	0.000	0.000
734	4.856	7.597	4.683	A	4.857	7.598	4.684	-0.001	-0.001	-0.001
734	5.230	7.498	4.653	A	5.232	7.501	4.655	-0.002	-0.003	-0.002
734	5.316	7.589	4.839	A	5.316	7.589	4.839	0.000	0.000	0.000
734	8.991	9.070	6.007	A	8.993	9.071	6.008	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.256	8.846	5.932	A	8.257	8.847	5.933	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.291	8.880	6.001	A	8.292	8.881	5.967	-0.001	-0.001	0.034
734	8.381	8.872	5.996	A	8.383	8.874	5.962	-0.002	-0.002	0.034
734	8.048	8.637	5.828	A	8.049	8.639	5.828	-0.001	-0.001	-0.001
734	9.395	11.927	9.528	A	7.684	9.391	6.764	1.711	2.536	2.764
734	9.304	11.594	10.425	A	9.292	11.579	10.363	0.012	0.015	0.062
734	9.158	11.301	10.473	A	9.146	11.287	10.460	0.011	0.014	0.013
734	9.402	10.278	10.717	A	9.390	10.265	10.752	0.012	0.013	-0.035
734	9.548	10.522	11.107	A	9.536	10.460	11.093	0.012	0.062	0.014
734	9.701	13.690	6.697	A	9.689	13.673	6.689	0.012	0.016	0.008
734	9.499	13.445	7.891	A	9.487	13.428	7.882	0.012	0.017	0.010
734	9.548	13.396	7.989	A	9.536	13.379	7.979	0.012	0.017	0.010
734	9.694	12.129	8.086	A	9.682	12.114	8.076	0.012	0.015	0.010
734	9.602	13.591	7.977	A	9.591	13.575	7.968	0.011	0.016	0.009
734	9.836	11.207	10.611	A	9.767	11.196	10.601	0.069	0.011	0.010
734	9.937	11.837	10.717	A	9.828	11.822	10.703	0.110	0.015	0.013

734	9.277	10.086	10.625	A	9.266	10.074	10.613	0.011	0.012	0.012
734	9.353	10.132	10.473	A	9.341	10.120	10.557	0.012	0.013	-0.084
734	9.548	10.619	10.619	A	9.536	10.606	10.655	0.012	0.013	-0.035
734	6.576	8.914	9.255	A	6.568	8.952	9.341	0.008	-0.037	-0.086
734	6.381	8.866	9.061	A	6.373	8.855	9.049	0.008	0.011	0.011
734	6.333	9.012	9.353	A	6.325	9.001	9.341	0.008	0.011	0.012
734	6.187	9.840	9.158	A	6.179	9.828	9.146	0.008	0.012	0.011
734	6.528	8.914	8.135	A	6.519	8.903	8.125	0.008	0.011	0.010
734	10.543	11.388	7.062	A	10.544	11.389	7.062	-0.001	-0.002	-0.001
734	10.393	11.338	7.012	A	10.395	11.340	7.013	-0.001	-0.002	-0.001
734	10.145	11.288	6.962	A	10.096	11.290	6.963	0.048	-0.002	-0.001
734	10.443	9.697	8.653	A	10.445	9.698	8.654	-0.001	-0.001	-0.001
734	10.543	11.388	7.062	A	10.544	11.389	7.062	-0.001	-0.002	-0.001
734	9.498	11.537	7.907	A	9.500	11.539	7.908	-0.001	-0.002	-0.001
734	9.399	11.288	7.857	A	9.400	11.290	7.858	-0.001	-0.002	-0.001
734	9.598	11.935	8.006	A	9.599	11.937	8.007	-0.001	-0.002	-0.001
734	9.250	11.537	7.758	A	9.251	11.539	7.759	-0.001	-0.002	-0.001
734	9.334	10.183	7.787	A	9.336	10.135	7.788	-0.002	0.048	-0.002
734	6.187	8.476	9.255	A	6.179	8.465	9.244	0.008	0.011	0.012
734	6.722	9.109	9.061	A	6.763	9.098	9.049	-0.040	0.011	0.011
734	6.089	8.379	9.061	A	6.081	8.368	9.049	0.008	0.011	0.011
734	5.846	9.061	10.132	A	5.846	9.061	10.132	0.000	0.000	0.000
734	5.992	8.914	9.012	A	5.984	8.952	9.001	0.008	-0.037	0.011
734	12.763	10.960	8.379	A	12.747	10.947	8.319	0.016	0.014	0.059
734	16.866	12.583	8.459	A	16.796	12.571	8.451	0.070	0.013	0.009
734	11.533	11.069	8.495	A	11.518	11.055	8.484	0.015	0.015	0.011
734	14.580	11.215	8.705	A	14.563	11.202	8.695	0.017	0.013	0.010
734	13.542	11.594	9.109	A	13.525	11.579	9.098	0.017	0.015	0.011
734	7.453	10.230	9.012	A	7.444	10.217	9.001	0.009	0.013	0.011
734	7.673	9.313	9.254	A	7.663	9.301	9.243	0.009	0.011	0.011
734	7.648	10.863	9.207	A	7.638	10.849	9.195	0.010	0.014	0.012
734	7.063	9.499	9.012	A	7.054	9.487	9.001	0.009	0.012	0.011
734	7.112	10.668	9.158	A	7.103	10.655	9.146	0.009	0.013	0.011
734	9.109	10.960	9.061	A	9.098	10.947	9.049	0.011	0.014	0.011
734	9.937	11.837	8.866	A	9.925	11.822	8.855	0.012	0.015	0.011
734	9.728	11.527	8.928	A	9.649	11.734	8.917	0.079	0.015	0.012
734	9.353	11.399	9.061	A	9.341	11.384	9.049	0.012	0.014	0.011
734	9.304	11.204	8.671	A	9.292	11.190	8.660	0.012	0.014	0.011
734	9.791	10.668	8.184	A	9.779	10.655	8.173	0.012	0.013	0.010
734	10.132	12.470	8.281	A	10.071	12.455	8.271	0.061	0.016	0.010

734	9.061	10.717	8.232	A	9.049	10.703	8.222	0.011	0.013	0.010
734	9.207	10.912	8.379	A	9.195	10.898	8.319	0.012	0.014	0.059
734	9.012	11.935	8.038	A	8.952	11.920	8.028	0.060	0.015	0.010
734	8.752	7.957	7.260	A	8.753	7.958	7.261	-0.001	-0.001	-0.001
734	7.161	7.857	7.310	A	7.162	7.858	7.311	-0.001	-0.001	-0.001
734	7.360	8.006	8.106	A	7.411	8.007	8.107	-0.051	-0.001	-0.001
734	6.912	7.708	7.857	A	6.913	7.709	7.809	-0.001	-0.001	0.049
734	7.516	8.480	7.195	A	7.453	8.481	7.196	0.063	-0.001	-0.001
734	8.454	9.449	8.504	A	8.455	9.450	8.505	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.404	10.940	8.404	A	8.405	10.942	8.405	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.504	11.836	8.504	A	8.505	11.837	8.505	-0.001	-0.002	-0.001
734	8.454	10.294	8.504	A	8.455	10.295	8.505	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.393	10.858	8.393	A	8.393	10.858	8.393	0.000	0.000	0.000
734	11.829	10.760	8.557	A	11.816	10.622	8.548	0.013	0.138	0.010
734	11.983	10.327	8.573	A	11.968	10.314	8.611	0.015	0.013	-0.038
734	10.084	10.084	9.255	A	10.022	10.071	9.244	0.061	0.013	0.012
734	10.619	10.376	9.207	A	10.557	10.363	9.195	0.062	0.013	0.012
734	10.039	9.164	9.524	A	10.025	9.151	9.511	0.014	0.013	0.013
734	9.571	9.514	10.307	A	9.559	9.502	10.294	0.012	0.012	0.013
734	8.529	9.262	9.262	A	8.518	9.249	9.249	0.011	0.012	0.012
734	8.963	9.743	8.914	A	8.952	9.730	8.903	0.011	0.012	0.011
734	9.061	9.499	10.278	A	9.049	9.487	10.265	0.011	0.012	0.013
734	9.924	10.194	9.331	A	9.858	10.182	9.320	0.065	0.012	0.011
734	9.012	10.230	9.402	A	9.001	10.217	9.390	0.011	0.013	0.012
734	9.255	10.084	9.304	A	9.244	10.071	9.292	0.012	0.013	0.012
734	8.470	9.750	9.208	A	8.460	9.739	9.198	0.010	0.012	0.011
734	7.511	9.776	9.120	A	7.503	9.765	9.110	0.008	0.010	0.010
734	7.648	9.791	9.255	A	7.638	9.779	9.244	0.010	0.012	0.012
734	8.056	9.797	10.841	A	8.057	9.798	10.793	-0.001	-0.001	0.048
734	8.504	9.399	8.603	A	8.505	9.400	8.604	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.404	9.349	8.603	A	8.405	9.350	8.604	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.504	9.399	8.653	A	8.505	9.400	8.654	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.504	9.399	8.653	A	8.505	9.400	8.654	-0.001	-0.001	-0.001
734	7.807	10.443	11.587	A	7.809	10.445	11.588	-0.001	-0.001	-0.002
734	7.857	8.901	11.637	A	7.858	8.903	11.638	-0.001	-0.001	-0.002
734	9.996	9.051	11.090	A	9.947	9.052	11.091	0.048	-0.001	-0.002
734	9.996	9.100	11.090	A	9.997	9.102	11.091	-0.001	-0.001	-0.002
734	8.769	10.502	11.573	A	8.720	10.454	11.576	0.049	0.049	-0.002
734	9.747	9.250	11.438	A	9.748	9.251	11.439	-0.001	-0.001	-0.002
734	8.901	9.797	9.548	A	8.903	9.698	9.500	-0.001	0.098	0.048

734	9.399	8.802	11.487	A	9.400	8.803	11.439	-0.001	-0.001	0.048
734	9.315	9.443	12.527	A	9.316	9.445	12.272	-0.002	-0.002	0.255
734	9.200	10.045	11.487	A	9.201	10.047	11.539	-0.001	-0.001	-0.051
734	7.111	9.946	7.111	A	7.112	9.947	7.112	-0.001	-0.001	-0.001
734	6.928	9.431	6.928	A	6.928	9.431	6.928	0.000	0.000	0.000
734	7.012	9.598	7.012	A	7.013	9.599	7.013	-0.001	-0.001	-0.001
734	7.111	9.747	7.111	A	7.112	9.748	7.112	-0.001	-0.001	-0.001
734	7.459	9.100	7.260	A	7.460	9.102	7.261	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.984	9.842	8.755	A	8.988	9.846	8.759	-0.004	-0.004	-0.003
734	8.653	9.598	8.603	A	8.704	9.599	8.604	-0.051	-0.001	-0.001
734	8.703	9.697	8.752	A	8.704	9.698	8.753	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.852	9.747	8.852	A	8.853	9.748	8.853	-0.001	-0.001	-0.001
734	8.802	9.797	8.951	A	8.803	9.798	9.002	-0.001	-0.001	-0.051

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734-AA(184) Hz

Πίνακας 0.2: Τιμές 734-AA, Διαφορές

(HZ)	X	Y	Z	(HZ)	X	Y	Z	Διαφορά		
734	10.337	6.764	6.348	AA	9.996	6.768	6.351	0.342	-0.0037	-0.0034
734	10.815	6.562	6.965	AA	10.786	6.567	6.934	0.0289	-0.0047	0.0317
734	10.625	6.627	6.452	AA	10.632	6.561	6.456	-0.0066	0.0661	-0.0040
734	10.372	6.348	6.001	AA	10.343	6.351	6.004	0.0291	-0.0034	-0.0033
734	10.164	6.452	5.966	AA	10.065	6.456	5.866	0.0986	-0.0035	0.1009
734	8.184	10.717	8.184	AA	8.154	10.581	8.154	0.0297	0.1360	0.0297
734	8.622	10.619	8.232	AA	8.348	10.581	8.203	0.2740	0.0386	0.0299
734	9.499	10.522	8.573	AA	9.464	10.435	8.397	0.0345	0.0868	0.1768
734	8.086	10.473	8.866	AA	8.057	10.435	8.834	0.0294	0.0380	0.0322
734	8.184	10.717	8.135	AA	8.105	10.629	8.105	0.0783	0.0875	0.0295
734	4.718	6.903	4.614	AA	4.720	6.837	4.616	-0.0026	0.0657	-0.0025
734	5.081	7.783	4.759	AA	5.083	7.624	4.760	-0.0016	0.1589	-0.0015
734	4.856	7.597	4.683	AA	4.859	7.601	4.685	-0.0026	-0.0041	-0.0025
734	5.230	7.498	4.653	AA	5.232	7.502	4.655	-0.0027	-0.0039	-0.0024
734	5.316	7.589	4.839	AA	5.283	7.557	4.843	0.0329	0.0312	-0.0035
734	8.991	9.070	6.007	AA	8.879	9.036	5.972	0.1123	0.0337	0.0356
734	8.256	8.846	5.932	AA	8.260	8.850	5.935	-0.0045	-0.0048	-0.0032
734	8.291	8.880	6.001	AA	8.295	8.850	5.970	-0.0045	0.0299	0.0315
734	8.381	8.872	5.996	AA	8.351	8.842	5.965	0.0299	0.0296	0.0314
734	8.048	8.637	5.828	AA	8.017	8.607	5.831	0.0303	0.0300	-0.0032
734	9.395	11.927	9.528	AA	9.162	11.752	9.494	0.2323	0.1748	0.0336
734	9.304	11.594	10.425	AA	9.270	11.552	10.241	0.0338	0.0421	0.1835

734	9.158	11.301	10.473	AA	9.076	11.212	10.435	0.0818	0.0896	0.0380
734	9.402	10.278	10.717	AA	9.270	10.241	10.629	0.1312	0.0373	0.0875
734	9.548	10.522	11.107	AA	9.464	10.435	11.018	0.0832	0.0868	0.0889
734	9.701	13.690	6.697	AA	9.666	13.641	6.624	0.0345	0.0487	0.0729
734	9.499	13.445	7.891	AA	9.464	13.396	7.863	0.0345	0.0488	0.0287
734	9.548	13.396	7.989	AA	9.513	13.299	7.960	0.0347	0.0972	0.0290
734	9.694	12.129	8.086	AA	9.610	12.085	8.057	0.0837	0.0441	0.0294
734	9.602	13.591	7.977	AA	9.568	13.543	7.949	0.0342	0.0484	0.0284
734	9.836	11.207	10.611	AA	9.743	11.110	10.515	0.0931	0.0978	0.0958
734	9.937	11.837	10.717	AA	9.756	11.794	10.629	0.1817	0.0430	0.0875
734	9.277	10.086	10.625	AA	9.240	10.046	10.583	0.0366	0.0398	0.0420
734	9.353	10.132	10.473	AA	9.270	10.047	10.290	0.0825	0.0853	0.1837
734	9.548	10.619	10.619	AA	9.513	10.484	10.581	0.0347	0.1356	0.0386
734	6.576	8.914	9.255	AA	6.552	8.882	9.125	0.0239	0.0324	0.1307
734	6.381	8.866	9.061	AA	6.358	8.834	8.979	0.0232	0.0322	0.0814
734	6.333	9.012	9.353	AA	6.310	8.931	9.319	0.0230	0.0813	0.0340
734	6.187	9.840	9.158	AA	6.164	9.804	9.125	0.0225	0.0357	0.0333
734	6.528	8.914	8.135	AA	6.504	8.882	8.105	0.0237	0.0324	0.0295
734	10.543	11.388	7.062	AA	10.470	11.363	7.046	0.0726	0.0249	0.0154
734	10.393	11.338	7.012	AA	10.321	11.313	6.996	0.0723	0.0248	0.0153
734	10.145	11.288	6.962	AA	9.527	11.264	6.947	0.6176	0.0247	0.0152
734	10.443	9.697	8.653	AA	10.371	9.626	8.634	0.0724	0.0708	0.0189
734	10.543	11.388	7.062	AA	10.520	11.313	7.046	0.0230	0.0745	0.0154
734	9.498	11.537	7.907	AA	9.477	11.363	7.890	0.0207	0.1741	0.0173
734	9.399	11.288	7.857	AA	9.378	11.214	7.840	0.0205	0.0743	0.0172
734	9.598	11.935	8.006	AA	9.577	11.859	7.989	0.0210	0.0757	0.0175
734	9.250	11.537	7.758	AA	9.229	11.214	7.741	0.0202	0.3229	0.0169
734	9.334	10.183	7.787	AA	9.317	10.114	7.772	0.0172	0.0686	0.0143
734	6.187	8.476	9.255	AA	6.164	8.445	9.173	0.0225	0.0308	0.0822
734	6.722	9.109	9.061	AA	6.504	9.028	8.979	0.2186	0.0816	0.0814
734	6.089	8.379	9.061	AA	6.018	8.300	9.028	0.0707	0.0790	0.0329
734	5.846	9.061	10.132	AA	5.824	8.979	10.095	0.0212	0.0814	0.0368
734	5.992	8.914	9.012	AA	5.970	8.882	8.979	0.0218	0.0324	0.0327
734	12.763	10.960	8.379	AA	12.668	10.921	8.251	0.0949	0.0398	0.1275
734	16.866	12.583	8.459	AA	16.546	12.541	8.431	0.3202	0.0424	0.0285
734	11.533	11.069	8.495	AA	11.441	10.979	8.414	0.0920	0.0904	0.0813
734	14.580	11.215	8.705	AA	13.941	11.068	8.460	0.6386	0.1474	0.2447
734	13.542	11.594	9.109	AA	13.202	11.503	9.076	0.3404	0.0906	0.0331
734	7.453	10.230	9.012	AA	7.377	10.047	8.979	0.0756	0.1828	0.0327
734	7.673	9.313	9.254	AA	7.587	9.280	9.221	0.0854	0.0328	0.0326

734	7.648	10.863	9.207	AA	7.620	10.823	9.173	0.0278	0.0395	0.0334
734	7.063	9.499	9.012	AA	6.989	9.367	8.979	0.0742	0.1316	0.0327
734	7.112	10.668	9.158	AA	7.038	10.241	9.125	0.0744	0.4270	0.0333
734	9.109	10.960	9.061	AA	9.076	10.872	9.028	0.0331	0.0883	0.0329
734	9.937	11.837	8.866	AA	9.853	11.794	8.785	0.0846	0.0430	0.0807
734	9.728	11.527	8.928	AA	9.627	11.420	8.897	0.1007	0.1070	0.0315
734	9.353	11.399	9.061	AA	9.319	11.357	8.979	0.0340	0.0414	0.0814
734	9.304	11.204	8.671	AA	9.270	11.163	8.591	0.0338	0.0407	0.0800
734	9.791	10.668	8.184	AA	9.707	10.629	8.154	0.0841	0.0388	0.0297
734	10.132	12.470	8.281	AA	9.998	12.377	8.251	0.1339	0.0938	0.0301
734	9.061	10.717	8.232	AA	8.979	10.678	8.203	0.0814	0.0389	0.0299
734	9.207	10.912	8.379	AA	9.173	10.872	8.300	0.0334	0.0396	0.0790
734	9.012	11.935	8.038	AA	8.882	11.843	8.008	0.1298	0.0919	0.0292
734	8.752	7.957	7.260	AA	8.684	7.939	7.245	0.0687	0.0174	0.0159
734	7.161	7.857	7.310	AA	7.096	7.840	7.245	0.0653	0.0172	0.0656
734	7.360	8.006	8.106	AA	7.145	7.989	8.088	0.2146	0.0175	0.0177
734	6.912	7.708	7.857	AA	6.897	7.691	7.741	0.0151	0.0168	0.1164
734	7.516	8.480	7.195	AA	7.369	8.458	6.984	0.1473	0.0216	0.2106
734	8.454	9.449	8.504	AA	8.386	9.329	8.485	0.0681	0.1199	0.0186
734	8.404	10.940	8.404	AA	8.336	10.916	8.386	0.0680	0.0239	0.0184
734	8.504	11.836	8.504	AA	8.485	11.413	8.485	0.0186	0.4228	0.0186
734	8.454	10.294	8.504	AA	8.435	10.172	8.485	0.0185	0.1217	0.0186
734	8.393	10.858	8.393	AA	8.374	10.834	8.374	0.0189	0.0244	0.0189
734	11.829	10.760	8.557	AA	11.720	10.467	8.524	0.1089	0.2928	0.0335
734	11.983	10.327	8.573	AA	11.940	10.290	8.494	0.0435	0.0375	0.0797
734	10.084	10.084	9.255	AA	9.901	10.047	9.222	0.1822	0.0366	0.0336
734	10.619	10.376	9.207	AA	10.435	10.338	9.173	0.1842	0.0377	0.0334
734	10.039	9.164	9.524	AA	10.039	9.164	9.524	0.0000	0.0000	0.0000
734	9.571	9.514	10.307	AA	9.537	9.480	10.101	0.0339	0.0337	0.2058
734	8.529	9.262	9.262	AA	8.499	9.162	9.229	0.0301	0.0991	0.0327
734	8.963	9.743	8.914	AA	8.882	9.707	8.882	0.0811	0.0354	0.0324
734	9.061	9.499	10.278	AA	8.979	9.416	10.095	0.0814	0.0830	0.1829
734	9.924	10.194	9.331	AA	9.777	10.046	9.186	0.1466	0.1477	0.1443
734	9.012	10.230	9.402	AA	8.542	10.193	9.367	0.4696	0.0372	0.0342
734	9.255	10.084	9.304	AA	9.173	10.047	9.270	0.0822	0.0366	0.0338
734	8.470	9.750	9.208	AA	8.342	9.715	9.176	0.1843	0.0347	0.0328
734	7.511	9.776	9.120	AA	7.486	9.743	9.090	0.0251	0.0327	0.0305
734	7.648	9.791	9.255	AA	7.620	9.756	9.222	0.0278	0.0356	0.0336
734	8.056	9.797	10.841	AA	8.039	9.775	10.718	0.0176	0.0214	0.1229
734	8.504	9.399	8.603	AA	8.485	9.378	8.584	0.0186	0.0205	0.0188



734	8.404	9.349	8.603	AA	8.336	9.329	8.535	0.0680	0.0204	0.0684
734	8.504	9.399	8.653	AA	8.485	9.378	8.584	0.0186	0.0205	0.0685
734	8.504	9.399	8.653	AA	8.485	9.378	8.634	0.0186	0.0205	0.0189
734	7.807	10.443	11.587	AA	7.790	10.321	11.562	0.0171	0.1220	0.0253
734	7.857	8.901	11.637	AA	7.840	8.882	11.611	0.0172	0.0194	0.0254
734	9.996	9.051	11.090	AA	9.874	9.031	11.065	0.1211	0.0198	0.0242
734	9.996	9.100	11.090	AA	9.726	9.031	11.016	0.2699	0.0695	0.0738
734	8.769	10.502	11.573	AA	8.700	10.430	11.549	0.0693	0.0729	0.0243
734	9.747	9.250	11.438	AA	9.676	9.229	11.214	0.0709	0.0202	0.2235
734	8.901	9.797	9.548	AA	8.783	9.428	9.378	0.1187	0.3687	0.1697
734	9.399	8.802	11.487	AA	9.378	8.783	11.016	0.0205	0.0192	0.4717
734	9.315	9.443	12.527	AA	9.291	9.355	11.790	0.0238	0.0882	0.7368
734	9.200	10.045	11.487	AA	9.180	9.974	11.313	0.0201	0.0716	0.1739
734	7.111	9.946	7.111	AA	7.096	9.874	7.096	0.0155	0.0713	0.0155
734	6.928	9.431	6.928	AA	6.913	9.411	6.913	0.0145	0.0197	0.0145
734	7.012	9.598	7.012	AA	6.996	9.577	6.996	0.0153	0.0210	0.0153
734	7.111	9.747	7.111	AA	7.096	9.726	7.096	0.0155	0.0213	0.0155
734	7.459	9.100	7.260	AA	7.443	9.081	7.195	0.0163	0.0199	0.0655
734	8.984	9.842	8.755	AA	8.910	9.824	8.739	0.0739	0.0184	0.0164
734	8.653	9.598	8.603	AA	8.584	9.577	8.584	0.0685	0.0210	0.0188
734	8.703	9.697	8.752	AA	8.634	9.676	8.733	0.0686	0.0212	0.0191
734	8.852	9.747	8.852	AA	8.832	9.726	8.832	0.0193	0.0213	0.0193
734	8.802	9.797	8.951	AA	8.783	9.775	8.932	0.0192	0.0214	0.0195

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734-AAAA(46)Hz

Πίνακας 0.3: Τιμές 734-AAAA, Διαφορά

(HZ)	X	Y	Z	(HZ)	X	Y	Z	Διαφορά		
734	10.337	6.764	6.348	AAAA	8.582	6.706	6.289	1.755	0.058	0.059
734	10.815	6.562	6.965	AAAA	8.781	6.466	6.099	2.034	0.096	0.867
734	10.625	6.627	6.452	AAAA	9.178	6.505	6.330	1.447	0.122	0.122
734	10.372	6.348	6.001	AAAA	9.207	6.324	5.941	1.164	0.024	0.060
734	10.164	6.452	5.966	AAAA	8.061	6.358	5.837	2.103	0.094	0.129
734	8.184	10.717	8.184	AAAA	7.787	10.271	7.931	0.397	0.445	0.253
734	8.622	10.619	8.232	AAAA	8.026	9.268	8.026	0.596	1.351	0.206
734	9.499	10.522	8.573	AAAA	8.217	10.184	7.931	1.282	0.394	0.643
734	8.086	10.473	8.866	AAAA	7.118	10.224	8.026	0.968	0.250	0.840
734	8.184	10.717	8.135	AAAA	7.453	10.367	7.978	0.731	0.350	0.157
734	4.718	6.903	4.614	AAAA	4.725	6.324	4.552	-0.008	0.579	0.062
734	5.081	7.783	4.759	AAAA	4.889	7.030	4.727	0.192	0.753	0.031

734	4.856	7.597	4.683	AAAA	4.795	6.532	4.691	0.062	1.065	-0.008
734	5.230	7.498	4.653	AAAA	4.973	6.747	4.665	0.256	0.751	-0.012
734	5.316	7.589	4.839	AAAA	5.144	6.834	4.813	0.172	0.755	0.026
734	8.991	9.070	6.007	AAAA	8.108	8.541	5.904	0.883	0.529	0.103
734	8.256	8.846	5.932	AAAA	7.679	8.734	5.907	0.577	0.333	0.025
734	8.291	8.880	6.001	AAAA	7.540	8.374	5.941	0.751	0.507	0.060
734	8.381	8.872	5.996	AAAA	8.053	8.229	5.943	0.328	0.643	0.053
734	8.048	8.637	5.828	AAAA	7.123	8.026	5.698	0.925	0.611	0.129
734	9.395	11.927	9.528	AAAA	7.923	10.280	8.643	1.472	1.647	0.885
734	9.304	11.594	10.425	AAAA	7.835	10.463	9.125	1.469	1.131	1.300
734	9.158	11.301	10.473	AAAA	7.692	9.937	9.173	1.466	1.364	1.301
734	9.402	10.278	10.717	AAAA	7.739	9.985	8.982	1.662	0.294	1.735
734	9.548	10.522	11.107	AAAA	7.931	10.184	9.316	1.617	0.394	1.791
734	9.701	13.690	6.697	AAAA	7.930	11.895	6.382	1.771	1.795	0.315
734	9.499	13.445	7.891	AAAA	7.787	11.657	7.739	1.712	1.788	0.152
734	9.548	13.396	7.989	AAAA	7.931	11.705	7.787	1.617	1.691	0.202
734	9.694	12.129	8.086	AAAA	7.931	11.657	7.883	1.763	0.473	0.204
734	9.602	13.591	7.977	AAAA	7.881	11.798	7.543	1.721	1.793	0.435
734	9.836	11.207	10.611	AAAA	9.374	10.253	9.726	0.462	0.954	0.886
734	9.937	11.837	10.717	AAAA	9.316	10.510	9.937	0.621	1.327	0.780
734	9.277	10.086	10.625	AAAA	8.938	9.784	9.202	0.339	0.302	1.423
734	9.353	10.132	10.473	AAAA	9.077	9.841	9.841	0.276	0.291	0.632
734	9.548	10.619	10.619	AAAA	9.316	10.184	9.746	0.232	0.491	0.873
734	6.576	8.914	9.255	AAAA	6.402	8.026	8.217	0.174	0.888	1.038
734	6.381	8.866	9.061	AAAA	6.211	8.265	8.074	0.171	0.601	0.987
734	6.333	9.012	9.353	AAAA	6.163	8.552	8.169	0.170	0.460	1.183
734	6.187	9.840	9.158	AAAA	6.020	8.886	8.647	0.167	0.954	0.511
734	6.528	8.914	8.135	AAAA	6.258	8.599	7.931	0.269	0.315	0.205
734	10.543	11.388	7.062	AAAA	8.648	9.528	6.938	1.894	1.860	0.123
734	10.393	11.338	7.012	AAAA	8.550	10.309	6.889	1.843	1.029	0.123
734	10.145	11.288	6.962	AAAA	8.550	9.577	6.840	1.594	1.712	0.122
734	10.443	9.697	8.653	AAAA	8.550	9.430	8.111	1.893	0.267	0.542
734	10.543	11.388	7.062	AAAA	8.648	9.528	6.938	1.894	1.860	0.123
734	9.498	11.537	7.907	AAAA	8.648	10.114	7.769	0.850	1.423	0.138
734	9.399	11.288	7.857	AAAA	9.186	10.163	7.720	0.213	1.126	0.137
734	9.598	11.935	8.006	AAAA	9.381	10.309	7.866	0.217	1.626	0.140
734	9.250	11.537	7.758	AAAA	9.039	10.163	7.573	0.211	1.374	0.184
734	9.334	10.183	7.787	AAAA	9.079	9.913	7.606	0.256	0.270	0.180
734	6.187	8.476	9.255	AAAA	6.020	8.265	9.029	0.167	0.211	0.226
734	6.722	9.109	9.061	AAAA	5.924	8.408	8.838	0.798	0.701	0.222

734	6.089	8.379	9.061	AAAA	5.876	8.169	8.838	0.213	0.209	0.222
734	5.846	9.061	10.132	AAAA	5.685	8.552	8.934	0.160	0.509	1.198
734	5.992	8.914	9.012	AAAA	5.828	8.122	8.838	0.163	0.793	0.174
734	12.763	10.960	8.379	AAAA	9.746	10.415	7.835	3.017	0.546	0.544
734	16.866	12.583	8.459	AAAA	11.169	10.909	8.260	5.697	1.674	0.200
734	11.533	11.069	8.495	AAAA	9.800	10.608	8.083	1.733	0.461	0.413
734	14.580	11.215	8.705	AAAA	9.848	10.633	8.171	4.732	0.582	0.534
734	13.542	11.594	9.109	AAAA	11.275	11.275	8.217	2.267	0.319	0.892
734	7.453	10.230	9.012	AAAA	5.972	9.555	8.838	1.481	0.675	0.174
734	7.673	9.313	9.254	AAAA	6.787	8.397	8.973	0.886	0.915	0.281
734	7.648	10.863	9.207	AAAA	6.784	9.746	8.982	0.864	1.117	0.225
734	7.063	9.499	9.012	AAAA	6.115	8.886	8.456	0.948	0.613	0.556
734	7.112	10.668	9.158	AAAA	6.020	9.268	8.934	1.093	1.400	0.224
734	9.109	10.960	9.061	AAAA	8.790	10.606	8.647	0.319	0.355	0.413
734	9.937	11.837	8.866	AAAA	9.364	11.514	8.217	0.574	0.324	0.649
734	9.728	11.527	8.928	AAAA	9.232	11.000	8.577	0.496	0.527	0.351
734	9.353	11.399	9.061	AAAA	8.982	10.988	8.217	0.371	0.411	0.843
734	9.304	11.204	8.671	AAAA	9.077	10.415	8.026	0.227	0.789	0.645
734	9.791	10.668	8.184	AAAA	8.313	10.319	8.026	1.479	0.349	0.158
734	10.132	12.470	8.281	AAAA	9.746	10.606	8.122	0.386	1.865	0.160
734	9.061	10.717	8.232	AAAA	8.122	10.463	8.074	0.939	0.254	0.159
734	9.207	10.912	8.379	AAAA	8.217	10.654	8.169	0.990	0.258	0.209
734	9.012	11.935	8.038	AAAA	7.978	10.271	7.835	1.034	1.663	0.203
734	8.752	7.957	7.260	AAAA	7.573	7.818	6.938	1.179	0.139	0.322
734	7.161	7.857	7.310	AAAA	6.840	7.671	6.840	0.321	0.186	0.470
734	7.360	8.006	8.106	AAAA	6.938	7.769	7.573	0.422	0.238	0.533
734	6.912	7.708	7.857	AAAA	6.743	7.524	7.427	0.170	0.184	0.430
734	7.516	8.480	7.195	AAAA	6.826	8.090	6.826	0.690	0.390	0.369
734	8.454	9.449	8.504	AAAA	6.792	8.550	8.306	1.662	0.898	0.197
734	8.404	10.940	8.404	AAAA	7.427	9.821	8.111	0.977	1.120	0.293
734	8.504	11.836	8.504	AAAA	8.306	10.798	8.306	0.197	1.037	0.197
734	8.454	10.294	8.504	AAAA	8.257	9.137	8.306	0.197	1.157	0.197
734	8.393	10.858	8.393	AAAA	8.192	9.404	8.250	0.201	1.454	0.143
734	11.829	10.760	8.557	AAAA	8.775	9.393	8.219	3.054	1.366	0.338
734	11.983	10.327	8.573	AAAA	9.650	10.080	7.978	2.333	0.247	0.595
734	10.084	10.084	9.255	AAAA	8.886	9.555	8.886	1.198	0.529	0.369
734	10.619	10.376	9.207	AAAA	9.268	9.603	8.552	1.351	0.773	0.655
734	10.039	9.164	9.524	AAAA	9.396	8.689	8.588	0.643	0.475	0.936
734	9.571	9.514	10.307	AAAA	8.611	9.167	9.111	0.960	0.348	1.196
734	8.529	9.262	9.262	AAAA	7.661	8.643	8.381	0.868	0.619	0.881

734	8.963	9.743	8.914	AAAA	7.596	9.173	8.265	1.367	0.570	0.650
734	9.061	9.499	10.278	AAAA	8.122	8.982	9.125	0.939	0.517	1.154
734	9.924	10.194	9.331	AAAA	8.990	9.731	8.885	0.934	0.463	0.446
734	9.012	10.230	9.402	AAAA	7.692	9.985	9.173	1.320	0.245	0.229
734	9.255	10.084	9.304	AAAA	8.122	9.698	9.077	1.134	0.385	0.227
734	8.470	9.750	9.208	AAAA	7.398	9.477	8.945	1.072	0.273	0.263
734	7.511	9.776	9.120	AAAA	7.324	9.550	8.905	0.187	0.226	0.215
734	7.648	9.791	9.255	AAAA	7.357	9.555	9.029	0.291	0.236	0.226
734	8.056	9.797	10.841	AAAA	7.036	8.404	8.795	1.020	1.393	2.046
734	8.504	9.399	8.603	AAAA	7.573	9.088	8.404	0.930	0.311	0.199
734	8.404	9.349	8.603	AAAA	6.645	9.039	8.355	1.759	0.310	0.248
734	8.504	9.399	8.653	AAAA	7.524	9.186	8.404	0.979	0.213	0.249
734	8.504	9.399	8.653	AAAA	7.476	9.137	8.453	1.028	0.262	0.200
734	7.807	10.443	11.587	AAAA	7.573	8.502	11.238	0.234	1.941	0.349
734	7.857	8.901	11.637	AAAA	7.573	8.648	10.700	0.284	0.253	0.936
734	9.996	9.051	11.090	AAAA	7.915	8.844	9.967	2.080	0.207	1.122
734	9.996	9.100	11.090	AAAA	7.964	8.746	10.016	2.031	0.354	1.073
734	8.769	10.502	11.573	AAAA	7.575	8.579	11.288	1.194	1.924	0.285
734	9.747	9.250	11.438	AAAA	8.355	8.844	8.746	1.392	0.406	2.692
734	8.901	9.797	9.548	AAAA	8.062	8.550	7.964	0.840	1.246	1.584
734	9.399	8.802	11.487	AAAA	7.818	8.502	8.746	1.581	0.300	2.741
734	9.315	9.443	12.527	AAAA	8.343	8.532	8.848	0.972	0.911	3.678
734	9.200	10.045	11.487	AAAA	8.306	8.355	9.088	0.894	1.690	2.399
734	7.111	9.946	7.111	AAAA	6.987	9.577	6.938	0.124	0.369	0.173
734	6.928	9.431	6.928	AAAA	6.804	7.719	6.804	0.124	1.712	0.124
734	7.012	9.598	7.012	AAAA	6.889	8.502	6.840	0.123	1.096	0.171
734	7.111	9.747	7.111	AAAA	6.987	9.528	6.987	0.124	0.219	0.124
734	7.459	9.100	7.260	AAAA	6.547	8.257	6.547	0.912	0.843	0.713
734	8.984	9.842	8.755	AAAA	8.561	9.631	8.561	0.423	0.212	0.194
734	8.653	9.598	8.603	AAAA	8.062	9.332	8.453	0.591	0.265	0.150
734	8.703	9.697	8.752	AAAA	6.889	9.479	8.599	1.813	0.218	0.153
734	8.852	9.747	8.852	AAAA	7.769	9.577	8.648	1.083	0.170	0.204
734	8.802	9.797	8.951	AAAA	8.404	9.479	8.599	0.398	0.318	0.352

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734 – A(367)Hz

Πίνακας 0.4: Τιμές 734-A, Διαφορά

Hz	X	Y	Z	Hz	X	Y	Z	Διαφορά		
512	9.275	7.783	6.654	A	9.276824	7.784465	6.655113	-0.002	-0.002	-0.002
512	8.880	7.493	6.313	A	8.88142	7.493698	6.314135	-0.001	-0.001	-0.001

512	8.915	8.013	6.521	A	8.916113	8.014094	6.4876	-0.001	-0.001	0.034
512	8.776	7.527	6.383	A	8.777341	7.528391	6.383521	-0.001	-0.001	-0.001
512	8.776	7.562	6.279	A	8.777341	7.563084	6.279442	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.743	11.788	9.158	A	9.681664	11.77368	9.097845	0.061	0.015	0.060
512	10.132	11.642	9.743	A	10.07088	11.62773	9.730316	0.061	0.015	0.012
512	9.304	11.642	10.230	A	9.292452	11.62773	10.16818	0.012	0.015	0.061
512	10.658	11.584	10.194	A	10.59209	11.56904	9.923661	0.065	0.015	0.271
512	10.912	11.788	9.061	A	10.8493	11.77368	9.049194	0.062	0.015	0.011
512	5.273	7.146	5.966	A	5.273343	7.146768	5.863125	-0.001	-0.001	0.103
512	5.847	7.097	6.412	A	5.848432	7.098787	6.453443	-0.001	-0.002	-0.042
512	5.273	7.111	5.862	A	5.273343	7.112075	5.863125	-0.001	-0.001	-0.001
512	5.828	8.186	5.273	A	5.828432	8.187559	5.273343	-0.001	-0.001	-0.001
512	5.620	8.325	5.620	A	5.654967	8.326331	5.654967	-0.035	-0.001	-0.035
512	9.262	9.921	6.625	A	9.263044	9.922212	6.626372	-0.001	-0.001	-0.001
512	10.070	10.540	6.700	A	10.07226	10.50337	6.701776	-0.002	0.037	-0.002
512	9.275	10.155	6.599	A	9.275097	10.08163	6.598883	0.000	0.073	0.000
512	9.276	10.396	6.542	A	9.232493	10.39776	6.543417	0.043	-0.002	-0.001
512	10.075	9.957	6.651	A	10.0369	9.95818	6.651907	0.039	-0.001	-0.001
512	11.058	12.129	9.353	A	11.04391	12.11424	9.341103	0.014	0.015	0.012
512	10.863	11.740	10.230	A	10.8493	11.67638	10.21683	0.014	0.063	0.013
512	10.376	11.447	10.181	A	10.36279	11.43312	10.16818	0.013	0.014	0.013
512	10.425	11.301	10.376	A	10.41144	11.28717	10.36279	0.013	0.014	0.013
512	11.935	11.350	10.619	A	11.91964	11.33582	10.55739	0.015	0.014	0.062
512	9.353	12.081	7.453	A	9.292452	12.06559	7.443692	0.060	0.015	0.009
512	10.766	12.568	8.963	A	10.752	12.55211	8.951891	0.014	0.016	0.011
512	10.912	12.276	9.061	A	10.89795	12.21155	9.049194	0.014	0.064	0.011
512	10.863	13.542	9.061	A	10.8493	13.52514	9.049194	0.014	0.017	0.011
512	10.766	13.347	8.963	A	10.752	13.33053	8.951891	0.014	0.017	0.011
512	13.493	12.324	10.863	A	13.47649	12.2602	10.8493	0.017	0.064	0.014
512	12.279	12.875	10.551	A	12.26638	12.86183	10.53956	0.013	0.014	0.011
512	11.043	11.723	10.364	A	11.02962	11.70837	10.35087	0.014	0.014	0.013
512	10.668	11.642	10.376	A	10.6547	11.62773	10.31414	0.013	0.015	0.062
512	11.935	11.253	10.376	A	11.91964	11.23852	10.36279	0.015	0.014	0.013
512	9.012	9.889	9.986	A	9.000542	9.87627	10.02223	0.011	0.012	-0.036
512	8.866	9.402	10.619	A	8.854587	9.438406	10.60604	0.011	-0.037	0.013
512	8.899	9.816	10.355	A	8.888806	9.804622	10.34334	0.010	0.011	0.012
512	8.866	9.791	10.522	A	8.854587	9.778967	10.50874	0.011	0.012	0.013
512	8.963	9.889	9.012	A	8.951891	9.87627	9.000542	0.011	0.012	0.011
512	9.863	10.824	7.890	A	9.864232	10.82536	7.891385	-0.001	-0.001	-0.001
512	11.438	10.543	7.658	A	11.43922	10.54398	7.659303	-0.002	-0.001	-0.001

512	11.438	11.885	7.658	A	11.43922	11.88684	7.659303	-0.002	-0.002	-0.001
512	9.548	10.543	7.658	A	9.549261	10.54398	7.659303	-0.001	-0.001	-0.001
512	11.537	10.592	7.758	A	11.53869	10.59371	7.758775	-0.002	-0.001	-0.001
512	10.493	12.830	8.653	A	10.49424	12.78208	8.654018	-0.001	0.048	-0.001
512	11.197	11.449	8.625	A	11.20072	11.45298	8.627578	-0.004	-0.004	-0.003
512	12.088	11.989	8.656	A	11.99281	11.94305	8.658712	0.095	0.046	-0.003
512	12.034	12.432	8.653	A	12.03605	12.33446	8.654018	-0.002	0.098	-0.001
512	11.189	11.239	8.553	A	11.14081	11.24028	8.554547	0.048	-0.002	-0.001
512	8.622	11.058	10.132	A	8.611329	11.04391	10.07088	0.011	0.014	0.061
512	8.289	10.760	9.885	A	8.277102	10.74481	9.870829	0.012	0.015	0.014
512	9.207	10.960	10.132	A	9.195148	10.94661	10.11953	0.012	0.014	0.013
512	8.468	11.003	10.086	A	8.457833	10.9898	10.07398	0.011	0.014	0.013
512	8.519	11.080	10.095	A	8.508974	11.06658	10.08289	0.010	0.013	0.012
512				A				0.000	0.000	0.000
512	14.364	13.385	8.906	A	14.34355	13.36675	8.894028	0.020	0.019	0.012
512	14.994	13.214	8.845	A	14.81468	13.19853	8.781062	0.179	0.015	0.064
512	12.207	12.081	8.746	A	12.19293	12.06723	8.736169	0.014	0.014	0.010
512	14.565	13.250	8.817	A	14.30356	13.23323	8.805936	0.262	0.017	0.011
512	8.704	10.492	9.538	A	8.69509	10.48175	9.46931	0.008	0.010	0.069
512	8.720	11.301	10.376	A	8.708633	11.28717	10.36279	0.011	0.014	0.013
512	9.499	11.983	10.571	A	9.389755	11.96829	10.55739	0.109	0.015	0.013
512	8.622	11.204	10.327	A	8.611329	11.18986	10.31414	0.011	0.014	0.013
512	8.768	11.350	10.473	A	8.757284	11.33582	10.41144	0.011	0.014	0.062
512	10.766	13.786	8.476	A	10.752	13.7684	8.465375	0.014	0.017	0.011
512	11.504	14.068	8.703	A	11.49229	13.9932	8.693647	0.012	0.074	0.009
512	10.425	13.981	8.720	A	10.36279	13.963	8.708633	0.062	0.018	0.011
512	10.327	13.006	8.671	A	10.31414	12.98997	8.659981	0.013	0.016	0.011
512	10.328	12.926	8.529	A	10.31418	12.90936	8.517516	0.013	0.017	0.011
512	11.350	12.276	8.379	A	11.33582	12.2602	8.368072	0.014	0.015	0.011
512	11.009	11.886	7.550	A	10.99526	11.87099	7.540995	0.014	0.015	0.009
512	11.116	11.980	7.966	A	11.10119	11.96461	7.95585	0.015	0.016	0.010
512	10.950	11.813	7.336	A	10.88205	11.79787	7.326531	0.067	0.015	0.009
512	10.784	11.671	7.485	A	10.77148	11.6568	7.476093	0.013	0.014	0.009
512	9.846	10.692	8.156	A	9.847676	10.69318	8.106925	-0.001	-0.001	0.049
512	9.548	7.957	8.752	A	9.549261	7.957718	8.75349	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.598	8.603	9.051	A	9.598997	8.604282	9.051904	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.498	8.454	11.139	A	9.499526	8.455075	11.14081	-0.001	-0.001	-0.002
512	9.647	7.807	11.537	A	9.648733	7.758775	11.53869	-0.001	0.049	-0.002
512	9.598	8.752	9.598	A	9.598997	8.75349	9.598997	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.598	9.548	8.305	A	9.598997	9.549261	8.305868	-0.001	-0.001	-0.001

512	9.548	9.598	7.857	A	9.549261	9.598997	7.858246	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.538	9.538	7.794	A	9.538839	9.538839	7.794594	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.548	9.548	8.255	A	9.549261	9.549261	8.256132	-0.001	-0.001	-0.001
512	13.055	11.447	9.402	A	13.03862	11.43312	9.389755	0.016	0.014	0.012
512	12.909	10.619	9.158	A	12.89267	10.60604	9.146497	0.016	0.013	0.011
512	13.197	10.834	9.849	A	13.18153	10.82066	9.836964	0.016	0.013	0.012
512	12.958	10.181	10.717	A	12.89267	10.16818	10.70335	0.065	0.013	0.013
512	12.518	9.895	10.670	A	12.50456	9.884558	10.65865	0.013	0.010	0.011
512	10.086	9.816	10.140	A	10.07398	9.75075	10.12785	0.012	0.065	0.012
512	10.301	11.110	10.301	A	10.28947	11.09754	10.28947	0.012	0.013	0.012
512	10.278	10.522	9.791	A	10.26548	10.50874	9.778967	0.013	0.013	0.012
512	10.230	10.668	10.035	A	10.21683	10.50874	10.02223	0.013	0.159	0.013
512	10.132	10.084	10.084	A	10.11953	9.973574	10.07088	0.013	0.110	0.013
512	10.522	11.399	8.817	A	10.50874	11.38447	8.805936	0.013	0.014	0.011
512	10.292	11.178	8.568	A	10.27963	11.16495	8.558159	0.012	0.013	0.010
512	10.327	11.350	8.622	A	10.31414	11.33582	8.611329	0.013	0.014	0.011
512	10.528	11.480	8.623	A	10.46312	11.46437	8.610793	0.065	0.016	0.012
512	10.522	11.399	8.671	A	10.50874	11.38447	8.659981	0.013	0.014	0.011
512	15.736	10.759	13.473	A	15.73791	10.7601	13.47527	-0.002	-0.001	-0.002
512	13.477	10.592	11.587	A	13.47839	10.59371	11.58843	-0.002	-0.001	-0.002
512	14.571	10.592	12.731	A	14.52284	10.59371	12.73235	0.048	-0.001	-0.002
512	13.178	10.393	11.388	A	13.17997	10.39477	11.38948	-0.002	-0.001	-0.002
512	12.903	10.414	11.379	A	12.64992	10.41459	11.37985	0.253	-0.001	-0.001
512	8.504	7.459	10.592	A	8.504811	7.46036	10.59371	-0.001	-0.001	-0.001
512	8.802	7.658	10.891	A	8.803225	7.659303	10.89213	-0.001	-0.001	-0.001
512	8.700	7.530	10.684	A	8.700541	7.530293	10.68488	-0.001	-0.001	-0.001
512	9.896	7.708	10.990	A	9.847676	7.709039	10.9916	0.048	-0.001	-0.001
512	10.543	7.410	10.642	A	10.54398	7.410625	10.64345	-0.001	-0.001	-0.001
512	10.443	13.526	8.703	A	10.44451	13.17997	8.703754	-0.001	0.346	-0.001
512	10.527	16.187	9.615	A	10.53093	16.00945	9.617847	-0.003	0.177	-0.003
512	10.517	16.629	8.810	A	10.51876	16.63175	8.811525	-0.002	-0.002	-0.001
512	10.443	13.178	8.802	A	10.44451	13.0805	8.803225	-0.001	0.098	-0.001
512	10.493	13.079	8.752	A	10.49424	13.0805	8.75349	-0.001	-0.002	-0.001
512	7.907	10.791	7.857	A	7.907982	10.79266	7.858246	-0.001	-0.001	-0.001
512	7.907	10.891	7.857	A	7.907982	10.89213	7.858246	-0.001	-0.001	-0.001
512	7.857	10.741	7.807	A	7.858246	10.74292	7.808511	-0.001	-0.001	-0.001
512	7.758	10.692	7.758	A	7.758775	10.69318	7.758775	-0.001	-0.001	-0.001
512	7.807	10.692	7.708	A	7.808511	10.69318	7.709039	-0.001	-0.001	-0.001
512	11.786	12.432	9.598	A	11.78737	12.43393	9.598997	-0.002	-0.002	-0.001
512	11.487	12.333	9.548	A	11.48896	12.33446	9.549261	-0.002	-0.002	-0.001

512	12.383	12.482	9.498	A	12.3842	12.48367	9.499526	-0.002	-0.002	-0.001
512	11.745	12.640	9.731	A	11.74848	12.6436	9.734451	-0.004	-0.004	-0.003
512	11.438	12.333	9.498	A	11.43922	12.33446	9.499526	-0.002	-0.002	-0.001

## Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734 – AA(184)Hz

Πίνακας 0.5: Τιμές 734 – AA(184)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z	Διαφορά		
734	9.275	7.783	6.654	AA	9.281	7.748	6.618	-0.0066	0.0348	0.0356
734	8.880	7.493	6.313	AA	8.885	7.497	6.317	-0.0048	-0.0041	-0.0034
734	8.915	8.013	6.521	AA	8.885	7.983	6.490	0.0299	0.0304	0.0312
734	8.776	7.527	6.383	AA	8.781	7.531	6.386	-0.0048	-0.0041	-0.0035
734	8.776	7.562	6.279	AA	8.781	7.531	6.282	-0.0048	0.0306	-0.0034
734	9.743	11.788	9.158	AA	9.416	11.746	9.076	0.3266	0.0428	0.0818
734	10.132	11.642	9.743	AA	9.756	11.600	9.562	0.3766	0.0423	0.1810
734	9.304	11.642	10.230	AA	9.222	11.600	10.095	0.0823	0.0423	0.1342
734	10.658	11.584	10.194	AA	10.517	11.543	9.850	0.1402	0.0409	0.3438
734	10.912	11.788	9.061	AA	10.823	11.746	9.028	0.0882	0.0428	0.0329
734	5.273	7.146	5.966	AA	5.241	7.150	5.866	0.0318	-0.0039	0.1009
734	5.847	7.097	6.412	AA	5.730	6.981	6.416	0.1169	0.1160	-0.0045
734	5.273	7.111	5.862	AA	5.241	7.115	5.831	0.0318	-0.0039	0.0315
734	5.828	8.186	5.273	AA	5.831	8.156	5.275	-0.0032	0.0303	-0.0029
734	5.620	8.325	5.620	AA	5.588	8.295	5.553	0.0317	0.0302	0.0664
734	9.262	9.921	6.625	AA	9.267	9.926	6.629	-0.0050	-0.0054	-0.0036
734	10.070	10.540	6.700	AA	9.919	10.428	6.665	0.1514	0.1120	0.0356
734	9.275	10.155	6.599	AA	9.245	10.015	6.604	0.0300	0.1395	-0.0047
734	9.276	10.396	6.542	AA	9.143	10.398	6.543	0.1328	-0.0018	-0.0011
734	10.075	9.957	6.651	AA	10.004	9.964	6.656	0.0718	-0.0069	-0.0046
734	11.058	12.129	9.353	AA	10.726	11.940	9.270	0.3314	0.1897	0.0825
734	10.863	11.740	10.230	AA	10.678	11.649	10.144	0.1851	0.0912	0.0857
734	10.376	11.447	10.181	AA	10.290	11.357	10.095	0.0862	0.0901	0.0855
734	10.425	11.301	10.376	AA	10.338	11.212	10.290	0.0864	0.0896	0.0862
734	11.935	11.350	10.619	AA	11.454	11.309	10.484	0.4802	0.0412	0.1356
734	9.353	12.081	7.453	AA	9.270	12.037	7.426	0.0825	0.0439	0.0271
734	10.766	12.568	8.963	AA	10.726	12.522	8.931	0.0391	0.0457	0.0326
734	10.912	12.276	9.061	AA	10.872	11.891	9.028	0.0396	0.3843	0.0329
734	10.863	13.542	9.061	AA	10.823	13.444	9.028	0.0395	0.0977	0.0329
734	10.766	13.347	8.963	AA	10.726	13.250	8.931	0.0391	0.0970	0.0326
734	13.493	12.324	10.863	AA	12.959	12.037	10.823	0.5344	0.2874	0.0395
734	12.279	12.875	10.551	AA	12.238	12.476	10.515	0.0411	0.3995	0.0353



734	11.043	11.723	10.364	AA	10.891	11.625	10.327	0.1520	0.0980	0.0367
734	10.668	11.642	10.376	AA	10.581	11.503	10.290	0.0873	0.1394	0.0862
734	11.935	11.253	10.376	AA	11.697	11.212	10.338	0.2375	0.0409	0.0377
734	9.012	9.889	9.986	AA	8.979	9.853	9.901	0.0327	0.0359	0.0848
734	8.866	9.402	10.619	AA	8.785	9.076	10.581	0.0807	0.3254	0.0386
734	8.899	9.816	10.355	AA	8.864	9.777	10.261	0.0351	0.0388	0.0946
734	8.866	9.791	10.522	AA	8.834	9.707	10.095	0.0322	0.0841	0.4265
734	8.963	9.889	9.012	AA	8.931	9.804	8.979	0.0326	0.0845	0.0327
734	9.863	10.824	7.890	AA	9.794	10.803	7.875	0.0692	0.0206	0.0150
734	11.438	10.543	7.658	AA	11.413	10.520	7.642	0.0250	0.0230	0.0167
734	11.438	11.885	7.658	AA	11.363	11.413	7.592	0.0746	0.4725	0.0663
734	9.548	10.543	7.658	AA	9.527	10.520	7.642	0.0209	0.0230	0.0167
734	11.537	10.592	7.758	AA	11.734	10.569	7.741	0.0252	0.0231	0.0169
734	10.493	12.830	8.653	AA	10.420	12.256	8.584	0.0725	0.5738	0.0685
734	11.197	11.449	8.625	AA	10.771	11.375	8.606	0.4262	0.0745	0.0182
734	12.088	11.989	8.656	AA	11.369	11.717	8.639	0.7190	0.2720	0.0171
734	12.034	12.432	8.653	AA	11.810	11.810	8.584	0.2248	0.6226	0.0685
734	11.189	11.239	8.553	AA	11.115	11.165	8.535	0.0741	0.0742	0.0187
734	8.622	11.058	10.132	AA	8.542	11.018	10.047	0.0799	0.0402	0.0853
734	8.289	10.760	9.885	AA	8.260	10.723	9.850	0.0287	0.0372	0.0342
734	9.207	10.960	10.132	AA	8.834	10.921	10.095	0.3732	0.0398	0.0368
734	8.468	11.003	10.086	AA	8.434	10.959	9.992	0.0341	0.0443	0.0943
734	8.519	11.080	10.095	AA	8.489	11.040	9.961	0.0303	0.0394	0.1341
734				AA				0.0000	0.0000	0.0000
734	14.364	13.385	8.906	AA	14.263	13.339	8.876	0.1010	0.0463	0.0308
734	14.994	13.214	8.845	AA	14.182	13.108	8.757	0.8113	0.1059	0.0886
734	12.207	12.081	8.746	AA	12.159	11.846	8.712	0.0477	0.2353	0.0342
734	14.565	13.250	8.817	AA	14.124	13.202	8.785	0.4412	0.0481	0.0320
734	8.704	10.492	9.538	AA	8.674	10.397	9.149	0.0298	0.0954	0.3892
734	8.720	11.301	10.376	AA	8.639	11.260	10.338	0.0802	0.0411	0.0377
734	9.499	11.983	10.571	AA	9.270	11.891	10.484	0.2286	0.0921	0.0869
734	8.622	11.204	10.327	AA	8.591	11.163	10.290	0.0313	0.0407	0.0375
734	8.768	11.350	10.473	AA	8.736	11.163	10.387	0.0319	0.1868	0.0866
734	10.766	13.786	8.476	AA	10.726	13.687	8.445	0.0391	0.0986	0.0308
734	11.504	14.068	8.703	AA	11.347	13.902	8.674	0.1573	0.1659	0.0291
734	10.425	13.981	8.720	AA	10.338	13.881	8.639	0.0864	0.0993	0.0802
734	10.327	13.006	8.671	AA	10.290	12.862	8.639	0.0375	0.1443	0.0315
734	10.328	12.926	8.529	AA	10.291	12.881	8.499	0.0364	0.0456	0.0301
734	11.350	12.276	8.379	AA	11.309	12.231	8.251	0.0412	0.0446	0.1275
734	11.009	11.886	7.550	AA	10.969	11.843	7.523	0.0400	0.0432	0.0274

734	11.116	11.980	7.966	AA	11.080	11.942	7.879	0.0359	0.0387	0.0873
734	10.950	11.813	7.336	AA	10.852	11.765	7.306	0.0978	0.0475	0.0295
734	10.784	11.671	7.485	AA	10.746	11.629	7.409	0.0384	0.0415	0.0757
734	9.846	10.692	8.156	AA	9.775	10.668	7.939	0.0711	0.0234	0.2163
734	9.548	7.957	8.752	AA	9.527	7.890	8.634	0.0209	0.0670	0.1184
734	9.598	8.603	9.051	AA	9.577	8.584	8.981	0.0210	0.0188	0.0694
734	9.498	8.454	11.139	AA	9.477	8.435	11.115	0.0207	0.0185	0.0243
734	9.647	7.807	11.537	AA	9.626	7.741	11.734	0.0211	0.0667	0.0252
734	9.598	8.752	9.598	AA	9.577	8.733	9.577	0.0210	0.0191	0.0210
734	9.598	9.548	8.305	AA	9.527	9.329	8.237	0.0706	0.2193	0.0678
734	9.548	9.598	7.857	AA	9.548	9.598	7.857	0.0000	0.0000	0.0000
734	9.538	9.538	7.794	AA	9.517	9.517	7.722	0.0210	0.0210	0.0716
734	9.548	9.548	8.255	AA	9.477	9.527	8.138	0.0705	0.0209	0.1173
734	13.055	11.447	9.402	AA	12.959	11.357	9.319	0.0960	0.0901	0.0827
734	12.909	10.619	9.158	AA	12.813	10.484	9.125	0.0954	0.1356	0.0333
734	13.197	10.834	9.849	AA	13.150	10.795	9.715	0.0470	0.0385	0.1332
734	12.958	10.181	10.717	AA	12.862	10.144	10.435	0.0956	0.0370	0.2816
734	12.518	9.895	10.670	AA	12.476	9.803	10.634	0.0419	0.0925	0.0357
734	10.086	9.816	10.140	AA	9.992	9.670	10.046	0.0935	0.1462	0.0938
734	10.301	11.110	10.301	AA	10.261	11.067	10.207	0.0407	0.0439	0.0944
734	10.278	10.522	9.791	AA	10.241	10.435	9.610	0.0373	0.0868	0.1812
734	10.230	10.668	10.035	AA	10.144	10.435	9.853	0.0857	0.2329	0.1821
734	10.132	10.084	10.084	AA	10.095	9.950	10.047	0.0368	0.1337	0.0366
734	10.522	11.399	8.817	AA	10.484	11.357	8.736	0.0382	0.0414	0.0806
734	10.292	11.178	8.568	AA	10.255	11.138	8.538	0.0366	0.0398	0.0305
734	10.327	11.350	8.622	AA	10.290	11.260	8.591	0.0375	0.0898	0.0313
734	10.528	11.480	8.623	AA	10.291	11.340	8.593	0.2364	0.1398	0.0300
734	10.522	11.399	8.671	AA	10.484	11.357	8.639	0.0382	0.0414	0.0315
734	15.736	10.759	13.473	AA	15.651	10.735	12.892	0.0844	0.0234	0.5812
734	13.477	10.592	11.587	AA	13.447	10.569	11.562	0.0294	0.0231	0.0253
734	14.571	10.592	12.731	AA	14.241	10.520	12.554	0.3295	0.0728	0.1767
734	13.178	10.393	11.388	AA	13.100	10.371	11.363	0.0784	0.0227	0.0249
734	12.903	10.414	11.379	AA	12.264	10.389	11.352	0.6388	0.0248	0.0271
734	8.504	7.459	10.592	AA	8.485	7.443	10.569	0.0186	0.0163	0.0231
734	8.802	7.658	10.891	AA	8.783	7.642	10.817	0.0192	0.0167	0.0734
734	8.700	7.530	10.684	AA	8.630	7.513	10.660	0.0703	0.0169	0.0239
734	9.896	7.708	10.990	AA	9.428	7.691	10.966	0.4682	0.0168	0.0240
734	10.543	7.410	10.642	AA	10.520	7.393	10.569	0.0230	0.0162	0.0729
734	10.443	13.526	8.703	AA	10.420	12.901	8.684	0.0228	0.6250	0.0190
734	10.527	16.187	9.615	AA	10.507	15.670	9.596	0.0200	0.5166	0.0182

734	10.517	16.629	8.810	AA	10.490	16.532	8.788	0.0271	0.0977	0.0227
734	10.443	13.178	8.802	AA	10.420	12.901	8.733	0.0228	0.2769	0.0688
734	10.493	13.079	8.752	AA	10.470	13.001	8.733	0.0229	0.0782	0.0191
734	7.907	10.791	7.857	AA	7.890	10.768	7.840	0.0173	0.0236	0.0172
734	7.907	10.891	7.857	AA	7.890	10.867	7.840	0.0173	0.0238	0.0172
734	7.857	10.741	7.807	AA	7.840	10.718	7.790	0.0172	0.0235	0.0171
734	7.758	10.692	7.758	AA	7.741	10.668	7.741	0.0169	0.0234	0.0169
734	7.807	10.692	7.708	AA	7.790	10.668	7.691	0.0171	0.0234	0.0168
734	11.786	12.432	9.598	AA	11.710	12.405	9.577	0.0754	0.0272	0.0210
734	11.487	12.333	9.548	AA	11.363	12.256	9.527	0.1243	0.0766	0.0209
734	12.383	12.482	9.498	AA	11.959	12.405	9.477	0.4240	0.0769	0.0207
734	11.745	12.640	9.731	AA	11.716	12.609	9.708	0.0284	0.0306	0.0236
734	11.438	12.333	9.498	AA	11.413	12.256	9.477	0.0250	0.0766	0.0207

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734 – AAAA(46)Hz

Πίνακας 0.6: Τιμές 734 – AAAA(46)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z	Διαφορά		
734	9.275	7.783	6.654	AAAA	9.091	7.313	6.626	0.184	0.469	0.027
734	8.880	7.493	6.313	AAAA	8.130	7.192	6.254	0.750	0.301	0.059
734	8.915	8.013	6.521	AAAA	8.686	7.609	6.428	0.229	0.404	0.094
734	8.776	7.527	6.383	AAAA	8.130	7.470	6.289	0.646	0.057	0.094
734	8.776	7.562	6.279	AAAA	8.269	7.366	6.289	0.507	0.196	-0.010
734	9.743	11.788	9.158	AAAA	8.934	9.937	8.934	0.809	1.851	0.224
734	10.132	11.642	9.743	AAAA	8.790	10.319	8.838	1.342	1.323	0.904
734	9.304	11.642	10.230	AAAA	8.790	10.415	8.838	0.514	1.228	1.391
734	10.658	11.584	10.194	AAAA	8.739	10.507	8.790	1.918	1.077	1.404
734	10.912	11.788	9.061	AAAA	9.220	11.179	8.838	1.691	0.609	0.222
734	5.273	7.146	5.966	AAAA	5.212	5.976	5.281	0.061	1.170	0.685
734	5.847	7.097	6.412	AAAA	5.253	6.020	5.818	0.595	1.077	0.593
734	5.273	7.111	5.862	AAAA	5.177	6.463	5.246	0.096	0.649	0.616
734	5.828	8.186	5.273	AAAA	5.351	7.123	5.177	0.477	1.064	0.096
734	5.620	8.325	5.620	AAAA	5.246	7.192	5.246	0.373	1.133	0.373
734	9.262	9.921	6.625	AAAA	7.957	9.242	6.602	1.305	0.679	0.024
734	10.070	10.540	6.700	AAAA	9.002	9.671	6.486	1.067	0.869	0.214
734	9.275	10.155	6.599	AAAA	8.230	9.552	6.613	1.045	0.603	-0.014
734	9.276	10.396	6.542	AAAA	9.079	9.708	6.517	0.197	0.688	0.025
734	10.075	9.957	6.651	AAAA	9.273	9.273	6.629	0.803	0.685	0.023
734	11.058	12.129	9.353	AAAA	10.184	11.131	8.456	0.930	0.998	0.897
734	10.863	11.740	10.230	AAAA	10.080	11.036	8.504	0.783	0.704	1.726

734	10.376	11.447	10.181	AAAA	10.033	10.940	8.408	0.343	0.507	1.773
734	10.425	11.301	10.376	AAAA	10.184	10.988	8.504	0.296	0.313	1.872
734	11.935	11.350	10.619	AAAA	10.184	10.988	9.029	1.806	0.362	1.590
734	9.353	12.081	7.453	AAAA	9.077	11.752	7.262	0.276	0.328	0.191
734	10.766	12.568	8.963	AAAA	9.746	11.418	8.743	1.020	1.150	0.220
734	10.912	12.276	9.061	AAAA	8.982	11.561	8.838	1.930	0.714	0.222
734	10.863	13.542	9.061	AAAA	8.982	11.561	8.838	1.881	1.981	0.222
734	10.766	13.347	8.963	AAAA	8.982	11.561	8.695	1.784	1.786	0.268
734	13.493	12.324	10.863	AAAA	12.374	11.514	10.558	1.120	0.811	0.305
734	12.279	12.875	10.551	AAAA	11.718	11.249	10.312	0.562	1.626	0.239
734	11.043	11.723	10.364	AAAA	10.222	11.056	9.833	0.821	0.667	0.530
734	10.668	11.642	10.376	AAAA	10.271	11.084	9.364	0.397	0.559	1.012
734	11.935	11.253	10.376	AAAA	10.176	10.988	10.184	1.759	0.265	0.248
734	9.012	9.889	9.986	AAAA	8.360	9.077	9.077	0.651	0.812	0.909
734	8.866	9.402	10.619	AAAA	7.644	8.313	10.367	1.222	1.089	0.252
734	8.899	9.816	10.355	AAAA	7.615	9.466	8.990	1.284	0.350	1.365
734	8.866	9.791	10.522	AAAA	8.647	9.555	8.743	0.219	0.236	1.779
734	8.963	9.889	9.012	AAAA	8.599	9.507	8.790	0.364	0.382	0.221
734	9.863	10.824	7.890	AAAA	8.662	10.603	7.716	1.201	0.221	0.175
734	11.438	10.543	7.658	AAAA	9.381	10.309	7.524	2.057	0.233	0.134
734	11.438	11.885	7.658	AAAA	9.528	10.261	7.476	1.910	1.625	0.183
734	9.548	10.543	7.658	AAAA	7.524	10.309	7.524	2.024	0.233	0.134
734	11.537	10.592	7.758	AAAA	9.430	10.358	7.573	2.107	0.234	0.184
734	10.493	12.830	8.653	AAAA	10.163	11.091	8.453	0.330	1.739	0.200
734	11.197	11.449	8.625	AAAA	10.171	11.014	8.434	1.026	0.435	0.190
734	12.088	11.989	8.656	AAAA	12.088	11.989	8.656	0.000	0.000	0.000
734	12.034	12.432	8.653	AAAA	10.163	11.042	8.453	1.872	1.390	0.200
734	11.189	11.239	8.553	AAAA	10.114	10.945	8.404	1.075	0.294	0.149
734	8.622	11.058	10.132	AAAA	8.360	10.033	8.886	0.262	1.025	1.246
734	8.289	10.760	9.885	AAAA	8.083	10.507	8.790	0.206	0.252	1.095
734	9.207	10.960	10.132	AAAA	8.265	10.606	9.650	0.942	0.355	0.482
734	8.468	11.003	10.086	AAAA	8.250	9.995	9.043	0.218	1.008	1.043
734	8.519	11.080	10.095	AAAA	8.316	10.782	9.138	0.203	0.297	0.956
734				AAAA				0.000	0.000	0.000
734	14.364	13.385	8.906	AAAA	11.770	12.326	7.881	2.593	1.059	1.026
734	14.994	13.214	8.845	AAAA	12.058	12.798	8.620	2.936	0.416	0.225
734	12.207	12.081	8.746	AAAA	10.320	11.309	8.528	1.886	0.772	0.218
734	14.565	13.250	8.817	AAAA	11.322	12.756	8.599	3.243	0.494	0.218
734	8.704	10.492	9.538	AAAA	6.913	9.433	8.554	1.790	1.059	0.984
734	8.720	11.301	10.376	AAAA	8.265	9.459	9.364	0.455	1.842	1.012

734	9.499	11.983	10.571	AAAA	8.599	10.893	10.184	0.900	1.091	0.443
734	8.622	11.204	10.327	AAAA	8.360	10.701	10.080	0.262	0.503	0.247
734	8.768	11.350	10.473	AAAA	7.501	9.555	9.412	1.268	1.795	1.062
734	10.766	13.786	8.476	AAAA	10.033	12.851	7.978	0.733	0.934	0.498
734	11.504	14.068	8.703	AAAA	10.253	12.831	8.202	1.251	1.237	0.500
734	10.425	13.981	8.720	AAAA	10.184	12.708	8.408	0.296	1.273	0.311
734	10.327	13.006	8.671	AAAA	9.937	12.374	8.360	0.390	0.633	0.310
734	10.328	12.926	8.529	AAAA	10.083	12.506	8.054	0.244	0.420	0.475
734	11.350	12.276	8.379	AAAA	11.084	11.752	7.692	0.266	0.523	0.687
734	11.009	11.886	7.550	AAAA	10.749	10.606	7.262	0.260	1.280	0.289
734	11.116	11.980	7.966	AAAA	10.848	10.848	7.394	0.267	1.132	0.572
734	10.950	11.813	7.336	AAAA	10.630	10.683	7.192	0.320	1.130	0.143
734	10.784	11.671	7.485	AAAA	10.492	11.363	7.108	0.292	0.308	0.377
734	9.846	10.692	8.156	AAAA	9.528	9.235	7.720	0.319	1.457	0.436
734	9.548	7.957	8.752	AAAA	9.283	7.524	7.524	0.265	0.432	1.228
734	9.598	8.603	9.051	AAAA	9.186	8.404	7.671	0.412	0.199	1.380
734	9.498	8.454	11.139	AAAA	9.186	8.257	10.114	0.313	0.197	1.025
734	9.647	7.807	11.537	AAAA	9.430	7.573	11.287	0.217	0.234	0.250
734	9.598	8.752	9.598	AAAA	9.332	8.550	8.844	0.265	0.202	0.754
734	9.598	9.548	8.305	AAAA	9.186	8.502	7.769	0.412	1.046	0.536
734	9.548	9.598	7.857	AAAA	8.355	8.502	7.622	1.193	1.096	0.235
734	9.538	9.538	7.794	AAAA	9.321	8.464	7.500	0.217	1.074	0.294
734	9.548	9.548	8.255	AAAA	8.208	8.648	7.866	1.339	0.900	0.389
734	13.055	11.447	9.402	AAAA	11.131	10.271	8.982	1.924	1.176	0.420
734	12.909	10.619	9.158	AAAA	12.374	9.889	8.934	0.535	0.730	0.224
734	13.197	10.834	9.849	AAAA	11.798	10.154	9.042	1.399	0.680	0.807
734	12.958	10.181	10.717	AAAA	12.374	9.889	9.077	0.584	0.292	1.640
734	12.518	9.895	10.670	AAAA	12.184	9.667	9.609	0.390	0.228	1.061
734	10.086	9.816	10.140	AAAA	8.356	9.255	8.673	1.730	0.561	1.467
734	10.301	11.110	10.301	AAAA	10.048	10.207	9.202	0.253	0.904	1.100
734	10.278	10.522	9.791	AAAA	8.599	9.937	9.125	1.679	0.585	0.666
734	10.230	10.668	10.035	AAAA	9.841	9.889	8.886	0.388	0.779	1.149
734	10.132	10.084	10.084	AAAA	9.889	9.364	9.077	0.243	0.720	1.006
734	10.522	11.399	8.817	AAAA	10.184	11.179	8.599	0.394	0.220	0.218
734	10.292	11.178	8.568	AAAA	9.815	10.927	8.413	0.476	0.251	0.155
734	10.327	11.350	8.622	AAAA	9.889	10.988	8.408	0.438	0.362	0.214
734	10.528	11.480	8.623	AAAA	9.756	10.938	8.426	0.772	0.542	0.197
734	10.522	11.399	8.671	AAAA	10.176	11.084	8.408	0.346	0.315	0.263
734	15.736	10.759	13.473	AAAA	11.571	9.593	11.522	4.164	1.165	1.951
734	13.477	10.592	11.587	AAAA	11.336	9.772	11.336	2.141	0.820	0.251

734	14.571	10.592	12.731	AAAA	11.531	10.358	11.287	3.040	0.234	1.444
734	13.178	10.393	11.388	AAAA	11.091	10.163	11.091	2.087	0.230	0.297
734	12.903	10.414	11.379	AAAA	11.100	10.150	11.100	1.803	0.264	0.279
734	8.504	7.459	10.592	AAAA	8.355	7.329	10.212	0.149	0.130	0.381
734	8.802	7.658	10.891	AAAA	8.599	7.476	10.554	0.203	0.183	0.337
734	8.700	7.530	10.684	AAAA	8.409	7.358	10.412	0.291	0.172	0.273
734	9.896	7.708	10.990	AAAA	8.697	7.573	10.651	1.199	0.135	0.339
734	10.543	7.410	10.642	AAAA	10.309	7.280	10.358	0.233	0.129	0.284
734	10.443	13.526	8.703	AAAA	9.381	10.407	8.550	1.062	3.119	0.152
734	10.527	16.187	9.615	AAAA	10.246	12.523	8.569	0.281	3.663	1.046
734	10.517	16.629	8.810	AAAA	10.276	12.007	8.600	0.241	4.622	0.210
734	10.443	13.178	8.802	AAAA	10.163	11.091	8.550	0.280	2.087	0.252
734	10.493	13.079	8.752	AAAA	10.261	11.140	8.599	0.232	1.939	0.153
734	7.907	10.791	7.857	AAAA	7.720	10.554	7.671	0.187	0.237	0.186
734	7.907	10.891	7.857	AAAA	7.720	10.651	7.720	0.187	0.239	0.137
734	7.857	10.741	7.807	AAAA	7.671	9.528	7.524	0.186	1.214	0.283
734	7.758	10.692	7.758	AAAA	7.622	10.456	7.573	0.136	0.236	0.184
734	7.807	10.692	7.708	AAAA	7.622	10.456	6.694	0.185	0.236	1.014
734	11.786	12.432	9.598	AAAA	10.261	10.700	8.550	1.525	1.732	1.047
734	11.487	12.333	9.548	AAAA	9.430	11.042	9.283	2.057	1.290	0.265
734	12.383	12.482	9.498	AAAA	9.919	12.117	9.283	2.464	0.365	0.215
734	11.745	12.640	9.731	AAAA	9.627	10.727	9.517	2.118	1.912	0.214
734	11.438	12.333	9.498	AAAA	9.381	10.358	9.186	2.057	1.974	0.313

## Ανεξάρτητες Μεταβλητές

Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734 – 184Hz

Πίνακας 0.7: Τιμές 734 - 184Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	10.337	6.764	6.348	184	11.786	9.251	9.936
734	10.815	6.562	6.965	184	13.910	9.319	8.497
734	10.625	6.627	6.452	184	14.253	8.805	8.360
734	10.372	6.348	6.001	184	13.910	8.839	8.394
734	10.164	6.452	5.966	184	13.636	8.531	8.394
734	8.184	10.717	8.184	184	8.764	11.111	8.764
734	8.622	10.619	8.232	184	8.214	10.744	9.754
734	9.499	10.522	8.573	184	8.287	10.818	9.094
734	8.086	10.473	8.866	184	9.278	11.441	9.094
734	8.184	10.717	8.135	184	8.397	11.258	8.618

734	4.718	6.903	4.614	184	6.510	9.696	6.407
734	5.081	7.783	4.759	184	6.441	9.422	6.270
734	4.856	7.597	4.683	184	6.544	9.216	6.338
734	5.230	7.498	4.653	184	6.681	10.278	6.338
734	5.316	7.589	4.839	184	6.887	10.244	6.236
734	8.991	9.070	6.007	184	11.734	11.854	8.360
734	8.256	8.846	5.932	184	11.169	11.786	8.017
734	8.291	8.880	6.001	184	11.615	12.026	8.120
734	8.381	8.872	5.996	184	11.340	11.786	7.983
734	8.048	8.637	5.828	184	12.094	12.094	8.051
734	9.395	11.927	9.528	184	10.121	10.964	9.278
734	9.304	11.594	10.425	184	9.828	11.844	9.791
734	9.158	11.301	10.473	184	9.571	11.404	11.038
734	9.402	10.278	10.717	184	9.498	10.964	9.754
734	9.548	10.522	11.107	184	9.681	10.854	10.818
734	9.701	13.690	6.697	184	10.268	13.165	7.774
734	9.499	13.445	7.891	184	9.974	12.578	8.397
734	9.548	13.396	7.989	184	9.791	13.385	8.177
734	9.694	12.129	8.086	184	9.864	13.971	8.214
734	9.602	13.591	7.977	184	9.974	12.651	8.324
734	9.836	11.207	10.611	184	10.561	11.258	10.414
734	9.937	11.837	10.717	184	10.671	12.505	10.414
734	9.277	10.086	10.625	184	9.644	10.451	10.781
734	9.353	10.132	10.473	184	9.608	10.561	11.001
734	9.548	10.619	10.619	184	9.571	10.598	11.184
734	6.576	8.914	9.255	184	7.041	8.948	9.168
734	6.381	8.866	9.061	184	6.601	9.058	8.251
734	6.333	9.012	9.353	184	6.417	9.131	8.141
734	6.187	9.840	9.158	184	6.307	8.911	8.324
734	6.528	8.914	8.135	184	6.711	9.571	9.131
734	10.543	11.388	7.062	184	9.058	9.938	7.261
734	10.393	11.338	7.012	184	8.911	9.828	7.151
734	10.145	11.288	6.962	184	10.341	11.294	8.618
734	10.443	9.697	8.653	184	10.598	11.441	8.654
734	10.543	11.388	7.062	184	9.644	10.524	7.957
734	9.498	11.537	7.907	184	9.461	11.624	7.884
734	9.399	11.288	7.857	184	9.791	12.028	8.031
734	9.598	11.935	8.006	184	9.168	11.441	7.664
734	9.250	11.537	7.758	184	9.647	11.554	7.996
734	9.334	10.183	7.787	184	9.974	12.101	8.067

734	6.187	8.476	9.255	184	6.784	9.094	8.361
734	6.722	9.109	9.061	184	6.234	9.058	9.314
734	6.089	8.379	9.061	184	6.234	9.498	9.351
734	5.846	9.061	10.132	184	6.161	9.241	9.241
734	5.992	8.914	9.012	184	6.197	9.204	9.278
734	12.763	10.960	8.379	184	13.751	11.441	9.314
734	16.866	12.583	8.459	184	11.771	11.844	9.278
734	11.533	11.069	8.495	184	11.038	11.148	8.544
734	14.580	11.215	8.705	184	11.551	11.074	8.984
734	13.542	11.594	9.109	184	15.734	12.028	9.204
734	7.453	10.230	9.012	184	6.307	10.158	9.351
734	7.673	9.313	9.254	184	7.151	10.378	9.571
734	7.648	10.863	9.207	184	7.884	11.074	9.498
734	7.063	9.499	9.012	184	7.701	10.891	9.461
734	7.112	10.668	9.158	184	7.884	11.111	9.388
734	9.109	10.960	9.061	184	10.158	11.624	9.278
734	9.937	11.837	8.866	184	9.791	12.138	9.388
734	9.728	11.527	8.928	184	10.451	12.211	9.644
734	9.353	11.399	9.061	184	10.708	11.771	9.938
734	9.304	11.204	8.671	184	9.901	11.808	9.278
734	9.791	10.668	8.184	184	10.304	11.148	8.581
734	10.132	12.470	8.281	184	10.378	11.404	8.764
734	9.061	10.717	8.232	184	9.388	10.891	8.361
734	9.207	10.912	8.379	184	8.618	10.818	8.287
734	9.012	11.935	8.038	184	9.241	10.854	8.324
734	8.752	7.957	7.260	184	7.957	7.921	7.041
734	7.161	7.857	7.310	184	7.004	7.811	7.004
734	7.360	8.006	8.106	184	7.004	7.811	7.151
734	6.912	7.708	7.857	184	7.554	7.921	7.297
734	7.516	8.480	7.195	184	7.077	7.884	7.187
734	8.454	9.449	8.504	184	8.654	9.534	8.691
734	8.404	10.940	8.404	184	8.691	8.838	8.764
734	8.504	11.836	8.504	184	8.471	9.461	8.471
734	8.454	10.294	8.504	184	8.397	11.294	8.397
734	8.393	10.858	8.393	184	8.471	10.158	8.544
734	11.829	10.760	8.557	184	11.331	10.744	8.801
734	11.983	10.327	8.573	184	10.671	10.891	8.948
734	10.084	10.084	9.255	184	12.541	10.781	9.278
734	10.619	10.376	9.207	184	11.661	10.194	9.021
734	10.039	9.164	9.524	184	12.285	9.974	9.241



734	9.571	9.514	10.307	184	8.251	9.314	10.634
734	8.529	9.262	9.262	184	9.424	9.461	10.964
734	8.963	9.743	8.914	184	9.534	10.304	10.561
734	9.061	9.499	10.278	184	9.571	9.534	10.268
734	9.924	10.194	9.331	184	9.351	9.241	9.791
734	9.012	10.230	9.402	184	9.864	10.818	10.011
734	9.255	10.084	9.304	184	8.801	10.268	9.864
734	8.470	9.750	9.208	184	8.691	10.231	9.498
734	7.511	9.776	9.120	184	9.828	10.158	9.608
734	7.648	9.791	9.255	184	8.691	10.231	9.938
734	8.056	9.797	10.841	184	8.214	8.581	10.964
734	8.504	9.399	8.603	184	7.994	9.718	9.681
734	8.404	9.349	8.603	184	8.434	9.388	8.728
734	8.504	9.399	8.653	184	8.581	9.461	8.618
734	8.504	9.399	8.653	184	8.434	9.424	8.581
734	7.807	10.443	11.587	184	7.957	9.974	11.698
734	7.857	8.901	11.637	184	6.967	8.654	11.258
734	9.996	9.051	11.090	184	8.471	9.021	11.918
734	9.996	9.100	11.090	184	10.011	9.131	10.854
734	8.769	10.502	11.573	184	10.304	9.278	11.331
734	9.747	9.250	11.438	184	8.287	9.938	10.708
734	8.901	9.797	9.548	184	9.388	9.058	10.488
734	9.399	8.802	11.487	184	9.461	9.278	10.231
734	9.315	9.443	12.527	184	9.094	9.498	11.404
734	9.200	10.045	11.487	184	8.801	9.424	11.514
734	7.111	9.946	7.111	184	7.224	9.864	7.187
734	6.928	9.431	6.928	184	6.967	9.461	7.371
734	7.012	9.598	7.012	184	7.114	9.718	7.077
734	7.111	9.747	7.111	184	7.041	9.681	7.004
734	7.459	9.100	7.260	184	7.224	9.718	7.077
734	8.984	9.842	8.755	184	9.094	10.011	9.094
734	8.653	9.598	8.603	184	8.764	9.718	8.764
734	8.703	9.697	8.752	184	9.131	10.121	8.801
734	8.852	9.747	8.852	184	8.801	9.901	8.801
734	8.802	9.797	8.951	184	8.801	9.864	8.764

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 184 – AAAA(46)Hz

Πίνακας 0.8: Τιμές 184 – AAAA(46)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
184	11.786	9.251	9.936	AAAA	8.582	6.706	6.289
184	13.910	9.319	8.497	AAAA	8.781	6.466	6.099
184	14.253	8.805	8.360	AAAA	9.178	6.505	6.330
184	13.910	8.839	8.394	AAAA	9.207	6.324	5.941
184	13.636	8.531	8.394	AAAA	8.061	6.358	5.837
184	8.764	11.111	8.764	AAAA	7.787	10.271	7.931
184	8.214	10.744	9.754	AAAA	8.026	9.268	8.026
184	8.287	10.818	9.094	AAAA	8.217	10.184	7.931
184	9.278	11.441	9.094	AAAA	7.118	10.224	8.026
184	8.397	11.258	8.618	AAAA	7.453	10.367	7.978
184	6.510	9.696	6.407	AAAA	4.725	6.324	4.552
184	6.441	9.422	6.270	AAAA	4.889	7.030	4.727
184	6.544	9.216	6.338	AAAA	4.795	6.532	4.691
184	6.681	10.278	6.338	AAAA	4.973	6.747	4.665
184	6.887	10.244	6.236	AAAA	5.144	6.834	4.813
184	11.734	11.854	8.360	AAAA	8.108	8.541	5.904
184	11.169	11.786	8.017	AAAA	7.679	8.734	5.907
184	11.615	12.026	8.120	AAAA	7.540	8.374	5.941
184	11.340	11.786	7.983	AAAA	8.053	8.229	5.943
184	12.094	12.094	8.051	AAAA	7.123	8.026	5.698
184	10.121	10.964	9.278	AAAA	7.923	10.280	8.643
184	9.828	11.844	9.791	AAAA	7.835	10.463	9.125
184	9.571	11.404	11.038	AAAA	7.692	9.937	9.173
184	9.498	10.964	9.754	AAAA	7.739	9.985	8.982
184	9.681	10.854	10.818	AAAA	7.931	10.184	9.316
184	10.268	13.165	7.774	AAAA	7.930	11.895	6.382
184	9.974	12.578	8.397	AAAA	7.787	11.657	7.739
184	9.791	13.385	8.177	AAAA	7.931	11.705	7.787
184	9.864	13.971	8.214	AAAA	7.931	11.657	7.883
184	9.974	12.651	8.324	AAAA	7.881	11.798	7.543
184	10.561	11.258	10.414	AAAA	9.374	10.253	9.726
184	10.671	12.505	10.414	AAAA	9.316	10.510	9.937
184	9.644	10.451	10.781	AAAA	8.938	9.784	9.202
184	9.608	10.561	11.001	AAAA	9.077	9.841	9.841
184	9.571	10.598	11.184	AAAA	9.316	10.184	9.746
184	7.041	8.948	9.168	AAAA	6.402	8.026	8.217
184	6.601	9.058	8.251	AAAA	6.211	8.265	8.074
184	6.417	9.131	8.141	AAAA	6.163	8.552	8.169
184	6.307	8.911	8.324	AAAA	6.020	8.886	8.647

184	6.711	9.571	9.131	AAAA	6.258	8.599	7.931
184	9.058	9.938	7.261	AAAA	8.648	9.528	6.938
184	8.911	9.828	7.151	AAAA	8.550	10.309	6.889
184	10.341	11.294	8.618	AAAA	8.550	9.577	6.840
184	10.598	11.441	8.654	AAAA	8.550	9.430	8.111
184	9.644	10.524	7.957	AAAA	8.648	9.528	6.938
184	9.461	11.624	7.884	AAAA	8.648	10.114	7.769
184	9.791	12.028	8.031	AAAA	9.186	10.163	7.720
184	9.168	11.441	7.664	AAAA	9.381	10.309	7.866
184	9.647	11.554	7.996	AAAA	9.039	10.163	7.573
184	9.974	12.101	8.067	AAAA	9.079	9.913	7.606
184	6.784	9.094	8.361	AAAA	6.020	8.265	9.029
184	6.234	9.058	9.314	AAAA	5.924	8.408	8.838
184	6.234	9.498	9.351	AAAA	5.876	8.169	8.838
184	6.161	9.241	9.241	AAAA	5.685	8.552	8.934
184	6.197	9.204	9.278	AAAA	5.828	8.122	8.838
184	13.751	11.441	9.314	AAAA	9.746	10.415	7.835
184	11.771	11.844	9.278	AAAA	11.169	10.909	8.260
184	11.038	11.148	8.544	AAAA	9.800	10.608	8.083
184	11.551	11.074	8.984	AAAA	9.848	10.633	8.171
184	15.734	12.028	9.204	AAAA	11.275	11.275	8.217
184	6.307	10.158	9.351	AAAA	5.972	9.555	8.838
184	7.151	10.378	9.571	AAAA	6.787	8.397	8.973
184	7.884	11.074	9.498	AAAA	6.784	9.746	8.982
184	7.701	10.891	9.461	AAAA	6.115	8.886	8.456
184	7.884	11.111	9.388	AAAA	6.020	9.268	8.934
184	10.158	11.624	9.278	AAAA	8.790	10.606	8.647
184	9.791	12.138	9.388	AAAA	9.364	11.514	8.217
184	10.451	12.211	9.644	AAAA	9.232	11.000	8.577
184	10.708	11.771	9.938	AAAA	8.982	10.988	8.217
184	9.901	11.808	9.278	AAAA	9.077	10.415	8.026
184	10.304	11.148	8.581	AAAA	8.313	10.319	8.026
184	10.378	11.404	8.764	AAAA	9.746	10.606	8.122
184	9.388	10.891	8.361	AAAA	8.122	10.463	8.074
184	8.618	10.818	8.287	AAAA	8.217	10.654	8.169
184	9.241	10.854	8.324	AAAA	7.978	10.271	7.835
184	7.957	7.921	7.041	AAAA	7.573	7.818	6.938
184	7.004	7.811	7.004	AAAA	6.840	7.671	6.840
184	7.004	7.811	7.151	AAAA	6.938	7.769	7.573
184	7.554	7.921	7.297	AAAA	6.743	7.524	7.427

184	7.077	7.884	7.187	AAAA	6.826	8.090	6.826
184	8.654	9.534	8.691	AAAA	6.792	8.550	8.306
184	8.691	8.838	8.764	AAAA	7.427	9.821	8.111
184	8.471	9.461	8.471	AAAA	8.306	10.798	8.306
184	8.397	11.294	8.397	AAAA	8.257	9.137	8.306
184	8.471	10.158	8.544	AAAA	8.192	9.404	8.250
184	11.331	10.744	8.801	AAAA	8.775	9.393	8.219
184	10.671	10.891	8.948	AAAA	9.650	10.080	7.978
184	12.541	10.781	9.278	AAAA	8.886	9.555	8.886
184	11.661	10.194	9.021	AAAA	9.268	9.603	8.552
184	12.285	9.974	9.241	AAAA	9.396	8.689	8.588
184	8.251	9.314	10.634	AAAA	8.611	9.167	9.111
184	9.424	9.461	10.964	AAAA	7.661	8.643	8.381
184	9.534	10.304	10.561	AAAA	7.596	9.173	8.265
184	9.571	9.534	10.268	AAAA	8.122	8.982	9.125
184	9.351	9.241	9.791	AAAA	8.990	9.731	8.885
184	9.864	10.818	10.011	AAAA	7.692	9.985	9.173
184	8.801	10.268	9.864	AAAA	8.122	9.698	9.077
184	8.691	10.231	9.498	AAAA	7.398	9.477	8.945
184	9.828	10.158	9.608	AAAA	7.324	9.550	8.905
184	8.691	10.231	9.938	AAAA	7.357	9.555	9.029
184	8.214	8.581	10.964	AAAA	7.036	8.404	8.795
184	7.994	9.718	9.681	AAAA	7.573	9.088	8.404
184	8.434	9.388	8.728	AAAA	6.645	9.039	8.355
184	8.581	9.461	8.618	AAAA	7.524	9.186	8.404
184	8.434	9.424	8.581	AAAA	7.476	9.137	8.453
184	7.957	9.974	11.698	AAAA	7.573	8.502	11.238
184	6.967	8.654	11.258	AAAA	7.573	8.648	10.700
184	8.471	9.021	11.918	AAAA	7.915	8.844	9.967
184	10.011	9.131	10.854	AAAA	7.964	8.746	10.016
184	10.304	9.278	11.331	AAAA	7.575	8.579	11.288
184	8.287	9.938	10.708	AAAA	8.355	8.844	8.746
184	9.388	9.058	10.488	AAAA	8.062	8.550	7.964
184	9.461	9.278	10.231	AAAA	7.818	8.502	8.746
184	9.094	9.498	11.404	AAAA	8.343	8.532	8.848
184	8.801	9.424	11.514	AAAA	8.306	8.355	9.088
184	7.224	9.864	7.187	AAAA	6.987	9.577	6.938
184	6.967	9.461	7.371	AAAA	6.804	7.719	6.804
184	7.114	9.718	7.077	AAAA	6.889	8.502	6.840
184	7.041	9.681	7.004	AAAA	6.987	9.528	6.987

184	7.224	9.718	7.077	AAAA	6.547	8.257	6.547
184	9.094	10.011	9.094	AAAA	8.561	9.631	8.561
184	8.764	9.718	8.764	AAAA	8.062	9.332	8.453
184	9.131	10.121	8.801	AAAA	6.889	9.479	8.599
184	8.801	9.901	8.801	AAAA	7.769	9.577	8.648
184	8.801	9.864	8.764	AAAA	8.404	9.479	8.599

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734 – 184Hz

Πίνακας 0.9: Τιμές 734 – 184Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	9.275	7.783	6.654	184	11.923	10.244	8.565
734	8.880	7.493	6.313	184	11.717	10.861	8.600
734	8.915	8.013	6.521	184	11.820	10.964	9.285
734	8.776	7.527	6.383	184	11.923	10.278	8.600
734	8.776	7.562	6.279	184	11.752	10.073	8.428
734	9.743	11.788	9.158	184	9.314	12.065	9.314
734	10.132	11.642	9.743	184	9.388	12.028	9.644
734	9.304	11.642	10.230	184	9.278	11.954	9.828
734	10.658	11.584	10.194	184	10.158	11.918	10.488
734	10.912	11.788	9.061	184	9.314	11.954	9.278
734	5.273	7.146	5.966	184	7.229	9.490	8.565
734	5.847	7.097	6.412	184	7.469	9.593	8.805
734	5.273	7.111	5.862	184	7.126	9.627	7.024
734	5.828	8.186	5.273	184	7.469	9.730	8.497
734	5.620	8.325	5.620	184	7.880	11.032	7.263
734	9.262	9.921	6.625	184	13.019	13.979	8.805
734	10.070	10.540	6.700	184	12.711	13.670	8.805
734	9.275	10.155	6.599	184	13.156	13.636	9.148
734	9.276	10.396	6.542	184	13.328	14.287	9.148
734	10.075	9.957	6.651	184	13.876	14.150	8.805
734	11.058	12.129	9.353	184	10.524	12.871	10.598
734	10.863	11.740	10.230	184	10.451	11.661	10.964
734	10.376	11.447	10.181	184	10.744	11.661	10.634
734	10.425	11.301	10.376	184	10.524	11.661	10.378
734	11.935	11.350	10.619	184	10.561	11.441	11.514

734	9.353	12.081	7.453	184	11.294	13.568	9.388
734	10.766	12.568	8.963	184	11.184	13.091	8.471
734	10.912	12.276	9.061	184	11.184	12.871	9.314
734	10.863	13.542	9.061	184	11.148	12.211	9.314
734	10.766	13.347	8.963	184	11.074	13.788	9.204
734	13.493	12.324	10.863	184	12.908	12.028	11.074
734	12.279	12.875	10.551	184	12.615	11.771	10.854
734	11.043	11.723	10.364	184	12.285	11.808	10.671
734	10.668	11.642	10.376	184	10.781	11.808	10.561
734	11.935	11.253	10.376	184	12.541	11.881	10.781
734	9.012	9.889	9.986	184	8.984	9.864	10.781
734	8.866	9.402	10.619	184	9.278	9.974	11.001
734	8.899	9.816	10.355	184	9.094	10.048	10.928
734	8.866	9.791	10.522	184	8.251	9.974	10.854
734	8.963	9.889	9.012	184	9.278	11.038	9.571
734	9.863	10.824	7.890	184	11.514	10.598	7.701
734	11.438	10.543	7.658	184	11.771	11.001	7.664
734	11.438	11.885	7.658	184	11.221	11.588	7.591
734	9.548	10.543	7.658	184	9.754	10.744	7.811
734	11.537	10.592	7.758	184	11.368	11.404	7.957
734	10.493	12.830	8.653	184	11.331	12.945	8.691
734	11.197	11.449	8.625	184	11.001	11.734	8.764
734	12.088	11.989	8.656	184	11.771	11.514	8.654
734	12.034	12.432	8.653	184	12.028	11.404	8.618
734	11.189	11.239	8.553	184	12.065	11.331	8.654
734	8.622	11.058	10.132	184	8.764	11.148	10.304
734	8.289	10.760	9.885	184	10.268	11.148	10.304
734	9.207	10.960	10.132	184	8.874	10.598	9.754
734	8.468	11.003	10.086	184	9.681	11.368	10.414
734	8.519	11.080	10.095	184	8.544	11.148	10.268
734				184	16.172	13.531	9.094
734	14.364	13.385	8.906	184	13.458	13.165	9.021
734	14.994	13.214	8.845	184	14.558	12.688	9.094
734	12.207	12.081	8.746	184	13.421	13.421	9.021
734	14.565	13.250	8.817	184	15.218	13.421	9.094
734	8.704	10.492	9.538	184	8.948	11.551	10.561
734	8.720	11.301	10.376	184	8.948	11.478	9.828
734	9.499	11.983	10.571	184	8.948	11.991	10.671
734	8.622	11.204	10.327	184	8.984	12.285	10.781
734	8.768	11.350	10.473	184	8.874	11.588	10.634

734	10.766	13.786	8.476	184	10.781	13.385	9.021
734	11.504	14.068	8.703	184	10.964	13.935	8.838
734	10.425	13.981	8.720	184	10.561	14.045	8.948
734	10.327	13.006	8.671	184	10.561	13.458	8.874
734	10.328	12.926	8.529	184	10.488	13.495	9.534
734	11.350	12.276	8.379	184	11.404	12.248	7.811
734	11.009	11.886	7.550	184	11.331	12.248	7.847
734	11.116	11.980	7.966	184	11.368	12.285	7.957
734	10.950	11.813	7.336	184	11.294	12.248	7.591
734	10.784	11.671	7.485	184	11.221	12.138	7.554
734	9.846	10.692	8.156	184	9.681	7.737	11.588
734	9.548	7.957	8.752	184	11.734	10.488	9.534
734	9.598	8.603	9.051	184	9.644	8.287	8.948
734	9.498	8.454	11.139	184	9.644	8.471	9.718
734	9.647	7.807	11.537	184	9.828	8.581	9.791
734	9.598	8.752	9.598	184	9.718	8.654	7.774
734	9.598	9.548	8.305	184	9.608	8.654	8.434
734	9.548	9.598	7.857	184	9.644	10.634	7.957
734	9.538	9.538	7.794	184	9.498	10.451	7.701
734	9.548	9.548	8.255	184	9.791	12.725	7.884
734	13.055	11.447	9.402	184	13.531	11.514	9.351
734	12.909	10.619	9.158	184	13.311	11.258	9.388
734	13.197	10.834	9.849	184	13.055	11.038	10.341
734	12.958	10.181	10.717	184	13.055	10.268	10.158
734	12.518	9.895	10.670	184	13.201	10.378	11.001
734	10.086	9.816	10.140	184	10.708	10.708	10.561
734	10.301	11.110	10.301	184	12.101	11.111	10.451
734	10.278	10.522	9.791	184	10.598	10.414	10.304
734	10.230	10.668	10.035	184	10.341	10.194	9.608
734	10.132	10.084	10.084	184	10.378	10.378	10.378
734	10.522	11.399	8.817	184	10.744	11.661	8.948
734	10.292	11.178	8.568	184	10.634	11.551	8.838
734	10.327	11.350	8.622	184	10.524	11.624	8.764
734	10.528	11.480	8.623	184	10.671	11.954	8.838
734	10.522	11.399	8.671	184	10.634	11.624	8.874
734	15.736	10.759	13.473	184	12.358	10.451	11.881
734	13.477	10.592	11.587	184	17.198	10.634	13.531
734	14.571	10.592	12.731	184	13.568	10.598	11.624
734	13.178	10.393	11.388	184	8.507	9.388	8.544
734	12.903	10.414	11.379	184	13.184	10.341	11.294

734	8.504	7.459	10.592	184	9.388	7.517	10.744
734	8.802	7.658	10.891	184	8.618	7.444	10.598
734	8.700	7.530	10.684	184			
734	9.896	7.708	10.990	184	10.854	7.664	10.928
734	10.543	7.410	10.642	184	10.818	7.591	10.854
734	10.443	13.526	8.703	184	10.598	13.788	9.021
734	10.527	16.187	9.615	184	10.488	14.851	8.728
734	10.517	16.629	8.810	184	10.524	14.961	8.801
734	10.443	13.178	8.802	184	12.175	15.658	8.728
734	10.493	13.079	8.752	184	10.488	14.521	8.728
734	7.907	10.791	7.857	184	7.737	10.598	7.701
734	7.907	10.891	7.857	184	7.811	10.708	7.774
734	7.857	10.741	7.807	184	7.921	10.854	7.884
734	7.758	10.692	7.758	184	7.884	10.818	7.847
734	7.807	10.692	7.708	184	7.664	10.634	7.627
734	11.786	12.432	9.598	184	11.734	12.615	9.644
734	11.487	12.333	9.548	184	12.358	12.541	9.681
734	12.383	12.482	9.498	184	11.698	12.358	9.644
734	11.745	12.640	9.731	184	12.138	12.615	9.718
734	11.438	12.333	9.498	184	11.624	12.541	9.644

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 184 – AAAA(46)

Πίνακας 0.10: Τιμές 184 – AAAA(46)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
184	11.923	10.244	8.565	AAAA	9.091	7.313	6.626
184	11.717	10.861	8.600	AAAA	8.130	7.192	6.254
184	11.820	10.964	9.285	AAAA	8.686	7.609	6.428
184	11.923	10.278	8.600	AAAA	8.130	7.470	6.289
184	11.752	10.073	8.428	AAAA	8.269	7.366	6.289
184	9.314	12.065	9.314	AAAA	8.934	9.937	8.934
184	9.388	12.028	9.644	AAAA	8.790	10.319	8.838
184	9.278	11.954	9.828	AAAA	8.790	10.415	8.838
184	10.158	11.918	10.488	AAAA	8.739	10.507	8.790
184	9.314	11.954	9.278	AAAA	9.220	11.179	8.838
184	7.229	9.490	8.565	AAAA	5.212	5.976	5.281
184	7.469	9.593	8.805	AAAA	5.253	6.020	5.818
184	7.126	9.627	7.024	AAAA	5.177	6.463	5.246
184	7.469	9.730	8.497	AAAA	5.351	7.123	5.177



184	7.880	11.032	7.263	AAAA	5.246	7.192	5.246
184	13.019	13.979	8.805	AAAA	7.957	9.242	6.602
184	12.711	13.670	8.805	AAAA	9.002	9.671	6.486
184	13.156	13.636	9.148	AAAA	8.230	9.552	6.613
184	13.328	14.287	9.148	AAAA	9.079	9.708	6.517
184	13.876	14.150	8.805	AAAA	9.273	9.273	6.629
184	10.524	12.871	10.598	AAAA	10.184	11.131	8.456
184	10.451	11.661	10.964	AAAA	10.080	11.036	8.504
184	10.744	11.661	10.634	AAAA	10.033	10.940	8.408
184	10.524	11.661	10.378	AAAA	10.184	10.988	8.504
184	10.561	11.441	11.514	AAAA	10.184	10.988	9.029
184	11.294	13.568	9.388	AAAA	9.077	11.752	7.262
184	11.184	13.091	8.471	AAAA	9.746	11.418	8.743
184	11.184	12.871	9.314	AAAA	8.982	11.561	8.838
184	11.148	12.211	9.314	AAAA	8.982	11.561	8.838
184	11.074	13.788	9.204	AAAA	8.982	11.561	8.695
184	12.908	12.028	11.074	AAAA	12.374	11.514	10.558
184	12.615	11.771	10.854	AAAA	11.718	11.249	10.312
184	12.285	11.808	10.671	AAAA	10.222	11.056	9.833
184	10.781	11.808	10.561	AAAA	10.271	11.084	9.364
184	12.541	11.881	10.781	AAAA	10.176	10.988	10.184
184	8.984	9.864	10.781	AAAA	8.360	9.077	9.077
184	9.278	9.974	11.001	AAAA	7.644	8.313	10.367
184	9.094	10.048	10.928	AAAA	7.615	9.466	8.990
184	8.251	9.974	10.854	AAAA	8.647	9.555	8.743
184	9.278	11.038	9.571	AAAA	8.599	9.507	8.790
184	11.514	10.598	7.701	AAAA	8.662	10.603	7.716
184	11.771	11.001	7.664	AAAA	9.381	10.309	7.524
184	11.221	11.588	7.591	AAAA	9.528	10.261	7.476
184	9.754	10.744	7.811	AAAA	7.524	10.309	7.524
184	11.368	11.404	7.957	AAAA	9.430	10.358	7.573
184	11.331	12.945	8.691	AAAA	10.163	11.091	8.453
184	11.001	11.734	8.764	AAAA	10.171	11.014	8.434
184	11.771	11.514	8.654	AAAA	12.088	11.989	8.656
184	12.028	11.404	8.618	AAAA	10.163	11.042	8.453
184	12.065	11.331	8.654	AAAA	10.114	10.945	8.404
184	8.764	11.148	10.304	AAAA	8.360	10.033	8.886
184	10.268	11.148	10.304	AAAA	8.083	10.507	8.790
184	8.874	10.598	9.754	AAAA	8.265	10.606	9.650
184	9.681	11.368	10.414	AAAA	8.250	9.995	9.043

184	8.544	11.148	10.268	AAAA	8.316	10.782	9.138
184	16.172	13.531	9.094	AAAA			
184	13.458	13.165	9.021	AAAA	11.770	12.326	7.881
184	14.558	12.688	9.094	AAAA	12.058	12.798	8.620
184	13.421	13.421	9.021	AAAA	10.320	11.309	8.528
184	15.218	13.421	9.094	AAAA	11.322	12.756	8.599
184	8.948	11.551	10.561	AAAA	6.913	9.433	8.554
184	8.948	11.478	9.828	AAAA	8.265	9.459	9.364
184	8.948	11.991	10.671	AAAA	8.599	10.893	10.184
184	8.984	12.285	10.781	AAAA	8.360	10.701	10.080
184	8.874	11.588	10.634	AAAA	7.501	9.555	9.412
184	10.781	13.385	9.021	AAAA	10.033	12.851	7.978
184	10.964	13.935	8.838	AAAA	10.253	12.831	8.202
184	10.561	14.045	8.948	AAAA	10.184	12.708	8.408
184	10.561	13.458	8.874	AAAA	9.937	12.374	8.360
184	10.488	13.495	9.534	AAAA	10.083	12.506	8.054
184	11.404	12.248	7.811	AAAA	11.084	11.752	7.692
184	11.331	12.248	7.847	AAAA	10.749	10.606	7.262
184	11.368	12.285	7.957	AAAA	10.848	10.848	7.394
184	11.294	12.248	7.591	AAAA	10.630	10.683	7.192
184	11.221	12.138	7.554	AAAA	10.492	11.363	7.108
184	9.681	7.737	11.588	AAAA	9.528	9.235	7.720
184	11.734	10.488	9.534	AAAA	9.283	7.524	7.524
184	9.644	8.287	8.948	AAAA	9.186	8.404	7.671
184	9.644	8.471	9.718	AAAA	9.186	8.257	10.114
184	9.828	8.581	9.791	AAAA	9.430	7.573	11.287
184	9.718	8.654	7.774	AAAA	9.332	8.550	8.844
184	9.608	8.654	8.434	AAAA	9.186	8.502	7.769
184	9.644	10.634	7.957	AAAA	8.355	8.502	7.622
184	9.498	10.451	7.701	AAAA	9.321	8.464	7.500
184	9.791	12.725	7.884	AAAA	8.208	8.648	7.866
184	13.531	11.514	9.351	AAAA	11.131	10.271	8.982
184	13.311	11.258	9.388	AAAA	12.374	9.889	8.934
184	13.055	11.038	10.341	AAAA	11.798	10.154	9.042
184	13.055	10.268	10.158	AAAA	12.374	9.889	9.077
184	13.201	10.378	11.001	AAAA	12.184	9.667	9.609
184	10.708	10.708	10.561	AAAA	8.356	9.255	8.673
184	12.101	11.111	10.451	AAAA	10.048	10.207	9.202
184	10.598	10.414	10.304	AAAA	8.599	9.937	9.125
184	10.341	10.194	9.608	AAAA	9.841	9.889	8.886

184	10.378	10.378	10.378	AAAA	9.889	9.364	9.077
184	10.744	11.661	8.948	AAAA	10.184	11.179	8.599
184	10.634	11.551	8.838	AAAA	9.815	10.927	8.413
184	10.524	11.624	8.764	AAAA	9.889	10.988	8.408
184	10.671	11.954	8.838	AAAA	9.756	10.938	8.426
184	10.634	11.624	8.874	AAAA	10.176	11.084	8.408
184	12.358	10.451	11.881	AAAA	11.571	9.593	11.522
184	17.198	10.634	13.531	AAAA	11.336	9.772	11.336
184	13.568	10.598	11.624	AAAA	11.531	10.358	11.287
184	8.507	9.388	8.544	AAAA	11.091	10.163	11.091
184	13.184	10.341	11.294	AAAA	11.100	10.150	11.100
184	9.388	7.517	10.744	AAAA	8.355	7.329	10.212
184	8.618	7.444	10.598	AAAA	8.599	7.476	10.554
184				AAAA	8.409	7.358	10.412
184	10.854	7.664	10.928	AAAA	8.697	7.573	10.651
184	10.818	7.591	10.854	AAAA	10.309	7.280	10.358
184	10.598	13.788	9.021	AAAA	9.381	10.407	8.550
184	10.488	14.851	8.728	AAAA	10.246	12.523	8.569
184	10.524	14.961	8.801	AAAA	10.276	12.007	8.600
184	12.175	15.658	8.728	AAAA	10.163	11.091	8.550
184	10.488	14.521	8.728	AAAA	10.261	11.140	8.599
184	7.737	10.598	7.701	AAAA	7.720	10.554	7.671
184	7.811	10.708	7.774	AAAA	7.720	10.651	7.720
184	7.921	10.854	7.884	AAAA	7.671	9.528	7.524
184	7.884	10.818	7.847	AAAA	7.622	10.456	7.573
184	7.664	10.634	7.627	AAAA	7.622	10.456	6.694
184	11.734	12.615	9.644	AAAA	10.261	10.700	8.550
184	12.358	12.541	9.681	AAAA	9.430	11.042	9.283
184	11.698	12.358	9.644	AAAA	9.919	12.117	9.283
184	12.138	12.615	9.718	AAAA	9.627	10.727	9.517
184	11.624	12.541	9.644	AAAA	9.381	10.358	9.186

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Δημιουργία T-Test και P-Value τιμών

## Στατιστική ανάλυση για ένα άτομο

### Εξαρτημένες Μεταβλητές – Paired t-test

#### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz – A(367)Hz

Ο Πίνακας 6.2 παρουσιάζει τις τιμές της συχνότητας, με την ενέργεια που περιλαμβάνεται στο 90% της ισχύος, μέσα σε κάθε μέτρηση. Οι κατηγορίες συχνοτήτων είναι στα 734Hz και στα A(367)Hz, από τις οποίες για κάθε κατηγορία έχουν παρθεί πέντε μετρήσεις.

Πίνακας 0.1: Τιμές 734Hz – A(367)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	A(367)	7.112	9.947	7.112
734	6.928	9.431	6.928	A(367)	6.928	9.431	6.928
734	7.012	9.598	7.012	A(367)	7.013	9.599	7.013
734	7.111	9.747	7.111	A(367)	7.112	9.748	7.112
734	7.459	9.100	7.260	A(367)	7.460	9.102	7.261

Στον Πίνακα 6.3, παρουσιάζεται η διαφορά, μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα A(367)Hz.

Πίνακας 0.2: Διαφορά μεταξύ των τιμών

Διαφορά 734Hz → A(367)Hz		
X	Y	Z
-0.00096	-0.00135	-0.00096
0.00000	0	0
-0.00095	-0.0013	-0.00095
-0.00096	-0.00132	-0.00096
-0.00101	-0.00123	-0.00098

Στον Πίνακα 6.4, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που βγαίνουν βήμα-βήμα, μετά από την εκτέλεση των πράξεων.

Πίνακας 0.3 : Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	-0.00078	-0.00104	-0.00077
Τυπική Απόκλιση	0.000435	0.000583	0.000432
T-Test	-3.994	-3.989	-3.998

P-Value	0.0162	0.0163	0.0162
---------	--------	--------	--------

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X, T=-3.994. Βρίσκεται έξω από το διάστημα [-3.747, 3.747] και η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.0162 \rightarrow P=1.62\% < 5\%$ ), βλέπουμε ότι, η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε η πιθανότητα να κάνω λάθος αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι πολύ μικρή. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y, T=-3.989. Βρίσκεται έξω από το διάστημα [-3.747, 3.747] και η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.01632 \rightarrow P=1.63\% < 5\%$ ), βλέπουμε ότι, η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε η πιθανότητα να κάνω λάθος αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι πολύ μικρή. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z, T=-3.998. Βρίσκεται έξω από το διάστημα [-3.747, 3.747] και η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Επίσης, σύμφωνα με το P-Value ( $P=0.0162 \rightarrow P=1.62\%$ ), βλέπουμε ότι, η πιθανότητα που υπολογίζεται, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης που έχει οριστεί. Οπότε η πιθανότητα να κάνω λάθος αν απορρίψω την μηδενική υπόθεση, είναι πολύ μικρή. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για αυτήν τη σύγκριση. Οπότε παρατηρείται πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα από τις δύο κατηγορίες συχνοτήτων.

Στις επόμενες συγκρίσεις, τα δεδομένα που θα ελέγχουμε, θα είναι μόνο το P-Value, διότι μας ενδιαφέρει περισσότερο η πιθανότητα να κάνουμε λάθος, αν απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz

Ο Πίνακας 0.4, παρουσιάζει τις τιμές της συχνότητας ενέργειας 90%, σε κάθε μέτρηση. Οι κατηγορίες συχνοτήτων, είναι στα 734Hz και στα AA(184)Hz, από τις οποίες για κάθε κατηγορία έχουν παρθεί πέντε μετρήσεις.

Πίνακας 0.4: Τιμές 734Hz -AA(184)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	AA(184)	7.096	9.874	7.096

734	6.928	9.431	6.928	AA(184)	6.913	9.411	6.913
734	7.012	9.598	7.012	AA(184)	6.996	9.577	6.996
734	7.111	9.747	7.111	AA(184)	7.096	9.726	7.096
734	7.459	9.100	7.260	AA(184)	7.443	9.081	7.195

Στον Πίνακα 0.5, παρουσιάζεται η διαφορά, μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AA(184)Hz.

**Πίνακας 0.5: Διαφορά μεταξύ των τιμών**

Διαφορά 734Hz → AA(184)Hz		
X	Y	Z
0.0155	0.0713	0.0155
0.0145	0.0197	0.0145
0.0153	0.0210	0.0153
0.0155	0.0213	0.0155
0.0163	0.0199	0.0655

Στον Πίνακα 0.6, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.6: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.0154	0.0306	0.0253
Τυπική Απόκλιση	0.0006	0.0228	0.0225
T-Test	53.614	3.010	2.513
P-Value	$7.245^E-07$	$3.957^E-02$	$6.582^E-02$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=7.245^E-07 \rightarrow P=7.245^E-05\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=3.957^E-02 \rightarrow P=3.957\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=6.582^E-02 \rightarrow P=6.582\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz –AAAA(46)Hz

Ο Πίνακας 0.7, παρουσιάζει τις τιμές της συχνότητας ενέργειας 90%, σε κάθε μέτρηση. Οι κατηγορίες συχνοτήτων, είναι στα 734Hz και στα AAAA(46)Hz, από τις οποίες για κάθε κατηγορία έχουν παρθεί πέντε μετρήσεις.

**Πίνακας 0.7: Τιμές 734Hz-AAAA(46)Hz**

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	AAAA(46)	6.987	9.577	6.938
734	6.928	9.431	6.928	AAAA(46)	6.804	7.719	6.804
734	7.012	9.598	7.012	AAAA(46)	6.889	8.502	6.840
734	7.111	9.747	7.111	AAAA(46)	6.987	9.528	6.987
734	7.459	9.100	7.260	AAAA(46)	6.547	8.257	6.547

Στον Πίνακα 0.8, είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AAAA(46)Hz.

**Πίνακας 0.8: Διαφορά μεταξύ των τιμών**

Διαφορά 734Hz → AAAA(46)Hz		
X	Y	Z
0.124	0.369	0.173
0.124	1.712	0.124
0.123	1.096	0.171
0.124	0.219	0.124
0.912	0.843	0.713

Στον Πίνακα 0.6, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.9: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.281	0.848	0.261
Τυπική Απόκλιση	0.353	0.598	0.254
T-Test	1.784	3.168	2.300
P-Value	0.149	0.034	0.083

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.149 \rightarrow P=14.9\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.034 \rightarrow P=3.4\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=0.083 \rightarrow P=8.3\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνотήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz

Στον Πίνακας 0.10, είναι οι τιμές των μετρήσεων για τις κατηγορίες συχνотήτων στα AA(184)Hz και στα AAAA(46)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας, μέσα στο σήμα για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.10: Τιμές AA(184)Hz-AAAA(46)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
AA(184)	7.096	9.874	7.096	AAAA(46)	6.987	9.577	6.938
AA(184)	6.913	9.411	6.913	AAAA(46)	6.804	7.719	6.804
AA(184)	6.996	9.577	6.996	AAAA(46)	6.889	8.502	6.840
AA(184)	7.096	9.726	7.096	AAAA(46)	6.987	9.528	6.987
AA(184)	7.443	9.081	7.195	AAAA(46)	6.547	8.257	6.547

Στον Πίνακας 0.11, είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνотήτων στα AA(184)Hz και στα AAAA(46)Hz.

Πίνακας 0.11: Διαφορά μεταξύ των τιμών

Διαφορά AA(184)Hz $\rightarrow$ AAAA(46)Hz		
X	Y	Z
0.109	0.298	0.158
0.109	1.692	0.109
0.107	1.075	0.156
0.109	0.198	0.109
0.896	0.823	0.648



Στον Πίνακα 0.12, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που βγαίνουν βήμα-βήμα, μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.12: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.266	0.817	0.236
Τυπική Απόκλιση	0.352	0.609	0.232
T-Test	1.689	2.999	2.278
P-Value	0.167	0.040	0.085

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.167 \rightarrow P=16.7\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.04 \rightarrow P=4\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.085 \rightarrow P=8.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### **Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz –A(367)Hz**

Στον Πίνακα 0.13, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα A(367)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

**Πίνακας 0.13: Τιμές 734Hz - A(367)HZ**

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.907	10.791	7.857	A(367)	7.908	10.793	7.858
734	7.907	10.891	7.857	A(367)	7.908	10.892	7.858
734	7.857	10.741	7.807	A(367)	7.858	10.743	7.809
734	7.758	10.692	7.758	A(367)	7.759	10.693	7.759
734	7.807	10.692	7.708	A(367)	7.809	10.693	7.709

Στον Πίνακα 0.14, είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα A(367)Hz.

Πίνακας 0.14 Διαφορά μεταξύ των τιμών

Διαφορά 734Hz → A(367)Hz		
-0.001071	-0.00146	-0.00106
-0.001071	-0.00148	-0.00106
-0.001064	-0.00146	-0.00106
-0.001051	-0.00145	-0.00105
-0.001058	-0.00145	-0.00104

Στον Πίνακα 0.16, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.15: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	-0.00106	-0.00146	-0.00106
Τυπική Απόκλιση	8.631E-06	1.133E-05	8.672E-06
T-Test	-275.385	-287.944	-272.347
P-Value	1.043 <sup>E</sup> -09	8.727 <sup>E</sup> -10	1.090 <sup>E</sup> -09

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=1.043^E-09 \rightarrow P=1.043^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=8.727^E-10 \rightarrow P=8.727^E-8\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=1.09^E-09 \rightarrow P=1.09^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz

Στον Πίνακα 0.16, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AA(184)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.16: Τιμές 734Hz -AA(184)Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.907	10.791	7.857	AA(184)	7.890	10.768	7.840
734	7.907	10.891	7.857	AA(184)	7.890	10.867	7.840
734	7.857	10.741	7.807	AA(184)	7.840	10.718	7.790
734	7.758	10.692	7.758	AA(184)	7.741	10.668	7.741
734	7.807	10.692	7.708	AA(184)	7.790	10.668	7.691

Στον Πίνακα 0.17 είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AA(184)Hz.

Πίνακας 0.17 Διαφορά μεταξύ των τιμών

Διαφορά 734Hz → AA(184)Hz		
X	Y	Z
0.0173	0.0236	0.0172
0.0173	0.0238	0.0172
0.0172	0.0235	0.0171
0.0169	0.0234	0.0169
0.0171	0.0234	0.0168

Στον Πίνακα 0.18, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.18: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.0171	0.0235	0.0170
Τυπική Απόκλιση	0.000142	0.000182	0.000142
T-Test	270.604	289.502	268.814
P-Value	1.119 <sup>E</sup> -09	8.541 <sup>E</sup> -10	1.149 <sup>E</sup> -09

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=1.119^E-09 \rightarrow P=1.119^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=8.541^E-10 \rightarrow P=8.541^E-8\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=1.149^E-09 \rightarrow P=1.149^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### **Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz**

Στον Πίνακας 0.19, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AAAA(46)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

**Πίνακας 0.19: Τιμές 734Hz -AAAA(46)Hz**

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.907	10.791	7.857	AAAA(46)	7.720	10.554	7.671
734	7.907	10.891	7.857	AAAA(46)	7.720	10.651	7.720
734	7.857	10.741	7.807	AAAA(46)	7.671	9.528	7.524
734	7.758	10.692	7.758	AAAA(46)	7.622	10.456	7.573
734	7.807	10.692	7.708	AAAA(46)	7.622	10.456	6.694

Στον Πίνακας 0.20, είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα AAAA(46)Hz.

**Πίνακας 0.20: Διαφορά μεταξύ των τιμών**

Διαφορά 734Hz $\rightarrow$ AAAA(46)Hz		
X	Y	Z
0.187	0.237	0.186
0.187	0.239	0.137
0.186	1.214	0.283
0.136	0.236	0.184
0.185	0.236	1.014

Στον Πίνακα 0.21, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.21: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.176	0.432	0.361
Τυπική Απόκλιση	0.023	0.437	0.369
T-Test	17.331	2.213	2.188
P-Value	6.51 <sup>E</sup> -05	9.13 <sup>E</sup> -02	9.39 <sup>E</sup> -02

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=6.51^E-05 \rightarrow P=6.51^E-03\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=9.13^E-02 \rightarrow P=9.13\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=9.39^E-02 \rightarrow P=9.39\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### **Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz**

Στον Πίνακα 0.22, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα AA(184)Hz και στα AAAA(46)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

**Πίνακας 0.22: Τιμές AA(184)Hz -AAAA(46)Hz**

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
AA(184)	7.890	10.768	7.840	AAAA(46)	7.720	10.554	7.671
AA(184)	7.890	10.867	7.840	AAAA(46)	7.720	10.651	7.720
AA(184)	7.840	10.718	7.790	AAAA(46)	7.671	9.528	7.524
AA(184)	7.741	10.668	7.741	AAAA(46)	7.622	10.456	7.573
AA(184)	7.790	10.668	7.691	AAAA(46)	7.622	10.456	6.694

Στον Πίνακα 0.23, είναι η διαφορά μεταξύ των τιμών των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα AA(184)Hz και στα AAAA(46)Hz.

**Πίνακας 0.23: Διαφορά μεταξύ των τιμών**

Διαφορά AA(184)Hz → AAAA(46)Hz		
X	Y	Z
0.170	0.214	0.169
0.170	0.215	0.120
0.169	1.190	0.266
0.119	0.212	0.167
0.168	0.212	0.997

Στον Πίνακα 0.24, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.24: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.159	0.409	0.344
Τυπική Απόκλιση	0.023	0.437	0.369
T-Test	15.723	2.093	2.084
P-Value	9.558 <sup>E</sup> -05	1.045 <sup>E</sup> -01	1.055 <sup>E</sup> -01

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=9.558^E-05 \rightarrow P=9.558^E-03\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=1.045^E-01 \rightarrow P=10.45\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=1.055^E-01 \rightarrow P=10.55\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

## Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση μεταξύ 734Hz – 292Hz

Ο Πίνακας 6.6, παρουσιάζει τις τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων ενέργειας 90% στα 734Hz και στα 292Hz, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.25: Τιμές734Hz -292Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	292	7.170	9.770	7.209
734	6.928	9.431	6.928	292	6.973	9.534	7.012
734	7.012	9.598	7.012	292	7.012	9.573	7.012
734	7.111	9.747	7.111	292	6.973	9.494	6.973
734	7.459	9.100	7.260	292	6.894	9.376	6.855

Στον

Πίνακας 6.7, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.26: Αποτελέσματα**

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734(Hz)	7.124	9.564	7.085
	292 (Hz)	7.005	9.549	7.012
Διασπορά	734 (Hz)	0.0410	0.1032	0.0156
	292 (Hz)	0.0104	0.0206	0.0163
Βαθμοί Ελευθερίας	734-292 (Hz)	5.908	5.538	7.996
Τυπική Απόκλιση		0.101	0.157	0.080
T-Test		1.182	0.095	0.903
P-Value		0.291	0.928	0.396

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.291 \rightarrow P=29.1\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.928 \rightarrow P=92.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.396 \rightarrow P=39.6\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### **Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -137Hz**

Στον Πίνακας 0.27, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα 137Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

**Πίνακας 0.27: Τιμές 734Hz – 137Hz**

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.111	9.946	7.111	137	7.224	9.864	7.187
734	6.928	9.431	6.928	137	6.967	9.461	7.371
734	7.012	9.598	7.012	137	7.114	9.718	7.077



734	7.111	9.747	7.111	137	7.041	9.681	7.004
734	7.459	9.100	7.260	137	7.224	9.718	7.077

Στον Πίνακα 0.28, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.28: Αποτελέσματα**

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734(Hz)	7.124	9.564	7.085
	137(Hz)	7.114	9.688	7.143
Διασπορά	734(Hz)	0.0410	0.1032	0.0156
	137(Hz)	0.0137	0.0211	0.0204
Βαθμοί Ελευθερίας	734-137(Hz)	6.274	5.570	7.855
Τυπική Απόκλιση		0.104	0.158	0.085
T-Test		0.099	-0.786	-0.694
P-Value		0.924	0.468	0.510

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.924 \rightarrow P=92.4\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.468 \rightarrow P=46.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.51 \rightarrow P=51\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### **Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 292Hz -137Hz**

Στον Πίνακα 0.29, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 292Hz και στα 137Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.29: Τιμές 292Hz-137Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
292	7.170	9.770	7.209	137	7.224	9.864	7.187
292	6.973	9.534	7.012	137	6.967	9.461	7.371
292	7.012	9.573	7.012	137	7.114	9.718	7.077
292	6.973	9.494	6.973	137	7.041	9.681	7.004
292	6.894	9.376	6.855	137	7.224	9.718	7.077

Στον Πίνακα 0.30, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.30: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	292(Hz)	7.005	9.549	7.012
	137(Hz)	7.114	9.688	7.143
Διασπορά	292(Hz)	0.0104	0.0206	0.0163
	137(Hz)	0.0137	0.0211	0.0204
Βαθμοί Ελευθερίας Τυπική Απόκλιση	292-137(Hz)	7.917	7.999	7.900
		0.0681	0.0914	0.0857
T-Test		-1.608	-1.519	-1.528
P-Value		0.152	0.173	0.170

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.152 \rightarrow P=15.2\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.173 \rightarrow P=17.3\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.17 \rightarrow P=17\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.31, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα 292Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.31: Τιμές 137Hz – AAAA(46)Hz

Hz	X	Y	Z	Hz	X	Y	Z
137	7.224	9.864	7.187	AAAA(46)	6.987	9.577	6.938
137	6.967	9.461	7.371	AAAA(46)	6.804	7.719	6.804
137	7.114	9.718	7.077	AAAA(46)	6.889	8.502	6.840
137	7.041	9.681	7.004	AAAA(46)	6.987	9.528	6.987
137	7.224	9.718	7.077	AAAA(46)	6.547	8.257	6.547

Στον Πίνακα 0.32, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.32: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	512Hz	7.114	9.688	7.143
	256Hz	6.843	8.716	6.823
Διασπορά	512Hz	0.0128	0.0211	0.0204
	256Hz	0.0331	0.6623	0.0292
Βαθμοί Ελευθερίας	512-256Hz	6.685	4.255	7.758
Τυπική Απόκλιση		0.0958	0.3697	0.0996
T-Test		2.829	2.629	3.211
P-Value		0.0300	0.0583	0.0148

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.03 \rightarrow P=3\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=0.0583 \rightarrow P=5.83\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.0148 \rightarrow P=1.48\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -292Hz

Στον Πίνακα 0.33, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 734Hz και στα 292Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.33: Τιμές 734Hz -292Hz

(HZ)	X	Y	Z	(HZ)	X	Y	Z
734	7.907	10.791	7.857	292	7.761	10.952	7.761
734	7.907	10.891	7.857	292	7.603	11.267	7.603
734	7.857	10.741	7.807	292	7.800	10.676	7.761
734	7.758	10.692	7.758	292	7.800	10.755	7.761
734	7.807	10.692	7.708	292	7.643	10.519	7.603

Στον Πίνακα 0.34, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.34: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734(Hz)	7.847	10.761	7.798
	292(Hz)	7.722	10.834	7.698
Διασπορά	734(Hz)	0.00420	0.00692	0.00420
	292(Hz)	0.00854	0.08303	0.00745
Βαθμοί Ελευθερίας Τυπική Απόκλιση	734-292(Hz)	7.171	4.663	7.424
		0.0505	0.1341	0.0483
T-Test		2.490	-0.540	2.063
P-Value		0.0416	0.6179	0.0780

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.0416 \rightarrow P=41.6\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.6179 \rightarrow P=61.79\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.078 \rightarrow P=7.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνотήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.35, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνотήτων στα 734Hz και στα 137Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνотήτας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.35: Τιμές 734Hz -137Hz

(Hz)	X	Y	Z	(Hz)	X	Y	Z
734	7.907	10.791	7.857	137	7.737	10.598	7.701
734	7.907	10.891	7.857	137	7.811	10.708	7.774
734	7.857	10.741	7.807	137	7.921	10.854	7.884
734	7.758	10.692	7.758	137	7.884	10.818	7.847
734	7.807	10.692	7.708	137	7.664	10.634	7.627

Στον Πίνακα 0.36, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.36: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734(Hz)	7.847	10.761	7.798
	137(Hz)	7.803	10.722	7.767
Διασπορά	734(Hz)	0.00420	0.00692	0.00420
	137(Hz)	0.01103	0.01251	0.01103
Βαθμοί Ελευθερίας	734-137(Hz)	6.663	7.390	6.663
Τυπική Απόκλιση		0.055	0.062	0.055
T-Test		0.794	0.625	0.557
P-Value		0.458	0.552	0.598

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.458 \rightarrow P=45.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.552 \rightarrow P=55.2\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.598 \rightarrow P=59.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 292Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.37, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνοτήτων στα 292Hz και στα 137Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνότητας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση.

Πίνακας 0.37: Τιμές 292Hz -137Hz

(HZ)	X	Y	Z	(HZ)	X	Y	Z
292	7.761	10.952	7.761	137	7.737	10.598	7.701
292	7.603	11.267	7.603	137	7.811	10.708	7.774
292	7.800	10.676	7.761	137	7.921	10.854	7.884
292	7.800	10.755	7.761	137	7.884	10.818	7.847
292	7.643	10.519	7.603	137	7.664	10.634	7.627

Στον Πίνακα 0.38, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.38: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	292(Hz)	7.722	10.834	7.698
	137(Hz)	7.803	10.722	7.767
Διασπορά	292(Hz)	0.0085	0.0830	0.0074
	137(Hz)	0.0110	0.0125	0.0110
Βαθμοί Ελευθερίας	292-137(Hz)	7.872	5.178	7.711

Τυπική Απόκλιση		0.063	0.138	0.061
T-Test		-1.309	0.806	-1.133
P-Value		0.232	0.457	0.295

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.232 \rightarrow P=23.2\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.457 \rightarrow P=45.7\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.295 \rightarrow P=29.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνотήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.39, είναι οι τιμές των μετρήσεων, για τις κατηγορίες συχνотήτων στα 137Hz και στα AAAA(46)Hz, με την περιοχή με το 90% της ισχύος της συχνотήτας μέσα στο σήμα, για κάθε μέτρηση

Πίνακας 0.39: Τιμές 137Hz –AAA(46)Hz

Hz	X	Y	Z	Hz	X	Y	Z
137	7.737	10.598	7.701	AAAA(46)	7.720	10.554	7.671
137	7.811	10.708	7.774	AAAA(46)	7.720	10.651	7.720
137	7.921	10.854	7.884	AAAA(46)	7.671	9.528	7.524
137	7.884	10.818	7.847	AAAA(46)	7.622	10.456	7.573
137	7.664	10.634	7.627	AAAA(46)	7.622	10.456	6.694

Στον Πίνακα 0.40, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.40: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	512Hz	7.803	10.722	7.767

	256Hz	7.671	10.329	7.436
Διασπορά	512Hz	0.011	0.013	0.011
	256Hz	0.002	0.207	0.178
Βαθμοί Ελευθερίας	512-256Hz	5.654	4.481	4.493
Τυπική Απόκλιση		0.052	0.210	0.195
T-Test		2.557	1.877	1.697
P-Value		0.051	0.134	0.165

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.051 \rightarrow P=5.1\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.134 \rightarrow P=13.4\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.165 \rightarrow P=16.5\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

## Στατιστική ανάλυση για όλο το δείγμα

Παρακάτω αναλύονται:

- Στους πίνακες 734 – A(367)Hz, 734 – AA(184)Hz, 734 – AAAA(46)Hz, AA(184) – AAAA(46)Hz παρουσιάζονται οι εξαρτημένες μετρήσεις (η μια από την άλλη) για ζεύγη δειγμάτων.

- Στους πίνακες 734 – 292(Hz), 734 – 137(Hz), 292 – 137(Hz), 137 – AAAA(46)Hz είναι δύο ανεξάρτητα δείγματα, με άνιση διακύμανση και ίσα μεγέθη δείγματος. Επειδή δεν υπάρχει όμως κατηγορία με ίσα μεγέθη δείγματος, επιλέγεται η κατηγορία με άνισα μεγέθη δείγματος και άνιση διακύμανση.

### Εξαρτημένες Μεταβλητές - Paired t-test

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, από τη διεξαγωγή του αντίστοιχου τύπου, ανατρέχουμε στο Παράρτημα VI. Στον πίνακα των t-test τιμών, για αμφίπλευρο έλεγχο υποθέσεων και 124 βαθμούς ελευθερίας βρίσκουμε  $t_{0.25} = 2.358$ . Συνεπώς η



μηδενική υπόθεση της μη διαφοράς θα απορριφθεί αν η τιμή του κριτηρίου είναι έξω από το διάστημα [-2.358, 2.358].

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz – A(367)Hz

Στον Πίνακα 0.41, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.41: Αποτελέσματα

	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.024	0.028	0.029
Τυπική Απόκλιση	0.154	0.227	0.248
T-Test	1.772	1.390	1.309
P-Value	0.079	0.167	0.193

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.079 \rightarrow P=7.9\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.167 \rightarrow P=16.7\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.193 \rightarrow P=19.3\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz

Στον Πίνακα 0.42, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.42: Αποτελέσματα

	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.079	0.066	0.059

Τυπική Απόκλιση	0.105	0.075	0.089
T-Test	8.388	9.866	7.447
P-Value	$9.27^E -14$	$2.678^E -17$	$1.409^E -11$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα Χ,  $P=9.27^E-14 \rightarrow P=9.27^E-12\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Υ,  $P=2.678^E-17 \rightarrow P=2.678^E-15\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Ζ,  $P=1.409^E-11 \rightarrow P=1.409^E-09\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.43, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.43: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.994	0.720	0.528
Τυπική Απόκλιση	0.862	0.537	0.604
T-Test	12.901	14.994	9.771
P-Value	$1.134^E -24$	$1.257^E -29$	$4.545^E -17$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα Χ,  $P=1.134^E-24 \rightarrow P=1.134^E-22\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=1.257^E-29 \rightarrow P=1.257^E-27\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=4.545^E-17 \rightarrow P=4.545^E-15\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.44, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.44: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.915	0.654	0.469
Τυπική Απόκλιση	0.812	0.518	0.541
T-Test	12.605	14.109	9.687
P-Value	$5.881^E-24$	$1.493^E-27$	$7.255^E-17$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=5.881^E-24 \rightarrow P=5.881^E-22\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=1.493^E-27 \rightarrow P=1.493^E-25\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=7.255^E-17 \rightarrow P=7.255^E-15\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz –A(367)Hz

Στον Πίνακα 0.45, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.45: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.018	0.018	0.011
Τυπική Απόκλιση	0.040	0.042	0.030
T-Test	5.008	4.873	4.124
P-Value	$1.863^E-06$	$3.318^E-06$	$6.811^E-05$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=1.863^E-06 \rightarrow P=1.863^E-04\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=3.318^E-06 \rightarrow P=3.318^E-04\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=6.811^E-05 \rightarrow P=6.811^E-03\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AA(184)Hz

Στον Πίνακα 0.46, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.46: Αποτελέσματα

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.104	0.093	0.065
Τυπική Απόκλιση	0.150	0.123	0.085
T-Test	7.781	8.414	8.605
P-Value	$2.509^E-12$	$8.443^E-14$	$3^E-14$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=2.509^E-12 \rightarrow P=2.509^E-10\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=8.443^E-14 \rightarrow P=8.443^E-12\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=3^E-14 \rightarrow P=3^E-12\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### **Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -AAAA(46)Hz**

Στον Πίνακα 0.47, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.47: Αποτελέσματα**

	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.913	0.820	0.540
Τυπική Απόκλιση	0.810	0.709	0.489
T-Test	12.599	12.941	12.335
P-Value	$6.953^E-24$	$1.052^E-24$	$2.996^E-23$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=6.953^E-24 \rightarrow P=6.953^E-22\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=1.052^E-24 \rightarrow P=1.052^E-22\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=2.996^E-23 \rightarrow P=2.996^E-21\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

#### **Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση AA(184)Hz -AAAA(46)Hz**

Στον Πίνακας 0.48, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.48: Αποτελέσματα**

A/A	X	Y	Z
Μέση Τιμή Διαφοράς	0.809	0.728	0.475
Τυπική Απόκλιση	0.770	0.661	0.442
T-Test	11.744	12.299	12.017
P-Value	8.049 <sup>E</sup> -22	3.664 <sup>E</sup> -23	1.754 <sup>E</sup> -22

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=8.049^E-22 \rightarrow P=8.049^E-20\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=3.664^E-23 \rightarrow P=3.664^E-21\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=1.754^E-22 \rightarrow P=1.754^E-20\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ανεξάρτητες Μεταβλητές - Unpaired t-test

#### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -292Hz

Στον Πίνακα 0.49, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

**Πίνακας 0.49: Αποτελέσματα**

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734Hz	8.821	9.976	8.566
	292Hz	9.051	10.281	8.861
Διασπορά	734Hz	3.220	2.196	2.551
	292Hz	3.135	1.691	1.930
Βαθμοί Ελευθερίας	734-292Hz	246.993	243.385	242.866
Τυπική Απόκλιση		0.2259	0.1767	0.1897
T-Test		-1.0163	-1.7257	-1.5574

P-Value		0.3105	0.0857	0.1207
---------	--	--------	--------	--------

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.3105 \rightarrow P=31.05\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.0857 \rightarrow P=8.57\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.1207 \rightarrow P=12.07\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.50, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.50: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734Hz	8.821	9.976	8.566
	137Hz	9.208	10.349	8.956
Διασπορά	734Hz	3.220	2.196	2.551
	137Hz	3.598	1.540	1.580
Βαθμοί Ελευθερίας	734-137Hz	247.240	240.580	235.015
Τυπική Απόκλιση		0.2336	0.1729	0.1818
T-Test		-1.6533	-2.1562	-2.1500
P-Value		0.0995	0.0321	0.0326

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.0995 \rightarrow P=9.95\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.



Για τον άξονα Y,  $P=0.0321 \rightarrow P=3.21\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=0.0326 \rightarrow P=3.26\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 292Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.51, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.51: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	292Hz	9.051	10.281	8.861
	137Hz	9.208	10.349	8.956
Διασπορά	292Hz	3.135	1.691	1.930
	137Hz	3.598	1.540	1.580
Βαθμοί Ελευθερίας	292-137Hz	246.094	246.258	244.159
Τυπική Απόκλιση		0.2325	0.1611	0.1680
T-Test		-0.6731	-0.4214	-0.5683
P-Value		0.5015	0.6738	0.5703

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.5015 \rightarrow P=50.15\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.6738 \rightarrow P=67.38\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.5703 \rightarrow P=57.03\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 3.5(Km/h), Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.52, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.52: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	137Hz	9.208	10.349	8.956
	AAAA(46)Hz	7.827	9.257	8.037
Διασπορά	137Hz	3.598	1.540	1.580
	AAAA(46)Hz	1.534	1.571	1.597
Βαθμοί Ελευθερίας	137-AAAA(46)Hz	213.463	247.976	247.993
Τυπική Απόκλιση		0.203	0.158	0.159
T-Test		6.812	6.925	5.765
P-Value		9.689 <sup>E</sup> -11	3.757 <sup>E</sup> -11	2.424 <sup>E</sup> -08

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=9.689^E-11 \rightarrow P=9.689^E-09\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=3.757^E-09 \rightarrow P=3.757^E-07\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=2.424^E-08 \rightarrow P=2.424^E-06\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -292Hz

Στον Πίνακα 0.53, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.53: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734Hz	10.291	10.907	9.035
	292Hz	10.753	11.307	9.341
Διασπορά	734Hz	3.460	3.374	2.308
	292Hz	3.448	2.425	1.780
Βαθμοί Ελευθερίας	734-292Hz	244.990	239.205	241.449
Τυπική Απόκλιση		0.237	0.217	0.182
T-Test		-1.953	-1.846	-1.683
P-Value		0.0519	0.0661	0.0938

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.0519 \rightarrow P=5.19\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.0661 \rightarrow P=6.61\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.0938 \rightarrow P=9.38\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 734Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.54, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.54: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	734Hz	10.291	10.907	9.035

	137Hz	10.819	11.475	9.395
Διασπορά	734Hz	3.460	3.374	2.308
	137Hz	3.387	2.695	1.395
Βαθμοί Ελευθερίας	734-137Hz	245.972	242.960	231.899
Τυπική Απόκλιση		0.235	0.221	0.173
T-Test		-2.248	-2.565	-2.082
P-Value		0.0255	0.0109	0.0385

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα Χ,  $P=0.0255 \rightarrow P=2.55\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Υ,  $P=0.0109 \rightarrow P=1.09\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Ζ,  $P=0.0385 \rightarrow P=3.85\% < 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 292Hz -137Hz

Στον Πίνακα 0.55, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.55: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	292Hz	10.753	11.307	9.341
	137Hz	10.819	11.475	9.395
Διασπορά	292Hz	3.448	2.425	1.780
	137Hz	3.387	2.695	1.395
Βαθμοί Ελευθερίας	292-137Hz	244.928	244.513	240.979
Τυπική Απόκλιση		0.235	0.204	0.160
T-Test		-0.281	-0.823	-0.335
P-Value		0.7786	0.4113	0.7380

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=0.7786 \rightarrow P=77.86\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Y,  $P=0.4113 \rightarrow P=41.13\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Για τον άξονα Z,  $P=0.7380 \rightarrow P=73.8\% > 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι μεγαλύτερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται και μπορεί να είναι αληθινή.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση δεν απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, δεν υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνοτήτων.

#### Ταχύτητα 4.5(Km/h), Σύγκριση 137Hz – AAAA(46)Hz

Στον Πίνακα 0.56, Πίνακας 6.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, που βγαίνουν βήμα-βήμα μετά από την εκτέλεση των πράξεων, με στόχο τη διεξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Πίνακας 0.56: Αποτελέσματα

A/A		X	Y	Z
Μέση Τιμή	137Hz	10.819	11.475	9.395
	AAAA(46)Hz	9.370	10.080	8.491
Διασπορά	137Hz	3.387	2.695	1.395
	AAAA(46)Hz	2.186	2.391	1.771
Βαθμοί Ελευθερίας	137-AAAA(46)Hz	235.093	245.121	242.586
Τυπική Απόκλιση		0.212	0.203	0.160
T-Test		6.834	6.885	5.657
P-Value		$7.025^E -11$	$4.838^E -11$	$4.329^E -08$

Με τα αποτελέσματα του κριτηρίου που υπολογίστηκε από τα δεδομένα των δειγμάτων που διαθέτουμε, έχουμε :

Για τον άξονα X,  $P=7.025^E -11 \rightarrow P=7.025^E -09\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Y,  $P=4.838^E-11 \rightarrow P=4.838^E-09\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Για τον άξονα Z,  $P=4.329^E-08 \rightarrow P=4.329^E-06\% \ll 5\%$ . Η τιμή του P-Value, είναι πολύ μικρότερη από το βαθμό εμπιστοσύνης. Οπότε, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται άφοβα.

Συνεπώς, για αυτή τη σύγκριση, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Συμπεραίνουμε ότι, με τα διαθέσιμα δεδομένα που έχουμε, υποστηρίζουν την ύπαρξη διαφοράς ανάμεσα από αυτές τις κατηγορίες συχνότητων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Πίνακας των επιλεγμένων αξιών

Πίνακας 0.1: Πίνακας t-test τιμών

Μία όψη	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.75%	99.9%	99.95%
Δύο όψεις	50%	60%	70%	80%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.*%	99.9%
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.276	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.060	1.321	1.717	2.074	2.508	2.829	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.685	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.749	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.30	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496

60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291