

ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

&

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ PROJECT

Αμπραχαμιάν Σεροβπέ (8773)

Βουζουλίδου Αικατερίνη (8787)

Κυπαρίσσης Οδυσσέας (8955)

Περιεχόμενα

Αναφορά Ερευνητικού Project	3
Βιβλιογραφική Εργασία	18
1. Περίληψη-Εισαγωγή	18
2. Έρευνες και συμπεράσματα	22
3. Εφαρμογές	36
4. Βιβλιογραφία	37
Κώδικας Ερευνητικού Project	40

Εργασία – Project

Αναφορά

➤ ΘΕΜΑ 1ο :

Ερώτημα 1.1: Παρακάτω εμφανίζονται τα γραφήματα για τα πρώτα 10000 δείγματα των αρχείων Data_Test_# για κάθε ένα από τα αρχεία που δίνονται , κατά αύξοντα αριθμό. Για την υλοποίηση των παρακάτω γραφημάτων χρησιμοποιήθηκε η εντολή plot για τα πρώτα 10000 στοιχεία του πίνακα z στον οποίο είναι αποθηκευμένες οι τιμές του σήματος.

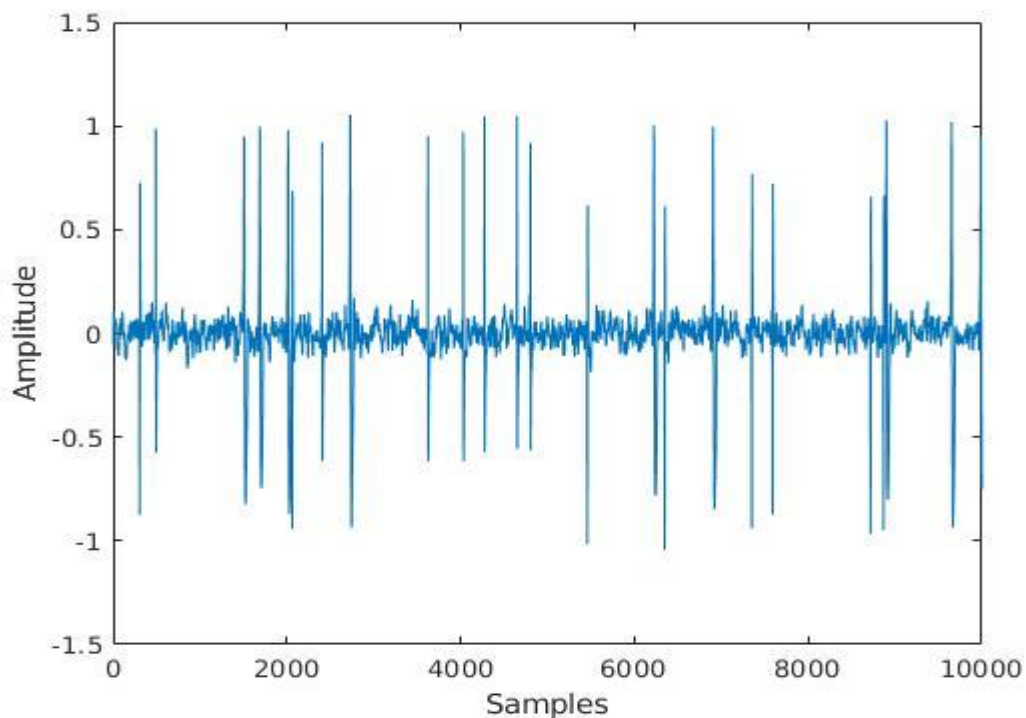


Figure 1.1.1 : Data_Test_1

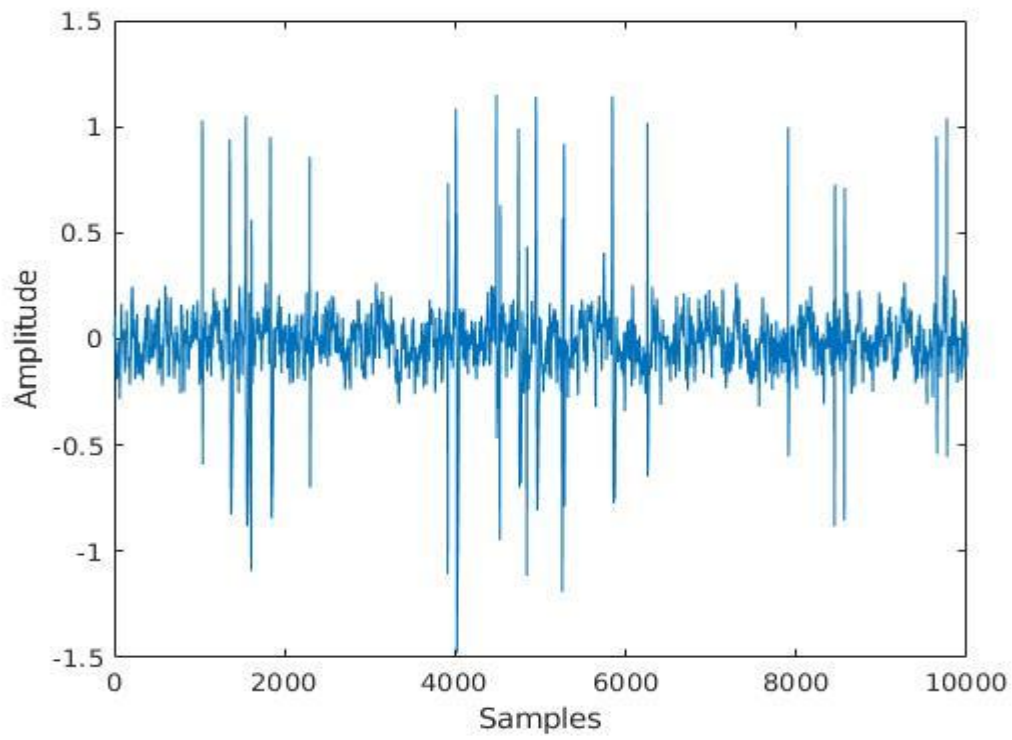


Figure 1.1.2 : Data_Test_2

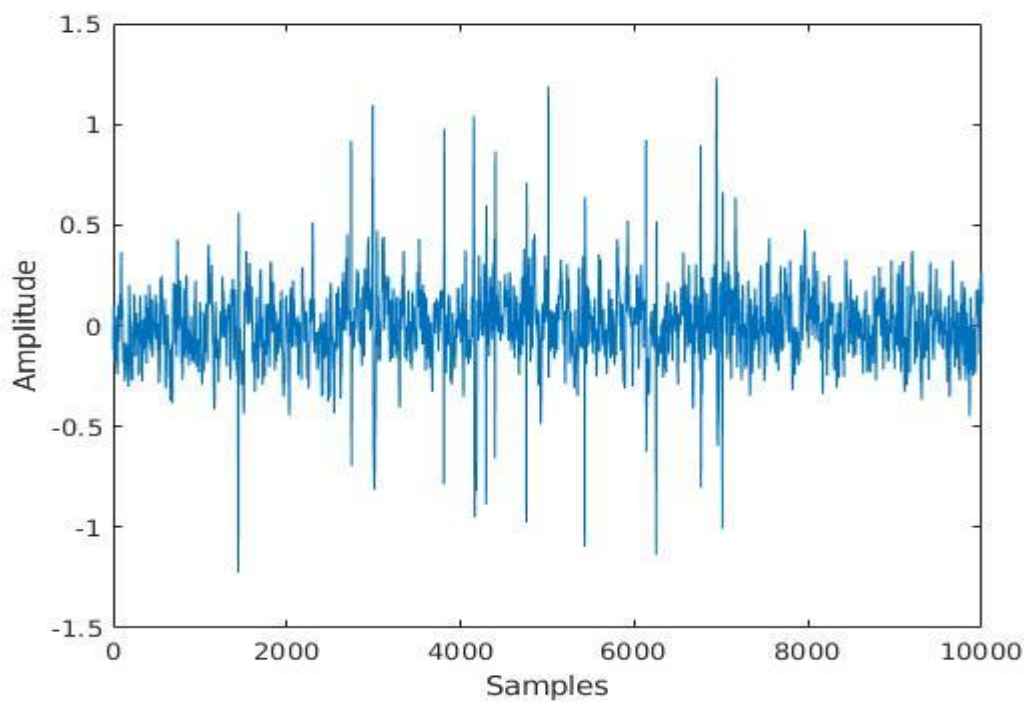


Figure 1.1.3 : Data_Test_3

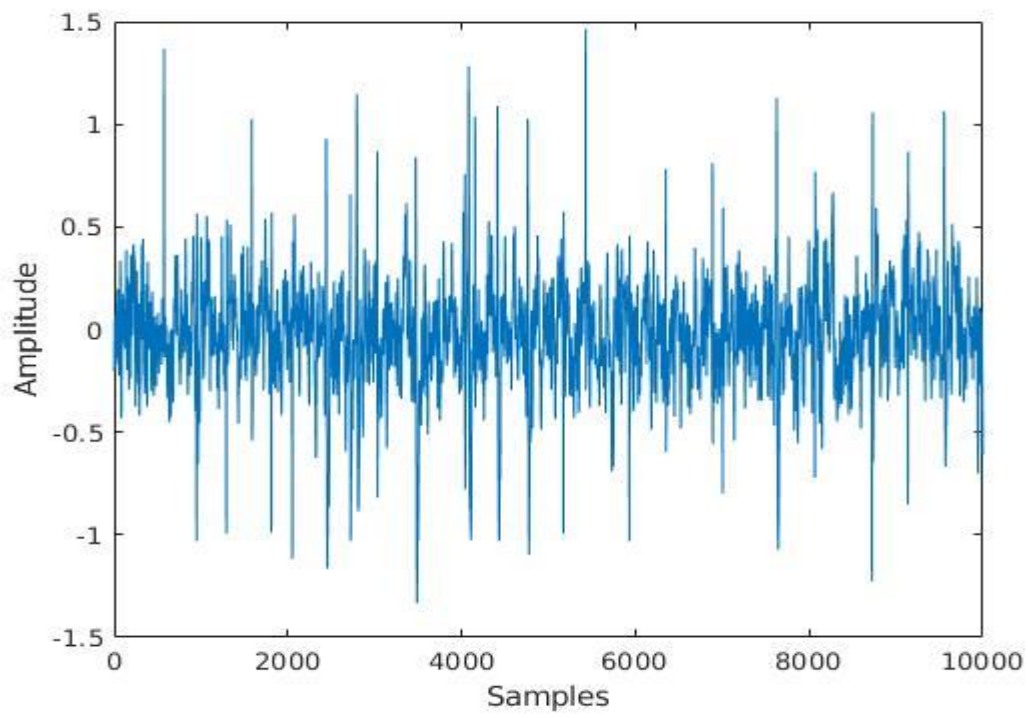


Figure 1.1.4: Data_Test_4

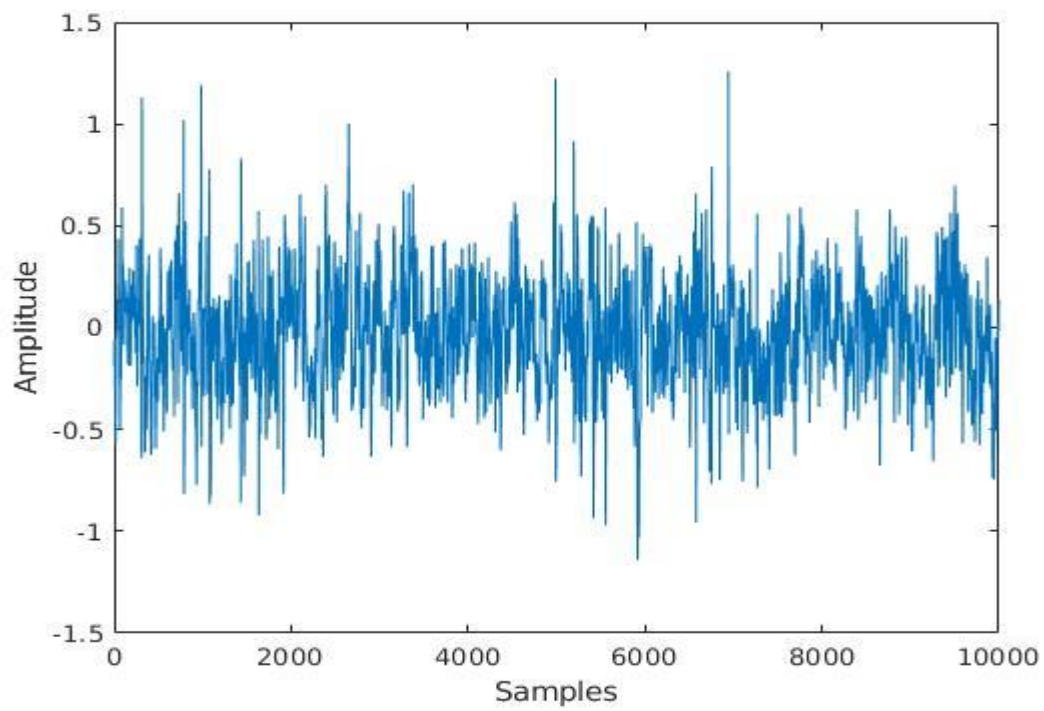


Figure 1.1.5 : Data_Test_5

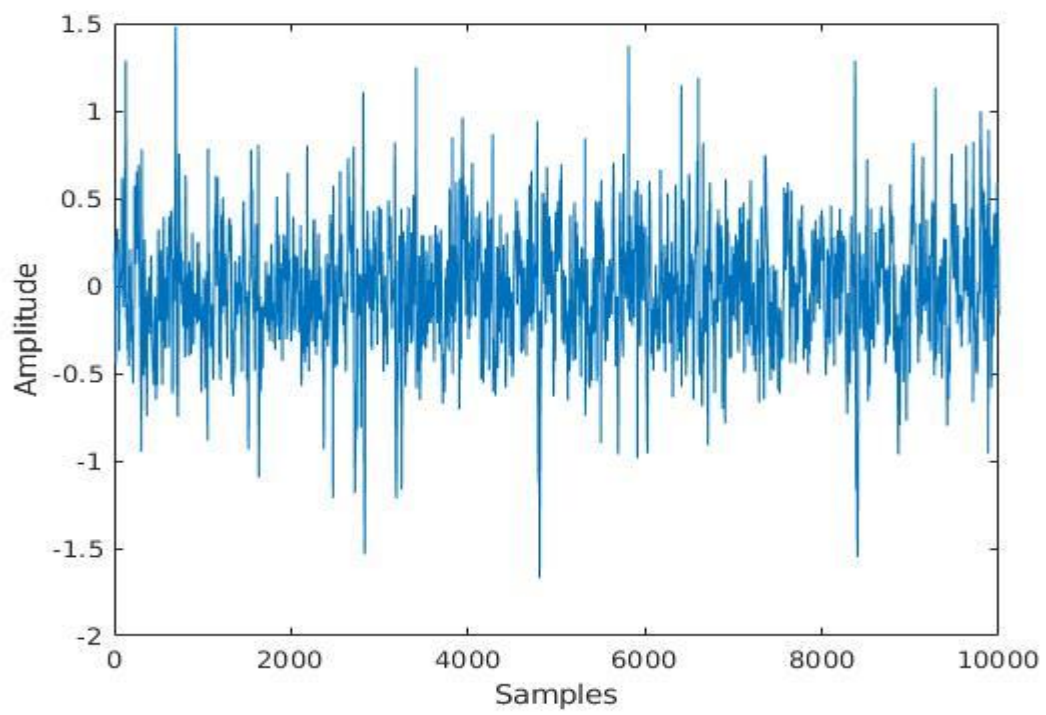


Figure 1.1.6 : Data_Test_6

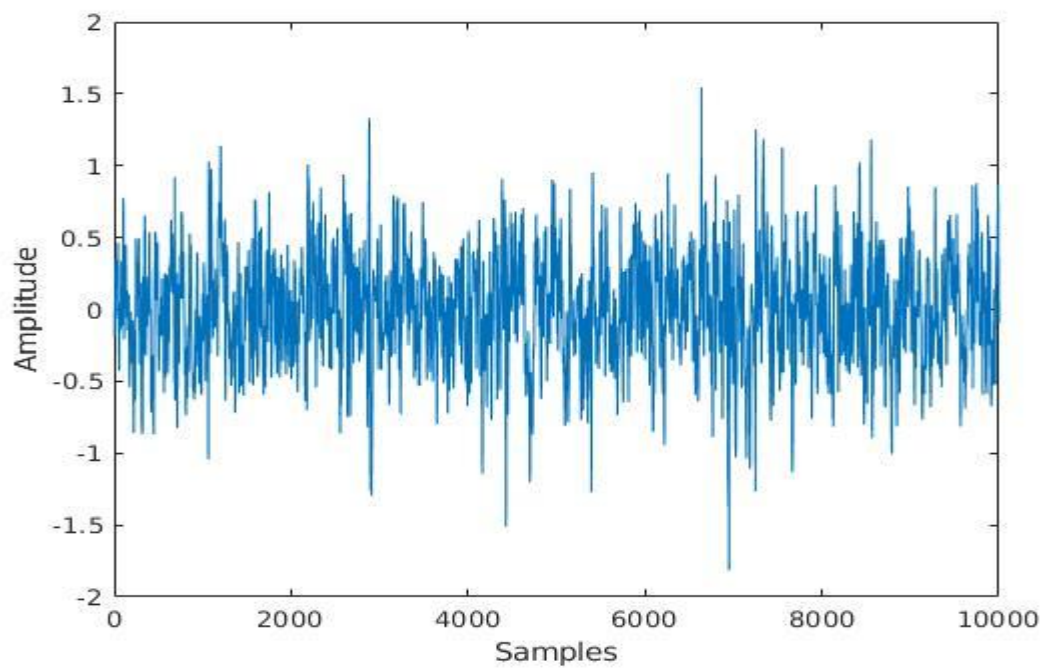


Figure 1.1.7 : Data_Test_7

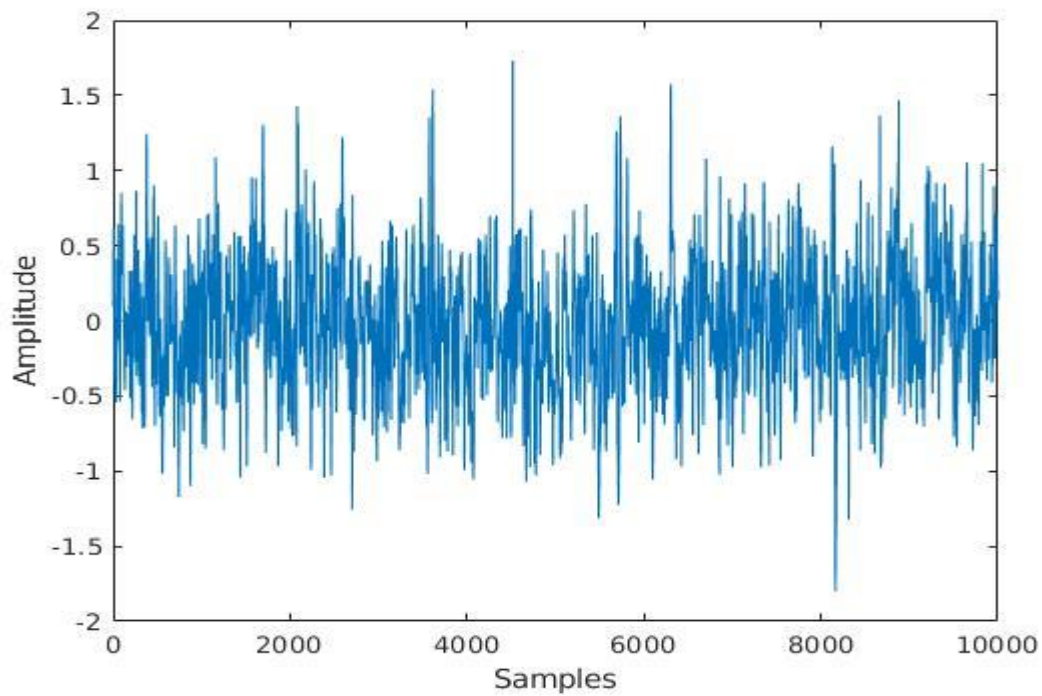


Figure 1.1.8 : Data_Test_8

Παρατηρείται όλο και περισσότερη δραστηριότητα στα γραφήματα όσο προχωράμε από το ένα αρχείο στο επόμενο. Το γεγονός αυτό δηλώνει πως τα αρχικά σήματα δεν εμπεριέχουν τόσο μεγάλη επίδραση από θόρυβο ενώ όταν φτάνουμε στο τελευταίο η παρουσία του θορύβου είναι ιδιαίτερα αισθητή.

Ερώτημα 1.2 : Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα γραφήματα των κορυφών που καταγράφονται κατά την εκτέλεση του κώδικα με την μέθοδο της κατωφλίωσης ($T = k \cdot \sigma_n$) για τιμές του k να κυμαίνονται από 0.1 έως 5 με βήμα 0.1 , για κάθε αρχείο Data_Test_#. Ουσιαστικά εφόσον υπολογιστεί η τιμή της σ_n για κάθε σήμα , ελέγχεται για όλες αυτές τις τιμές του k πόσα spikes θα καταμετρηθούν και αποθηκεύονται στον πίνακα με όνομα c1, οπότε κάνοντας plot του πίνακα αυτού και των τιμών του k προκύπτουν οι παρακάτω καμπύλες:

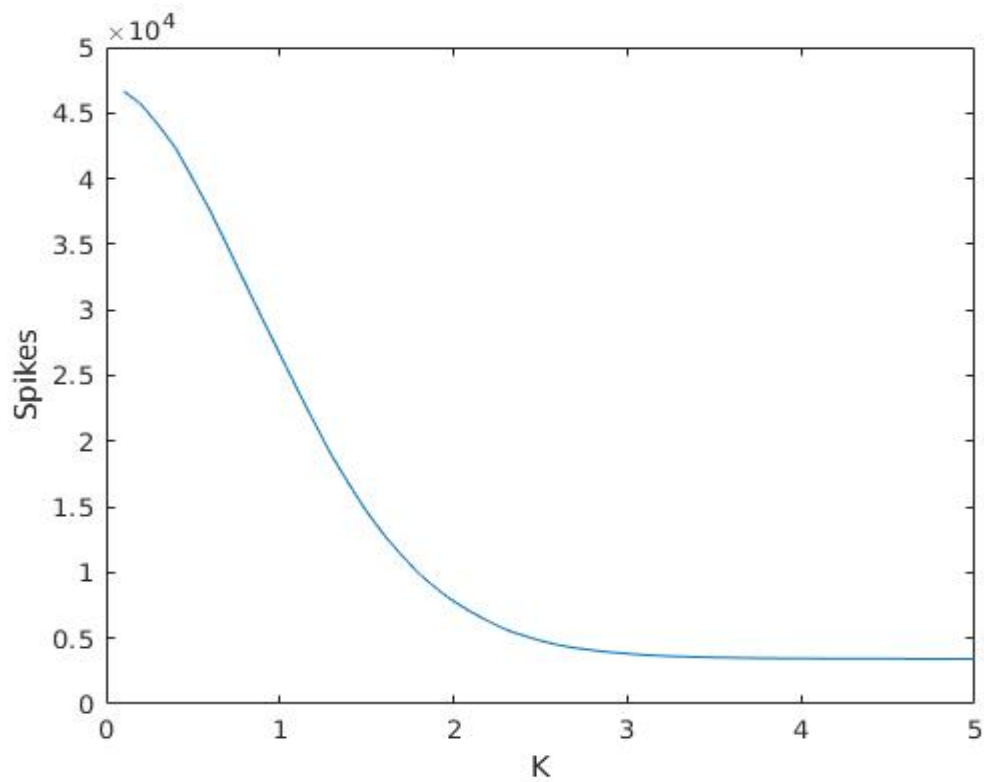


Figure 1.2.1 : Data_Test_1

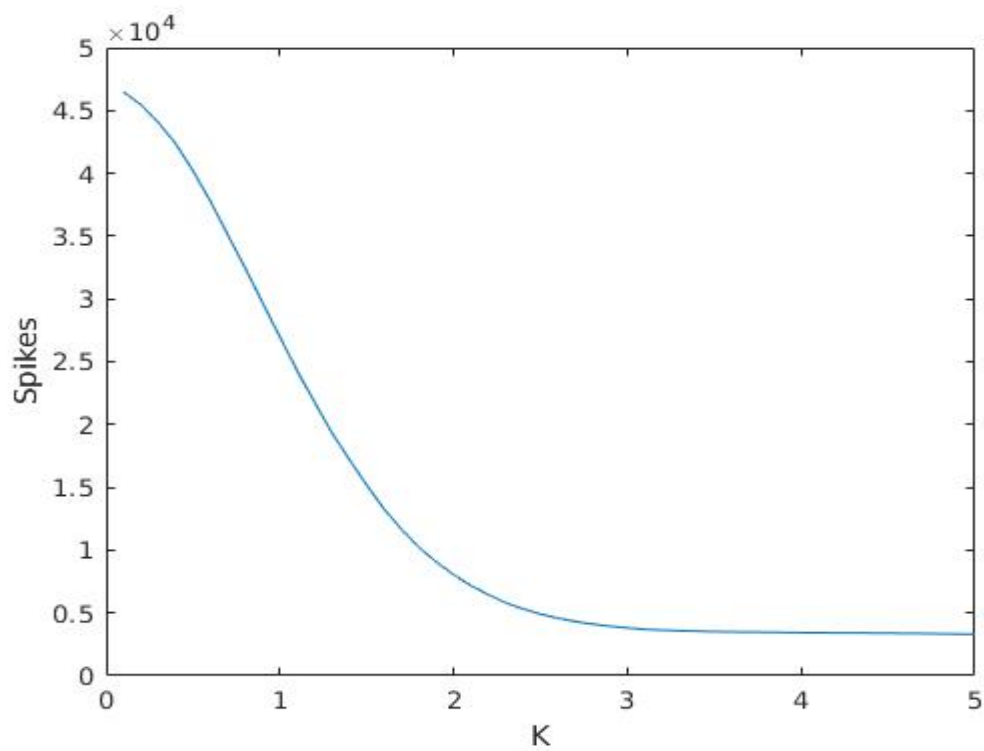


Figure 1.2.2 : Data_Test_2

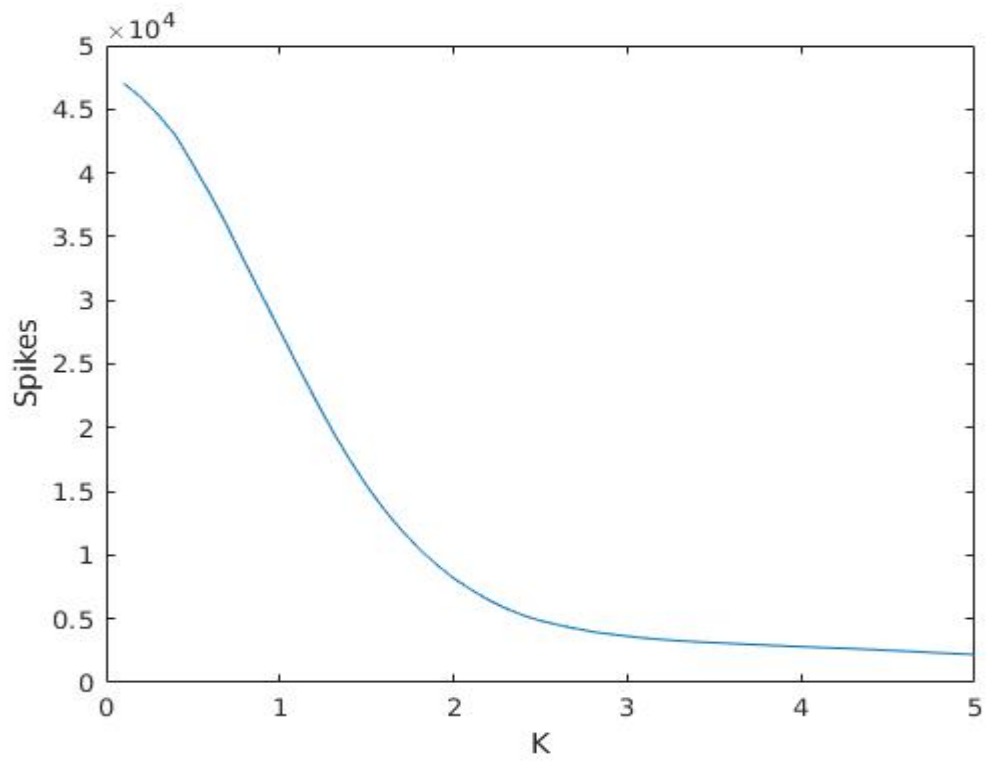


Figure 1.2.3 : Data_Test_3

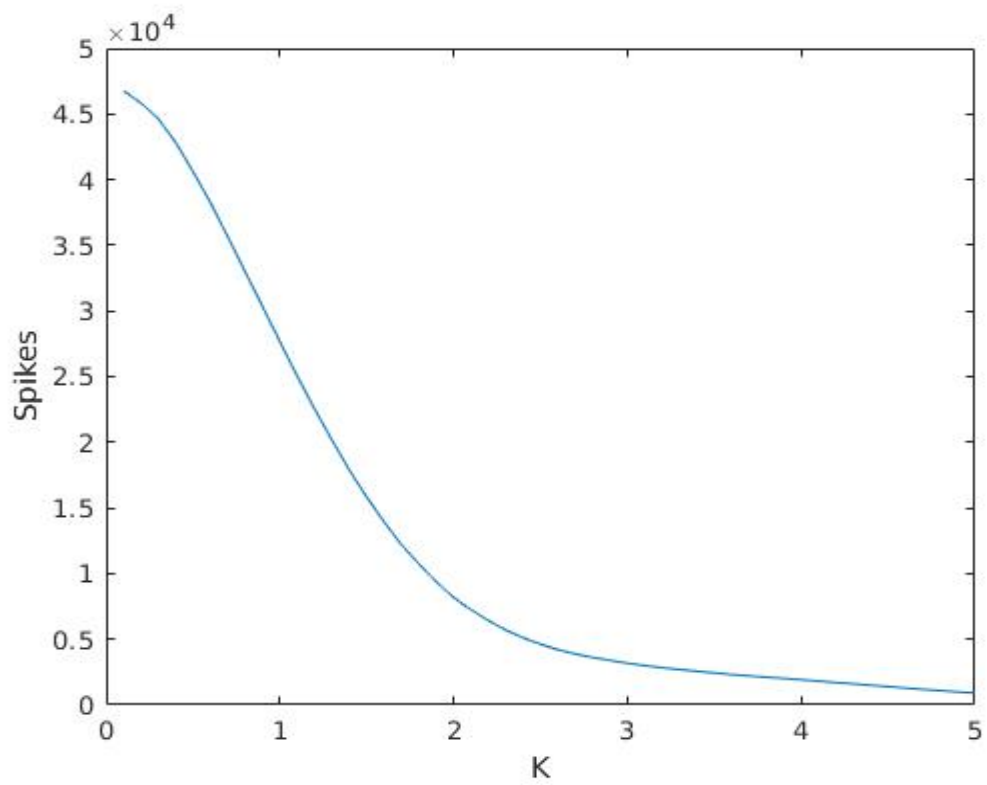


Figure 1.2.4 : Data_Test_4

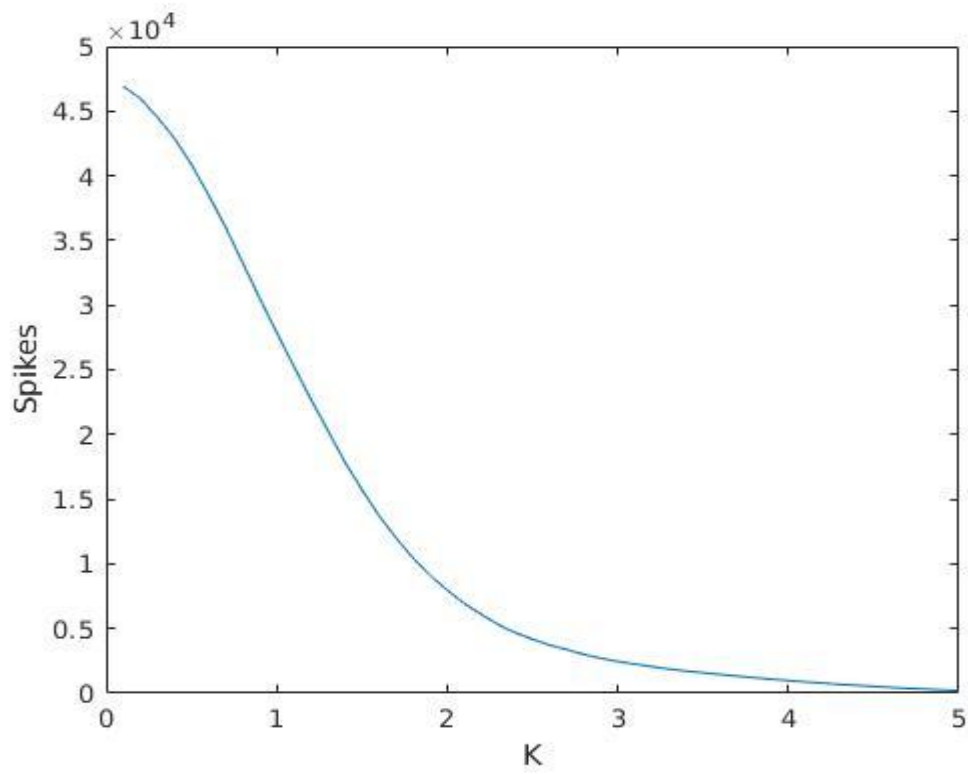


Figure 1.2.5 : Data_Test_5

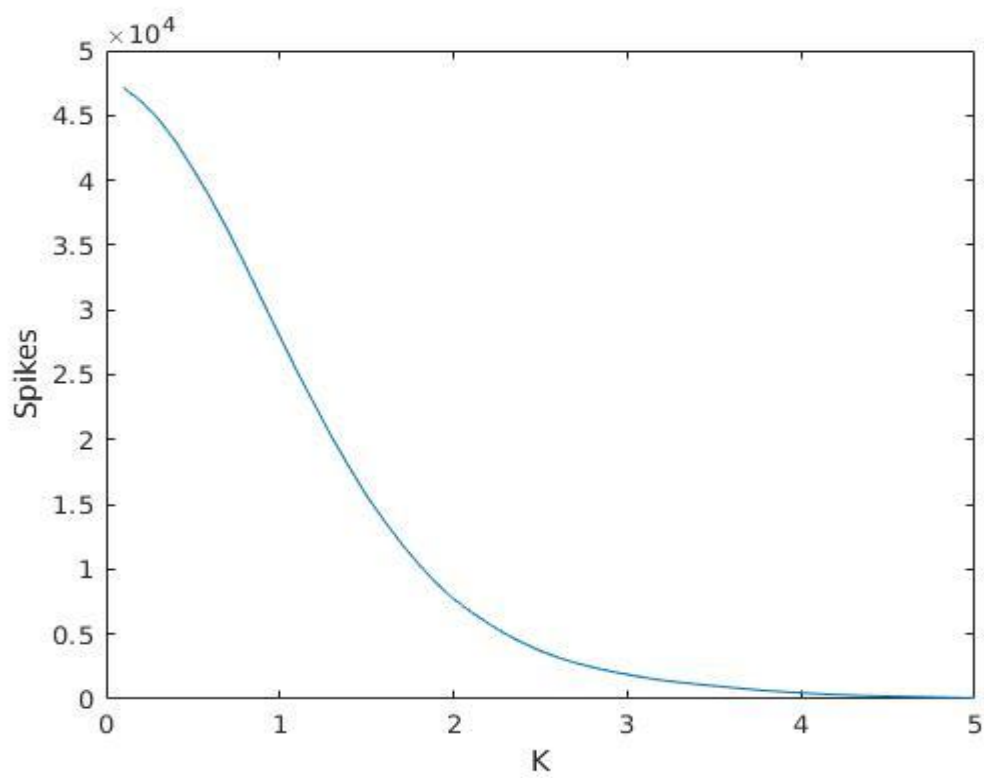


Figure 1.2.6 : Data_Test_6

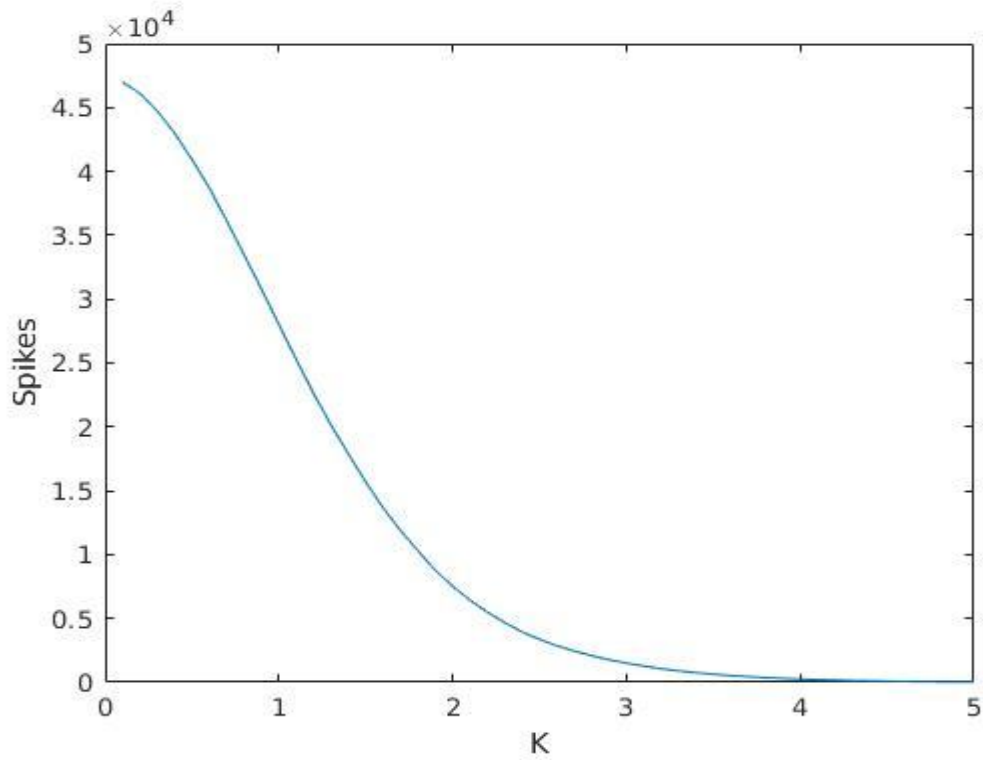


Figure 1.2.7 : Data_Test_7

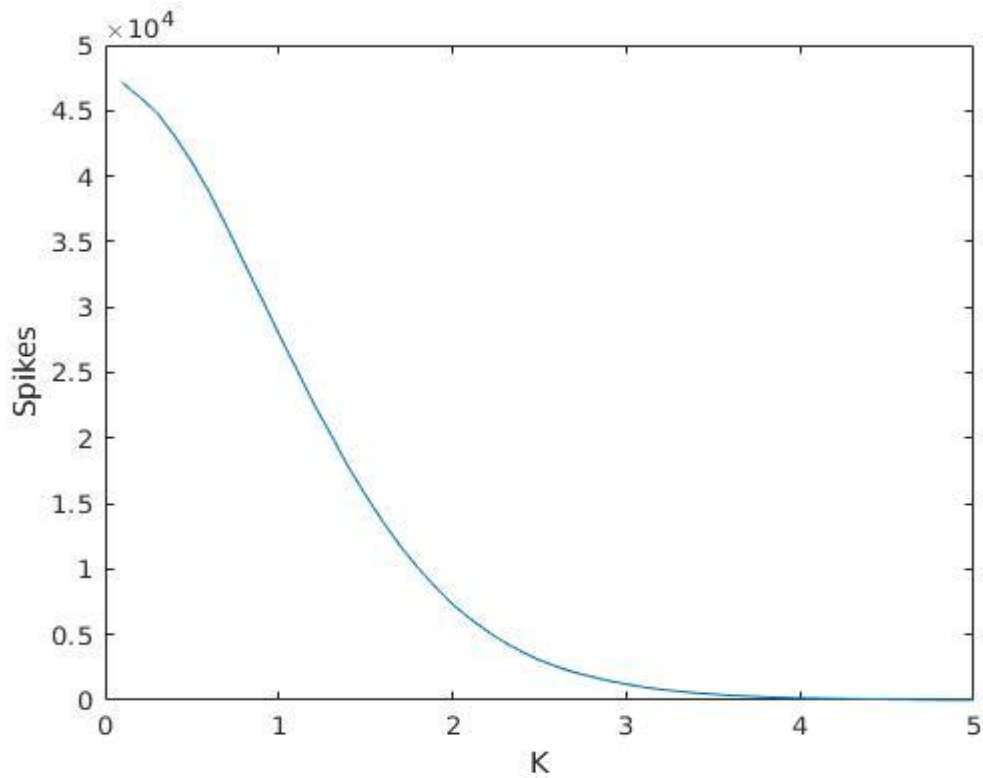


Figure 1.2.8 : Data_Test_8

Στα παραπάνω σχήματα φαίνεται πως όσο αυξάνεται ο συντελεστής k η τιμή του κατωφλίου αυξάνεται, οπότε λιγότερες τιμές ξεπερνούν την τιμή αυτή και με τον τρόπο αυτό μειώνεται ο αριθμός των υποτιθέμενων spikes. Επίσης στα αρχικά σήματα τα οποία δεν περιέχουν μεγάλη επίδραση θορύβου φαίνεται πως ενώ

αυξάνεται το k παραμένει σχεδόν “σταθερός” ο αριθμός των spikes , ενώ στα τελευταία φαίνεται πως συνεχώς μειώνεται. Αυτό συμβαίνει διότι στα αρχικά εφόσον δεν υπάρχει η επίδραση του θορύβου μετά από κάποια τιμή του k πάνω από την τιμή του κατωφλίου θα υπάρχουν μόνο πραγματικά spikes.

Ερώτημα 1.3: Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα , φαίνεται πως το σημείο στο οποίο η τιμή του απαριθμητή $c1$ πλησιάζει την τιμή της μεταβλητής $spikeNum$, η οποία μας δίνεται , βρίσκεται περίπου στο σημείο από το οποίο διέρχεται μια ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων και έχει ένα συγκεκριμένο συντελεστή λ ($y=\lambda \cdot x$, όπου y είναι ο αριθμός των spikes και x ο συντελεστής k). Υπολογίζοντας λοιπόν , τα λ αυτά και για τα 8 σήματα και ελέγχοντας για ποιο από αυτά τα λ ξεχωριστά, έχουμε τις λιγότερες απώλειες μεταξύ των καταμετρημένων κορυφών και των πραγματικών , φαίνεται πως τελικά η τιμή του λ είναι 1213. Άρα αν φέρουμε μια ευθεία ($y = 1213 \cdot x$) από την αρχή των αξόνων θα τέμνει την καμπύλη του προηγούμενου ερωτήματος κοντά στο σημείο που αντιστοιχεί στον αριθμό των πραγματικών spikes.

➤ ΘΕΜΑ 2ο :

Ερώτημα 2.1 : Μέσω του εμπειρικού κανόνα του ερωτήματος 1.3 επιλέχθηκαν οι τιμές του συντελεστή k και ο αριθμός των spikes για κάθε σήμα που έχει δοθεί. Συγκεκριμένα για το αρχείο `Data_Eval_E_1` ο αριθμός των spikes είναι 3653 , για το `Data_Eval_E_2` είναι 3770 , για το `Data_Eval_E_3` είναι 3730 και για το `Data_Eval_E_4` είναι 3740. Στην συνέχεια δημιουργείται ο πίνακας `spikeThresholdEst#` για κάθε αρχείο στον οποίο αποθηκεύονται οι χρονικές στιγμές κατά τις οποίες το σήμα ξεπερνά την τιμή του κατωφλίου. Στην συνέχεια ελέγχοντας τις 40 γειτονικές τιμές του σήματος για κάθε spike δημιουργείται ο πίνακας `wzspikeTimesEst#` ο οποίος έχει αποθηκευμένες τις χρονικές στιγμές στις οποίες εμφανίζονται η κορυφές . (“ wz stands for with zeros “ . Για κάποιο λόγο στον πίνακα αυτόν εμφανίζονται μηδενικά , αλλά παρατηρώντας τις τιμές που προκύπτουν αν αφαιρεθούν τα μηδενικά δεν υπάρχει κάποιο σφάλμα , οπότε στην συνέχεια αφαιρούνται τα μηδενικά και ο νέος πίνακας που προκύπτει ονομάζεται `spikeTimesEst`)

Ερώτημα 2.2 : Σε αυτό το σημείο εφόσον στο προηγούμενο ερώτημα είχαν βρεθεί οι χρονικές στιγμές στις οποίες βρίσκονται τα spikes , δημιουργείται ο πίνακας wzspikesEst# (“wz” για τον ίδιο λόγο με παραπάνω) στον οποίο τοποθετούνται οι 40 γειτονικές τιμές , γύρω από την χρονική στιγμή στην οποία παρατηρείται κορυφή, από τον πίνακα data του κάθε αρχείου. Στη συνέχεια εμφανίζονται τα γραφήματα των κυματομορφών των κορυφών και για τα 4 αρχεία.

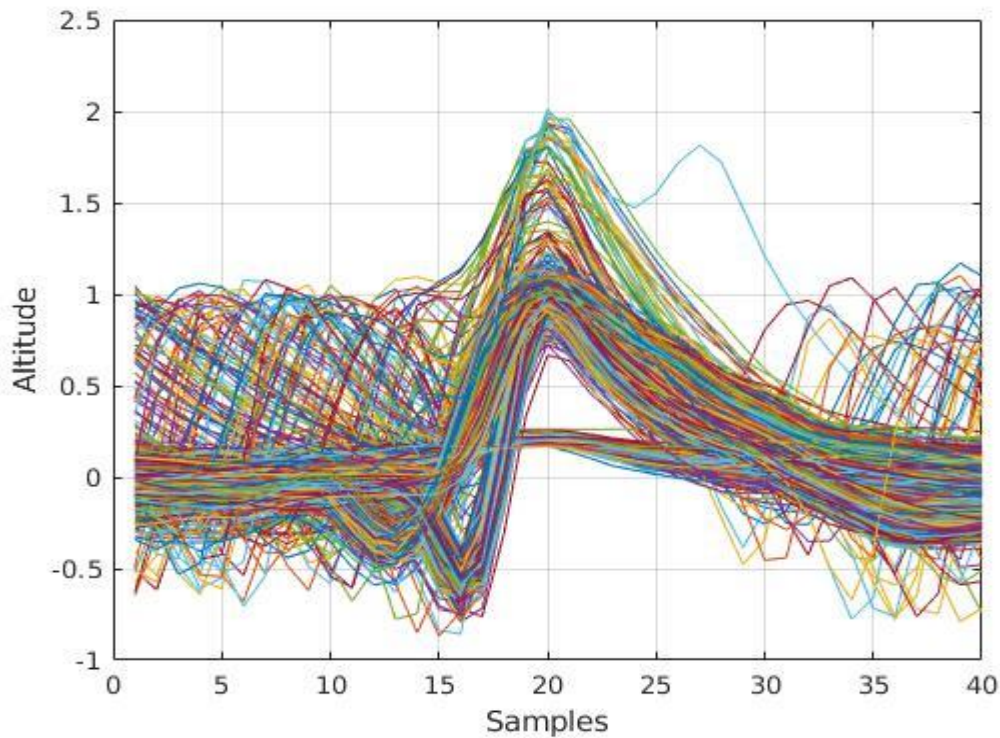


Figure 2.2.1 : Data_Eval_E_1

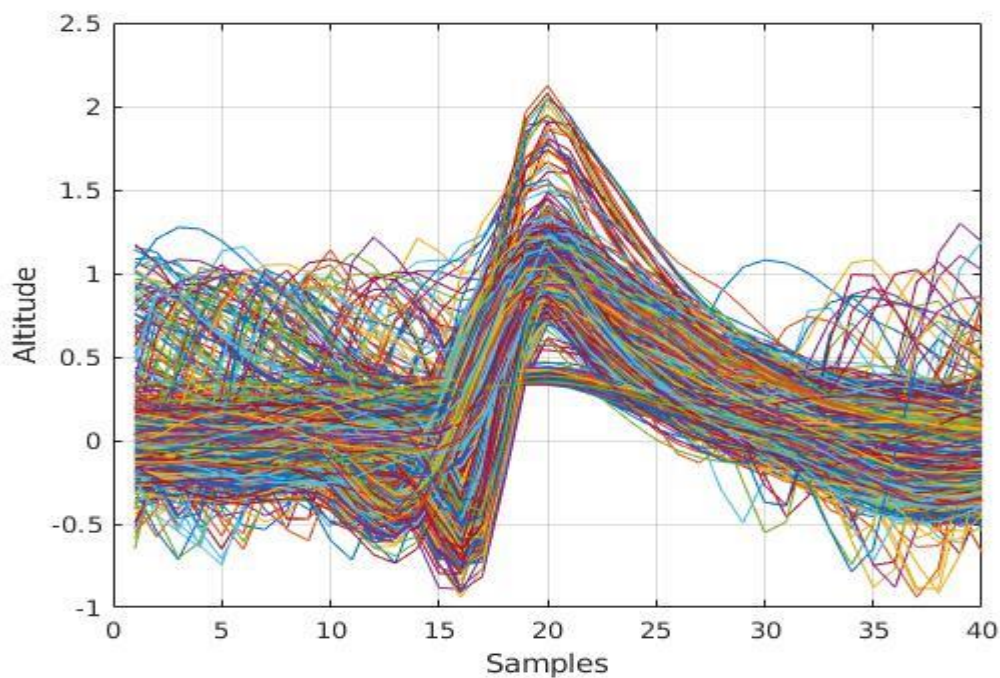


Figure 2.2.2 : Data_Eval_E_2

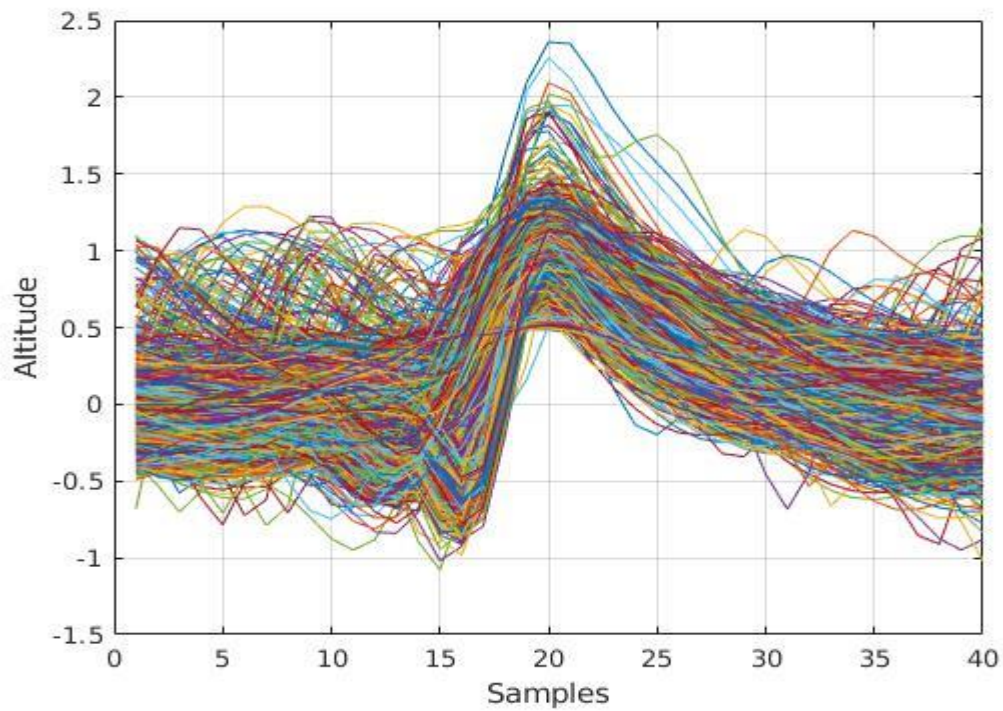


Figure 2.2.3 : Data_Eval_E_3

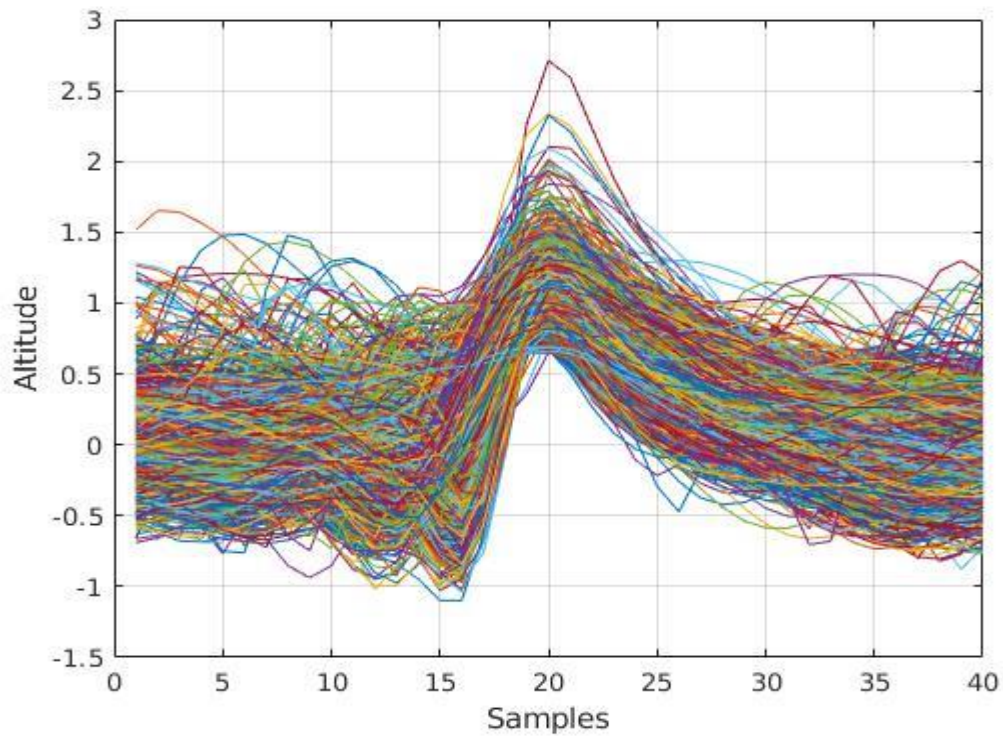


Figure 2.2.4 : Data_Eval_E_4

Στα παραπάνω γραφήματα παρατηρείται πως το σύνολο των κυματομορφών κυμαίνεται μεταξύ συγκεκριμένων τιμών και πέρα από αυτό δημιουργείται ένα spike

το οποίο όπως φαίνεται έχει επηρεαστεί από θόρυβο. Η επίδραση αυτή είναι πιο έντονη στην αρχή του spike, διότι σε αυτό το σημείο φαίνεται πώς υπάρχουν περισσότερες διαφορές και οι διαφορές αυτές είναι πιο έντονες στα δυο τελευταία σχήματα.

Ερώτημα 2.3 : Στο ερώτημα αυτό για να υπολογίσουμε τον αριθμό των spikes που αντιστοιχούν σε πραγματικά spikes και όχι σε θόρυβο ελέγχουμε την διαφορά των τιμών του πίνακα newSpikeTimesEst# και των spikeTimes που δίνονται να μην είναι μεγαλύτερη από 40, επίσης υπάρχει ένα ακόμα κριτήριο για να αφαιρεθεί κάποια τιμή από τον πίνακα newSpikeTimesEst# το οποίο περιγράφεται μέσα στον κώδικα . Ο αριθμός των πραγματικών spikes καταχωρείται στον πίνακα με όνομα errcounter#.

Ερώτημα 2.4: Επιλέγοντας σαν δύο χαρακτηριστικά την μέγιστη διαφορά μεταξύ δύο τιμών του κάθε spike και το μέγιστο μέτρο του μετασχηματισμού Fourier ως ζεύγη , ενώ έχει γίνει αντιστοίχιση του πίνακα spikeClass που δίνεται με τα spikes που έχουν βρεθεί από μας στους πίνακες num#, παράγονται τα παρακάτω σχήματα :

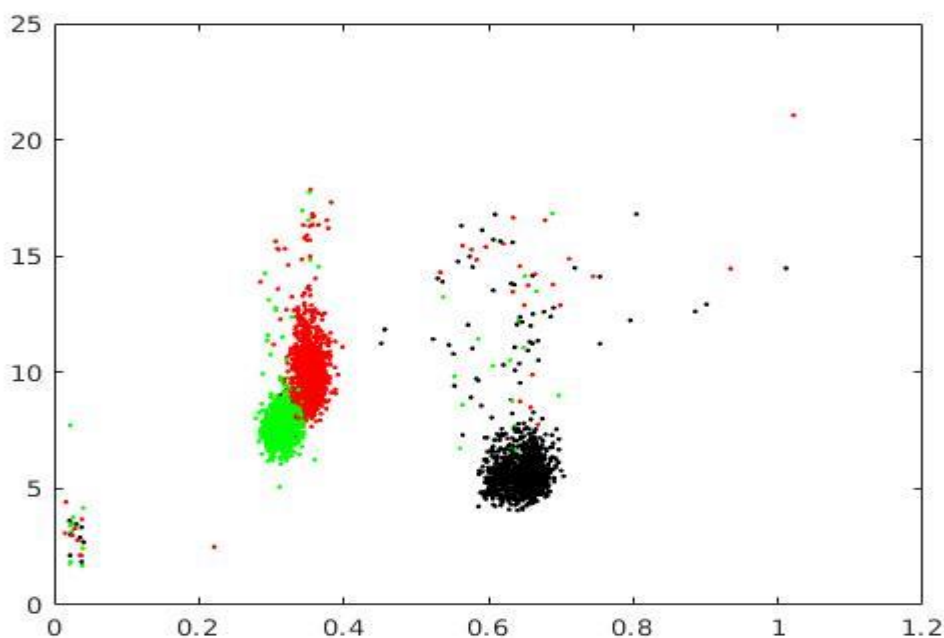


Figure 2.4.1 : Data_Eval_1

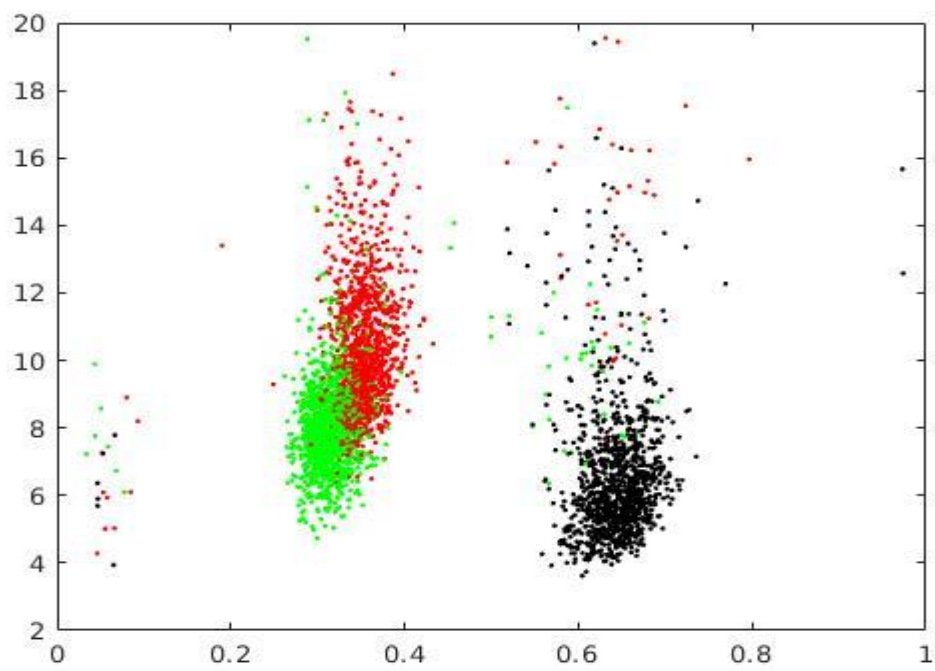


Figure 2.4.2 : Data_Eval_2

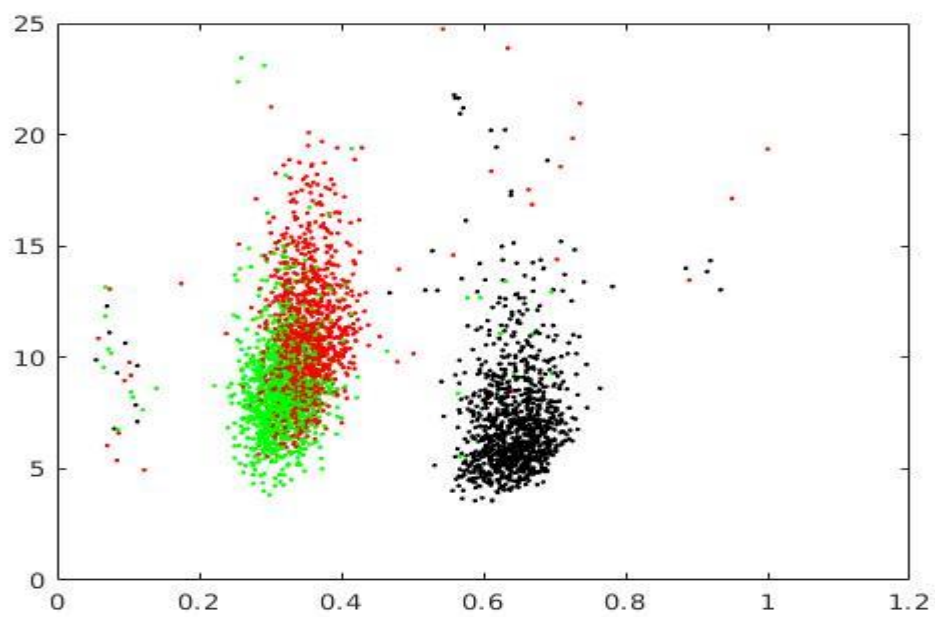


Figure 2.4.3 : Data_Eval_3

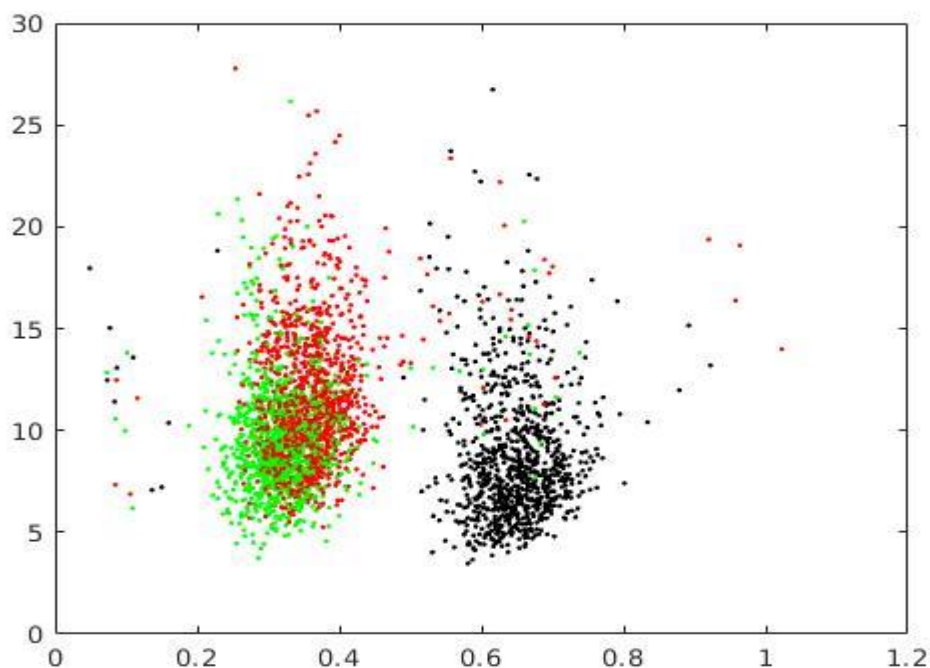


Figure 2.4.4 : Data_Eval_4

Στα γραφήματα αυτά φαίνεται πάλι πως, επειδή στα δύο τελευταία σήματα η επίδραση του θορύβου είναι μεγαλύτερη, η διαχώριση των spikes δεν είναι τόσο αποτελεσματική (Χρώματα πράσινο και κόκκινο).

Ερώτημα 2.5: Χρησιμοποιώντας τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κάθε φορά που αυξάνεται ο αριθμός τους το ποσοστό επιτυχίας που επιστρέφει ο αλγόριθμος MyClassify μεγαλώνει. Βέβαια για κάθε χαρακτηριστικό το ποσοστό αυξάνεται περισσότερο ή λιγότερο. Δηλαδή όταν χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά όπως ο αριθμός των φορών που το spike διέρχεται από το μηδέν, ο οποίος είναι περίπου ίδιος για όλα τα spikes και επειδή οι τιμές είναι διακριτές, το ποσοστό δεν αυξάνεται πολύ. Ενώ από την άλλη η μέγιστη διαφορά μεταξύ δύο τιμών του κάθε spike βοηθάει περισσότερο στην διαχώριση των νευρώνων λόγω των διαφορετικών τιμών της μεταβλητής diff. Άρα κάθε χαρακτηριστικό μπορεί να προσφέρει διαφορετική αύξηση στο ποσοστό του classification. Τα τελικά ποσοστιαία αποτελέσματα κυμαίνονται από 89-96 τοις εκατό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ (EEG)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - Αντικείμενο αυτής της βιβλιογραφικής εργασίας θα αποτελέσει η μελέτη των συναισθημάτων του ακροατή, όπως αυτά προσμετρούνται από το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), κατά την ακρόαση διάφορων μουσικών κομματιών. Για την αναγνώριση των ποικίλων συναισθηματικών καταστάσεων κατά τη διάρκεια της μουσικής ακρόασης και συνεπώς για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αίσθηση των ανθρώπων –μουσικών και μη- και τελικά την ανάλυση του ανθρώπινου εγκεφάλου, πολλές έρευνες εστιάζουν στο ρυθμό, τη μελωδία και διάφορα άλλα στοιχεία της μουσικής. Ωστόσο, μέσα από την ανάλυση του EEG παρατηρείται ταυτόχρονη δραστηριότητα σε πολλές φλοιικές περιοχές, υποδεικνύοντας τη σημαντική και πολύπλευρη επίδραση της μουσικής στην πρόκληση συναισθημάτων. Όλα αυτά αποτελούν αντικείμενο μελέτης και έρευνας διάφορων επιστημόνων και ερευνητών που κατηγοριοποιώντας τις ενδείξεις του EEG διεξάγουν όσο το δυνατόν ακριβέστερα αποτελέσματα για τα ανθρώπινα συναισθήματα. Έτσι, αντικείμενο της δικής μας εργασίας θα είναι η συνοπτική παρουσίαση αυτών των ερευνών και αποτελεσμάτων.

1. Εισαγωγή

1.1 Μουσική και συναισθήματα

Η επεξεργασία της μουσικής και του ήχου από τον εγκέφαλο βασίζεται σε ευρέως διανεμημένα φλοιικά νευρωνικά δίκτυα που περιλαμβάνουν σχεδόν όλους τους κεντρικούς λοβούς και τις διάφορες πλευρικές περιοχές του εγκεφάλου. Η ακρόαση της μουσικής, όμως, είναι πολλά παραπάνω από μια απλή επεξεργασία ακουστικών ακολουθιών. Η μουσική είναι ένας διεγέρτης συναισθημάτων. Ανέκαθεν ήταν και είναι κομμάτι των διάφορων πολιτισμών και ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επικοινωνίας, έμπνευσης, πρόκλησης και αντίληψης

συναισθημάτων. Η επιρροή της είναι ακόμα εμφανής και μεταξύ ζώων εκτός του ανθρώπου. Ψυχολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι τα κύρια συναισθήματα που συνδέονται με τη μουσική και η σύνδεσή τους μπορεί σχετικά εύκολα να ανιχνευτεί και να μελετηθεί είναι τέσσερα : η χαρά, η λύπη, ο φόβος και ο θυμός.

Η βιολογική σημασία αυτής της συσχέτισης συναισθημάτων και μουσικής είναι ίσως περισσότερο εμφανής στη νηπιακή ηλικία όπου οι τρόποι επικοινωνίας είναι πολύ περιορισμένοι. Παρόλα αυτά φαίνεται πως η μουσική και οι ήχοι γενικότερα προκαλούν διάφορες αντιδράσεις στα νήπια, από το φόβο που μπορεί να τους προκαλέσει ένας ήχος δυνατής έντασης μέχρι την ηρεμία που θα νιώσουν μέσα από ένα τραγούδι του γονιού, λόγω της τρυφερότητας στην τονικότητα και την ένταση της φωνής.

Στο μεγαλύτερο κομμάτι της, η μουσική είναι κάτι αόριστο καθώς δεν αναφέρεται ευθέως σε συγκεκριμένα συμβάντα. Επομένως, το συναίσθημα στη μουσική πρέπει να εκφραστεί μέσα από τη δομή και την απόδοση της ίδιας της μουσικής. Δύο καταλυτικοί παράγοντες για αυτή την ανάλυση είναι η κλίμακα και ο ρυθμός. Η μείζονα κλίμακα τείνει να προκαλεί πιο θετικά συναισθήματα σε σχέση με την ελάσσονα, ενώ ο αυξημένης ταχύτητας ρυθμός της μουσικής φαίνεται επίσης να σχετίζεται με την πρόκληση θετικών συναισθημάτων. Πολλές έρευνες έχουν ασχοληθεί και με πιο εξειδικευμένα χαρακτηριστικά της μουσικής, όπως είναι η τονικότητα, η οξύτητα, η μελωδία ή η αρμονία και προκύπτει ότι μικρές διαφορές ακόμα και σε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζουν εμφανώς τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος αντιλαμβάνεται και αντιδρά στη μουσική.

Η τεράστια δύναμη της μουσικής στο να παράγει σύνθετα συναισθήματα και ασαφείς διαθέσεις έχει ανοίξει το δρόμο για την καλύτερη κατανόηση της ανώτερης νοητικής λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Για παράδειγμα, ταυτόχρονα με το ποια είδη μουσικής προκαλούν θετικά ή αρνητικά συναισθήματα έχει αποδειχτεί ότι στην περίπτωση των θετικών συναισθημάτων παρατηρείται μεγαλύτερη δραστηριότητα στην αριστερή μετωπιαία περιοχή του εγκεφάλου, ενώ αντίστοιχα στη δεξιά για την περίπτωση των αρνητικών συναισθημάτων. Άλλα τέτοια συμπεράσματα έχουν ανακαλυφθεί από διάφορες έρευνες που βασίζουν τα στοιχεία τους στον καρδιακό ρυθμό, την πίεση του αίματος, την αγωγιμότητα και τη θερμοκρασία του δέρματος και άλλα. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι ίσως η

σημαντικότερη εφεύρεση γύρω από το θέμα που παρουσιάζουμε και ειδικά τα συμπεράσματα που έχουν προκύψει τα τελευταία χρόνια από τη χρήση και τη μελέτη του είναι αυτά που θα αναλύσουμε και θα επικεντρωθούμε στο κεντρικό κομμάτι της εργασίας μας.

1.2 Λίγα λόγια για το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) ορίζεται ως η ηλεκτρική δραστηριότητα εναλλασσόμενου τύπου, όπως αυτή καταγράφεται από την επιφάνεια του κρανίου με τη χρήση μεταλλικών ηλεκτροδίων και αγώγιμων μέσων. Η ιατρική τεχνική απεικόνισης, η οποία διαβάζει την ηλεκτρική δραστηριότητα του κρανίου παραγόμενη από εγκεφαλικές δομές ονομάζεται ηλεκτροεγκεφαλογραφία. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, το οποίο καταγράφεται απευθείας από την φλοιώδη επιφάνεια του εγκεφάλου ονομάζεται ηλεκτρογράφημα. Όταν τα εγκεφαλικά κύτταρα (νευρώνες) ενεργοποιούνται, παράγονται τοπικές ροές ρεύματος. Για την επιτυχή καταγραφή ηλεκτρικής δραστηριότητας από την επιφάνεια του κεφαλιού απαιτείται μεγάλος πληθυσμός ενεργών νευρώνων.

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) καταμετρά εγκεφαλικά κύματα διαφορετικών συχνοτήτων, τα οποία εμφανίζονται εντός του εγκεφάλου. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται για ανάλυση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος έχει διασπασθεί σε διαφορετικές συχνοτικά μπάντες βασισμένες στον μετασχηματισμό Fourier. Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG) αποτελείται κυρίως από 4 βασικές ζώνες συχνοτήτων, οι οποίες ονομάζονται:

Δέλτα – Από 0.5 έως 4 Hz και εμφανίζεται κατά την διάρκεια του βαθύ ύπνου

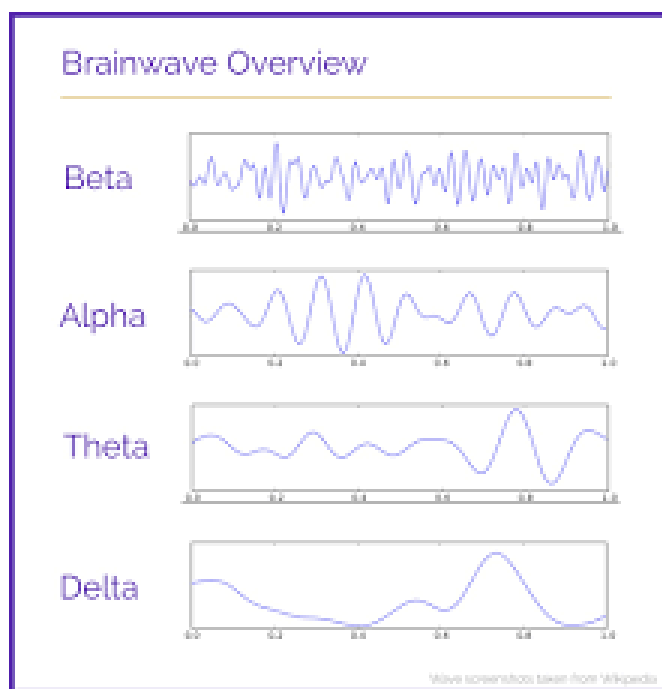
Θήτα- από 4-8 Hz , σχετίζεται με την υπνηλία

Άλφα – από 8-12 Hz , συνδέεται με τις καταστάσεις χαλάρωσης και εγρήγορσης του υποσυνειδήτου

Βήτα – από 14-30 Hz , εμφανίζεται σε καταστάσεις έντονης δραστηριότητας ή άγχους.

Παρόλα αυτά κανένα από τα κύματα αυτά δεν εκπέμπεται μόνο του , η κατάσταση του υποσυνειδήτου ενός ανθρώπου μπορεί να τονίζει μια μπάντα

συχνοτήτων περισσότερο από μια άλλη . Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει πληθώρα προτύπων από κυματομορφές του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος :



Ένας από τους πιο συνηθισμένους δείκτες επίδρασης των συναισθηματικών καταστάσεων είναι η alpha-power ασυμμετρία που πηγάζει από τις φασματικές διαφορές μεταξύ ενός συμμετρικού ζεύγους ηλεκτροδίων στις εμπρόσθιες περιοχές του εγκεφάλου. Άλλες φασματικές αλλαγές και εγκεφαλικές περιοχές έχουν αναφερθεί, που συνδέονται με συναισθηματικές αντιδράσεις, όπως είναι οι alpha-power αλλαγές στο δεξιό βρεγματικό λοβό, οι theta-power αλλαγές στο δεξιό βρεγματικό λοβό και στη μέση του μετωπιαίου (frontal midline), η beta-power ασυμμετρία στις βρεγματικές περιοχές και οι gamma φασματικές αλλαγές στις δεξιά βρεγματικές περιοχές. Παρότι το συναίσθημα είναι μία από τις πιο σύνθετες και λιγότερο αντιληπτές νοητικές διεργασίες που συμβαίνουν στον εγκέφαλο και συνδέεται με ποικίλες εγκεφαλικές ταλαντώσεις σε συνδυασμούς, τα προαναφερθέντα στοιχεία αποδεικνύουν τη σκοπιμότητα της χρήσης του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος στο χαρακτηρισμό των συναισθηματικών καταστάσεων.

2. Έρευνες και Συμπεράσματα

2.1 Δραστικότητα και ένταση συναισθημάτων

2.1.1 Το πείραμα

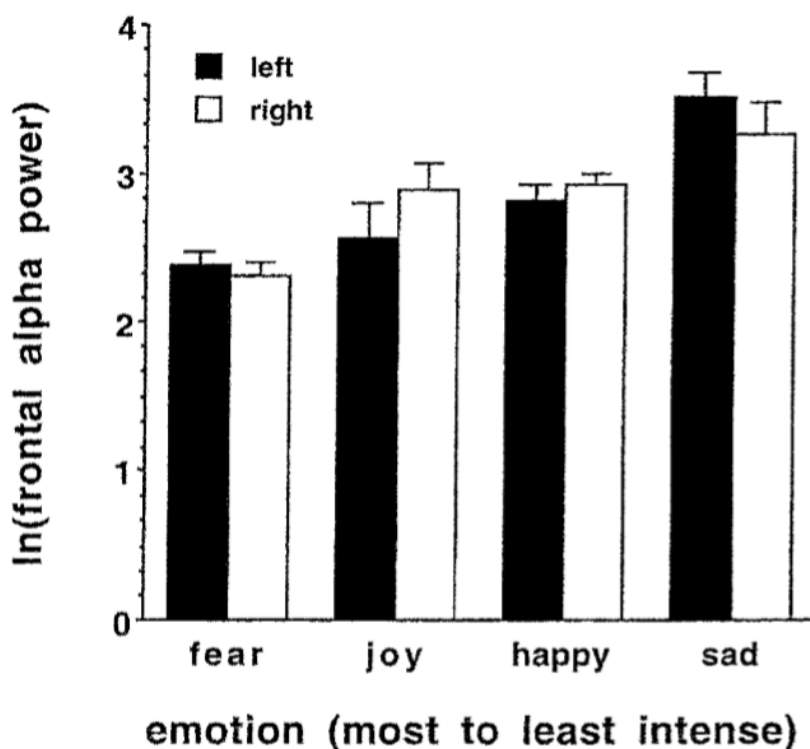
Η αρχική έρευνα που θα παρουσιάσουμε έχει δύο κυρίαρχους σκοπούς. Πρώτος στόχος είναι να εξεταστεί εάν διαφορετικά μουσικά αποσπάσματα προκαλούν διαφορετικές συναισθηματικές καταστάσεις οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με μετρήσεις της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Ο δεύτερος είναι να εξεταστεί εάν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κομμάτια τοπικής δραστηριότητας του EEG για τη διάκριση των συναισθημάτων όσον αφορά τη δραστικότητα (θετικά ή αρνητικά) και την ένταση (έντονα ή ήπια). Στο εν λόγω πείραμα καταγράφηκε η τοπική εγκεφαλική ηλεκτρική δραστηριότητα (μέσω EEG) σε μια ομάδα ατόμων ενόσω είχαν υποβληθεί στην ακρόαση ορχηστρικών μουσικών αποσπασμάτων σχεδιασμένων έτσι ώστε να προκαλούν ευχαρίστηση, ευτυχία, φόβο και θλίψη. Τα τέσσερα αποσπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηρίστηκαν έτσι ώστε να εκπροσωπούν τους διάφορους συνδυασμούς δραστικότητας και έντασης συναισθημάτων : αρνητικό-έντονο (φόβος), θετικό-έντονο (ευχαρίστηση), θετικό-ήπιο (ευτυχία), αρνητικό-ήπιο (θλίψη).

Καθένα από τα τέσσερα μουσικά αποσπάσματα παρουσιάστηκε στα υποκείμενα του πειράματος για περίπου 60 δευτερόλεπτα και το EEG κατέγραφε συνεχώς κατά τη διάρκεια καθενός από τα αποσπάσματα 60 δευτερολέπτων χρησιμοποιώντας ένα ελαστικό κάλυμμα από λύκρα, με ηλεκτρόδια τοποθετημένα σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίων 10/20 (Jasper, 1958). Οι σύνθετες αντιστάσεις των ηλεκτροδίων ήταν κάτω από 10 Kohm σε κάθε περιοχή και μέχρι 500 Ohm μεταξύ ομόλογων περιοχών. Το EEG λήφθηκε μέσω SA βιοενισχυτών ενορχήστρωσης από τέσσερις περιοχές του κρανίου: αριστερή και δεξιά μεσο-μετωπιαία (F3, F4) και βρεγματική (P3, P4). Όλα τα ηλεκτρόδια καταγράφονταν στην κεντρική κορυφή (Cz). Τα δεδομένα πέρασαν μέσα από ζωνοπερατό φίλτρο μεταξύ 1 και 100 Hz και ψηφιοποιήθηκαν στα 512 Hz. Όλα τα δεδομένα του EEG αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας ένα διακριτό μετασχηματισμό Fourier (DFT) με παράθυρο Hanning πλάτους ενός δευτερολέπτου και 50% αλληλεπικάλυψη. Από την έξοδο του DFT προέκυψε ισχύς στην alpha ζώνη συχνοτήτων (8-13 Hz). Ένας μετασχηματισμός

φυσικού λογαρίθμου (ln) εφαρμόστηκε στα δεδομένα του EEG για τη μείωση της παραμόρφωσης.

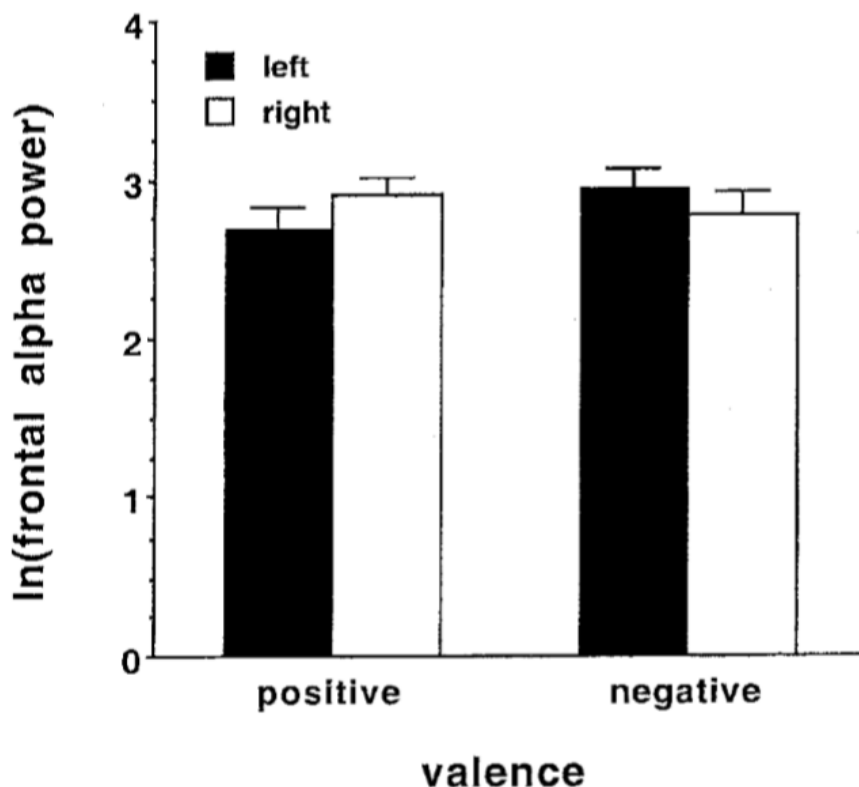
2.1.2 Συμπεράσματα

Πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις δραστικότητας (ANOVA) ανά φύλο ως παράγοντας μεταξύ-υποκειμένων και Δραστικότητας, Έντασης και Ημισφαιρίου ως παράγοντες εντός-υποκειμένων, ξεχωριστά για μετωπιαίες και βρεγματικές περιοχές. Η βρεγματική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικά κύρια αποτελέσματα και αλληλεπιδράσεις. Η μετωπιαία ανάλυση δεν έδειξε επίσης σημαντικά κύρια αποτελέσματα και αλληλεπιδράσεις σχετιζόμενα με το φύλο. Υπήρξε ωστόσο μια σημαντική αλληλεπίδραση Δραστικότητας-Έντασης-Ημισφαιρίων στη μετωπιαία περιοχή, $F(1, 58) = 4.11$, $p < 0.047$.



Η ανάλυση Δραστικότητας-Ημισφαιρίων αποκάλυψε σημαντικά κύρια αποτελέσματα για τη Δραστικότητα, $F(1, 58) = 17.88$, $p < 0.0005$ και για τα Ημισφαίρια, $F(1, 58) = 13.67$, $p < 0.0005$ και μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ Δραστικότητας και Ημισφαιρίων, $F(1, 58) = 10.76$, $p < 0.002$. Παρατηρήθηκε ότι τα θετικής δραστικότητας μουσικά αποσπάσματα προκάλεσαν συγκριτικά μεγαλύτερη αριστερή μετωπιαία δραστηριότητα του EEG, ενώ τα αρνητικής δραστικότητας μουσικά αποσπάσματα προκάλεσαν συγκριτικά μεγαλύτερη δεξιά μετωπιαία

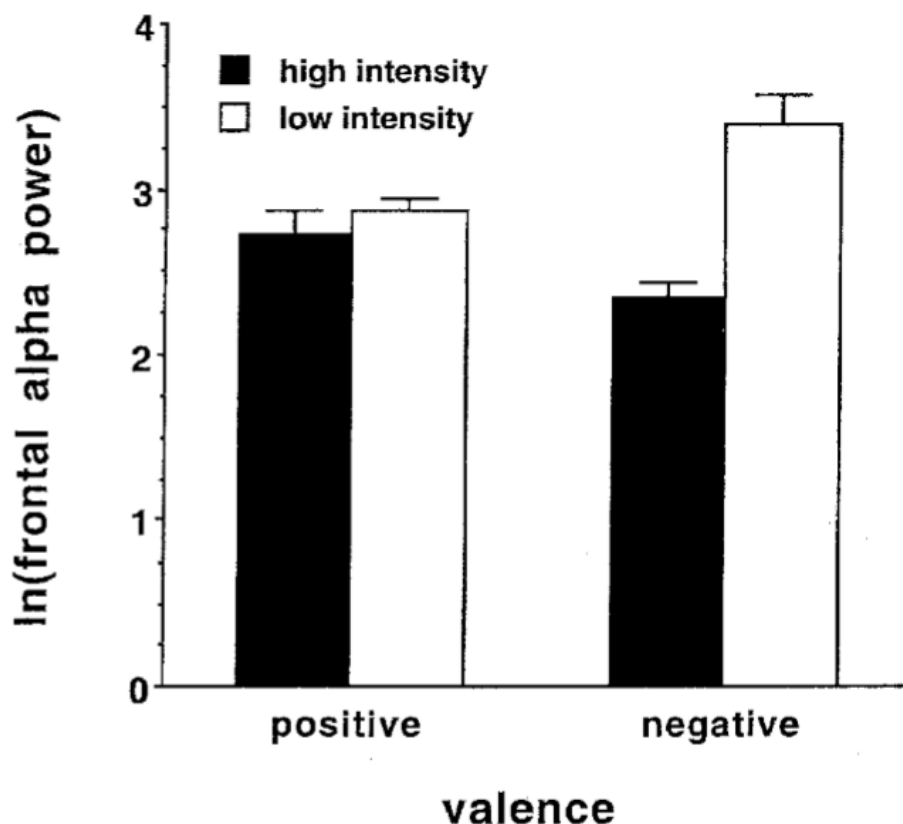
δραστηριότητα του EEG. Επιπλέον, τα θετικής δραστηρότητας μουσικά αποσπάσματα προκάλεσαν σημαντικά λιγότερη μετωπιαία EEG ισχύ σε σχέση με τα αντίστοιχα αρνητικής δραστηρότητας και υπήρξε σημαντικά λιγότερη μετωπιαία EEG ισχύς στο αριστερό από ότι στο δεξί ημισφαίριο όσον αφορά τη δραστηρότητα.



Η ανάλυση Έντασης-Ημισφαιρίων αποκάλυψε σημαντικά κύρια αποτελέσματα για την Ένταση, $F(1, 58) = 386.09$, $p < 0.0005$ και για τα Ημισφαίρια, $F(1, 58) = 13.67$, $p < 0.0005$, αλλά καμία αλληλεπίδραση. Υπήρξε σημαντικά λιγότερη μετωπιαία EEG ισχύς στο αριστερό από ότι στο δεξί ημισφαίριο όσον αφορά την ένταση. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι τα έντονα μουσικά αποσπάσματα προκάλεσαν σημαντικά λιγότερη συνολική μετωπιαία EEG ισχύ συγκρινόμενα με τα ήπια μουσικά αποσπάσματα.

Η ανάλυση Δραστηρότητας-Έντασης αποκάλυψε σημαντικά κύρια αποτελέσματα για τη Δραστηρότητα, $F(1, 58) = 17.88$, $p < 0.0005$ και για την Ένταση, $F(1, 58) = 17.88$, $p < 0.0005$. Παρατηρήθηκε ότι τα έντονα και θετικής δραστηρότητας μουσικά αποσπάσματα προκάλεσαν σημαντικά λιγότερη EEG ισχύ συγκρινόμενα με τα ήπια και αρνητικής δραστηρότητας μουσικά αποσπάσματα. Η αλληλεπίδραση Δραστηρότητας-Έντασης ήταν επίσης σημαντική, $F(1, 58) = 12.14$, $p < 0.002$. Τέλος, για θετικής και αρνητικής δραστηρότητας μουσικά αποσπάσματα παρατηρήθηκε

λιγότερη μετωπιαία EEG ισχύς στα έντονα από ότι στα ήπια αποσπάσματα, αλλά ο βαθμός αυτής της σχέσης ήταν πιο έντονος για τα θετικής παρά για τα αρνητικής δραστηρότητας μουσικά αποσπάσματα.



2.2 Κλίμακα και ρυθμός της μουσικής

2.2.1 Το πείραμα

Σε αυτή την έρευνα εξετάστηκε εάν αλλαγές στην κλίμακα (μείζονα ή ελάσσονα) και στο ρυθμό (γρήγορος ή αργός) θα είχαν επίδραση στη μετωπιαία ασύμμετρη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Χρησιμοποιήθηκαν 6 μουσικά αποσπάσματα, τα οποία τροποποιήθηκαν έτσι ώστε να υπάρχουν 4 διαφορετικές μορφές του καθενός : μείζονα-γρήγορος, μείζονα-αργός, ελάσσονα-γρήγορος, ελάσσονα-αργός. Τα υποκείμενα του πειράματος άκουσαν ένα από τα έξι αποσπάσματα στις διάφορες μορφές του. Κάθε 60 δευτερόλεπτα άλλαζε είτε ο ρυθμός είτε η κλίμακα ή και τα δύο.

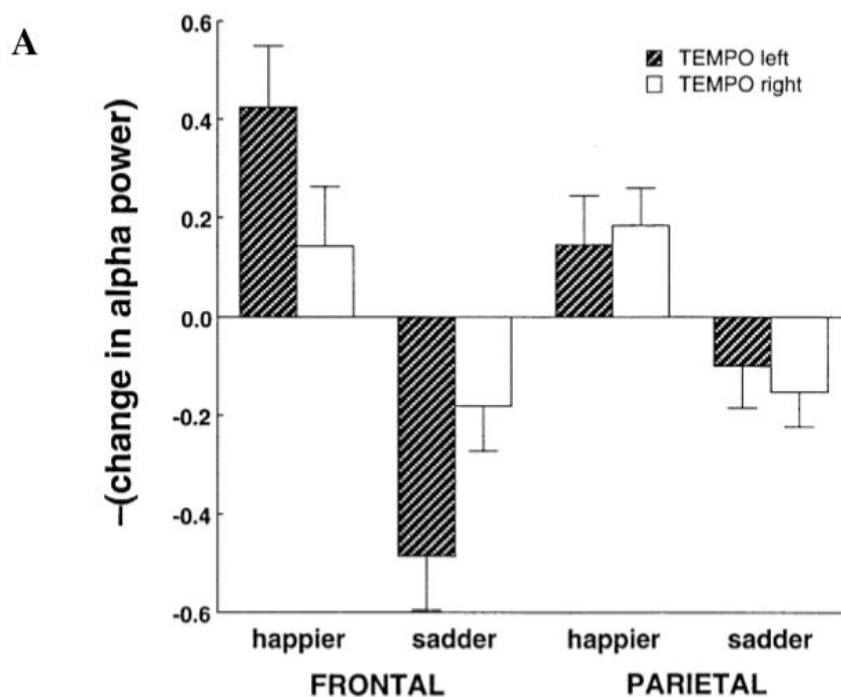
Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα καταγράφηκαν σε 55 άτομα, ενόσω άκουγαν τα 60-δευτερολέπτων μουσικά αποσπάσματα, από την αριστερή και δεξιά μετωπιαία (F3, F4) και την αριστερή και δεξιά βρεγματική (P3, P4) περιοχή, καταγραφόμενα στη Cz, μια μεσο-κεντρική περιοχή. Το ενδιαφέρον για την ισχύ σε αυτές τις περιοχές

αφορούσε την alpha ζώνη συχνοτήτων. Τα EEG ψηφιοποιήθηκαν στα 512 Hz και πέρασαν μέσα από ζωνοπερατό φίλτρο μεταξύ 1 και 100 Hz, ενώ αφαιρέθηκαν οποιαδήποτε κομμάτια του EEG περιείχαν παραμορφώσεις από τυχόν κινήσεις, π.χ των ματιών. Τα δεδομένα των EEG υποβλήθηκαν σε ένα διακριτό μετασχηματισμό Fourier (DFT) με παράθυρο Hanning του ενός δευτερολέπτου και αλληλεπικάλυψη 50% μεταξύ παραθύρων, ενώ η ισχύς καθορίστηκε στην alpha ζώνη συχνοτήτων (8-13 Hz).

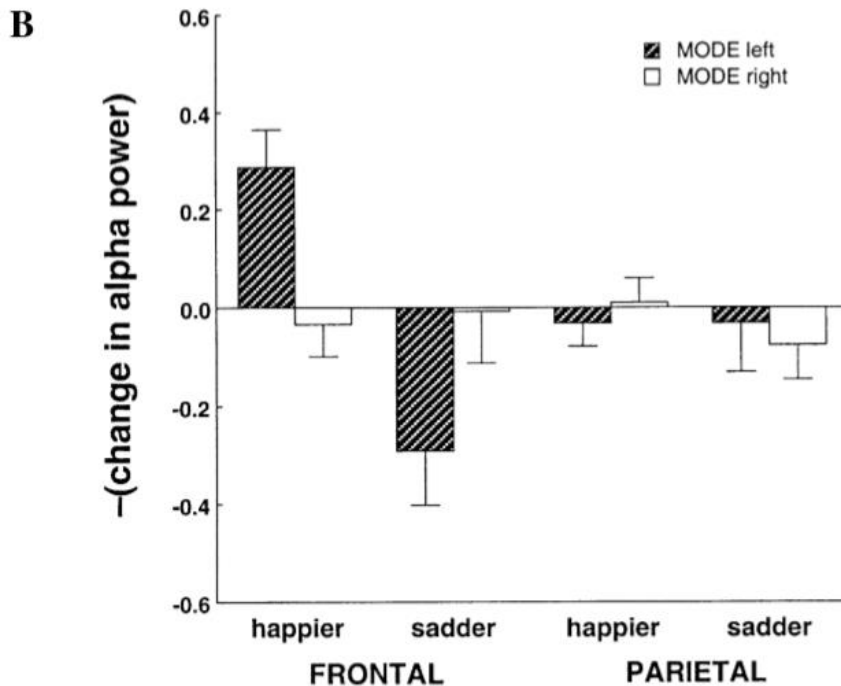
Επιπλέον, για κάθε ζευγάρι διαδοχικών μουσικών αποσπασμάτων, αφαιρέθηκε η ισχύς στην alpha ζώνη συχνοτήτων του πρώτου από το δεύτερο απόσπασμα σε κάθε περιοχή (F3, F4, P3, P4). Στη συνέχεια, για κάθε υποκείμενο και κάθε περιοχή, εξήχθησαν τέσσερα αποτελέσματα μέσης διαφοράς alpha-ισχύος : ένα για αυξήσεις στο ρυθμό (πιο χαρούμενο), ένα για μειώσεις (πιο στενάχωρο), ένα για αλλαγές από ελάσσονα σε μείζονα κλίμακα (πιο χαρούμενο) και ένα για αλλαγές από μείζονα σε ελάσσονα (πιο στενάχωρο).

2.2.2 Συμπεράσματα

Για να εξεταστούν οι επιδράσεις του ρυθμού πραγματοποιήθηκε ανάλυση της δραστηριότητας (ANOVA) με την κατάσταση (χαρούμενος ρυθμός-στενάχωρος ρυθμός), τα ημισφαίρια (αριστερό - δεξί) και τις περιοχές (μετωπιαίες-βρεγματικές) ως εντός-υποκειμένων παράγοντες. Δεν υπήρξαν σημαντικά κύρια αποτελέσματα, όμως βρέθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις: ρυθμός-περιοχή, $F(1, 54) = 9.40$, $p < 0.003$; ρυθμός-ημισφαίριο, $F(1, 54) = 10.91$, $p < 0.002$; ρυθμός-περιοχή-ημισφαίριο, $F(1, 54) = 32.75$, $p < 0.0001$. Για να ερευνηθούν περαιτέρω αυτές οι αλληλεπιδράσεις, πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστές ANOVA για τις μετωπιαίες και τις βρεγματικές περιοχές, με τις καταστάσεις και τα ημισφαίρια σαν παράγοντες σε κάθε περίπτωση. Κανένα σημαντικό αποτέλεσμα δε βρέθηκε στη βρεγματική ανάλυση. Ωστόσο, η μετωπιαία ανάλυση αποκάλυψε μια σημαντική αλληλεπίδραση κατάστασης-ημισφαιρίου, $F(1, 54) = 43.44$, $p < 0.0001$. Συγκεκριμένα, μια αύξηση στο ρυθμό (πιο χαρούμενος) προκαλούσε αυξημένη μετωπιαία δραστηριότητα στο αριστερό ημισφαίριο, σε αντίθεση με μια μείωση στο ρυθμό (πιο στενάχωρος) που προκαλούσε μειωμένη μετωπιαία δραστηριότητα στο αριστερό ημισφαίριο.



Για να εξεταστούν οι επιδράσεις της κλίμακας πραγματοποιήθηκε παρόμοια ανάλυση της δραστηριότητας (ANOVA) με την κατάσταση (χαρούμενος ρυθμός-στενάχωρος ρυθμός), τα ημισφαίρια (αριστερό - δεξί) και τις περιοχές (μετωπιαίες-βρεγματικές) ως εντός-υποκειμένων παράγοντες. Υπήρξε ένα σημαντικό κύριο αποτέλεσμα της κλίμακας, $F(1, 54) = 7.39$, $p < 0.009$, καθώς και πλήθος σημαντικών αλληλεπιδράσεων : κλίμακα-περιοχή, $F(1, 54) = 9.29$, $p < 0.004$; κλίμακα-ημισφαίριο, $F(1, 54) = 9.14$, $p < 0.004$; και κλίμακα-περιοχή-ημισφαίριο, $F(1, 54) = 18.55$, $p < 0.0001$. Για να ερευνηθούν περαιτέρω αυτές οι αλληλεπιδράσεις, πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστές ANOVA για τις μετωπιαίες και τις βρεγματικές περιοχές, με τις καταστάσεις και τα ημισφαίρια σαν παράγοντες σε κάθε περίπτωση. Η μόνη αξιοσημείωτη συνέπεια από τη βρεγματική ανάλυση ήταν ένα κύριο αποτέλεσμα της κλίμακας, $F(1, 54) = 4.38$, $p < 0.04$. Από την άλλη, η μετωπιαία ανάλυση αποκάλυψε ένα σημαντικό αποτέλεσμα της κλίμακας, $F(1, 54) = 9.03$, $p < 0.004$ και μια σημαντική αλληλεπίδραση κατάστασης-ημισφαιρίου, $F(1, 54) = 36.69$, $p < 0.0001$. Συγκεκριμένα, μια αλλαγή από ελάσσονα σε μείζονα κλίμακα (πιο χαρούμενη) προκαλούσε αυξημένη μετωπιαία δραστηριότητα στο αριστερό ημισφαίριο, ενώ μια αλλαγή από μείζονα σε ελάσσονα κλίμακα (πιο στενάχωρη) προκαλούσε μειωμένη μετωπιαία δραστηριότητα στο αριστερό ημισφαίριο.



2.3 Αρμονία και δυσαρμονία μουσικών κομματιών

2.3.1 Το πείραμα

Η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 22 άτομα ηλικίας 20-30 ετών - και των 2 φύλων - ενώ όλοι οι συμμετέχοντες ήταν δεξιόχειρες. Μάλιστα, οι συμμετέχοντες δεν είχαν διδαχθεί ποτέ κάποιο μουσικό όργανο, ούτε είχαν ιδιαίτερες μουσικές γνώσεις και άρα χαρακτηρίζονταν ως μη-μουσικοί. Τέλος, κανένας δεν είχε κάποιο πρόβλημα στην ακοή ή ιστορικό κάποιας νευρολογικής πάθησης.

Τα μουσικά κομμάτια που επιλέχτηκαν για την ακρόαση είχαν ποικιλία στα επίπεδα δυσαρμονίας. Αυτό επιτεύχθηκε επιλέγοντας αποσπάσματα από πολύ γνωστά κομμάτια κλασικής μουσικής, ενώ για να παραχθεί η “διάφωνη” εκδοχή τους, με τη βοήθεια σύγχρονων ηλεκτρονικών μέσων προστέθηκαν στην αρχική μελωδία επιπλέον φωνές που θα καθιστούσαν τα διαστήματα διάφωνα. Έτσι, από κάθε απόσπασμα θα υπήρχε η “ευχάριστη” και η “δυσάρεστη” εκδοχή. Ακόμα, για να διασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα και οι πιθανές διαφοροποιήσεις στις μετρήσεις δεν προκύπτουν από το ρυθμό αλλά από την σύμφωνη ή διάφωνη αρμονία των κομματιών, τα αναπαραγόμενα κομμάτια επιλέχτηκαν έτσι ώστε να μην έχουν κάποια σημαντική διαφοροποίηση στο τέμπο.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος κάθε απόσπασμα αναπαραγόταν μία φορά, η σειρά αναπαραγωγής ήταν τυχαία, ωστόσο η σύμφωνη και η διάφωνη εκδοχή μιας μελωδίας ποτέ δεν ήταν διαδοχικές και ανάμεσα στις αναπαραγωγές υπήρχαν μικρές παύσεις. Αρχικά, ένα ακουστικό σήμα προέτρεπε τους συμμετέχοντες να ξεκινήσουν τη διαδικασία πατώντας ένα κουμπί. Την ακρόαση ενός αποσπάσματος διαδεχόταν πάντα μια μουσική παύση 30 δευτερολέπτων. Μετά το πέρας και αυτής της παύσης, οι συμμετέχοντες καλούνταν να βαθμολογήσουν πόσο ευχάριστο ήταν το άκουσμα που προηγήθηκε σε μια κλίμακα από 1 μέχρι 6 (με το 1 ως “πολύ δυσάρεστο” και το 6 ως “πολύ ευχάριστο”). Έπειτα από κάθε βαθμολογία ακολουθούσε μια παύση 10 δευτερολέπτων, πριν την επόμενη ακρόαση.

Κατά τη διάρκεια του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, οι συμμετέχοντες καλούνταν να ακούσουν προσεκτικά τη μουσική και να διατηρήσουν τα μάτια τους κλειστά σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Ακόμα, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι θα ήταν συγκεντρωμένοι κατά την ακρόαση τόσο των εύηχων όσο και των πιο κακόηχων ερεθισμάτων, έπρεπε να κτυπούν με τον δείκτη του δεξιού χεριού τους το ρυθμό της μουσικής.

Το EEG καταγράφηκε με Ag/AgCl ηλεκτρόδια από 63 περιοχές ηλεκτροδίων, τοποθετημένα σύμφωνα με το εκτεταμένο διεθνές 10-20 σύστημα. Ο δεξιός μαστοειδής (M1) εξυπηρέτησε ως σημείο αναφοράς, ενώ το ηλεκτρόδιο γείωσης τοποθετήθηκε στο στέρνο. Τα σήματα ενισχύθηκαν με 3 συγχρονισμένους PORTI-32/MREFA ενισχυτές και μετατράπηκαν σε ψηφιακά με συχνότητα δειγματοληψίας 500 Hz. Μετά τη μέτρηση, τα δεδομένα καταγράφηκαν ως ο αλγεβρικός μέσος όρος των 2 μαστοειδών (M1 και M2) ώστε να υπάρξει συμμετρική αναφορά. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση φασματικής ισχύος, χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη μέθοδο του Welch. Απαλλαγμένοι από πλαστά αποτελέσματα EEG περίοδοι με διάρκεια 2.048 δευτερόλεπτα η καθεμία, επιλέχθηκαν και χωρίστηκαν σε 3 τμήματα με 1.024 μήκος και μια επικάλυψη 50%. Για κάθε κατάσταση, δυναμικά φάσματα μοναδικού τμήματος υπολογίστηκαν με το μετασχηματισμό Fourier και μετά εκφράστηκαν κατά μέσο όρο. Κατά μέσο όρο, 42 περίοδοι ανά συμμετέχοντα εισήχθησαν στο «μεγάλο μέσο όρο» κάθε κατάστασης. Φάνηκε επανειλημμένα ότι οι «α» και «θ» συχνότητες (4–12 Hz) μπορούν να χωριστούν σε αρκετές λειτουργικά διαφορετικές στενές ζώνες συχνοτήτων. Ακόμα, εφαρμόστηκε η μέθοδος

Doppelmayr, Klimesch, Pachinger, και Ripper για να οριστούν 5 συχνοτικές ζώνες, χρησιμοποιώντας την IAF ως σταθεροποιητικό σημείο.

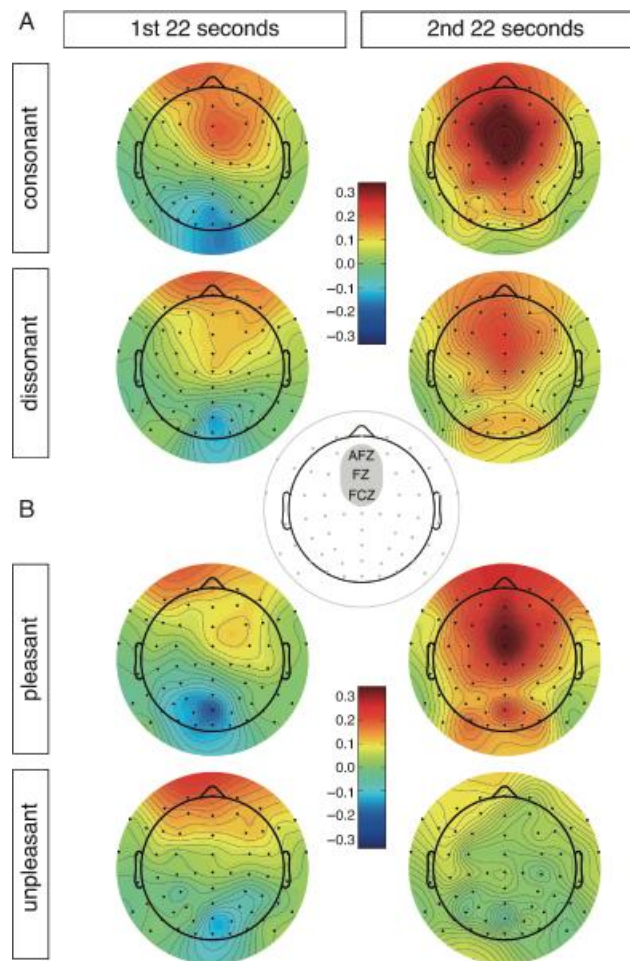
Για κάθε συμμετέχοντα, κάθε κατάσταση (C), ηλεκτρόδιο (e) και συχνοτικό εύρος (f), η ατομική ισχύς $P_C(e, f)$ διαιρούνταν με τη μέση ισχύ $P_B(e, f)$ σε $N=61$ ηλεκτρόδια του κρανίου (εκτός από M1 και M2) μετρούμενα στην “κατάσταση αναφοράς” για το ίδιο αντικείμενο και την ίδια συχνότητα (f):

$$\hat{P}_C(e, f) = \frac{P_C(e, f)}{1/N * \sum_{e=1}^N P_B(e, f)}.$$

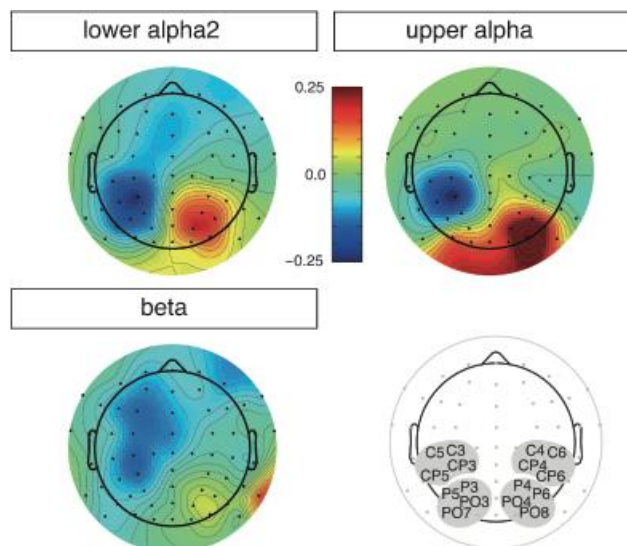
Για στατιστική ανάλυση, υπολογίστηκε η μεγαλύτερη κοινή διάρκεια όλων των μουσικών κομματιών. Προσθετικά, κάθε μουσικό κομμάτι χωρίστηκε σε πρώτο και δεύτερο μισό για να διερευνηθούν οι κροταφιαίες δυναμικές της δραστηριότητας του εγκεφάλου. Για τη ζώνη “θ”, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με παράγοντες την Κατάσταση (ευχάριστη και δυσάρεστη) και το Χρόνο (1ο και 2ο μισό) για την προσθιοκεντρική περιοχή ενδιαφέροντος (ROI) αποτελούμενη από τα ηλεκτρόδια AFZ, FZ, and FCZ. Αντίστοιχα, για τις ζώνες συχνοτήτων: «lower alpha1», «lower alpha2», «upper alpha» και «beta» έγιναν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με παράγοντες την Κατάσταση, τον Χρόνο, το ημισφαίριο (αριστερό ή δεξιό) και υπολογίστηκαν για τα μετωπιαία, κεντρο-βρεγματικά και βρεγματο-ινιακά ROIs και στα 2 ημισφαίρια. (μετωπιαία: AF4, F4, F8, FC4 vs. AF3, F3, F7, FC3; κεντρο-βρεγματικά: C3, C5, CP3, CP5 vs. C4, C6, CP4, CP6; βρεγματο-ινιακά: P3, P5, PO3, PO7 vs. P4, P6, PO4, PO8).

2.3.2 Συμπεράσματα

Τα εύηχα μουσικά κομμάτια ψηφίστηκαν ως πιο ευχάριστα, ενώ τα πιο κακόηχα αναδείχτηκαν ως πιο δυσάρεστα σύμφωνα με τα t-τεστ ενός δείγματος.



Στο παραπάνω σχήμα προβάλλονται χάρτες από τις μέσες αλλαγές από την κανονικοποιημένη «θ» ισχύ. Στο τμήμα A φαίνεται η επίδραση του πρώτου και δεύτερου μισού των σύμφωνων και διάφωνων κομματιών, ενώ στο τμήμα B φαίνεται η επίδραση του πρώτου και δεύτερου μισού των ψηφισμένων κομματιών ως ευχάριστα και δυσάρεστα. Το χρώμα μπλε υποδεικνύει μείωση ισχύος, ενώ το κόκκινο υποδεικνύει αύξηση σε σχέση με τη βάση αναφοράς. Παρατηρείται ότι στο τμήμα A, η μεγαλύτερη διαφοροποίηση εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του δεύτερου μισού των αποσπασμάτων μεταξύ των σύμφωνων και διάφωνων κομματιών. Ωστόσο αυτή η παρατήρηση δεν επιβεβαιώθηκε στατιστικά. Στο τμήμα B παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ψήφων των συμμετεχόντων, εξαιρώντας αυτούς που βαθμολόγησαν όλα τα κομμάτια με ουδέτερους (μεσαίους) βαθμούς. Εδώ παρατηρούμε ότι έχουμε αύξηση μόνο στο 2ο μισό των ευχάριστων κομματιών, ενώ στα δυσάρεστα δεν παρατηρούμε κάποια ιδιαίτερη διαφοροποίηση σε σχέση με το σημείο αναφοράς.



Σύμφωνα και με το παραπάνω σχήμα, κατά τη διάρκεια της μουσικής ακρόασης και του κτυπήματος στο ρυθμό που κλήθηκαν να κάνουν οι συμμετέχοντες παρατηρούνται αλλαγές στην ισχύ στις ζώνες “lower alpha2”, “upper alpha”, και “beta”. Σε συνδυασμό με το ζητούμενο κτύπημα των δακτύλων οι “α” και “β” συχνότητες μειώθηκαν στα αριστερά κεντρο-βρεγματικά ηλεκτρόδια και αυξήθηκαν στα δεξιά βρεγματο-ινιακά.

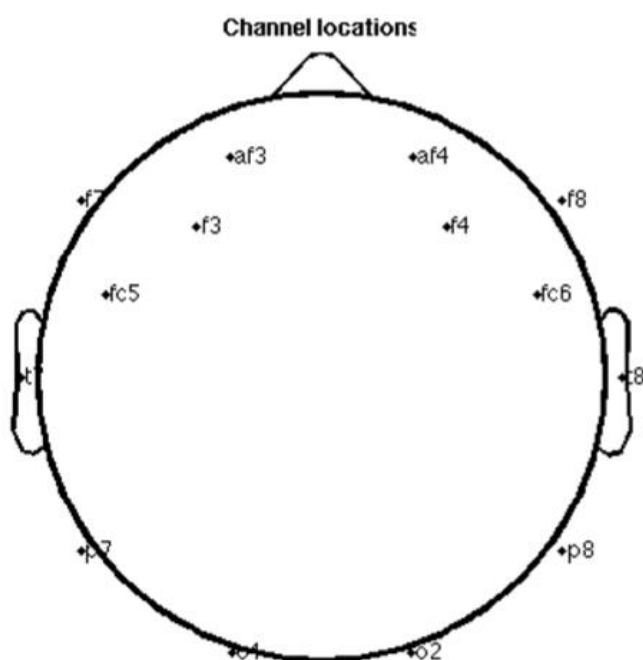
Συμπερασματικά, τα ευχάριστα συναισθήματα συνοδεύονται από αύξηση της Fm “θ” ισχύος. Αυτό δείχνει ότι επηρεάζεται από το συναίσθημα πολύ περισσότερο από ότι πιστεύονταν στο παρελθόν ενώ παράλληλα υποδεικνύει την χρησιμότητα μεγέθυνσης της έννοιας του “Fm theta” ξεπερνώντας τις απλές γνωστικές λειτουργίες. Η ακριβής αναλογία, ωστόσο, της κατανομής των λειτουργιών της προσοχής, κίνησης και συναισθήματος στο “Fm theta effect” ακόμα παραμένει αδιευκρίνιστη.

2.4 Φασματική και ενεργειακή ανάλυση

2.4.1 Το πείραμα

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την επόμενη εργασία προήλθαν από 7 άτομα, 6 άνδρες και 1 γυναίκα, ενήλικες και ηλικίας μεταξύ 24-36 ετών. Το πείραμα διεξήχθη δύο φορές για κάθε άτομο σε διαφορετικές μέρες και όλα τα υποκείμενα είχαν τα μάτια τους ανοιχτά κατά τη διάρκεια του πειράματος. Στα πειράματα αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από δεκατέσσερα ηλεκτρόδια (af3, f7, f3, fc5, t7, p7, o1, o2, p8, t8, fc6, f4, f8, af4) κατά

τη διάρκεια χαλαρωτικής μουσικής (msa) και μουσικής που επέλεξε το κάθε δείγμα σύμφωνα με τις προτιμήσεις του (msb). Τα ηλεκτρόδια f αναφέρονται στις εμπρόσθιες περιοχές του κρανίου, τα p στις πίσω, τα c στις κεντρικές και τα t στις πίσω περιοχές κοντά στους λοβούς, σύμφωνα με το σχήμα. Η συχνότητα δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε κατά την καταγραφή του EEG σήματος, ήταν 128 Hz. Το χαλαρωτικό κομμάτι μουσικής (msa) ήταν ίδιο για όλα τα υποκείμενα, ενώ επιλέχθηκε ένα κομμάτι μουσικής με βάση την προτίμηση του καθενός (msb). Επιπρόσθετα, υπήρχαν στάδια χαλάρωσης πριν και μετά από τα msa και msb (pre_msa, pre_msb, post_msa, post_msb) ώστε να φανούν τυχόν διαφορές.



14 of 14 electrode locations shown

Στα πλαίσια των πειραμάτων αυτών υπολογίστηκε η μέση τιμή της ενέργειας του σήματος από όλα τα υποκείμενα για κάθε μπάντα συχνοτήτων (alpha, beta, delta, gamma, theta) και για κάθε στάδιο του πειράματος. Δηλαδή υπολογίστηκε η ενέργεια του σήματος κατά τη διάρκεια της msa (χαλαρωτική μουσική) και msb (μουσική προτίμησης) καθώς και κατά τη διάρκεια χαλάρωσης pre_msa και pre_msb. Συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα μεταξύ τους ώστε να ανιχνευθούν τυχόν διαφορές. Οι συγκρίσεις που έγιναν είναι οι εξής: α) msa με msb, β) pre_msa με msa και γ) pre_msb με msb. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε η ενέργεια του

σήματος για κάθε κανάλι ξεχωριστά σε μια προσπάθεια να εντοπιστούν τυχόν διαφοροποιήσεις της, για διαφορετικές κρανιακές περιοχές.

Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε το συχνοτικό περιεχόμενο από όλα τα υποκείμενα για κάθε στάδιο του πειράματος ξεχωριστά μέσω της εντολής. Δηλαδή υπολογίστηκαν οι συχνότητες, οι οποίες αποτελούν το αρχικό σήμα καταγραφής, κατά τη διάρκεια της msa και msb καθώς και κατά τη διάρκεια χαλάρωσης pre_msa και pre_msb. Έπειτα, υπολογίστηκε η μέση τιμή του φάσματος. Στη συνέχεια έγιναν οι απαραίτητες συγκρίσεις ώστε να ανιχνευθούν τυχόν διαφορές. Οι συγκρίσεις που έγιναν είναι οι ίδιες όπως πριν.

2.4.2 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο πείραμα, εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές στο φασματικό χώρο χρησιμοποιώντας την μέση τιμή των φασματικών δεδομένων. Ειδικότερα:

- Κατά τη σύγκριση msa-msb εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα: στο 6ο ηλεκτρόδιο (p7), το οποίο καταγράφει εγκεφαλική δραστηριότητα στη βρεγματική περιοχή, προέκυψε μια διαφορά στο φάσμα της τάξης περίπου 53%. Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο αποσυγχρονισμού το οποίο σχετίζεται με αλλαγές στο συχνοτικό περιεχόμενο και μπορεί να αποτελείται από μειώσεις της ισχύος σε συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλεται σε μείωση του συγχρονισμού των υποκείμενων νευρωνικών πληθυσμών. Επίσης, στο 10ο και 11ο ηλεκτρόδιο (t8, fc6 αντίστοιχα) εμφανίστηκε διαφορά της τάξης του 32% περίπου.
- Κατά τη σύγκριση msa-pre_msa εμφανίστηκε διαφορά φάσματος στο 5ο και 8ο ηλεκτρόδιο (t7, o2 αντίστοιχα), η οποία ήταν της τάξης του 13,5% και 10,5%.
- Κατά τη σύγκριση msb-pre_msb διαπιστώθηκε διαφορά φάσματος στο 3ο, 5ο, 7ο και 10ο ηλεκτρόδιο (f3, t7, o4, t8), η οποία ήταν της τάξης του 20%, 18%, 18% και 19% αντίστοιχα. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί, διότι στις περιοχές αυτές του εγκεφάλου, κυρίως στις t7 και t8, βρίσκεται η κροταφική περιοχή η οποία αποτελεί το κέντρο της ακουστικής επεξεργασίας.

Επιπρόσθετα, εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές στο φασματικό χώρο, χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή όλων των φασματικών δεδομένων ως επαλήθευση των παραπάνω αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα:

- Κατά τη σύγκριση msa-msb προέκυψε διαφορά της τάξης του 60% περίπου στο 6ο ηλεκτρόδιο (p7), 30% περίπου στο 10ο και 13ο ηλεκτρόδιο (t8, f8) και 33% στο 11ο ηλεκτρόδιο.
- Κατά τη σύγκριση msa-pre_msa διαπιστώθηκε φασματική διαφορά της τάξης του 10%-16% σε όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια.
- Κατά τη σύγκριση msb-pre_msb εμφανίστηκε φασματική διαφορά της τάξης του 13%-30% σε όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, στη χαλαρωτική μουσική (msa), η ισχύς του φάσματος είναι πιο μεγάλη σε όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια και σε όλες σχεδόν τις συχνότητες από την αντίστοιχη ισχύ που προκύπτει από την μουσική που επιλέχθηκε από τους συμμετέχοντες στο πείραμα (msb). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι στο συχνοτικό περιεχόμενο όλων των σταδίων του πειράματος, το στάδιο με τη μεγαλύτερη ισχύ φάσματος (PSD) ήταν το pre_msa μαζί με το msa (δηλαδή η κατάσταση χαλάρωσης και το χαλαρωτικό μουσικό κομμάτι αντίστοιχα) και στη συνέχεια ακολούθησε το msb (δηλαδή ένα κομμάτι μουσικής που “ξεσηκώνει” την διάθεση των υποκειμένων) το οποίο, όπως αναμενόταν, εμφάνισε χαμηλότερη ισχύ φάσματος.

Επίσης, διαγνώστηκαν διαφορές, όχι μόνο στο συχνοτικό περιεχόμενο αλλά και στην ενέργεια του σήματος σε συγκεκριμένα ηλεκτρόδια. Πιο συγκεκριμένα:

- Κατά τη σύγκριση msa-msb στη delta μπάντα συχνοτήτων, η διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας που εντοπίστηκε, κυμαίνεται από 30% έως 60% για όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια (εκτός από το 10ο, 12ο, 14ο ηλεκτρόδιο όπου η διαφορά κυμαίνεται από 15% έως 25%). Συγκεκριμένα στο 3ο, 4ο, 7ο, 11ο και 13ο ηλεκτρόδιο είχαμε την μεγαλύτερη διαφορά.
- Κατά τη σύγκριση msa-msb στη theta ζώνη συχνοτήτων, διαπιστώθηκε διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας της τάξης του 10% έως 35% περίπου. Ειδικότερα, στο 3ο, 4ο και 9ο ηλεκτρόδιο εντοπίστηκαν οι μεγαλύτερες τιμές διαφοράς οι οποίες κυμαίνονται στο διάστημα 30% έως 35%.

- Κατά τη σύγκριση msa-msb στη beta ζώνη συχνοτήτων, η διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας ανήλθε από 10% έως 55%, ενώ το 12ο ηλεκτρόδιο (f4) ήταν εκείνο που εμφάνισε την μεγαλύτερη τιμή διαφοράς (55%).
- Κατά τη σύγκριση msa-msb στη gamma ζώνη συχνοτήτων, η μεγαλύτερη διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας που εντοπίστηκε, εμφανίζεται στο 7ο, 10ο και 13ο ηλεκτρόδιο (>30%).

Επιπρόσθετα, παρατηρούμε από τη σύγκριση msa-msb την ύπαρξη διαφοράς (>50%) στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας στην delta μπάντα συχνοτήτων στα ηλεκτρόδια που βρίσκονται κυρίως στην μπροστινή περιοχή του εγκεφάλου (fc5, o4, fc6, f8). Διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας της τάξης του 30% εντοπίστηκε και στην theta ζώνη στα ηλεκτρόδια f3, fc5 και p8. Αντίστοιχα, στη beta ζώνη εμφανίστηκε διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας (>50%) στο ηλεκτρόδιο f4. Τέλος, στη gamma ζώνη προέκυψε διαφορά στην κατανομή της στιγμιαίας ενέργειας (>30%) στα ηλεκτρόδια o4 και t8, ενώ στο ηλεκτρόδιο f8 διαφορά >45%.

3. Εφαρμογές

Οι έρευνες αυτές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες και σημαντικές, καθώς τα αποτελέσματα και τα δεδομένα που προκύπτουν μπορούν να χρησιμεύσουν σε πολλούς τομείς. Ένας πολύ σημαντικός τομέας είναι η ανακούφιση του πόνου των καρκινοπαθών. Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος, καθώς και των γνώσεων σχετικά με την ανάλυση συναισθημάτων κατά τη μουσική ακρόαση, πραγματοποιήθηκαν έρευνες σε ασθενείς με καρκίνο σε προχωρημένο στάδιο και αποδείχτηκε ότι η μουσικοθεραπεία έχει θετική επίδραση στην ψυχολογία και την βελτίωση της ποιότητας της ζωής τους. Αξιοποιώντας λοιπόν τις γνώσεις και την τεχνολογία αποδείχθηκε ότι υπάρχει η δυνατότητα να απαλύνεται ο πόνος των ασθενών αυτών. Ακόμα, τα αποτελέσματα όλων των σχετικών ερευνών μπορούν να αποτελέσουν καθοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη εφαρμογών πολυμέσων, βασισμένων στο EEG και στις οποίες τα περιεχόμενα των πολυμέσων μπορούν να παρέχονται διαδραστικά, σύμφωνα πάντα με την άμεση ανατροφοδότηση του χρήστη.

4. Βιβλιογραφία

4.1 Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

1.

https://books.google.gr/books?id=oTGvBAAAQBAJ&pg=PA123&lpg=PA123&dq=measuring%20the%20music%20effectiveness%20on%20brain%20with%20eeg&source=bl&ots=HYJ8voRehC&sig=sBRczMIxNNiTLFmDKb3D-Tv7EVc&hl=el&sa=X&ved=2ahUKEwiBxaeQ6fneAhVN3KQKHT9mANQQ6AEwCXoECAIQAAQ&fbclid=IwAR2VQJ-Lx-16ijpHIUX7guTktCDI98d_8vWNGa_SxSnbXNGRtVCRlX6hIA#v=onepage&q=measuring%20the%20music%20effectiveness%20on%20brain%20with%20eeg&f=false

2.

https://www.researchgate.net/publication/265009187_ANALYSIS_OF_EFFECT_OF_SOUND_LEVELS_ON_EEG?fbclid=IwAR27Gpi2RkH0GWZ9Dwdgc7plWOSqZWj6vla30ge_jcY6EuQLIWTtN4wrdl8

3.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5840261/?fbclid=IwAR09cAC3-FlXau4FDnOzLC6fjvEamgdE9IOMrv-OQijUc_8bDrXWW8aHtxA

4.

http://ikee.lib.auth.gr/record/132595/files/final_thesis_1608.pdf

4.2 Βιβλία και Άρθρα

1.

EEG-Based Emotion Recognition in Music Listening, Yuan-Pin Lin, Chi-Hong Wang, Tzyy-Ping Jung, Senior Member, IEEE, Tien-Lin Wu, Shyh-Kang Jeng, Jeng-Ren Duann, Member, IEEE, and Jyh-Horng Chen, Member, IEEE

2.

D. Wu, C. Y. Li, D. Z. Yao, "Scale-free music of the brain", PLoS One, vol. 4, no. 6, pp. e5915, Jun. 2009.

3.

L. A. Schmidt, L. J. Trainor, "Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions", *Cognit. Emotion*, vol. 15, no. 4, pp. 487-500, 2001.

4.

D. Sammler, M. Grigutsch, T. Fritz, and S. Koelsch, "Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music", *Psychophysiology*, vol. 44, no. 2, pp. 293-304, Mar. 2007.

5.

Y. P. Lin, C. H. Wang, T. L. Wu, S. K. Jeng, J. H. Chen, "Multilayer perceptron for EEG signal classification during listening to emotional music", *Proc. IEEE Int. Region 10 Conf.*, pp. 1-3, 2007.

6.

Y. P. Lin, C. H. Wang, T. L. Wu, S. K. Jeng, J. H. Chen, "Support vector machine for EEG signal classification during listening to emotional music", *Proc. IEEE Int. Workshop Multimedia Signal Process.*, pp. 127-130, 2008.

7.

E. Altenmuller, K. Schurmann, V. K. Lim, and D. Parlitz, "Hits to the left flops to the right: Different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns", *Neuropsychologia*, vol. 40, no. 13, pp. 2242-2256, 2002.

8.

P. E. Andrade, J. Bhattacharya, "Brain tuned to music", *J. R. Soc. Med.*, vol. 96, no. 6, pp. 284-287, Jun. 2003.

9.

J. Bhattacharya, H. Petsche, "Phase synchrony analysis of EEG during music perception reveals changes in functional connectivity due to musical expertise", *Signal Process.*, vol. 85, no. 11, pp. 2161-2177, Nov. 2005.

10.

C. D. Tsang, L. J. Trainor, D. L. Santesso, S. L. Tasker, L. A. Schmidt, "Frontal EEG responses as a function of affective musical features", *Biol. Found. Music*, vol. 930, pp. 439-442, 2001.

11.

S. Khalfa, D. Schon, J. L. Anton, and C. Liegeois-Chauvel, "Brain regions involved in the recognition of happiness and sadness in music", *Neuroreport*, vol. 16, no. 18, pp. 1981-1984, Dec. 2005.