|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  **ΠΟΛΥΤΕΝΧΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ** |  |

Brain de fer

∆ΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



του/της

**Κωνσταντίνος Παλέγκας**



**Επιβλέπων:** Μάρκος Τσίπουρας

Αναπληρωτής καθηγητής

ΤΟΠΟΣ/ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ ΕΚ∆ΟΣΗΣ

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **HELLENIC DEMOCRACY UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA**  **FUCULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL &  COMPUTER ENGINEERING** |  |

Brain de fer

THESIS



**Konstantinos Palegkas**



**SUPERVISOR:** Markos Tsipouras

Academic Position

PLACE/MONTH/YEAR OF PUBLICATION

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ



**∆ΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ**

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “**Brain de fer**” καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Μάρκος Τσίπουρας αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Copyright (C) Κωνσταντίνος Παλέγκας & Μάρκο Τσίπουρα,2023, Κοζανη

Copyright (C) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Υπογραφή Φοιτητή: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

Περίληψη

*Σύντομη περιγραφή του θέματος σε μορφή κειμένου στην Ελληνική . Το μέγεθος δε θα πρέπει να υπερβαίνει τη 1 σελίδα.*

**Λέξεις Κλειδιά́:**

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

Abstract

*Short description of the topic in text form in English. Text size should not exceed 1 page.*

**Keywords:**

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

Ευχαριστίες

Προαιρετικό.

Εδώ μπορείτε να γράψετε ευχαριστίες σε αγαπημένα σας πρόσωπα και κυρίως σε όσους βοήθησαν για την εκπόνηση της πτυχιακής.

ΑΥΤΗ Η ΣΕΛΙΔΑ ΕΙΝΑΙ ΣΚΟΠΙΜΑ ΛΕΥΚΗ

Περιεχόμενα

[Περίληψη 1](#_Toc94378771)

[Abstract 3](#_Toc94378772)

[Ευχαριστίες 5](#_Toc94378773)

[Περιεχόμενα 7](#_Toc94378774)

[Κατάλογος Σχημάτων 10](#_Toc94378775)

[Κατάλογος Εικόνων 11](#_Toc94378776)

[Εικόνα 1: Logo Τμηματοσ στην αγγλικη, ιστοσελιδα ece.uowm.gr 11](#_Toc94378777)

[Κατάλογος Πινάκων 12](#_Toc94378778)

[Πίνακας 1: Δοκιμαστικός πίνακας. 12](#_Toc94378779)

[Πρόλογος 13](#_Toc94378780)

[Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή́ 14](#_Toc94378781)

[1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής 14](#_Toc94378782)

[1.2 Οργάνωση του τόμου 14](#_Toc94378783)

[Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό́ Υπόβαθρο 15](#_Toc94378784)

[2.1 Ενότητα 15](#_Toc94378785)

[2.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα 15](#_Toc94378786)

[Κεφάλαιο 3: Ανάλυση του Θέματος 16](#_Toc94378787)

[3.1 Ενότη 16](#_Toc94378788)

[Κεφάλαιο 4: Σχεδίαση του Θέματος 17](#_Toc94378789)

[4.1 Ενότητα 17](#_Toc94378790)

[4.1.1 Υπό Ενότητα 17](#_Toc94378791)

[4.1.2 Υπό Ενότητα 17](#_Toc94378792)

[4.2 Ενότητα 17](#_Toc94378793)

[4.2.1 Υπό Ενότητα 17](#_Toc94378794)

[4.2.2 Υπό Ενότητα 17](#_Toc94378795)

[4.4 Ενότητα 18](#_Toc94378796)

[4.3.1 Υπό Ενότητα 18](#_Toc94378797)

[4.3.2 Υπό Ενότητα 18](#_Toc94378798)

[Κεφάλαιο 5: Υλοποίηση 19](#_Toc94378799)

[5.1 Ενότητα 19](#_Toc94378800)

[5.1.1 Υπό Ενότητα 19](#_Toc94378801)

[5.1.2 Υπό Ενότητα 19](#_Toc94378802)

[5.2 Ενότητα 19](#_Toc94378803)

[5.2.1 Υπό Ενότητα 19](#_Toc94378804)

[5.2.2 Υπό Ενότητα 20](#_Toc94378805)

[5.4 Ενότητα 20](#_Toc94378806)

[5.3.1 Υπό Ενότητα 20](#_Toc94378807)

[5.3.2 Υπό Ενότητα 20](#_Toc94378808)

[Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα 21](#_Toc94378809)

[6.1 Αποτελέσματα της Μελέτης 21](#_Toc94378810)

[6.1.1 Υπό Ενότητα 21](#_Toc94378811)

[6.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων 21](#_Toc94378812)

[6.1.1 Υπό Ενότητα 21](#_Toc94378813)

[Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα 22](#_Toc94378814)

[7.1 Συμπεράσματα της Μελέτης 22](#_Toc94378815)

[7.1.1 Υπό Ενότητα 22](#_Toc94378816)

[7.2 Μελλοντική Εργασία 22](#_Toc94378817)

[7.1.1 Υπό Ενότητα 22](#_Toc94378818)

[Παράρτημα Α – Ερωτηματολόγιο Μελέτης 23](#_Toc94378819)

[Παράρτημα Β – Κώδικάς Εφαρμογής 24](#_Toc94378820)

[Βιβλιογραφία 25](#_Toc94378821)

[Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια 26](#_Toc94378822)

[Απόδοση Ξενόγλωσσων Όρων 27](#_Toc94378823)

Κατάλογος Σχημάτων

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1

Προτείνεται να χρησιμοποιείτε την αυτοματοποιημένη εισαγωγή Εικόνων μέσω του InsertReferenceCaption όταν βάζετε τη λεζάντα μιας εικόνας στο κείμενο. Έτσι, ο πίνακας εικόνων θα μπορεί να ενημερώνεται αυτόματα με δεξί κλικ πάνω του και Update Field.

Για τους χρήστες pages προτείνεται να δημιουργείται πίνακα περιεχομένων που θα έχει εύρος όλο το έγγραφο και χρησιμοποιεί ως στυλ παραγράφων το στύλ Λεζάντα\_Εικόνας.

Όταν βάζετε μια εικόνα στο κείμενό σας, θα πρέπει να αναφέρετε οπωσδήποτε από πού την έχετε πάρει, βάζοντας την κατάλληλη αναφορά στη βιβλιογραφία ή κάνοντας άμεση αναφορά ακριβώς δίπλα από την εικόνα.

Για την Λεζάντα εικόνας επιλέγουμε το Style Λεζάντα\_Εικόνας .



Εικόνα 1: Logo Τμηματοσ στην αγγλικη, ιστοσελιδα ece.uowm.gr

Κατάλογος Πινάκων

Προτείνεται να χρησιμοποιείτε την αυτοματοποιημένη Πινάκων μέσω του InsertReferenceCaption (Label Πίνακας) όταν βάζετε τη λεζάντα ενός πίνακα στο κείμενο. Έτσι, ο κατάλογος πινάκων θα μπορεί να ενημερώνεται αυτόματα με δεξί κλικ πάνω του και Update Field.

Για τους χρήστες pages προτείνεται να δημιουργείται πίνακα περιεχομένων που θα έχει εύρος όλο το έγγραφο και χρησιμοποιεί ως στυλ παραγράφων το στύλ Τίτλος\_Πίνακα.

Την ίδια πρακτική εφαρμόζουμε και σε περίπτωση που θέλουμε να εισάγουμε έναν πίνακα στο κείμενό μας από μια πηγή. Η διαφορά με τις εικόνες είναι ότι βάζουμε τον τίτλο πριν τον πίνακα.

Για τον τίτλο Πίνακα επιλέγουμε το Style Τίτλος\_Πίνακα .

Πίνακας 1: Δοκιμαστικός πίνακας.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Ελλάδα** | **Αγγλία** | **Γαλλία** |
| **Πληθυσμός** | 10 εκ. | 55 εκ. | 60 εκ. |
| **Έκταση** | 132000 τ.χ. | 800000 τ.χ. | 800000 τ.χ. |

Πίνακας 1: Δοκιμαστικός πίνακας. 14

Πρόλογος

Στον πρόλογο αναφέρονται θέματα που δεν είναι επιστημονικά ή τεχνικά, όπως το πλαίσιο που διενεργήθηκε η εργασία, ο τόπος διεξαγωγής, το Εργαστήριο στο οποίο εκπονήθηκε κ.λπ.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή́

*Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και Συγκέντρωση.*

1.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα

Ο εγκέφαλος είναι το πιο πλούσιο όργανο του ανρθώπινου οργανισμού,αποτελείται από νευρώνες οι οποίοι παράγουν εγκεφαλικά κύματα.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Οι τίτλοι των ενοτήτων/υπο ενοτήτων είναι ενδεικτικοί.

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό́ Υπόβαθρο

Για τον τίτλο κεφαλαίου επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_κεφαλαίων .

2.1 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Ο εγκέφαλος ωραιος είναι

2.1.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

Για το κυρίως κείμενο της διπλωματικής επιλέγουμε το Style Κύριο\_τμήμα\_παραγράφων.

Κεφάλαιο 3: Eγκεφαλογράφοι και διασύνδεση

3.1 Εγκεφαλογράφος

Ο εγκεφαλογράφος είναι μία συσκευή η οποία μπορεί να μετρήσει την εγκεφαλική δραστηριότητα μέσω του εγκεφαλογραφήματος. Υπάρχουν διάφορα ήδη ηλεκτροεγκεφαλογράφου, τα δύο κύρια είναι 1) τα στεγνά ηλεκτρόδια και 2) τα υγρά ηλεκτρόδια . Αποτελείται από ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετούνται σε συγκεκριμένα τμήματα του εγκεφάλου(Εικόνα). Τα τελευταία χρόνια αρκετές εταιρίες έχουν αναπτύξει προϊόντα για προσωπική χρήση. Τα οποία είναι όμως περιορισμένα, καθώς εφαρμόζουν πάνω στο κρανίο έχουν αρκετές φορές ανακριβείς μετρήσεις και θόρυβο. Στην παρούσα διπλωματική αξιολογήσαμε 2 ηλεκτροεγκεφαλογράφους οι οποίοι χρησιμοποιούν στεγνά ηλεκτρόδια.

1. Muse S headband (4 κανάλια)
2. Mindwave Mobile (1 κανάλι)

A picture containing circle, text, screenshot, diagram

Description automatically generated

3.2 Muse και διασύνδεση

Η πρώτη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Muse S headband η οποία έχει 4 κανάλια AF7, AF8, TP9, TP10 και ένα αναφορικό FpZ. Διαθέτει φωτοπληθυσμογραφία (PPG) Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), επιταχυνσιόμετρο , γυροσκόπιο . Στα πλαίσια της διπλωματικής χρησιμοποιήθηκε μόνο το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Διαβάζει σήματα με συχνότητα 256 Hz και δίνει τιμές MicroVolt / χρόνο (Mv / s). Συνδέεται στον υπολογιστή με Bluetooth και καταγράφουμε τα δεδομένα μέσω της εφαρμογής BlueMuse η οποία μεταδίδει τα δεδομένα μέσω ενός LSL (Lab Streaming Layer) stream.

A picture containing drawing, sketch, circle, illustration

Description automatically generated

3.2.1 LSL Stream

Το LSL είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για την μετάδοση δεδομένων σε εφαρμογές επεξεργασίας σήματος. Η μετάδοση είναι ασύγχρονη και γίνεται μεταξύ διαφορετικών συσκευών και λογισμικών επιτρέποντας τον συγχρονισμό πολλαπλών πηγών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται σε πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως TCP και την μεταφορά τον δεδομένων ως δείγμα η κομμάτι,με την διαφορά το δείγμα να είναι μία μοναδική μέτρηση της συσκευής, ενώ το κομμάτι είναι ένα σύνολο δειγμάτων.

3.2.2 Καταγραφή δεδομένων Muse στην Python

Για την καταγραφή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πακέτο **muselsl**. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

* **muselsl list** 🡪 Μας τυπώνει μία λίστα με όλες τις διαθέσιμες συσκευές muse
* **muselsl stream** 🡪 Ξεκινάει μία ροή δεδομένων από την συσκευή στον υπολογιστή, μερικές παραλλαγές της εντολής είναι:
  + muselsl stream –name όνομα της συσκευής (κωδικός μοντέλου)
  + muselsl stream –address διεύθυνση της συσκευής (Mac address)
* **muselsl view** 🡪 Εμφανίζει ένα σχεδιάγραμμα με τα 4 κανάλια (mV/s) βοήθησε πολύ στην τοποθέτηση του εγκεφαλογράφου στο κεφάλι δίοτι μία κακή προσαρμογή είχε αρκετό θόρυβο

A picture containing line, handwriting, text

Description automatically generated

* **muselsl record** 🡪 Δημιουργεί ένα .csv αρχείο με τις μετρήσεις για συγκεκριμένο αριθμό δευτερολέπτων

A picture containing text, screenshot, font, number

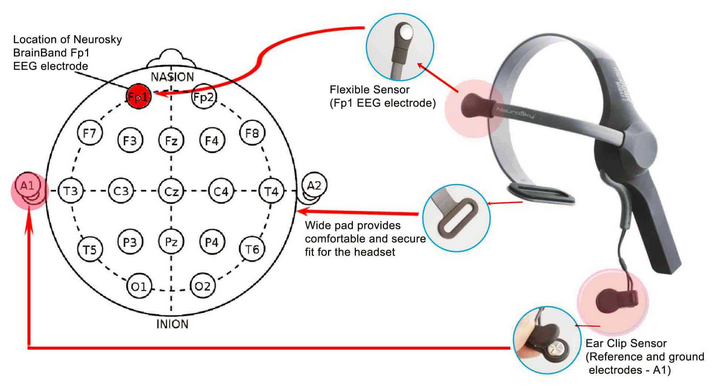
Description automatically generated

3.3 Mindwave και διασύνδεση

H δεύτερη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι η Mindwave mobile η οποία σε αντίθεση με το Muse έχει μόνο ένα κανάλι με το ηλεκτρόδιο στην θέση Fp1, διαβάζει σήματα με συχνότητα 512 Hz και διαθέτει μόνο εγκεφαλογράφο που μας επιστρέφει μια πληθώρα τιμών. Συνδέεται μέσω Bluetooth και επικοινωνεί μέσω σειριακής θύρας. Τέλος τα δεδομένα έρχονται σε μορφή πακέτου που πρέπει να επεξεργαστεί για να πάρουμε την πληροφορία. Η δομή των πακέτων είναι η εξής:

1. Τίτλος (Header) 3 bytes
2. Φορτίο (Payload) μέγιστο μέγεθος 169 bytes
3. Άθροισμα ελέγχου (Checksum) 1 byte

Το αρχείο mindwave.py το οποίο διαβάζει τα πακέτα για να πάρουμε την πληροφορία, δημιουργήθηκε από το BarkleyUS όμως λόγο του ότι φτιάχτηκε στην python 2 έγιναν μικρό-αλλαγές για να μπορέσει να λειτουργήσει με python 3. Η βασική λειτουργία του μπορεί να βρεθεί εδώ.(αναφορά)



3.3.1 Τιμές Mindwave

Το Mindwave σε αντίθεση με το Muse δεν δίνει τιμές κατευθείαν από τον εγκεφαλογράφο, αλλά τις επεξεργάζεται με ειδικό τσιπάκι της ThinkGear και επιστρέφει συγκεκριμένα αποτελέσματα τα οποία είναι:

* **Attention** 🡪 Ποσοστό «συγκέντρωσης» εύρος τιμών 0-100, ανανέωση 1 δευτερόλεπτο, δηλαδή κάποιος με ποσοστό 80-100 θα είναι πιο συγκεντρωμένος από κάποιον με ποσοστό 50-70
* **Meditation 🡪** Ποσοστό νοητικής και όχι σωματικής «χαλάρωσης», εύρος τιμών 0-100, ανανέωση 1 δευτερόλεπτο, όπως και στην συγκέντρωση κάποιος με ποσοστό 80-100 είναι πιο νοητικά χαλαρός από κάποιον με ποσοστό 50-70 (*Να σημειωθεί ότι μετά από πειρασματισμό παρατηρήθηκε ότι, οι τιμές Attention και Meditation δεν συσχετίζονται)*

A graph with red and blue lines

Description automatically generated with medium confidence

* **POOR\_SIGNAL 🡪** Υποδηλώνει τον θόρυβο και έχει εύρος τιμών 0-255 με την σωστή τοποθέτηση του εγκεφαλογράφου η τιμή πρέπει να είναι 0 στην περίπτωση που δεν είναι μηδενική, τότε δεν μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές Attention Meditation.
* **RAW\_VALUE 🡪** Τιμή χωρίς μονάδα μέτρησης και χωρίς επεξεργασία που έχει εύρος τιμών -32768 – 32767 και μπορεί να μας δείξει τις τιμές των Volt με τον μαθηματικό τύπο[αναφορά]: =

1. 1.8V 🡪 Τάση εγκεφαλογράφου
2. 4096 🡪 Εύρος τιμών
3. 2000 🡪 Κέρδος

* **WAVES (EEG\_POWER)🡪** Οι τιμές προέρχονται από τα εύρη συχνοτήτων Delta (0.5-2.75Hz) , Theta (3.5-6.75Hz), Low-alpha (7.5-9.25Hz), High-alpha (10-11.75Hz), Low-beta (13-16,75Hz),High-beta(18-29.75Hz),Low-gamma(31-39.75Hz) ,Mid-Gamma (41-49.75Hz).Όμως οι τιμές που επιστρέφει η συσκευή στην πραγματικότητα δεν συμβολίζουν κάτι, γι’ αυτό και δεν έχουν μονάδες μετρήσεις όπως αναφέρει και η ίδια η ThinkGear “αυτές οι τιμές δεν έχουν μονάδες μέτρησης και γι’ αυτό έχουν νόημα μόνο όταν συγκρίνονται μεταξύ τους”[αναφορά]

Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία σημάτων

4.1 Εργαλεία για την επεξεργασία σημάτων

Όλες οι μετρήσεις, οι διασυνδέσεις και η επεξεργασία σημάτων έγινε στο περιβάλλον της python και συγκεκριμένα Python.3.10.0. Η γλώσσα προγραμματισμού Python είναι ευρέως γνωστή χρησιμοποιείται για ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων, επεξεργασία σημάτων, γραφικά, Μηχανική μάθηση και πολλά ακόμα. Αυτό το καταφέρνει μέσω της πληθώρας βιβλιοθηκών που εμπεριέχει, για το συγκεκριμένο πρόβλημα χρησιμοποιήθηκαν οι εξής:

* **Numpy** 🡪 Εμπεριέχει εργαλεία γραμμικής άλγεβρας και διαθέτει πληθώρα μαθηματικών συναρτήσεων
* **Pandas 🡪** Χρησιμοποιείται για να διαβάζουμε csv αρχεία, παρέχει την δομή των dataframes και παρέχει εργαλεία ανάλυσης δεδομένων
* **Matplotlib 🡪** Μία από τις σημαντικότερες βιβλιοθήκες που μας επιτρέπει την οπτικοποίηση των δεδομένων
* **Sklearn 🡪** Εμπεριέχει συναρτήσεις train test split όπως και έτοιμα μοντέλα για παράδειγμα RandomForest, SVM κτλ.
* **Scipy 🡪** Μας παρέχει εργαλεία για επεξεργασία σημάτων όπως bandpass φίλτρα και FFT (Fast Fourier Transform)

4.1.1 Fast Fourier Transform (FFT)

Ο γρήγορος μετασχηματισμός Φουριέ (**FFT**) είναι ένας αλγόριθμος που υπολογίζει το **διακριτό** μετασχηματισμό Φουριέ (**Discrete Fourier Transform - DFT)** και μετατρέπει το σήμα από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας. Η μετατροπή μας αναδεικνύει την σημαντική πληροφορία που δεν είναι εμφανής στην χρονική αναπαράσταση του σήματος.

Ο τύπος για την μετατροπή του σήματος είναι :

A picture containing text, font, line, plot

Description automatically generated

4.1.2 Power Spectral Energy (PSD)

Η πυκνότητα φασματικής ισχύος είναι η κατανομή της ισχύς στο εύρος συχνοτήτων του σήματος και υπολογίζεται μετατρέποντας το σήμα από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας μέσω **FFT** και έπειτα εφαρμόζοντας τον τύπο:αναφορα], θεωρούμε πως η περίοδος (Τ) είναι η διάρκεια μέτρησης του κάθε ατόμου, δηλαδή

4.1.3 Μηχανική μάθηση

Για την επεξεργασία δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές μηχανικής μάθησης συγκεκριμένα έγινε προεπεξεργασία δεδομένων και κατηγοριοποίηση. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής αλγόριθμοι:

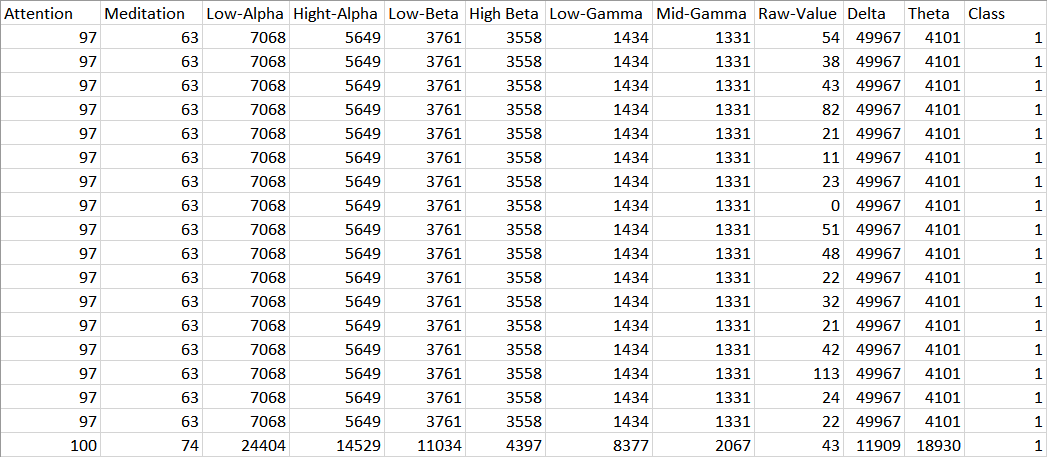
1. **Random Forest** 🡪 Αλγόριθμος ταξινόμησης, χρησιμοποεί δέντρα απόφασης.
2. **Naive Bayes** 🡪 Άλγόριθμος ταξινόμησης, χρησιμοποιεί πιθανότητες
3. **Support Vector Machines** 🡪 Αλγόριθμος ταξινόμησης και παλινδρόμησης, χρησιμοποεί υπερεπίπεδα
4. **KNN 🡪** Αλγόριθμος ταξινόμησης, λειτουργεί υπολογίζοντας την ευκλείδια απόσταση από κ κοντινότερα σημεία και επιλέγει την κλάση του κοντινότερου
5. **Multilayer Perceptron🡪** Αλγόριθμος ταξινόμησης, λειτουργεί εφαρμόζοντας μία αλληλουχία προσθέσεων

4.2 Δημιουργία Dataset

Για την εκπαίδευση των αλγορίθμων, οπτικοποίηση και πειραματισμό δεδομένων, δημιουργήθηκαν δύο dataset. Ένα με μετρήσεις της συσκευής Muse και ένα με μετρήσεις της συσκευής Mindwave. Τα δύο σετ έχουν δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:

1. **Focused** 🡪 Το άτομο θα έιχε ανοιχτά τα μάτια και θα προσπαθούσε να συγκεντρωθεί στη λύση ενός προβλήματος, όπως να σκεφτεί την προπέδια ανάποδα ή να λύσει ένα δύσκολο πολλαπλασιασμό
2. **Relaxed** 🡪 Το άτομο θα είχε κλειστά τα μάτια και θα προσπαθούσε να χαλαρώσει σε ένα ήσυχο περιβάλλον χωρίς να σκέφτεται

Έγιναν μετρήσεις σε δέκα άτομα, το κάθε άτομο μετρήθηκε δύο φορές (focused, relaxed) με την κάθε συσκευή, συνολικά τέσσερις φορές. Τέλος έχουμε 20 μετρήσεις για τον κάθε εγκεφαλογράφο δέκα focused και δέκα relaxed οι οποίες συγχωνεύτηκαν σε δύο datasets **MindwaveDataset** και **MuseDataset**.



Εικόνα 2: Δομή MindwaveDataset

A table with numbers and letters

Description automatically generated

Εικόνα : Δομή MuseDataset

4.3 Επεξεργασία σημάτων Muse

Η επεξεργασία σημάτων του εγκεφαλογράφου Μuse έγινε με δύο τεχνικές η πρώτη είναι με βάση τον υπολογισμό του PSD και η δεύτερη, με την εκπαίδευση και σύγκριση μοντέλων μηχανικής μάθησης που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο **4.1.3.**

4.3.1 Επεξεργασία σημάτων Muse μέσω PSD

Όταν ο άνθρωπος «συγκεντρώνεται» παράγει ρυθμούς Beta Και Gamma με ενέργεια μεγαλύτερη του Alpha. Όταν χαλαρώνει παράγει Alpha με μεγαλύτερη ενέργεια από Beta και Gamma. Το πρώτο στάδιο για την μελέτη των σημάτων ήταν να εφαρμόστουν φίλτρα για να αναπομονωθεί ο κάθε ρυθμός και να διαγραφούν οι περιττές τιμές.

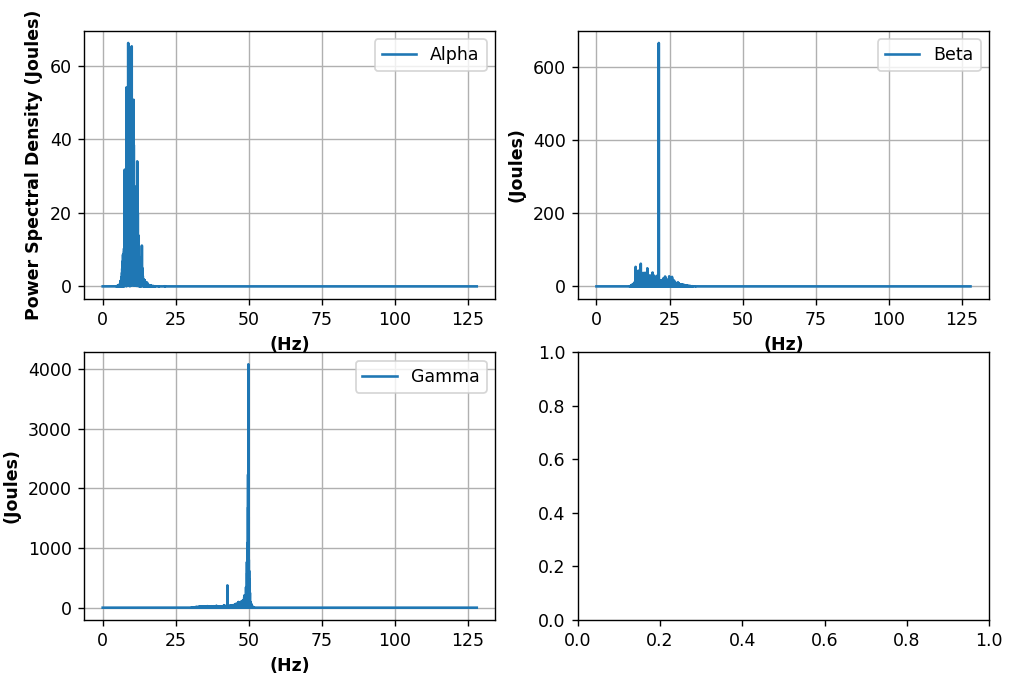
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpass** με συχνότητες **8-50 Hz** για να διαγραφούν οι περιττές τιμές
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Lowpass** με μέγιστη τιμή **12 Hz** για την **Alpha** συχνότητα
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpass** με τιμές **13-30 Hz** για την **Beta** συχνότητα
* Τέλος εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpas**s με τιμές **31-50** **Hz** για την **Gamma** συχνότητα.

Έπειτα για την οπτικοποίηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η πυκνότητα φασματικής ισχύος στον άξονα Χ και εύρος συχνότητας 0-127 Hz στον άξονα Υ. Για να βρεθεί το PSD το σήμα μεταφέρθηκε στο πεδίο της συχνότητας μέσω FFT και έπειτα βρέθηκε η διάρκεια μέτρησης . Ο κώδικας είναι ο εξής: np.abs(“Rhythm”)\*\*2/T όπου Rhythm ο αντίστοιχος ρυθμός.

Παρατηρήθηκε ότι στις μετρήσεις υπάρχουν τιμές οι οποίες είναι τεράστιες (όπως φαίνεται και στην εικόνα[αριθμος]) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Γι’ αυτό δημιουργήθηκε ένα φίλτρο (**RemoveOddValues**) που τις κανονικοποιεί.

Η λειτουργία του φίλτρου έχει ως εξής:

1. Υπολογίζει το διακριτό μετασχηματισμό Φουριέ μέσω FFT
2. Αφαιρεί το μιγαδικό μέρος πολλαπλασιάζοντας με το μιγαδικό συζυγή του σήματος
3. Εφαρμόζει τετραγωνική ρίζα και υπολογίζει τη μέση τιμή στο εύρος συχνοτήτων του ρυθμού.
4. Εάν υπάρχει κάποια τιμή που ξεπερνάει το οκταπλάσιο της μέσης τότε την αντικαθιστά με τη μέση τιμή.
5. Τέλος υψώνει στο τετράγωνο το σήμα ,διαιρεί με το μιγαδικό συζυγή για να επιστρέψει τις μιγαδικές τιμές, εφαρμόζει αντίστροφο μετασχηματισμό Φουριέ (Inverse Fast Fourier Transform) και επιστρέφει το κανονικοποιημένο σήμα στο πεδίο του χρόνου.



Εικόνα 4:Πριν την εφαρμογή του φίλτρου RemoveOddValues

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα 5: Μετά την εφαρμογή του φιλτρου RemoveOddValues

4.3.2 Επεξεργασία σημάτων Muse μέσω Μηχανικής Μάθησης

Πέρα από την επεξεργασία μέσω PSD δοκιμάστηκε και δεύτερος τρόπος για την επεξεργασία δεδομένων, μέσω Μηχανικής Μάθησης. Το dataset που χρησιμοποιήθηκε (εικόνα) αποτελείται από τέσσερίς στήλες-χαρακτηριστικά, τα τέσσερα κανάλια, που απαρτίζονται από τιμές mV / s και μία στήλη κατηγορίας που παίρνει την τιμή ένα (Συγκέντρωση) ή μηδέν (Χαλάρωση). Να σημειωθεί ότι στο dataset διαγράφηκε οποιαδήποτε γραμμή έχει έστω και μία τιμή άνω των 100 ή κάτω -100. Χρησιμοποιήθηκαν τα πέντε μοντέλα που προαναφέρθηκαν και ελέγχθηκαν με την τεχνική k cross validation με k=10, συνολικά δέκα φορές το καθένα. Τα αποτελέσματα αναφέρονται παρακάτω.

4.4 Eπεξεργασία δεδομένων Mindwave

Ο εγκεφαλογράφος Mindwave σε αντίθεση με τον εγκεφαλογράφο Muse μας δίνει κατευθείαν ποσοστό συγκέντρωσης. Έγιναν συγκρίσεις στα ποσοστά όταν το άτομο συγκεντρωνόταν και όταν ήταν χαλαρό οι οποίες αναφέρονται στο κεφάλαιο 5. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο **3.3.1**

Κεφάλαιο 5: Υλοποίηση

Για τον τίτλο κεφαλαίου επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_κεφαλαίων .

5.1 Επεξεργασία σημάτων και μετρήσεις Mindwave

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

5.2 Επεξεργασία σημάτων και μετρήσεις Muse

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

5.3 Αποτελέσματα

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

5.3.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

5.3.2 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

Κεφάλαιο 6: Unity

Για τον τίτλο κεφαλαίου επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_κεφαλαίων .

6.1 Αποτελέσματα της Μελέτης

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

6.1.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

6.2 Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

6.1.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Για τον τίτλο κεφαλαίου επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_κεφαλαίων .

7.1 Συμπεράσματα της Μελέτης

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

7.1.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

7.2 Μελλοντική Εργασία

Για τον τίτλο ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Ενοτήτων .

7.1.1 Υπό Ενότητα

Για τον τίτλο υπό-ενότητας επιλέγουμε το Style Τίτλοι\_Υποενοτήτων.

Παράρτημα Α – Ερωτηματολόγιο Μελέτης

Στα παραρτήματα μπορεί να συμπεριληφθούν εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα ή/και οτιδήποτε άλλο πληροφοριακό υλικό το οποίο δεν είναι δυνατό να ενταχθεί οργανικά στο κυρίως μέρος της μελέτης π.χ. ερωτηματολόγια, κώδικας προγράμματος, φυλλάδια κατασκευαστών, σχήματα κωδικοποίησης κτλ.

Παράρτημα Β – Κώδικάς Εφαρμογής

Στα παραρτήματα μπορεί να συμπεριληφθούν εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα ή/και οτιδήποτε άλλο πληροφοριακό υλικό το οποίο δεν είναι δυνατό να ενταχθεί οργανικά στο κυρίως μέρος της μελέτης π.χ. ερωτηματολόγια, κώδικας προγράμματος, φυλλάδια κατασκευαστών, σχήματα κωδικοποίησης κτλ.

Βιβλιογραφία

**Με βάση το πρότυπο:** IEEE Citation Guidelines.pdf

π.χ.

1. L. Bass, P. Clements, and R. Kazman, Software Architecture in Practice, 2nd ed. Reading, MA: Addison Wesley, 2003. [E-book] Available: Safari e-book.
2. J. Geralds, “Sega Ends Production of Dreamcast,” *vnunet.com*, para. 2, Jan. 31, 2007. [Online]. Available: http://nli.vnunet.com/news/1116995. [Accessed Sept. 12, 2007].
3. W. K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth Press, 2003.
4. J. L. Spudich and B. H. Satir, Eds., *Sensory Receptors and Signal Transduction*. New York: Wiley-Liss, 2001.
5. R. Hayes, G. Pisano, and S. Wheelwright, *Operations, Strategy, and Technical Knowledge*. Hoboken, NJ: Wiley, 2007.
6. J. Smith, R. Jones, and K. Trello, “Adaptive filtering in data communications with self-improved error reference,” In Proc. IEEE International Conference on Wireless Communications ’04, 2004, pp. 65-68.
7. K. A. Nelson, R. J. Davis, D. R. Lutz, and W. Smith, “Optical generation of tunable ultrasonic waves,” *Journal of Applied Physics*, vol. 53, no. 2, Feb., pp.1144-1149, 2002.

**Όλες οι αναφορές πρέπει να αναφέρονται μέσα στο κείμενο.**

Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

βλπ βλέπε

κ.λπ. και λοιπά

κ.ο.κ και ούτω καθεξής

Απόδοση Ξενόγλωσσων Όρων

Αδελφός Sibling

Απορρόφηση Absorption

Βάση Δεδομένων Database