|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **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 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

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: Ηλεκτροεγκεφαλογράφοι και διασύνδεση

3.1 Ηλεκτροεγκεφαλογράφος

Ο Ηλεκτροεγκεφαλογράφος είναι μία συσκευή η οποία μπορεί να μετρήσει την εγκεφαλική δραστηριότητα μέσω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.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 παραλαγές 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** 🡪Δημιουργέι ένα .csv αρχείο με τις μετρήσεις για συγκεκριμένο αριθμό δευτερολέπτων

A picture containing text, screenshot, font, number

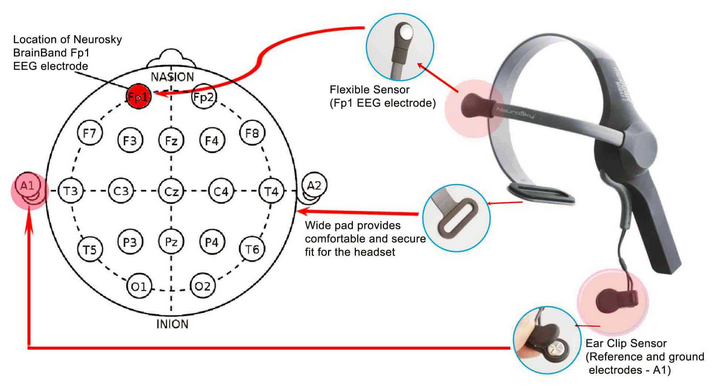
Description automatically generated

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 ηλεκτροεγκεφαλογράφο 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 υποδέχεται και αναλύεει τα πακέτα για να πάρουμε την πληροφορία, δημιουργήθηκε από το BarkleyUS όμως λόγο του ότι φτιάχτηκε στην python 2 έγιναν μικροαλλαγές για να μπορέσει να λειτουργήσει με python 3.Η βασική λειτουργία του μπορεί να βρεθεί εδώ.(πηγή)



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 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 είναι αντιστρόφος ανάλογες)*

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 ηλεκτροεγκεφαλογράφου 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 εξής τύπο:

1. 1.8V 🡪 Τάση ηλεκτροεγκεφαλογράφου
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, γιαυτό και δεν έχουν μονάδες μέτρησεις όπως αναφέρει και η ίδια η ThinkGear “αύτες οι τιμές δεν έχουν μονάδες μέτρησης και γι’ αυτό έχουν νόημα μόνο όταν συγκρίνονται μεταξύ τους”

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 ευρύως γνωστή χρησιμοποιείται για ανάλυση δεδομένων , οπτικοποίηση δεδομένων , επεξεργασία σημάτων, γραφικά, Μηχανική μάθηση και πολλά ακόμα. Αυτό το καταφέρνει μέσω την πληθώρα βιβλιοθηκων που εμπεριέχει,για το συγκεκριμένο πρόβλημα χρησιμοποιήθηκαν οι εξής:

* **Numpy** 🡪 Μας επιτρέπει την διαχείρηση πολυδιάστατων πινάκων και διαθέτει πληθώρα μαηματικών συναρτήσεων
* **Pandas 🡪**Χρησιμοποιείται για να διαβάζουμε csv αρχεία και παρέχει την δομή των dataframes
* **Matplotlib 🡪**Μία απο τις σημαντικότερες βιβλιοθήκες που μας επιτρέπει την οπτικοποίηση των δεδομένων
* **Sklearn 🡪** Εμπεριέχει έτοιμα μοντέλα όπως RandomForest, SVM κτλ.
* **Scipy 🡪**  Μας παρέχει εργαλεία για επεξεργασία σημάτων όπως bandpass φίλτρα και FFT (Fast Fourier Transform)

4.1.1 Fast Fourier Transform

Ο γρήγορος μετασχηματισμός Φουριέ (FFT) είναι αλγόριθμος που υπολογίζει τον διακριτό μετασχηματισμό Φουριέ (DFT) και μετατρέπει ένα 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

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 Τ( περίοδος) είναι η διάρκεια της 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. **Naïve 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 δεδομένων και για τον πειραματισμό με τα δεδομένα ,δημιουργήθηκαν δύο σετ δεδομένων.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 στην λύση ενός προβλήματος, όπως να σκεφτεί την προπέδια ανάποδα ή να λύσει έναν 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 10 άτομα,το κάθε άτομο μετρήθηκε 2 φορές (focused,relaxed) με την κάθε συσκευή, συνολικά τέσσερις φορές. Τέλος έχουμε 20 μετρήσεις για τον κάθε ηλεκτροεγκεφαλογράφο 10 focused και 10 relaxed .

4.3 Eπεξεργασία σημάτων Muse

Η επεξεργασία σημάτων του ηλεκτροεγκεφαλογράφου Μuse έγινε με δύο τεχνικές η πρώτη είναι με βάση την ενέργεια των σημάτων στο πεδίο της συχνότητας και η δεύτερη ,με την εκπαίδευση και σύγκριση μοντέλων μηχανικής μάθησης που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο **4.1.3**

4.3.1 Eπεξεργασία σημάτων Muse μέσω PSD

Όταν ο ανθρώπινος εγκέφαλος «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 , βρέθηκε το Τ = fs \* length και η τελική μορφή στον κώδικα είναι : np.abs(“Rhythm”)\*\*2/T όπου Rhythm ο αντίστοιχος ρυθμός. Παρατηρήθηκε ότι στις μετρήσεις υπάρχουν κάποιες τιμές οι οποίες είναι τεράστιες(περισσότερο από 8 φορές μεγαλύτερες της μέσης τιμής) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες.Γι’αυτό δημιουργήθηκε ένα φίλτρο (**RemoveOddValues**) που υπολογίζει το διακριτό μετασχιματισμό φουριε, αφαιρεί το μιγαδικό μέρος πολλαπλασιάζοντας με το μιγαδικό συζυγή του σήματος, εφαρμόζει στο αποτέλεσμα τετραγωνική ρίζα και στην συνέχεια υπολογίζει την μέση τιμή στο εύρος συχνοτήτων του κάθε ρυθμού.Εάν υπάρχει κάποια τιμή που ξεπερνάει το πενταπλάσιο της μέσης τότε την αντικαθιστά με την μέση τιμή.Τέλος υψώνει στο τετράγωνο το σήμα ,διαιρεί με το μιγαδικό συζυγή για να επιστρέψει τις μιγαδικές τιμές,εφαρμόζει αντίστροφο μετασχηματισμό φουρίε(ΙFFT) και επιστρέφει το σήμα στο πεδίο του χρόνου.

Φωτογραφία του πριν και του μετά

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 αποτελέιται από 4 στήλες-χαρακτηριστικά ,τα 4 κανάλια, που απαρτίζονται από τιμές mV / s και 1 στήλη κατηγορίας που παίρνει την τιμή 1 (Συγκέντρωση) ή 0 (Χαλάρωση).Να σημειωθεί ότι στο dataset διαγράφηκε οποιαδήποτε γραμμή είχε έστω και μία τιμή άνω των 100 ή κάτω -100. Χρησιμοποιήθηκαν τα 5 μοντέλα που προαναφέρθηκαν και ελέχθηκαν με την τεχνική του k cross validation με k=10 συνολικά 10 φορές το καθένα.Τα αποτελέσματα αναφέρονται παρακάτω.Τα μοντέλα αλλά και ο τρόπος αξιολόγησης τα εμπεριέχει η βιβλιοθήκη scikit learn.

4.4 Eπεξεργασία Τιμών Mindwave

Η συσκευή Mindwave έχει από μόνη της.

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