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

Brain de fer

∆ΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



του

**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

1.1 Εισαγωγή στο πρόβλημα

Τη σημερινή εποχή η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς σχεδόν καθημερινά γίνονται καινούριες ανακαλύψεις. Συγκεκριμένα έχουν γίνει πρωτοποριακές ανακαλύψεις στον τομέα της βιοϊατρικής, μπορούμε πλέον να προβλέψουμε μέσω μηχανικής μάθησης και κατηγοριοποίησης επιληπτικά επεισόδια, γίνονται επεμβάσεις και εγχειρίσεις με ρομποτικούς βραχίονες που έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και επιτρέπουν την απομακρυσμένη πρόσβαση του γιατρού, Μοντέλα μηχανικής μάθησης αποφασίζουν την απαραίτητη δόση φάρμακού σε ασθενής και αμέτρητες ακόμα χρήσεις.

Τεράστια ανάπτυξη είχε και το κομμάτι των εγκεφαλογράφων, μόνο στην ιδέα του εγκεφαλογράφου κάποιος σκέφτεται το τεράστιο κόστος και ότι είναι προϊόν εργαστηρίου. Στην πραγματικότητα με την ραγδαία ανάπτυξη υπάρχουν πολλές εταιρίες που πουλάνε εγκεφαλογράφους για το κοινό. Είναι εύκολοι στην τοποθέτηση και σε προσιτές τιμές, αν και συγκεκριμένοι εγκεφαλογράφοι θέλουν συνήθως περισσότερο χρόνο για να τοποθετηθούν σωστά. Εκτός αυτού είναι εύκολα προσβάσιμοι, κάθε εταιρία έχει την δική της εφαρμογή (συνήθως για κινητά) και για αυτούς που θέλουν να πειραματιστούν οι εγκεφαλογράφοι επιστρέφουν τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα για ανάλυση και διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη διπλωματική εργασία Brain de fer εστιάσαμε στο κομμάτι των εγκεφαλογράφων και των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων (Electroencephalography – EEG). Ο σκοπός είναι η δημιουργία ηλεκτρονικού παιχνιδιού όπου δύο άτομα ανταγωνίζονται στο παιχνίδι bras de fer με τη συγκέντρωση τους. Το συγκεκριμένο παιχνίδι εστιάζει στην ψυχαγωγία, τη διασκέδαση και μπορεί να βοηθήσει άτομα με ασθένειες όπως **αμνησία**, **άνοια** και **απόσπαση προσοχής** (ADHD). Το άτομο μπορεί να καταλάβει πότε συγκεντρώνεται και πότε όχι και να εκπαιδευτεί στη διατήρηση συγκέντρωσης και από την άλλη μεριά για να συγκεντρωθεί κάποιος πρέπει να σκεφτεί προβλήματα που τον δυσκολεύουν (όπως μαθηματικές πράξεις, ή ένα καθημερινό πρόβλημα) και να τα επιλύσει στο μυαλό του.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Οι ενότητες της παρούσας διπλωματικής εργασίας απαριθμούνται σε έξι. Στο 2ο κεφάλαιο αναλύουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του μυαλού και την λειτουργεία των νεύρων, επεξηγούμε τη βασική θεωρία της εξόρυξης δεδομένων και αναφέρουμε εφαρμογές παρόμοιες με τη δική μας που αξιοποιούν εγκεφαλογράφους. H ενότητα αυτή αποτελεί την θεωρητική βάση που χρειάζεται κάποιος για να κατανοήσει πλήρως τις έννοιες που θα συναντήσει παρακάτω. Στο 3ο κεφάλαιο αναφέρουμε τους δύο εγκεφαλογράφους που χρησιμοποιήσαμε και τις τιμές που επιστρέφουν, στη συνέχεια επεξηγούμε το τρόπο διασύνδεσης του εγκεφαλογράφου με τον υπολογιστή **(Brain Computer Interface – BCI)** και τέλος δείχνουμε τη διαδικασία διασύνδεσης της Unity με τη Python. Το 4ο κεφάλαιο είναι από τα πιο σημαντικά καθώς αναφέρουμε τους τρόπους επεξεργασίας δεδομένων, PSD και εξόρυξη δεδομένων, τη διαδικασία δημιουργίας σετ δεδομένων καθώς και τη προ-επεξεργασία και τέλος αναφέρεται η διαδικασία εκπαίδευσης των μοντέλων. Το 5ο κεφάλαιο είναι η συνέχεια του 4ου διότι στο συγκεκριμένο αναφέρουμε όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων, σχολιάζουμε πάνω τα αποτελέσματα και συμπεραίνουμε ότι ο ένας από τους δύο εγκεφαλογράφους δεν είναι έμπιστος. Τέλος έχουμε το 6ο κεφάλαιο στο οποίο έχουμε μία περίληψη των συμπερασμάτων, αναφέρουμε την εμπειρία μας στην 87η ΔΕΘ και κλείνοντας προτείνουμε μελλοντικές βελτιώσεις. Τα παραπάνω κεφάλαια αποτελούν την διπλωματικής μας εργασίας Brain de fer.

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό́ Υπόβαθρο

2.1 Ο Εγκέφαλος

Το νευρικό σύστημα του ανθρώπου αποτελείται από το **κεντρικό νευρικό σύστημα** ΚΝΣ και το **περιφερειακό νευρικό σύστημα** ΠΝΣ. Το ΠΝΣ συμπεριλαμβάνει νεύρα που καταλήγουν σε μύς και όργανα ενώ το ΚΝΣ αποτελείται από τον εγκέφαλο και τη σπονδυλική στήλη. Ο εγκέφαλος είναι το μεγαλύτερο και βασικότερο όργανο του κεντρικού νευρικού συστήματος. Βρίσκεται στο κρανίο και αποτελείται από δύο ημισφαίρια (**Cerebrum**) διαχωριζόμενα από την επιμήκη σχισμή, το στέλεχος (**Brainstem**) και τη παρεγκεφαλίδα (**Cerebellum**). Είναι υπεύθυνος για λειτουργίες όπως αντίληψη, σκέψη, συγκέντρωση κτλ. και για την επεξεργασία πληροφορίας που λαμβάνει από τις πέντε αισθήσεις του ανθρώπου: όραση, οσμή, αφή, γεύση, ακοή. Εμπεριέχει δισεκατομμύριους νευρώνες και τρισεκατομμύριες νευρικές συνάψεις. Οι νευρώνες είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή διατήρηση και μεταφορά της πληροφορίας ενώ οι συνάψεις, λειτουργούν ως «γέφυρες» και επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ νεύρων.

A diagram of the brain

Description automatically generated

Εικόνα 2:Τα τρία κομμάτια του εγκεφάλου[anafora]

2.1.1 Νευρώνας

Ο νευρώνας ή νευρικό κύτταρο αποτελεί βασικό μέρος του νευρικού συστήματος. Αποτελείται από τον πυρήνα και τις αποφυάδες. Οι αποφυάδες είναι δύο, οι δενδρίτες που είναι υπεύθυνοί για την συλλογή της πληροφορίας και ο νευράξονας που είναι υπεύθυνος για την διάδοση της πληροφορίας. Η πληροφορία η αλλιώς το σήμα που στέλνει, λαμβάνει και αποθηκεύει ένας νευρώνας ονομάζεται αλλιώς νευρική ώση. Νευρική ώση είναι ένα ηλεκτρικό σήμα με μικρή τάση (τάξης mV) που μεταδίδεται μέσω του νευράξονα[αναφορά]. Ο νευράξονας προστατεύεται από μυελώδες έλυτρο το οποίο αποτελείται από κύτταρα Σβαν, η κατασκευή του εξασφαλίζει την διάδοση νευρικών ώσεων με ταχύτητα κοντά στα 100 m/s[αναφορά]. Οι σημαντικότερες κατηγορίες νευρώνων είναι οι εξής:

* **Αισθητήριοι νευρώνες 🡪** Δέχονται ερεθίσματα από το περιβάλλον και τα μεταφέρουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα
* **Συνδετικοί νευρώνες 🡪** Αποθηκεύουν την πληροφορία των αισθητήριων νευρώνων και την μεταδίδουν στους κινητικούς νευρώνες
* **Κινητικοί νευρώνες 🡪** Μεταφέρουν την πληροφορία στα δραστικά κύτταρα


A diagram of a nerve cell

Εικόνα 3: Η δομή ενός νευρώνα [αναφορα]

2.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι η διαδικασία καταγραφής νευρικών ώσεων με τη βοήθεια ηλεκτροδίων που τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις στο κρανίο και έχουν επαφή με το δέρμα. Οι μετρήσεις που περιλαμβάνει το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ποικίλουν ανάλογα με τη τοποθεσία των ηλεκτροδίων, παραδείγματος χάρη οι νευρώνες που είναι υπεύθυνοι για την όραση βρίσκονται στο πίσω μέρος του κεφαλιού οπότε εάν τα ηλεκτρόδια βρίσκονται στο μπροστινό μέρος, το σήμα περνάει μέσα από ενδιάμεσους ιστούς και οστά και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα χάνει την πληροφορία των συγκεκριμένων νευρώνων. Το μυαλό παράγει πέντε ρυθμούς οι οποίοι είναι οι εξής:

* **Delta (>4 Hz)** 🡪 Ο ρυθμός δέλτα επικρατεί στον ύπνο
* **Theta (4-8 Hz)** 🡪 Ο ρυθμός θήτα επικρατεί όταν το άτομο είναι ένα στάδιο πριν τον ύπνο
* **Alpha (8-13 Hz)** 🡪 Παράγουμε ρυθμό άλφα όταν δεν υπάρχει εγκεφαλική δραστηριότητα και όταν υπάρχει χαλάρωση, βοηθάει επίσης όταν το άτομο έχει τα μάτια του κλειστά
* **Beta (13-30 Hz)** 🡪 Όταν υπάρχει εγκεφαλική δραστηριότητα και το άτομο έχει ανοιχτά μάτια παράγουμε κυρίως βήτα ρυθμό.
* **Gamma (>30 Hz)** 🡪 Όταν υπάρχει βαθιά συγκέντρωση επικρατεί ο γάμμα ρυθμός

A diagram of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα 4: ΟΙ ΠΕΝΤΕ ΡΥΘΜΟΙ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ[αναφορα]

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 εγκεφαλογράφου, 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 περιορισμένα λόγο του ότι η επαφή τους με το κρανίο πολλές φορές δεν είναι άμεση και δημιουργείτε θόρυβος, το αποτέλεσμα είναι ανακριβείς μετρήσεις και θόρυβος. Στην παρούσα διπλωματική αξιολογήσαμε 2 εγκεφαλογράφους 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

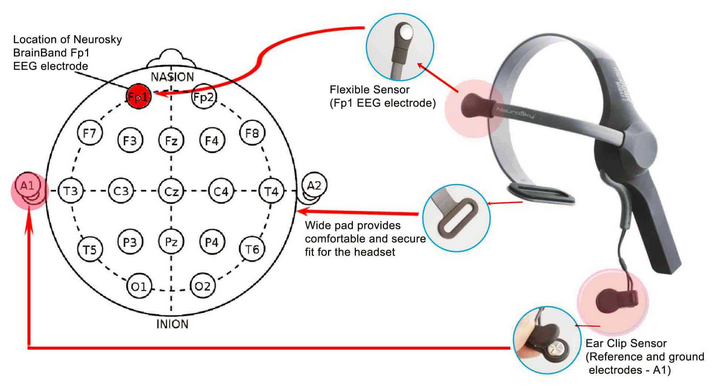
Description automatically generated

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 επεξεργαστή της ThinkGear και επιστρέφει συγκεκριμένα αποτελέσματα τα οποία είναι:

* **Attention** 🡪 Ποσοστό «συγκέντρωσης» εύρος τιμών 0-100, ανανέωση ένα 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 ένα 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 πειραματισμό 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 προ-επεξεργασία, ανανέωση 128 φορές ανά δευτερόλεπτο, 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 τους ρυθμούς 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) όπως προβλέπει η ThinkGear. 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]

3.4 Διασύνδεση Python με Unity

Η διαδικασία καταγραφής του ποσοστού συγκέντρωσης γίνεται μέσω ενός αρχείου τύπου “.csv”. Στην αρχή του παιχνιδιού η Python αρχικοποιεί έξι τιμές **(0,0,0,0,0,0)** οι δύο πρώτες θέσεις έχουν τα ποσοστά των δύο εγκεφαλογράφων ,οι δύο επόμενες έχουν την τιμή 0 ή 1 η οποία δηλώνει:

* 0 : Εκκρεμεί σύνδεση εγκεφαλογράφου
* 1: Επιτυχής σύνδεση εγκεφαλογράφου

Τέλος έχουμε δύο τιμές που δηλώνουν τον θόρυβο των συσκευών (poor value). Αφού γίνει επιτυχής σύνδεση και στους 2 εγκεφαλογράφους το πρόγραμμα εκτελεί μία δομή επανάληψης που μέσω try – except προσπαθεί κάθε περίπου ένα δεύτερο να ανοίξει το αρχείο data.csv και να ενημερώσει τα ποσοστά συγκέντρωσης. Από την άλλη μεριά η Unity μόλις συνδεθούν οι εγκεφαλογράφοι εκτελεί μία δομή επανάληψης που προσπαθεί μέσω try – catch να διαβάσει το αρχείο data.csv και να μεταβεί σε περεταίρω επεξεργασία.

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 προ-επεξεργασία δεδομένων και κατηγοριοποίηση. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής αλγόριθμοι:

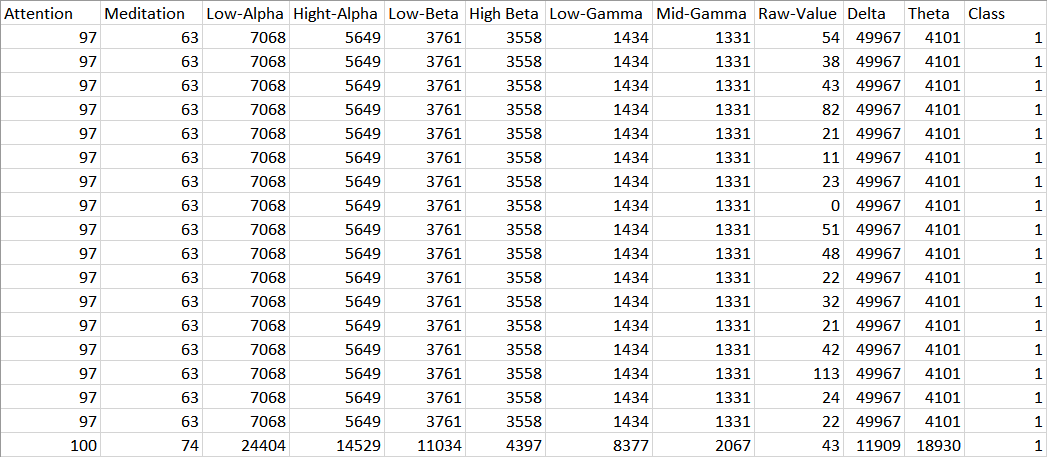
1. **Random Forest** 🡪 Αλγόριθμος ταξινόμησης, χρησιμοποιεί δέντρα απόφασης.
2. **Naive Bayes** 🡪 Άλγόριθμος ταξινόμησης, χρησιμοποιεί πιθανότητες.
3. **Support Vector Machines** 🡪 Αλγόριθμος ταξινόμησης και παλινδρόμησης, χρησιμοποιεί υπέρ-επίπεδα
4. **KNN 🡪** Αλγόριθμος ταξινόμησης, λειτουργεί υπολογίζοντας την ευκλείδεια 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 προπαίδεια 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** με 37824 πρότυπα και **MuseDataset** με 310675.



Εικόνα 5: 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 εφαρμοστούν φίλτρα για να απομονωθεί ο κάθε ρυθμός και να διαγραφούν οι περιττές τιμές.

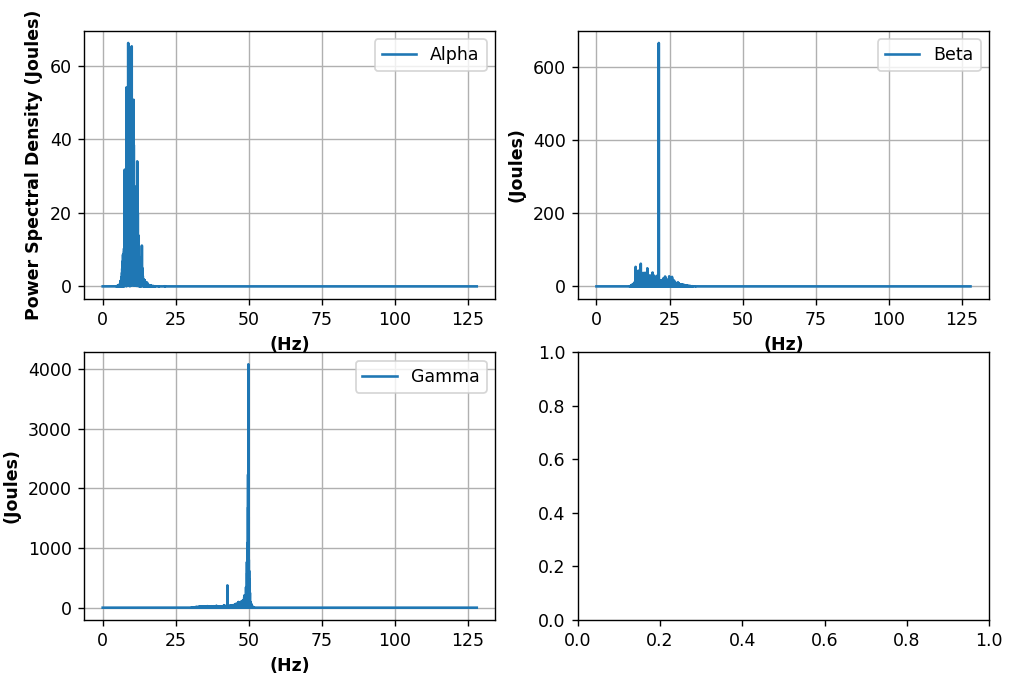
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpass** με συχνότητες **8-50 Hz** για να διαγραφούν οι περιττές τιμές
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Lowpass** με μέγιστη τιμή **12 Hz** για την **Alpha** συχνότητα
* Εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpass** με τιμές **13-30 Hz** για την **Beta** συχνότητα
* Τέλος εφαρμόστηκε φίλτρο **Bandpas**s 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 7:αποτελεσμα Πριν την εφαρμογή του φίλτρου RemoveOddValues

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα 8: Αποτέλεσμα εφαρμογήσ 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 λόγο θορύβου. Χρησιμοποιήθηκαν τα πέντε μοντέλα που προαναφέρθηκαν και ελέγχθηκαν με την τεχνική k cross validation με , συνολικά δέκα φορές το καθένα. Τα αποτελέσματα όπως αναφέρονται στην εικόνα[εικονα] δεν είναι ενθαρρυντικά και αυτός θα είναι ένας από τους λόγους που θα επιλέξουμε την συσκευή Mindwave έναντι του Muse.

A computer screen with white text

Description automatically generated

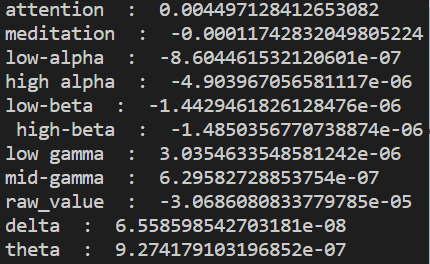
Εικόνα : Αποτελέσματα κατηγοριοποίησης Muse

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 ήταν συγκεντρωμένο και όταν ήταν χαλαρό οι οποίες αναφέρονται στο κεφάλαιο 5. Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο **3.3.1** διαθέτουμε και άλλες τιμές εκτός από την συγκέντρωση (**attention**), με αφορμή αυτές, χρησιμοποιήσαμε και δεύτερο τρόπο επεξεργασίας, με μηχανική μάθηση.

Η διαδικασία είναι η εξής:

1. Χρησιμοποιήσαμε Γραμμικό Παλινδρομικό μοντέλο (**Linear Regression model**) ώστε να βρεθούν οι συντελεστές συσχέτισης των δεδομένων.(εικόνα)



Εικόνα : Συντελεστές συσχέτισης

1. Αφαιρέσαμε τα χαρακτηριστικά με συντελεστή μικρότερο της τάξης με εξαίρεση την τιμή “raw\_value” η οποία ανανεώνεται 128 φορές το δευτερόλεπτο σε αντίθεση με τις υπόλοιπες που ανανεώνονται μία φορά το δευτερόλεπτο. Ο λόγος που κρατήσαμε την τιμή raw value είναι επειδή χωρίς αυτή το ποσοστό συγκέντρωσης σε ένα δεύτερο θα ήταν 0 ή 100.
2. Εκπαιδεύσαμε και αξιολογήσαμε πέντε μοντέλα που προαναφέρθηκαν στο κεφάλαιο **4.1.3** χρησιμοποιώντας την τεχνική **k-cross validation** με και επαναλαμβάνοντας την διαδικασία δέκα φορές συνολικά 100 κατηγοριοποιήσεις.

4.4.1 Παραγωγή ποσοστού συγκέντρωσης με μοντέλο μηχανικής μάθησης

Επιλέχθηκε το μοντέλο RandomForest λόγο της καλύτερης ακρίβειας όπως φαίνεται και στην εικόνα [εικονα].

A screenshot of a computer screen

Description automatically generated

Εικόνα : Αποτελέσματα κατηγοριοποίησης

Αφού αποθηκεύσαμε το μοντέλο, το επόμενο βήμα είναι να βρούμε το ποσοστό συγκέντρωσης και να το καταγράψουμε στο αρχείο data.csv. Μετά την προ-επεξεργασία, το dataset έχει τέσσερις στήλες: Attention, Meditation, Raw value και Class. Ο αλγόριθμος εκτελεί δομή επανάληψης όπου:

1. Για κάθε δεύτερο αποθηκεύει τις απαντήσεις του μοντέλου (ένα ή μηδέν)
2. Εκτελεί την πράξη: , η οποία μας δίνει το τελικό ποσοστό συγκέντρωσης,
3. Έπειτα εκτελεί μία άπειρη δομή επανάληψης στην οποία προσπαθεί να ενημερώσει το αρχείο και όταν το ενημερώσει σταματάει η επανάληψη.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα Muse

Όπως προαναφέρθηκε τα αποτελέσματα των μοντέλων μηχανικής μάθησης δεν ήταν ενθαρρυντικά, παρακάτω όμως θα δούμε τις γραφικές παραστάσεις συγκέντρωσης και χαλάρωσης 10 ατόμων μέσω **PSD**.

A graph of different sizes and colors

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα 9A:Μετρήσεις πρώτου εθελοντή

A graph of different colored lines

Description automatically generated

Εικόνα Β:Μετρήσεις δεύτερου εθελοντη

A graph of different colors and numbers

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα Γ:Μετρήσεις του Τριτου Εθελοντη

A graph of data and a graph of data

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα Δ:Μετρήσεις του τεταρου εθελοντη

A graph of different colored lines

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα Ε:Μετρήσεις του πεμπτου εθελοντη

A graph of different colored lines

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα 16Ζ:Μετρησεις του εκτου εθελοντη

A graph of different colors and sizes

Description automatically generated

Εικόνα Error! Bookmark not defined.:Η Μετρήσεις του εβδομου εθελοντη

A graph of different colors and numbers

Description automatically generated

Εικόνα Θ:μετρησεις του ογδοου εθελοντη

A graph of different colored lines

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα Ι :μετρησεις του εννατου εθελοντη

A graph of different colored lines

Description automatically generated with medium confidence

Εικόνα Κ :μετρήσεισ του δεκατου εθελοντη

**Συμπεράσματα:**

Μπορούμε να διακρίνουμε πως τα αποτελέσματα δεν έχουν συνοχή. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο ρυθμός Gamma υπέρ-ισχύει άσχετα με το αν το άτομο είναι συγκεντρωμένο η όχι χαρακτηριστικό παράδειγμα οι εικόνες Α, Γ, Δ και Ζ. Επιπλέον η ενέργεια ανά την συχνότητα έχει μεγάλες διαφοροποιήσεις στα άτομα δηλαδή, βλέπουμε στην εικόνα Ι και Θ πως όταν το άτομο είναι συγκεντρωμένο η μέγιστη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από όταν είναι χαλαρό, ενώ στην εικόνα Ε και Δ φαίνεται πως όταν το άτομο είναι συγκεντρωμένο έχει χαμηλότερη μέγιστη ενέργεια από όταν είναι χαλαρό. Γενικότερα στο παράδειγμα Κ φαίνεται καθαρά πότε υπάρχει συγκέντρωση και πότε όχι αλλά δυστυχώς από τα δέκα παραδείγματα μόνο σε αυτό είναι εμφανής η διαφορά. Θεωρούμε πως η συσκευή Muse λόγο των τεσσάρων καναλιών δεν έχει έμπιστες μετρήσεις, οποιαδήποτε σωματική κίνηση προκαλεί θόρυβο και οι δύο εκ των τεσσάρων αισθητήρων εφαρμόζουν πάνω από τα αυτιά που υπάρχει πυκνό μαλλί και σε κάποιες περιπτώσεις θέλει έως και δέκα λεπτά μέχρι να εφαρμοστεί σωστά ο εγκεφαλογράφος. Εν κατακλείδι αποφασίσαμε να μην χρησιμοποιήσουμε το συγκεκριμένο εγκεφαλογράφο λόγο της αναξιοπιστίας του και συνεχίσαμε με τον Mindwave.

5.2 Αποτελέσματα Mindwave

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις του Mindwave για να δούμε εάν η τιμή που μας δίνει ο εγκεφαλογράφος είναι έγκυρη και έπειτα συγκρίνουμε το ποσοστό συγκέντρωσης του εγκεφαλογράφου με το ποσοστό συγκέντρωσης του RandomForest μοντέλου μας.

5.2.1 Αποτελέσματα Μετρήσεων

Ο εγκεφαλογράφος Mindwave όπως προ-αναφέρθηκε δίνει κατευθείαν το ποσοστό συγκέντρωσης, όπως και στο muse πήραμε μετρήσεις από δέκα εθελοντές και παρακάτω παραθέτουμε ενδεικτικά τρεις γραφικές παραστάσεις και τους μέσους όρους συγκέντρωσης από όλους τους εθελοντές πρώτον όταν συγκεντρώνονταν και δεύτερων όταν χαλάρωναν.

A graph with blue and orange lines

Description automatically generated

A graph with blue and orange lines

Description automatically generated

A graph with blue and orange lines

Description automatically generated

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Εθελοντής** | **Μέσος Όρος Συγκέντρωσης**  **(όσο περισσότερο τόσο το καλύτερο)** | **Μέσος Όρος Χαλάρωσης**  **(όσο λιγότερο τόσο το καλύτερο)** |
| **1ος** | **66.999** | **29.327** |
| **2ος** | **53.249** | **65.383** |
| **3ος** | **29.607** | **27.5913** |
| **4ος** | **57.021** | **37.6913** |
| **5ος** | **36.921** | **55.862** |
| **6ος** | **62.540** | **56.754** |
| **7ος** | **38.240** | **32.894** |
| **8ος** | **74.609** | **33.159** |
| **9ος** | **59.173** | **47.904** |
| **10ος** | **39.431** | **57.988** |

**Συμπεράσματα:**

Παρατηρούμε πως η τιμή που μας δίνει ο εγκεφαλογράφος είναι αρκετά ακριβής, συγκεκριμένα 7/10 περιπτώσεις ο μέσος όρος συγκέντρωσης είναι μεγαλύτερος από τον μέσο όρο χαλάρωσης. Όπως φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις το άτομο είναι αρκετά δύσκολο να έχει μία συνεχή συγκέντρωση ειδικά σε τιμές άνω των 80. Πολλές φορές στη διαδικασία των μετρήσεων το άτομο δεν μπορούσε να συγκεντρωθεί καθόλου σε ένα θέμα, χαρακτηριστικό παράδειγμα ο 3ος εθελοντής. Παρατηρήσαμε στον αρχικό πειραματισμό με τους εγκεφαλογράφους πως όταν κάποιος θεωρεί ότι είναι συγκεντρωμένος, στη πραγματικότητα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Οποιαδήποτε συνθήκη μπορεί να αποσπάσει την προσοχή κάποιου, από ένα ψίθυρο μέχρι και η κίνηση των ατόμων σε ένα δωμάτιο. Αυτό επιβεβαιώνεται στο ότι πολλά άτομα δεν μπορούν να χαλαρώσουν και ταυτόχρονα δεν μπορούν να συγκεντρωθούν χαρακτηριστικό παράδειγμα 2ος, 5ος και 10ος εθελοντής και πολύ πιθανών να επηρεάζει το γεγονός ότι ήταν η πρώτη επαφή με εγκεφαλογράφου για τους περισσότερους εθελοντές. Γενικότερα τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά για την έρευνα μας και το συμπέρασμα είναι ότι η τιμή συγκέντρωσης που δίνει ο εγκεφαλογράφος είναι έγκυρη. Καταλήξαμε να επιλέξουμε τον εγκεφαλογράφο Mindwave έναντί του Muse λόγο της εγκυρότητας των μετρήσεων του, της πραγματικά εύκολης τοποθέτησης (από δέκα δευτερόλεπτα μέχρι και ένα λεπτό) και τέλος του κόστους της συσκευής (Mindwave ~ 100E , Muse ~ 400E).

5.2.2 Αποτελέσματα μοντέλου και σύγκριση

Για τις μετρήσεις των αποτελεσμάτων με το μοντέλο RandomForest μετρήσαμε ένα άτομο σε ήσυχο περιβάλλον ο οποίος είχε εμπειρία με τον συγκεκριμένο εγκεφαλογράφο και έγιναν δύο μετρήσεις. Η κάθε μέτρηση έχει διάρκεια δύο λεπτά, στη πρώτη το άτομο ήταν συγκεντρωμένο και στη δεύτερη ήταν χαλαρό. Ταυτόχρονα με την καταγραφή των αποτελεσμάτων του μοντέλου έγινε και καταγραφή της τιμής του εγκεφαλογράφου για να γίνει σύγκριση.

**Αποτελέσματα:**

A graph of a graph of a graph

Description automatically generated with medium confidence

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Τιμές** | **Μέσος Όρος Συγκέντρωσης** | **Μέσος Όρος Χαλάρωσης** |
| **Headset** | **58.747** | **24.095** |
| **RandomForest** | **63.726** | **12.081** |

**Συμπεράσματα:**

Παρατηρούμε πως τα αποτελέσματα της συσκευής είναι πιο ομαλά σε αντίθεση με του μοντέλου όπου έχει απότομες εναλλαγές στις τιμές του και δημιουργεί τα «καρφιά», φαίνεται καθαρά στο διάγραμμα Relaxed μεταξύ 40-60 δευτερολέπτων. Σε γενικές γραμμές το μοντέλο δίνει τιμή 100 όταν το ποσοστό του εγκεφαλογράφου είναι 80 και τιμή 0 όταν 40. Καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι έμπιστα το οποίο φαίνεται και στο μέσο όρο αλλά όχι ακριβής. Το πρόβλημα θεωρούμε πως είναι οι συνθήκες του πειράματος δηλαδή, τα δέκα άτομα είναι λίγα για το σετ δεδομένων, η Mindwave ισχυρίζεται πως η τιμή raw\_value ανανεώνεται κάθε 128 φορές το δευτερόλεπτο ενώ στην πραγματικότητα ανανεώνεται τρεις με τέσσερις φορές και γενικός η κατηγοριοποίηση 0 - 1 συγκέντρωση – χαλάρωση δεν είναι ικανή για ακριβή λύση. Όμως ο σκοπός του πειράματος ήταν να αποδείξουμε ότι η επεξεργασία των τιμών με ένα νευρωνικό μοντέλο λειτουργεί και τα αποτελέσματα είναι έμπιστα, το οποίο και αποδείξαμε. Τέλος, στην τελική μορφή του παιχνιδιού θα είναι διαθέσιμη η τιμή του εγκεφαλογράφου και του μοντέλου και ο παίχτης θα μπορεί να επιλέξει όποιον τρόπο επεξεργασίας προτιμάει.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Συμπεράσματα της Μελέτης

Στην παρούσα διπλωματική εργασία «Brain de fer» ασχοληθήκαμε με την επεξεργασία ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και με τη προ-επεξεργασία δεδομένων, εκπαίδευση και αξιολόγηση απλών μοντέλων. Συγκρίναμε δύο εγκεφαλογράφους των εταιριών Muse και Mindwave, δημιουργήσαμε δύο σετ δεδομένων από μετρήσεις δέκα ατόμων για την αξιολόγηση αυτών. Χρησιμοποιήσαμε πυκνότητα φασματικής ισχύος (PSD) για τα δεδομένα του Muse και χρησιμοποιήσαμε πέντε μοντέλα τα οποία είναι: KNN, Naive Bayes, Random Forest, SVM, MultiLayerPerceptron για τα δεδομένα Muse και Mindwave. Συμπεράναμε πως ο εγκεφαλογράφος Muse είχε μη ακριβή δεδομένα και η υψηλότερη ακρίβεια ήταν του μοντέλου RandomForest με αποτέλεσμα 67% οπότε αποφασίσαμε να μην το χρησιμοποιήσουμε. Τέλος χρησιμοποιώντας το ποσοστό συγκέντρωσης του Mindwave αλλά και της δικιάς μας υλοποίησης δημιουργήσαμε παιχνίδι όπου δύο άτομα θα ανταγωνίζονται στο παιχνίδι Bras de fer με την δύναμη της συγκέντρωσης τους.

6.2 Περιορισμοί

Οι περιορισμοί που συναντήσαμε ήταν ελάχιστοι και εύκολα αντιμετωπίσιμοι, στην αρχή της διπλωματικής όταν συνειδητοποιήσαμε πως ο εγκεφαλογράφος Muse δεν ήταν έμπιστος υπήρχε μία μικρή καθυστέρηση μέχρι να παραλάβουμε τον καινούριο και αυτό μας έδωσε τη δυνατότητα να πάρουμε κι’ άλλες μετρήσεις με το Muse για μεγαλύτερη αξιοπιστία. Στη συνέχεια το αρχικό πλάνο ήταν να ανταγωνίζονται δύο παίχτες δηλαδή, να έχουμε δύο συσκευές όμως μόνο το τελευταίο μήνα είχαμε δύο συσκευές για πειραματισμό, το οποίο δεν αποτέλεσε κάποιο πρόβλημα και επειδή είχαμε μόνο μία συσκευή το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα δημιουργήσαμε λειτουργία όπου ένας παίχτης θα μπορεί να παίζει εναντίων υπολογιστή.

6.3 87η Διεθνή Έκθεση Θεσσαλονίκης

Μέσω του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και του έργου Agrotour καταφέραμε να παρουσιάσουμε την διπλωματική μας στην 87η Διεθνή έκθεση Θεσσαλονίκης (ΔΕΘ). Η γνώμη του κόσμου είναι πάρα πολύ σημαντική για τη συγκεκριμένη διπλωματική, άλλωστε προορίζεται για το κοινό και θεωρούμε πως η ΔΕΘ ήταν η κατάλληλη ευκαιρία. Οι εντυπώσεις του κόσμου ήταν πολύ θετικές, η γενική οδηγία ήταν ο καθένας να σκέφτεται και να εστιάσει σε κάτι που τον προβληματίζει και να προσπαθεί να το λύσει ώστε να συγκεντρωθεί. Το συμπέρασμα είναι πως ο καθένας έχει τον δικό του τρόπο συγκέντρωσης π.χ. κάποιος σκεφτόταν ένα τραγούδι και είχε πολύ υψηλό σκορ, τα παιδιά έκαναν συνεχής αριθμητικές πράξεις, κάποιος άλλος μετρούσε τα τούβλα που υπάρχουν στο πίσω μέρος του παιχνιδιού. Εν κατακλείδι τα μεγάλα χαμόγελα και ο ενθουσιασμός του κόσμου μας έδειξε ότι το τελικό αποτέλεσμα της διπλωματικής ξεπέρασε μέχρι και τις δικές μας προσδοκίες.

6.4 Μελλοντικές βελτιώσεις

Υπάρχουν κάποια κομμάτια στην συγκεκριμένη εργασία που θα μπορούσαν να βελτιωθούν στο μέλλον. Συγκεκριμένα ο θα μπορούσε να δοκιμαστεί καινούριος εγκεφαλογράφος της εταιρίας emotiv [αναφορα] με μεγαλύτερη ακρίβεια ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων. Στη συνέχεια πρέπει αλλάξει η κατηγοριοποίηση, μία ιδέα είναι, αντί να έχουμε δύο κατηγορίες 0 – 1 να έχουμε τρεις δηλαδή να προσθέσουμε μία ενδιάμεση κατηγορία όπου οι τιμές ο εθελοντής να μην είναι πολύ συγκεντρωμένος, αλλά ούτε πολύ χαλαρός. Επιπλέον μία απαραίτητη αλλαγή είναι να δημιουργηθεί μεγαλύτερο σετ δεδομένων με περισσότερους εθελοντές για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τέλος η τελική μορφή του παιχνιδιού μπορεί να υποστηρίξει πληθώρα εγκεφαλογράφων οπότε οι δοκιμές ποικίλουν στον εγκεφαλογράφο που κατέχει ο καθένας.

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