



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

# **Εγχειρίδιο Χρήσης του Συστήματος Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας Emotiv Eroc Flex**

**Σταυρούλα Πιτσιλή  
Αριθμός Μητρώου: 18388063**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
Αικατερίνη Σκουρολιάκου, Καθηγήτρια**

**Αθήνα 10/10/2024**

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Α. Σκουρολιάκου  
Καθηγήτρια

Ε. Βεντούρας  
Καθηγητής

Ε. Αντωνίου  
Καθηγήτρια

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υπογράφουσα Πιτσιλή Σταυρούλα του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 18388063 φοιτήτρια του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

10/10/2024

Η Δηλούσα



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην σύνταξη ενός αναλυτικού εγχειριδίου χρήσης του συστήματος ηλεκτροεγκεφαλογραφίας Emotiv Eros Flex. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για την συλλογή και ανάλυση εγκεφαλικών σημάτων, με σκοπό την ευρεία εφαρμογή σε ερευνητικά πεδία, καθώς και την κατανόηση και μελέτη της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Στα αρχικά κεφάλαια της εργασίας δίνεται μια επισκόπηση της δομής και λειτουργίας του νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου. Γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές καταγραφής ενός ΗΕΓ, καθώς και στις κύριες διαδικασίες επεξεργασίας των βιοσημάτων. Αναλύονται επίσης οι τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών και ταξινόμησης, που αποτελούν σημαντικά στάδια μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης των ληφθέντων βιοσημάτων.

Στο κυρίως μέρος, αναλύεται το εγχειρίδιο χρήσης του συστήματος Emotiv Eros Flex, το οποίο περιλαμβάνει την εγκατάσταση και ρύθμιση του εξοπλισμού, την λειτουργία των ηλεκτροδίων, καθώς και την διαδικασία συλλογής δεδομένων. Παρουσιάζεται το λογισμικό EmotivPRO, το οποίο υποστηρίζει την συλλογή και ανάλυση των εγκεφαλικών σημάτων, ενώ αναλύονται και οι κύριες λειτουργίες του. Τέλος, περιγράφεται η εκτέλεση μιας τυπικής συνεδρίας από την προετοιμασία του χρήστη έως την συλλογή και αποθήκευση της καταγραφής του ΗΕΓ.

Η εργασία αυτή αποσκοπεί να παρέχει στους χρήστες του συστήματος Emotiv Eros Flex μια ολοκληρωμένη και πρακτική καθοδήγηση για την χρήση του εξοπλισμού και του λογισμικού, συμβάλλοντας στην ορθή εφαρμογή του σε ερευνητικές και πειραματικές δραστηριότητες.

*Λέξεις Κλειδιά:* Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ), Εγχειρίδιο χρήσης, Emotiv Eros Flex, EmotivPRO

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on the creation of a comprehensive user's manual for the Emotiv Epoc Flex Electroencephalography (EEG) system. This system is used for the collection and analysis of brain signals, with the aim of applying it in a wide range of research fields, as well as for the understanding and study of brain activity.

In the first chapters, an overview of the structure and function of the nervous system and the brain is provided. There is also a reference to the fundamental principles of EEG recording and the main processes involved in the processing of biosignals. Furthermore, techniques for feature extraction and classification, which are key stages in a comprehensive analysis of biosignals, are discussed.

The main part of the thesis analyzes the user's manual of the Emotiv Epoc Flex system, including the installation and configuration of the equipment, the functioning of the electrodes, as well as the data collection process. The EmotivPRO software is presented, which supports the collection and analysis of brain signals, while its main functions are also analyzed. Finally, a typical session is described, from preparation of the user to the collection and storage of the EEG recordings.

This thesis aims to provide users of the Emotiv Epoc Flex system with a complete and practical guide for the use of the equipment and software, contributing to its effective application in research and experimental activities.

***Keywords: Electroencephalogram(EEG), User Manual, Emotiv Epoc Flex, EmotivPRO***

## **Ευχαριστίες:**

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Αικατερίνη Σκουρολιάκου και τον καθηγητή μου Ερρίκο Βεντούρα, για την αμέριστη υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας. Ευχαριστώ επίσης την κ. Λίλιαν Αντωνίου, καθηγήτρια του τμήματος Μαιευτικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την διάθεση του απαραίτητου εξοπλισμού, ο οποίος ήταν καθοριστικός για την υλοποίηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου, για τις γνώσεις και την καθοδήγηση που μας προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου, για την αδιάλειπτη στήριξη και υπομονή τους, κατά την διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς την παρουσία τους, η επίτευξη αυτού του στόχου δεν θα ήταν δυνατή.

## Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	10
1.1 Νευρικά κύτταρα .....	11
1.2 Ηλεκτρικά Δυναμικά των νευρικών κυττάρων .....	13
1.2.1 Δυναμικό Ηρεμίας.....	13
1.2.2 Δυναμικό Δράσης .....	14
2. ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ .....	15
2.1 Εγκεφαλικοί ρυθμοί .....	17
3. ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΟΣ .....	19
3.1 Ιστορική Αναδρομή .....	19
3.2 Ηλεκτρόδια .....	20
3.3 Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίων .....	21
3.4 Διαδικασία καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος .....	23
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΕΓ .....	25
4.1 Προεπεξεργασία σήματος και φιλτράρισμα.....	25
4.2 Αφαίρεση των ψευδενδείξεων (artifacts).....	29
4.3 Εξαγωγή Χαρακτηριστικών .....	29
4.3.1 Κοινή χωρική μέθοδος(CSP) .....	30
4.3.2 Μετασχηματισμός Fourier.....	30
4.3.3 Μετασχηματισμός Wavelet.....	31
4.3.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA).....	32
4.3.5 Ανάλυση Ανεξαρτήτων Συνιστωσών (ICA) .....	33
4.4 Μέθοδοι ταξινόμησης.....	33
4.4.1 Ταξινομητής k Πλησιέστερων Γειτόνων (k-NN) .....	33
4.4.2 Μηχανές Διανυσμάτων Στήριξης (Support Vector Machines – SVM) .....	34
4.4.3 Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks).....	36
4.4.4 Δέντρα Απόφασης.....	36
4.4.5 Naive Bayes.....	37
5. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΡΟΣ FLEX.....	38
5.1 Τεχνικές προδιαγραφές Emotiv Eros Flex .....	39
5.2 Παρελκόμενα Eros Flex .....	40

5.3 Μονάδα ελέγχου Eros Flex .....	42
5.4 Ηλεκτρόδια (Saline sensors) .....	44
5.5 Οδηγός εγκατάστασης της συσκευής Eros Flex .....	45
5.6 Οδηγίες φόρτισης Eros Flex .....	49
5.7 Αντιμετώπιση Προβλημάτων (Troubleshooting) .....	49
5.8 Πρωτόκολλο καθαρισμού .....	50
5.9 Προφυλάξεις ασφαλείας.....	51
6. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΜΟΤΙΒPRO .....	51
6.1 Οδηγίες εγκατάστασης EmotivPRO .....	52
6.2 Οδηγίες σύνδεσης της μονάδας ελέγχου .....	54
6.3 Ποιότητα Επαφής (Contact Quality) .....	55
6.4 Ποιότητα ΗΕΓ (EEG Quality).....	56
6.5 Ροές δεδομένων (Data Streams) .....	57
6.5.1 Ακατέργαστο Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (Raw EEG) .....	57
6.5.2 Ζώνες Συχνοτήτων (Frequency Bands) .....	59
6.5.3 Μετρήσεις Απόδοσης (Performance Metrics).....	61
6.5.4 Προβολή Κίνησης (Motion).....	64
6.5.5 Πακέτα δεδομένων (Data Packets).....	66
6.6 Οδηγίες καταγραφής ΗΕΓ .....	66
6.7 Δείκτες Συμβάντων (Event markers) .....	68
6.7.1 Δείκτες Αναφροάς (Baseline Markers).....	69
6.7.2 Δείκτες Πληκτρολόγησης (Keystroke markers).....	69
6.7.3 USB Markers.....	70
6.8 Ιστορικό Καταγραφών ΗΕΓ.....	70
6.9 Συγχρονισμός δεδομένων στο Cloud .....	71
6.10 Αναπαραγωγή & Διαγραφή Καταγραφών ΗΕΓ .....	72
7. ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΗΕΓ .....	73
7.1 Αρχεία EDF (EDF Files) .....	74
7.1.1 Στήλες χρονικών σημάνσεων (Timestamp).....	76
7.1.2 EDF+ / BDF+ .....	77
7.2 Αρχεία CSV (CSV Files).....	78
7.3 Αρχεία JSON (JSON Files) .....	81



8. LAB STREAMING LAYER (LSL).....	81
9. ΕΜΟΤΙΒPRO BUILDER .....	83
10. ΕΜΟΤΙΒPRO ANALYZER.....	84
11. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ .....	84
11.1 Προετοιμασία του συστήματος Emotiv Eros Flex .....	84
11.2 Ρύθμιση και έναρξη συνεδρίας .....	86
11. 3 Καταγραφή και παρακολούθηση σήματος.....	88
11.4 Αποθήκευση δεδομένων .....	91
12. Συμπεράσματα.....	91
Βιβλιογραφία .....	92
Βιβλιογραφία Εικόνων .....	94

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) αποτελείται από δύο κύρια μέρη, τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό και πλαισιώνεται από το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ), στο οποίο ανήκουν τα περιφερικά νεύρα που εκτείνονται σε όλο το σώμα. Το ΚΝΣ περιβάλλεται από οστικές δομές, όπως το κρανίο που προστατεύει τον εγκέφαλο και η σπονδυλική στήλη τον νωτιαίο μυελό, ενισχύοντας έτσι την ασφάλεια και την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος. Ο κύριος δομικός και λειτουργικός ιστός του νευρικού συστήματος είναι ο νευρικός ιστός, ο οποίος απαρτίζεται από τα νευρικά κύτταρα (νευρώνες) και από τα νευρογλοιακά κύτταρα (γλοία), τα οποία έχουν κυρίως βοηθητικό ρόλο προστατεύοντας τους νευρώνες και συμβάλλοντας στην μετάδοση της πληροφορίας. Κύριο χαρακτηριστικό των νευρώνων είναι η μεταφορά νευρικών σημάτων με την μορφή δυναμικών ενέργειας και ο σχηματισμός δικτύων με άλλους νευρώνες είτε γειτονικούς, είτε απομακρυσμένους, μέσω σύναψης. Οι βασικές λειτουργίες για τις οποίες είναι υπεύθυνο το ΚΝΣ:

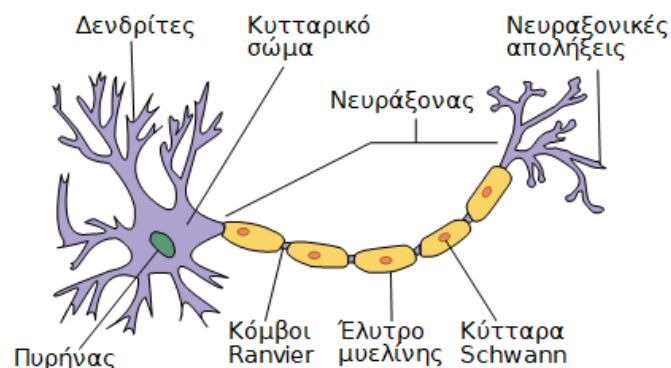
- **Λήψη και επεξεργασία αισθητήριων πληροφοριών:** το ΚΝΣ είναι υπεύθυνο για την συλλογή και μεταφορά αισθητηριακών δεδομένων τόσο από το εσωτερικό του σώματος, όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον. Προσλαμβάνει μέσω ελεύθερων νευρικών απολήξεων ή εξειδικευμένων υποδοχέων διάφορα ερεθίσματα και στη συνέχεια οι αισθητικές οδοί μεταφέρουν τις νευρικές ώσεις με τα αισθητικά δεδομένα που έχουν ληφθεί προς το ΚΝΣ. Εκεί επεξεργάζονται στα ανώτερα κέντρα απαρτίωσης, όπως ο εγκέφαλος, με σκοπό την ανάλυση και κατανόηση των πληροφοριών.
- **Επεξεργασία και ανάλυση πληροφοριών:** ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία πολύπλοκων πληροφοριών, ενώ συμμετέχει σε όλες τις γνωστικές λειτουργίες, όπως είναι η μνήμη, σκέψη και η λήψη αποφάσεων. Από την άλλη ο νωτιαίος μυελός πέρα από την μεταφορά σημάτων μεταξύ εγκεφάλου και σώματος είναι υπεύθυνος για πιο απλές αντιδράσεις, όπως τα αντανακλαστικά του ανθρώπινου οργανισμού.
- **Αντίδραση και απάντηση στα ερεθίσματα:** το ΚΝΣ αντιδράει στα ερεθίσματα με εκούσιο ή ακούσιο τρόπο. Οι κινητικές (απαγωγές) οδοί μεταφέρουν τις νευρικές ώσεις με εντολές από το ΚΝΣ προς τα εκτελεστικά όργανα (πχ μύες και αδένες), προκειμένου να εκτελεστούν οι αντίστοιχες αντιδράσεις και απαντήσεις.[1]

## 1.1 Νευρικά κύτταρα

Τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες αποτελούν τα βασικά και κύρια στοιχεία του νευρικού συστήματος. Είναι εξειδικευμένα κύτταρα, όπου μέσω χημικών και ηλεκτρικών διεργασιών είναι υπεύθυνα για την μετάδοση των νευρικών σημάτων. Τα νευρικά κύτταρα διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ του εγκεφάλου και των υπόλοιπων τμημάτων του σώματος.

### Δομή του νευρικού κυττάρου

1. **Κυτταρικό σώμα:** περιλαμβάνει τον πυρήνα και τα περισσότερα οργανίδια του νευρικού κυττάρου, ενώ είναι κυρίως υπεύθυνο για την σύνθεση των πρωτεϊνών και την διατήρηση της ζωής του κυττάρου.
2. **Δενδρίτες:** αποτελούν προεκτάσεις του νευρικού κυττάρου και είναι υπεύθυνα για την λήψη σημάτων από άλλους νευρώνες και την μεταφορά τους στο κυτταρικό σώμα. Οι περισσότερες συνάψεις (τα σημεία που λαμβάνονται τα σήματα από άλλους νευρώνες), βρίσκονται στους δενδρίτες και το κυτταρικό σώμα. Μάλιστα αυξάνουν την επιφάνεια επαφής του νευρώνα με άλλους νευρώνες.
3. **Νευράξονας:** ο άξονας είναι μια μακριά προέκταση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1, μέσω της οποίας μεταφέρονται τα νευρικά σήματα από το κυτταρικό σώμα προς άλλα νευρικά κύτταρα, μυϊκές ίνες κτλ και δύναται να μεταφέρει σήματα μεταξύ αποστάσεων που κυμαίνονται από 0,1mm έως και 3m. Το αρχικό τμήμα του άξονα, είναι το σημείο όπου ξεκινούν τα ηλεκτρικά σήματα και βρίσκεται κόντα στο κυρίως σώμα του κυττάρου. Μάλιστα ο άξονας ενός νευρώνα μπορεί να έχει εγκάρσιες διακλαδώσεις και οι απολήξεις του να καταλήγουν σε πιο μικρές διακλαδώσεις, οι οποίες ασχολούνται με την μεταβίβαση των χημικών σημάτων σε άλλους νευρώνες. Συνήθως οι άξονες κάποιων νευρώνων καλύπτονται από μυελίνη, μια λιπώδη μεμβρανική θήκη, που επιταγχύνει την διέλευση των ηλεκτρικών σημάτων. Τα σημεία στα οποία η μεμβράνη είναι εκτεθειμένη στο εξωκυττάριο υγρό ονομάζονται κόμβοι του Ranvier και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην γρήγορη μετάδοση των σημάτων.[1]



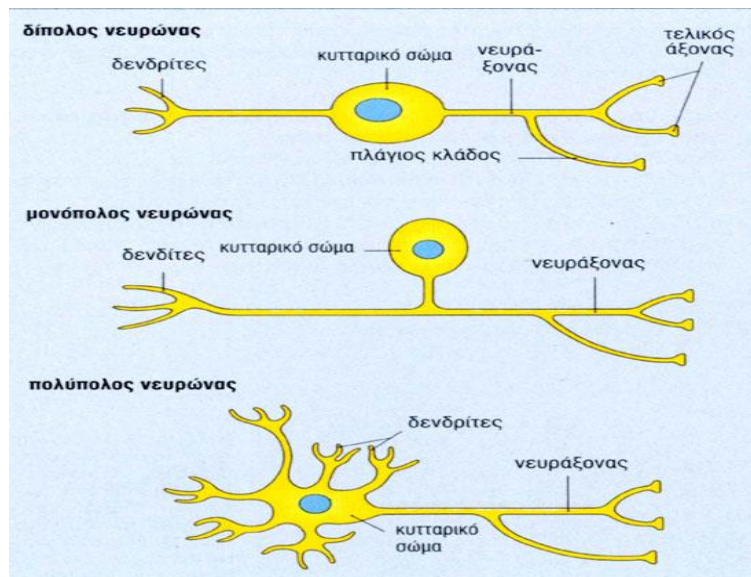
**Εικόνα 1:** Δομή του νευρικού κυττάρου [1]

### Τύποι Νευρώνων με βάση την λειτουργία τους

1. **Αισθητικοί Νευρώνες:** είναι υπεύθυνοι για την μεταφορά αισθητηριακών πληροφοριών προς τους υποδοχείς του ΚΝΣ.
2. **Κινητικοί Νευρώνες:** είναι υπεύθυνοι για την μεταφορά εντολών από το ΚΝΣ προς τα εκτελεστικά όργανα (μύες και αδένες) του ανθρώπινου οργανισμού.
3. **Ενδιάμεσοι Νευρώνες:** αφομοιώνουν μηνύματα που έχουν ληφθεί από τους αισθητικούς νευρώνες και τα μεταφέρουν στο ΚΝΣ ή από μια περιοχή του σε κάποια άλλη, καταλήγοντας τις πληροφορίες στους κινητικούς νευρώνες

### Τύποι Νευρώνων με βάση δομικές διαφορές

1. **Μονόπολοι Νευρώνες:** έχουν μόνο μια προέκταση που εκφύεται από από το κυτταρικό σώμα και διαχωρίζεται σε δύο κλάδους, εκ' των οποίων ο ένας κατευθύνεται προς το ΚΝΣ και ο δεύτερος προς μια αισθητική περιοχή. Σε αυτή την κατηγορία κατατάσσονται οι αισθητικοί νευρώνες.
2. **Δίπολοι Νευρώνες:** διαθέτουν δύο ισοδύναμες προεκτάσεις (δενδριτική και αξονική), που εκτείνονται από αντίθετες πλευρές του κυτταρικού σώματος. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι ενδιάμεσοι νευρώνες, όπου εξυπηρετούν τοπικές συνδέσεις στο ΚΝΣ, καθώς και οι υποδοχείς αρκετών των αισθητικών νευρώνων της αίσθησης, όρασης, καθώς και ισοροπίας.
3. **Πολύπολοι Νευρώνες:** από το κυτταρικό σώμα των πολύπολων νευρώνων εκτείνονται πολλές δενδριτικές προεκτάσεις και ένας μακρύς άξονας. Σε αυτό τον τύπο κατατάσσονται οι κινητικοί νευρώνες.



**Εικόνα 2:** Τύποι νευρώνων με βάση δομικές διαφορές [2]

Οι νευρώνες είναι εξειδικευμένα κύτταρα, τα οποία είναι υπεύθυνα για την μεταφορά μηνυμάτων με την μορφή νευρικών ώσεων. Οι νευρικές ώσεις είναι ηλεκτρικά σήματα, που κατευθύνονται κατά μήκος των νευρικών ινών και επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ εγκεφάλου και διαφορετικών τμημάτων του σώματος. Οι νευρώνες έχουν την ικανότητα να αντιδρούν σε συγκεκριμένες αλλαγές στο περιβάλλον τους, όπως είναι η μεταβολή θερμοκρασίας, η μεταβολή χημικών ουσιών κτλ. Τέτοιου είδους μεταβολές προκαλούν την διέγερση των νευρώνων, οι οποίοι δημιουργούν ένα δυναμικό ενέργειας που διαδίδεται κατά μήκος του νευράξονα. Στο τέλος του νευράξονα, το δυναμικό ενέργειας προκαλεί την απελευθέρωση των νευροδιαβιβαστών στην σύναψη, δηλαδή χημικών ενώσεων που μεταφέρουν τις πληροφορίες από τον ένα νευρώνα στον επόμενο, συνεχίζοντας την διαδικασία της επικοινωνίας. Μέσω αυτής της λειτουργίας οι νευρώνες μπορούν να επεξεργάζονται πληροφορίες, να λαμβάνουν αποφάσεις και να αντιδρούν με ακρίβεια στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος.[1]

## 1.2 Ηλεκτρικά Δυναμικά των νευρικών κυττάρων

### 1.2.1 Δυναμικό Ηρεμίας

Όταν ένας νευρώνας δεν δέχεται κάποιο ερέθισμα ή σε περίπτωση που το ερέθισμα είναι μικρότερο από μια ορισμένη τιμή, τότε ο νευρώνας βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας. Το δυναμικό ηρεμίας αποτελεί μια θεμελιώδη έννοια στην νευροφυσιολογία και αναφέρεται στην ηλεκτρική διαφορά δυναμικού μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού του νευρικού κυττάρου, εφόσον αυτό βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας και δεν μεταδίδει κάποιο νευρικό σήμα. Αυτή η διαφορά δυναμικού είναι περίπου  $-70\text{mV}$ , δηλαδή η εσωτερική επιφάνεια της μεμβράνης του νευρώνα είναι πιο αρνητικά φορτισμένη σε σχέση με την εξωτερική. Αυτό οφείλεται στην άνιση κατανομή των ιόντων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού της μεμβράνης, όπου συγκεντρώνονται περισσότερα αρνητικά ιόντα στο εσωτερικό και περισσότερα θετικά ιόντα στο εξωτερικό. Ουσιαστικά το δυναμικό ηρεμίας παραμένει σταθερό όσο δεν υπάρχει κάποιο ερέθισμα ή όταν το ερέθισμα είναι μικρότερο από το οριακό επίπεδο, το οποίο απαιτείται για να προκαλέσει μια αλλαγή στην ηλεκτρική κατάσταση του νευρώνα. Η δημιουργία του δυναμικού ηρεμίας οφείλεται κυρίως στην άνιση κατανομή ιόντων, όπως νάτριο ( $\text{Na}^+$ ), κάλιο ( $\text{K}^+$ ) και τα χλωριούχα ( $\text{Cl}^-$ ) στις δύο πλευρές της κυτταρικής μεμβράνης. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια των εξής παραγόντων:

- **Διαφορική διαπερατότητα της μεμβράνης:** Η μεμβράνη του νευρικού κυττάρου δεν είναι εξίσου διαπερατή για όλα τα ιόντα. Μάλιστα είναι πιο διαπερατή στο κάλιο ( $\text{K}^+$ ) παρά στο νάτριο ( $\text{Na}^+$ ), επιτρέποντας έτσι στα ιόντα καλίου να διαχέονται έξω από το κύτταρο, μέσω ειδικών καναλιών, ενώ οι διάλυτοι νατρίου παραμένουν κλειστοί, εμποδίζοντας την είσοδο  $\text{Na}^+$  στο κύτταρο. Έτσι δημιουργείται ένα αρνητικό φορτίο στο εσωτερικό του κυττάρου σε σχέση με το εξωτερικό. Η διαπερατότητα αυτή καθορίζει την ποσότητα και ταχύτητα των ιόντων που μπορούν να περάσουν εντός και εκτός κυττάρου, επηρεάζοντας κατ' αυτό το τρόπο την τιμή του δυναμικού ηρεμίας.

- **Διαφορά στην συγκέντρωση ιόντων:** Η συγκέντρωση των ιόντων κάλιου ( $K^+$ ) και νατρίου ( $Na^+$ ) διαφέρει σημαντικά μεταξύ του ενδοκυττάρου και εξωκυττάρου χώρου, όπου ο πρώτος είναι πλούσιος σε ( $K^+$ ) και ο δεύτερος παρουσιάζει υψηλή συγκέντρωση σε ( $Na^+$ ). Μάλιστα μεγάλα αρνητικά φορτισμένα μόρια (πχ πρωτεΐνες) αδυνατούν λόγω μεγέθους να διαπεράσουν την κυτταρική μεμβράνη, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην διατήρηση του αρνητικού φορτίου, καθώς βρίσκονται στο εσωτερικό του νευρικού κυττάρου. Η διαφορά των συγκεντρώσεων και η επιλεκτική διαπερατότητα της μεμβράνης εξηγούν την σταθερή τιμή του δυναμικού ηρεμίας περίπου στα  $-70mV$ , όταν ο νευρώνας είναι σε κατάσταση ηρεμίας και δεν δέχεται ερεθίσματα.[2]

### 1.2.2 Δυναμικό Δράσης

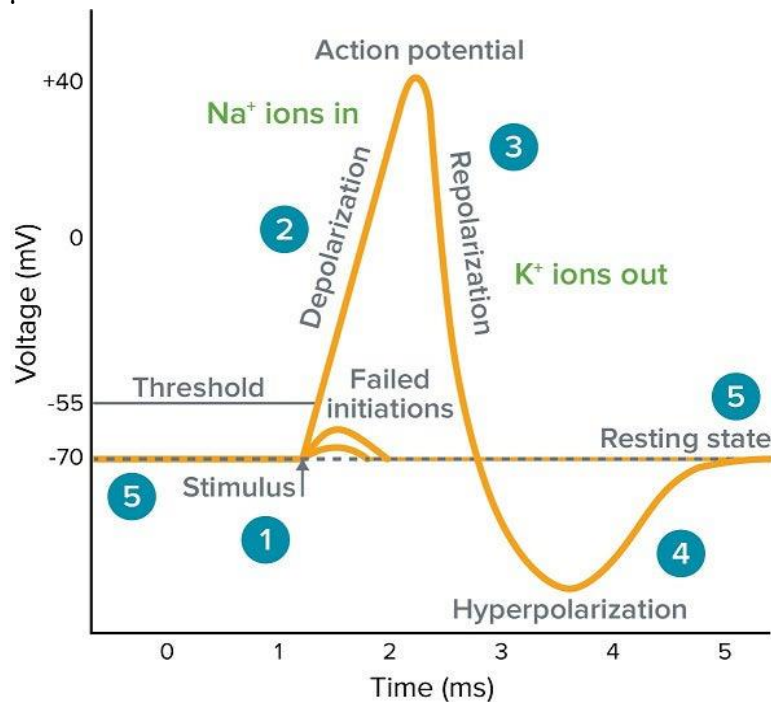
Το δυναμικό δράσης είναι μια κρίσιμη διαδικασία στην λειτουργία των νευρώνων, μέσω της οποίας μεταδίδονται τα νευρικά σήματα κατά μήκος του άξονα του νευρώνα και το νευρικό σύστημα είναι σε θέση να συντονίζει τις αντιδράσεις του σώματος και να ελέγχει τις σωματικές λειτουργίες. Τα δυναμικά δράσης δημιουργούνται από την ανταλλαγή ιόντων μέσω της κυτταρικής μεμβράνης του νευρώνα και αποτελούν μια προσωρινή διαταραχή της ιοντικής ισορροπίας στο μεμβρανικό δυναμικό, η οποία με τη σειρά της διαδίδεται κατά μήκος του νευράξονα. Τις περισσότερες φορές ξεκινούν από το κυτταρικό σώμα του νευράξονα και κινούνται προς μία κατεύθυνση. Η πρόκληση των δυναμικών δράσης μπορεί να οφείλεται σε διάφορα ερεθίσματα όπως το φως, ο ηλεκτρισμός, τα χημικά φαινόμενα. Μάλιστα ένα ερέθισμα πρέπει να υπερβεί μια οριακή τιμή για να προκαλέσει ένα δυναμικό δράσης, ενώ πιο αδύναμα ερεθίσματα ενδέχεται να προκαλέσουν μικρές ηλεκτρικές διαταραχές, αλλά όχι δυναμικά δράσης.

Τα βασικά στάδια και χαρακτηριστικά του δυναμικού δράσης είναι τα εξής:

1. **Εκπόλωση (depolarization):** Όταν οι δενδρίτες του νευρώνα δέχονται ένα ερέθισμα το οποίο υπερβαίνει μια οριακή τιμή, τότε εγείρεται το δυναμικό δράσης. Αυτό το ερέθισμα θα προκαλέσει το άνοιγμα των διαύλων νατρίου ( $Na^+$ ), που βρίσκονται στην μεμβράνη του νευρικού κυττάρου. Ως εκ' τούτου τα ιόντα νατρίου εισέρχονται γρήγορα στο εσωτερικό του κυττάρου, προκαλώντας αύξηση του θετικού φορτίου. Η διαδικασία συνεχίζεται, εφόσον το άνοιγμα είναι αρκετό, ώστε η τιμή του δυναμικού να αυξηθεί από τα  $-70mV$  στα  $-55mV$ . Όταν η τιμή του δυναμικού φτάσει αυτή την τιμή κατωφλίου, ανοίγουν πιο πολλοί δίαυλοι ( $Na^+$ ) με την τιμή του δυναμικού να ανέρχεται στα  $+30mV$ . Η παραπάνω ξαφνική αλλαγή από το αρνητικό δυναμικό ηρεμίας σε θετικό δυναμικό ονομάζεται εκπόλωση.
2. **Επαναπόλωση (repolarization):** Μετά την φάση της εκπόλωσης, οι δίαυλοι νατρίου ( $Na^+$ ) κλείνουν και οι δίαυλοι κάλιου ( $K^+$ ) ανοίγουν, με αποτέλεσμα τα ιόντα κάλιου να εξέρχονται από το εσωτερικό του κυττάρου, αποκαθιστώντας έτσι το αρνητικό φορτίο στο εσωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης με το δυναμικό ηρεμίας να επιστρέφει στα  $-70mV$ , όπως φαίνεται και στην εικόνα 3. Αυτή η φάση, όπου το δυναμικό της μεμβράνης επιστρέφει σε αρνητικές τιμές, ονομάζεται επαναπόλωση.



3. **Υπερεπαναπόλωση (Hyperpolarization):** Στη συνέχεια, ενδέχεται η επαναπόλωση να επιφέρει μια προσωρινή κατάσταση όπου το δυναμικό της μεμβράνης γίνεται πιο αρνητικό από το δυναμικό ηρεμίας με τιμή στα  $-90\text{mV}$ , λόγω της καθυστερημένου κλεισίματος των διαύλων καλίου ( $\text{K}^+$ ). Αυτή η κατάσταση ονομάζεται υπερεπαναπόλωση και είναι προσωρινή έως ότου η αντλία  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  να αποκαταστήσει την ισορροπία ιόντων και να επέλθει πάλι η φάση ηρεμίας ( $-70\text{mV}$ ). Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά σημαντική, καθώς εμποδίζεται ο νευρώνας κατά την φάση αυτή να δεχτεί άλλο ερέθισμα.



**Εικόνα 3:** Δυναμικό Δράσης [3]

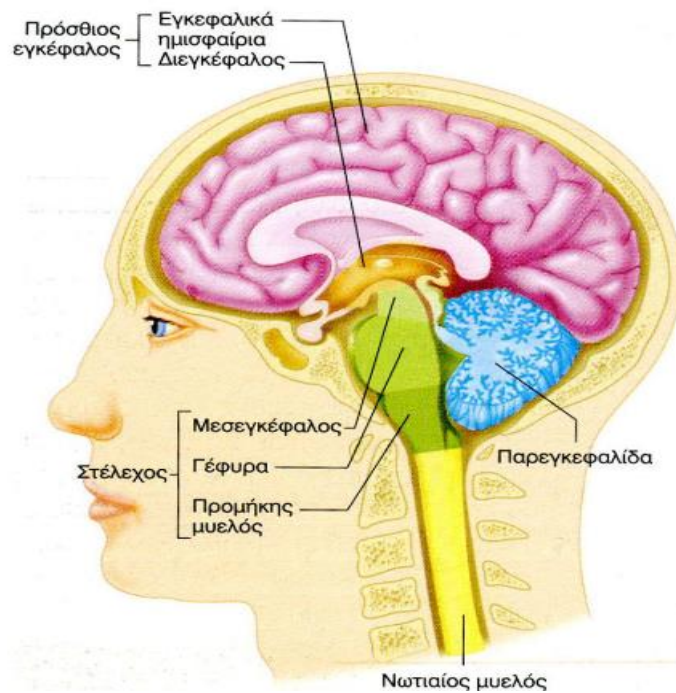
#### Αναγέννηση του δυναμικού δράσης και αγωγιμότητα

Το δυναμικό δράσης αναπαράγεται κατά μήκος του άξονα του νευρώνα, διαδοχικά, καθώς ανοίγουν οι διάυλοι  $\text{Na}^+$  σε κάθε σημείο του άξονα. Έτσι εξασφαλίζεται ότι το ηλεκτρικό σήμα ταξιδεύει με μεγάλη ταχύτητα και χωρίς απώλεια έντασης, μέχρι να φτάσει στις απολήξεις του άξονα, όπου θα μεταδοθεί σε άλλους νευρώνες ή μυϊκά κύτταρα μέσω των συνάψεων.[3]

## 2. ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ

Ο εγκέφαλος αποτελεί το κεντρικό όργανο του νευρικού συστήματος και είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο και τον συντονισμό όλων των σωματικών λειτουργιών. Ανατομικά, ο εγκέφαλος αποτελείται από διάφορες περιοχές, καθεμία από τις οποίες έχει συγκεκριμένους ρόλους και λειτουργίες. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4, αποτελείται από τρία κύρια τμήματα: το στέλεχος, την παρεγκεφαλίδα και τον πρόσθιο εγκέφαλο ή τηλεγκέφαλο. Καθένα από αυτά τα τμήματα έχει συγκεκριμένες λειτουργίες και συμβάλλει συνολικά στη ρύθμιση και τον έλεγχο του σώματος,

καθιστώντας τον εγκέφαλο το πιο σημαντικό όργανο για την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού και την διατήρηση της συνειδητότητας.



**Εικόνα 4:** Δομή του εγκεφάλου [4]

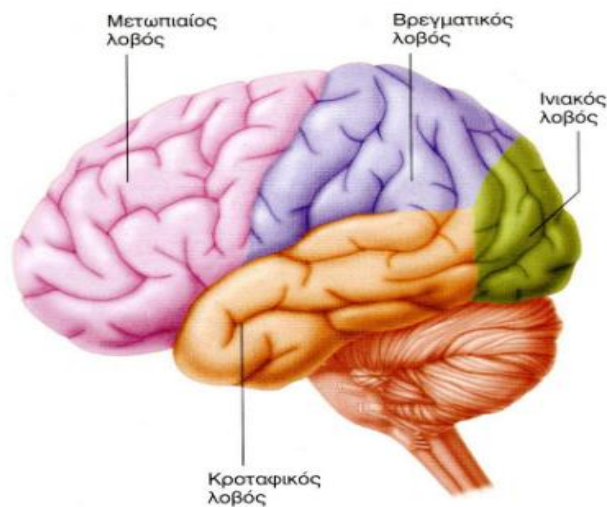
1. **Στέλεχος:** το στέλεχος του εγκεφάλου αποτελεί την περιοχή που συνδέει τον εγκέφαλο με τον νωτιαίο μυελό και περιλαμβάνει τρεις κύριες δομές: τον μεσεγκέφαλο, την γέφυρα και τον προμήκη μυελό. Υπεύθυνο για την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ εγκεφάλου και του υπόλοιπου σώματος, ενώ ελέγχει βασικές αυτόματες λειτουργίες όπως η αναπνοή, τα αντανακλαστικά, η πίεση του αίματος και η καρδιακή λειτουργία. Επιπλέον περιλαμβάνει τον δικτυωτό σχηματισμό, ο οποίος λειτουργεί ως το ενεργοποιητικό σύστημα του εγκεφάλου.
2. **Παρεγκεφαλίδα:** η παρεγκεφαλίδα είναι υπεύθυνη για τον συντονισμό των κινήσεων, περιλαμβανομένων όσων σχετίζονται με την στάση και την ισορροπία του σώματος. Συμβάλλει στον έλεγχο της ακρίβειας των κινήσεων και στην μάθηση κινητικών δεξιοτήτων.
3. **Πρόσθιος εγκέφαλος:** ο πρόσθιος εγκέφαλος είναι η μεγαλύτερη και πιο ανεπτυγμένη περιοχή του εγκεφάλου. Περιλαμβάνει:

**Εγκεφαλικά ημισφαίρια:** περιλαμβάνουν τον εγκεφαλικό φλοιό που είναι υπεύθυνος για πιο σύνθετες γνωστικές λειτουργίες όπως η λογική σκέψη, η μάθηση και μνήμη, καθώς και τους υποφλοιϊκούς πυρήνες, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που λαμβάνουν μέρος στον συντονισμό της δραστηριότητας των σκελετικών μυών. Ο εγκεφαλικός φλοιός χωρίζεται σε δύο ημισφαίρια, τα οποία διαχωρίζονται περαιτέρω σε τέσσερις βασικούς λοβούς.



- Μετωπιαίος λοβός: είναι ο μεγαλύτερος λοβός και είναι υπεύθυνος για τις γνωστικές λειτουργίες, τον έλεγχο των κινήσεων, την λήψη αποφάσεων, την μνήμη και την διαχείριση της συμπεριφοράς.
- Βρεγματικός λοβός: επεξεργάζεται αισθητηριακές πληροφορίες όπως η αφή, η θερμοκρασία, ο πόνος, καθώς και η αντίληψη του χώρου.
- Ινιακός λοβός: αποτελεί το κέντρο της όρασης, καθώς επεξεργάζεται τα οπτικά ερεθίσματα και καθιστά δυνατή την αναγνώριση των αντικειμένων.
- Κροταφικός λοβός: σχετίζεται με την ακοή, την μνήμη και την γλώσσα, καθώς αναγνωρίζει και επεξεργάζεται ακουστικά ερεθίσματα.

**B) Υποφλοιώδεις δομές:** περιλαμβάνουν τον θάλαμο και τον υποθάλαμο που αποτελούν τον διεγκέφαλο. Αυτές οι περιοχές είναι υπεύθυνες για την ρύθμιση βασικών λειτουργιών του σώματος, όπως η θερμοκρασία, η όρεξη, ο ύπνος, ενώ συμμετέχουν και στην ρύθμιση της κίνησης και των συναισθημάτων. [4]



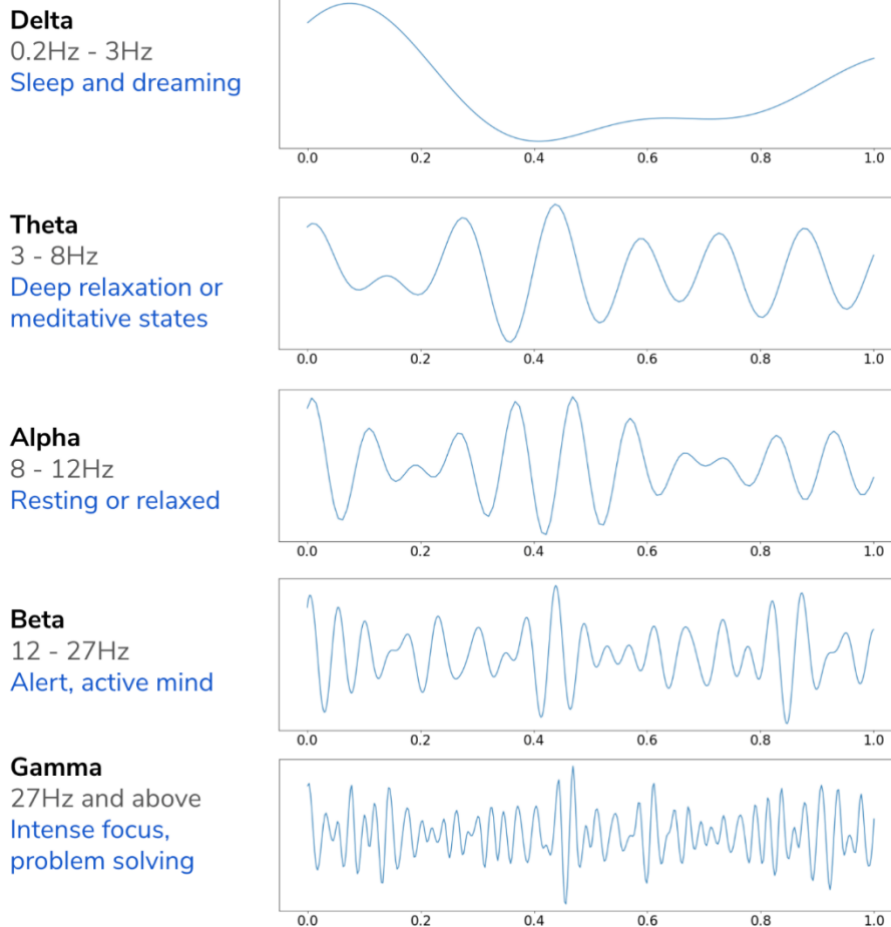
**Εικόνα 5:** Εγκεφαλικοί Λοβοί [4]

## 2.1 Εγκεφαλικοί ρυθμοί

Οι εγκεφαλικοί ρυθμοί είναι ηλεκτρικές δραστηριότητες του εγκεφάλου, που εκφράζονται ως κυματοειδείς παλμοί και καταγράφονται με την βοήθεια του ηλεκτροεγκεφαλογράφου (εικόνα 6). Οι εγκεφαλικοί ρυθμοί είναι αυτοί που αντικατοπτρίζουν την λειτουργική κατάσταση του εγκεφάλου και αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο στην διάγνωση και μελέτη διάφορων νευρολογικών διαταραχών. Ο κάθε ρυθμός φανερώνει μια διαφορετική κατάσταση εγκεφαλικής

δραστηριότητας και ενδεχομένως να επηρεάζεται από ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι εγκεφαλικοί ρυθμοί διακρίνονται σε πέντε διαφορετικούς τύπους ανάλογα την συχνότητά τους.

- **Ρυθμοί δέλτα (0,5-4Hz):** είναι ο πιο αργός εγκεφαλικός ρυθμός και εμφανίζεται κυρίως κατά την διάρκεια βαθύ ύπνου ή σε καταστάσεις που σχετίζονται με απώλεια συνείδησης. Τα κύματα αυτών των συχνοτήτων αντιπροσωπεύουν χαμηλή εγρήγορση και είναι σχετικά δύσκολο να ανιχνευθούν. Ο δέλτα ρυθμός είναι χαρακτηριστικός του ύπνου και κυριαρχεί στα νεογέννητα έως την ηλικία των δύο ετών.
- **Ρυθμός θήτα (4-8Hz):** τα θήτα κύματα εμφανίζονται κυρίως κατά την διάρκεια του ύπνου και επικρατούν σε καταστάσεις βαθύ διαλογισμού. Πιο αναλυτικά σχετίζονται με κατασταλτικούς μηχανισμούς, είτε όταν το άτομο εισέρχεται σε κατάσταση χαλάρωσης, είτε σε συνδυασμό με τον ρυθμό βήτα κατά την διάρκεια περιόδων αυξημένης προσοχής. Στους ενήλικες μπορεί να εμφανιστούν σε φάσεις έντονης συναισθηματικής φόρτισης, άγχους ή ψυχικών διαταραχών, ενώ στα παιδιά παρατηρούνται συχνά.
- **Ρυθμός άλφα (8-13Hz):** οι ρυθμοί άλφα είναι ιδιαίτερα έντονοι στον ινιακό λοβό του εγκεφάλου, ενώ εμφανίζονται περίπου στο 75% των ενηλίκων. Το κλείσιμο των ματιών προκαλεί αύξηση των κυμάτων άλφα, ενώ αντίστοιχα το άνοιγμα των ματιών μείωση τους. Η αισθητηριακή διέγερση ή η πνευματική δραστηριότητα αποτελεί αιτία για την μείωση των κυμάτων άλφα, καθώς αυτά σχετίζονται με μία κατάσταση χαλαρής εγκεφαλικής δραστηριότητας, συμβάλλοντας έτσι στην ψυχική ευεξία και την ισορροπία νου και σώματος.
- **Ρυθμός βήτα (13-30Hz):** διακρίνονται ανάλογα με την συχνότητα τους σε τρεις ζώνες, όπου οι χαμηλοί ρυθμοί βήτα (13-15Hz) προκύπτουν σε κατάσταση ηρεμίας, οι μεσαίοι (15-22Hz) σε περιπτώσεις υψηλής συγκέντρωσης και οι υψηλοί κατά την διάρκεια πολύπλοκων διαδικασιών σκέψης. Γενικότερα οι ρυθμοί βήτα εμφανίζονται όταν ο εγκεφαλος είναι σε κατάσταση ενεργητικής σκέψης, συγκέντρωσης ή φάση επίλυσης προβλημάτων. Συνδέονται κυρίως με την εγρήγορση και την έντονη νοητική δραστηριότητα.
- **Ρυθμός γάμμα (>30Hz):** αποτελούν τους ταχύτερους εγκεφαλικούς ρυθμούς και συνδέονται με την υψηλή γνωστική λειτουργία, την ανάλυση των αισθητηριακών δεδομένων, αλλά και την μάθηση. Επεξεργάζονται συγχρόνως πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου και είναι χρήσιμοι στην ανίχνευση εγκεφαλικών ασθενειών.[5]



**Εικόνα 6:** Εγκεφαλικοί Ρυθμοί [5]

## 3. ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΟΣ

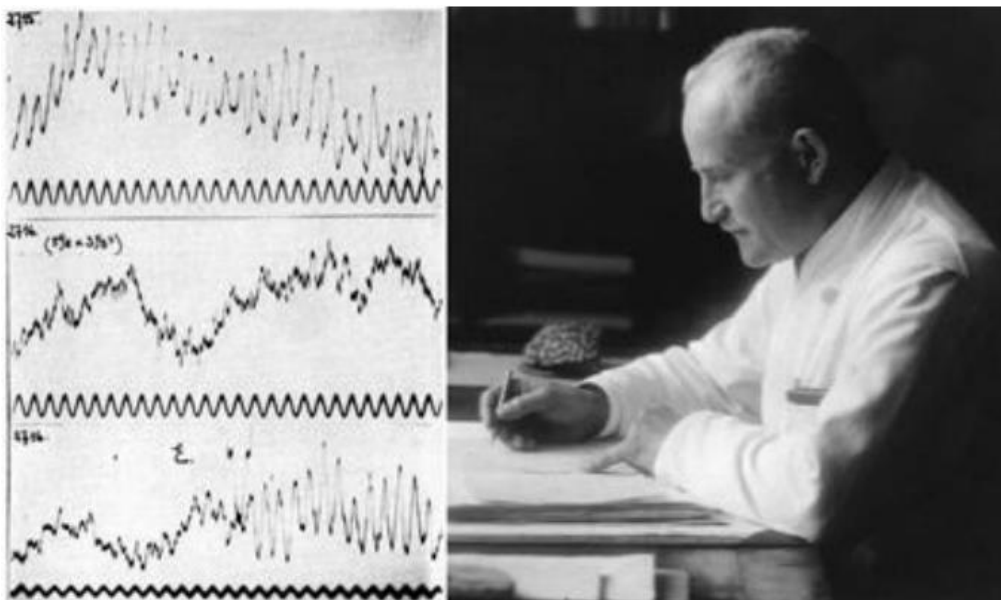
### 3.1 Ιστορική Αναδρομή

Η παρατήρηση του φαινομένου της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου πραγματοποιήθηκε το 1875 για πρώτη φορά από τον Βρετανό Richard Caton, καθηγητή φυσιολογίας, ο οποίος παρατήρησε τις ηλεκτρικές αλλαγές στον εγκέφαλο μέσω πρωτοποριακών πειραμάτων. Αργότερα, αυτή η αρχική ανακάλυψη επιβεβαιώθηκε και εμπλουτίστηκε από τον φυσιολόγο Adolf Beck, όπου μέσω της δικής του έρευνας επέκτεινε τις παρατηρήσεις του Caton, ενισχύοντας έτσι την κατανόηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Το 1924 ο Γερμανός ψυχίατρος και ερευνητής Hans Berger πραγματοποίησε τις πρώτες καταγραφές των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου, αφού χρησιμοποίησε μια πρωτοποριακή τεχνική την οποία ανέπτυξε ο ίδιος, τοποθετώντας ηλεκτρόδια στο κρανίο. Ο Berger ήταν ο πρώτος που παρατήρησε και περιέγραψε τις διακυμάνσεις του εγκεφαλικού ηλεκτρικού πεδίου, τις οποίες ονόμασε "κύματα άλφα" και "κύματα βήτα". Έτσι η ανακάλυψη

του αποτέλεσε θεμέλιο λίθο για την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνικής του ΗΕΓ. Μετά την ανακάλυψη του Berger κατασκευάστηκαν και τα πρώτα μοντέλα ηλεκτροεγκεφαλογράφων, καθώς θεσπίστηκε και η ορολογία "ηλεκτροεγκεφαλογράφημα". Στην δεκαετία του 1930, διάφοροι ερευνητές άρχισαν να αναγνωρίζουν και να καταγράφουν και άλλους τύπους εγκεφαλικών σημάτων, όπως τα θήτα και δέλτα. Αυτή η εξέλιξη βοήθησε στην κατανόηση των εγκεφαλικών λειτουργιών σε διάφορες συνθήκες, όπως ο ύπνος και η εγρήγορση. Έπειτα κατά την διάρκεια των δεκαετιών 1950 και 1960 με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ενισχυτών και ηλεκτροδίων βελτιώθηκε σημαντικά η τεχνολογία των ηλεκτροεγκεφαλογράφων, αφού παρείχαν μεγαλύτερη ακρίβεια και ευαισθησία στις καταγραφές. Για παράδειγμα, ο F.Gibbs μέσω του ΗΕΓ ανίχνευσε και μελέτησε τις επιληπτικές κρίσεις, ενώ, το 1944, ο D.Hill, χρησιμοποίησε το ΗΕΓ για την ανάλυση ψυχικών διαταραχών.

Στη σύγχρονη εποχή, το ΗΕΓ έχει εξελιχθεί σε σημαντικό βαθμό, καθώς η πρόοδος στην ψηφιακή τεχνολογία και την υπολογιστική ανάλυση επιτρέπει την ανάπτυξη προηγμένων μεθόδων ανάλυσης, όπως είναι η ανάλυση της χωρικής και χρονικής κατανομής των εγκεφαλικών κυμάτων, συνεισφέροντας έτσι σε κλινικές και ερευνητικές εφαρμογές.[6]



**Εικόνα 7:** Ο Hans Berger το 1927 μελετώντας το ΗΕΓ που κατέγραψε [6]

### 3.2 Ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι τα κύρια εργαλεία για την υλοποίηση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Αποτελούν την πηγή εισόδου για ανίχνευση των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου, καθιστώντας εφικτή την μετατροπή τους από την συσκευή του ηλεκτροεγκεφαλογράφου. Κατά κύριο λόγο αποτελούνται από μικρούς μεταλλικούς δίσκους, οι οποίοι επιλέγονται με βάση τις αγώγιμες ιδιότητές τους και την επίτευξη των καταγραφών.

- **Επιφανειακά ηλεκτρόδια:** συνήθως κατασκευάζονται από αγώγιμα υλικά, όπως ο άργυρος ή ο χλωριούχος άργυρος, είναι μη επεμβατικά και τοποθετούνται στην επιφάνεια του δέρματος. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε νευρολογικές εξετάσεις, όπως το ΗΕΓ, για την διάγνωση της επιληψίας, διαταραχών ύπνου κτλ. Στην κατηγορία των επιφανειακών ηλεκτροδίων είναι δυνατή η χρήση αγώγιμου τζελ, για να μειωθεί η αντίσταση και να βελτιωθεί η ποιότητα επαφής μεταξύ ηλεκτροδίου και δέρματος, ενώ χρησιμεύει και στην μείωση του θορύβου κατά την διάρκεια του ΗΕΓ.
- **Βελονοειδή ηλεκτρόδια:** ανήκουν στην κατηγορία των επεμβατικών ηλεκτροδίων, καθώς αποτελούνται από ένα λεπτό, αιχμηρό άκρο, όπου θα εισαχθεί στην εγκεφαλική περιοχή μέσω του δέρματος. Η χρήση τους αν και περιορισμένη λόγω της επεμβατικότητάς τους προτείνεται σε περιπτώσεις όπου είναι αναγκαία μια τοπική και ακριβής ανίχνευση ηλεκτρικών σημάτων σε επιφανειακές περιοχές.
- **Σφηνοειδή ηλεκτρόδια:** ειδικά σχεδιασμένα ηλεκτρόδια, επεμβατικής φύσης, χρησιμοποιούνται κυρίως για μετρήσεις σε μετωπιαίο και κροταφικό λοβό. Με σχήμα σφήνας τοποθετούνται ελαφρώς κάτω από το κranίο, συνήθως ανάμεσα στους μύες και τον εγκέφαλο, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια και ευαισθησία στην συλλογή των σημάτων από περιοχές που είναι δύσκολο να ανιχνευτούν από τα επιφανειακά ηλεκτρόδια, αλλά και βελονοειδή ηλεκτρόδια.
- **Εν τω βάθει ηλεκτρόδια:** ανήκουν και αυτά στην κατηγορία των επεμβατικών καλωδίων, τα οποία τοποθετούνται χειρουργικά εντός της εγκεφαλικής περιοχής και επιτρέπουν την καταγραφή σημάτων από βαθύτερα σημεία υποφλοιωδών περιοχών, όπως τον ιππόκαμπο. Η χρήση τους οφείλει κυρίως σε προεγχειρητικό επίπεδο, για την αξιολόγηση των περιστατικών και την έκβαση της χειρουργικής επέμβασης. [7]

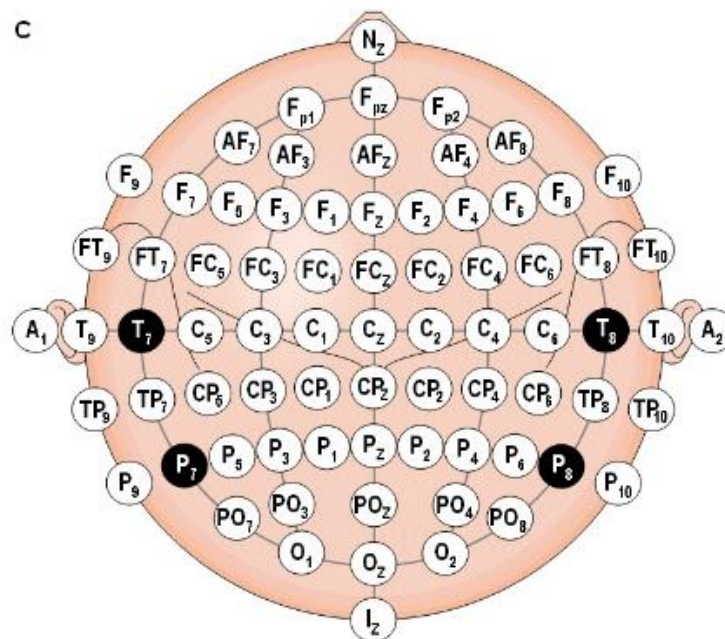
### 3.3 Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίων

Το Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίων (10-20) αποτελεί το πιο διαδεδομένο σύστημα που χρησιμοποιείται στην νευροφυσιολογία για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στην καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Δημιουργήθηκε το 1958 από τον Γερμανό φυσιολόγο, Herbet Jasper και έκτοτε έγινε το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρότυπο. Σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει έναν τυποποιημένο τρόπο τοποθέτησης των ηλεκτροδίων σε συγκεκριμένες ανατομικές θέσεις της εγκεφαλικής περιοχής.

Ως σημεία αναφοράς χρησιμοποιούνται η περιοχή nasion, όπου βρίσκεται στο ύψος των ματιών, και η περιοχή inion, που εντοπίζεται στην πίσω πλευρά του κεφαλιού. Έχοντας ως βάση τα δύο παραπάνω σημεία, γίνεται η μέτρηση των περιμέτρων του κρανίου σε εγκάρσιες και οριζόντιες επιφάνειες. Οι θέσεις τοποθέτησης των ηλεκτροδίων καθορίζονται μέσω της διαίρεσης των περιμέτρων σε τμήματα, τα οποία αντιστοιχούν στο 10% και 20% της συνολικής απόστασης, ενώ τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε ισομετρικές αποστάσεις σε σχέση με τα γειτονικά τους σημεία. Μάλιστα έχουν καθοριστεί τέσσερα επιπλέον ηλεκτρόδια, τα οποία τοποθετούνται σε ενδιάμεσα σημεία του 10% (T7, T8, P7 και P8), για να προσφέρουν μια λεπτομερή κάλυψη. Τα ηλεκτρόδια καταγραφής των συστημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφίας χαρακτηρίζονται με γράμματα και αριθμούς. Τα πρώτα αναφέρονται στον λοβό της

τοποθέτησης και τα δεύτερα δηλώνουν την ημισφαιρική τους θέση.

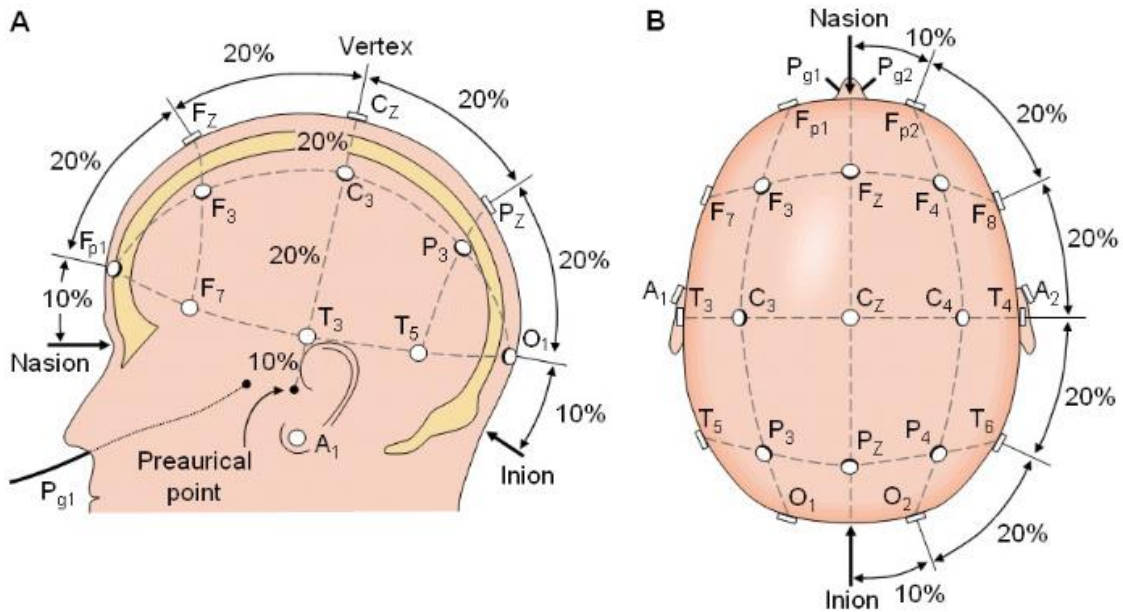
- F (frontal): Μετωπιαίος λοβός
- P (parietal): Βρεγματικός λοβός
- C (central): Κεντρική γραμμή
- O (occipital): Ινιακός λοβός
- T (temporal): Κροταφικός λοβός
- Fr (frontal pole): Προμετωπιαίος



**Εικόνα 8:** Πρότυπο 10-20 [7]

Οι ζυγοί αριθμοί δηλώνουν την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο δεξί ημισφαίριο, ενώ οι μονοί στο αριστερό. Το Z(zero) δηλώνει την μέση του κεφαλιού και διαχωρίζει το δεξί από το αριστερό ημισφαίριο. Πρόσθετα ηλεκτρόδια μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα, εάν η εφαρμογή απαιτεί αυξημένη χωρική ανάλυση για μια συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή.[8]





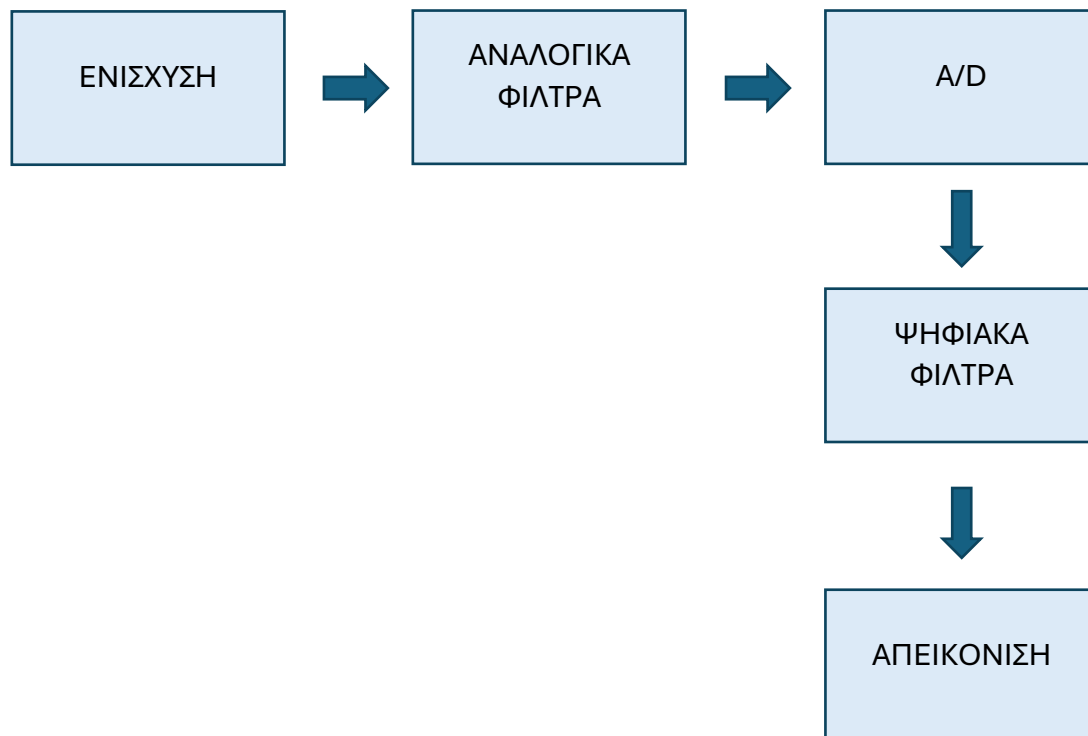
Εικόνα 9: Διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων [7]

### 3.4 Διαδικασία καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος

Η καταγραφή ενός ΗΕΓ πρέπει να είναι μία προσεκτικά σχεδιασμένη και άρτια εκτελεσμένη διαδικασία για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και αξιοπιστία των δεδομένων που θα παρέχει ο ηλεκτροεγκεφαλόγραφος. Στην σημερινή εποχή η καταγραφή ΗΕΓ παρέχει την δυνατότητα μιας άμεσης και μη επεμβατικής παρακολούθησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου. Κύρια συνιστώσα για την καταγραφή του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος αποτελούν τα ηλεκτρόδια και το διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων. Για την επιτυχή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων είναι απαραίτητο να προετοιμαστεί προσεκτικά η επιφάνεια του δέρματος, για να μειωθεί η αντίσταση επαφής των ηλεκτροδίων και να βελτιωθεί η ποιότητα των καταγραφών. Η χρήση κατάλληλου αγωγίμου τζελ είναι συνήθης για τον σκοπό αυτό. Έτσι τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται έτσι ώστε να παρέχεται καλή διεπαφή με το δέρμα, καλύπτοντας ομοίμορφα την επιφάνεια του κεφαλιού. Το σύστημα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας εφόσον λάβει τα σήματα προχωρά στην ενίσχυσή τους με την χρήση διαφορικών ενισχυτών, ενώ με την χρήση βαθυπερατών και υψιπερατών φίλτρων απομονώνει εξωτερικές παρεμβολές ή παρεμβολές που μπορεί να προέρχονται από το ίδιο το υποκείμενο (πχ κινήσεις μυών). Τα αναλογικά σήματα που προκύπτουν περνούν μέσω ενός πολυπλέκτη και μετατρέπονται σε ψηφιακά σήματα με τη χρήση ενός αναλογικο- ψηφιακού μετατροπέα και στη συνέχεια καταγράφονται σε ηλεκτρονικό βολτόμετρο και τέλος αναλύονται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Με τη σειρά του ο ηλεκτρονικός υπολογιστής επιτρέπει την ψηφιακή επεξεργασία και απεικόνιση των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου αφότου αποθηκευτούν τα δεδομένα στη βάση του. Μάλιστα ο υπολογιστής συνήθως χειρίζεται μια συσκευή

χορήγησης ερεθισμάτων, για να διεξάγονται δοκιμές με ελεγχόμενους ερεθισμούς, όπως ήχοι, οπτικά ερεθίσματα κτλ.

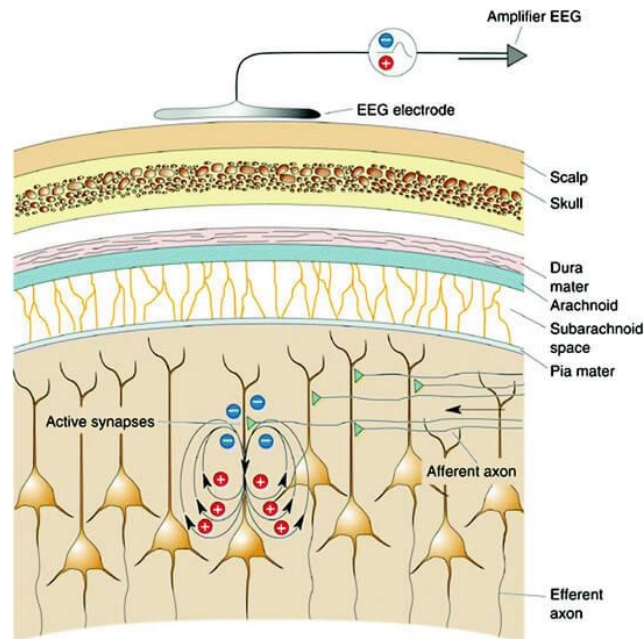
Μια ολοκληρωμένη καταγραφή ενός ΗΕΓ προϋποθέτει επίσης και την τήρηση των κατάλληλων παραμέτρων δειγματοληψίας, όπως η συχνότητα δειγματοληψίας, για να αποτυπώνονται ταχύτατα οι μεταβολές της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Παράλληλα η ανάλυση των εξαγόμενων πληροφοριών οφείλει να περιλαμβάνει σύνθετες μεθόδους ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, όπως η ανάλυση φάσματος ισχύος, οι μέθοδοι χρονικής συσχέτισης. Οι ψευδενδείξεις, τα artifacts, θα πρέπει να αναγνωρίζονται και να εξαλείφονται με ακρίβεια, για να μην επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Η στρατηγική για την υλοποίηση ενός ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι απαραίτητο να έχει σχεδιαστεί προσεκτικά και να εκτελεστεί με απόλυτη ακρίβεια, για να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα των πληροφοριών και της τελικής διάγνωσης.[9]



**Σχήμα 1:** Στάδια υλοποίησης ΗΕΓ

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) καταγράφει τις μεταβολές του δυναμικού στον εξωκυττάριο χώρο του εγκεφαλικού φλοιού, που οφείλονται στις κινήσεις φορτίων προς και από τον εξωκυττάριο χώρο κατά την δραστηριότητα των νευρικών κυττάρων. Οι γρήγορες και μικρής κλίμακας μεταβολές, όπως αυτές του δυναμικού ηρεμίας των μεμονωμένων νευρώνων, δεν καταγράφονται από το ΗΕΓ, λόγω της φύσης και ταχύτητάς τους. Αντίθετα το ΗΕΓ καταγράφει τις πιο αργές και συγχρονισμένες αλλαγές, όπως αυτές που προκαλούνται από τις μετασυναπτικές διεργασίες μεγάλων ομάδων νευρώνων, οι οποίες προκαλούν αλλαγές στο συνολικό δυναμικό του εξωκυττάρου χώρου.[21]





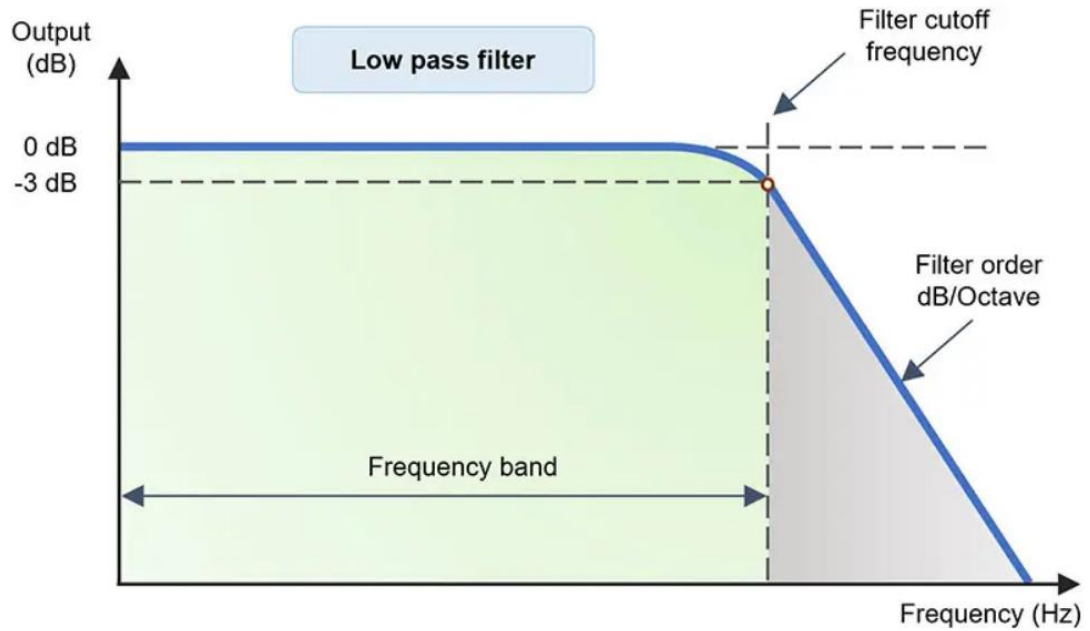
**Εικόνα 10** :Καταγραφή των μεταβολών στον εξωκυττάριο χώρο του εγκεφαλικού φλοιού [5]

## 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΕΓ

### 4.1 Προεπεξεργασία σήματος και φιλτράρισμα

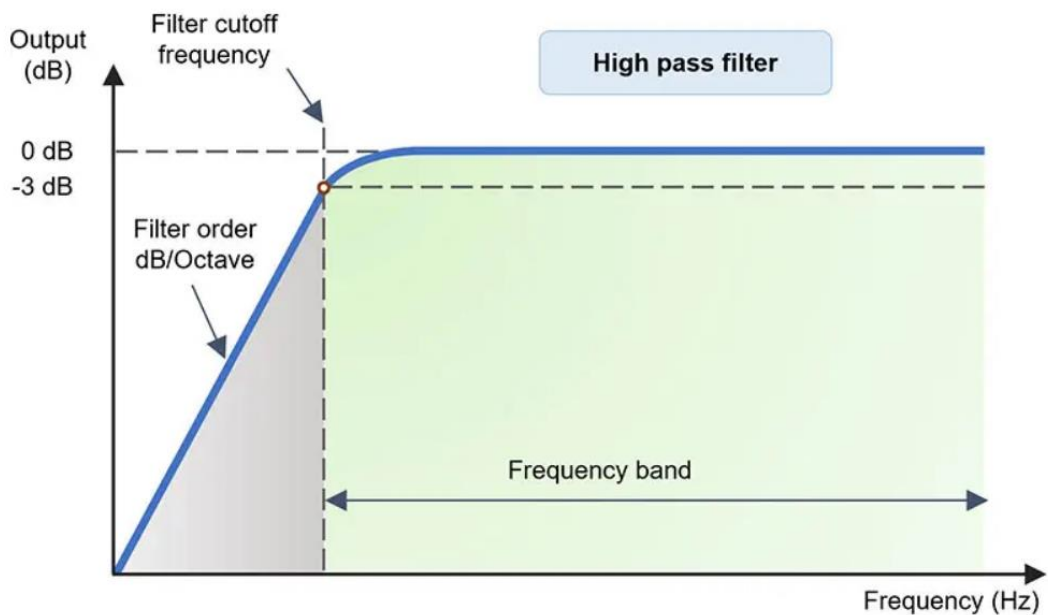
Το πρώτο και κύριο βήμα στην ανάλυση του ηλεκτρικού σήματος που λαμβάνεται από τον εγκέφαλο είναι η **προεπεξεργασία**, καθώς στοχεύει στην αφαίρεση του θορύβου και τυχόν παρεμβολών, που μπορεί να οδηγήσουν σε παραμόρφωση, όπως ηλεκτρικές παρεμβολές και μυϊκές συσπάσεις. Το φιλτράρισμα αποτελεί την πλέον απαραίτητη τεχνική προεπεξεργασίας για την αφαίρεση των ανεπιθύμητων συχνοτήτων, καθώς και την διευκόλυνση της αξιοπιστίας των επακόλουθων αναλύσεων. Οι τύποι φίλτρων ποικίλουν ανάλογα με το είδος του θορύβου που χρειάζεται να αφαιρεθεί.

- **Φίλτρο χαμηλής διέλευσης (Low-pass filter)**: Τα χαμηλοπερατά φίλτρα επιτρέπουν την διέλευση σημάτων με συχνότητες κάτω από μία τιμή κατωφλίου και αποκόπτουν τις υψηλότερες συχνότητες. Κατά το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα τα χαμηλοπερατά φίλτρα αποκόπτουν υψηλές συχνότητες που οφείλονται σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ή μυϊκές συσπάσεις. Έτσι, συχνότητες άνω των 30-50 Hz συνήθως θεωρούνται θόρυβος και η χρήση ενός φίλτρου χαμηλής διέλευσης εξασφαλίζει την καταγραφή των εγκεφαλικών κυμάτων που μας αφορούν.



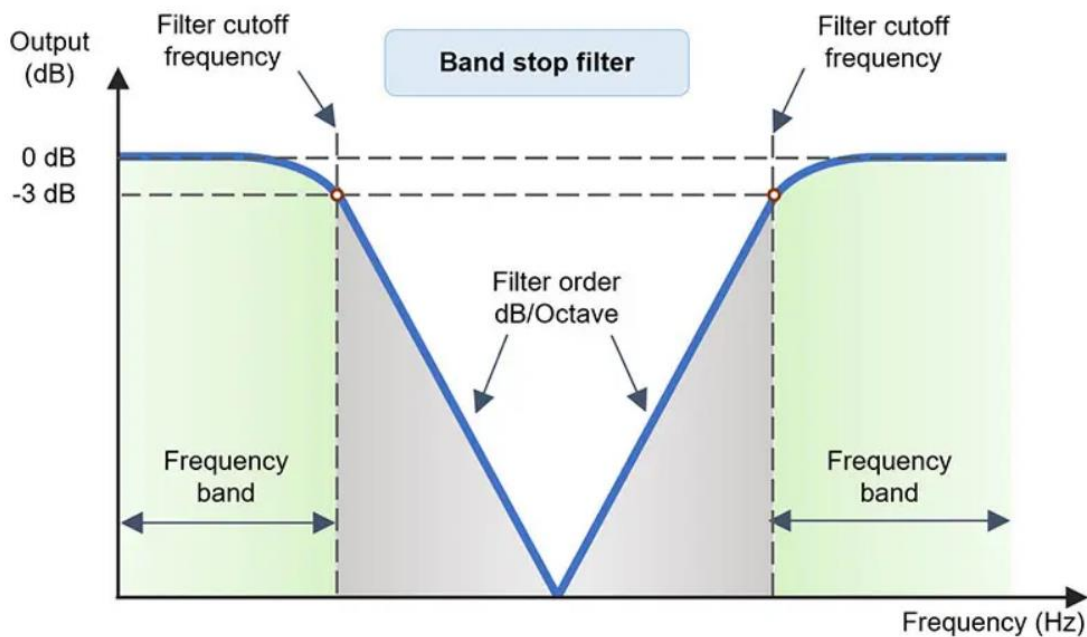
Εικόνα 11: Low Pass Filter [8]

- Φίλτρο υψηλής διέλευσης (High-pass filter):** Τα υπερπατά φίλτρα επιτρέπουν την διέλευση σημάτων με συχνότητες πάνω από μία τιμή κατωφλίου και αποκόπτουν τις χαμηλότερες συχνότητες. Τα υπερπατά φίλτρα χρησιμοποιούνται στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα για την αφαίρεση θορύβων που σχετίζονται με αργές μεταβολές στο ηλεκτρικό σήμα, όπως οι κινήσεις των ματιών ή μεταβολές στη στάση του σώματος.



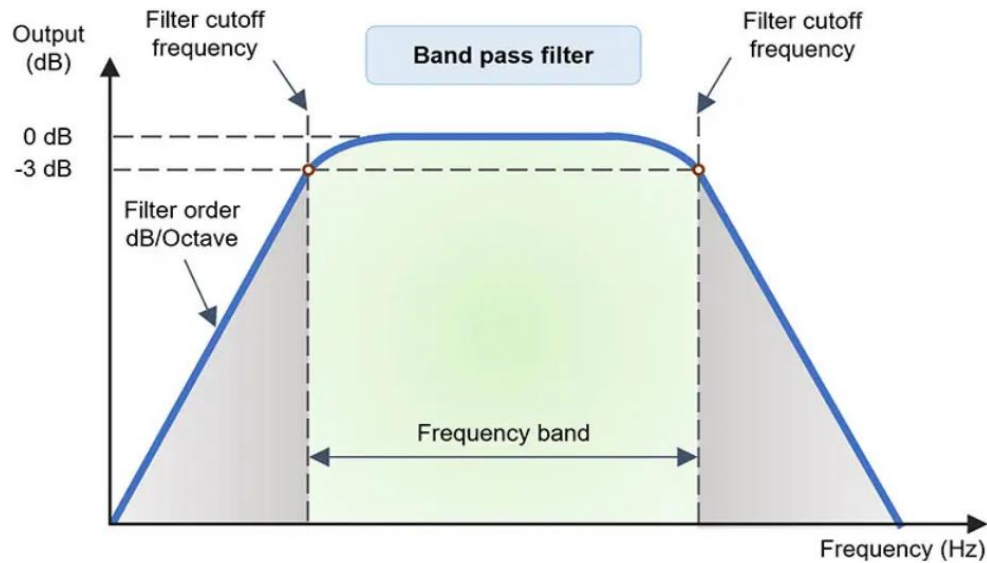
Εικόνα 12: High Pass Filter [8]

- Ζωνοφρακτικό Φίλτρο (Notch filter):** Τα ζωνοφρακτικά φίλτρα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να αφαιρούν συγκεκριμένες συχνότητες θορύβου από ένα σήμα, αφήνοντας τις υπόλοιπες σχεδόν ανεπηρέαστες. Έτσι αφαιρούνται οι συχνότητες των 50 ή 60Hz, που προέρχονται από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, κατά την διάρκεια της συνεδρίας. Η λειτουργία αυτών των φίλτρων βασίζεται στην αποκοπή της στενής ζώνης συχνοτήτων γύρω από μία συγκεκριμένη τιμή και παρέχει την καλύτερη δυνατή ανάλυση του σήματος.



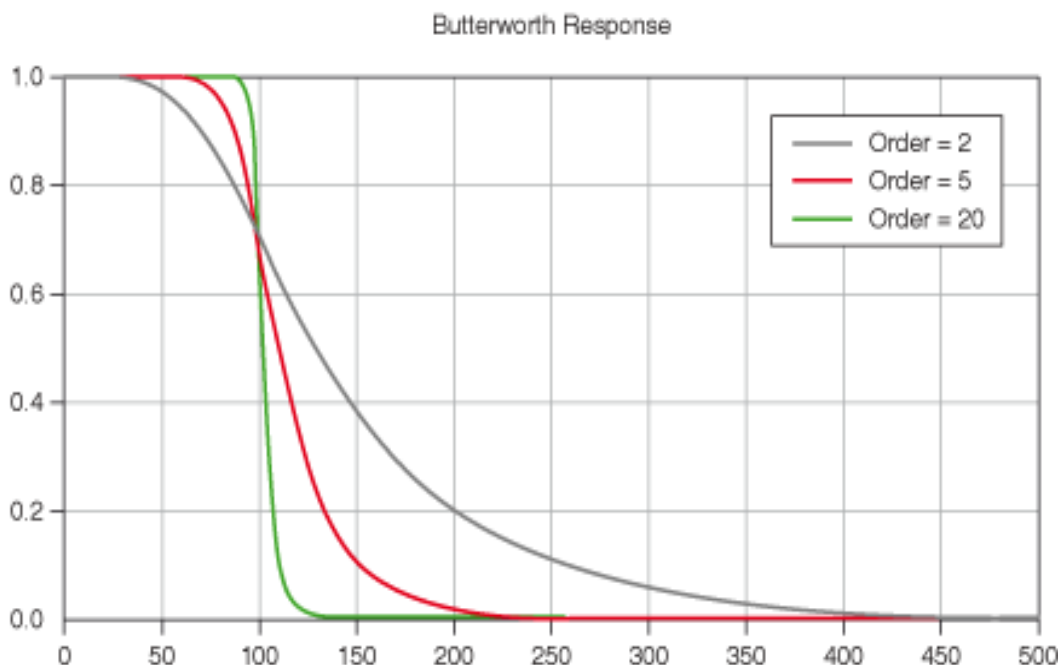
Εικόνα 13: Notch Filter [8]

- Ζωνοπερατό Φίλτρο (Band-pass filter):** Τα ζωνοπερατά φίλτρα επιτρέπουν την διέλευση ενός εύρους συχνοτήτων και αποκόπτουν όσες είναι εκτός αυτού. Σε ένα ΗΕΓ τα παραπάνω φίλτρα απομονώνουν ζώνες συχνοτήτων, οι οποίες σχετίζονται με εγκεφαλικές δραστηριότητες. Σε ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα με τη χρήση ενός ζωνοπερατού φίλτρου είναι δυνατό να απομονωθούν τα κύματα άλφα (8-12Hz) ή βήτα (13-30Hz), επιτρέποντας την μελέτη τους χωρίς την παρεμβολή συχνοτήτων υψηλότερης ή χαμηλότερης ζώνης.



Εικόνα 14: Band Pass Filter [8]

- Φίλτρο Butterworth:** το φίλτρο Butterworth αποτελεί ένα τύπο ηλεκτρονικού φίλτρου, το οποίο προσφέρει την μέγιστη δυνατή απόκριση στην περιοχή ζώνης διελεύσεων, ενώ μειώνει σταδιακά και εξασθενεί τις συχνότητες εκτός της ζώνης αυτής. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι παρέχει μια εξαιρετικά ομοιόμορφη απόκριση στη περιοχή διελεύσεως, χωρίς ανωμαλίες και κυματισμούς, καθώς και ένα σταθερά κλιμακωτό ρυθμό εξασθένισης στην περιοχή αποκοπής που δεν παρουσιάζει απότομες αλλαγές.[10][13]

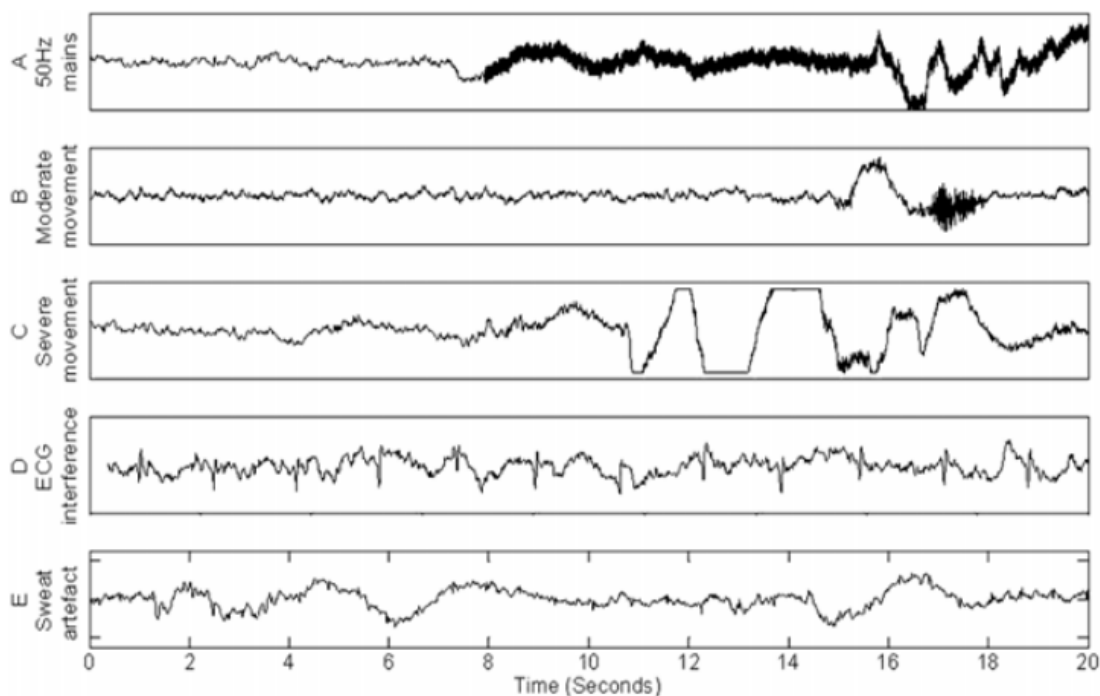


Εικόνα 15: Butterworth filter [9]

## 4.2 Αφαίρεση των ψευδενδείξεων (artifacts)

Στην προεπεξεργασία των ηλεκτρικών σημάτων που καταγράφονται κατά το ΗΕΓ, ανήκει και η χρήση τεχνικών για την αφαίρεση των ψευδενδείξεων (artifacts), οι οποίες συνήθως προέρχονται από φυσιολογικές δραστηριότητες, όπως είναι οι κινήσεις των ματιών, η αναπνοή, η ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών, καθώς και από το περιβάλλον όπως είναι διάφορες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Το πλάτος τους είναι σημαντικά μεγάλο σε σύγκριση με τα εγκεφαλικά σήματα, γεγονός που δυσχεραίνει την διάκριση τους και την εξαγωγή της επιθυμητής πληροφορίας.

Ορισμένες ψευδενδείξεις (artifacts) αναγνωρίζονται σχετικά εύκολα χάρη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που παράγονται από την εμφάνισή τους στην κυματομορφή. Ο εντοπισμός και η αναγνώρισή τους μπορεί να γίνει κατά την διάρκεια της καταγραφής, καθώς και με την χρήση τεχνικών αναγνώρισης προτύπων που αναλύουν ψηφιακά το σήμα. Τεχνικές όπως η ανάλυση ανεξαρτήτων συνιστωσών (ICA), μπορούν να εφαρμοστούν για την απομόνωση και την αφαίρεση τέτοιων σημάτων, καθιστώντας το σήμα που καταγράφεται πιο καθαρό και έτοιμο για περαιτέρω ανάλυση.[11]



**Εικόνα 16:** Διάφοροι τύποι ψευδενδείξεων (artifacts) [10]

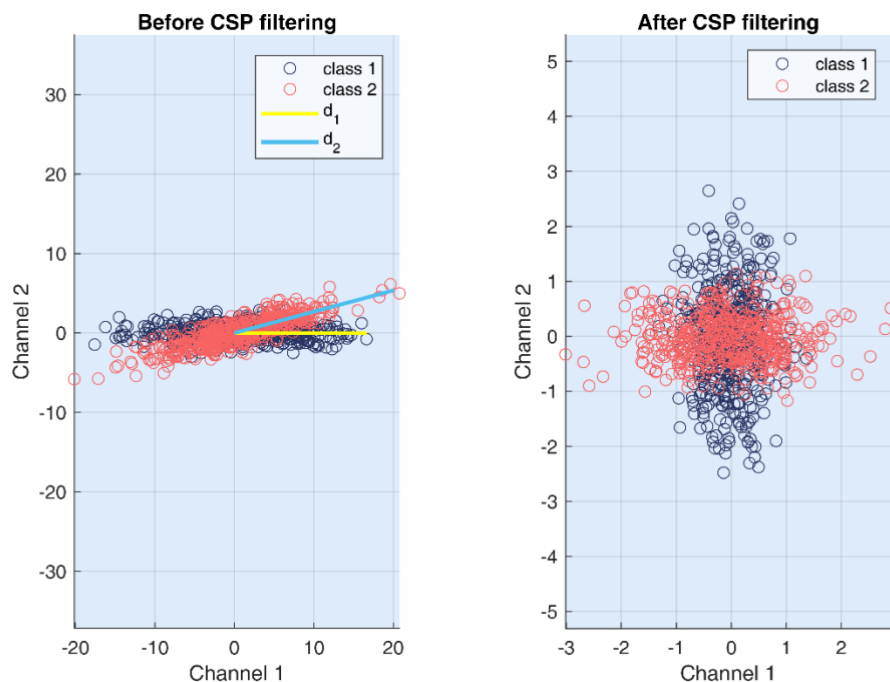
## 4.3 Εξαγωγή Χαρακτηριστικών

Μια ακόμη κρίσιμη διαδικασία στην ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων αποτελεί η εξαγωγή χαρακτηριστικών από τα καταγεγραμμένα δεδομένα. Μάλιστα θεωρείται ως ένα θεμελιώδες στάδιο στην ανάλυση και επεξεργασία των βιοϊατρικών σημάτων, από το οποίο εξάγονται

πληροφορίες που διευκολύνουν την κατανόηση και ερμηνεία των δεδομένων. Η εφαρμογή τέτοιων τεχνικών σε ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα επιτρέπει την αποκωδικοποίηση σημαντικών χαρακτηριστικών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν μεταγενέστερα για μοντελοποίηση και ταξινόμηση. Ωστόσο η επιλογή των τεχνικών σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το σήμα που θα εξαχθεί και τον σκοπό της πειραματικής διαδικασίας, έχοντας έτσι μια πληθώρα μεθόδων για διάφορες απαιτήσεις.

#### 4.3.1 Κοινή χωρική μέθοδος (CSP)

Κύριος σκοπός της είναι η εξαγωγή χαρακτηριστικών από σήματα που προέρχονται από διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου ή διαφορετικές καταστάσεις. Στοχεύει στην ενίσχυση των διαφορών μεταξύ των κατηγοριών του σήματος. Συγκεκριμένα, αναλύει την χωρική κατανομή του σήματος με την χρήση χωρικών διαχωριστών, οι οποίοι μεγιστοποιούν την απόκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ των συγκρινόμενων κατηγοριών. Έτσι σε ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα αναλύονται οι ετερογένειες των χωρικών περιοχών του εγκεφάλου και απομονώνονται τα χωρικά μοτίβα που παρουσιάζουν την πιο μεγάλη διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων. Η κοινή χωρική μέθοδος συνήθως χρησιμοποιείται σε συστήματα, τα οποία χρειάζονται διακρίσεις μεταξύ διαφορετικών τύπων σήματος, αλλά και για την επεξεργασία εγκεφαλικών κυμάτων που σχετίζονται με διαφορετικές εργασίες.[12]



**Εικόνα 17:** Απεικόνιση σήματος πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου CSP [11]

#### 4.3.2 Μετασχηματισμός Fourier

Ο Μετασχηματισμός Fourier (DFT), που αποτελεί γενίκευση των σειρών Fourier, χρησιμοποιείται ευρέως στην ανάλυση σημάτων, καθώς επιτρέπει την μετατροπή ενός σήματος από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο των συχνοτήτων. Μέσω της παραπάνω



διαδικασίας οποιοδήποτε περιοδικό ή μη σήμα δύναται να αναλυθεί ως άθροισμα αρμονικών συναρτήσεων. Η βασική αρχή του Μετασχηματισμού Fourier είναι ότι κάθε σύνθετο σήμα μπορεί να αναπαρασταθεί ως γραμμικός συνδυασμός ημιτονοειδών ή εκθετικών συναρτήσεων με διαφορετικές συχνότητες και πλάτη. Κατ' αυτό τον τρόπο είναι εφικτός ο εντοπισμός συχνοτήτων και η απομόνωση επιθυμητών ή μη στοιχείων σε κάθε καταγραφή. Οι ιδιότητες του DFT είναι οι εξής: [13]

- Γραμμικότητα
- Συμμετρία
- Κυκλική Μετατόπιση
- Κυκλική Συνέλιξη

Ο γενικός τύπος για τον Μετασχηματισμό Fourier ενός σήματος  $x(t)$  είναι ο εξής:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)e^{-j2\pi ft} dt$$

Όπου:

- $X(f)$ : φάσμα συχνοτήτων του σήματος
- $x(t)$ : είναι το σήμα στο πεδίο του χρόνου
- $f$ : συχνότητα
- $j: j = \sqrt{-1}$
- $t$ : χρόνος

Για την ταχύτερη και πιο αποδοτική υπολογιστική εφαρμογή της DFT προέκυψε ένας γρήγορος αλγόριθμος Μετασχηματισμού Fourier (FFT), που μειώνει τον χρόνο υπολογισμού. Παρότι ο DFT είναι ο βασικός υπολογιστικός μετασχηματισμός, ο FFT με τη σειρά του προσφέρει μια σημαντική βελτίωση στον χρόνο υπολογισμού, καθιστώντας τον έτσι αρκετά χρήσιμο για περιπτώσεις με μεγάλο όγκο δεδομένων, όπως η επεξεργασία σήματος. [13]

#### 4.3.3 Μετασχηματισμός Wavelet

Ο Μετασχηματισμός Wavelet μπορεί να χρησιμοποιηθεί έναντι του μετασχηματισμού Fourier, όπου σε αντίθεση με αυτόν, επιτρέπει την ταυτόχρονη ανάλυση τόσο σε χρόνο όσο και στην συχνότητα, παρέχοντας μια πολύπλευρη εικόνα του σήματος. Ο Μετασχηματισμός Wavelet αναλύει τα σήματα σε διάφορες κλίμακες και συγκεκριμένα σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες ή συχνότητες ταυτόχρονα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ειδικές συναρτήσεις, που ονομάζονται wavelets και είναι μικρές κυματομορφές με περιορισμένη χρονική διάρκεια και δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικές κλίμακες, οι οποίες επιτρέπουν την ακριβή αναπαράσταση των χαρακτηριστικών. Μάλιστα υπάρχουν δύο βασικές εκδόσεις του μετασχηματισμού, ο συνεχής μετασχηματισμός Wavelet (CWT) και ο διακριτός (DWT). Ο πρώτος αναλύει το σήμα συνεχή κλίμακα και μετατόπιση, ενώ ο δεύτερος σε διακριτές κλίμακες και θέσεις. Το αποτέλεσμα συνήθως απεικονίζεται ως φασματογράφημα, το οποίο παρουσιάζει σε μια αναπαράσταση δύο διαστάσεων τον χρόνο και την συχνότητα στους δύο

άξονες. Η ένταση του σήματος σε καθορισμένες χρονικές στιγμές ή συχνότητες φανερώνεται από την ένταση των χρωμάτων.

Ο μετασχηματισμός Wavelet παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα σε περιπτώσεις όπου μελετώνται οι αναλύσεις μη στατικών σημάτων, όπως είναι του ΗΕΓ. Παρέχοντας έτσι την δυνατότητα ανάλυσης πολλαπλών επιπέδων, θεωρείται ο πλέον κατάλληλος μετασχηματισμός για την αντίχρευση απότομων αλλαγών στο σήμα και την συμπίεση δεδομένων. [14]



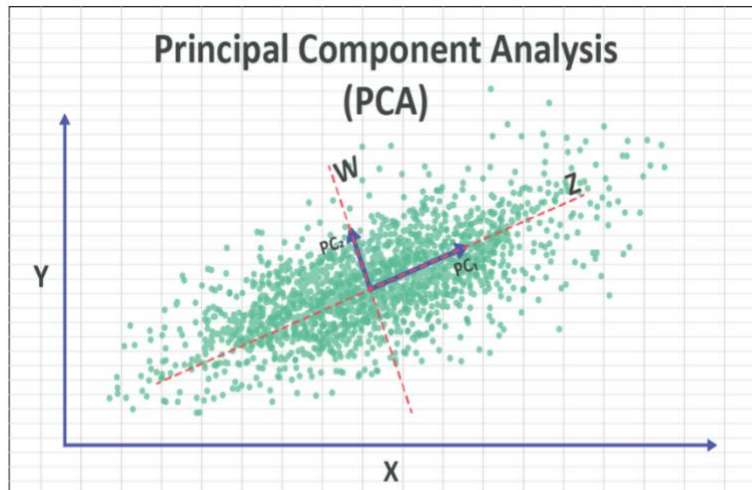
**Εικόνα 18:** Σύγκριση ημιτονοειδούς κύματος και κυματιδίου wavelet [12]

#### 4.3.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών αποτελεί μια τεχνική στατιστικής ανάλυσης με στόχο την μείωση(συμπίεση) των διαστάσεων των δεδομένων, διατηρώντας την ουσία της πληροφορίας. Στόχος της τεχνικής αυτής είναι ο εντοπισμός των κυριότερων μεταβλητών, δηλαδή των κύριων συνιστωσών, οι οποίες εξηγούν την μεγαλύτερη δυνατή διακύμανση στα δεδομένα. Με αυτό τον τρόπο η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών επιτρέπει την απλοποίηση πολύπλοκων συστημάτων ή συνόλου δεδομένων.

Η μέθοδος αυτή λειτουργεί μέσω ενός μαθηματικού μετασχηματισμού, που έχει ως ρόλο την επαναδιορισμό των αρχικών διαστάσεων των δεδομένων σε ένα νέο σύνολο συντεταγμένων, στο οποίο οι νέες συνιστώσες προκύπτουν από ένα γραμμικό συνδυασμό των αρχικών μεταβλητών και απεικονίζονται σε ένα σύστημα ορθογώνιων αξόνων. Το νέο αυτό σύστημα είναι πιο κατάλληλο για την επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Οι νέες συντεταγμένες διατηρούν μια φθίνουσα σειρά σε σχέση με τη διακύμανσή τους. Έτσι η πρώτη κύρια συνιστώσα εξηγεί το μέγιστο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης σε σχέση με το δεύτερο, το οποίο αποτυπώνει πληροφορίες που δεν συμπεριλαμβάνονται στο πρώτο.[15] [18]





**Εικόνα 19:** Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) [13]

#### 4.3.5 Ανάλυση Ανεξαρτήτων Συνιστωσών (ICA)

Η Ανάλυση Ανεξαρτήτων Συνιστωσών αποτελεί μια στατιστική μέθοδο, που χρησιμοποιείται στην αποσύνθεση πολυδιάστατων δεδομένων σε ανεξάρτητες συνιστώσες. Αντίθετα από την Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA), στοχεύει στον εντοπισμό υποκείμενων πηγών που είναι όχι μόνο μη συσχετιζόμενες, αλλά και στατιστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιδιώκει την ανάλυση δεδομένων, για να βρει τα βασικά σήματα που συνεισφέρουν σε αυτά, έχοντας απομακρύνει θόρυβο και παρεμβολές. Γι' αυτό δημιουργείται ένα γραμμικό μοντέλο, στο οποίο τα παρατηρούμενα δεδομένα εκφράζονται ως γραμμικός συνδυασμός ανεξάρτητων πηγών. Στη συνέχεια μέσω στατιστικών κριτηρίων εξάγονται οι ανεξάρτητες συνιστώσες, που επιδιώκουν την μεγιστοποίηση της ανεξαρτησίας τους.

Η ICA έχει ευρεία εφαρμογή σε περιπτώσεις που σήματα έχουν παραχθεί από διαφορετικές πηγές και βρίσκονται αναμειγμένα, όπως η ανάλυση εγκεφαλικών σημάτων (πχ για τον διαχωρισμό αρτηριακών και μυϊκών σημάτων), καθώς και για τον άμεσο εντοπισμό ηλεκτροδίων καταγραφής που έχουν τοποθετηθεί λανθασμένα και δεν λαμβάνουν σήμα.[16][19]

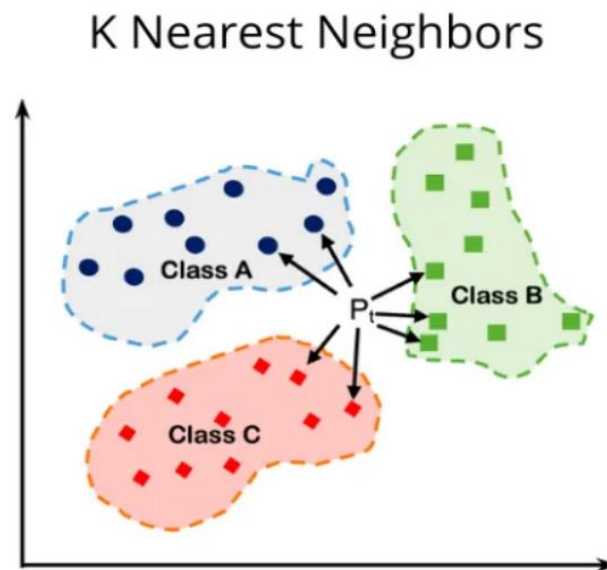
## 4.4 Μέθοδοι ταξινόμησης

### 4.4.1 Ταξινομητής k Πλησιέστερων Γειτόνων (k-NN)

Η μέθοδος ταξινόμησης των k πλησιέστερων γειτόνων είναι μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες και συνάμα απλές μεθόδους επιβλεπόμενης μάθησης κατά την ταξινόμηση. Κύρια ιδέα της μεθόδου είναι η κατηγοριοποίηση ενός αγνώστου δείγματος βάσει της κατηγορίας των πλησιέστερων δειγμάτων σε αυτό. Η μέτρηση της απόστασης, τις περισσότερες φορές με την εφαρμογή της Ευκλείδια απόστασης, καθορίζει ποια είναι τα k πιο κοντινά δείγματα στον χώρο των χαρακτηριστικών. Ακολούθως το νέο δείγμα τοποθετείται

στην κατηγορία που επικρατεί μεταξύ των  $k$  πλησιέστερων γειτόνων, έχοντας ακολουθήσει την λογική της πλειοψηφίας.

Η επιλογή του  $k$  επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της μεθόδου, δεδομένου ότι ένα μικρό  $k$  μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ευαισθησία στον θόρυβο, ενώ ένα μεγάλο ενδέχεται να μειώσει την σαφήνεια των ορίων ανάμεσα στις κατηγορίες. Η τεχνική  $k$ -NN θεωρείται κατάλληλη για προβλήματα, όπου τα δεδομένα δεν έχουν προκαθορισμένα παραμετρικά μοντέλα και έχει υψηλό υπολογιστικό κόστος, εφόσον για την επίλυση του προβλήματος η απόσταση πρέπει να υπολογιστεί για το σύνολο των δειγμάτων.[18]



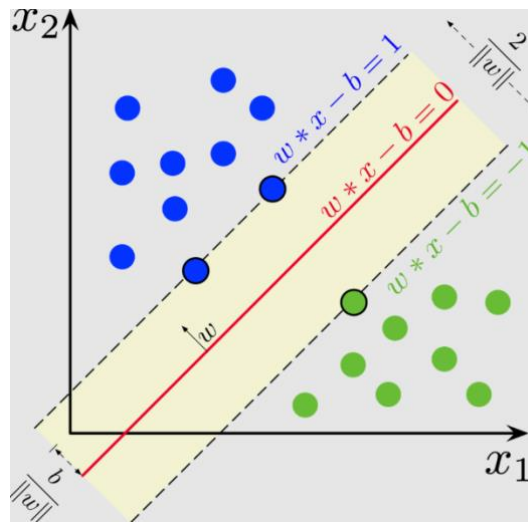
Εικόνα 20: Ταξινομητής  $k$  Πλησιέστερων Γειτόνων [15]

#### 4.4.2 Μηχανές Διανυσμάτων Στήριξης (Support Vector Machines – SVM)

Οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης αποτελούν έναν ιδιαίτερα δημοφιλή αλγόριθμο που ανήκει στον κλάδο της μηχανικής μάθησης και εφαρμόζεται σε προβλήματα ταξινόμησης και παλινδρόμησης αντίστοιχα. Ειδικότερα, ο αλγόριθμος SVM είναι από τους πιο αποδοτικούς για την διάκριση κατηγοριών και ταξινόμηση τους, όπου τα δεδομένα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (κλάσεις) βάσει των χαρακτηριστικών τους.

Η βασική αρχή του αλγορίθμου SVM είναι η αναζήτηση του βέλτιστου υπερεπιπέδου, που επιτυγχάνει τον καλύτερο δυνατό διαχωρισμό ανάμεσα στις κλάσεις και αυξάνει στο μέγιστο το μεταξύ τους περιθώριο. Το περιθώριο (margin) αναφέρεται στην ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δειγμάτων κάθε κατηγορίας και του υπερεπιπέδου. Μόλις το υπερεπίπεδο διαχωρισμού έχει καθοριστεί, ο αλγόριθμος SVM μπορεί να το αξιοποιήσει για να θέσει σε κατηγορίες νέα δεδομένα, ενώ αναλύοντας την πλευρά υπερεπιπέδου στην οποία ανήκει κάθε δεδομένο το ταξινομεί στην κατάλληλη κατηγορία. Για κλάσεις που μπορούν να διαχωριστούν γραμμικά, η διαδικασία ταξινόμησης στηρίζεται στο θετικό ή αρνητικό πρόσημο της συνάρτησης.[17] [20]

$$g(x) = w^T x + b$$

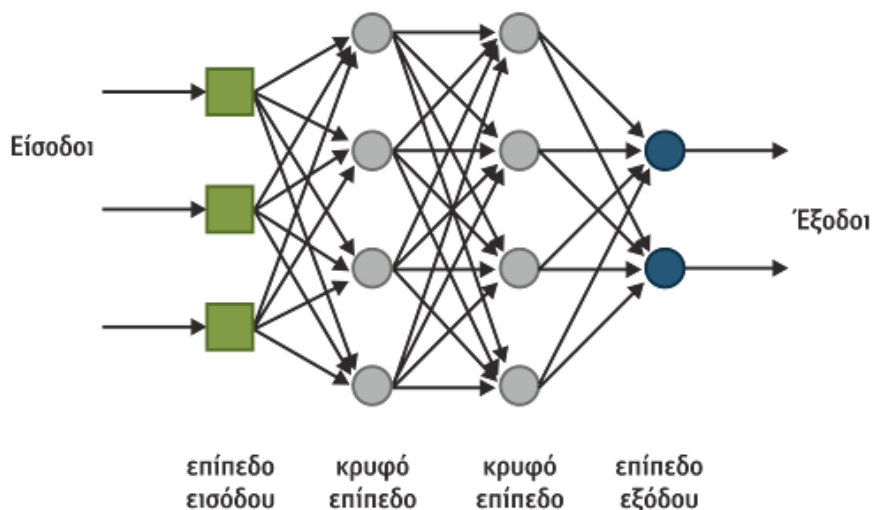


**Εικόνα 21:** Support Vector Machine (SVM) [14]

#### 4.4.3 Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks)

Τα Νευρωνικά Δίκτυα αποτελούν σημαντική τεχνολογία στον κλάδο της μηχανικής μάθησης και στοχεύουν στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων μέσα από την αναπαραγωγή των διαδικασιών μάθησης του εγκεφάλου. Τα Νευρωνικά Δίκτυα (ANNs) απαρτίζονται από ένα σύνολο τεχνητών νευρώνων, τα οποία είναι οργανωμένα σε επίπεδα και συγκεκριμένα το επίπεδο εισόδου (input layer), το επίπεδο εξόδου (output layer) και τα κρυφά επίπεδα. Οι νευρώνες συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδέσμων, όπου οι συνάψεις αυτές αναπαριστούν τις μεταβλητές που επηρεάζουν την επεξεργασία των δεδομένων. Τα βάρη των συνδέσεων λαμβάνουν τιμές που ρυθμίζονται μέσω αλγορίθμων εκπαίδευσης και στοχεύουν στην αναγνώριση μοτίβων και την ταξινόμηση δεδομένων.

Μέσω της μεθόδου οπισθοδιάδοσης σφάλματος γίνεται η εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων, καθώς το δίκτυο προσαρμόζει τις παραμέτρους του και ελαχιστοποιεί το σφάλμα μεταξύ της προβλεπόμενης και της πραγματικής τιμής. Έτσι τα ANNs καθίστανται ικανά να αντιμετωπίζουν μη γραμμικά προβλήματα, τα οποία δεν είναι εύκολο να επιλυθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους ταξινόμησης και ανάλυσης. Μάλιστα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε περιπτώσεις που χρειάζεται ανάλυση δεδομένων κατά την αναγνώριση εικόνων, επεξεργασία βιοϊατρικών σημάτων κτλ.[19][20]



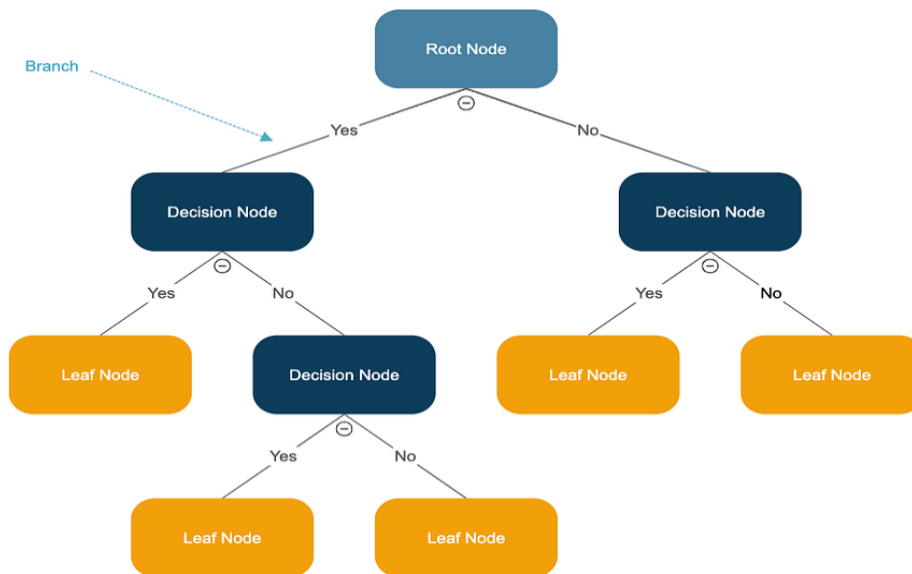
**Εικόνα 22:** Περιγραφή μεθόδου νευρωνικών δικτύων [1]

#### 4.4.4 Δέντρα Απόφασης

Τα δέντρα απόφασης αποτελούν μια μέθοδο επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης, όπου η χρήση της ενδείκνυται για προβλήματα ταξινόμησης, αλλά και παλινδρόμησης. Η βασική ιδέα στην οποία βασίζεται η τεχνική των δέντρων απόφασης είναι η λήψη αποφάσεων μέσω ενός ιεραρχημένου συνόλου κανόνων. Η διαδικασία ξεκινά με έναν ριζικό κόμβο και συνεχίζει με διαδοχικούς, που χωρίζουν τα δεδομένα σε μικρότερες υποκατηγορίες με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Σε κάθε διακλάδωση γίνεται λήψη μιας απόφασης, η οποία με τη σειρά της προωθείται έως ότου καταλήξει σε έναν εξωτερικό κόμβο που ονομάζεται φύλλο. Το φύλλο αντιπροσωπεύει την τελική κατηγορία ή πρόβλεψη και εκ' τούτου δεν γίνεται περαιτέρω διακλάδωση. Οι διακλαδώσεις που συνδέουν τους κόμβους αντιπροσωπεύουν τα

χαρακτηριστικά ή τις συσχετίσεις χαρακτηριστικών. Οι κανόνες που εφαρμόζονται για την ταξινόμηση των δεδομένων ακολουθούν τις διαδρομές που ξεκινούν από την ρίζα του δέντρου και καταλήγουν στα φύλλα.

Τα δέντρα απόφασης είναι εύκολα στην ερμηνεία, αφού επιτρέπουν την αναπαράσταση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων με σαφήνεια. Είναι όμως ευαίσθητα στην υπερπροσαρμογή των δεδομένων, ιδιαίτερα όταν το δέντρο έχει μεγάλο βάθος, γι' αυτό απαιτούνται τεχνικές όπως το κλάδεμα (pruning) για την μείωση της πολυπλοκότητας.[20]



**Εικόνα 23:** Σχεδιάγραμμα ενός δέντρου απόφασης [6]

#### 4.4.5 Naive Bayes

Ο αλγόριθμος Naive Bayes είναι μια τεχνική ταξινόμησης, που βασίζεται στο θεώρημα Bayes, καθώς πρόκειται για ένα επιβλεπόμενο αλγόριθμο μηχανικής μάθησης, που στηρίζεται σε στατιστικά δεδομένα και χρησιμοποιείται συχνά σε προβλήματα όπως η ανάλυση συναισθήματος, η ταξινόμηση εγγράφων και η ανάλυση δεδομένων υγείας. Κατά την Μπεϋζιανή άποψη οι πιθανότητες παρέχουν μια ποσοτικοποίηση της έννοιας της αβεβαιότητας. Ειδικότερα λαμβάνοντας υπόψη την Μπεϋζιανή ερμηνεία της πιθανότητας δίνεται η ικανότητα ποσοτικοποίησης της έκφρασης της αβεβαιότητας, μπορώντας έτσι να προβούμε σε ακριβείς αναθεωρήσεις της υπό το φως νέων στοιχείων, και στη συνέχεια να προβούμε στις βέλτιστες ενέργειες ή αποφάσεις ως επακόλουθο. Ο αλγόριθμος Bayes υποθέτει ότι τα χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, μια υπόθεση που δεν ανταποκρίνεται πάντα στην πραγματικότητα, αλλά παράγει συχνά αξιόπιστα αποτελέσματα. Ο γενικός μαθηματικός τύπος του ταξινομητή Naive Bayes βασίζεται στον κανόνα του Bayes, ο οποίος ορίζεται ως εξής: [20]

$$P(C|X) = P(X|C) * P(C) \div P(X)$$

όπου:

- $P(C|X)$ : η πιθανότητα της κλάσης C, δεδομένου του διανύσματος χαρακτηριστικών C.
- $P(X|C)$ : η πιθανότητα εμφάνισης των χαρακτηριστικών X, δεδομένης της κλάσης C.
- $P(C)$ : η πιθανότητα της κλάσης C.
- $P(X)$ : η συνολική πιθανότητα του X.

## 5. ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΡΟΣ FLEX

Οι πληροφορίες και το υλικό που παρουσιάζονται στα παρακάτω κεφάλαια βασίζονται σε δεδομένα που παρέχονται από την κατασκευάστρια εταιρία Emotiv, καθώς και σε προσωπική έρευνα και χρήση του συστήματος Emotiv Eros Flex.

Η συσκευή Emotiv Eros Flex αποτελεί ένα σύστημα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας 32 καναλιών της εταιρίας Emotiv. Είναι σχεδιασμένη με βάση την τεχνολογία EROC+ για ερευνητές που επιθυμούν μεγαλύτερη ευελιξία στην τοποθέτηση αισθητήρων, καθώς και μεγαλύτερη πυκνότητα. Για την λειτουργία της συσκευής απαιτείται η εγκατάσταση του λογισμικού Emotiv Pro 1.4 και των επόμενων εκδόσεων.



**Εικόνα 24:** Περιεχόμενα συστήματος Eroc Flex [16]

### 5.1 Τεχνικές προδιαγραφές Emotiv Eroc Flex

Αριθμός καναλιών	32 ( και τα ηλεκτρόδια αναφοράς CMS & DRL)
Ρυθμός δειγματοληψίας	128SPS
Ανάλυση	14bits
Μέγιστος ρυθμός ανταπόκρισης	32,4μV/δείγμα
Έυρος ζώνης	0,2-45Hz
Δυναμικό εύρος	+/- 4,12mV
Τρόπος σύζευξης	AC
Χωρητικότητα μπαταρίας	Μπαταρία Lipo 595mAh
Αυτονομία μπαταρίας	6-9 ώρες
Υλικό κατασκευής ηλεκτροδίων	Επιμεταλλωμένα ηλεκτρόδια Ag/AgCl. Διαθέτουν πολλαπλών χρήσεων felts (σφουγγαράκια τσόχας), που μπορούν να αποστειρωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν
Δειγματοληψία κίνησης	16Hz
Ανάλυση κίνησης	8- bit

**Πίνακας 1 :** Τεχνικές Προδιαγραφές του συστήματος Eroc Flex

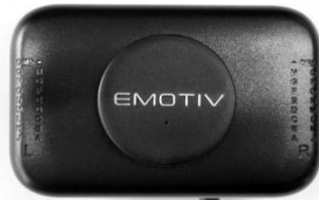


## 5.2 Παρελκόμενα Eros Flex

Η συσκευή Eros Flex διατίθεται σε τρία μεγέθη: Μικρό (54cm), Μεσαίο (56cm) και Μεγάλο (58cm). Άλλα μεγέθη είναι διαθέσιμα κατόπιν αιτήματος, ενώ εκτός από την εκδοχή του eros flex saline πωλείται εναλλακτικά με αγώγιμο gel.

Περιλαμβάνει:

- Μονάδα ελέγχου (controller)



**Εικόνα 25:** Controller [16]

- USB stick



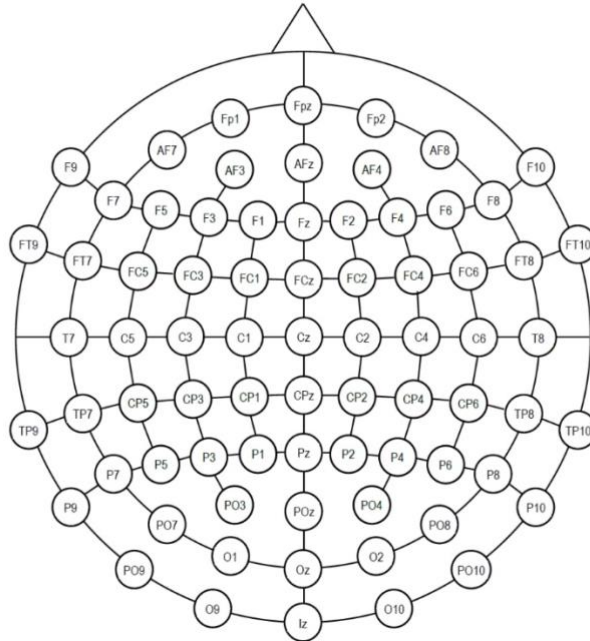
**Εικόνα 26:** Universal USB receiver [16]

- Κάσκα

Η κάσκα του συστήματος Eros Flex είναι σχεδιασμένη με βάση το διεθνές σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10-20 και περιλαμβάνει 72 ανοίγματα, όπως προϋποθέτει το πρότυπο, όπως φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 24. Η κάσκα περιλαμβάνει δύο



ειδικές θήκες για την τοποθέτηση της μονάδας ελέγχου του συστήματος, όπου η μία βρίσκεται κάτω από το σημείο Cz και η άλλη στο σημείο Iz.



**Εικόνα 27:**Σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων 10-20 [16]

Η κάσκα είναι κατασκευασμένη από ελαστικό υλικό, σχεδιασμένη να προσφέρει υψηλή άνεση και σωστή εφαρμογή, ενώ διατίθεται σε τρία μεγέθη(54, 56, 58cm) .



**Εικόνα 28:**Emotiv custom cap [16]

- Ηλεκτρόδια



**Εικόνα 29:** Ηλεκτρόδια [16]

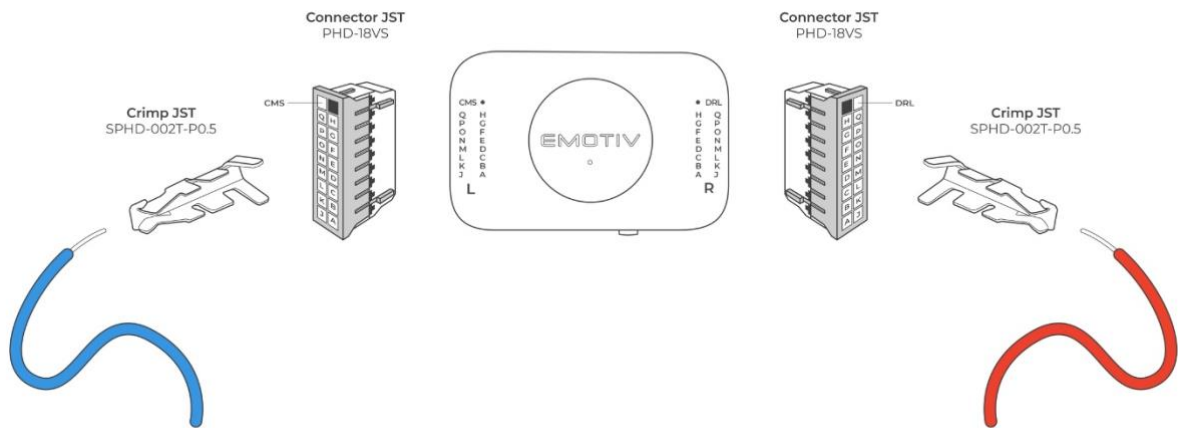
- Καλώδιο σύνδεσης



**Εικόνα 30:** Καλώδιο Micro-B to A USB [16]

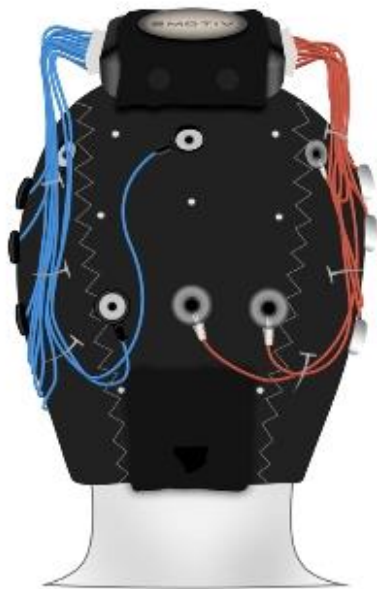
### 5.3 Μονάδα ελέγχου Eros Flex

Ο ελεγκτής Eros Flex, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα, διαθέτει 16 κανάλια στην αριστερή πλευρά και την είσοδο του ηλεκτροδίου αναφοράς CMS, καθώς και 16 κανάλια στην δεξιά πλευρά με το αντίστοιχο DRL. Τα κανάλια είναι συνδεδεμένα σε δύο σειρές, από A έως H και από J έως Q, ενώ η θέση πάνω από τα σημεία αναφοράς CMS και DRL παραμένει κενή. Ο διακόπτης λειτουργίας είναι τοποθετημένος δίπλα από την θύρα USB, στο κάτω μέρος της μονάδας. Η ενεργοποίηση της μονάδας ελέγχου Eros Flex γίνεται με περιστροφή του διακόπτη προς τα δεξιά και το αντίστροφο για απενεργοποίηση. Τέλος η μονάδα ελέγχου διαθέτει μία πολυλειτουργική λυχνία LED κάτω από το λογότυπο, με την οποία απεικονίζεται η φόρτιση ή ενεργοποίηση της συσκευής.



**Εικόνα 31:**Περιγραφή της μονάδας ελέγχου Eros Flex [16]

Η τοποθέτηση της μονάδας ελέγχου Eros Flex στην κάσκα είναι δυνατή με δύο τρόπους, είτε στη θέση στο πίσω μέρος του κεφαλιού είτε στο επάνω μέρος, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Η χρήση της θέσης στο πάνω μέρος του κεφαλιού συνιστάται σε περιπτώσεις όπου κατά την διάρκεια της έρευνας τα υποκείμενα στηρίζουν το κεφάλι τους σε προσκέφαλο καρέκλας (όπως σε αναπηρικό καροτσάκι) ή χρειάζεται κατά την πειραματική διαδικασία το υποκείμενο να είναι ξαπλωμένο (όπως σε μελέτες ύπνου).



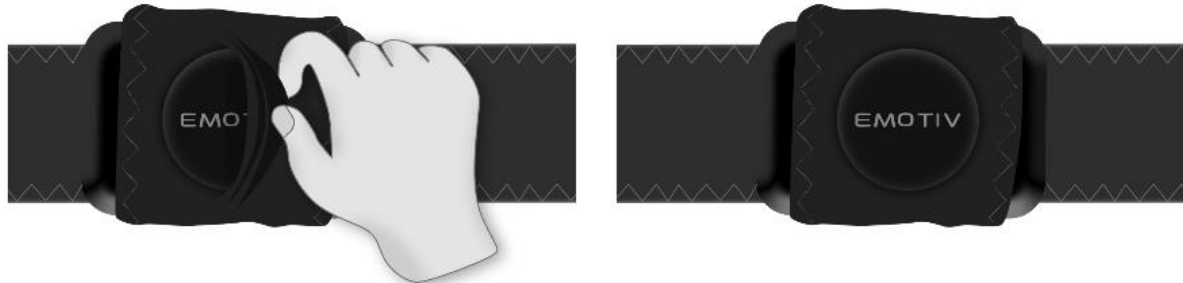
**Top Position of Control Box**



**Back Position of Control Box**

**Εικόνα 32:**Τρόποι τοποθέτησης της μονάδας ελέγχου Eros Flex [16]

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 30, για την ασφαλή τοποθέτηση της μονάδας ελέγχου στην κάσκα είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι το λογότυπο της μονάδας ελέγχου θα τοποθετηθεί στην αντίστοιχη αυλάκωση που είναι κατάλληλα σχεδιασμένη πάνω στην κάσκα για την ασφάλισή του.



**Εικόνα 33:** Τοποθέτηση μονάδας ελέγχου Eros Flex [16]

#### 5.4 Ηλεκτρόδια (Saline sensors)

Η εταιρία ΕΜΟΤΙΒ έχει κυκλοφορήσει την συσκευή Eros Flex σε δύο κύριες εκδόσεις με βάση τον τύπο ηλεκτροδίων, όπου η μια είναι με ηλεκτρόδια τα οποία απαιτούν την χρήση αγωγίμου τζελ (gel based sensors) και η δεύτερη με ηλεκτρόδια τα οποία χρησιμοποιούνται με φυσιολογικό ορό (saline sensors). Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται στην έκδοση της συσκευής Eros Flex με την χρήση φυσιολογικού ορού (saline sensors).

Τα ηλεκτρόδια του Emotiv Eros Flex Saline είναι επιμεταλλωμένα με Ag/AgCl και χρησιμοποιούν φυσιολογικό ορό για την καταγραφή του ΗΕΓ. Είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να εξασφαλίζουν καλή αγωγιμότητα χωρίς την ανάγκη εφαρμογής αγωγίμου τζελ. Διαθέτουν felts (σφουγγαράκια) πολλαπλών χρήσεων (80 σφουγγαράκια κανονικού μήκους και 20 λίγο μεγαλύτερου), κατασκευασμένα από πολυεστερικό υλικό, τα οποία μπορούν να αποστειρωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, διευκολύνοντας την συντήρηση και χρησιμότητά τους. Είναι σχεδιασμένα έχοντας μία ειδική επίστρωση στα πλαϊνά του ηλεκτροδίου για να συγκρατούν τα felts (σφουγγαράκια). Επειδή ο εκτιμώμενος χρόνος, όπου τα ηλεκτρόδια Saline παραμένουν υγρά υπολογίζεται στις 1-2 ώρες, τα ηλεκτρόδια είναι σχεδιασμένα με μία ειδική οπή στο άνω μέρος του ηλεκτροδίου, η οποία διευκολύνει την προσθήκη φυσιολογικού ορού κατά την διάρκεια της καταγραφής, χωρίς να αφαιρεθεί η κάσκα από το υποκείμενο. Αυτό τα καθιστά ιδανικά για περιπτώσεις όπου η ταχύτητα προετοιμασίας και η ευκολία χρήσης αποτελούν βασικές προϋποθέσεις της πειραματικής διαδικασίας.

Συγκριτικά με τα ηλεκτρόδια τζελ τα ηλεκτρόδια Saline είναι λίγο μεγαλύτερα σε μέγεθος, για να τοποθετούνται με ευκολία τα felts (σφουγγαράκια) στο εσωτερικό τους, ενώ το μήκος των καλωδίων είναι προσαρμοσμένο, έτσι ώστε να φτάνουν σε οποιαδήποτε θέση της κάσκα. Τα καλώδια των ηλεκτροδίων είναι χρωματικά κωδικοποιημένα: μπλε για τα αριστερά, κόκκινα για τα δεξιά και μαύρα για τα ηλεκτρόδια αναφοράς. Επιπλέον, κάθε αισθητήρας έχει ξεχωριστή σήμανση με το όνομα του καναλιού, στο οποίο είναι συνδεδεμένο στο Eros Flex. Η χρωματική αυτή κωδικοποίηση στοχεύει στην απλοποίηση των διαδικασιών επίλυσης

προβλημάτων, καθώς ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει γρήγορα το χρώμα και όνομα του εκάστοτε καναλιού στο λογισμικό και έτσι με ευκολία να εντοπίσει το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο στην κάσκα. Για παράδειγμα αν η ποιότητα επαφής στο ηλεκτρόδιο LA κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, τότε γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι πρόκειται για το μπλε ηλεκτρόδιο του καναλιού A.

Τα καλώδια των αισθητήρων διατίθενται σε δύο μήκη: τα κανάλια A-G έχουν μήκος 300mm, ενώ τα J-Q έχουν 150mm. Εφόσον τοποθετηθούν οι αισθητήρες στην θέση τους συνιστάται να γίνεται χρήση των μίσχων (tag pins) που περιλαμβάνονται εντός της συσκευασίας μαζί με το ειδικό εργαλείο tagger tool για την στερέωση και προσάρτηση των καλωδίων, όπως θα δούμε παρακάτω αναλυτικά.

Για την σύνδεση των καλωδίων έχει χρησιμοποιηθεί επιχρυσωμένος JST συνδετήρας καλωδίων, ο οποίος χρησιμοποιεί την τεχνολογία πρεσαρίσματος (crimping), συνδυάζοντας την ποιότητα κατασκευής των εν λόγω συνδετήρων με την υψηλή αγωγιμότητα και αντοχή που προσφέρει η χρυσή επίστρωση. Με αυτό τον τρόπο διαφασίζεται η ακριβής καταγραφή και μετάδοση των ηλεκτρικών σημάτων από την συσκευή Eros Flex.

Η ΕΜΟΤΙΒ πλέον προσφέρει την δυνατότητα επιλογής προ-διαμορφωμένων κασκών, όπου τα 32 ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα σύμφωνα με την προεπιλεγμένη διάταξη στο Emotiv Pro. Τα καλώδια παραλαμβάνονται προσαρμοσμένα στο κατάλληλο μήκος και δεμένα με τους μίσχους (tagger pins), επιτρέποντας πολύ γρήγορη εγκατάσταση της κάσκας και έναρξη καταγραφής.



**Εικόνα 34:** Saline sensor [16]

## 5.5 Οδηγός εγκατάστασης της συσκευής Eros Flex

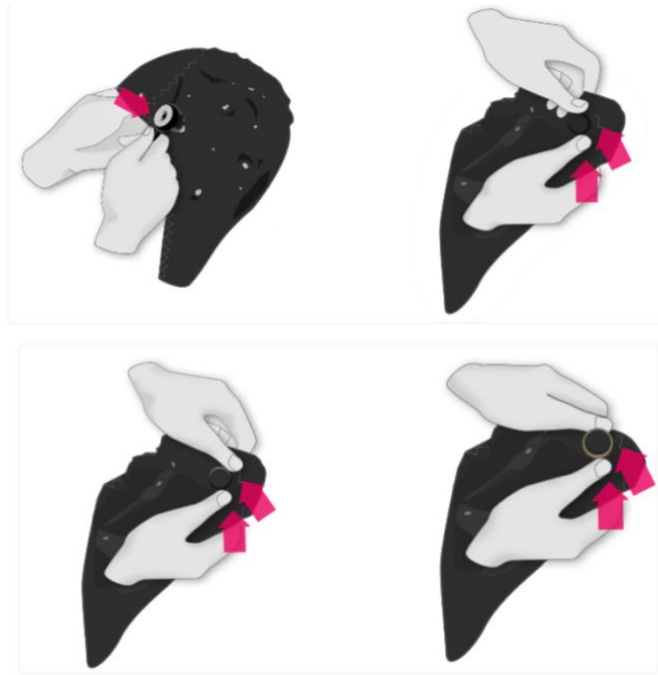
### Τοποθέτηση ηλεκτροδίων

1. Όπως φαίνεται από τις εικόνες 33 και 34, για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στην κάσκα, συνίσταται για αρχή να την τοποθετήσετε σε ένα κεφάλι μανεκέν, για να εισαχθούν τα ηλεκτρόδια με μεγαλύτερη ευκολία μέσω των ανοιγμάτων στην κάσκα, πριν αυτή τοποθετηθεί στο κεφάλι του συμμετέχοντα.
2. Κρατήστε την κάτω πλευρά της κάσκας και στην συνέχεια, τεντώστε το υλικό γύρω από την τρύπα μέσω της οποίας επιθυμείτε να εισάγετε το ηλεκτρόδιο.



**Εικόνα 35:** Τοποθέτηση ηλεκτροδίων [16]

3. Υπάρχουν δύο τρόποι για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στην κάσκα. Για να τοποθετήσετε τον αισθητήρα, σπρώξτε τον προς τα πάνω μέσα από την σχετική οπή και αφήστε με προσοχή το υλικό έτσι ώστε να εφαρμόσει γύρω από το κάτω μισό του αισθητήρα. Η δεύτερη εναλλακτική είναι να γυρίσετε ανάποδα την κάσκα τεντώνοντας την οπή πάνω από τον αισθητήρα, έτσι ώστε το ύφασμα να πάρει την θέση του γύρω από το πλαστικό περίβλημα που είναι τοποθετημένο στα ηλεκτρόδια.
4. Μπορείτε να περιεργαστείτε το ύφασμα της οπής γύρω από τον αισθητήρα μέχρι να σταθεροποιηθεί το ηλεκτρόδιο πλήρως στη θέση του.
5. Για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων που θα χρησιμοποιηθούν κάθε φορά αρκεί η επανάληψη των παραπάνω βημάτων.



**Εικόνα 36:** Τοποθέτηση ηλεκτροδίων [16]

Το Eros Flex kit περιέχει επίσης 34 περιβλήματα σιλικόνης, σκοπός των οποίων είναι να παρέχουν την βέλτιστη άνεση στον συμμετέχοντα κατά την διάρκεια της καταγραφής, καθώς και σε περίπτωση που τοποθετηθεί επιπλέον φυσιολογικός ορός από την ειδική οπή να περιορίσουν την εξάτμιση ή διαρροή του. Τα περιβλήματα αυτά είναι κατασκευασμένα από εγκεκριμένη ιατρική σιλικόνη, ώστε να μην προκαλούν ερεθισμό στο δέρμα. Μάλιστα, όπως απεικονίζεται και παρακάτω, έχουν σχεδιαστεί για να τοποθετούνται και να εφαρμόζουν στην εσοχή των ηλεκτροδίων. Η τοποθέτηση των περιβλημάτων είναι προαιρετική.



**Εικόνα 37:** Τοποθέτηση περιβλημάτων σιλικόνης [16]

#### Εφαρμογή φυσιολογικού ορού για την καταγραφή του ΗΕΓ

1. Τοποθετούμε τα felts (σφουγγαράκια) σε ένα ποτήρι και τα καλύπτουμε με φυσιολογικό ορό μέχρι να τα μουσκέψουμε εντελώς.



2. Όταν είναι μουσκεμένα τα αφαιρούμε και στραγγίζουμε αν τυχόν στάζουν.
3. Τέλος είναι έτοιμα να τοποθετηθούν στις οπές των ηλεκτροδίων.

Ο χρόνος που χρειάζονται για να στεγνώσουν τα felts (σφουγγαράκια) εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο διεξάγεται η πειραματική διαδικασία. Ο χάρτης απεικόνισης της ποιότητας επαφής μεταξύ αισθητήρων και δέρματος απεικονίζει οποιεσδήποτε αλλαγές στην ποιότητα επαφής κατά τη εξέλιξη του πειράματος. Για παράδειγμα, η ποιότητα της επαφής θα αλλάξει από πράσινη σε πορτοκαλί, όταν στα αντίστοιχα ηλεκτρόδια χρειάζεται προσθήκη φυσιολογικού ορού. Μάλιστα είναι εφικτή η προσθήκη του φυσιολογικού ορού μεμονωμένα στους αισθητήρες που χρειάζεται κάθε φορά, χωρίς να διακοπεί η καταγραφή του ΗΕΓ. Για να εγχύσουμε φυσιολογικό ορό στα σφουγγαράκια των ηλεκτροδίων, αρκεί να προσθέσουμε μερικές σταγόνες σε κάθε ένα από αυτά, μέσω του ειδικού ανοίγματος στην κορυφή κάθε ηλεκτροδίου. Έτσι μετά από λίγα δευτερόλεπτα, η ποιότητα επαφής στο αντίστοιχο ηλεκτρόδιο επανέρχεται σε υψηλά επίπεδα. Για την επιβράδυνση της εξάτμισης του φυσιολογικού ορού, προτείνεται η προσθήκη μερικών σταγόνων γλυκερίνης εντός αυτού.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθεί το μέγιστο δυνατό σήμα υψηλής ποιότητας, είναι η μείωση της αντίστασης μεταξύ των ηλεκτροδίων και του τριχωτού της κεφαλής. Συγκεκριμένα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

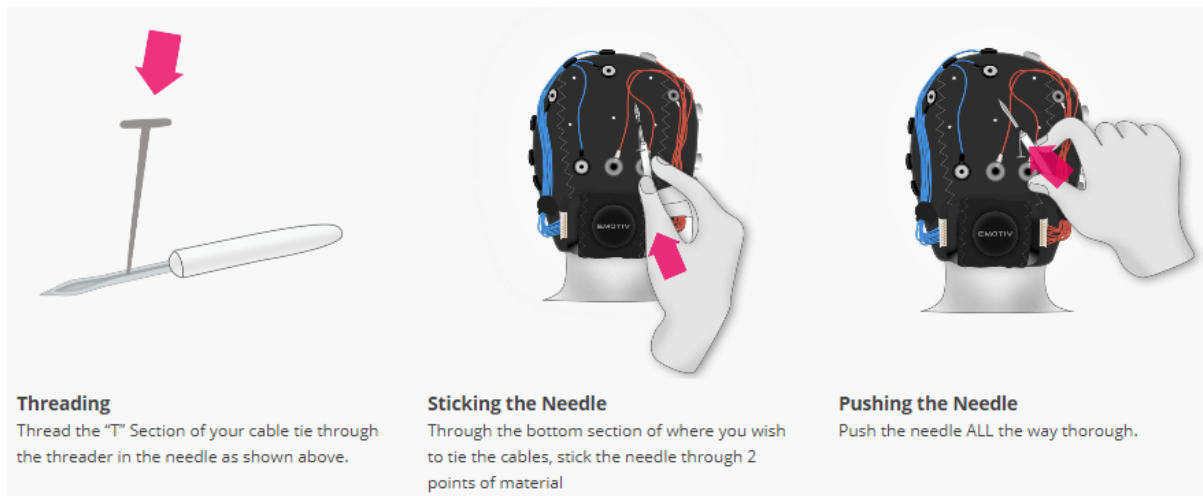
- Ο συμμετέχων δεν πρέπει να έχει χρησιμοποιήσει μαλακτικό μαλλιών ή άλλα παρόμοια προϊόντα πριν από το πείραμα, καθώς αυτά ενδέχεται να προκαλέσουν σύνθετες αντιστάσεις.
- Κατά τον καθαρισμό των ηλεκτροδίων θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο πρωτόκολλο καθαρισμού, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα των ηλεκτροδίων στις επόμενες καταγραφές.

### Στερέωση καλωδίων

Η χρήση των μίσχων (tagger pins) είναι αρκετά ωφέλιμη για την τακτοποίηση και οργάνωση των καλωδίων των ηλεκτροδίων. Πιο αναλυτικά συνισφάει στην:

1. **Στερέωση των καλωδίων:** συμβάλλουν στην ασφαλή προσάρτηση των καλωδίων πάνω στην κάσκα, αποτρέποντας τα καλώδια από το να μπερδεύονται κατά την διάρκεια της καταγραφής.
2. **Μείωση θορύβου κατά την κίνηση:** εφόσον τα καλώδια είναι καλά οργανωμένα, μειώνεται η πιθανότητα να δημιουργηθούν κινητικά artifacts, παρεμβολές που προκύπτουν από την κίνηση των καλωδίων.
3. **Διευκόλυνση της εγκατάστασης:** με την χρήση των tagger pins και την οργάνωση των καλωδίων, είναι δυνατό να διασφαλιστεί η γρήγορη και εύκολη τοποθέτηση της κάσκας.

Παρακάτω απεικονίζεται η διαδικασία στερέωσης των καλωδίων με την χρήση των tagger pins και του σχετικού εργαλείου.



**Εικόνα 38:** Οδηγίες στερέωσης των καλωδίων με την χρήση μίσχων (tagger pins) [16]

## 5.6 Οδηγίες φόρτισης Eroc Flex

Για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή χρήση της συσκευής συνίσταται να φορτιστεί πλήρως πριν αρχίσουν οι καταγραφές και η πειραματική διαδικασία. Ο χρόνος που απαιτείται για την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας εξαρτάται από το ήδη υπάρχον επίπεδο της. Η φόρτιση μπορεί να διαρκέσει έως τέσσερις ώρες, ενώ η αυτονομία της μπαταρίας υπολογίζεται στις 6-9 ώρες. Γίνεται εύκολα αντιληπτό εάν η συσκευή χρειάζεται φόρτιση, όταν η ένδειξη LED ON/OFF δεν είναι μπλε κατά την ενεργοποίηση της μονάδας ελέγχου. Σε περίπτωση που η συσκευή παραμείνει αχρησιμοποίητη για μεγάλο χρονικό διάστημα, η μπαταρία μπορεί να αποφορτιστεί πλήρως. Εάν συμβεί αυτό, ενδέχεται να χρειαστεί να το φορτίσετε για 24 ώρες. Για την φόρτιση της συσκευής χρειάζεται να συνδέσουμε το καλώδιο φόρτισης USB-C στην αντίστοιχη θύρα της μονάδας ελέγχου και στην συνέχεια να συνδέσουμε το άλλο άκρο του καλωδίου σε μια πρίζα ή στον υπολογιστή (PC/Mac).

Ενεργοποίηση συσκευής	μπλε
Σύνδεση USB/Φόρτιση	πορτοκαλί
Πλήρης φόρτιση	πράσινο
Αποτυχία ενεργοποίησης/Βλάβη	Αναβοσβήνει η ένδειξη LED
Σύνδεση USB/Ενεργοποίηση	Λευκό

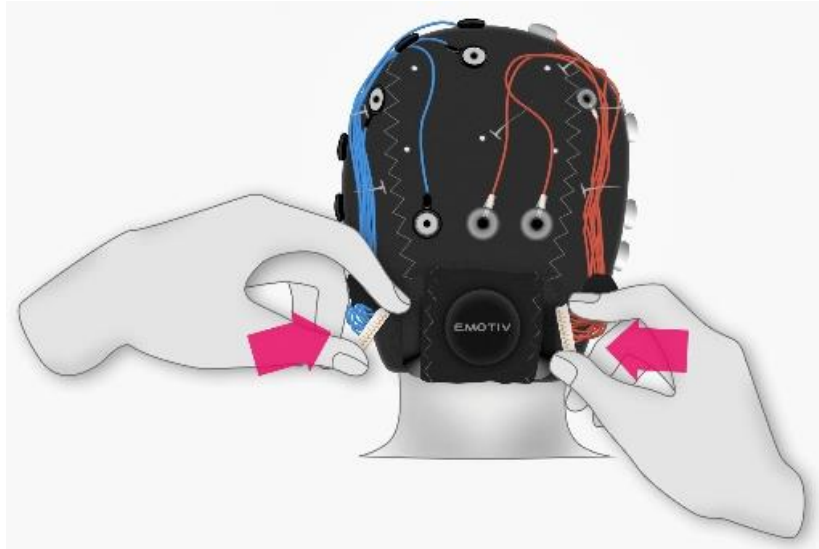
**Πίνακας 2:** Ενδείξεις LED

## 5.7 Αντιμετώπιση Προβλημάτων (Troubleshooting)

### 1. Αποτυχία επίτευξης ποιότητας επαφής (CQ)

Ένα από τα συνηθέστερα προβλήματα που πιθανόν να παρουσιαστεί στην συσκευή Eros Flex είναι αδυναμία επίτευξης ποιότητας επαφής σε οποιοδήποτε κανάλι μεταξύ ηλεκτροδίου και δέρματος. Μπορεί να υπάρχουν δύο λόγοι για να συμβεί αυτό:

- Το σύνολο των καλωδίων και από τις δύο πλευρές δεν είναι συνδεδεμένο στην μονάδα ελέγχου Eros Flex.
- Τα ηλεκτρόδια αναφοράς CMS & DRL δεν είναι συνδεδεμένα με τον συμμετέχοντα, γι' αυτό θα πρέπει να ελεγχθεί ότι υπάρχει επαφή τόσο με το DRL όσο και με το CMS.



**Εικόνα 39:**Σύνδεση καλωδίων με την μονάδα ελέγχου [16]

## 2. Αδυναμία καταγραφής δεδομένων από τα κανάλια και απεικόνιση τους ως μαύρα

- Έλλειψη ποιότητα επαφής μεταξύ των ηλεκτροδίων και του τριχωτού της κεφαλής, με αποτέλεσμα να μην καταγράφονται τα δεδομένα (βλ. παραπάνω).
- Μπορεί να υπάρχει σφάλμα με την μονάδα ελέγχου. Συγκεκριμένα κάποιο πρόβλημα ή δυσλειτουργία στο ίδιο το σύστημα ελέγχου, που να επηρεάζει την λήψη δεδομένων. Εάν συμβαίνει αυτό, ο χρήστης θα πρέπει να επικοινωνήσει με την υποστήριξη της ΕΜΟΤΙΒ.

### 5.8 Πρωτόκολλο καθαρισμού

Η κάσκα είναι δυνατό να πλυθεί στο χέρι ή σε πλυντήριο ρούχων στους 30°C (86°F) χρησιμοποιώντας ένα ήπιο απορρυπαντικό. Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση της κάσκας στο στεγνωτήριο, καθώς και το σιδερωμά της. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ισχυρά οξειδωτικά μέσα ή λευκαντικό μπορούν να μειώσουν τη διάρκεια ζωής της. Αφού ολοκληρωθεί το πείραμα, είναι εφικτό να πλυθεί η κάσκα και τα ηλεκτρόδια μαζί, για να αποφευχθεί η αφαίρεση και επανεισαγωγή των αισθητήρων μεταξύ των πειραμάτων, αρκεί να προστατευτούν τα

ηλεκτρόδια(πχ σφράγιση τους στο εσωτερικό μιας σακούλας) κατά την διάρκεια του πλυσίματος στο χέρι.

Τα ηλεκτρόδια και τα felts της συσκευής πρέπει να υπόκεινται μόνο σε φυσιολογικό ορό, ενώ χρησιμοποιούνται. Μετά τη χρήση, για να παραταθεί η διάρκεια ζωής των ηλεκτροδίων, θα πρέπει να ξεπλένονται με καθαρό νερό για να αφαιρεθούν τα υπολείμματα φυσιολογικού ορού. Μετά το ξέπλυμα, είναι αναγκαίο να στεγνωθούν τα ηλεκτρόδια με μια πετσέτα ή χαρτομάντιλο. Πρέπει να τονιστεί ότι τα felts (σφουγγαράκια) δεν πρέπει να παραμένουν εντός των ηλεκτροδίων μετά το πέρας της καταγραφής, καθώς αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την διάβρωση των ηλεκτροδίων.

### 5.9 Προφυλάξεις ασφαλείας

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το Eros Flex αποτελεί καταναλωτικό προϊόν και δεν προορίζεται για ιατρική χρήση ή εφαρμογή σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Είναι σχεδιασμένο για χρήση σε θερμοκρασία δωματίου και τυχόν απότομες αλλαγές στην θερμοκρασία θα επηρεάσουν την απόδοση των ενισχυτών και θα προκαλέσουν μη επιθυμητή αύξηση του θορύβου.

Το Eros Flex Saline αποτελείται από ηλεκτρόδια που ενδείκνυνται για χρήση με βάση τον φυσιολογικό ορό, ενώ το Eros Flex Gel για χρήση αγωγίμου τζελ. Μάλιστα θα πρέπει να επιδεικνύεται ιδιαίτερη προσοχή κατά την χρήση και φύλαξη της συσκευής και να μην έρχεται σε επαφή με νερό, καθώς δεν αποτελεί αδιάβροχο προϊόν.

Το Eros Flex τροφοδοτείται από μια μπαταρία Li-Pi, που είναι κατάλληλη για λειτουργία κάτω από <math>50^{\circ}\text{C}</math> (<math>122^{\circ}\text{F}</math>). Αν υπάρχει υποψία προβλήματος με την μπαταρία, θα πρέπει να γίνει αμέσως επικοινωνία με την τεχνική υποστήριξη της EMOTIV, εφόσον δεν μπορεί να αντικατασταθεί η μπαταρία από τον χρήστη. Επίσης δεν επιτρέπεται η φόρτιση της συσκευής κατά την διάρκεια καταγραφής, ακόμα και όταν είναι απλά τοποθετημένη στο υποκείμενο.

## 6. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΜΟΤΙΒPRO

Το EmotivPro αποτελεί το βασικό και κύριο λογισμικό της εταιρίας EmotivPro για την ολοκλήρωση και διεκπεραίωση των πειραμάτων νευροφυσιολογίας που υλοποιούνται με την χρήση των ηλεκτροεγκεφαλογράφων που κυκλοφορεί. Παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας και δημοσίευσης πειραμάτων, καθώς συμβάλει και στην απόκτηση και ανάλυση δεδομένων από τον ηλεκτροεγκεφαλογράφο μέσω τις ολοκληρωμένου περιβάλλοντος επεξεργασίας των ηλεκτρικών δραστηριοτήτων του εγκεφάλου.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση του EmotivPro αποτελεί πρώτα η λήψη του προγράμματος EMOTIV Launcher, μέσω του οποίου είναι δυνατή η πρόσβαση στο δίκτυο των υπόλοιπων εφαρμογών του EMOTIV.

## 6.1 Οδηγίες εγκατάστασης EmotivPRO

### Εγκατάσταση EMOTIV Launcher σε Windows:

1. Μεταβείτε στην διεύθυνση <http://www.emotiv.com/my-account> και συνδεθείτε στον λογαριασμό Emotiv.
2. Μεταβείτε τις λήψεις.
3. Κάντε κλικ στο πεδίο Λήψη δίπλα από την επιλογή Emotiv-Installer-Windows.

### Εγκατάσταση EMOTIV Launcher σε MacOS:

1. Μεταβείτε στην διεύθυνση <http://www.emotiv.com/my-account> και συνδεθείτε στον λογαριασμό Emotiv.
2. Μεταβείτε τις λήψεις.
3. Κάντε κλικ στο πεδίο Λήψη δίπλα από την επιλογή Emotiv-Installer-Mac.

Το Emotiv Launcher θα τις ειδοποιεί για τις ενημερώσεις και νέες εκδόσεις που κυκλοφορούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Συνίσταται να ενημερώνετε το λογισμικό με την πιο πρόσφατη έκδοση που είναι διαθέσιμη, έτσι ώστε το EmotivPro να παραμένει ενημερωμένο με τις όλες τις νέες δυνατότητες και εφαρμογές.

### Εγκατάσταση EmotivPro σε windows:

1. Μεταβείτε στη διεύθυνση [www.emotiv.com](http://www.emotiv.com).
2. Συνδεθείτε στο Emotiv ID σας κάνοντας κλικ στη Σύνδεση στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.
3. Μεταβείτε στο αναπτυσσόμενο μενού Ο λογαριασμός μου, στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης και κάντε κλικ στις Λήψεις.
4. Βρείτε το Emotiv-Installer-Win στη λίστα με τις διαθέσιμες λήψεις και κάντε κλικ στο κουμπί Λήψη δίπλα του.
5. Ανοίξτε το Emotiv-Installer-Win-x64.exe που έχετε λάβει.
6. Εγκαταστήστε το EmotivPro χρησιμοποιώντας την προεπιλεγμένη διαδρομή C:\Program Files (x86) ή καθορίστε μια διαφορετική διαδρομή. Κάντε κλικ στην επιλογή Συνέχεια.
7. Επιλέξτε το EmotivPro από τη λίστα εφαρμογών.
8. Αποδεχτείτε την Άδεια Χρήσης Χρήστη και κάντε κλικ στην επιλογή Συνέχεια
9. Το πρόγραμμα εγκατάστασης θα πραγματοποιήσει λήψη του EmotivPro.
10. Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, κάντε κλικ στο πεδίο Κλείσιμο για έξοδο από το πρόγραμμα εγκατάστασης.

### Εγκατάσταση EmotivPro σε MacOS:

1. Μεταβείτε στη διεύθυνση [www.emotiv.com](http://www.emotiv.com)
2. Συνδεθείτε στο Emotiv ID σας κάνοντας κλικ στη Σύνδεση στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.

3. Μεταβείτε στο αναπτυσσόμενο μενού Ο λογαριασμός μου, στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης και κάντε κλικ στις Λήψεις.
4. Βρείτε το Emotiv-Installer-Mac στη λίστα με τις διαθέσιμες λήψεις και κάντε κλικ στο κουμπί Λήψη δίπλα του.
5. Ανοίξτε το Emotiv-Installer-Mac.dmg που έχετε λάβει
6. Εγκαταστήστε το EmotivPRO χρησιμοποιώντας την προεπιλεγμένη διαδρομή C:\Program Files (x86) ή καθορίστε μια διαφορετική διαδρομή. Κάντε κλικ στην επιλογή Συνέχεια.
7. Επιλέξτε το EmotivPRO από τη λίστα εφαρμογών.
8. Αποδεχτείτε την Άδεια Χρήσης Χρήστη και κάντε κλικ στην επιλογή Συνέχεια
9. Το πρόγραμμα εγκατάστασης θα πραγματοποιήσει λήψη του EmotivPro.
10. Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, κάντε κλικ στο πεδίο Κλείσιμο για έξοδο από το πρόγραμμα εγκατάστασης.

Για να συνδεθείτε στο EmotivPRO:

1. Ανοίξτε το EMOTIV Launcher, κάνοντας κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο.
2. Συνδεθείτε στο EMOTIV Launcher χρησιμοποιώντας το EmotivID και τον κωδικό πρόσβασής σας. Πρέπει να είστε συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο όταν προσπαθείτε να συνδεθείτε στο EMOTIV Launcher για πρώτη φορά. Αυτό θα επιτρέψει στην εφαρμογή να επιβεβαιώσει ότι η συνδρομή σας είναι ενεργή.

Για να δημιουργήσετε το EmotivID σας και έναν κωδικό πρόσβασης:

1. Ανοίξτε το EMOTIV Launcher.
2. Κάντε κλικ στην επιλογή Δημιουργία λογαριασμού.
3. Ακολουθήστε τις οδηγίες για να δημιουργήσετε το EmotivID και τον κωδικό πρόσβασής σας.

Εάν ξεχάσετε τον κωδικό πρόσβασης:

1. Μεταβείτε στο EMOTIV Launcher
2. Κάντε κλικ στο σύνδεσμο “Ξέχασα τον κωδικό πρόσβασης” κάτω από τα πεδία σύνδεσης.
3. Ακολουθήστε τις οδηγίες για να επαναφέρετε τον κωδικό πρόσβασής σας.

Αν επιθυμείτε να δείτε τα στοιχεία του λογαριασμού σας, να κάνετε αλλαγή του κωδικού πρόσβασής σας ή να δείτε την άδεια EmotivPRO:

1. Μεταβείτε στη σελίδα λογαριασμού στον ιστότοπο του EMOTIV.
2. Συνδεθείτε στον λογαριασμό σας χρησιμοποιώντας το EmotivID και τον κωδικό πρόσβασής σας.
3. Αφού ανοίξει η καρτέλα “Ο λογαριασμός μου” επιλέξτε τις πληροφορίες που θέλετε να δείτε σχετικά με τον λογαριασμό σας από το αριστερό μενού.

Για να πραγματοποιήσετε αποσύνδεση από τον λογαριασμό σας:

1. Ανοίξτε το EMOTIV Launcher
2. Επιλέξτε από τις ρυθμίσεις την επιλογή Αποσύνδεση.

Αφού συνδεθείτε στο EmotivPRO για πρώτη φορά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε όλες τις δυνατότητες του ενώ είστε εκτός σύνδεσης. Ωστόσο, κατά την χρήση του EmotivPRO εκτός σύνδεσης, τα δεδομένα δεν θα συγχρονίζονται με το EMOTIV Cloud, ούτε και με άλλες συσκευές του λογαριασμού του χρήστη.

Το EmotivPRO παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας ενός Οργανισμού (Organization) στο περιβάλλον της EMOTIV για να συνεισφέρει στην ομαδοποίηση των χρηστών, τον καθορισμό αδειών χρήσης και τη διαχείριση αδειών λογισμικού, ώστε να διευκολύνεται η διαχείριση και η βέλτιστη συνεργασία, μέσω των εφαρμογών που παρέχει η EMOTIV. Σχετικά με την αδειοδοτήσεις για την δημιουργία Οργανισμού (Organization) στο EmotivPro ισχύει ότι:

- **Συνδρομή:** εάν διαθέτετε άδεια PRO επί πληρωμή, μπορείτε να δημιουργήσετε ομάδα στο περιβάλλον του EmotivPRO, καθώς αυτή η δυνατότητα περιλαμβάνεται πλήρως στις χρεώσεις συνδρομής.
- **Επικοινωνία με την Υποστήριξη Emotiv:** μπορείτε να συμπληρώσετε τη φόρμα Υποστήριξης EMOTIV, δηλώνοντας έτσι την πρόθεσή σας να ζητήσετε Αδειοδότηση για την ομάδα σας.

## 6.2 Οδηγίες σύνδεσης της μονάδας ελέγχου

Τρόποι σύνδεσης της μονάδας ελέγχου με το Emotiv Pro:

- Μέσω Bluetooth (BLE 4.0)

Για Windows ισχύουν τα παρακάτω βήματα:

1. Μεταβείτε στις ρυθμίσεις Bluetooth και προχωρήστε σε ενεργοποίηση του Bluetooth.
2. Ενεργοποιήστε την μονάδα ελέγχου.
3. Ανοίξτε την πλατφόρμα του EmotivPRO.
4. Κάντε κλικ στην επιλογή σύνδεσης της μονάδας ελέγχου που αναγράφεται στο επάνω μέρος της οθόνης.
5. Επιλέξτε την μονάδα ελέγχου σας και πατήστε σύνδεση.
6. Ακολουθήστε τις οδηγίες τοποθέτησης της μονάδας ελέγχου στην κάσκα.
7. Η μονάδα ελέγχου είναι πλέον συνδεδεμένη στο EmotivPRO

Για MacOS ισχύουν τα παρακάτω βήματα:

1. Μεταβείτε στις ρυθμίσεις Bluetooth και προχωρήστε σε ενεργοποίηση του Bluetooth.



2. Ανοίξτε το EMOTIV Launcher, κάντε κλικ στο εικονίδιο Bluetooth και ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα.
3. Ενεργοποιήστε την μονάδα ελέγχου και ανοίξτε την πλατφόρμα του EmotivPRO.
4. Κάντε κλικ στην επιλογή σύνδεσης της μονάδας ελέγχου που αναγράφεται στο επάνω μέρος της οθόνης.
5. Επιλέξτε την μονάδα ελέγχου σας και πατήστε σύνδεση.
6. Ακολουθήστε τις οδηγίες τοποθέτησης της μονάδας ελέγχου στην κάσκα.
7. Η μονάδα ελέγχου είναι πλέον συνδεδεμένη στο EmotivPRO.

- Μέσω USB

Εάν οι πειραματικές διαδικασίες γίνονται σε περιβάλλον, όπου τα επίπεδα παρεμβολών από λοιπές συνδέσεις Bluetooth είναι υψηλά, τότε προτείνεται η χρήση του USB, που δίνεται εντός των παρελκόμενων, για την επίτευξη της σύνδεσης μεταξύ της μονάδας ελέγχου και του υπολογιστή.

1. Συνδέστε το USB στον υπολογιστή. Η λυχνία LED που υπάρχει στο USB θα πρέπει να αρχίσει να αναβοσβήνει (περίπου μία φορά το δευτερόλεπτο) για να είμαστε βέβαιοι ότι πραγματοποιήθηκε η σύνδεση.
2. Αφού ενεργοποιήσετε την μονάδα ελέγχου θα πρέπει να ανάψει μια δεύτερη λυχνία LED, η οποία θα γίνει πιο αχνή και θα αναβοσβήνει πιο γρήγορα. Μόνο σε αυτή την περίπτωση το USB έχει συνδεθεί με επιτυχία στον υπολογιστή.
3. Τώρα είναι δυνατή η σύνδεση και της μονάδας ελέγχου με τον υπολογιστή.

Για την αποσύνδεση της μονάδας ελέγχου από την πλατφόρμα του EmotivPRO, χρειάζεται να προχωρήσετε σε αποσύνδεση μεταξύ της μονάδας ελέγχου και υπολογιστή, αφαιρώντας το USB από την θύρα του υπολογιστή ή απενεργοποιώντας την μονάδα ελέγχου. Η αποσύνδεση θα γίνει εντός 30 δευτερολέπτων.

### 6.3 Ποιότητα Επαφής (Contact Quality)

Η **ποιότητα επαφής (CQ)** των ηλεκτροδίων με το δέρμα του συμμετέχοντα είναι κρίσιμη για την αξιόπιστη καταγραφή των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου. Οι δύο παράγοντες που συμβάλλουν στην ακριβή συλλογή των δεδομένων της εγκεφαλικής δραστηριότητας είναι η σωστή τοποθέτηση και καλή επαφή των ηλεκτροδίων με το δέρμα.

Ο χάρτης ποιότητας επαφής παρουσιάζει στους χρήστες του EmotivPRO μια οπτική αναπαράσταση της τρέχουσας ποιότητας επαφής μεμονωμένα κάθε ηλεκτροδίου στην μονάδα ελέγχου. Η κατάσταση ποιότητας επαφής κάθε ηλεκτροδίου φαίνεται σε πραγματικό χρόνο, ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να διορθώνουν και να προσαρμόζουν τις συνδέσεις των ηλεκτροδίων, έτσι ώστε να επιτευχθεί 100% ποιότητα επαφής.

Οι καταστάσεις ποιότητας επαφής είναι οι παρακάτω:

Πράσινο - καλό

Πορτοκαλί - μέτριο

Κόκκινο - φτωχό

Μαύρο - πολύ φτωχό

Η ποιότητα ενός ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EQ) έχει δημιουργηθεί με σκοπό να προσφέρει στους χρήστες έναν εύκολο τρόπο αξιολόγησης των σημάτων που συλλέγονται από την εγκεφαλική δραστηριότητα. Πιο αναλυτικά πρόκειται για ένα σύστημα βαθμολόγησης του επιπέδου ποιότητας του σήματος που καταγράφεται σε κάθε ηλεκτρόδιο. Μάλιστα σε καθένα από αυτά δίνεται ένα μαύρο, κόκκινο, πορτοκαλί, ανοιχτό πράσινο ή σκούρο πράσινο χρώμα για να υποδείξει την ποιότητα του σήματος ΗΕΓ για το εκάστοτε ηλεκτρόδιο. Η συνολική ποιότητα ΗΕΓ όπως εμφανίζεται στην εφαρμογή ΕΜΟΤΙΒ παρουσιάζεται ως βαθμολογία μεταξύ 0-100. Η ποιότητα επαφής αποτελεί ουσιαστικά μια απλή μέτρηση της αντίστασης του κάθε καναλιού. Παρόλο που αυτή η μέτρηση χρησιμοποιείται ευρέως στη νευροεπιστήμη, θα πρέπει να τονιστεί ότι δεν δίνει μια πλήρη και ακριβή εικόνα για την ποιότητα ενός σήματος, δεδομένου ότι επηρεάζεται από θορύβους, τις κινήσεις του κεφαλιού και τις παρεμβολές του περιβάλλοντος.

#### 6.4 Ποιότητα ΗΕΓ (EEG Quality)

Το **EEG Quality (EQ)** είναι ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης, που καθορίζει αυτόματα την ποιότητα του σήματος με βάση πολλαπλές μετρήσεις. Κάθε μία από αυτές τις μετρήσεις είναι ένας σημαντικός παράγοντας, που συμβάλει στην αξιολόγηση του κατά πόσο τα δεδομένα που λαμβάνονται καταγράφουν με ακρίβεια το σήμα του εγκεφάλου. Αυτές οι μετρήσεις περιλαμβάνουν:

- **Contact Quality (CQ)** : η συγκεκριμένη μέτρηση αντανακλά την ποιότητα της ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ των ηλεκτροδίων και του δέρματος του χρήστη, επιδρώντας στην ακρίβεια των καταγραφών. Βασίζεται στην τιμή της εμπέδησης, η οποία είναι ουσιαστικά η αντίσταση που παρουσιάζεται στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μπορεί να είναι μία από τις 4 τιμές: 0 - πολύ κακό (μαύρο), 1 - κακό (κόκκινο), 2 - εντάξει (πορτοκαλί) και 4 - καλό (πράσινο).
- **Signal Quality (SQ)**: Ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης που είναι σχεδιασμένος για καταγραφές ΗΕΓ υψηλής ποιότητας, οι οποίες αξιολογήθηκαν και συλλέχθηκαν από το ΕΜΟΤΙΒ. Ο αλγόριθμος ποιότητας σήματος αξιολογεί δεδομένα σε διάστημα 2 δευτερολέπτων και βαθμολογείται με 0 - πολύ κακό (μαύρο), 1 - κακό (κόκκινο), 3 (ανοιχτό πράσινο) και 4 - καλό (σκούρο πράσινο).
- **Signal Magnitude Quality (SMQ)**: μετρά την τιμή της έντασης του σήματος σε σχέση με τον θόρυβο που εισέρχεται κατά τη διάρκεια της καταγραφής. Στόχος της είναι να αξιολογηθεί η ακρίβεια του σήματος με βάση την ένταση ή το μέγεθός του. Μερικές φορές, οι παραπάνω μετρήσεις, π.χ. CQ, SQ είναι καλές, ενώ το πλάτος του σήματος είναι πολύ μικρό με αποτέλεσμα οι μικρές διακυμάνσεις ισχύος στο FFT να είναι μη ανιχνεύσιμες. Συχνά, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παραλείφθηκε να ενυδατωθεί έγκαιρα το εν λόγω ηλεκτρόδιο ή εξαιτίας κακής επαφής του με το τριχωτό της κεφαλής. Το SMQ δίνει βαθμολογίες για το μέσο

μέγεθος σήματος μέσα σε μια περίοδο 2 δευτερολέπτων. Οι βαθμολογίες μπορεί να είναι 0 - πολύ χαμηλό (μαύρο), 1 - χαμηλό (κόκκινο), 4 - εντάξει (πράσινο).

Καθεμία από τις παραπάνω μετρήσεις είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της ποιότητας του σήματος. Το αποτέλεσμα EQ Score για κάθε κανάλι μπορεί να είναι 0,1,2,3,4 και τα χρώματα μαύρο, κόκκινο, πορτοκαλί, ανοιχτό πράσινο και σκούρο, αντίστοιχα. Τέλος, το συνολικό EQ υπολογίζεται και εμφανίζεται ως ένας αριθμός, ώστε ο χρήστης να ενημερώνεται εύκολα και άμεσα για την ποιότητα του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Το συνολικό EQ υπολογίζεται ως το άθροισμα των 3 μικρότερων σε ποιότητα καταγραφής καναλιών, διαιρούμενο με το άθροισμα της μέγιστης βαθμολογίας αυτών των 3 καναλιών, ως ποσοστό. Ο μαθηματικός τύπος είναι  $(\min 1 + \min 2 + \min 3 / 12) * 100$ .

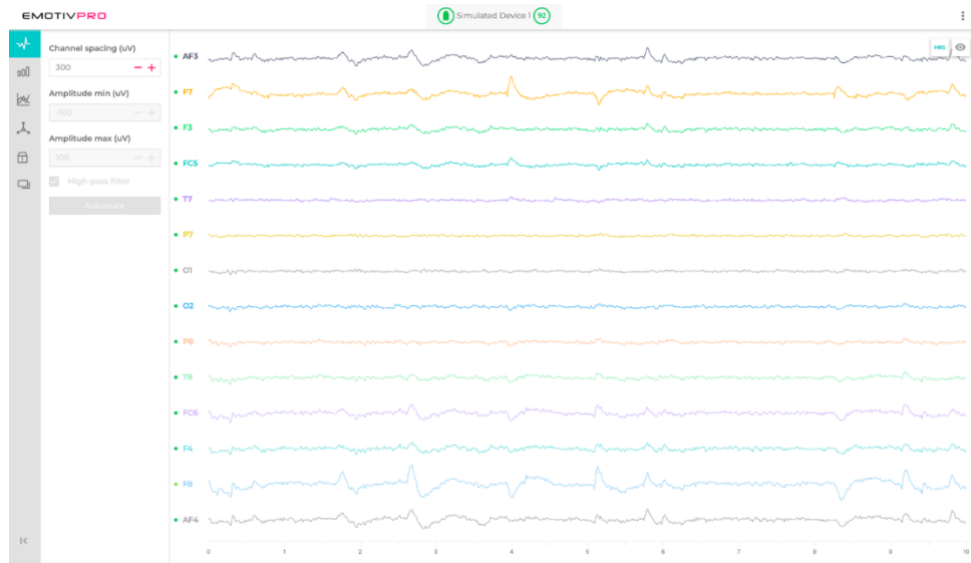
Η ένδειξη ποιότητας HEΓ αναγράφεται στο επάνω μέρος της αρχικής οθόνης του EmotivPRO, δίπλα στο όνομα της μονάδας ελέγχου. Ο δείκτης ποιότητας HEΓ απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο τη συνολική ποιότητα του HEΓ που υπολογίζεται κατά μέσο όρο από όλους τους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι.

## 6.5 Ροές δεδομένων (Data Streams)

Το EmotivPRO επιτρέπει στον χρήστη την παρακολούθηση ροών δεδομένων και αναλύσεων συχνοτήτων σε πραγματικό χρόνο, καθώς η μονάδα ελέγχου είναι συνδεδεμένη: τόσο κατά την διάρκεια της καταγραφής όσο και μη. Το μενού του EmotivPRO περιλαμβάνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

### 6.5.1 Ακατέργαστο Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (Raw EEG)

Το Ακατέργαστο HEΓ (Raw EEG) αναφέρεται στα ακατέργαστα σήματα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, που καταγράφονται απευθείας από τα ηλεκτρόδια, χωρίς να έχουν υποστεί επεξεργασία ή φιλτράρισμα. Αυτά τα σήματα αντιπροσωπεύουν την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο, με τα δεδομένα να αποθηκεύονται με τη μορφή μικροβολτ (μV), τα οποία μπορούν να αναλυθούν για την εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών. Μπορούν να προβληθούν έως και 32 κανάλια, ανάλογα με την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων. Η συχνότητα δειγματοληψίας των καταγραφών είναι 128Hz και η ανάλυση τους 14-bit.

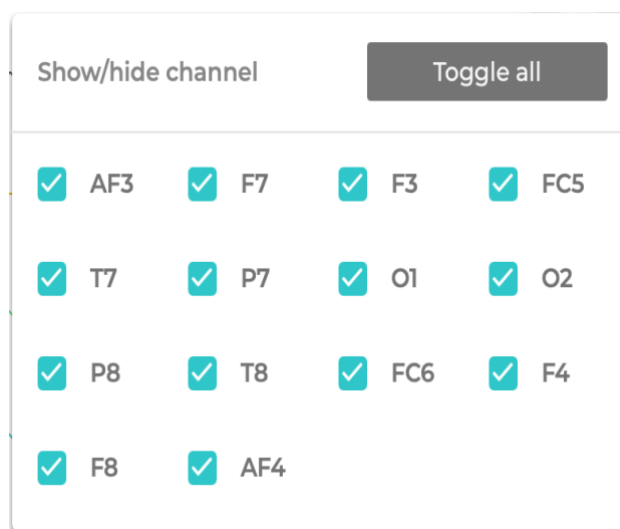


**Εικόνα 40** :Ακατέργαστο ΗΕΓ (Raw EEG) [17]

### Ενεργοποίηση & Απενεργοποίηση καναλιών

Μπορείτε να εστιάσετε στα δεδομένα που σας ενδιαφέρουν, ενεργοποιώντας και απενεργοποιώντας αντίστοιχα μεμονωμένα κανάλια στην προβολή Raw EEG. Για να γίνει αυτό:

1. Κάντε κλικ στο εικονίδιο του ματιού στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.
2. Θα εμφανιστεί το αναδυόμενο πλαίσιο εμφάνισης/απόκρυψης καναλιού.
3. Επιλέξτε το κανάλι που δεν θέλετε να δείτε.
4. Για να κλείσετε το αναδυόμενο πλαίσιο, κάντε κλικ οπουδήποτε έξω από το πλαίσιο.



**Εικόνα 41** :Παράθυρο επιλογής καναλιών [17]

Εάν επιθυμείτε να ενεργοποιήσετε ή απενεργοποιήσετε ΟΛΑ τα κανάλια στην προβολή Raw EEG αρκεί να:

1. Κάντε κλικ στο εικονίδιο του ματιού στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.
2. Θα εμφανιστεί το αναδυόμενο πλαίσιο εμφάνισης/απόκρυψης καναλιού.
3. Κάντε κλικ στο κουμπί "Εναλλαγή όλων" στο αναδυόμενο παράθυρο.
4. Για να κλείσετε το αναδυόμενο πλαίσιο, κάντε κλικ οπουδήποτε έξω από το πλαίσιο.
5. Για προβολή ενός καναλιού, καταργήστε την επιλογή όλων των καναλιών εκτός από το κανάλι που θέλετε να δείτε.

Η πλατφόρμα του EmotivPRO επιτρέπει την επεξεργασία και προσαρμογή του τρόπου παρουσίασης των δεδομένων ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) σε ένα γράφημα. Αυτό περιλαμβάνει την προσαρμογή των αξόνων χρόνου (x-axis) και εύρους (y-axis) για να καταστεί ευκολότερη η ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων.

Χρησιμοποιώντας τα χειριστήρια στην αριστερή πλευρά της προβολής Raw EEG, οι χρήστες μπορούν να ρυθμίσουν την κατακόρυφη κλίμακα των γραφημάτων. Η αλλαγή της κλίμακας μπορεί να μεγεθύνει ή να συμπίεσει τα σήματα, ώστε να είναι πιο ευδιάκριτα ή να απεικονίζονται πολλά ταυτόχρονα. Μάλιστα υπάρχει η δυνατότητα να γίνει αυτό για πολλά ή και μεμονωμένα κανάλια.

- **Απόσταση μεταξύ των καναλιών (Channel spacing):** Προσαρμόζει το ύψος της περιοχής εμφάνισης ενός καναλιού στη λειτουργία πολλαπλής απεικόνισης καναλιών. Αυτό αλλάζει την κατακόρυφη ανάλυση της προβολής όταν έχουν επιλεγεί περισσότερα από ένα κανάλια.
- **Ελάχιστο Πλάτος (Amplitude min):** Ισχύει μόνο για την απεικόνιση ενός καναλιού. Ορίζει το κατώτερο όριο της τιμής που εμφανίζεται στη λειτουργία απεικόνισης ενός καναλιού.
- **Μέγιστο Πλάτος (Amplitude max):** Ισχύει μόνο για την απεικόνιση ενός καναλιού. Ορίζει το ανώτερο όριο της τιμής που εμφανίζεται στη λειτουργία απεικόνισης ενός καναλιού.
- **Αυτόματη Κλιμάκωση (Autoscale):** Ισχύει μόνο για την απεικόνιση ενός καναλιού. Ευθυγραμμίζει αυτόματα το ανώτερο και κατώτερο όριο σύμφωνα με τις τρέχουσες τιμές του καναλιού (το κατώτερο όριο είναι +/- 100  $\mu$ V).
- **Υψηλοπερατό Φίλτρο (High-pass filter):** είναι ενεργοποιημένο από προεπιλογή και αφαιρεί την DC μετατόπιση εφαρμόζοντας ένα υψηλοπερατό φίλτρο 0,16Hz. Αυτό το φίλτρο μπορεί να αφαιρεθεί μόνο για την απεικόνιση ενός καναλιού.

#### 6.5.2 Ζώνες Συχνοτήτων (Frequency Bands)

Η Ανάλυση Συχνοτήτων (Frequency Analysis) μπορεί να βρεθεί στο μενού στην αριστερή πλευρά της οθόνης EmotivPRO. Η προβολή Ανάλυσης Συχνοτήτων επιτρέπει την απεικόνιση πληροφοριών σχετικά με την συχνότητα ενός μόνο καναλιού.

Για να επιλέξετε ένα κανάλι:

1. Κάντε κλικ στο εικονίδιο με του ματιού, δίπλα από την ένδειξη "Channel", στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.
2. Θα ανοίξει ένα αναδυόμενο παράθυρο που θα εμφανίσει τα κανάλια που μπορείτε να επιλέξετε.
3. Κάντε κλικ στα κανάλια που θέλετε να δείτε.
4. Για να κλείσετε το αναδυόμενο παράθυρο, κάντε κλικ οπουδήποτε εκτός του παραθύρου.

Σε αυτή την προβολή το λογισμικό EmotivPRO παρέχει στον χρήστη την επιλογή παραθύρων (windows), τα οποία χρησιμοποιούνται στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος για τον περιορισμό ενός σήματος σε ένα συγκεκριμένο εύρος χρόνου, πριν εφαρμοστεί ο FFT. Αυτά τα παράθυρα συμβάλλουν στον περιορισμό των παρεμβολών (leakage) που μπορούν να προκύψουν όταν αναλύεται το σήμα. Κάθε τύπος παραθύρου έχει διαφορετικές ιδιότητες.

Για να επιλέξετε ένα παράθυρο:

1. Κάντε κλικ στο αναπτυσσόμενο μενού δίπλα από την ένδειξη "Window" στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης.
2. Επιλέξτε είτε:
  - **Hanning**: έχει σχήμα καμπύλης ημιτονοειδούς και παρέχει ομαλότερες μεταβάσεις, μειώνοντας τον θόρυβο στις άκρες του παραθύρου
  - **Hamming**: είναι παρόμοιο με το Hanning, έχοντας μικρές διαφορές στον υπολογισμό. Βοηθά στην μείωση των παρεμβολών, παρουσιάζοντας μια ελαφρώς καλύτερη απομόνωση των συχνοτήτων σε σχέση με το Hanning
  - **Hann**: αποτελεί την ίδια επιλογή με το Hanning window. Το όνομα Hann χρησιμοποιείται εναλλακτικά σε ορισμένα συστήματα
  - **Blackman**: είναι πιο περίπλοκο παράθυρο σε σχέση με τα παραπάνω. Προσφέρει μεγαλύτερο περιορισμό των παρεμβολών υποβαθμίζοντας όμως την ανάλυση των συχνοτήτων
  - **Rectangle**: είναι το πιο βασικό παράθυρο, χωρίς μεταβολή των δεδομένων. Δεν μειώνει τον θόρυβο, με αποτέλεσμα να εμφανίζει πιο πολλές παρεμβολές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα παράθυρα.

### Γράφημα Ανάλυσης Μετασχηματισμού Fourier (FFT)

Στην κορυφή της προβολής των 'Πληροφοριών Συχνότητας' του λογισμικού EmotivPRO εμφανίζεται επίσης μια ανάλυση και ρύθμιση των γραφημάτων FFT του επιλεγμένου καναλιού ως dB ανά συχνότητα (Hz). Οι παράμετροι μπορούν να προσαρμοστούν, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία στην αριστερή πλευρά της οθόνης.

Οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- **amax, amin**: ρύθμιση του μέγιστου και ελάχιστη πλάτους (dB) για τον άξονα y.
- **fmax, fmin**: ρύθμιση της μέγιστη και ελάχιστης συχνότητα (Hz) για τον άξονα x.

- **length:** ρύθμιση του μήκους της μετασχηματισμένης ανάλυσης FFT.
- **step:** ρύθμιση το βήματος της ανάλυσης FFT.

### Band Power Graph

Το ραβδόγραμμα στην κάτω πλευρά της προβολής ‘Πληροφοριών Συχνότητας’ εμφανίζει την ισχύ των ζωνών συχνοτήτων θήτα (4-8Hz), άλφα (8-12Hz), χαμηλό βήτα (12-16Hz), υψηλό βήτα (16-25Hz) και γάμα (25-45Hz) για το επιλεγμένο κανάλι. Ουσιαστικά καταγράφει την ένταση των εγκεφαλικών σημάτων για τις παραπάνω ζώνες συχνοτήτων. Μπορείτε να προσαρμόσετε τις παραμέτρους χρησιμοποιώντας τα εργαλεία στην κάτω αριστερή πλευρά της οθόνης.

Οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- **pmax, pmin:** ρύθμιση του μέγιστου και ελάχιστου πλάτους για τον κατακόρυφο άξονα y.
- **autoscale:** κλιμακώνει αυτόματα τα δεδομένα, ώστε η μέγιστη τιμή να προσαρμόζεται στον κατακόρυφο άξονα y και να ενημερώνεται ανάλογα ο άξονας, χωρίς να χρειάζεται χειροκίνητη ρύθμιση των τιμών pmax και pmin

Κατά την εξαγωγή δεδομένων μπορείτε να επιλέξετε να εξάγετε τα δεδομένα που δείχνουν την ισχύ της κάθε ζώνης συχνοτήτων σε διάφορες χρονικές στιγμές. Συνήθως τα αρχεία εξαγωγής περιέχουν στήλες που αντιπροσωπεύουν το χρόνο, την ισχύ για κάθε ζώνη συχνοτήτων και άλλες σχετικές πληροφορίες. Η δυνατότητα εξαγωγής αυτών των δεδομένων είναι χρήσιμη για αναλυτές και ερευνητές που θέλουν να διερευνήσουν την εγκεφαλική δραστηριότητα σε βάθος, χρησιμοποιώντας προχωρημένα εργαλεία ανάλυσης και προγραμματισμού.

### 6.5.3 Μετρήσεις Απόδοσης (Performance Metrics)

Οι Μετρήσεις Απόδοσης (Performance Metrics) είναι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας των δεδομένων ή των διαδικασιών που σχετίζονται με τη χρήση του ηλεκτροεγκεφαλογράφου και άλλων συσκευών μέτρησης. Στην πλατφόρμα EmotivPRO οι μετρήσεις απόδοσης μπορούν να βρεθούν στο μενού στην αριστερή πλευρά της οθόνης. Οι Μετρήσεις Απόδοσης είναι κρίσιμες για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ακρίβειας των δεδομένων που παρέχει το ΗΕΓ, ειδικά σε ερευνητικά ή κλινικά περιβάλλοντα, όπου η αξιοπιστία των μετρήσεων είναι απαραίτητη. Οι μετρήσεις απόδοσης για το Eros FLEX υποστηρίζονται μόνο όταν τα ηλεκτρόδια του είναι χαρτογραφημένα, σύμφωνα με τη διαμόρφωση αισθητήρων του EROC X.

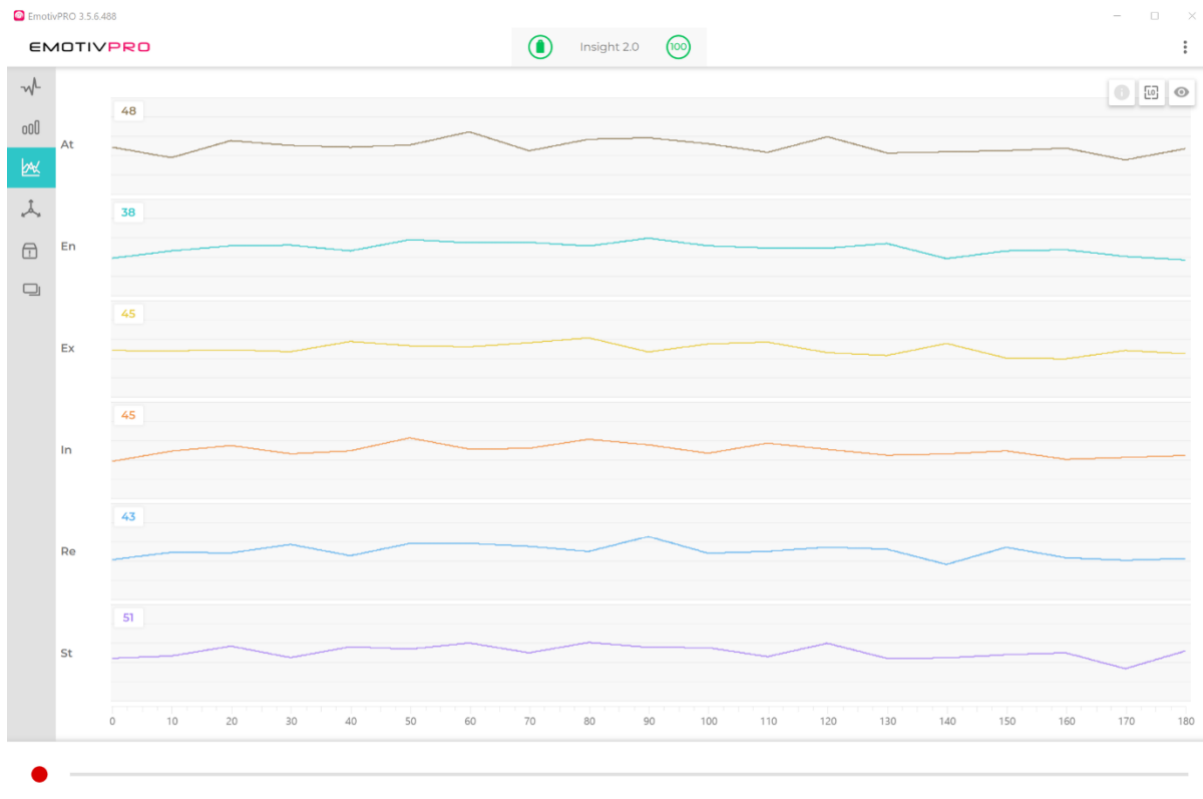
Οι Μετρήσεις Απόδοσης (Performance Metrics) εμφανίζονται στο EmotivPRO με κλιμακωτό άξονα, που κυμαίνεται από 0 έως 100. Τα αρχεία δεδομένων που εξάγονται για τις μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν τόσο τις κλιμακωτές όσο και τις μη κλιμακωτές εκδοχές των δεδομένων.



Μάλιστα παρέχονται με ρυθμό δειγματοληψίας 0,1 Hz για την εξαγωγή δεδομένων, την αναπαραγωγή και την προεπισκόπηση στο EmotivPRO.

### Γραφήματα Μετρήσεων Απόδοσης

Τα γραφήματα Μετρήσεων Απόδοσης περιλαμβάνουν έξι μετρήσεις για την ψυχική κατάσταση του συμμετέχοντα (μόνο όταν τα ηλεκτρόδια του Ερος FLEX είναι χαρτογραφημένα με βάση την διαμόρφωση του ΕΡΟΣ Χ).



**Εικόνα 42:** Μετρήσεις Επιδόσεων (Performace Metrics) [17]

Οι Μετρήσεις Απόδοσης παρέχουν πληροφορίες για την ψυχολογική κατάσταση και την εμπλοκή του ατόμου κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας. Πιο αναλυτικά:

#### 1. Άγχος (Stress, St):

- Ορισμός: Μετράει την άνεση που αισθάνεται ο συμμετέχων κατά την εκτέλεση μιας εργασίας. Υψηλό άγχος μπορεί να προκύψει από την αδυναμία ολοκλήρωσης μιας δύσκολης εργασίας, την αίσθηση υπερφόρτωσης και τον φόβο αρνητικών συνεπειών κατά την αδυναμία κάλυψης των απαιτήσεων της εργασίας.
- Επιπτώσεις: Γενικά, ένα χαμηλό έως μέτριο επίπεδο άγχους μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα, ενώ ένα υψηλότερο επίπεδο μπορεί να είναι καταστροφικό και να έχει μακροπρόθεσμες συνέπειες για την υγεία και ευημερία.

#### 2. Εμπλοκή (Engagement, En):

- Ορισμός: κατάσταση εγρήγορσης και συνειδητής κατεύθυνσης της προσοχής προς τα ερεθίσματα που σχετίζονται με την εκάστοτε εργασία. Μετρά το επίπεδο της συμμετοχής και αφοσίωσης στη δραστηριότητα την δεδομένη χρονική στιγμή και αποτελεί μια μίξη προσοχής και συγκέντρωσης, σε αντίθεση με την πλήξη.
- Χαρακτηριστικά: Αυξημένη φυσιολογική διέγερση και κύματα βήτα, με μειωμένα κύματα άλφα. Όσο μεγαλύτερη η προσοχή, η εστίαση και ο φόρτος εργασίας, τόσο υψηλότερη είναι η αναφερόμενη βαθμολογία.

### 3. Ενδιαφέρον (Interest, In):

- Ορισμός: Ο βαθμός έλξης ή αποστροφής προς το τρέχον ερέθισμα, το περιβάλλον ή τη δραστηριότητα.
- Επιπτώσεις: Χαμηλές βαθμολογίες ενδιαφέροντος υποδεικνύουν αποστροφή προς την εκτέλεση της εργασίας, ενώ υψηλές βαθμολογίες δείχνουν σημαντική προτίμηση. Μεσαίες βαθμολογίες υποδεικνύουν ουδέτερη στάση προς τη δραστηριότητα.

### 4. Ενθουσιασμός (Excitement, Ex):

- Ορισμός: Έξαρση ευχάριστων συναισθημάτων και ευχάριστης ψυχικής διάθεσης.
- Χαρακτηριστικά: Χαρακτηρίζεται από ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, η οποία προκαλεί φυσιολογικές αντιδράσεις όπως διαστολή των μαθητών, άνοιγμα των ματιών, ενίσχυση της εφίδρωσης, αύξηση του καρδιακού ρυθμού και της μυϊκής έντασης. Μεγαλύτερη αύξηση στη φυσιολογική διέγερση οδηγεί σε υψηλότερη βαθμολογία ανίχνευσης. Η ανίχνευση ενθουσιασμού ρυθμίζεται, για να παρέχει βαθμολογίες που αντικατοπτρίζουν τις βραχυπρόθεσμες αλλαγές σε διάφορα δευτερόλεπτα.

### 5. Προσοχή (Attention, At):

- Ορισμός: Καταγραφή της προσοχής που δίνεται σε μια συγκεκριμένη εργασία. Μετρά το βάθος της προσοχής καθώς και τη συχνότητα με την οποία η προσοχή αλλάζει μεταξύ των εργασιών.
- Επιπτώσεις: Υψηλό επίπεδο αλλαγής εργασιών υποδεικνύει χαμηλή αφοσίωση και απόσπαση της προσοχής, που επηρεάζει την ανίχνευση.

### 6. Χαλάρωση (Relaxation, Re):

- Ορισμός: Μέτρηση της ικανότητας ανάκτησης των δυνάμεων μετά από έντονη συγκέντρωση.
- Χαρακτηριστικά: αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αξιολόγηση της ικανότητας του ατόμου να αποφεύγει το άγχος και να επιστρέφει σε κατάσταση ηρεμίας.

Για να εστιάσετε σε μια συγκεκριμένη μέτρηση απόδοσης, μπορείτε να επιλέξετε σε ποιες μετρήσεις απόδοσης θέλετε να εστιάσετε:

1. Στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης, κάντε κλικ στο εικονίδιο του ματιού.
2. Θα εμφανιστεί ένα αναδυόμενο παράθυρο με τις μετρήσεις απόδοσης, που μπορεί ο χρήστης να επιλέξει.
3. Κάντε κλικ στις μετρήσεις απόδοσης που θέλετε να δείτε.

Η δυνατότητα εναλλαγής σας επιτρέπει να δείτε όλες ή καμία από τις μετρήσεις απόδοσης. Για να χρησιμοποιήσετε τη δυνατότητα εναλλαγής:

1. Στην επάνω δεξιά γωνία της οθόνης, κάντε κλικ στο εικονίδιο του ματιού.
2. Θα ανοίξει ένα αναδυόμενο παράθυρο που θα εμφανίζει τις μετρήσεις απόδοσης που μπορεί ο χρήστης να επιλέξει
3. Κάντε κλικ στο κουμπί "Toggle". Αυτό θα επιλέξει ή θα αποεπιλέξει όλες τις μετρήσεις απόδοσης.

Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί εύκολα να προσαρμόσει την προβολή των μετρήσεων απόδοσης σύμφωνα με τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας, είτε εστιάζοντας σε συγκεκριμένες μετρήσεις είτε εναλλάσσοντας την προβολή όλων των διαθέσιμων μετρήσεων.

#### 6.5.4 Προβολή Κίνησης (Motion)

Η προβολή κίνησης 'Motion' εμφανίζει δεδομένα από τους αισθητήρες κίνησης, τα οποία απεικονίζουν τη θέση και τον προσανατολισμό της μονάδας ελέγχου, χρησιμοποιώντας μια συνδυασμένη ανάλυση από τους παρακάτω αισθητήρες:

- **Μαγνητόμετρο (Magnetometer):** Μετράει τον προσανατολισμό της μονάδας ελέγχου σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο της Γης, προσδιορίζοντας την κατεύθυνση της.
- **Επιτάχυνση (Accelerometer):** Μετράει την επιτάχυνση της μονάδας ελέγχου και κατ' επέκταση του κεφαλιού σας σε τρεις άξονες (X, Y, Z), βοηθώντας στην κατανόηση των κινήσεων και της θέσης.  
Ανάλυση των δεδομένων κίνησης: 8 bits  
Συχνότητα δειγματοληψίας: 16Hz
- **Αναπαράσταση Περιστροφής (Quaternion):** Παρέχουν δεδομένα για τη γωνιακή περιστροφή του κεφαλιού, περιγράφοντας την κίνηση με ακρίβεια. Δείχουν την περιστροφή της μονάδας ελέγχου σε τρισδιάστατο χώρο.

Η προβολή 'Motion', παρέχει τη δυνατότητα να κατανοήσει ο χρήστης καλύτερα τη θέση και την κίνηση της μονάδας ελέγχου, κάτι που μπορεί να είναι χρήσιμο για διάφορες εφαρμογές, όπως η βελτίωση της άνεσης του χρήστη και η ανάλυση της κίνησης σε ερευνητικές μελέτες.

#### 3D Visualization

Το EmotivPRO παρέχει μια 3D απεικόνιση του αισθητήρα κίνησης, που αναπαρίσταται από ένα κύβο. Ο κύβος απεικονίζει με ακρίβεια την περιστροφή της συσκευής κατά μήκος των αξόνων X, Y και Z.

Βασικά Στοιχεία:

#### 1. Απεικόνιση Κύβου:

- Ο κύβος στην 3D απεικόνιση δείχνει την περιστροφή της μονάδας ελέγχου σε πραγματικό χρόνο.
- Ο κύβος παρέχει μια οπτική αναπαράσταση της κίνησης της μονάδας ελέγχου, αναλύοντας την περιστροφή γύρω από τους τρεις κύριους άξονες.

#### 2. Βαθμονόμηση του Κύβου:

- Για να καλιμπράρετε τον κύβο, ενεργοποιήστε την μονάδα ελέγχου και κάντε κλικ στην επιλογή Calibrate (Καλιμπράρισμα). Αυτό ρυθμίζει τον κύβο στη θέση 0, εξασφαλίζοντας ακριβή αναπαράσταση της αρχικής θέσης.

#### 3. Αντανάκλαση:

- Επιλογή Αντανάκλασης: Η επιλογή αντανάκλασης ενεργοποιείται αυτόματα, έτσι ώστε η ροζ ένδειξη να δείχνει προς εσάς όταν το ακουστικό είναι τοποθετημένο σωστά.
- Μη Επιλεγμένη Αντανάκλαση: Εάν η επιλογή αντανάκλασης δεν είναι επιλεγμένη, η ροζ ένδειξη θα δείχνει μακριά από εσάς και η μπλε ένδειξη θα δείχνει προς εσάς.
- Βεβαιωθείτε ότι η επιλογή αντανάκλασης είναι ενεργοποιημένη, έτσι ώστε οι ενδείξεις να αντιστοιχούν σωστά στην τοποθέτηση.

#### 4. Ανάλυση Περιστροφής:

- Η παρακολούθηση της περιστροφής του κύβου είναι ωφέλιμη για την κατανόηση της κίνησης και της περιστροφής της μονάδας ελέγχου σε τρεις διαστάσεις.

### Περιστροφή, Ροή και Κλίση του Κύβου

#### Περιστροφή (Rotation)

- Ορισμός: Η μέτρηση της περιστροφής του κύβου κατά μήκος του άξονα Y (γνωστός και ως άξονας κατεύθυνσης).
- Ρυθμίσεις:
  - Θέση 0: Ορίζεται όταν το βέλος είναι σε κατακόρυφη θέση στο μετρητή περιστροφής.
  - Περιγραφή: Η περιστροφή δείχνει την κατεύθυνση του κύβου, όπως αυτή προσδιορίζεται γύρω από τον άξονα Y.

#### Ροή (Roll)

- Ορισμός: Η μέτρηση της περιστροφής του κύβου κατά μήκος του άξονα Z. Εναλλακτικά, περιγράφεται ως κλίση προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά.

- Ρυθμίσεις:
  - Θέση 0: Ορίζεται σε οριζόντια θέση στο μετρητή ροής.
  - Περιγραφή: Οι ροζ και μπλε κουκκίδες στον μετρητή παραμένουν σε σταθερή θέση, καταγράφοντας την περιστροφή του κύβου γύρω από τον άξονα Z.

### Κλίση (Pitch)

- Ορισμός: Η μέτρηση της περιστροφής του κύβου κατά μήκος του άξονα X. Εναλλακτικά, περιγράφεται ως κλίση προς τα επάνω ή προς τα κάτω.
- Ρυθμίσεις:
  - Θέση 0: Ορίζεται σε οριζόντια θέση στον μετρητή κλίσης.
  - Περιγραφή: Ο μετρητής κλίσης καταγράφει την κλίση του κύβου γύρω από τον άξονα X

### 6.5.5 Πακέτα δεδομένων (Data Packets)

Τα πακέτα δεδομένων στην πλατφόρμα του EmotivPro περιλαμβάνουν τα ακατέργαστα και επεξεργασμένα δεδομένα των εγκεφαλικών κυμάτων, τα οποία έχουν συλλεχθεί από τα ηλεκτρόδια. Ουσιαστικά τα λεγόμενα Data Packets δείχνουν τον αριθμό των πακέτων δεδομένων που μεταφέρονται επιτυχώς μέσω των ηλεκτροδίων στον υπολογιστή, καθώς και όσων χάνονται. Οι γκρί κυματομορφές παρουσιάζουν έναν επαναλαμβανόμενο κύκλο (διάρκειας του 1sec) των δεδομένων, τα οποία συλλέγονται είτε σε συχνότητες των 128 ή 256Hz. Οι ομοιόμορφα κατανομημένες κυματομορφές αντιπροσωπεύουν μια επαρκή συλλογή δεδομένων σε αντίθεση με τις ανομοιόμορφες που προκύπτει σημαντική απώλεια πακέτων. Οι ροζ κάθετες γραμμές αντιστοιχούν σε πακέτα δεδομένων που χάνονται, κάτι που αναδεικνύεται με τον ανάλογο αριθμό κάτω από τις ροζ γραμμές.

Σε περίπτωση που ο αριθμός απώλειας πακέτων δεδομένων είναι αρκετά υψηλός προτείνονται οι παρακάτω λύσεις:

- Η χρήση ενός USB extender για να συνδεθεί η μονάδα ελέγχου με τον υπολογιστή, θα φανεί ωφέλιμη καθώς θα μειωθούν τυχόν παρεμβολές από τον υπολογιστή. Θα πρέπει μάλιστα να είναι όσο το δυνατόν μακριά από άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.
- Εάν η σύνδεση γίνεται μέσω Bluetooth, προσπαθήστε να μειώσετε τον αριθμό άλλων συσκευών που έχουν συνδεθεί στον υπολογιστή μέσω Bluetooth.

### 6.6 Οδηγίες καταγραφής HEF

Το EmotivPRO δίνει τη δυνατότητα καταγραφής όλων των δεδομένων με σκοπό την αναπαραγωγή, ανάλυση και εξαγωγή τους. Μάλιστα είναι δυνατή η καταγραφή δεδομένων σε οποιαδήποτε από τις κατηγορίες (Raw EEG, Data Packets, Motion, Performance Metrics, FFT/Band Power). Στο κάτω μέρος της οθόνης του EmotivPRO εμφανίζεται χρονομετρητής καθ'όλη την διάρκεια της καταγραφής.

Σχετικά με την καταγραφή:

1. Πριν ξεκινήσετε την καταγραφή θα πρέπει να ελέγξετε το επίπεδο της μπαταρίας, καθώς και την ποιότητα επαφής μεταξύ των ηλεκτροδίων και του κεφαλιού.
2. Για να ξεκινήσει η καταγραφή αρκεί να πατήσετε το κουμπί καταγραφής στην οθόνη.
3. Στο αναδυόμενο πλαίσιο που θα εμφανιστεί η σήμανση 'Γράψτε ένα όνομα για την καταγραφή' και ένα 'SubjectID' (τα SubjectID από προηγούμενες χρήσεις θα εμφανίζονται ως προτεινόμενα ενώ πληκτρολογείτε).
4. Έπειτα επιλέξτε το πεδίο 'Start Recording' για να ξεκινήσει η καταγραφή.
5. Εάν επιθυμείτε να σταματήσετε μια καταγραφή, κάντε κλικ στο κουμπί διακοπής στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης.
6. Σημαντική προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί καταγραφή είναι ο υπολογιστής να μην είναι σε λειτουργία sleep mode, καθώς το EmotivPRO δεν θα καταγράψει δεδομένα.

Για την προσθήκη σημείωσης θα πρέπει να:

1. Να τεθεί σε παύση η καταγραφή του EmotivPRO, μέσω του πεδίου επιλογής 'Stop' στην οθόνη.
2. Εφόσον ολοκληρωθεί το παραπάνω βήμα ένα αναδυόμενο παράθυρο θα εμφανιστεί στην οθόνη.
3. Στο εσωτερικό του μπορεί να γίνει η καταγραφή της σημείωσης (έως 1000 χαρακτήρες).
4. Για να αποθηκεύσετε την σημείωση, κάντε κλικ στην επιλογή Save.
5. Εφόσον ο χρήστης δεν επιθυμεί την προσθήκη σημείωσης, μπορεί να παραλείψει την παραπάνω διαδικασία.

### Καταγραφή αναφοράς

Αυτή η διαδικασία παρέχει ένα σημείο αναφοράς ή αλλιώς μια βασική γραμμή, κατά την οποία μια τυποποιημένη βασική καταγραφή γίνεται στην αρχή κάθε συνεδρίας στο EmotivPRO, με σκοπό να συγκριθούν οι μετέπειτα καταγραφές, είτε από το ίδιο υποκείμενο σε διαφορετικές ημέρες είτε από διαφορετικά υποκείμενα. Στόχος αυτών των καταγραφών είναι η ομαλή σύγκριση και ανάλυση των δεδομένων. Μάλιστα μπορούν να αποθηκευτούν για να χρησιμοποιηθούν μεταγενέστερα σε έρευνα, προσφέροντας αξιόλογες πληροφορίες. Πρόκειται για μια σύντομη καταγραφή του υποκειμένου με ανοιχτά και στη συνέχεια κλειστά μάτια. Για την ενεργοποίηση αυτής της λειτουργίας θα πρέπει να επιλεγεί το πεδίο 'Include Baseline' στο αναδυόμενο παράθυρο του 'Start Recording'. Μάλιστα η διάρκεια της καταγραφής είναι αυτόματα ρυθμισμένη στα 30sec.

### **Baseline Protocol**

Με την επιλογή του πεδίου 'Start Recording' η λειτουργία Baseline Protocol θα ξεκινήσει και θα ολοκληρωθεί σε έξι στάδια.

1. 3sec χρόνος προετοιμασίας, με αντίστροφη μέτρηση.
2. 15sec καταγραφή με ανοιχτά μάτια, με αντίστροφη μέτρηση.
3. Ένδειξη οθόνης (διάρκειας 2sec) για ολοκλήρωση του πρώτου σταδίου.
4. 3sec χρόνος προετοιμασίας, με αντίστροφη μέτρηση.
5. 15sec καταγραφή με κλειστά μάτια, με αντίστροφη μέτρηση.
6. Ένδειξη οθόνης (διάρκειας 2sec) για ολοκλήρωση του πρώτου σταδίου.

Κατά την εκκίνηση και το τέλος της καταγραφής και στα δύο στάδια θα ακουστεί ένας χαρακτηριστικός ήχος, ενώ μόλις ολοκληρωθεί η λειτουργία baseline recording η καταγραφή του ΗΕΓ θα ξεκινήσει αυτομάτως.

### 6.7 Δείκτες Συμβάντων (Event markers)

Το EmotivPRO παρέχει την δυνατότητα στους χρήστες προσθήκης σήμανσης γεγονότων σε συγκεκριμένες περιοχές ενδιαφέροντος κατά την καταγραφή του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Είναι μία τεχνική που επιτρέπει την επισήμανση συγκεκριμένων χρονικών στιγμών ή συμβάντων, τα οποία είναι σημαντικά για την μετέπειτα ανάλυση του σήματος. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί εύκολα να εντοπίσει τα γεγονότα που επιθυμεί κατά την αναπαραγωγή ή την ανάλυση και να επιστρέψει σε αυτές, αξιολογώντας πιο αποτελεσματικά την δραστηριότητα του εγκεφάλου την δεδομένη στιγμή. Το EmotivPRO επιτρέπει την εισαγωγή των σημάνσεων, κατά την ροή του εγκεφαλογραφήματος χειροκίνητα μέσω του πληκτρολογίου του υπολογιστή ή μέσω θύρας USB ή Extender, σε περίπτωση που χρειάζεται άλλες εφαρμογές να παρουσιάσουν τα ερεθίσματα και να καταγράψουν τα γεγονότα αυτομάτως. Οποιοσδήποτε δείκτης εισαχθεί θα εμφανίζεται στην ροή στην χρονική στιγμή της καταγραφής κατά την αναπαραγωγή. Επίσης οι σημάνσεις γεγονότων (event markers) θα περιλαμβάνονται στα εξαγόμενα CSV αρχεία της εφαρμογής. Οι σημάνσεις γεγονότων (event markers) μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Σημείωση της έναρξης ή λήξης ενός πειράματος
- Επισήμανση συγκεκριμένων εξωτερικών ερεθισμάτων
- Εντοπισμός αντιδράσεων στην συμπεριφορά του ατόμου

#### Δείκτες χρονοδιαγράμματος

Εάν προσθέσετε δείκτες σε μια καταγραφή, τα αντίστοιχα εικονίδια τοποθετούνται στο χρονοδιάγραμμα.

Οι δείκτες περιλαμβάνουν:

- Μπλε γραμμές - Keystroke Markers
- Γκρι γραμμές - USB Markers
- Ροζ γραμμές - Serial Port Markers



Τη στιγμή ενός προδιαγεγραμμένου συμβάντος, θα βλέπετε επίσης κάθετες γραμμές στη ροή δεδομένων. Οι κάθετες αυτές γραμμές εμφανίζονται στη ροή των Raw EEG, Performance Metrics και Motion.

#### 6.7.1 Δείκτες Αναφροάς (Baseline Markers)

Οι συγκεκριμένοι δείκτες χρησιμοποιούνται για να σημειώσουν περιόδους, όπου το άτομο είναι σε μια ουδέτερη κατάσταση, κατά την οποία δεν υπάρχουν ερεθίσματα. Αυτή η περίοδος αναφοράς στοχεύει στην σύγκριση της εγκεφαλικής δραστηριότητας πριν ή μετά από ένα ερέθισμα ή μία ενέργεια. Οι χρόνοι έναρξης των δεικτών εμφανίζονται ως κάθετες ροζ γραμμές κατά την καταγραφή του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος και απεικονίζονται στην προβολή του Raw EEG και Motion. Η ακριβής θέση μπορεί να βρεθεί στο αρχείο "markers" που εξάγεται μαζί με τα δεδομένα, εάν ζητηθεί.

#### 6.7.2 Δείκτες Πληκτρολόγησης (Keystroke markers)

Οι συγκεκριμένοι δείκτες τοποθετούνται στην καταγραφή, για να σηματοδοτήσουν χρονικές στιγμές κατά τις οποίες ο συμμετέχων εκτελεί κάποια κίνηση ή δραστηριότητα. Χρησιμοποιούνται για να σημειώσουν την στιγμή μιας συγκεκριμένης ενέργειας και να βοηθήσουν στην μελέτη της δραστηριότητας του εγκεφάλου, που σχετίζεται με σωματικές ενέργειες, όπως οι μηχανισμοί κίνησης.

Για να προσθέσετε έναν Δείκτη Πληκτρολόγησης (keystroke marker):

1. Κάντε κλικ στις Ρυθμίσεις που βρίσκονται στην επάνω δεξιά πλευρά του EmotivPRO.
2. Επιλέξτε την Σήμανση πληκτρολόγησης από το μενού στην αριστερή πλευρά της οθόνης.
3. Τέλος επιλέξτε την επιλογή Προσθήκης νέου δείκτη 'keystroke marker'.
4. Έπειτα θα εισάγετε τιμές για:
  - Πλήκτρο (το πλήκτρο στον υπολογιστή που θα ενεργοποιεί κατ' αποκλειστικότητα τον δείκτη)
  - Περιγραφή (μια σύνοψη ή όνομα για αυτόν τον δείκτη)
  - Τιμή (μια μοναδική αριθμητική τιμή (ακέραιος αριθμός μεταξύ 0 και 255) που θα αντιπροσωπεύει αυτόν τον δείκτη στη χρονική γραμμή καταγραφής και στο αρχείο που θα εξαχθεί)
5. Κάντε κλικ στο πεδίο Προσθήκη για να γίνει αποθήκευση του νέου δείκτη.

#### Διαμόρφωση Δεικτών Πληκτρολόγησης

Το EmotivPRO επιτρέπει την διαμόρφωση δεικτών προσθέτοντας τις δικές σας ρυθμίσεις και αποθηκεύοντας τις για μελλοντικά πειράματα. Οι ρυθμίσεις αυτές αποθηκεύονται αυτόματα στο EMOTIV Cloud, ώστε να μπορείτε να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε συσκευή μέσω του EmotivPRO.

Για να δημιουργήσετε μια νέα συνθήκη τα βήματα είναι τα εξής:

1. Από το μενού των Ρυθμίσεων που βρίσκονται στην επάνω δεξιά πλευρά του EmotivPRO, θα επιλέξετε την σήμανση πληκτρολόγησης και έπειτα το εικονίδιο με τις τρεις γραμμές στη δεξιά πλευρά της οθόνης.
2. Κάντε κλικ στο πεδίο 'Νέα Διαμόρφωση' στην κορυφή της αναπτυσσόμενης λίστας και εισάγετε ένα όνομα για τη νέα συνθήκη.
3. Η νέα συνθήκη θα εμφανιστεί στη λίστα συνθηκών δεικτών.

Υπάρχουν δύο τρόποι για να προσθέσετε δείκτες κατά την διάρκεια μιας συνεδρίας.

#### 1. Πληκτρολόγηση του αριθμού με τον οποίο σχετίζεται το γεγονός

- Πληκτρολογήστε τον αριθμό που σχετίζεται με τον δείκτη στο πληκτρολόγιο σας τη στιγμή του γεγονότος.
- Όταν πληκτρολογήσετε τον αριθμό, θα εμφανιστεί μια κάθετη ροζ γραμμή στη ροή δεδομένων.

#### 2. Προσθήκη δείκτη με την χρήση του ποντικιού

- Θα ανοίξετε την ρύθμιση 'Legend' και κάθε φορά που χρειάζεται να σημειώνετε ένα γεγονός στην ροή της συνεδρίας, θα επιλέγετε τον κατάλληλο δείκτη από το αναδυόμενο παράθυρο. Έτσι θα εμφανιστεί μια ροζ κάθετη γραμμή στη ροή δεδομένων για να σημειωθεί το γεγονός.

Υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης δεικτών σε Raw EEG, Performance Metrics και Motion, έτσι ώστε να είναι εφικτή πιο εύκολα και άμεσα η ανασκόπηση των γεγονότων.

### 6.7.3 USB Markers

Για να χρησιμοποιήσετε δείκτες που αποστέλλονται στο λογισμικό του EmotivPRO μέσω USB θα πρέπει να:

1. Από την λίστα ρυθμίσεων που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του EmotivPRO, θα επιλέξετε την επιλογή 'USB marking'
2. Μετά μεταβείτε στην λίστα 'USB Device', επιλέξτε την συσκευή USB που θέλετε να συνδέσετε και πατήστε Έναρξη. (Οι τιμές δεικτών από μια θύρα USB κυμαίνονται από 0 έως 127)

### 6.8 Ιστορικό Καταγραφών ΗΕΓ

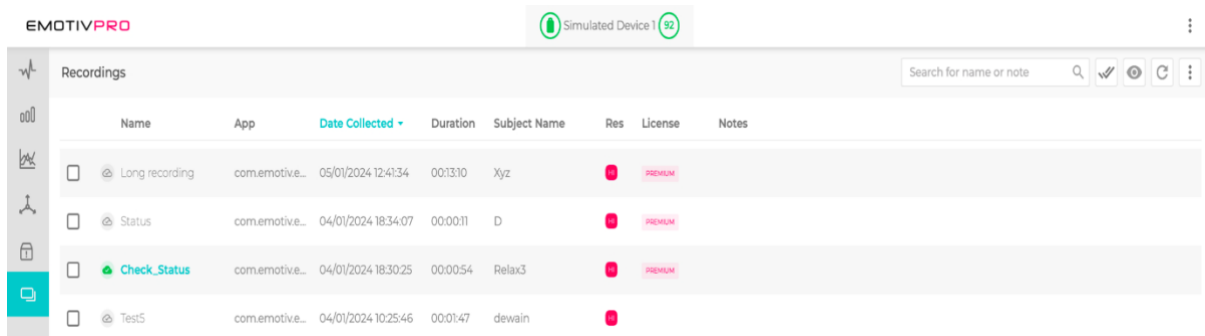
Το ιστορικό στην πλατφόρμα του EmotivPRO περιλαμβάνει μία λίστα με όλα τα αρχεία ΗΕΓ που έχουν καταγραφεί. Με αυτό τον τρόπο είναι αρκετά εύκολο οι χρήστες να ανατρέξουν σε προηγούμενες καταγραφές και να αναλύσουν ήδη υπάρχουσες πληροφορίες. Αναλυτικότερα η λίστα περιλαμβάνει:

- Όνοματα των καταγραφών
- ID Υποκειμένου (Subject ID)

- Ημερομηνία καταγραφής
- Διάρκεια καταγραφής
- Σημειώσεις καταγραφής

Μπορείτε να ταξινομήσετε και να αναζητήσετε εύκολα τα αρχεία ΗΕΓ που είναι αποθηκευμένα στο ιστορικό του EmotivPRO κατά:

- Όνομα
- Subject ID
- Διάρκεια



Name	App	Date Collected	Duration	Subject Name	Res	License	Notes
Long recording	com.emotive...	05/01/2024 12:41:34	00:13:10	Xyz	PREMIUM		
Status	com.emotive...	04/01/2024 18:34:07	00:00:11	D	PREMIUM		
Check_Status	com.emotive...	04/01/2024 18:30:25	00:00:54	Relax3	PREMIUM		
Test5	com.emotive...	04/01/2024 10:25:46	00:01:47	dewain			

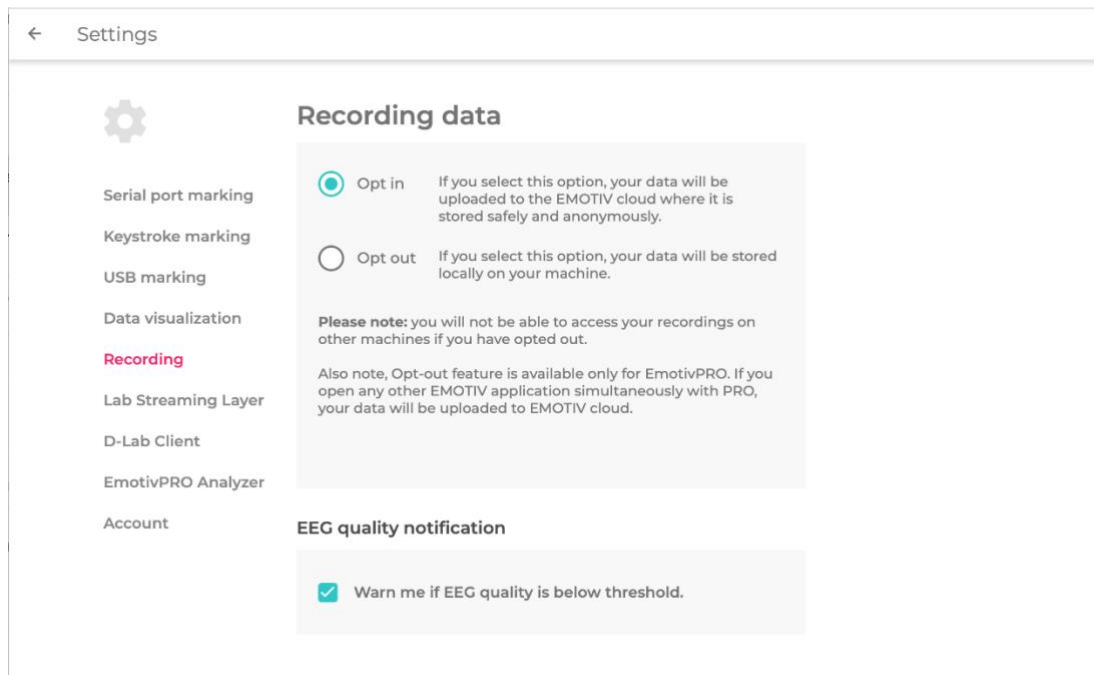
**Εικόνα 43** : Παράδειγμα ιστορικού καταγραφών στο EmotivPRO [17]

## 6.9 Συγχρονισμός δεδομένων στο Cloud

Όλες οι καταγραφές ΗΕΓ που πραγματοποιούνται στο EmotivPRO αποθηκεύονται, έτσι ώστε ο χρήστης να έχει πρόσβαση σε αυτές μετά από κάθε καταγραφή που ολοκληρώνεται, χωρίς να είναι προαπαιτούμενη η σύνδεση του υπολογιστή στο διαδίκτυο. Δίνεται επίσης η δυνατότητα αυτόματης αποθήκευσης των καταγεγραμμένων ΗΕΓ στο EMOTIV Cloud. Μάλιστα εφόσον επιλεγθεί η αποθήκευση των καταγραφών στο EMOTIV Cloud, είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτά από άλλους υπολογιστές που μοιράζονται την άδεια χρήσης του EmotivPRO (εάν ισχύει). Τα αρχεία ΗΕΓ που δεν είναι αποθηκευμένα στο EMOTIV Cloud, δεν θα είναι προσβάσιμα σε άλλες συσκευές που μοιράζονται την άδεια χρήσης του EmotivPRO.

Για να καταργήσετε την ρύθμιση αυτόματης αποθήκευσης των καταγεγραμμένων ΗΕΓ από το EMOTIV Cloud:

1. Κάντε κλικ στην επιλογή Ρυθμίσεις, η οποία βρίσκεται στην επάνω δεξιά πλευρά του EmotivPRO.
2. Επιλέξτε το πεδίο Recording (Καταγραφή) από τη γραμμή πλοήγησης στην αριστερή πλευρά της οθόνης.



**Εικόνα 44** : Cloud synchronization [17]

3. Έτσι επιλέγοντας την ρύθμιση "Opt out" γίνεται παύση της αποθήκευσης των καταγραφών ΗΕΓ στο EMOTIV Cloud.

## 6.10 Αναπαραγωγή & Διαγραφή Καταγραφών ΗΕΓ

1. Στην προβολή Καταγραφές του EmotivPRO, δίνεται μια λίστα με τις αποθηκευμένες καταγραφές.
2. Από την λίστα θα επιλέξετε την καταγραφή που θέλετε να αναπαραγάγετε.
3. Η αναπαραγωγή της καταγραφής που έχει επιλεγεί θα ξεκινήσει αυτόματα.
4. Για να επιλέξετε ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο της καταγραφής, μετακινήστε το 'scrubber' (τον ροζ κύκλο) αριστερά ή δεξιά κατά μήκος του χρονοδιαγράμματος. Το χρονικό σημείο του 'scrubber' εμφανίζεται δίπλα στη διάρκεια της καταγραφής στην κάτω αριστερή γωνία της οθόνης.
5. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής μιας καταγραφής μπορείτε να την διακόψετε ανά πάσα στιγμή.

Μπορείτε να αναπαράγετε μια καταγραφή με ταχύτητα x1, προβάλλοντας όλα τα παρακάτω:

- Raw EEG
- Performance Metrics
- Motion Sensors
- Data Packets
- FFT/Band Power

### Διαγραφή Καταγραφών ΗΕΓ

1. Μεταβείτε στην προβολή Καταγραφών του EmotivPRO.
2. Βρείτε και επιλέξτε την καταγραφή που θέλετε να διαγράψετε από τη λίστα.
3. Στη δεξιά πλευρά της επιλεγμένης καταγραφής θα επιλέξετε την σήμανση της διαγραφής.
4. Ένα αναδυόμενο παράθυρο θα σας ζητήσει να επιβεβαιώσετε ότι θέλετε να διαγράψετε την καταγραφή.
5. Η καταγραφή έχει πλέον διαγραφεί.

Σημείωση: Η διαγραφή μιας καταγραφής θα την αφαιρέσει μόνο από τη λίστα καταγραφών σας. Οι διαγραμμένες καταγραφές εξακολουθούν να είναι διαθέσιμες για προβολή σε άλλους υπολογιστές που μοιράζονται την ίδια άδεια χρήσης του EmotivPRO.

## 7. ΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΗΕΓ

Για την εξαγωγή καταγραφών ΗΕΓ από το EmotivPRO, ώστε να επεξεργαστούν σε άλλο πρόγραμμα ισχύουν τα παρακάτω:

1. Θα μεταβείτε στις " Καταγραφές" της εφαρμογής EmotivPRO και από εκεί στην καταγραφή που θέλετε να εξαγάγετε από τη λίστα.
2. Στη δεξιά πλευρά της επιλεγμένης καταγραφής θα επιλέξετε το εικονίδιο εξαγωγής.
3. Στην οθόνη θα εμφανιστεί ένα νέο παράθυρο με διάφορες επιλογές εξαγωγής δεδομένων. Επιλέξτε ή αναιρέστε πρόσθετα στοιχεία που θέλετε να εξαγάγετε, καθώς και αν θέλετε τα δεδομένα να εξαχθούν ως αρχείο CSV ή EDF.
4. Τα δεδομένα του ΗΕΓ θα εξαχθούν στον επιλεγμένο φάκελο. Η καταγραφή πρέπει πρώτα να συγχρονιστεί με την επιφάνεια εργασίας πριν εξαχθεί για πρώτη φορά. Θα πρέπει το εικονίδιο που είναι προς τα αριστερά του ονόματος του πειράματος να είναι πράσινο, έτσι ώστε να είναι συγχρονισμένο.

**EXPORT RECORDING**

<input checked="" type="checkbox"/> Motion	<input type="checkbox"/> Mental Commands
<input type="checkbox"/> Performance Metrics	<input type="checkbox"/> Facial Expressions
<input type="checkbox"/> Deprecated Performance Metrics	<input type="checkbox"/> Frequency Bands
<input checked="" type="checkbox"/> Markers (CSV)	<input checked="" type="checkbox"/> Demographics
	<input type="checkbox"/> Survey Data

**Export to**

EDF
  EDF+
  BDF+
  CSV

**Εικόνα 45** : Εξαγωγή καταγραφών στο EmotivPRO [17]

Σχετικά με την εξαγωγή καταγραφών ΗΕΓ που περιέχουν ‘keystroke markers’ ισχύει ότι:

Εάν η καταγραφή που εξαχθεί περιέχει ‘keystroke markers’, εξάγεται επίσης ένα αρχείο JSON. Το αρχείο JSON περιέχει τις περιγραφές για τους ‘keystroke markers’ και τις αντίστοιχες τιμές τους στα αρχεία EDF και CSV. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το EmotivPRO υποστηρίζει επί του παρόντος μόνο το Raw EEG και την ανάλυση συχνότητας για το EPOC Flex.

### 7.1 Αρχεία EDF (EDF Files)

Τα EDF (European Data Format) αποτελούν μία τυποποιημένη μορφή αρχείων για την αποθήκευση και την ανταλλαγή δεδομένων βιοσημάτων, όπως τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα. Ο σκοπός των EDF αρχείων είναι να καθιστούν εφικτή την εύκολη και συμβατή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και λογισμικών στους κλάδους της βιοϊατρικής μηχανικής, αλλά και της κλινικής ιατρικής. Κάθε EDF αρχείο περιλαμβάνει μια επικεφαλίδα που παρέχει δεδομένα για το αρχείο, όπως είναι η ταυτότητα του υποκειμένου, ο χρόνος καταγραφής και οι παράμετροι καταγραφών, καθώς και τα δεδομένα σήματος που καταγράφηκαν. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα των ΗΕΓ, καθώς και των αισθητήρων κίνησης αποθηκεύονται από το EmotivPRO σε μια τυποποιημένη δυαδική μορφή (EDF) η οποία είναι συμβατή με πολλά προγράμματα ανάλυσης ΗΕΓ.

Το EmotivPRO εξάγει το αρχείο σας σε 2 ξεχωριστά αρχεία EDF:

- 1 αρχείο με τα δεδομένα ΗΕΓ, την ποιότητα επαφής και την ποιότητα ΗΕΓ (Contact Quality & EEG Quality)

- 1 αρχείο με τα δεδομένα κίνησης

Σημείωση: Η τρέχουσα έκδοση του EmotivPRO υποστηρίζει τις στήλες του ακατέργαστου ΗΕΓ (Raw EEG) και της ανάλυσης συχνοτήτων (frequency analysis) για την συσκευή Eros Flex.

#### Χαρακτηριστικά των EDF αρχείων στο EmotivPRO:

1. **Καταγραφή πολυκαναλικών δεδομένων:** Τα EDF αρχεία περιλαμβάνουν δεδομένα από όσα κανάλια έχουν επιλεγεί κατά την διάρκεια της συνεδρίας, επιτρέποντας έτσι την ανάλυση των εγκεφαλικών κυμάτων σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου.
2. **Μεταδεδομένα:** Κάθε EDF αρχείο θα περιλαμβάνει κάποιες βασικές πληροφορίες όπως: ταυτότητα του χρήστη, ημερομηνία, ώρα καταγραφής και σχετικές παραμέτρους.
3. **Συμβατότητα:** Τα EDF αρχεία που προκύπτουν από την πλατφόρμα του EmotivPRO είναι συμβατά με άλλα λογισμικά που υποστηρίζουν τον EDF μορφότυπο, επιτρέποντας έτσι την εύκολη ανταλλαγή και ανάλυση δεδομένων.
4. **Επεξεργασία και ανάλυση:** Το λογισμικό του EmotivPro παρέχει στους χρήστες του εργαλεία και μία πληθώρα δυνατοτήτων για την επεξεργασία των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε EDF αρχεία.

#### Άνοιγμα αρχείου EDF

Για να ανοιχθεί ένα αρχείο EDF που δεν βρίσκεται στην λίστα καταγραφών στο EmotivPRO θα πρέπει να:

1. Μεταβείτε στην προβολή καταγραφών του EmotivPRO, και από εκεί στην επιλογή ανοίγματος καταγραφής.
2. Από το αναδυόμενο παράθυρο εξερεύνησης αρχείων που εμφανίζεται, επιλέξτε το αντίστοιχο αρχείο EDF. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το EmotivPRO παρέχει την δυνατότητα ανοίγματος μόνο των δεδομένων του ΗΕΓ (όχι δεδομένων κίνησης κτλ) για την συσκευή EROS Flex.

Όνομα στήλης	Τιμές
<b>Μετρητής (Counter)</b>	Αύξηση κατά 1 για κάθε δείγμα, μηδενίζεται κάθε δευτερόλεπτο
<b>Interpolated</b> (η διεργασία της διαμεσολάβησης χρησιμεύει στο να δημιουργηθούν νέα σημεία δεδομένων μεταξύ των υπάρχοντων με απώτερο στόχο μια πιο ομαλή και συνεχή αναπαράσταση δεδομένων )	0 εάν αυτό το δείγμα ΗΕΓ ελήφθη μέσω της μονάδας ελέγχου >0 εάν το Cortex έχει εκτελέσει κάποια μορφή διαμεσολάβησης στο δείγμα, είτε λόγω ελλιπούς σήματος, είτε λόγω θορύβου και παρεμβολών (Cortex είναι το λογισμικό του Emotiv που χρησιμοποιείται για καταγραφή και ανάλυση δεδομένων ΗΕΓ)
<b>Αισθητήρας</b> (πχ Pz, T7 κτλ)	Για κάθε ένα αισθητήρα του ΗΕΓ, λαμβάνεται 1 τιμή σε mV.

<b>Μπαταρία (BATTERY)</b>	Η στάθμη της μπαταρίας της μονάδας ελέγχου, από 0 έως 4.
<b>Ποσοστό μπαταρίας (BATTERY_PERCENT)</b>	Η στάθμη της μπαταρίας από 0 έως 100. Έχει τον ίδιο σκοπό με τη στήλη «Battery», αλλά είναι πιο ακριβής.
<b>MARKER_HARDWARE</b> (αναφέρεται σε εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση "markers" ή "ετικετών" στα δεδομένα που καταγράφονται, βοηθώντας στην οργάνωση και ερμηνεία τους, με την βοήθεια του EmotivPro Extender)	1 εάν χρησιμοποιήθηκε 0 εάν όχι
<b>CQ_&lt;sensor&gt;</b>	Η ποιότητα επαφής για κάθε ηλεκτρόδιο από 0 ως 4
<b>CQ_OVERALL</b>	Η συνολική ποιότητα επαφής είναι μια τιμή από 0 έως 100, που υπολογίζεται από τα επιμέρους CQ
<b>EQ_&lt;sensor&gt;</b> (περιγράφει την ποιότητα του σήματος που λαμβάνεται από τα ηλεκτρόδια)	0 έως 4
<b>EQ_SampleRateQua</b>	Τιμή από 0 ως 1 που αξιολογεί τον πραγματικό ρυθμό δειγματοληψίας των δεδομένων που προέρχονται από την μονάδα ελέγχου. (Εάν η ασύρματη σύνδεση μεταξύ μονάδας ελέγχου και υπολογιστή είναι άγνογη (χωρίς απώλεια δεδομένων), τότε η ποιότητα ρυθμού δειγματοληψίας είναι 1. Εάν το X τοις εκατό των δειγμάτων EEG χάθηκαν τα τελευταία 2 δευτερόλεπτα, τότε η SRQ είναι $(100 - X) / 100$ . Εάν υπάρξει απώλεια περισσότερων από 300 ms δεδομένων κατά τα τελευταία 2 δευτερόλεπτα, τότε το SRQ παίρνει την ειδική τιμή -1).
<b>EQ_OVERALL</b>	Μια τιμή από 0 έως 100 που υπολογίζεται από τα επιμέρους EQ των αισθητήρων.

**Πίνακας 3:** Ανάλυση των στηλών ΗΕΓ ενός αρχείου EDF

### 7.1.1 Στήλες χρονικών σημάνσεων (Timestamp)

Τα EDF αρχεία περιλαμβάνουν 2 στήλες χρονικών σημάνσεων που ονομάζονται "TIME\_STAMP\_s" και "TIME\_STAMP\_ms". Ωστόσο χρειάζεται να συνδυαστούν τα δύο παραπάνω για να εξαχθεί μια χρήσιμη χρονοσήμανση για κάθε δείγμα. Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι:  $RELATIVE\_TIME = TIME\_STAMP\_s + (TIME\_STAMP\_ms / 1000)$

"RELATIVE TIME" είναι ο αριθμός των δευτερολέπτων που έχουν παρέλθει από την αρχή της καταγραφής του ΗΕΓ. Αυτό σημαίνει ότι το πρώτο δείγμα ΗΕΓ της καταγραφής έχει σχετική χρονοσφραγίδα μηδέν. Η σχετική χρονοσφραγίδα του τελευταίου δείγματος φανερώνει τη διάρκεια της καταγραφής.



Η ημερομηνία και ώρα έναρξης της καταγραφής, αναγράφεται στα πεδία "startdate" και "starttime" της επικεφαλίδας του αρχείου EDF. Ωστόσο, το πεδίο "starttime" έχει ακρίβεια ενός δευτερολέπτου, η οποία δεν επαρκεί για να συνδυαστεί με τις σχετικές χρονοσφραγίδες.

Αντ' αυτού, το πεδίο "reserved" της επικεφαλίδας του EDF αποθηκεύει την ημερομηνία και την ώρα έναρξης της καταγραφής ως συμβολοσειρά, με ακρίβεια 1 msec.

Η σχετική μορφή είναι: **YYYY-MM-DDThh:mm:ss.mmmmm+TIMEZONE**

#### Διόρθωση χρονικών σημάνσεων

Οι καταγραφές που καταγράφονται από την έκδοση EmotivPRO v3.1 προσφέρει στους χρήστες μία νέα δυνατότητα σε σχέση με την επεξεργασία των χρονικών σημάνσεων. Συγκεκριμένα κατά την ολοκλήρωση της καταγραφής το EmotivPRO εκτελεί μεταγενέστερη επεξεργασία, που ονομάζεται διόρθωση χρονοσφραγίδας. Σκοπός της είναι να προσαρμόσει τις χρονοσφραγίδες του ΗΕΓ που έχουν υπολογιστεί σε πραγματικό χρόνο και να τις κάνει πιο ακριβείς. Η συγκεκριμένη λειτουργία εκτελείται αυτόματα. Κατά την εξαγωγή του αρχείου CSV οι στήλες που σχετίζονται με τις χρονικές σημάνσεις είναι:

- η στήλη «Original Timestamp», όπου αποθηκεύει τις χρονοσφραγίδες που υπολογίστηκαν σε πραγματικό χρόνο
- η στήλη «Timestamp» αποθηκεύει τις βελτιωμένες χρονοσφραγίδες που υπολογίστηκαν από τον αλγόριθμο διόρθωσης χρονοσφραγίδων

#### 7.1.2 EDF+ / BDF+

Πέρα από τα αρχεία EDF, το EmotivPRO υποστηρίζει επίσης την εξαγωγή δεδομένων ΗΕΓ και κίνησης σε αρχεία EDF+ (European Data Format)/ BDF+ (Biosemi Data Format). Αυτές οι μορφές χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι συμβατές με διάφορα προγράμματα ανάλυσης ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων. Τόσο τα αρχεία EDF+ όσο και τα αρχεία BDF+ ακολουθούν παρεμφερή δομή, αποτελούμενα από πληροφορίες επικεφαλίδας, που ακολουθούνται από δείγματα δεδομένων. Κάθε σειρά στο αρχείο δεδομένων αντιστοιχεί σε μια χρονική ενότητα, όπου διαδοχικές σειρές αντιπροσωπεύουν διαδοχικές χρονικές ενότητες. Οι στήλες στο αρχείο δεδομένων αντιστοιχούν σε θέσεις αισθητήρων ή άλλες σημάνσεις πληροφοριών.

Ένα πλεονέκτημα των μορφότυπων EDF+ και BDF+ έναντι του EDF είναι η ευελιξία τους στην οργάνωση των δεδομένων, αφού επιτρέπουν την αποθήκευση και των δύο τύπων δεδομένων στο ίδιο αρχείο. Με την κατάλληλη επισήμανση των καναλιών, τα δεδομένα του ΗΕΓ, κίνησης και άλλων τύπων δεδομένων μπορούν να συνυπάρχουν σε ένα ενιαίο αρχείο EDF+ ή BDF+, διευκολύνοντας την αποτελεσματική αποθήκευση και ανάλυση πολλαπλών ροών δεδομένων ταυτόχρονα.

## 7.2 Αρχεία CSV (CSV Files)

- Επικεφαλίδα: Το αρχείο CSV έχει μια επικεφαλίδα που αποτελείται από δύο γραμμές. Η πρώτη γραμμή περιέχει πληροφορίες σχετικά με το αρχείο και τις ροές δεδομένων του, ενώ η δεύτερη αποτελεί μια κλασικού τύπου επικεφαλίδα με τις ονομασίες των στηλών.
- Η πρώτη γραμμή: Αποτελείται από μία λίστα με ζεύγη στοιχείων και των τιμών τους, χωρισμένα με κόμμα. Το κάθε στοιχείο διαχωρίζεται από την αντίστοιχη τιμή του μέσω ":", )(πχ key1:value1, key2:value2 )

Πιο αναλυτικά:

Στοιχείο	Τιμή
<b>Τίτλος</b>	Τίτλος της καταγραφής
<b>Χρονοσφραγίδα έναρξης ( start timestamp)</b>	Η χρονοσφραγίδα του πρώτου δείγματος ΗΕΓ
<b>Χρονοσφραγίδα λήξης (stop timestamp)</b>	Η χρονοσφραγίδα του τελευταίου δείγματος ΗΕΓ
<b>Τύπος μονάδας ελέγχου</b>	Eroc Flex,Eroc Plus κτλ
<b>Σειριακός αριθμός μονάδας ελέγχου</b>	
<b>Firmware</b>	Η έκδοση του firmware(λογισμικού που είναι ενσωματωμένο στο hardware της μονάδας ελέγχου και είναι υπεύθυνο για την βασική λειτουργία και τον έλεγχο της συσκευής)
<b>Κανάλια</b>	Ο αριθμός των στηλών που περιλαμβάνονται στο αρχείο CSV
<b>Ρυθμός δειγματοληψίας</b>	Ο ρυθμός δειγματοληψίας κάθε ροής δεδομένων
<b>Δείγματα</b>	Ο αριθμός των δειγμάτων που περιλαμβάνονται στο αρχείο CSV

**Πίνακας 4:** Γενικές πληροφορίες ενός αρχείου CSV

- Δεύτερη γραμμή: Η λίστα που περιλαμβάνει τα ονόματα των στηλών του αρχείου CSV και διαχωρίζονται με κόμμα.
- Στήλες: Το αρχείο CSV περιέχει αρκετές στήλες τις οποίες για λόγους σαφήνειας, τις χωρίζουμε σε κατηγορίες. Το ακριβές περιεχόμενο του αρχείου CSV εξαρτάται από τις επιλογές που έχουν επιλεγεί από τον χρήστη κατά την εξαγωγή της καταγραφής.

Στήλες δεδομένων ΗΕΓ

στήλης	Όνομα	Τιμή
<b>EEG.Counter</b>		Αύξηση κατά 1 για κάθε δείγμα, μηδενίζεται κάθε δευτερόλεπτο
<b>EEG.Interpolated</b>		0 εάν αυτό το δείγμα ελήφθη μέσω της μονάδας ελέγχου >0 εάν το Cortex έχει εκτελέσει κάποια μορφή διαμεσολάβησης στο δείγμα, είτε λόγω ελλειπούς σήματος, είτε λόγω θορύβου και παρεμβολών
<b>EEG.&lt;όνομα αισθητήρα&gt;</b>		Για κάθε ένα αισθητήρα του ΗΕΓ, λαμβάνεται 1 τιμή σε mV.
<b>EEG.Battery</b>		Η στάθμη της μπαταρίας της μονάδας ελέγχου, από 0 έως 4.
<b>EEG.BatteryPercent</b>		Η στάθμη της μπαταρίας από 0 έως 100. Έχει τον ίδιο σκοπό με τη στήλη «Battery», αλλά είναι πιο ακριβής.
<b>EEG.MarkerHardware</b>		1 εάν χρησιμοποιήθηκε 0 εάν όχι

**Πίνακας 5:** Ανάλυση των στηλών ΗΕΓ ενός αρχείου CSV

Τα CSV αρχεία του Eros Flex που θα εξαχθούν περιλαμβάνουν επίσης:

### 1. Ποιότητας επαφής (CQ)

- CQ.Overall: Η συνολική ποιότητα επαφής είναι μια τιμή από 0 έως 100, που υπολογίζεται από τα επιμέρους CQ
- CQ.<sensor>: Η ποιότητα επαφής για κάθε ηλεκτρόδιο από 0 ως 4

### 2. Ποιότητα ΗΕΓ (EEG Quality)

- EQ.SampleRateQuality: Τιμή από 0 ως 1 που αξιολογεί τον πραγματικό ρυθμό δειγματοληψίας των δεδομένων που προέρχονται από την μονάδα ελέγχου.
- EQ.Overall: Μια τιμή από 0 έως 100 που υπολογίζεται από τα επιμερούς EQ των αισθητήρων
- EQ.<sensor>: 0 έως 4

3. **Μετρήσεις Επιδόσεων (Performance Metrics):** Τα ονόματα των στηλών έχουν την εξής μορφή PM.<name>.<value>

Στο πεδίο του ονόματος θα αναγράφεται η κατηγορία που μελετάται (Εμπλοκή, Ενθουσιασμός, Άγχος, Χαλάρωση, Ενδιαφέρον, Συγκέντρωση). Στο πεδίο της τιμής θα μπορούν να αντιστοιχιστούν τα εξής:

- IsActive: 1 εάν η ανίχνευση σημάτων εξελίσσεται ομαλά & 0 εάν η ανίχνευση σημάτων αντιμετωπίζει κάποιο πρόβλημα
- Scaled: Αναφέρεται σε δεδομένα που έχουν υποστεί κλιμάκωση (απο 0 ως 1), κατά την οποία τα δεδομένα μετατρέπονται σε μια τυποποιημένη κλίμακα για μεγαλύτερη ευκολία. Η κλιμάκωση βασίζεται σε μια διαδοχική προσέγγιση του μέσου όρου και της διακύμανσης για κάθε καταγραφή, που υπολογίζεται καθώς εξελίσσεται η συνεδρία.
- Raw: δείχνει την ακατέργαστη τιμή που εξάγεται από τον αλγόριθμο "Performance Metrics", όπου κυμαίνεται από μονοψήφιους αρνητικούς αριθμούς έως μονοψήφιους θετικούς αριθμούς.
- Min & Max: Ορίζουν τα κατώτερα και ανώτερα όρια για τις τιμές της στήλης "scaled" και υπολογίζονται από τον τρέχοντα μέσο όρο και τη διακύμανση τους.

Η κλιμάκωση ολοκληρώνεται με την χρήση των παρακάτω τύπων:

$$\text{AVERAGE} = (\text{MAX} + \text{MIN}) / 2.0;$$

$$\text{RANGE} = \text{MAX} - \text{MIN};$$

$$\text{scaled} = 1.0 / (1 + \exp(-5.0 * (\text{raw} - \text{AVERAGE}) / \text{RANGE}));$$

Υπάρχει και η δυνατότητα προσθήκης άλλης μια στήλης, η οποία σχετίζεται με τον ενθουσιασμό και αναγράφεται ως "PM.LongTermExcitement". Αποτελεί μια καλύτερη προσέγγιση της συνολικής διάθεσης, παρά τις πιθανές αλλαγές της ψυχικής διεργασίας

4. **Εκφράσεις προσώπου:** Περιλαμβάνει στήλες σχετικά με τις εκφράσεις προσώπου του συμμετέχοντα και τις αντίστοιχες τιμές, όπως:

- FE.BLINKWINK: 1=Ουδέτερο, 10=ανοιγοκλείσιμο ματιών, 11=ανοιγοκλείσιμο αριστερού ματιού, 12=ανοιγοκλείσιμο δεξιού ματιού
- FE.HorizontalEyesDirection :-1=προς τα αριστερά, 0=ουδέτερο 1=προς τα δεξιά κτλ

## 5. Ζώνες Συχνοτήτων

Το αρχείο περιλαμβάνει 5 στήλες για κάθε αισθητήρα που συνδέεται στην μονάδα ελέγχου. Τα ονόματα των στηλών ακολουθούν την μορφή POW.<αισθητήρας>.<ζώνη> Οι ζώνες συχνοτήτων είναι οι εξής:

- Theta:4-8Hz
- Alpha:8-12Hz
- BetaL:12-16Hz
- BetaH:16-25Hz
- Gamma:25-45Hz

## 7.3 Αρχεία JSON (JSON Files)

Εάν η καταγραφή σας περιέχει τις σημάνσεις συμβάντων “keystroke markers”, θα εξαχθεί επίσης και ένα αρχείο JSON. Αυτό το αρχείο JSON περιλαμβάνει τις περιγραφές των συγκεκριμένου τύπου δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν και τις αντίστοιχες τιμές τους στα αρχεία EDF και CSV.

Ένα αρχείο “Baseline JSON” δημιουργείται όταν είναι ενεργοποιημένη η καταγραφή “baseline”. Στην περίπτωση του EPOC Flex, δημιουργείται ένα ξεχωριστό αρχείο JSON, από το οποίο εξαγεται η αντιστοίχιση μεταξύ των ονομάτων των καναλιών και τις θέσεις ηλεκτροδίων, για την επιλεγμένη συνεδρία(πχ CMS": "Afz", "DRL": "FCz", "LA": "C3").

## 8. LAB STREAMING LAYER (LSL)

Το LSL είναι ένα πρωτόκολλο σχεδιασμένο για την συλλογή, διανομή και καταγραφή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας μια βελτιστοποιημένη και συγχρονισμένη συλλογή μετρήσεων χρονοσειρών σε πολλαπλές συσκευές.

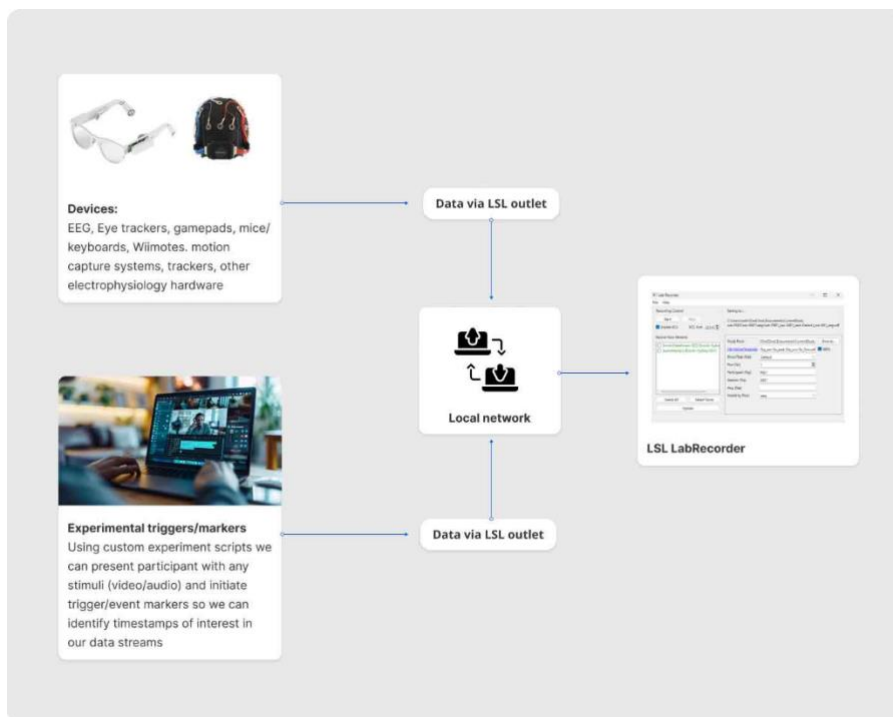
Τα κύρια χαρακτηριστικά του LSL στο EmotivPRO είναι τα παρακάτω:

- Υποστηρίζει ερευνητικά πειράματα που απαιτούν ακρίβεια χρονισμού κάτω του χιλιοστού του δευτερολέπτου.
- Επιτρέπει την αποτελεσματική, αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του EmotivPRO και άλλων λογισμικών και συσκευών άλλων κατασκευαστών.
- Επιτρέπει στους χρήστες τον συγχρονισμό ροών δεδομένων σε πολλαπλές συσκευές.
- Επιτρέπει την επεξεργασία ακατέργαστων δεδομένων ΗΕΓ σε πραγματικό χρόνο σε εφαρμογές τρίτων.
- Υποστηρίζει την δυνατότητα αποστολής διακριτών δεικτών (όπως δείκτες συμβάντων) σε διαφορετικές συσκευές και συγχρονισμό των δεικτών σε όλες τις συσκευές.

Για να ρυθμίσετε τις παραμέτρους του LSL στο EmotivPRO:

Βήματα ενεργοποίησης του LSL στο λογισμικό EmotivPRO:

1. Στις Ρυθμίσεις στην επάνω δεξιά πλευρά του EmotivPRO, επιλέξτε την επιλογή Labs Streaming Layer από το μενού στην αριστερή πλευρά της οθόνης.
2. Στη συνέχεια, μπορείτε να ρυθμίσετε τις παραμέτρους που σχετίζονται με τις ροές δεδομένων και επικοινωνούν με συσκευές ή λογισμικό τρίτων σε λειτουργία "outlet LSL", καθώς και δείκτες από λογισμικό τρίτων που συνδέεται με το EmotivPRO.



**Εικόνα 46 :** Σχεδιάγραμμα LSL [18]

### Outlet mode

Το "outlet" είναι η πηγή των δεδομένων και το σημείο από το οποίο τα δεδομένα εισέρχονται στο δίκτυο LSL. Δημιουργείται από μία εφαρμογή ή συσκευή, η οποία παράγει δεδομένα και τα στέλνει στο LSL δίκτυο.

## Inlet mode

Το "inlet" είναι ο δέκτης των δεδομένων και το σημείο από το οποίο τα δεδομένα εξέρχονται από το δίκτυο LSL και παραλαμβάνεται από μία εφαρμογή ή συσκευή για επεξεργασία ή ανάλυση.

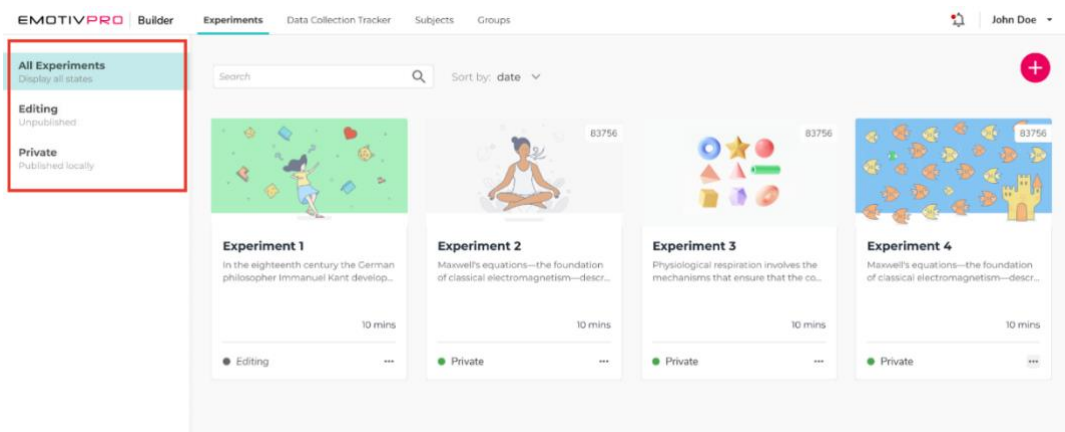
## 9. EMOTIVPRO BUILDER

Η πλατφόρμα EmotivPro Builder αποτελεί μία διαδικτυακή πλατφόρμα, σχεδιασμένη για τα συστήματα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας της Emotiv, με σκοπό την δημιουργία νευροεπιστημονικών πειραμάτων. Πρόκειται για μια αρκετά απλή και ευκολόχρηστη προς τους χρήστες πλατφόρμα με την χρήση της οποίας διαμορφώνονται από την αρχή οι φάσεις δόμησης (φάσεις βαθμονόμησης, οδηγίες και ερεθίσματα).

Κάθε φάση χτίζεται συμπεριλαμβάνοντας διαφορετικά στοιχεία, όπως βίντεο, ήχο και κείμενο, τα οποία μπορείτε να μεταφορτώσετε από τον υπολογιστή σας. Μπορείτε επίσης να προσαρμόσετε τα στοιχεία σε ένα πείραμα, ώστε ο συμμετέχων (ή οι συμμετέχοντες) να τα βλέπουν με διαφορετικούς τρόπους (πχ επανάληψη). Κατά την διάρκεια ενός πειράματος, συλλέγεται μια ζωντανή καταγραφή ΗΕΓ, πλήρως χρονοσημασμένη, η οποία αποθηκεύεται με ασφάλεια και ανώνυμα στο EMOTIV Cloud. Θα πρέπει να γίνει η αντίστοιχη χαρτογράφηση των ηλεκτροδίων με βάση το Eros X, για να είναι εφικτή η χρήση του Emotiv BCI.

Παραδείγματα χρήσης:

- **Ψυχική υγεία:**σε εφαρμογές υγείας συντελεί στην παρακολούθηση και βελτίωση της ψυχικής υγείας
- **Έρευνα στην νευροεπιστήμη:** βοηθά σε εκπαιδευτικούς στόχους που σχετίζονται με την νευροεπιστήμη και τις ανάγκες της
- **Ανάπτυξη παιχνιδιών:**χρησιμοποιεί στον σχεδιασμό παιχνιδιών και την επιρροή τους στα εγκεφαλικά σήματα
- **Αναγνώριση συναισθημάτων:**σκοπεύει στην ανάπτυξη εφαρμογών αναγνώρισης συναισθημάτων, έτσι ώστε να δοθεί μία αρκετά πιο βελτιωμένη εμπειρία χρήσης



Εικόνα 47 : EmotivPRO Builder [17]

## 10. ΕΜΟΤΙΒΡΟ ANALYZER

Το EmotivPro Analyzer είναι ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο βασισμένο στο Emotiv Cloud επιτρέπει στους χρήστες να επεξεργάζονται γρήγορα και εύκολα μεγάλο όγκο δεδομένων ΗΕΓ με τυποποιημένο τρόπο. Περιλαμβάνει εργαλεία για την ανάλυση των συμβάντων, όπου οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να εντοπίζουν τα εκάστοτε συμβάντα ενδιαφέροντος, ενώ δύναται να οπτικοποιούν και τα δεδομένα των καταγραφών (διαγράμματα χρονοσειρών κτλ). Μάλιστα η διαδικασία ενισχύεται και από την δυνατότητα προ επεξεργασίας των δεδομένων, αφού η πλατφόρμα του Analyzer περιλαμβάνει εργαλεία επεξεργασίας ΗΕΓ (πχ φίλτρα).

Συμπερασματικά το EmotivPro Analyzer προσφέρει:

- Βασική επεξεργασία ΗΕΓ
- Βασική επεξεργασία ΗΕΓ και μετασχηματισμό της ζώνης ισχύος
- Ανάλυση ομαδικού πειράματος ERP
- Ανάλυση πειράματος ERP βάσει καταγραφής

## 11. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ

### 11.1 Προετοιμασία του συστήματος Emotiv Eros Flex

Το φωτογραφικό υλικό του κεφαλαίου έχει ληφθεί κατά την διάρκεια συνεδρίας με τη χρήση του συστήματος Eros Flex στο εργαστήριο του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής.

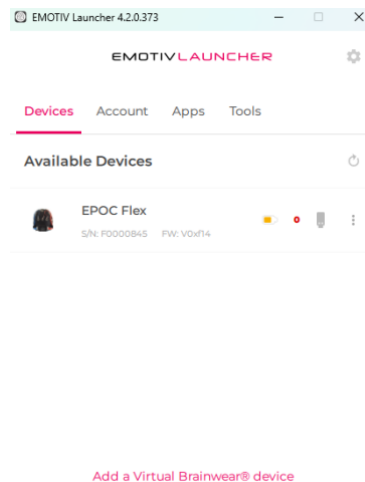
Η διαδικασία ξεκινά με την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων της συσκευής Emotiv Eros Flex στο κεφάλι του συμμετέχοντα. Είναι σημαντικό τα σφουγγαράκια (felts) να είναι αρκετά βρεγμένα με φυσιολογικό ορό και να βρίσκονται στις σωστές θέσεις, έχοντας καλή επαφή με το τριχωτό της κεφαλής για την βέλτιστη λήψη των σημάτων.





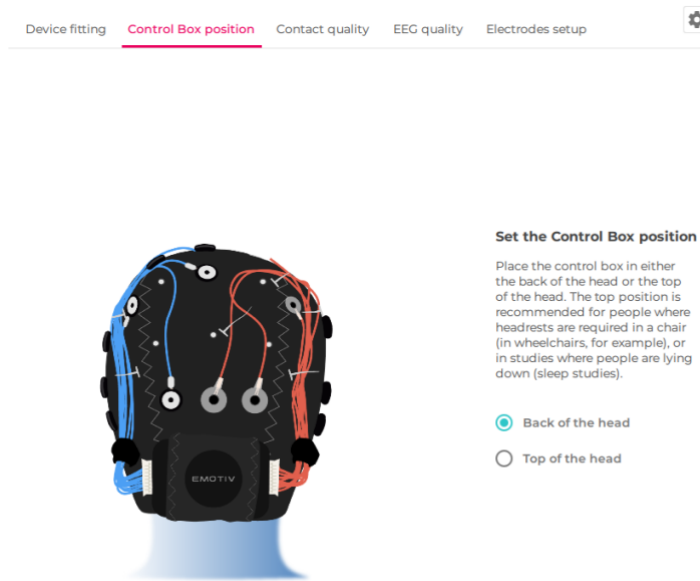
**Εικόνα 48:** Περιεχόμενα συστήματος Eros Flex

Στην συνέχεια η συσκευή συνδέθηκε με τον υπολογιστή με τη χρήση του USB stick, όπου και έγινε η εκκίνηση του λογισμικού EmotivPRO και Emotiv LAUNCHER. Για την εκκίνηση της συνεδρίας θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σύνδεση της συσκευής και με τις δύο πλατφόρμες.



**Εικόνα 49 :** Σύνδεση συσκευής στο Emotiv LAUNCHER

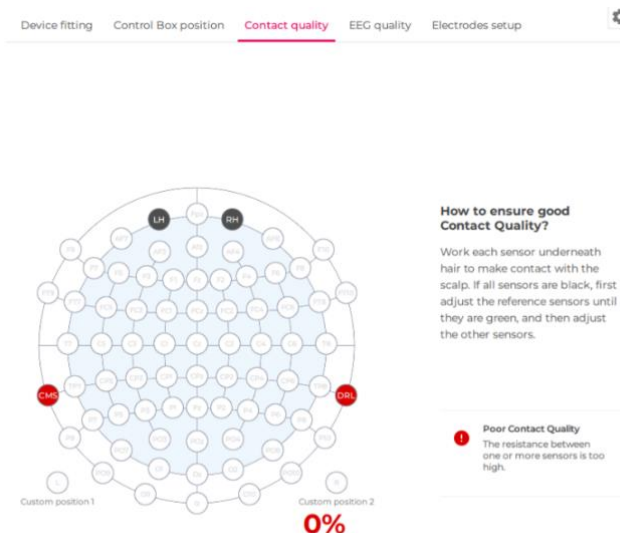
Επιλέχθηκε η τοποθέτηση της συσκευής να είναι στο πίσω μέρος του κεφαλιού, όπως φαίνεται και στην εικόνα.



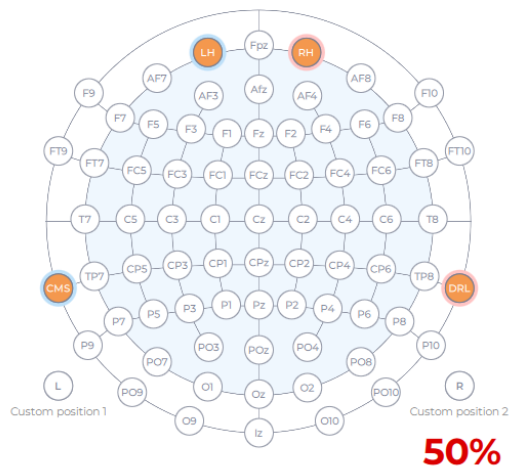
**Εικόνα 50 :** Τοποθέτηση συσκευής Emotiv Eros Flex

## 11.2 Ρύθμιση και έναρξη συνεδρίας

Η πλατφόρμα του EmotivPRO προβάλλει την απεικόνιση του χάρτη ποιότητας επαφής (CQ), καθώς και της ποιότητας ΗΕΓ (EQ), για να γνωρίζει ο χρήστης την ποιότητα του σήματος που θα καταγραφεί και να προβεί ενδεχομένως σε διορθώσεις. Παρακάτω παρατίθενται εικόνες, που απεικονίζουν διαφορετικές φάσεις της ποιότητας επαφής ηλεκτροδίων και ΗΕΓ. Τα ηλεκτρόδια τα οποία επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν στην πειραματική διαδικασία είναι τα 'LH' και 'RH', στις θέσεις Fp1 και Fp2 αντίστοιχα, καθώς και τα ηλεκτρόδια αναφοράς CMS και DRL.



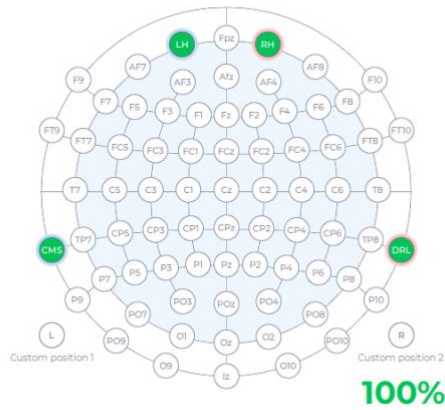
**Εικόνα 51 :** Κακή ποιότητα επαφής (CQ)



**How to ensure good Contact Quality?**

Work each sensor underneath hair to make contact with the scalp. If all sensors are black, first adjust the reference sensors until they are green, and then adjust the other sensors.

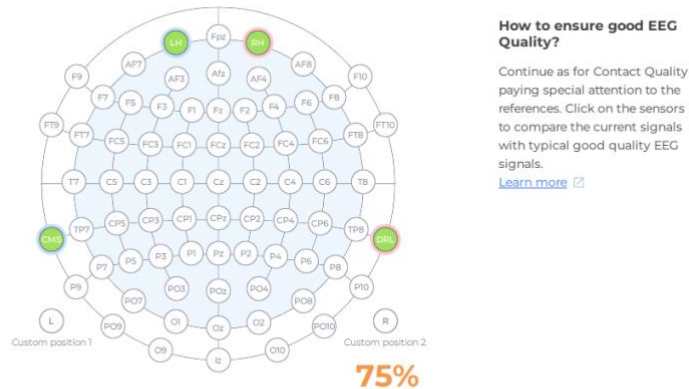
**Εικόνα 52** :Μέτρια ποιότητα επαφής (CQ)



**How to ensure good Contact Quality?**

Work each sensor underneath hair to make contact with the scalp. If all sensors are black, first adjust the reference sensors until they are green, and then adjust the other sensors.

**Εικόνα 53** :Άριστη ποιότητα επαφής (CQ)



**Εικόνα 54** :Πολύ καλή ποιότητα ΗΕΓ (EQ)

Η διάταξη των ηλεκτροδίων που τοποθετήθηκαν στον μετωπιαίο λοβό είναι χρήσιμη για την καταγραφή των εγκεφαλικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την μνήμη, την προσοχή και την εκτελεστική λειτουργία. Οι περιοχές αυτές είναι κρίσιμες για την λήψη αποφάσεων και η παρακολούθηση των δραστηριοτήτων σε αυτές μπορεί να παρέχει ενδείξεις για συναισθηματικές αντιδράσεις και συμπεριφορές.

Αφού διασφαλιστεί η σωστή σύνδεση και ποιότητα σήματος, είναι εφικτή η ρύθμιση της συνεδρίας. Με την εκκίνηση ο χρήστης θα πρέπει να καταχωρήσει το όνομα της καταγραφής, έτσι ώστε να γίνει η έναρξη. Η δωρεάν έκδοση του λογισμικού EmotivPRO καθιστά δυνατή την καταγραφή συγκεκριμένων παραμέτρων, όπως θα δούμε παρακάτω. Για πρόσβαση σε περαιτέρω προηγμένες λειτουργίες και δυνατότητες ανάλυσης η εταιρία Emotiv παρέχει διάφορους τύπους συνδρομών.

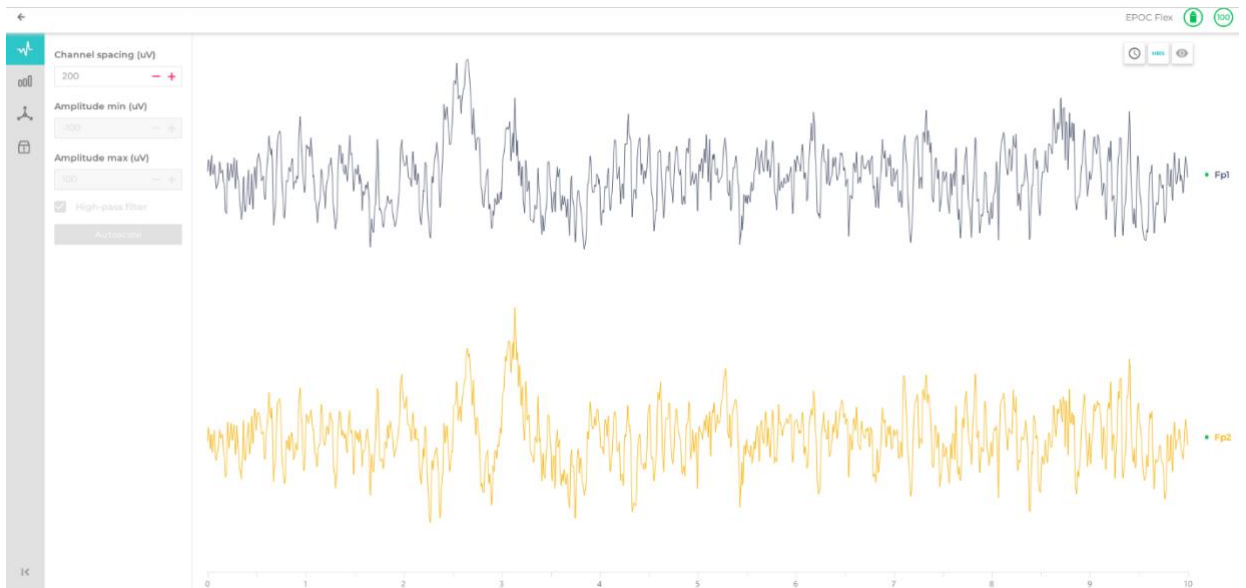
### 11. 3 Καταγραφή και παρακολούθηση σήματος

Κατά την διάρκεια της συνεδρίας παρακολουθήσαμε την ζωντανή ροή των σημάτων, που καταγράφονται από τα ηλεκτρόδια. Μάλιστα το EmotivPRO επιτρέπει την προβολή των καναλιών μεμονωμένα ή και όλων μαζί. Η ποιότητα του σήματος παρακολουθούνταν ταυτόχρονα, για να διασφαλιστεί η ομαλή καταγραφή χωρίς εξωτερικές παρεμβολές και θορύβους.

Τα δεδομένα τα οποία λάβαμε κατά την καταγραφή του ΗΕΓ είναι τα ακόλουθα:

#### 1. Ακατέργαστο ΗΕΓ (Raw EEG)

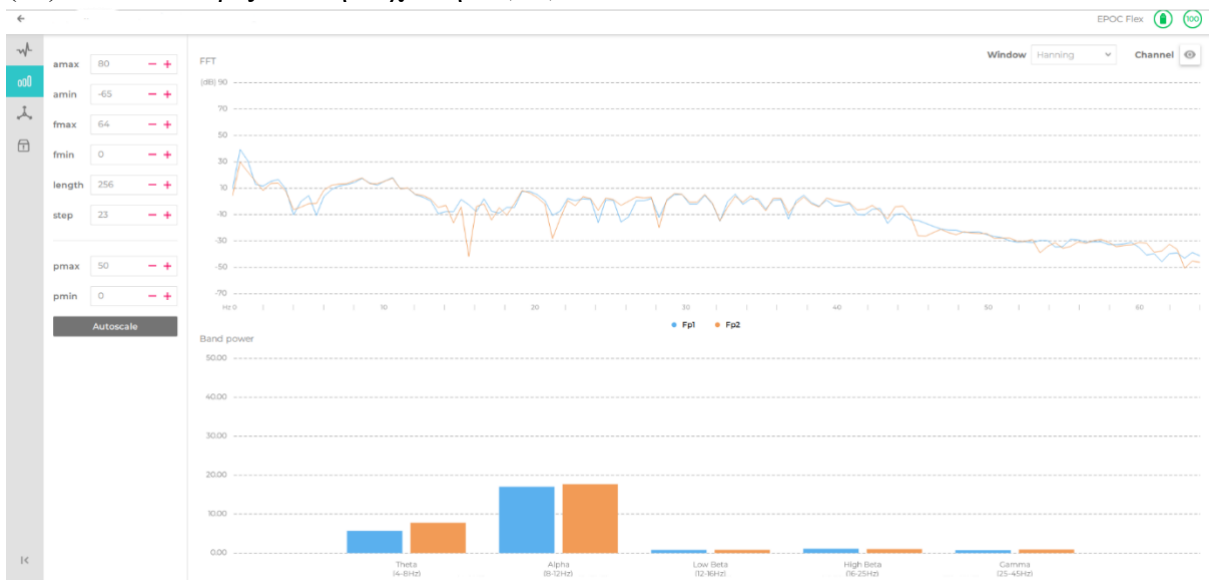
Τα ακατέργαστα σήματα που καταγράφονται απευθείας από τα ηλεκτρόδια σε μορφή παλμών απεικονίζονται στην προβολή του ακατέργαστου ΗΕΓ. Τα δεδομένα αυτά είναι απαραίτητα για κάθε περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.



**Εικόνα 55:** Ακατέργαστο ΗΕΓ (Raw EEG)

## 2. Ζώνες Συχνότητας (Band Power)

Η προβολή των ζωνών συχνότητας περιλαμβάνουν ενδείξεις για την ισχύ σε διαφορετικές ζώνες συχνότητας (πχ άλφα, θήτα κτλ). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα κύματα δέλτα (0-4Hz) είναι δύσκολο να μετρηθούν από τις συσκευές Emotiv με ακρίβεια, λόγω θορύβων και παρεμβολών που μπορεί να αλλοιώσουν τις μετρήσεις. Η προβολή του Μετασχηματισμού Fourier (FFT) επιτρέπει την παρακολούθηση των σημάτων του εγκεφάλου στο πεδίο των συχνότητας. Στον κάθετο άξονα είναι η ισχύς (db), ενώ στον οριζόντιο η συχνότητα (Hz).

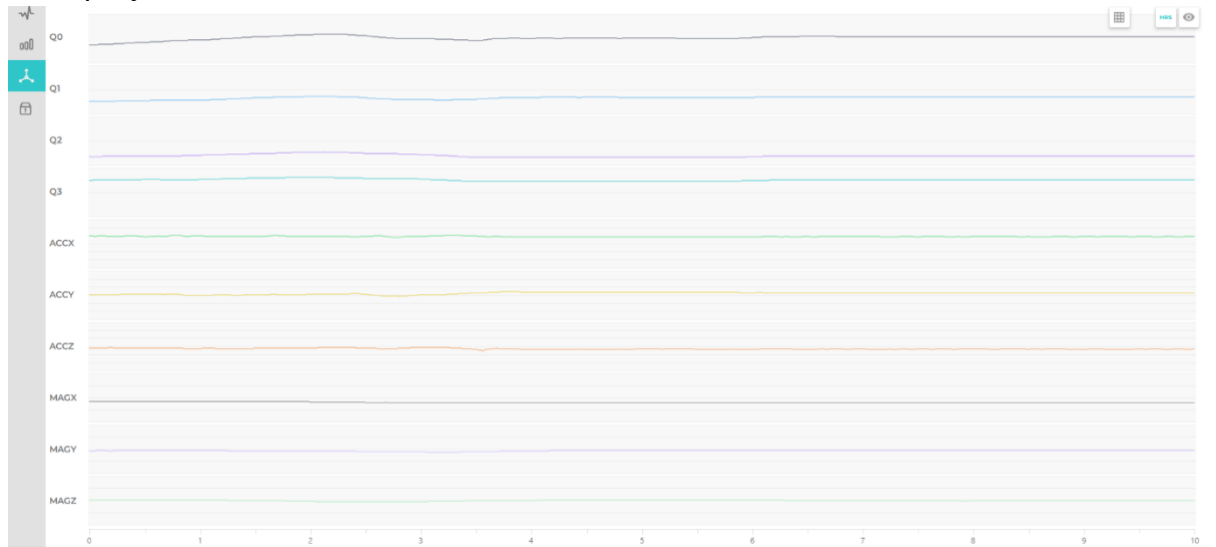


**Εικόνα 56:** Ζώνες συχνότητας & Μετασχηματισμός Fourier (FFT)

## 3. Δεδομένα κίνησης (Motion Data)

Από τους ενσωματωμένους αισθητήρες κίνησης γίνεται η καταγραφή και απεικόνιση βασικών δεδομένων κίνησης του κεφαλιού του συμμετέχοντα, τα οποία μπορούν να

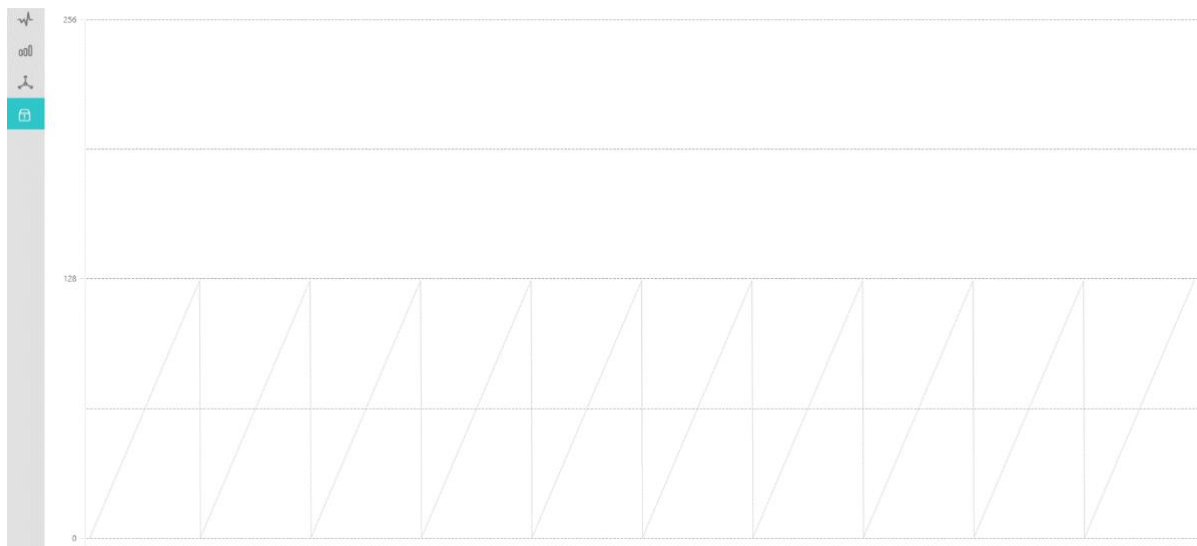
χρησιμοποιηθούν για την μελέτη των κινήσεων κεφαλής κατά την διάρκεια της συνεδρίας.



**Εικόνα 57:** Δεδομένα Κίνησης (Motion Data)

#### 4. Πακέτα Δεδομένων (Data Packets)

Τα πακέτα δεδομένων στο EmotivPRO περιέχουν τις ακατέργαστες μετρήσεις από τα ηλεκτρόδια της συσκευής, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων ΗΕΓ, χρονικών σημάνσεων και δεικτών. Αυτά τα πακέτα αποστέλλονται συνεχώς κατά τη διάρκεια της καταγραφής και αποθηκεύονται για περαιτέρω ανάλυση.



**Εικόνα 58:** Πακέτα Δεδομένων (Data Packets)

## 11.4 Αποθήκευση δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της συνεδρίας οι καταγραφές αποθηκεύονται και είναι διαθέσιμες για μελέτη και παρακολούθηση οποιαδήποτε στιγμή. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφές όπως EDF ή CSV. Η επιλογή συνδρομής στην πλατφόρμα του EmotivPRO προσφέρει την δυνατότητα περαιτέρω δυνατοτήτων ανάλυσης και εξαγωγής των αρχείων.

## 12. Συμπεράσματα

Η συσκευή Emotiv Eros Flex αποτελεί ένα καινοτόμο σύστημα καταγραφής ΗΕΓ, που σχεδιάστηκε για να παρέχει αξιόπιστη μέτρηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η ευελιξία και η προσαρμοστικότητα της συσκευής την καθιστούν ιδανική για διάφορες εφαρμογές και προσιτή προς τους ερευνητές.

Η εργασία είχε ως στόχο να παρέχει μέσα από το εισαγωγικό της υπόβαθρο μια ολοκληρωμένη και σφαιρική διατύπωση των βασικών εννοιών της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας και της ανάλυσης της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η σύνταξη του εγχειριδίου χρήσης του συστήματος Emotiv Eros Flex παρέχει σαφείς οδηγίες για τον εξοπλισμό, την εγκατάσταση και τις διαδικασίες καταγραφής δεδομένων. Μάλιστα αναλύθηκε η λειτουργία, οι γραμμές εργαλείων και οι προηγμένες δυνατότητες, που παρέχει το λογισμικό EmotivPRO σε σχέση με την καταγραφή των σημάτων της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Η συσκευή Emotiv Eros Flex διαθέτει εξαιρετικές προδιαγραφές ως σύστημα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας 32 καναλιών, όπου ο βέλτιστος ρυθμός δειγματοληψίας, η ομαλή λειτουργία των ηλεκτροδίων με χρήση φυσιολογικού ορού, καθώς και η ακρίβεια στην καταγραφή και μετάδοση των σημάτων του εγκεφάλου, την καθιστούν βασικό εργαλείο για τον κλάδο της νευροεπιστήμης.

Εν κατακλείδι, η παρούσα διπλωματική εργασία εστίασε στην παρουσίαση και ανάλυση του συστήματος Eros Flex, το οποίο προσφέρει εξαιρετική ευχρηστία και προσβασιμότητα σε ερευνητές που επιθυμούν να ασχοληθούν με την καταγραφή και μελέτη ενός ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.

## Βιβλιογραφία

- [1] Per Brodal (2010): “The Central Nervous System”, *Oxford University Press*, **ISBN** 978-0195381153
- [2] Jäckle, Josef.,(2007), “The causal theory of the resting potential of cells.” *Journal of Theoretical Biology*,249(3),pp 445–63. Διαθέσιμο  
από:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022519307003384>
- [3] Raghavan, Manoj, et al (2019) ‘Chapter 1 - Generation and propagation of the action potential’. *Handbook of Clinical Neurology*,160,pp. 3–22. Διαθέσιμο  
από:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444640321000011?via%3Dihub>
- [4] Keith L. Moore, Arthur F. Dalley, Anne M.R. Agur (2013): “Clinically Oriented Anatomy”, *Broken Hill Publishers Ltd*, **ISBN** 978-9663-716-07-4
- [5] Gable, Philip, et al (2022): “The Oxford Handbook of EEG Frequency.”, *Oxford University Press*, **ISBN** 978-0-19-289834-0
- [6] Louis, Erik K. St, et al (2016): “Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants.”, *American Epilepsy Society*, **ISBN** 978-0-9979756-0-4
- [7] Beniczky, Sándor, και Donald L. Schomer. (2020) “Electroencephalography: Basic Biophysical and Technological Aspects Important for Clinical Applications’. *Epileptic Disorders*,22(6), pp. 697–715. Διαθέσιμο  
από:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1684/epd.2020.1217>
- [8] Jaako Malmivuo, Robert Plonsey (1995), “Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields”, *Oxford University Press*, **ISBN** 9780195058239
- [9] Δ.Κουτσούρης, Σ.Παυλόπουλος, Α.Πρέντζα (2003): “Εισαγωγή στην Βιοϊατρική Τεχνολογία και την Ανάλυση Σημάτων”, *Εκδόσεις Τζιόλα*, **ISBN** 978-618-221-008-6
- [10] S.M.Bozic,R.J.Chance (1998): “Digital Filters and Signal Processing in Electronic Engineering”, *Woodhead Publishing Limited*, **ISBN** 978-1898563587
- [11] Jung, T. P., et al (2000): ‘Removing Electroencephalographic Artifacts by Blind Source



Separation’. *Psychophysiology*,37(2), pp. 163–78. Διαθέσιμο από:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10731767/>

[12] W.Meng,Q.Liu et al (2018): “Advanced Rehabilitative Technology”, *Neural Interfaces and Devices*, **ISBN** 9780128145982

[13] Mohson H. Hayes (2018): “Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος”, *Εκδόσεις Τζιόλα*, **ISBN** 9789608050112

[14] Edla, Damodar Reddy, etal(2018): ‘Classification of Facial Expressions from EEG Signals Using Wavelet Packet Transform and SVM for Wheelchair Control Operations’. *Procedia Computer Science*,132 pp. 1467–76. Διαθέσιμο από:  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.081>

[15] Δ.Πετρίδης (2015): “Ανάλυση Πολυμεταβλητών Τεχνικών”, *ΣΕΑΒ*, **ISBN** 978-960-603-140-3

[16] James, Christopher J.,Christian W. Hesse(2005): ‘Independent Component Analysis for Biomedical Signals’. *Physiological Measurement*,26(1),pp. 5-39. Διαθέσιμο από:  
<https://doi.org/10.1088/0967-3334/26/1/r02>.

[17] V.Jaccula.,“Tutorial on Support Vector Machine”,*School of EECS, Washington State University*. Διαθέσιμο από:  
<https://course.khoury.northeastern.edu/cs5100f11/resources/jakkula.pdf>

[18] Καλατζής Ιωάννης (2024) “Αναγνώριση Προτύπων: Ταξινομητές”, *Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής*.

[19] Haykin Simon (2010): “Νευρωνικά Δίκτυα και Μηχανική Μάθηση”,*Εκδόσεις Παπασωτηρίου*, **ISBN** 9789607182647

[20] Chrstopher M.Bishop (2006): “Αναγνώριση Προτύπων και Μηχανική Μάθηση”, *Fountas*, **ISBN** 9789603307907

[21] Παύλος Ρήγας (2009): “Κεντρικό νευρικό σύστημα”,*Εργαστήριο φυσιολογίας II*, [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από:  
<http://www.teiath.gr/userfiles/akanellou/phys2%20fyII1%20kns.pdf>

## Βιβλιογραφία Εικόνων

- [1] Κατερίνα Γεωργούλη (2015): “Τεχνητή Νοημοσύνη”, *Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών*, ISBN 978-960-603-031-4. Διαθέσιμο από: [http://repfiles.kallipos.gr/html\\_books/93/04a-main.html](http://repfiles.kallipos.gr/html_books/93/04a-main.html)
- [2] Ντ. Τηνιακού: “Ιστολογία- Εμβρυολογία Ι”, *Εργαστήριο Ιστολογίας & Εμβρυολογίας ΕΚΠΑ*, [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MED133/%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CE%92%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%AF%CE%BF%20%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82%20%CE%99/%CE%9D%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82%20%CE%B9%CF%83%CF%84%CF%8C%CF%82/photo.htm>
- [3] Molecular Devices. “What is action potential”. [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://www.moleculardevices.com/applications/patch-clamp-electrophysiology/what-action-potential>
- [4] Παύλος Ρήγας (2009): “Κεντρικό νευρικό σύστημα”, *Εργαστήριο φυσιολογίας ΙΙ*, [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <http://www.teiath.gr/userfiles/akanellou/phys2%20fyII1%20kns.pdf>
- [5] Emotiv(2022): “Basic of Neural Oscillations”. [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://www.emotiv.com/blogs/tutorials/basics-of-neural-oscillations>
- [6] Δημήτρης Κωλέτσης, Μαρία Χονδρού et al(2018): “Λειτουργία και σχεδιασμός του ηλεκτροεγκεφαλογράφου (EEG)”, *Εφαρμογές Τηλεπικοινωνιακών Διατάξεων ΑΠΘ*. [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://slideplayer.gr/slide/13239224/>
- [7] Chenane, Kathia, et al(2019): ‘Neural Net-Based Approach to EEG Signal Acquisition and Classification in BCI Applications’. *Computers*, 8( 4), pp. 87. Διαθέσιμο από: <https://doi.org/10.3390/computers8040087>
- [8] Kistler Group. “Filter(electronics)”. [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://www.kistler.com/CA/en/filter-electronics-/C00000109>
- [9] National Instruments(2024): “Lab Windows /CVI”, *National Instruments Corporation*. [ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο

από:[file:///C:/Users/user/Downloads/labwindows\\_cvi\\_butterworth\\_filters\\_2024-09-20-01-01-26.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/labwindows_cvi_butterworth_filters_2024-09-20-01-01-26.pdf)

[10] Κωνσταντίνος Πατλάτζογλου(2015): “Μελέτη της αιτιακής διαμόρφωσης του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος στο άκουσμα μουσικής με σύγχρονες τεχνικές μη γραμμικής συσχέτισης” *Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*. Διαθέσιμο από:[https://ikee.lib.auth.gr/record/270102/files/Thesis\\_2086.pdf](https://ikee.lib.auth.gr/record/270102/files/Thesis_2086.pdf)

[11] Mathworks, “Common Spatial Pattern”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://conference.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/72204-common-spatial-patterns-csp>

[12] Mathworks, “What is wavelet”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από:<https://www.mathworks.com/help/wavelet/gs/what-is-a-wavelet.html>

[13] NumXL(2016): “Principal Component Analysis”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από:<https://numxl.com/blogs/principal-component-analysis-pca-101/>

[14] Scholarly community encyclopedia(2022): “Support Vector Machine”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://encyclopedia.pub/entry/29353>

[15] Avi Arora(2021): “8 Unique Machine Learning Interview Questions about K Nearest Neighbors”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://analyticsarora.com/8-unique-machine-learning-interview-questions-about-k-nearest-neighbors/>

[16] Emotiv(2020): “Emotiv EPOC FLEX user manual”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από:<https://emotiv.gitbook.io/epoc-flex-user-manual>

[17] Emotiv(2023): “EmotivPRO v3.0. User Manual”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3>

[18] Emotiv(2024): “Lab Streaming Layer (LSL) for synchronizing multiple data streams”.[ηλεκτρονικό] Διαθέσιμο από: <https://www.emotiv.com/blogs/tutorials/emotiv-lab-streaming-layer-lsl>