



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ERP/EEG ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LORETA

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χαρίλαος Παπαματθαίου του Νικολάου

Επιβλέπων : Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ERP/EEG ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LORETA

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Χαρίλαος Παπαματθαίου του Νικολάου

Επιβλέπων : Χρήστος Καυάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή 23/01/2019.

.....
Καυάλης Χρήστος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Κωττής Παναγιώτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Φικιώρης Γεώργιος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019

.....
Χαρίλαος Παπαματθαίου του Νικολάου
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Χαρίλαος Παπαματθαίου, 2019.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Στους γονείς μου Μαριάννα και Νικόλαο, στις αδερφές μου
την Ελένη και τη Χριστίνα για την έμπρακτη
υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

The secret to creativity is knowing how to hide your sources.
– *Albert Einstein*

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία θεώρησα απαραίτητο να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με βοήθησαν και μου στάθηκαν, ο καθένας με το δικό του μοναδικό τρόπο, σε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες και ευχές στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Χρήστο Καψάλη, τόσο για τις πολύτιμες γνώσεις τους και συμβουλές του, όσο και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια, οφείλω στον Υποψήφιο Διδάκτορα Κ. Κατσούρη Ανδριανό πολλές ευχαριστίες για τη καθοδήγησή του, την υπομονή που είχε καθ' όλη τη διάρκεια της συγκεκριμένης διπλωματικής και τις πάντα εύστοχες υποδείξεις του. Το εύρος των γνώσεων του και η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στην επεξεργασία των εγκεφαλικών λειτουργιών και στην εξέλιξη της επιστημονικής μου ταυτότητας, σε έναν απολύτως άγνωστο τομέα σε εμένα.

Σημαντικό ρόλο στην διεξαγωγή αυτής της εργασίας έπαιξε και ο Υποψήφιος Διδάκτορας Κ. Γιαννόπουλος Αναστάσιος για τις γνώσεις που πρόσφερε στην επεξεργασία των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων, στην οργάνωση των δεδομένων και τη διαρκή διαθεσιμότητά του, τον ευχαριστώ θερμά.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω επίσης σε όλους Υ.Δ για τις συζητήσεις και συνεργασίες που είχαμε κατά την επιστημονική μας πορεία, την αρμονική μας συνύπαρξη και το ευχάριστο κλίμα μέσα στο χώρο του εργαστηρίου Ασυρμάτου Και Επικοινωνίας Μεγάλων Αποστάσεων.

Τέλος τις μεγαλύτερες ευχές τις οφείλω στην οικογένειά μου, και ιδιαίτερα στην φοιτήτρια ιατρικής Ελένη Παπαματθαίου για τις γνώσεις της και τη βοήθεια της πάνω στην επιστήμη της εγκεφαλογραφίας, καθώς επίσης και στους φίλους μου, που με την ανιδιοτελή και χωρίς περιστροφές συμπαράστασή τους ήταν ουσιαστικά συμμετοχοί σε αυτή τη διπλωματική εργασία.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πρόκειται εν ουσία για μια μελέτη ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων (ΗΕΓ) τριών υγιή υποκειμένων, αποσκοπεί στην επεξεργασία και ανάπτυξη μιας μεθόδου τρισδιάστατης απεικόνισης των σημάτων αυτών με τη βοήθεια του επιστημονικού προγράμματος LORETA, που είναι ευρέως γνωστό σε όλη την επιστημονική κοινότητα. Τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα είναι εγκεφαλικά σήματα στο πεδίο του χρόνου, προέκυψαν από πειραματικές μετρήσεις, όπου κατά τη πειραματική διαδικασία κάθε υποκείμενο άκουγε ένα τυχαίο ερέθισμα. Παράλληλα, γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης της επίδρασης που φέρουν κοινά ερεθίσματα στην συχνότητα ενεργοποίησης των εκάστοτε περιοχών του εγκεφάλου κάθε υποκειμένου.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα εγκεφαλικών σημάτων από το πείραμα « Πρωταγόρας » του ψυχολογικού εργαστηρίου του Αιγινήτειου Νοσοκομείου. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που συνελέχθησαν από τις πειραματικές μετρήσεις αναλύθηκαν από το πρόγραμμα LORETA. Στόχος της μελέτης είναι να γίνει γνωστό εάν για διαφορετικούς ανθρώπους, οι οποίοι υπέστησαν τα ίδια ερεθίσματα, υπήρξε ενεργοποίηση κοινών περιοχών του φλοιού του εγκεφάλου τους, εξαλείφοντας παράγοντες που θα επηρέαζαν τα αποτελέσματα όλης της πειραματικής διαδικασίας. Στο πλαίσιο αυτό, ελέγχθηκαν παράγοντες όπως η υγεία, η ψυχολογία των υποκειμένων, η σειρά με την οποία άκουγαν ένα ερέθισμα, η εξάλειψη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του πειράματος, η χρήση εξελιγμένων συσκευών για καταγραφή μετρήσεων και η τυχαία επιλογή των υποκειμένων.

Στο πρώτο κεφάλαιο εξηγούνται οι βασικές έννοιες σχετικά με τη δομή και το τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου και οι αιτίες που προκαλούν την ενεργοποίηση και εμφάνιση των ηλεκτρικών ρευμάτων στο φλοιό του εγκεφάλου. Στο δεύτερο κεφάλαιο διαχωρίζονται οι έννοιες της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας και μαγνητοεγκεφαλογραφίας, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ανωτέρω, οι διαφορές τους, η σημασία και η συμβουλή τους στον κλάδο των ιατρικών επιστημών. Στο τρίτο κεφάλαιο εξηγούνται η μέθοδος Loreta, η ιστορική της εξέλιξη, γίνεται μια προσπάθεια εξήγησης των εργαλείων και δυνατοτήτων του προγράμματος LORETA και του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιείται σήμερα από τους επιστήμονες.

Στα κεφάλαια τέσσερα, πέντε και έξι παρουσιάζονται ο τρόπος διεξαγωγής τους πειράματος « Πρωταγόρας », η προεπεξεργασία των πειραματικών δεδομένων για να εισαχθούν στο πρόγραμμα LORETA, η διαδικασία που ακολουθήθηκε στο πρόγραμμα LORETA για την αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων και η παρουσίαση των τελικών αποτελεσμάτων υπό τη μορφή πινάκων, που καταγράφουν τις εκάστοτε περιοχές εγκεφαλικής δραστηριότητας του κάθε υποκειμένου στο πεδίο της συχνότητας.

Εν κατακλείδι, στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συνολικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και η επιστημονική της συνεισφορά. Επίσης, γίνεται μνεία σε μελλοντικές προοπτικές της παρούσας εργασίας.

Λέξεις κλειδιά :

Ηλεκτροεγκεφαλογραφία, Μαγνητοεγκεφαλογραφία, Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ), Πρόγραμμα Loreta, Μέθοδος Loreta, Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, Πείραμα Πρωταγόρας, Ανθρώπινος Εγκέφαλος

Abstract

This thesis is an electroencephalogram (EEG) study of three healthy human subjects and is aimed to process and develop a three-dimensional method of displaying the EEGs - ERPs signals with the help of the scientific software LORETA, which is widely known throughout the scientific community.

The Electroencephalograms (EEGs) that were used are brain signals in the time domain and resulted from experimental measurements of the three human subjects, where each experimental process subject listened to a random stimulus. At the same time, an effort is being made to impact assessments that share common stimuli in trigger frequency of the individual brain regions of each subject.

For this purpose, EEG brain signal data was used, without the effect of Electromagnetic Radiation from the "Protagoras" experiment. The experiment was held at the psychological laboratory of the Eginition Hospital. The data collected from the experimental measurements were processed and analyzed with the help of the LORETA software program. The aim of this study is to know whether different people, who had the same stimuli, had common activation areas of the cortex of their brain, eliminating the factors that would affect the results of the entire experimental process.

In this context, factors such as health and psychology were the subjects tested. Also, factors as : the order in which the subjects heard a stimulus, the elimination of electromagnetic radiation during the experiment, the use of sophisticated devices for recording of measurements and random selection of subjects, were estimated in the experiment.

The first chapter explains the basic concepts of the structure, the separation and mode of operation of the human brain, as well as the causes causing the activation and appearance of the electrical currents are recorded in the cortex of the brain. The second chapter separates the concepts of electroencephalography and the magnetoencephalography. The advantages and disadvantages of the above, the differences between them, their importance and their advice in the medical sciences. The third chapter explains the Loreta method and its historical evolution in passage of time and is an attempt to explain the tools and possibilities of the LORETA scientific program and how it works today by scientists.

Chapters four, five and six show how they conducted the "Protagoras" experiment, the pre-processing of experimental data (EEG) in order to be introduced into the LORETA program, the procedure followed in LORETA program to reproduce the results and present final results in the form of tables that record the regions concerned brain activity of each subject in the frequency domain.

In conclusion, the final chapter presents the overall conclusions of diplomatic work and its scientific contribution. Reference is made to future perspectives of this work.

Keywords:

Electroencephalography, Magnetoencephalography, Electroencephalogram (EEG), Loreta Software, Loreta Method, Electromagnetic Radiation, Protagoras Experiment, Human Brain

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	6
Περίληψη.....	7
Abstract	8
Περιεχόμενα	9
Κατάλογος Σχημάτων	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	15
ΝΕΥΡΟΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ.....	15
1.1 Η Δομή Των Νευρώνων - Νευρικά Κύτταρα	16
1.2 Το Δυναμικό Της Μεμβράνης	19
1.2.1 Κατάσταση Ισορροπίας	20
1.2.2 Το Δυναμικό Ηρεμίας	20
1.2.3 Τα Βαθμωτά Δυναμικά	22
1.2.4 Ενεργά δυναμικά	22
1.3 Η Σημασία του Ενεργού Δυναμικού	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	26
ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΙΑ / EEG ΚΑΙ MEG	26
2.1 Διαδικασία Καταγραφής Ηλ/κού Σήματος ΗΕΓ (ή EEG).....	27
2.1.1 Ηλεκτροφυσιολογία & Ηλεκτροεγκεφαλογραφία	27
2.1.2 Πως Παράγεται Το Ηλεκτροεγκεφαλικό Σήμα ΗΕΓ (ή EEG).....	28
2.1.3 Ενίσχυση Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος ΗΕΓ (ή EEG).....	30
2.2 Επεξεργασία Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος ΗΕΓ (EEG).....	31
2.2.1 Τεχνικές Επεξεργασίας Του Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος	31
2.2.2 Μετατροπή Του Αναλογικού Σήματος Σε Ψηφιακό.....	32
2.2.3 Περιορισμοί και Πλεονεκτήματα ΗΕΓ (ή EEG).....	34
2.3 Χαρακτηριστικά Του ΗΕΓ (ή EEG).....	35
2.4 Προκλητά Δυναμικά (Event Related Potentials).....	37
2.4.1 Βασικές Έννοιες Και Κύρια Χαρακτηριστικά	37
2.4.2 Μέθοδοι Απομόνωσης Προκλητών Δυναμικών Από Το Συνολικό Σήμα	39
2.4.3 Χρονικά Διαστήματα Προκλητών Δυναμικών	42
2.5 Διαδικασία Καταγραφής Σήματος MEG	44
2.5.1 Μαγνητοεγκεφαλογραφία	44
2.5.2 Πως Παράγεται Ένα MEG	45
2.5.3 Περιορισμοί Και Πλεονεκτήματα MEG	46
2.6 MEG VS EEG.....	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	48
Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA.....	48
3.1 Τι Είναι Η Μέθοδος LORETA	49
3.2 Η Ιστορία Της Μεθόδου LORETA	49
3.3 Το Λογισμικό LORETA & Οι Μέθοδοι Που Χρησιμοποιεί.....	50
3.4 Βασικές λειτουργίες του προγράμματος.....	51
3.4.1 Επεξήγηση Κεντρικού Μενού.....	52
3.4.2 Επεξήγηση Μενού Utilities :	54
3.4.3 Επεξήγηση Μενού Viewer	55
3.4.4 Επεξήγηση Μενού Statistics	57
3.4.5 Επεξήγηση Μενού Wires	58
3.4.6 Επεξήγηση Μενού PlotFunc	60
3.4.7 Επεξήγηση Μενού Status	61
3.4.8 Επεξήγηση Μενού Setup.....	62
3.4.9 Επεξήγηση Μενού Tutorial	63
3.4.10 Επεξήγηση Μενού Update	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	65
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA.....	65
4.1 Περιγραφή Των Πειραματικών Διατάξεων	66
4.1.1 Δεδομένα Πειραμάτων – Πείραμα Πρωταγόρας.....	66
4.1.2 Πειραματική Διάταξη Πειράματος.....	68
4.2 Έλεγχοι Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας EMC	69
4.3 Προετοιμασία Και Μετασχηματισμός Μετρήσεων.....	70
4.3.1 Χάρτης Ηλεκτροδίων Του Πειράματος.....	70
4.3.2 Αρχική Μορφή Σήματος Και Base Line Correction	72
4.4 Εισαγωγή Των Δεδομένων Στο Πρόγραμμα Loreta.....	73
4.4.1 Αρχείου Talairach Με Συντεταγμένες Ηλεκτροδίων	73
4.4.2 Δημιουργία Transformation Table Για Τα Ηλεκτρόδια	77
4.4.3 Δημιουργία Αρχείου Σήματος ERP-EEG.....	78
4.4.4 Εισαγωγή Των Αρχείων Και 3D Προβολή Των Μετρήσεων	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	81
ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA.....	81
5.1 Η Μελέτη Των Υποψηφίων.....	82
5.2 Διαχωρισμός Περιοχών Και Λοβών Στη Loreta	83
5.3 Υπολογισμό Πυκνότητας Ρεύματος Με Τη Loreta	84

5.4	Μετάβαση Στο Πεδίο Της Συχνότητας Με Τη Loreta	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....		90
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ		90
6.1.1	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 1ου Υποκειμένου – Future	91
6.1.2	Στατιστική Ανάλυση 1 ^{ου} Υποκειμένου – Future Verb.....	96
6.1.3	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 1 ^{ου} Υποκειμένου – Past	97
6.1.4	Στατιστική Ανάλυση 1 ^{ου} Υποκειμένου – Past Verb	102
6.1.5	Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων	103
6.2.1	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 2 ^{ου} Υποκειμένου – Future.....	104
6.2.2	Στατιστική Ανάλυση 2 ^{ου} Υποκειμένου – Future Verb	109
6.2.3	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 2 ^{ου} Υποκειμένου – Past.....	110
6.2.4	Στατιστική Ανάλυση 2 ^{ου} Υποκειμένου – Past Verb.....	115
6.2.5	Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων	116
6.3.1	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 3 ^{ου} Υποκειμένου – Future.....	117
6.3.2	Στατιστική Ανάλυση 3 ^{ου} Υποκειμένου – Future Verb	122
6.3.3	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 3 ^{ου} Υποκειμένου – Past.....	123
6.3.4	Στατιστική Ανάλυση 3 ^{ου} Υποκειμένου – Past Verb.....	128
6.3.5	Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....		130
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....		130
7.1	Συμπεράσματα Και Συμβολή Διπλωματικής.....	131
7.2	Προοπτικές Για Μελλοντική Έρευνα	132
Βιβλιογραφία.....		134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ		138
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LORETA		138

Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1 – Η Δομή Ενός Νευρώνα.....	16
Εικόνα 2 - Μορφολογία Άξονα Του Νευρικού Κυττάρου	17
Εικόνα 3 - Δομή Των Συνάψεων.....	18
Εικόνα 4 - Η Κυτταρική Μεμβράνη.	21
Εικόνα 5 - Ενεργό Δυναμικό / Καταστάσεις Πόλωσης	24
Εικόνα 6 - Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων.....	27
Εικόνα 7 – Θέσεις Ηλεκτροδίων Στο Διεθνές Σύστημα 10-20.....	29
Εικόνα 8 - Τυπικό Σύστημα Λήψης Επεξεργασίας Βιοϊατρικού Σήματος.....	31
Εικόνα 9 - Τεχνική Δειγματοληψίας Και Ψηφιοποίηση Του Πλάτους	33
Εικόνα 10 - Οι Κυριότεροι Ρυθμοί Ενός EEG.....	35
Εικόνα 11 - Οι Βασικοί Ρυθμοί Του EEG Σήματος	37
Εικόνα 12 - Εξαγωγή Του Μ.Ο Στην Εμφάνιση Προκλητών Δυναμικών	41
Εικόνα 13 - Οι κορυφώσεις P50, N100, N200, P200, P300,N400 και P600.....	42
Εικόνα 14 – Μαγνητικά Πεδία Στο Φλοιό Της Κεφαλής	44
Εικόνα 15 – Εφαπτόμενο Δίπολο Και Ακτινικό Δίπολο	45
Εικόνα 16 – Loreta Software Logo	50
Εικόνα 17 – Κεντρικό Παράθυρο Συνδέσμων Και Επιμέρους Λειτουργίες	52
Εικόνα 18 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Utilities	54
Εικόνα 19 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Viewer	56
Εικόνα 20 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Statistics.....	58
Εικόνα 21 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Wires.....	59
Εικόνα 22 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού PlotFunc.....	60
Εικόνα 23 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Status	61
Εικόνα 24 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Setup	62
Εικόνα 25 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Tutorial	63
Εικόνα 26 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Update.....	64
Εικόνα 27 – Δομή Καταγραφής Κάθε Ερεθίσματος.....	68
Εικόνα 28 – Πειραματική Διάταξη Του Πειράματος.....	69
Εικόνα 29 – Η Διάταξη Των 32 Ηλεκτροδίων.....	70
Εικόνα 30 – Συντεταγμένες Των 32 Ηλεκτροδίων	71
Εικόνα 31 – Αρχείο electrodes.txt.....	74
Εικόνα 32 – Δημιουργία Αρχείου Talairach Coordinates.....	75

Εικόνα 33 – Αρχείο electrodes.txt.....	76
Εικόνα 34 – Δημιουργία Αρχείου Transformation Matrix	78
Εικόνα 35 – 3D Αναπαράσταση Ενός ERP-EEG Αρχείου.....	80
Εικόνα 36 – Περιοχές Brodmann Του Εγκεφαλικού Φλοιού	83
Εικόνα 37 – Λοβοί Του Εγκεφαλικού Φλοιού.....	84
Εικόνα 38 – Υπολογισμός Αρχείου .slor	85
Εικόνα 39 – Προβολή Ενός Αρχείου .slor	86
Εικόνα 40 – Υπολογισμός Αρχείου .crss	88
Εικόνα 41 – Πίνακας Με EEG Ρυθμούς Του Προγράμματος LORETA	89
Εικόνα 42 – Προβολή EEG Για Το Ρυθμό β1	89
Εικόνα 43 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 1	91
Εικόνα 44 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 1	92
Εικόνα 45 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 1	92
Εικόνα 46 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 1	93
Εικόνα 47 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 1	93
Εικόνα 48 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 1	94
Εικόνα 49 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 1	94
Εικόνα 50 – Ρυθμός Ω, Future Verb, Person 1	95
Εικόνα 51 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 1	96
Εικόνα 52 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 1	97
Εικόνα 53 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 1	98
Εικόνα 54 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 1	98
Εικόνα 55 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 1	99
Εικόνα 56 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 1	99
Εικόνα 57 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 1	100
Εικόνα 58 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 1	100
Εικόνα 59 – Ρυθμός Ω, Past Verb, Person 1	101
Εικόνα 60 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person 1	102
Εικόνα 61 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 2	104
Εικόνα 62 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 2	105
Εικόνα 63 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 2	105
Εικόνα 64 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 2	106
Εικόνα 65 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 2	106
Εικόνα 66 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 2	107
Εικόνα 67 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 2	107

Εικόνα 68 – Ρυθμός Ω, Future Verb, Person 2	108
Εικόνα 69 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 2.....	109
Εικόνα 70 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 2	110
Εικόνα 71 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 2	111
Εικόνα 72 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 2.....	111
Εικόνα 73 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 2	112
Εικόνα 74 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 2.....	112
Εικόνα 75 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 2.....	113
Εικόνα 76 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 2	113
Εικόνα 77 – Ρυθμός Ω, Past Verb, Person 2	114
Εικόνα 78 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person.....	115
Εικόνα 79 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 3	117
Εικόνα 80 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 3	118
Εικόνα 81 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 3	118
Εικόνα 82 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 3	119
Εικόνα 83 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 3	119
Εικόνα 84 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 3	120
Εικόνα 85 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 3	120
Εικόνα 86 – Ρυθμός Ω, Future Verb, Person 3	121
Εικόνα 87 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 3.....	122
Εικόνα 88 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 3	123
Εικόνα 89 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 3	124
Εικόνα 90 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 3.....	124
Εικόνα 91 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 3.....	125
Εικόνα 92 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 3.....	125
Εικόνα 93 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 3.....	126
Εικόνα 94 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 3.....	126
Εικόνα 95 – Ρυθμός Ω, Past Verb, Person 3.....	127
Εικόνα 96 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person 3.....	128

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΝΕΥΡΟΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

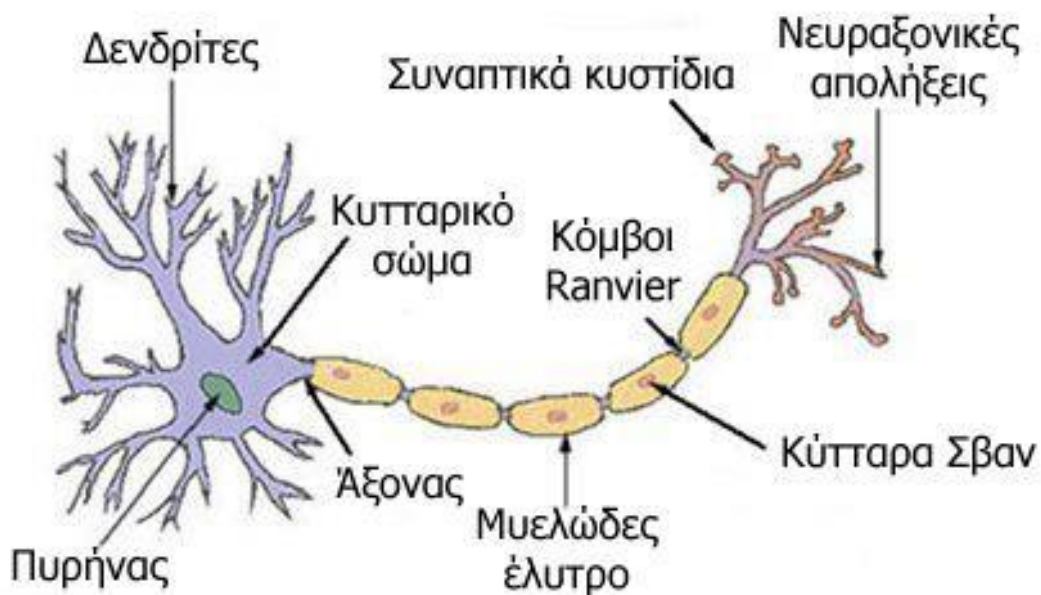
Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται γενικά στοιχεία νευροφυσιολογίας και τα δομικά στοιχεία του ανθρώπινου εγκεφάλου. Περιγράφεται η δομή των νευρικών κυττάρων με εστίαση στη δημιουργία και μετάδοση των ηλεκτρικών σημάτων. Αναπτύσσεται και εξηγείται ο τρόπος δημιουργίας των δυναμικών στην επιφάνεια της κυτταρικής μεμβράνης, περιγράφονται τα είδη των δυναμικών και οι μηχανισμοί μετάδοσης μιας αρχικής διέγερσης διαμέσου των νευρικών κυττάρων.

1.1 Η Δομή Των Νευρώνων - Νευρικά Κύτταρα

Στα σπονδυλωτά ζώα στα οποία ανήκει και ο άνθρωπος, το νευρικό σύστημα διαχωρίζεται στο Περιφερικό Νευρικό Σύστημα και Κεντρικό Νευρικό Σύστημα. Το νευρικό σύστημα απαρτίζεται από τον εγκέφαλο, το ωτιαίο μυελό και τα απομακρυσμένα νεύρα. Η βασική μονάδα των παραπάνω είναι το νευρικό κύτταρο ή όπως αλλιώς λέγεται νευρώνας (Εικόνα 1).

Οι νευρώνες είναι κύτταρα ευερέθιστα στον ηλεκτρισμό που λειτουργούν για να επεξεργαστούν και να διαβιβάσουν τις πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές, αποτελούνται από ασθενή ηλεκτρικά ρεύματα - σήματα, τα οποία ενισχύονται κατά μήκος της πορείας ενός νευρώνα, με τελικό στόχο τη μετάδοση πληροφορίας από και προς το Κ.Ν.Σ. [1,2,41,45]

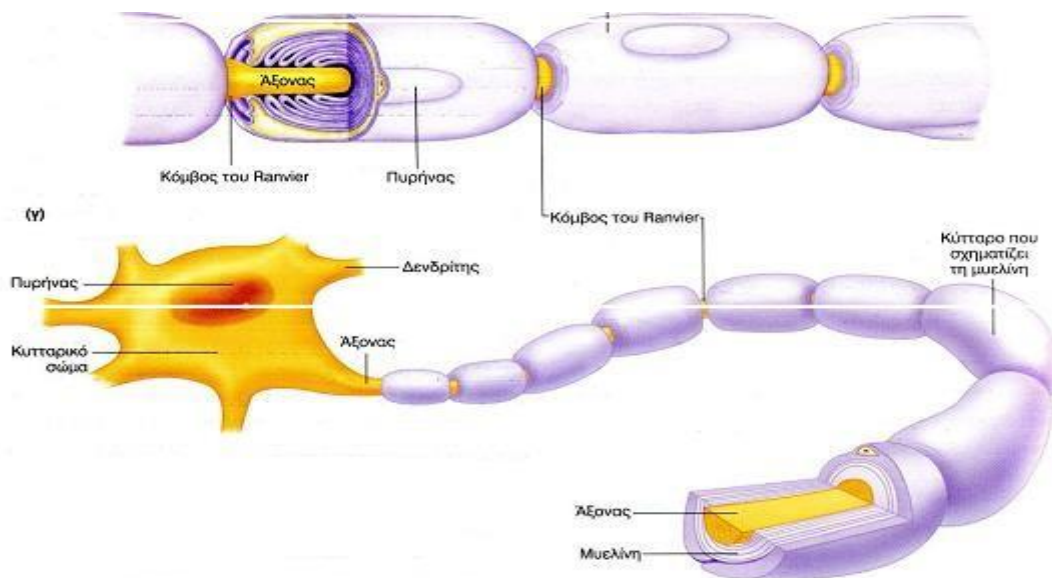


Εικόνα 1 – Η Δομή Ενός Νευρώνα

Οι νευρώνες αποτελούνται από το κυρίως σώμα (cell body), τους δενδρίτες (dendrites), τον άξονα (axon) και τις απολήξεις του άξονα (axon terminal). Οι νευρώνες συνδέονται μεταξύ τους μέσω των συνάψεων, στις οποίες γίνεται η ενίσχυση του ηλεκτρικού σήματος. Η πλειοψηφία των νευρώνων στα σπονδυλωτά, λαμβάνει σήμα μέσω του σώματος και των δενδριτών και το διαβιβάζει μέσω του άξονα, ελκύνοντας ταυτόχρονα βιοχημικές ουσίες (αγγελιοφόρους), για να επικοινωνούν με άλλα κύτταρα [3, 4]. Το νευρικό κύτταρο,

περιέχει επίσης πυρήνα και ριβοσώματα και επομένως έχει την αναγκαία γενετική πληροφορία και τεχνολογία για να παράγει πρωτεΐνες. Διάφορα οργανίδια και ουσίες, μετακινούνται από το κυρίως σώμα, κατά μήκος του άξονα (αξονική μεταφορά) και αντιστρόφως, από τις νευρικές απολήξεις προς το σώμα, ούτως ώστε τα διάφορα χημικά σήματα να έχουν τη δυνατότητα να επηρεάζουν τη μορφολογία και βιοχημεία του νευρώνα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι υπάρχει μεγάλη ετερογένεια σε όλο το νευρικό σύστημα, όσον αφορά στο μέγεθος, στη μορφή και στη λειτουργία των νευρώνων.

Ο άξονας ή νευρική ίνα, αποτελεί μια προέκταση του κυτταρικού σώματος (Εικόνα 2). Το τμήμα του άξονα που βρίσκεται πλησιέστερα στο σώμα του κυττάρου, μαζί με το μέρος του κυττάρου όπου γίνεται η σύνδεση ονομάζεται αρχικό τμήμα. Μέσω αυτού άγονται ηλεκτρικά σήματα, που διαδίδονται μακριά από το κύτταρο, κατά μήκος του άξονα. Οι άξονες αποτελούν τις αρχικές γραμμές μετάδοσης του νευρικού συστήματος. Οι μεμονωμένοι άξονες είναι μικροσκοπικοί στη διάμετρο (1μm) - αλλά μπορούν να επεκταθούν σε μεγαλύτερα μήκη (> 1mm). Παραδείγματος χάριν οι πιο μεγάλοι άξονες στο ανθρώπινο σώμα, είναι εκείνοι του ισχιακού νεύρου, οι οποίοι ξεκινούν από τη βάση της σπονδυλικής στήλης φτάνοντας ως το μεγάλο δάκτυλο κάθε ποδιού. Αυτές οι μονοκύτταρες ίνες του ισχιακού νεύρου μπορούν να εκταθούν ως το 1 μέτρο μήκος ή ακόμα και περισσότερο [5].

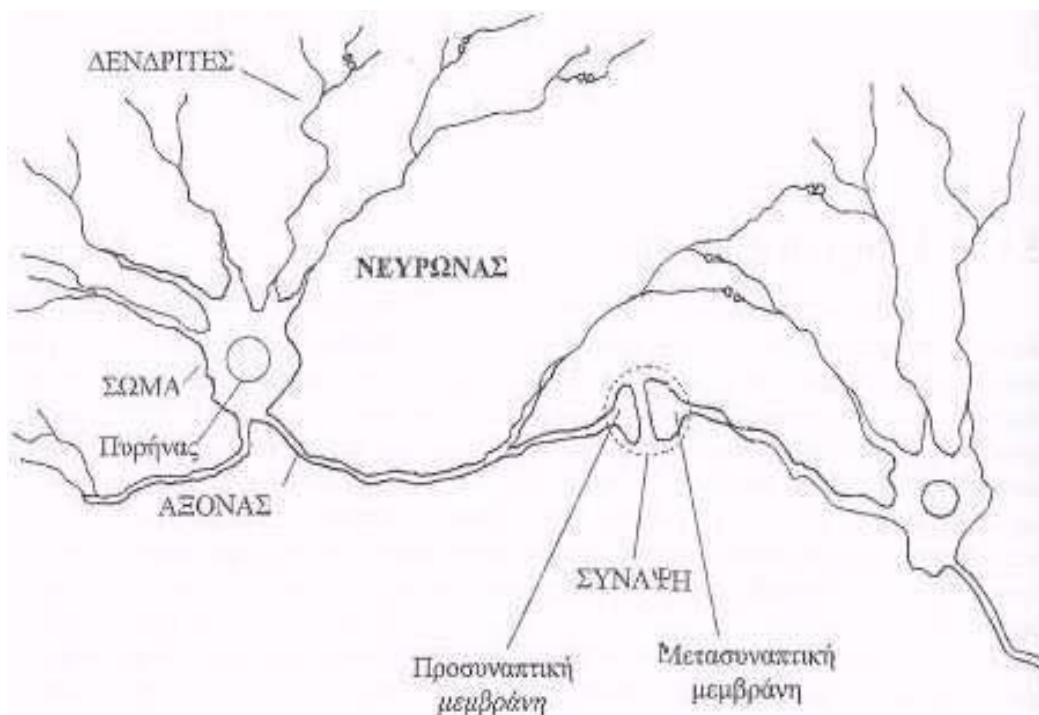


Εικόνα 2 - Μορφολογία Άξονα Του Νευρικού Κυττάρου

Ο άξονας κατά μήκος του, μπορεί επίσης να εμφανίζει εγκάρσιες διακλαδώσεις, ενώ στις απολήξεις τόσο του άξονα, όσο και των διακλαδώσεών του υπάρχουν περαιτέρω διακλαδώσεις. Κάθε διακλάδωση τελειώνει σε μια απόληξη του άξονα. Αυτές οι απολήξεις είναι υπεύθυνες για τη μεταβίβαση χημικών σημάτων από τους νευρώνες. Οι άξονες μερικών νευρώνων καλύπτονται από μυελίνη (Εικόνα 2), μια λιπώδη μεμβρανική θήκη, η οποία σχηματίζεται από κύτταρα στήριξης, που περιελίσσονται γύρω από τον άξονα.[4] Η μυελίνη συμβάλει στη ταχύτερη μεταβίβαση των σημάτων. Κατά μήκος των νευρικών ινών εμφανίζονται, σε ίσα διαστήματα, κενά στη θήκη, γνωστά ως κόμβοι του Ranvier (Node of Ranvier), τα οποία επιτρέπουν έναν ιδιαίτερα γρήγορο τρόπο ηλεκτρικής διάδοσης που ονομάζεται αναπήδηση και αναλύεται παρακάτω.

Προσεγγιστικά, έχει υπολογιστεί ότι μόνον 10% των κυττάρων στο ΚΝΣ (Κεντρικό Νευρικό Σύστημα) είναι νευρώνες. Τα υπόλοιπα είναι νευρογλοία, όπως τα ολιγοδενδρογάργγλια που σχηματίζουν τη θήκη της μυελίνης.[12]

Οι νευρώνες επικοινωνούν μεταξύ τους και με μη-νευρικά κύτταρα με μια διαδικασία γνωστή ως συνοπτική μετάδοση. Η εξειδικευμένη επαφή μεταξύ δύο νευρώνων, όπου ο ένας επηρεάζει τη λειτουργία του άλλου, ονομάζεται σύναψη (synapse).



Εικόνα 3 - Δομή Των Συνάψεων

Το σήμα διαδίδεται από τον έναν νευρώνα στον άλλο με τους νευροδιαβιβαστές (βιοχημικοί αγγελιοφόροι) δια μέσου του συναπτικού χάσματος. Συνάψεις γενικώς δημιουργούνται μεταξύ των απολήξεων του άξονα του ενός νευρώνα και του κυτταρικού σώματος ή του δενδρίτη του δεύτερου, αλλά μπορούν να δημιουργηθούν μεταξύ των δενδριτών, μεταξύ δενδρίτη και κυτταρικού σώματος ή και μμεταξύ δύο απολήξεων αξόνων. Οι συνάψεις έχουν ιδιαίζουσα σημασία για τους βιολογικούς μηχανισμούς που κρύβονται κάτω από την αντίληψη και τη σκέψη [5]. Παρέχουν επίσης τον τρόπο μέσω του οποίου το νευρικό σύστημα συνδέεται και ελέγχει τα άλλα συστήματα του σώματος. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει έναν τεράστιο αριθμό χημικών συνάψεων (τα μικρά παιδιά έχουν περίπου 1016 συνάψεις ενώ οι ενήλικες από 1015 ως 5×1015).

Οι νευρώνες διαιρούνται σε τρεις λειτουργικές κατηγορίες : τους προσαγωγούς (αισθητικούς), τους απαγωγούς (κινητικούς νευρώνες) και τους διανευρώνες.

Οι προσαγωγοί νευρώνες μεταφέρουν πληροφορία από τους ιστούς και τα όργανα του κυττάρου στο ΚΝΣ, οι απαγωγοί μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα από το ΚΝΣ προς τους μύες ή τα κύτταρα αδένων και οι διανευρώνες συνδέουν τους απαγωγούς και προσαγωγούς νευρώνες [13]. Οι προσαγωγοί νευρώνες, βρίσκονται στη μεγαλύτερη απόσταση από το ΚΝΣ και έχουν υποδοχείς στα άκρα του κυττάρου που επάγουν τα ηλεκτρικά σήματα, αποκρινόμενοι σε διάφορες φυσικές ή χημικές μεταβολές του περιβάλλοντος.

Ένας νευρώνας που άγει σήματα προς μια σύναψη καλείται προσυναπτικός, ενώ νευρώνες που άγουν σήματα μακράν από τη σύναψη λέγονται μετασυναπτικοί (Εικόνα 3). Η θεμελιώδης διαδικασία που αποτελεί τη βάση για τη συναπτική μετάδοση είναι το δυναμικό δράσης, ένα ηλεκτρικό σήμα διάδοσης, που παράγεται χρησιμοποιώντας την ηλεκτρικά ευερέθιστη μεμβράνη του νευρώνα.

1.2 Το Δυναμικό Της Μεμβράνης

Είναι η ηλεκτρική διαφορά δυναμικού (διαφορά τάσης) που σχηματίζεται μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού της κυτταρικής μεμβράνης και καθορίζεται από τις συγκεντρώσεις των ιόντων που βρίσκονται εκατέρωθεν αυτής. Στη βιοφυσική χρησιμοποιείται μερικές φορές εναλλακτικά με το δυναμικό κυττάρων. Σε κάθε κυτταρικό τμήμα ή μεμβρανώδες διαμέρισμα (όπως μια συνθετική κύστη) υπάρχει ένα «διαμεμβρανικό» συνήθως μη μηδενικό δυναμικό. Το δυναμικό αυτό δεν είναι ομοιόμορφο

σε όλη τη μεμβράνη. Στα νευρικά κύτταρα μια τοπική μεταβολή του δυναμικού συμβαίνει στις συνάψεις [14,15,41].

Σε συνθήκες ηρεμίας τα κύτταρα έχουν μία διαφορά δυναμικού, κατά μήκος των μεμβρανών. Στις περισσότερες περιπτώσεις το εσωτερικό του κυττάρου είναι αρνητικά φορτισμένο ως προς το εξωτερικό. Οι δύο καταστάσεις στις οποίες μπορεί να διαφοροποιηθεί το δυναμικό της μεμβράνης, κατά τη μεταβολή του από το δυναμικό σε κατάσταση ηρεμίας, είναι η εκπόλωση και η υπερπόλωση. Ο όρος εκπόλωση σημαίνει ότι το δυναμικό είναι λιγότερο αρνητικό από το δυναμικό ηρεμίας. Κατόπιν παραδοχής, αφορά καταστάσεις όπου αντιστρέφεται η πολικότητα της μεμβράνης και το εσωτερικό του κυττάρου γίνεται θετικό. Υπερπόλωση σημαίνει ότι το δυναμικό είναι περισσότερο αρνητικό από το δυναμικό ηρεμίας. Όταν μια μεμβράνη επιστρέφει ξανά στη κατάσταση ηρεμίας, το φαινόμενο ονομάζεται επαναπόλωση.

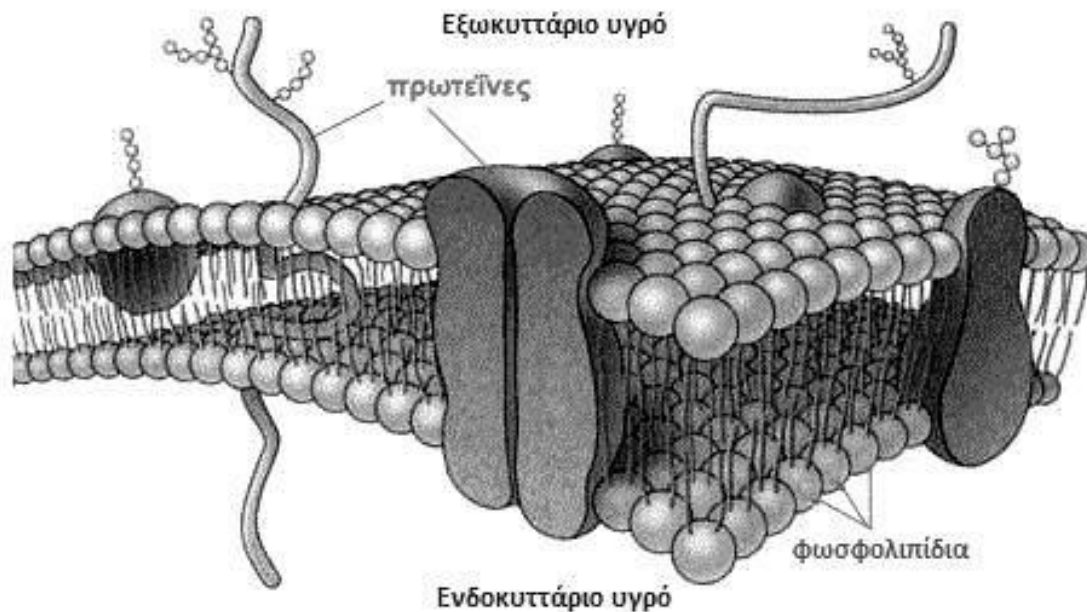
1.2.1 Κατάσταση ισορροπίας

Καλείται η τάση που έχει η κυτταρική μεμβράνη όταν βρίσκεται σε ισορροπία ένα συγκεκριμένο ιόν, η τάση δηλαδή στην οποία η ηλεκτρική δύναμη που προκύπτει από το φορτίο των ιόντων και η οποία εμποδίζει τη διάχυσή τους προς τα έξω, γίνεται ίση σε μέγεθος και αντίθετη σε πρόσημο με την τάση για εξωτερική διάχυση των ιόντων. Όταν επιτυγχάνεται κατάσταση ισορροπίας οι ροές του ιόντος προς τις δύο κατευθύνσεις (εκατέρωθεν της μεμβράνης) εξισώνονται. Η τιμή ισορροπίας καθορίζεται για το κάθε ιόν από την εκάστοτε συγκέντρωσή του εντός και εκτός μεμβράνης, τη θερμοκρασία και το pH του κυττάρου . Για το κάλιο το δυναμικό ισορροπίας $E_K = -80 \text{ mV}$ (αρνητικό στο εσωτερικό του κυττάρου), ενώ για το νάτριο $E_{Na} = +60 \text{ mV}$ (θετικό στο εσωτερικό του κυττάρου). Η διαφορά πρόσημου στα παραπάνω δυναμικά έχει να κάνει με τη θέση των ιόντων σε σχέση με το κύτταρο και τη τάση διάχυσής του (ενδοκυττάριο K^+ και εξωκυττάριο Na^+).

1.2.2 Το Δυναμικό Ηρεμίας

Δυναμικό ηρεμίας ενός κυττάρου ονομάζεται η διαφορά τάσης μεταξύ των δύο περιοχών της μεμβράνης και υπολογίζεται όταν δεν υπάρχουν άλλα δυναμικά ή ενεργές μεταβολές του δυναμικού μεμβράνης. Στα περισσότερα κύτταρα το δυναμικό ηρεμίας έχει

αρνητική τιμή, το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει περισσότερο αρνητικό φορτίο στο εσωτερικό του κυττάρου σε σχέση με το εξωτερικό. Η τιμή του είναι περίπου -70 mVolt. Το δυναμικό



ηρεμίας καθορίζεται από τις συγκεντρώσεις ιόντων που βρίσκονται εκατέρωθεν της μεμβράνης (Εικόνα 4) και από τα ιόντα των πρωτεϊνών «μεταφοράς» που βρίσκονται επί της μεμβράνης [16].

Εικόνα 4 - Η Κυτταρική Μεμβράνη.

Οι δύο πιο σημαντικοί τρόποι μεταβίβασης των ιόντων είναι τα «ιοντικά κανάλια» και οι «ιοντικές αντλίες»[17,18]. Τα «κανάλια» δημιουργούν διαδρομές διαθέσου της κυτταρικής μεμβράνης μέσω των οποίων τα ιόντα μπορούν να διαχέονται χωρίς κατανάλωση ενέργειας. Έτσι υπάρχουν κανάλια επιλεκτικά στα ιόντα Καλίου (K^+), στα ιόντα νατρίου (Na^+) ή στα ιόντα χλωρίου (Cl^-). Διαφορετικά κύτταρα ή διαφορετικά τμήματα του κυττάρου έχουν διαφορετικές ποσότητες ιόντων πρωτεϊνών μεταφοράς. Η ποσότητα των καναλιών K^+ είναι πολύ σημαντική για τον έλεγχο των δυναμικών ηρεμίας κι αυτό γιατί η διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης σε κάλιο είναι 75 φορές μεγαλύτερη από αυτή του νατρίου λόγω του γεγονότος ότι τα κανάλια καλίου είναι πάντοτε ανοικτά ενώ η είσοδος στα κανάλια νατρίου εξαρτάται από το δυναμικό στα άκρα τους .

Η μεταφορά των ιόντων επιτυγχάνεται και με τις ιοντικές αντλίες. Οι ιοντικές αντλίες είναι «ηλεκτρογενετικές» δηλαδή δημιουργούν ανισοκατανομή φορτίου διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης και συμβάλουν στο δυναμικό της. Κάθε αντλία μεταφέρει προς

τα έξω τρία μόρια νατρίου, για κάθε δύο μόρια καλίου που εισάγει στο κύτταρο, με αποτέλεσμα να παρατηρείται πάντοτε μεταφορά περισσότερων θετικών ιόντων προς τα έξω. Η διαρκής άντληση περισσότερων φορτίων από την εσωτερική προς την εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνης (3 ιόντων νατρίου προς 2 ιόντα καλίου που εισέρχονται στο κύτταρο), οδηγεί τελικά στη δημιουργία του αρνητικού δυναμικού μεμβράνης μεταξύ ενδοκυττάρου και εξωκυττάρου χώρου.

Το δυναμικό ηρεμίας καθορίζεται από τα είδη των ιόντων, σε ένα σύστημα, που έχουν τη μέγιστη αγωγιμότητα διαμέσου της μεμβράνης. Για τα περισσότερα κύτταρα αυτό είναι κάλιο. Όταν το κύτταρο βρίσκεται σε δυναμικό ηρεμίας η καθαρή μετακίνηση ιόντων νατρίου μέσα στο κύτταρο είναι ίση με αυτή του καλίου. Δεδομένης όμως της μεγαλύτερης διαπερατότητας της μεμβράνης στο κάλιο το δυναμικό της μεμβράνης πλησιάζει το δυναμικό ισορροπίας του καλίου.

1.2.3 Τα Βαθμωτά Δυναμικά

Το βαθμωτά δυναμικά είναι ένα μέτρο του δυναμικού κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης και είναι ιδιαίτερα σημαντικά στους νευρώνες που εμφανίζουν έλλειψη δράσης. Εκπολώνουν την μεμβράνη, αυξάνουν δηλαδή το δυναμικό της πάνω από το δυναμικό ηρεμίας είναι σημαντικά ως δυναμικά «σκανδαλισμού» που μπορεί να εξαπλωθούν σε όλη την επιφάνεια των νευρικών κυττάρων και να προκαλέσουν ενεργά δυναμικά, ενώ αυτά που υπερπολώνουν την κυτταρική μεμβράνη μειώνοντας το δυναμικό της σε τιμές κάτω από το δυναμικό ηρεμίας, αναστέλλουν τη δημιουργία ενεργών δυναμικών. Τα βαθμωτά δυναμικά μπορούν να προκύψουν, είτε σε τμήματα των κυττάρων που λειτουργούν ως αισθητήριοι δέκτες, είτε στις συνάψεις και λέγονται αντίστοιχα δυναμικά υποδοχέων και συναπτικά δυναμικά. Είναι υψηλότερα στην πηγή τους και φθίνουν όσο αυξάνεται η απόσταση από αυτή.

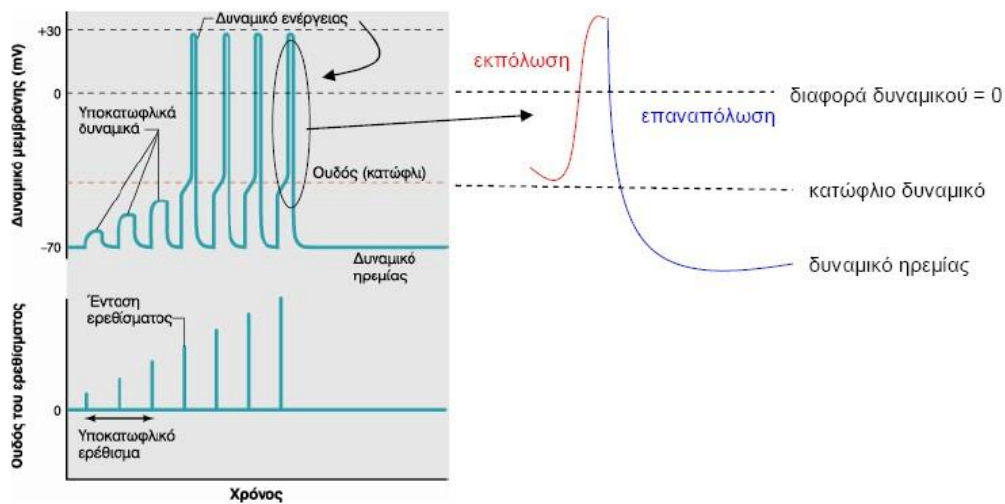
1.2.4 Ενεργά δυναμικά

Τα ενεργά δυναμικά είναι ακρογωνιαίος λίθος για τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ και ανάμεσα των ιστών [19]. Δημιουργούνται και σε άλλα είδη κυττάρων (πχ. κύτταρα μυοκαρδίου) αλλά χρησιμοποιούνται κυρίως από το νευρικό σύστημα για την επικοινωνία

μεταξύ των νευρώνων και των μυών καθώς και των αδένων με τους νευρώνες. Σε αντίθεση με τα βαθμωτά δυναμικά, τα ενεργά δυναμικά διαδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις. Με αυτό το τρόπο γίνεται αντιληπτό από τον εγκέφαλο ο τραυματισμός του μεγάλου δακτύλου (αίσθηση πόνου) σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Οι φάσεις από τις οποίες διέρχεται ένα ενεργό δυναμικό αναπτύσσονται παρακάτω:

- **Δυναμικό ηρεμίας :** Με τη διάχυση ιόντων καλίου έξω από το κύτταρο δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού δια μέσου της κυτταρικής μεμβράνης όπου αρνητικό φορτίο βρίσκεται συσσωρευμένο στο εσωτερικό του κυττάρου.
- **Διέγερση:** Μια τοπική αποπόλωση των μεμβρανών που προκαλείται από ένα διεγερτικό ερέθισμα αναγκάζει μερικά κανάλια νατρίου, στα οποία η είσοδος εξαρτάται από την τάση στα άκρα τους, να ανοίξουν και κατά συνέπεια ιόντα νατρίου διαχέονται μέσω των καναλιών. Όντας θετικά φορτισμένα, αρχίζουν μια αντιστροφή στη διαφορά δυναμικού διαμέσου της μεμβράνης ώστε από το φορτίο από αρνητικό στο εσωτερικό του κυττάρου να γίνει θετικό. Η προς τα έξω μετακίνηση των ιόντων νατρίου ευνοείται επίσης από την περίσσεια αρνητικού-φορτίου στο εσωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης.
- **Ανοδική φάση:** Καθώς τα ιόντα νατρίου εισέρχονται και το δυναμικό της μεμβράνης γίνεται λιγότερο αρνητικό, περισσότερα κανάλια νατρίου ανοίγουν, προκαλώντας μια ακόμα μεγαλύτερη εισροή των ιόντων νατρίου κατά συνέπεια το ρεύμα νατρίου επικρατεί του ρεύματος καλίου και το δυναμικό της κυτταρικής μεμβράνης γίνεται θετικό στο εσωτερικό της.
- **Αιχμή:** Όταν το δυναμικό της μεμβράνης είναι περίπου + 30 mV κλείνουν οι ευαίσθητες στην τάση είσοδοι των καναλιών νατρίου εμποδίζοντας την περαιτέρω εισροή του νατρίου. Ενώ συμβαίνει αυτό οι ευαίσθητες στην τάση είσοδοι των καναλιών καλίου ξεκινούν να ανοίγουν.
- **Καθοδική φάση:** Καθώς τα κανάλια καλίου ανοίγουν, ξεκινά μια μεγάλη μετακίνηση προς τα έξω των ιόντων καλίου η οποία ευνοείται από το θετικό φορτίο που υπάρχει στο εσωτερικό. Καθώς τα ιόντα καλίου διαχέονται στο εξωτερικό του κυττάρου συμβαίνει μετακίνηση θετικού φορτίου η οποία προκαλεί αντιστροφή του δυναμικού της μεμβράνης και επαναπόλωση του νευρώνα στην κατάσταση του δυναμικού ηρεμίας.
- **Undershoot:** Το κλείσιμο των καναλιών καλίου εξαρτάται από την τάση που αναπτύσσεται και το χρόνο. Καθώς το κάλιο βγαίνει από το κύτταρο, η προκύπτουσα επαναπόλωση της μεμβράνης αρχίζει το κλείσιμο των καναλιών καλίου. Αυτά τα

κανάλια δεν κλείνουν αμέσως αλλά έχουν μια καθυστερημένη απάντηση στην αλλαγή του δυναμικού της μεμβράνης, έτσι ώστε το κάλιο συνεχίζει να ρέει από το κύτταρο ακόμα και αφού έχει επαναπολωθεί πλήρως η μεμβράνη. Κατά συνέπεια το δυναμικό μεμβράνης βυθίζεται κάτω από την κανονική τιμή του δυναμικού ηρεμίας για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτό το βύθισμα ονομάζεται undershoot.



Εικόνα 5 - Ενεργό Δυναμικό / Καταστάσεις Πόλωσης

Τα ενεργά δυναμικά προκαλούνται όταν μια αρχική εκπόλωση πλησιάζει ένα κατώφλι. Η τιμή κατωφλίου είναι περίπου 15 mVolts πάνω από το δυναμικό της μεμβράνης του κυττάρου και εμφανίζεται όταν το προς τα έσω ρεύμα νατρίου υπερβαίνει το προς τα έξω ρεύμα καλίου. Η καθαρή εισροή των θετικών φορτίων που φέρονται από τα ιόντα νατρίου εκπολώνει το δυναμικό της μεμβράνης και οδηγεί στο περαιτέρω άνοιγμα των καναλιών νατρίου. Αυτά τα κανάλια υποστηρίζουν την ανάπτυξη ακόμα μεγαλύτερου εσωτερικού ρεύματος προς το εσωτερικό του κυττάρου προκαλώντας την περαιτέρω αποπόλωση, που δημιουργεί έναν κύκλο θετικής «ανατροφοδότησης» που οδηγεί το δυναμικό της μεμβράνης σε πολύ εκπολωμένο επίπεδο.

Το κατώφλι για την έναρξη του ενεργού δυναμικού συχνά συγχέεται με το "κατώτατο όριο" του ανοίγματος καναλιών νατρίου. Αυτό είναι λάθος, καθώς τα κανάλια νατρίου δεν έχουν κανένα κατώτατο όριο. Αντ' αυτού, ανοίγουν κατά τρόπο στοχαστικό. Η εκπόλωση δε συμβάλλει τόσο στο άνοιγμα του καναλιού όσο αυξάνει την πιθανότητα να είναι αυτό ανοικτό. Ακόμη και σε υπερπολωμένα δυναμικά ένα κανάλι νατρίου θα ανοίξει

πολύ περιστασιακά. Επιπλέον, το κατώφλι ενός ενεργού δυναμικού δεν είναι η τάση στην οποία το ρεύμα νατρίου γίνεται μεγάλο αλλά είναι το σημείο όπου υπερβαίνει το ρεύμα καλίου.

Βιολογικά στους νευρώνες, η εκπόλωση δημιουργείται μέσα στους δενδρίτες, στις συνάψεις. Σε γενικές γραμμές, ένα ενεργό δυναμικό μπορεί να αρχίσει οπουδήποτε κατά μήκος μιας νευρικής ίνας.

1.3 Η Σημασία του Ενεργού Δυναμικού

Το ενεργό δυναμικό, ως μέθοδος επικοινωνίας σε μεγάλες αποστάσεις, είναι κατάλληλο για μια συγκεκριμένη βιολογική ανάγκη η οποία φαίνεται πιο έντονα αν αναλογιστούμε τη μετάδοση πληροφορίας κατά μήκος ενός νευρικού άξονα. Όπως το ρεύμα – ηλεκτρικό σήμα κινείται κατά μήκος ενός αγωγού ή καλωδίου εξ' αιτίας της διαφοράς δυναμικού, είτε στα άκρα του καλωδίου, είτε στο εσωτερικό του αγωγού, έτσι και η φύση έχει εφαρμόσει παρόμοιες αρχές για τη μετάδοση σημάτων κατά μήκος των νευροαξόνων [20].

Σε αντίθεση με τη μεταφορά σημάτων μεταξύ καλωδίων δεν παρουσιάζονται απώλειες σήματος λόγω κάποιας αντίστασης ή μεγάλης απόστασης, αφού η ύπαρξη του ενεργού δυναμικού συμβάλλει στην αναγέννηση του σήματος και τη διάδοσή του χωρίς απώλειες. Με άλλα λόγια, η κυτταρική μεμβράνη των νευρώνων αναδημιουργεί το ενεργό δυναμικό στο πλήρες πλάτος του καθώς αυτό διαδίδεται στον άξονα, υπερνικώντας τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τη φυσική των καλωδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΙΑ / EEG ΚΑΙ MEG

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος καταγραφής του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος EEG και του μαγνητοεγκεφαλογραφήματος MEG, η λειτουργία του εγκεφαλογράφου και το τρόπο καταγραφής των σημάτων αυτών καθώς και οι διαφορές τους. Παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας EEG - MEG και αναλύονται οι τεχνικές επεξεργασίας τους. Αναπτύσσονται τα κύρια χαρακτηριστικά του ηλεκτροεγκεφαλικού σήματος όπως οι φασματικές συνιστώσες και οι βασικές κορυφώσεις σε σχέση με το χρόνο των προβλητών δυναμικών και παρουσιάζεται μια επιγραμματική αναφορά στη βιολογική σημασία τους. Τέλος γίνεται ένας διαχωρισμός των δύο τεχνικών απεικόνισης και το ρόλο τους στη σύγχρονη ιατρική.

2.1 Διαδικασία Καταγραφής Ηλ/κού Σήματος ΗΕΓ (ή EEG)

2.1.1 Ηλεκτροφυσιολογία & Ηλεκτροεγκεφαλογραφία

Η Ηλεκτροφυσιολογία είναι η μελέτη των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των βιολογικών κυττάρων και των ιστών. Περιλαμβάνει τις μετρήσεις της αλλαγής τάσης ή ρεύματος σε μια ευρεία κλίμακα που περιλαμβάνει τα ιοντικά κανάλια σε κυτταρικό επίπεδο έως ολόκληρους ιστούς όπως η καρδιά ή ο εγκέφαλος. Στη Νευρολογία, περιλαμβάνει τις μετρήσεις της ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρώνων, και ιδιαίτερα τα ενεργά δυναμικά. Υπάρχουν δύο σημαντικοί τομείς της ηλεκτροφυσιολογίας: η ενδοκυτταρική καταγραφή και η εξωκυτταρική καταγραφή. Οι ενδοκυτταρικές καταγραφές συνήθως γίνονται σε κύτταρα, ενώ οι καταγραφές δραστηριότητας σε ζώντες οργανισμούς είναι συνήθως εξωκυτταρικές.



Εικόνα 6 - Τοποθέτηση Ηλεκτροδίων

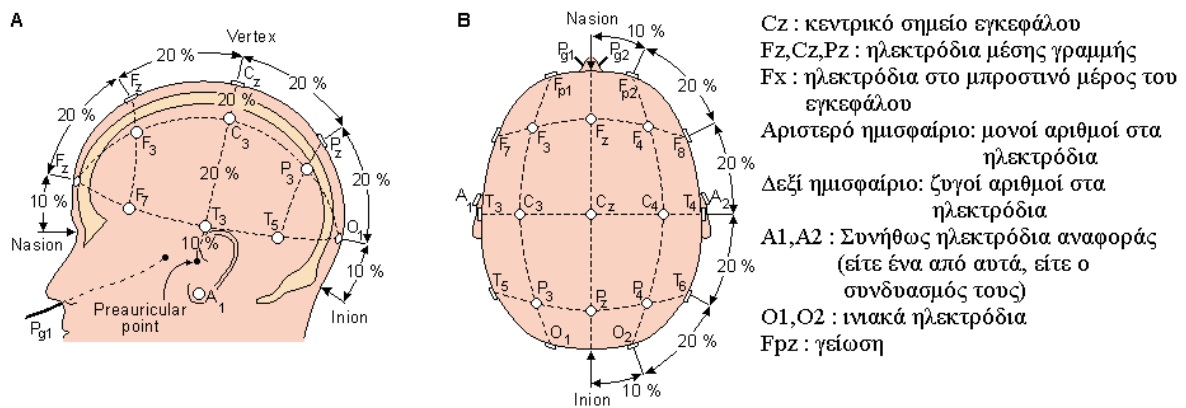
Η Ηλεκτροεγκεφαλογραφία είναι ο τομέας της ηλεκτροφυσιολογίας που ασχολείται με την μέτρηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου με τη βοήθεια ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στο δέρμα του κρανίου (Εικόνα 6) ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις υποδορίως. Είναι μια μέθοδος έρευνας, που σκοπός της είναι να βοηθήσει στη κλινική διάγνωση του εξεταζόμενου ασθενή ή μη. Αφορά τη καταγραφή των δυναμικών, που συναθροίζονται στην επιφάνεια του κρανίου και παρέχει πληροφορίες για την ύπαρξη ανωμαλιών, που δεν έχουν απαραίτητα ανατομικό υπόστρωμα, αλλά εκφράζουν μόνο μια λειτουργική διαταραχή.

Το αποτέλεσμα της καταγραφής είναι γνωστό ως εγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ ή EEG) και αναπαριστά ένα ηλεκτρικό σήμα που είναι το αποτέλεσμα της ηλεκτρικής δραστηριότητας ενός μεγάλου αριθμού νευρώνων. Με άλλα λόγια ένα ΗΕΓ, ανιχνεύει και καταγράφει ιοντικά ρεύματα που παράγονται μέσα στους νευρώνες του εγκεφάλου και στη συνέχεια τα απεικονίζει σε ημιτονοειδές κυματομορφές με τη βοήθεια ενός υπολογιστή.

Τα σήματα αυτά συχνά αποκαλούνται «εγκεφαλικά κύματα» αν και η χρήση αυτού του ονόματος αποφεύγεται[21]. Το EEG συνδέεται έντονα με την εγκεφαλική δραστηριότητα [22]. Το μετρούμενο μέγεθος είναι τάση (διαφορές δυναμικού) μεταξύ διαφορετικών σημείων του κεφαλιού. Η μέτρηση αυτών των δυναμικών είναι δυνατή επειδή ο εγκεφαλικός ιστός, οι μήνιγγες, το κρανίο και το δέρμα άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα [23-24].

2.1.2 Πως Παράγεται Το Ηλεκτροεγκεφαλικό Σήμα ΗΕΓ (ή EEG)

Στο συμβατικό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, η καταγραφή επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων πάνω στο δέρμα της κεφαλής, αφού η περιοχή καθαριστεί από λιπαρές ουσίες και εφαρμοστεί σε αυτήν ένα αγωγίμο υλικό (gel) ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν η αντίσταση. Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται αφού το κρανίο μετρηθεί και οι θέσεις των ηλεκτροδίων επιλέγονται σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα 10/20 Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας [26] και έχει υιοθετεί από την Παγκόσμια Ομοσπονδία Ηλεκτροεγκεφαλογραφίας και Κλινικής Νευροφυσιολογίας όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 7 – Θέσεις Ηλεκτροδίων Στο Διεθνές Σύστημα 10-20

Το ηλεκτρόδιο έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με το αγώγιμο υλικό. Με αυτόν τον τρόπο διεξάγεται κίνηση ιόντων από το δέρμα στο ηλεκτρόδιο μέσω του αγώγιμου υλικού μέχρι να επέλθει ισορροπία η οποία εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων που υπάρχει και στις δύο πλευρές. Δημιουργούνται τελικά δύο φορτισμένες επιφάνειες, μία στο ηλεκτρόδιο και μία στην περιοχή που αυτό εφάπτεται όπου ανάμεσά τους αναπτύσσεται μια διαφορά δυναμικού η οποία είναι ευαίσθητη στις μεταβολές των συγκεντρώσεων των ιόντων.

Όταν αναπτύσσεται ένα εγκεφαλικό σήμα, μεταβάλλεται η ιοντική συγκέντρωση και ακολούθως η διαφορά δυναμικού μεταξύ δέρματος και ηλεκτροδίου στο σημείο επαφής. Άρα υπάρχει ροή ηλεκτρονίων στο ηλεκτρόδιο. Στη συνέχεια τα ηλεκτρόδια καταγράφουν την εγκεφαλική δραστηριότητα (δηλαδή τη ροή των ηλεκτρονίων – ιοντικό ρεύμα που προκύπτει μέσα στους νευρώνες του εγκεφάλου) και στέλνουν τα παραγόμενα σήματα μέσω καλωδίων σε ένα υπολογιστή προς καταγραφή και αποθήκευση.

Είναι σημαντικό η διαφορά δυναμικού να επηρεάζεται μόνο από ιοντικά ρεύματα που προκαλούνται από εγκεφαλικά σήματα και όχι από άλλους παράγοντες όπως οι θερμοκρασιακές μεταβολές ή οι μετακινήσεις των ηλεκτροδίων. Αυτό επιτυγχάνεται όταν τα ιόντα της περιοχής επαφής του ηλεκτροδίου έχουν μεγαλύτερη ευχέρεια κινήσεων πράγμα που συμβαίνει σε ηλεκτρόδια από υλικό που προέρχεται από το συνδυασμό ενός μετάλλου με το αντίστοιχο άλας του. Συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια που κατασκευάζονται από άργυρο (Ag) ή χλωριούχο άργυρο (AgCl), ενώ το αγώγιμο υλικό που χρησιμοποιείται περιέχει κυρίως ανιόντα χλωρίου (Cl⁻) [24, 25].

Κάθε ηλεκτρόδιο συνδέεται με την είσοδο ενός διαφορικού ενισχυτή (ένας ενισχυτής για κάθε ηλεκτρόδιο) ο οποίος ενισχύει την τάση μεταξύ δύο ηλεκτροδίων από

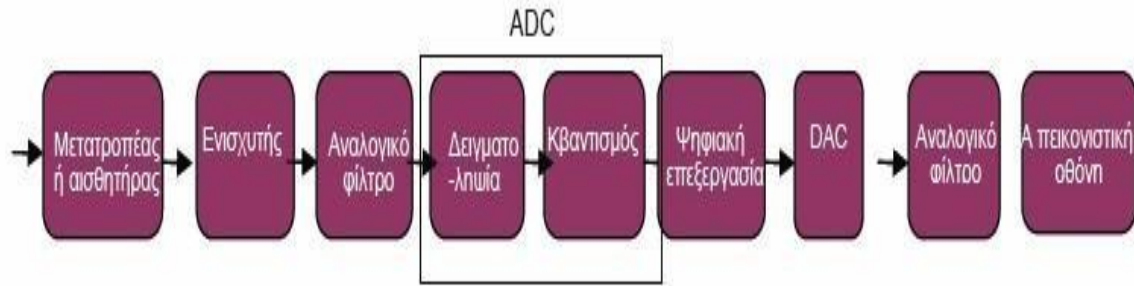
1000 έως 100000 φορές [27, 28]. Συνήθως υπάρχει μια πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης, οι προενισχυτές, η οποία αποτελείται από ενισχυτές χαμηλού θορύβου, της τάξεως των nV, λαμβάνοντας υπόψιν ότι τα προς ενίσχυση σήματα είναι της τάξεως των μV. Σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές η χρονική διάρκεια ενός EEG δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 20 λεπτά.

2.1.3 Ενίσχυση Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος ΗΕΓ (ή EEG)

Η ενίσχυση του σήματος των ηλεκτροδίων γίνεται συνήθως με έναν εκ των ακόλουθων τριών τρόπων:

- Ενίσχυση κοινής αναφοράς (Μονοπολική) : Ο τερματισμός κάθε ενισχυτή συνδέεται σε ένα κοινό για όλους ηλεκτρόδιο και τα σήματα όλων των άλλων ηλεκτροδίων μετρώνται σε σχέση με αυτό το ηλεκτρόδιο που ονομάζεται ηλεκτρόδιο αναφοράς. Συνήθως το ηλεκτρόδιο αναφοράς τοποθετείται σε κάποιο σημείο που ανήκει στη μεσαία γραμμή του κρανίου (νοητή ευθεία που χωρίζει το κρανίο συμμετρικά σε δύο μέρη) ή τοποθετείται στα λοβία των αυτιών, εκ του γεγονότος ότι τα λοβία των αυτιών έχουν μηδαμινή βιολογική δραστηριότητα και έτσι προσφέρονται ως σημεία ‘αναφοράς’.
- Ενίσχυση μέσης αναφοράς : Οι έξοδοι όλων των ενισχυτών αθροίζονται και υπολογίζεται ο μέσος όρος τους. Αυτό το σήμα αποτελεί την κοινή αναφορά για κάθε ενισχυτή.
- Διπολική ενίσχυση : Τα ηλεκτρόδια συνδέονται σειριακά σε ισάριθμους ενισχυτές. Για παράδειγμα ο ενισχυτής Νο1 ενισχύει τη διαφορά των ηλεκτροδίων Α και Β, ο ενισχυτής 2 τη διαφορά των ηλεκτροδίων Β και C κ.ο.κ.

Συνήθως χρησιμοποιούνται διαφορικοί ενισχυτές, ώστε ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος (Common Mode Rejection Ratio – CMRR) να είναι στο επίπεδο των 120 db [24]. Το προκύπτον σήμα φιλτράρεται από ένα υψιπερατό και ένα βαθυπερατό φίλτρο με χαρακτηριστικά 0.5Hz και 35-70Hz αντίστοιχα. Το υψιπερατό φίλτρο απορρίπτει χαμηλόσυχνα σήματα που προκαλεί η ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος ενώ το βαθυπερατό απορρίπτει ηλεκτρομυογραφικά σήματα. Το φιλτραρισμένο σήμα αποτυπώνεται σε χαρτί (κυρίως στα παλαιότερα συστήματα) ή παρουσιάζεται στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή αφού πρώτα ψηφιοποιηθεί και ληφθεί από κάρτα δεδομένων (Data Acquisition Card – DAQ) [27].



Εικόνα 8 - Τυπικό Σύστημα Λήψης Επεξεργασίας Βιοϊατρικού Σήματος

Στις περιπτώσεις μικρών σημάτων όπως το EEG όπου τα μετρούμενα σήματα είναι της τάξεως των μV , πρέπει να υπάρχει κοινή γείωση όλων των τμημάτων του συστήματος για να αποφεύγεται η δημιουργία βρόχων μεταξύ διαφορετικών γειώσεων έχοντας ως συνέπεια την εισαγωγή σφαλμάτων.

2.2 Επεξεργασία Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος ΗΕΓ (EEG)

2.2.1 Τεχνικές Επεξεργασίας Του Ηλεκτροεγκεφαλικού Σήματος

Η πιστή καταγραφή του EEG σήματος αποτελεί το πρώτο αλλά πολύ σημαντικό βήμα στην Ηλεκτροεγκεφαλογραφία και είναι μια από τις απαραίτητες προϋποθέσεις όχι μόνο για τον αναλογικό χειρισμό του, αλλά και για τον ψηφιακό μετασχηματισμό και την περαιτέρω επεξεργασία του.

Τα EEG σήματα αποτελούν τιμές μιας συνεχούς συνάρτησης του δυναμικού ως προς το χρόνο. Κατά συνέπεια κάθε μετατροπή ή μετασχηματισμός ο οποίος εφαρμόζεται στο EEG σήμα, είναι επίσης μια συνεχής συνάρτηση του χρόνου. Έτσι, για παράδειγμα, το συνεχές δυναμικό που παίρνουμε στην έξοδο ενός ενισχυτή είναι ανάλογο του επίσης συνεχούς δυναμικού που εφαρμόζεται στην είσοδο του, αναλογία η οποία διατηρείται διαρκώς. Άρα το EEG σήμα είναι αναλογικό και κατ' επέκταση οι τεχνικές λήψης, ενίσχυσης και καταγραφής του είναι και αυτές αναλογικές.

Έτσι λοιπόν το συνεχές αναλογικό ηλεκτροεγκεφαλογραφικό σήμα πρέπει να μετατραπεί σε μια σειρά διακριτών σημείων που αντιπροσωπεύονται από δυαδικούς

αριθμούς οι οποίοι κατόπιν θα δοθούν στο σύστημα για επεξεργασία. Η μετατροπή του αναλογικού σε ψηφιακό και η περαιτέρω επεξεργασία του (σε δυαδική πια μορφή) συνιστά την ψηφιακή μέθοδο.

2.2.2 Μετατροπή Του Αναλογικού Σήματος Σε Ψηφιακό

Το πλάτος (amplitude) του συνεχούς, αναλογικού, δυναμικού μετριέται ανά τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως από 1 μ s μέχρι 1 ms) και κατόπιν οι τιμές μέτρησης μετατρέπονται από έναν κωδικοποιητή ή αναλογοψηφιακό μετατροπέα (analog to digital converter, A/D C) σε ψηφία του δυαδικού συστήματος τα οποία τοποθετούνται σε καθορισμένες διευθύνσεις της μνήμης του ΗΥ για περαιτέρω επεξεργασία.

Στην περίπτωση ενίσχυσης ή ανόρθωσης (rectification) του σήματος, μετά το τέλος της επεξεργασίας μπορεί να πάρει κανείς το αντίστοιχο του αναλογικού σήματος αφού προηγηθεί αυτή τη φορά η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή η μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό από ένα αποκωδικοποιητή (D/A C). Η διαδικασία των διαδοχικών μετρήσεων (παρατηρήσεων) ανά τακτά και ίσα μεταξύ τους χρονικά διαστήματα ονομάζεται δειγματοληψία (sampling).

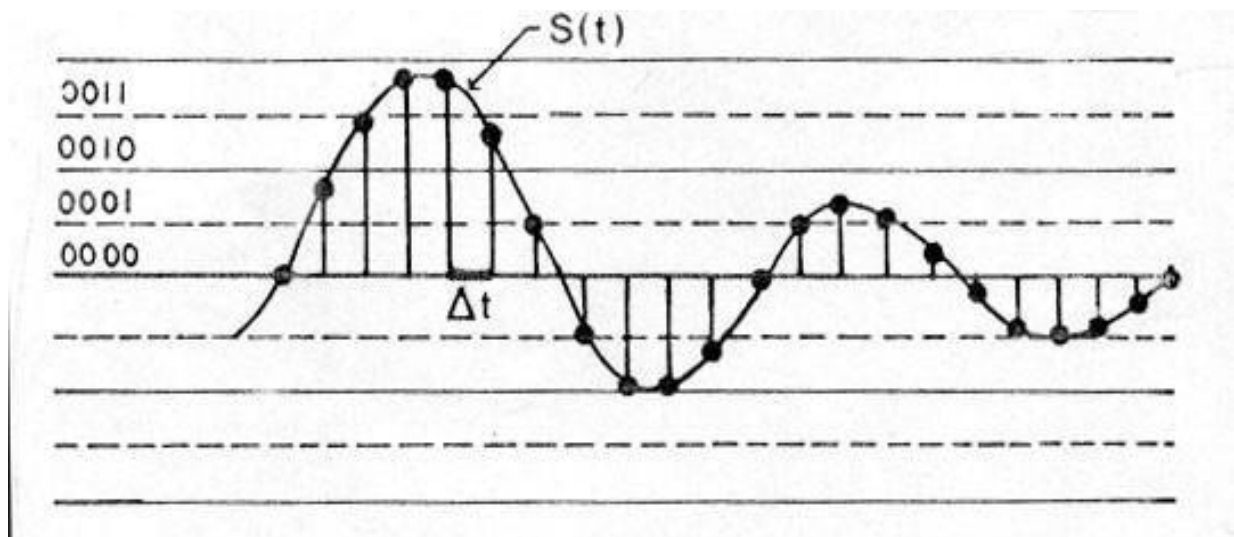
Προκειμένου βέβαια το παράγωγο σήμα να παριστά αξιόπιστα το αρχικό αναλογικό σήμα, θα πρέπει κατ' αρχήν ο ρυθμός ή συχνότητα δειγματοληψίας (sampling rate), δηλαδή ο αριθμός των μετρήσεων ανά sec, να υπακούει σε κάποιους νόμους έτσι ώστε να μην υπάρχει απόκρυψη στοιχείων, δηλαδή απώλεια πληροφορίας, πράγμα το οποίο συμβαίνει όταν το μεσοδιάστημα των παρατηρήσεων είναι μεγάλο. Στον καθορισμό της συχνότητας δειγματοληψίας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο 1^{ος} νόμος του Nyquist, ο οποίος ορίζει ότι «η συχνότητα της δειγματοληψίας δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας που περιέχεται στο σήμα».

Η εφαρμογή του νόμου του Nyquist αποτρέπει την εμφάνιση του φαινομένου της φασματικής επικάλυψης (aliasing). Για τα βραδέα κύματα είναι ικανοποιητική ακόμη και μια μικρή συχνότητα δειγματοληψίας, για τις αιχμές όμως και τα αιχμηρά στοιχεία είναι αυτονόητο ότι απαιτείται μεγάλη συχνότητα δειγματοληψίας. Όπως γίνεται αντιληπτό, θα πρέπει παράλληλα να αποφεύγεται και η σπατάλη διευθύνσεων μνήμης, όπως στην περίπτωση μιας «πυκνής» αλλά μη απαραίτητης δειγματοληψίας.

Για τις κλινικές εφαρμογές της χαρτογράφησης του EEG (όπου οι συχνότητες που ενδιαφέρουν είναι 1-30 Hz) η ελάχιστη απαιτούμενη συχνότητα δειγματοληψίας είναι 60

Hz, αλλά καλό είναι η συχνότητα της δειγματοληψίας να ορίζεται τριπλάσια από την υψηλότερη συχνότητα που περιέχει το σήμα [29]. Στην πράξη λοιπόν, η ακρίβεια της δειγματοληψίας και κατ' επέκταση η πιστότητα της παράστασης του αναλογικού σήματος, εξαρτάται από την εκλογή της συχνότητας δειγματοληψίας η οποία κατόπιν με τη σειρά εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του αναλογοψηφιακού μετατροπέα. Η διακριτική ή διαχωριστική ικανότητα (resolution) ενός αναλογοψηφιακού μετατροπέα, εκφράζει την ελάχιστη μεταβολή του δυναμικού που μπορεί να διακρίνει ο μετατροπέας, έχει σχέση με το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δυο διαδοχικές μετρήσεις του δείγματος, είναι αντιστρόφως ανάλογη της μέγιστης συχνότητας δειγματοληψίας και εκφράζεται σε bits ανά «λέξη».

Για παράδειγμα, ένας «8μπιτος» (8-bit) αναλογοψηφιακός μετατροπέας μπορεί να πραγματοποιήσει (256) μετρήσεις, ενώ ένας «12-μπιτος» (12-bit) 4096. Για το EEG μια διακριτική ικανότητα 8-11 bits (που ισοδυναμεί με: +256 έως +2048 μετρήσεις σε κάθε δειγματοληπτική περίοδο) είναι ικανοποιητική. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του αναλογοψηφιακού μετατροπέα είναι η μέγιστη διακύμανση ή μέγιστο εύρος (full scale range) δυναμικού, το οποίο καλείται και ευαισθησία, και το οποίο καθορίζει τις ακρότατες (ελάχιστη και μέγιστη) τιμές του δυναμικού εισόδου που μπορεί να χειριστεί ο μετατροπέας χωρίς παραμόρφωση του σήματος.



Εικόνα 9 - Τεχνική Δειγματοληψίας Και Ψηφιοποίηση Του Πλάτους

2.2.3 Περιορισμοί και Πλεονεκτήματα ΗΕΓ (ή EEG)

Το EEG χαρακτηρίζεται από κάποιους περιορισμούς. Τα ηλεκτρόδια δεν είναι αρκετά ευαίσθητα ώστε να εξάγουν μεμονωμένα ενεργά δυναμικά (την ηλεκτρική μονάδα σηματοδότησης του εγκεφάλου). Επίσης δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό αν η προκύπτουσα ηλεκτρική δραστηριότητα απελευθερώνει ανασταλτικούς, διεγερτικούς ή ρυθμιστικούς νευροδιαβιβαστές (χημικές ουσίες που μεταφέρουν τα νευρικά ηλεκτρικά σήματα). Αντίθετα το EEG καταγράφει τη δραστηριότητα μεγάλων ομάδων νευρώνων οι οποίες παράγουν ισχυρότερη ηλεκτρική τάση από αυτήν ενός μεμονωμένου νευρώνα. Επιπρόσθετα το EEG έχει περιορισμένη δυνατότητα λεπτομερειακής ανατομικής απεικόνισης σε σχέση με άλλες τεχνικές όπως το fMRI (functional magnetic resonance imaging).

Εντούτοις το EEG έχει ισχυρά πλεονεκτήματα ως εργαλείο εξερεύνησης του εγκεφάλου καθώς είναι μια μη επεμβατική μέθοδος και έχει πολύ καλή χρονική ανάλυση αφού μπορεί να ανιχνεύσει μεταβολές στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου σε χρόνο της τάξεως των msec. Καθώς ο εγκέφαλος λειτουργεί μέσω της ηλεκτρικής του δραστηριότητας το EEG είναι η μόνη μέθοδος για άμεση μέτρηση καθώς οι άλλες μέθοδοι βασίζονται στη ροή του αίματος ή το μεταβολισμό, μεγέθη τα οποία μπορεί να είναι ασύνδετα με την εγκεφαλική ηλεκτρική δραστηριότητα.

Γενικά ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα χρησιμοποιείται για να προβλέψουμε προβλήματα που έχουν να κάνουν κυρίως με την εγκεφαλική λειτουργία του εξεταζόμενου ασθενή ή μη, όπως :

- Επιληψία
- Τραυματισμός στο κεφάλι
- Εγκεφαλίτιδα
- Όγκο στον εγκέφαλο
- Εγκεφαλοπάθεια
- Προβλήματα μνήμης
- Διαταραχές ύπνου
- Εγκεφαλικά επεισόδια
- Άνοια

2.3 Χαρακτηριστικά Του ΗΕΓ (ή EEG)

Τα EEG σήματα είναι συνεχή και χαρακτηρίζονται από μία ρυθμικότητα χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι επαναλαμβάνονται ακριβώς από κύκλο σε κύκλο. Έχουν δηλαδή μία εξέλιξη τυχαία. Από μαθηματική άποψη αποτελούν τιμές μιας «στοχαστικής ανέλιξης», μιας συνάρτησης δηλαδή με απρόβλεπτη εξέλιξη στο χρόνο, «εξαναγκασμένης» όμως να συμπεριφέρεται με στατιστική ομαλότητα. Κατά πόσο βέβαια η EEG δραστηριότητα είναι καθαρά στοχαστικό φαινόμενο είναι υπό συζήτηση. Τούτο διότι τα στοχαστικά φαινόμενα κατά τη διαχρονική τους εξέλιξη οφείλουν να διατηρούν μία σταθερή κατανομή φασματικής ισχύος, πράγμα το οποίο δε φαίνεται να ισχύει για την EEG δραστηριότητα.

Η διαπίστωση όμως αυτή δεν αποτελεί σοβαρό εμπόδιο στη μελέτη των EEG σημάτων διότι η EEG δραστηριότητα σε συνισταμένη ενός πολύ μεγάλου αριθμού επιμέρους διαδικασιών υπακούει στο κεντρικό θεώρημα της στατιστικής το οποίο ορίζει ότι η συνισταμένη ενός μεγάλου αριθμού επιμέρους διαδικασιών ανεξάρτητα από την κατανομή που ακολουθεί κάθε μία από αυτές, ακολουθεί την κανονική κατανομή [30].

Στην εικόνα 10 και 11, που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι κυριότεροι «ρυθμοί» δηλαδή οι συχνοτικές περιοχές (μπάντες) που περιέχονται σε ένα EEG σήμα και αποκαλύπτονται όταν γίνει φασματική ανάλυση αυτού. Επίσης αναγράφεται ανά ρυθμό το πλάτος του σήματος δηλαδή το μέγεθος της μετρούμενης τάσης σε μV .

Ρυθμός	Περιοχή Συχνοτήτων (Hz)	Πλάτος (μV)
Δέλτα	0.5 - 3.5	Έως 100 - 200
Θήτα	4 - 7.5	< 30
Άλφα	8 - 12	30 - 50
Αργός Βήτα	13 - 19	< 20
Ταχύς Βήτα	20 - 30	< 20
Γάμμα	30 - 70	< 20

Εικόνα 10 - Οι Κυριότεροι Ρυθμοί Ενός EEG

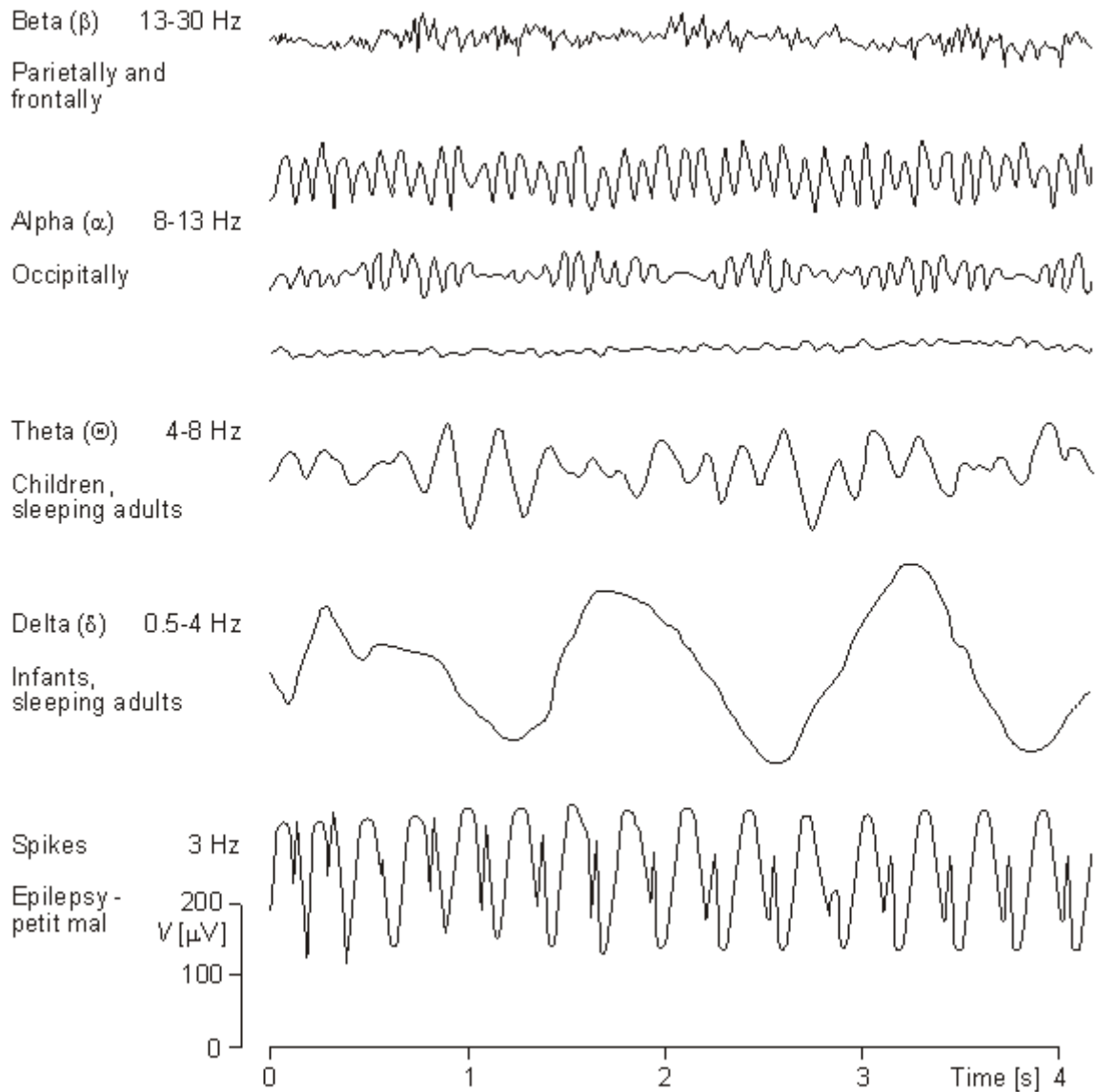
Η ποσοτικοποίηση του EEG έχει αποδειχθεί χρήσιμη και κατάλληλη μέθοδος για την μέτρηση του 'επιπέδου' και της κατανομής της φλοιϊκής δραστηριότητας του εγκεφάλου κατά την επιτέλεση νοητικών, συναισθηματικών και συμπεριφερικών αποστολών. Γενικά γίνεται δεκτό ότι ως φυσιολογικά EEG θεωρούνται εκείνα στα οποία περιέχονται ρυθμοί α και β σε ενήλικα άτομα σε κατάσταση εγρήγορσης.

Ειδικά για την συχνότητα α (8-12 Hz) υποστηρίζεται ότι αντικατοπτρίζει αυξημένα επίπεδα διεγερσιμότητας στους νευρώνες φλοιϊκών εγκεφαλικών περιοχών που συνδέονται με τη μεταφορά πληροφοριών στα θαλαμο-φλοιϊκά νευρωνικά κυκλώματα που υπηρετούν και εκφράζουν την λειτουργική μνήμη και τα εγγράμματα μνήμης μακράς διάρκειας [32].

Η συχνότητα β (13-30 Hz) έχει συσχετισθεί με την κινητοποίηση φλοιοφλοιϊκών νευρωνικών κυκλωμάτων που οδώνουν τον συγχρονισμό των μηχανισμών της προσοχής κατά την επιτέλεση της λειτουργίας της «αίσθησης». Επειδή ο βήτα ρυθμός καταλαμβάνει μια μεγάλη περιοχή συχνοτήτων χωρίζεται σε αργό βήτα και ταχύ βήτα, οι συχνότητες των οποίων φαίνονται στον προηγούμενο πίνακα [33].

Οι ρυθμοί θ και δ θεωρούνται παθολογικοί και υποδηλώνουν συνήθως την οργανική εγκεφαλική βλάβη. Η έννοια αυτή δεν είναι πάντα καθοριστική της οργανικότητας γιατί κατά την διάρκεια του ύπνου στα παιδιά και σε ορισμένες άλλες καταστάσεις είναι φυσιολογικό εύρημα. Τα EEG εξάλλου ενός ασθενή σε κώμα μοιάζει με ενός φυσιολογικού ανθρώπου που κοιμάται. Φαίνεται λοιπόν ότι η συνολική κλινική εικόνα είναι απαραίτητη για την ορθή εκτίμηση του EEG. Σ' αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να υπομνησθεί ότι η συχνότητα θ θεωρείται δείκτης της φλοιοιποκάμπειας επικοινωνίας που συναρτάται με τον προσανατολισμό των συντεταγμένων απαντήσεων στις διάφορες φάσεις της εγρήγορσης και «επιφυλακής» [34, 35, 36]. Η δ συχνότητα συσχετίζεται με την κινητοποίηση φλοιο-υποφλοιωδών κυκλωμάτων και συνδέσεων που υπηρετούν την ανίχνευση-αξιολόγηση του «σήματος» [35, 36, 37, 41].

Ο ρυθμός γάμμα σχετίζεται με την ανώτερη πνευματική λειτουργία του εγκεφάλου όπως η αντίληψη και κατανόηση θεμάτων, η επίλυση προβλημάτων, ο φόβος και η συνείδηση. Περιλαμβάνει συχνότητες από 30 έως 70 Hz. Κατά έναν ορισμό ο ρυθμός γάμμα εκδηλώνεται από τα 24 Hz και πάνω αν και οι ερευνητές δέχονται ότι διεργασίες κατανόησης υψηλού επιπέδου συμβαίνουν όταν χαμηλής συχνότητας γάμμα ρυθμοί ξαφνικά διπλασιάζονται σε συχνότητες της περιοχής των 40 Hz [38]. Η έρευνα έχει δείξει ότι ο ρυθμός γάμμα είναι παρών κατά τη διαδικασία της αφύπνισης καθώς και κατά τη διάρκεια του ύπνου REM (rapid eye movement).



Εικόνα 11 - Οι Βασικοί Ρυθμοί Του EEG Σήματος

2.4 Προκλητά Δυναμικά (Event Related Potentials)

2.4.1 Βασικές Έννοιες Και Κύρια Χαρακτηριστικά

Τα δυναμικά που καταγράφονται από την επιφάνεια του εγκεφάλου όταν ο οργανισμός εκτίθενται σε διακεκριμένους ερεθισμούς, ονομάζονται προκλητά δυναμικά

(Evoked Potentials). Οι ερεθισμοί μπορεί να είναι ακουστικοί, οπτικοί ή σωματοαισθητικοί ερεθισμοί.

Τα προκλητά δυναμικά τείνουν να είναι μικρά σε πλάτος, κυμαινόμενα από 1 μ Volt (ή και λιγότερο) έως λίγα μ Volts, έναντι των δεκάδων μ Volts του EEG. Κατά κανόνα επικαλύπτονται τα συγκεκριμένα δυναμικά από το συμβατικό Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και απαιτούνται κατάλληλες διαδικασίες καταγραφής, ώστε να αναγνωρισθούν και να αποτιμηθούν. Το μέγεθός τους (πλάτος), η κατεύθυνσή τους- θετική ή αρνητική- και ο λανθάνων χρόνος τους ως προς το εκλυτικό ερέθισμα συναρτώνται με παραμέτρους :

- Το εκλυτικό ερέθισμα,
- Την ακεραιότητα και τη λειτουργική επίδοση των «συνδέσεων» της περιφέρειας με το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα,
- Τις ψυχολογικές πτυχές του συστήματος επεξεργασίας πληροφοριών του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος.

Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης νευροψυχολογικής - λεκτροφυσιολογικής μεθόδου σε σχέση με τις άλλες μεθόδους απεικόνισης του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος στηρίζεται στο γεγονός ότι με τα προκλητά δυναμικά καταγράφουμε την επεξεργασία του συγκεκριμένου ερεθίσματος σε εύρος χρόνου που κυμαίνεται από χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms) έως μερικά δευτερόλεπτα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε μια πλήρη αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο για τις αλλαγές στη νευρωνική δραστηριότητα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των γνωστικών διεργασιών [39]. Τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά αποτελούν μία αξιόπιστη μέθοδο για την αξιολόγηση νευρολογικών, μαθησιακών και ψυχικών διαταραχών ή/και διαταραχών της προσωπικότητας [40].

Χρησιμοποιούνται ευρέως στην κλινική πράξη γιατί παρέχουν αντικειμενικά αποτελέσματα και εκτιμήσεις για τη λειτουργία των αισθητηριακών συστημάτων και οδών. Η μεγάλη χρησιμότητα των προκλητών δυναμικών (Evoked PotentialsEPs) βασίζεται στην ικανότητά τους α) να περιγράφουν και να αποδεικνύουν τη μη φυσιολογική λειτουργία των αισθητηριακών συστημάτων όταν το ιστορικό του ατόμου ή οι νευρολογικές, νευροψυχολογικές, ακουστικές και οφθαλμολογικές εξετάσεις δεν είναι σαφείς, β) να αποκαλύπτουν τις δυσλειτουργίες στα αισθητηριακά συστήματα όταν τα πρόδρομα συμπτώματα μας οδηγούν στην υπόθεση κάποιας απομυελινωτικής νόσου και να αποκλείουν δυσλειτουργίες σε κάποια άλλη περιοχή του κεντρικού νευρικού συστήματος, γ) να διασαφηνίζουν την πορεία της νόσου σύμφωνα με τις ανατομικές βλάβες που έχει προκαλέσει και δ) να ελέγχουν με ακρίβεια και αντικειμενικότητα κάθε φορά τις αλλαγές στην κατάσταση του ασθενή. Τα προκλητά δυναμικά λειτουργούν πολλές φορές ως

προέκταση μιας κλινικής εξέτασης παρέχοντας τα απαιτούμενα αριθμητικά δεδομένα του ποσοστού δυσλειτουργίας και απεικονίζοντας την πορεία της διαταραχής.

Γενικά στην κλινική πράξη για τη διάγνωση νευρολογικών παθήσεων, για την αξιολόγηση των αισθητηριακών διαταραχών καθώς και τη νευροψυχολογική αξιολόγηση ατόμων με μαθησιακές δυσκολίες, δυσλεξία, και ψυχιατρικές διαταραχές χρησιμοποιούνται τα προκλητά δυναμικά με χαμηλό εύρος και βραχεία διάρκεια όπως είναι τα οπτικά προκλητά δυναμικά (VEPs) και τα ακουστικά προκλητά δυναμικά.

Τα εγκεφαλικά προκλητά δυναμικά αναγνωρίζονται πλέον σαν αξιόπιστες δοκιμασίες για την αποτίμηση επιλεγμένων φαινομένων της ηλεκτροφυσιολογικής δραστηριότητας του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ). Συμβάλλουν αποφασιστικά τόσο στην συνεπή προσέγγιση και μεταχείριση βασικών φαινομένων της λειτουργίας του ΚΝΣ, όπως: Πρόσληψη, επιλογή, αποκωδικοποίηση, αποταμίευση παραγωγή ή απόδοση «πληροφοριών», όσο και στην αντιμετώπιση διαγνωστικών και θεραπευτικών ζητημάτων της ψυχιατρικής. Ουσιαστικές προϋποθέσεις γι' αυτό είναι:

- Κατάλληλες Υποθέσεις Εργασίας
- Κατάλληλη Μεθοδολογία
- Κατάλληλος Τεχνολογικός Εξοπλισμός
- Παραγωγική αξιοποίηση δεδομένων άλλων κλάδων
- Συνεχής και «ώριμη» μετα-ερευνητική πρακτική
- Η διαρκής «συνάντηση» όλων των προαναφερθέντων με τον ψυχικά πάσχοντα και την θεραπευτική του αντιμετώπιση.

2.4.2 Μέθοδοι Απομόνωσης Προκλητών Δυναμικών Από Το Συνολικό Σήμα

Η μέτρηση των προκλητών δυναμικών γίνεται με την ίδια διάταξη που χρησιμοποιείται για το EEG. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το πλάτος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (περί τα $50\mu\text{V}$) που καταγράφεται όταν ο εξεταζόμενος βρίσκεται σε ηρεμία είναι μεγαλύτερο από το πλάτος των προκλητών δυναμικών (0.1 ως $20\mu\text{V}$). Επίσης κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης εγκεφαλικού σήματος λειτουργούν εκτός των εγκεφαλικών περιοχών που δέχονται και επεξεργάζονται το ερέθισμα, και άλλες εγκεφαλικές περιοχές οι οποίες σχετίζονται με τη γενικότερη λειτουργία του οργανισμού. Κατά συνέπεια το σήμα που σχετίζεται με την αντίδραση του εγκεφάλου στο ερέθισμα είναι

κρυμμένο μέσα στο συνολικό σήμα που καταγράφεται. Το κομμάτι του σήματος που δεν αφορά στην εγκεφαλική επεξεργασία του ερεθίσματος θεωρείται θόρυβος, ο οποίος μάλιστα είναι πιο ισχυρός από το σήμα που επιθυμούμε να μελετήσουμε. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας τις εξής μεθόδους:

- Χρησιμοποιούνται ενισχυτές μεγάλης ευαισθησίας
- Οι χώροι μέτρησης των σημάτων είναι απομονωμένοι από εξωτερικά ηλεκτρικά πεδία, όπως αυτά που δημιουργούν ενσύρματες ή ασύρματες ηλεκτρικές συσκευές, γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κ.ά.. Η προτιμώμενη λύση είναι η μέτρηση να γίνεται σε ηλεκτρομαγνητικά θωρακισμένο δωμάτιο (κλωβό Faraday) ή σε ανηχοϊκό θάλαμο.
- Εύρεση μέσου όρου (signal averaging). Η λήψη εγκεφαλικού σήματος για μέτρηση ERP επαναλαμβάνεται αρκετές φορές ή το συνολικό σήμα χωρίζεται σε τμήματα μικρότερης διάρκειας (για μέτρηση EEG) [41]. Το συνολικό αυτό σήμα (SIGNAL(t)) μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο τμήματα, το σήμα ERP(t) και τον θόρυβο NOISE (t).

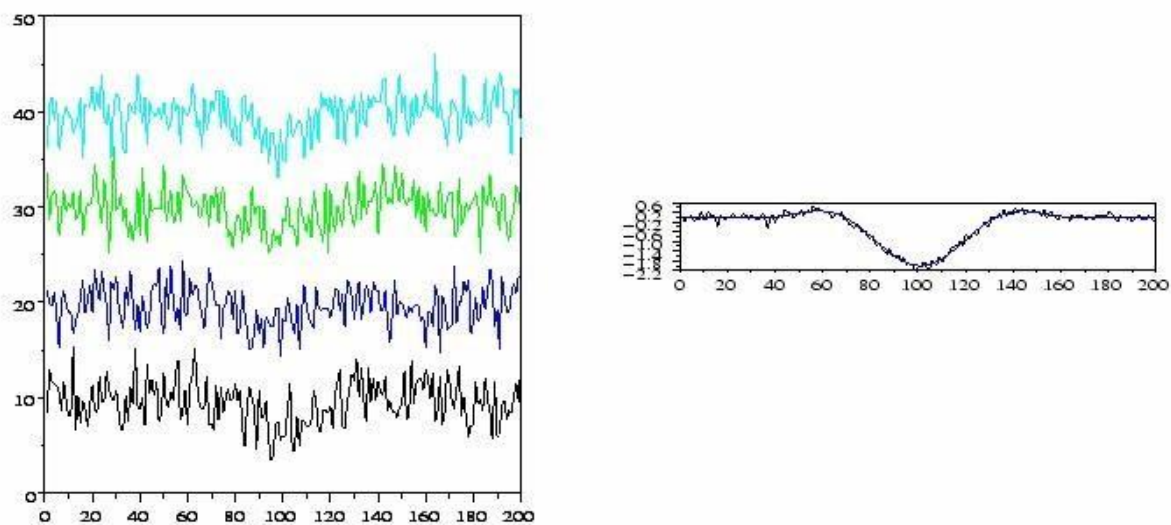
Γενικά ισχύει ότι :

SIGNAL_i(t) = ERP_i (t) + NOISE_i(t) όπου i=1 ως N (N ο αριθμός των επαναλήψεων).

Ο μέσος όρος των σημάτων αυτών είναι:

$$\mathbf{Mean} = \frac{\sum_1^N \mathbf{SIGNAL}(t)}{N} = \frac{\sum_1^N \mathbf{ERP}(t)}{N} + \frac{\mathbf{NOISE}(t)}{N}$$

Θεωρώντας ότι ο θόρυβος είναι λευκός η μέση τιμή του είναι μηδενική ενώ το σήμα ERP κάθε φορά έχει τα ίδια χαρακτηριστικά. Με τον υπολογισμό του μέσου όρου λοιπόν ο θόρυβος ελαχιστοποιείται ενώ το σήμα των προκλητών δυναμικών ενισχύεται και τελικώς αποκαλύπτεται (Εικόνα 12).



Εικόνα 12 - Εξαγωγή Του Μ.Ο Στην Εμφάνιση Προκλητών Δυναμικών

Η μέθοδος του μέσου όρου εφαρμόζεται συχνότατα, παρουσιάζει όμως κάποια μειονεκτήματα καθώς η κόπωση, η προσαρμογή, η εξοικείωση, η μεταβολή της έντασης της προσοχής του εξεταζομένου επηρεάζουν τα προκλητά δυναμικά, ως προς το πλάτος, το εύρος και τον λανθάνοντα χρόνο. Έτσι ο αριθμός επαναλήψεων του πειράματος λαμβάνοντας υπόψιν την κατάσταση του εξεταζομένου πρέπει να ελέγχεται.

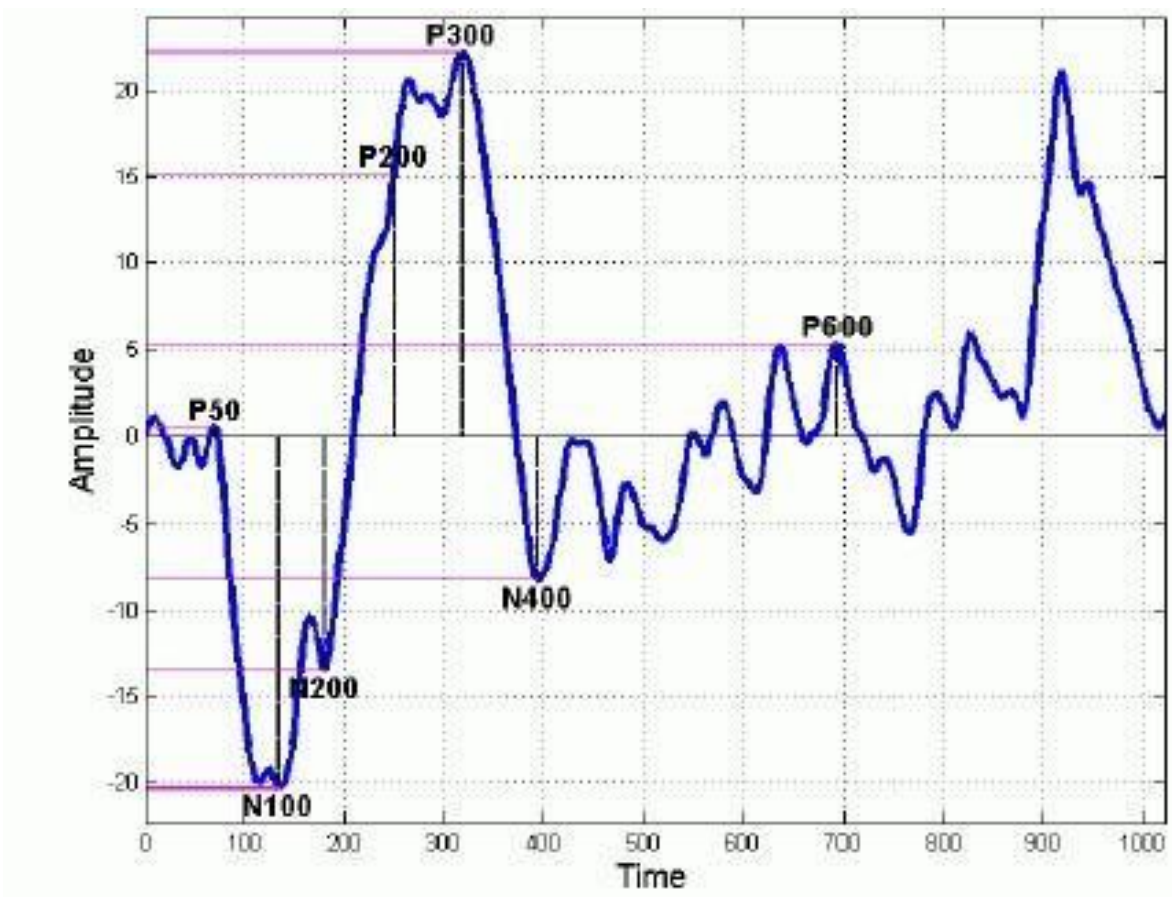
Δυσκολία στους υπολογισμούς υπάρχει επίσης όταν ο χρόνος μεταξύ των πειραμάτων είναι μικρός και υπάρχει συσχέτιση του θορύβου μεταξύ των μετρήσεων γιατί τότε με τον υπολογισμό του μέσου όρου ο θόρυβος ενισχύεται ενώ μπορεί η φασματική κατανομή του θορύβου να βρίσκεται γύρω από περιορισμένο εύρος συχνοτήτων, οι οποίες να συμπίπτουν με τις συχνότητες του προκλητού δυναμικού. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα τα σήματα των αλληπάληλων μετρήσεων χρονίζονται απεριοδικά ώστε να μειωθεί η συσχέτιση του θορύβου.

Ακόμη κι αν ο θόρυβος είναι λευκός μπορεί να μην ισχύει η πανομοιότυπη αναπαραγωγή του σήματος των προκλητών δυναμικών από μέτρηση σε μέτρηση. Τότε το σήμα που υπολογίζεται με τον μέσο όρο χάνει μεγάλο ποσοστό της πληροφορίας σχετικά με το προκλητό δυναμικό, ως προς τις κορυφώσεις κυρίως. Τότε εφαρμόζονται τεχνικές προσέγγισης του λανθάνοντος χρόνου και χρονικής μετατόπισης των κυματομορφών των προκλητών δυναμικών, ώστε το δυναμικό που μελετάται να συμπίπτει κατά το δυνατόν σε όλες, οπότε ο μέσος όρος θα περιέχει τη μέγιστη δυνατή πληροφορία.

Για την αποφυγή αυτών των περιορισμών που εισάγει η εύρεση του μέσου όρου εφαρμόζονται κι άλλες τεχνικές αποθορυβοποίησης με σημαντικότερη την τεχνική της εφαρμογής του μετασχηματισμού wavelets στο καταγώγιαμμένο εγκεφαλικό σήμα. Με το μετασχηματισμό αυτό είναι δυνατό τα προκλητά δυναμικά να αποκαλυφθούν ακόμα κι από μια μόνο κυματομορφή χωρίς να χρειάζεται η επανάληψη του πειράματος για την καταγραφή πολλαπλών σημάτων.

2.4.3 Χρονικά Διαστήματα Προκλητών Δυναμικών

Παρακάτω παρουσιάζονται εκτιμήσεις για τα χαρακτηριστικά των κορυφώσεων της χρονοσειράς των προκλητών δυναμικών, όπως εκείνα έχουν καθιερωθεί στη βιβλιογραφία. Εκτός από το χρονικό διάστημα της χρονοσειράς το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε κορυφή παρουσιάζεται μια επιγραμμιατική αναφορά στην ιατρική σημασία του κάθε ενός [32, 41, 42].



Εικόνα 13 - Οι κορυφώσεις P50, N100, N200, P200, P300, N400 και P600

P50: Περιγράφει τη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται στο χρονικό παράθυρο από 20 ως 80 msec μετά το ερέθισμα. Θεωρείται δείκτης πρώιμων πτυχών προσοχής.

N100: Πρόκειται για την αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται στο χρονικό παράθυρο 90 ως 150 msec μετά την παρουσίαση του ερεθίσματος. Υποδηλώνει φαινόμενα κινητοποίησης προσοχής. Ο λανθάνων χρόνος (latency) αντικατοπτρίζει την ταχύτητα κινητοποίησης της προσοχής, ενώ το μέγιστο πλάτος (amplitude) αντικατοπτρίζει την ικανότητα ή χωρητικότητα της προσοχής.

P200: Περιγράφει τη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται από 140 ως 250 msec μετά το ερέθισμα. Αποτελεί ένα μέτρο για την επικέντρωση της προσοχής του ατόμου.

N200: Περιγράφει την αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται από 180 ως 300msec μετά το ερέθισμα. Αντικατοπτρίζει τις επιδόσεις των νευρωνικών κυκλωμάτων που υπόκεινται στο φαινόμενο της αντίδρασης του προσανατολισμού σε επίπεδο Κεντρικού Νευρικού Συστήματος.

P300: Περιγράφει τη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται από 220 ως 500 msec μετά το ερέθισμα. Αντικατοπτρίζει τη νευρωνική δραστηριότητα η οποία υπόκειται των διεργασιών που συναρτώνται με τον επιμερισμό προσοχής για την κινητοποίηση των προγραμμάτων δράσης. Ο λανθάνων χρόνος εμφάνισής του φαίνεται να αντανakλά το απαραίτητο χρονικό διάστημα για να πάρει ο εξεταζόμενος μια απόφαση για το ερέθισμα [42].

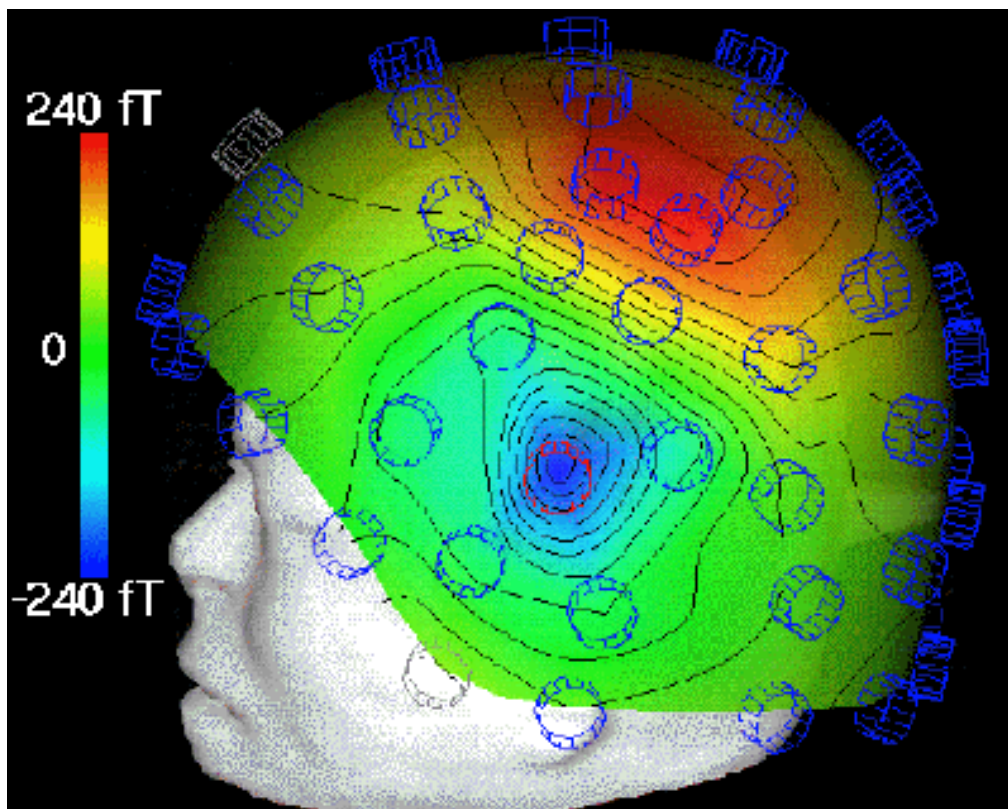
N400: Πρόκειται για την αρνητική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού η οποία λαμβάνει χώρα από 280 ως 500 msec μετά το ερέθισμα. Αντικατοπτρίζει τη λειτουργία των νευρωνικών κυκλωμάτων που υπηρετούν και εκφράζουν την ‘συντακτική’ διάσταση της εκάστοτε απάντησης του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος. Συμβάλλει στην εξέταση μηχανισμών που σχετίζονται με τη γλώσσα και το εννοιολογικό – συντακτικό της περιεχόμενο.

P600: Περιγράφει τη θετική κορύφωση του μετρούμενου δυναμικού που εντοπίζεται στο χρονικό παράθυρο 500 ως 800 msec μετά το ερέθισμα. Έχει καθιερωθεί ως δείκτης συγχρονισμού σημαντικών και συντακτικών διαστάσεων της απάντησης.

2.5 Διαδικασία Καταγραφής Σήματος MEG

2.5.1 Μαγνητοεγκεφαλογραφία

Η μαγνητοεγκεφαλογραφία είναι μια τεχνική νευροαπεικόνισης της δραστηριότητας του ανθρώπινου εγκεφάλου, παρατηρώντας τα μαγνητικά πεδία (σε αντίθεση με το EEG) που παράγονται από τα ηλεκτρικά ρεύματα των νευρώνων κατά την κανονική (υγιή) λειτουργία του εγκεφάλου. Με άλλα λόγια το μαγνητοεγκεφαλογράφημα εκμεταλλεύεται το μαγνητικό πεδίο, το οποίο δεν επηρεάζεται από το αίμα, τον εγκέφαλο ή τα οστά, σε αντίθεση με το ηλεκτρικό πεδίο στην περίπτωση του ΗΕΓ ή EEG.

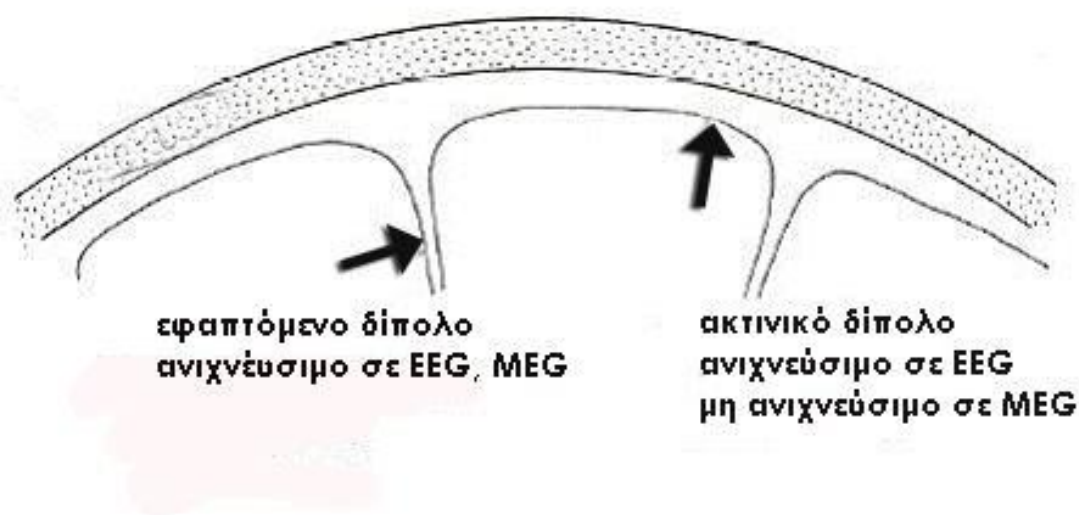


Εικόνα 14 – Μαγνητικά Πεδία Στο Φλοιό Της Κεφαλής

2.5.2 Πως Παράγεται Ένα MEG

Η διαδικασία της μαγνητοεγκεφαλογραφία είναι ανάλογη με της ηλεκτροεγκεφαλογραφίας με τη διαφορά πως χρησιμοποιούνται πολύ ευαίσθητα μαγνητόμετρα. Σε αντίθεση με το ΗΕΓ (ή EEG) στο ΜΕΓ (ή MEG) εκμεταλλευόμαστε το γεγονός ότι κάθε ηλεκτρικό πεδίο συνοδεύεται από τη δημιουργία και μαγνητικού πεδίου. Αυτό το πολύ ασθενές μαγνητικό πεδίο, καταγράφεται έξω από το κεφάλι του ανθρώπου με τη χρήση αισθητήρων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ένα ειδικό κράνος με ενσωματωμένους ευαίσθητους αισθητήρες – τα μαγνητόμετρα, το οποίο τοποθετείται στο κεφάλι του υποκειμένου.

Οι αισθητήρες αυτοί λέγονται : SQUIDS (Superconducting Quantum Interface Device) [1w] και ανιχνεύουν μόνο τα εφαπτόμενα δίπολα και όχι τα ακτινικά, τα οποία είναι ορατά μόνο στο ΗΕΓ (Εικόνα 15) . Αυτό οφείλεται στους νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού σύμφωνα με τους οποίους σε σφαιρικό αγωγό λόγω συμμετρίας αλληλοεξουδετερώνονται τα μαγνητικά πεδία εκτός της κεφαλής, οπότε δεν εμφανίζονται στις καταγραφές. Βέβαια, για να εφαρμοστούν οι νόμοι της φυσικής στα φαινόμενα αυτά γίνονται ορισμένες παραδοχές, όπως π.χ : ότι το κεφάλι είναι σφαιρικό και ότι η πηγή που δημιουργεί το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο είναι η πιο απλή, δηλαδή ένα δίπολο. Πιο σύνθετες πηγές δημιουργούνται από το άθροισμα περισσότερων του ενός δίπολων [49] .



Εικόνα 15 – Εφαπτόμενο Δίπολο Και Ακτινικό Δίπολο

Το MEG μπορεί να ανιχνεύσει πεδία που παράγονται από συντονισμένη δραστηριότητα μερικών χιλιάδων νευρώνων με μη επεμβατικό τρόπο, και να παρακολουθεί έτσι τη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Τα σήματα που προκύπτουν κατά τη μέτρηση ενός MEG είναι της τάξεως των femtoteslas fT, πράγμα που καθιστά απαραίτητο την ενίσχυσή τους για παρατήρηση από εμάς και επίσης τη χρήση τεχνικών μαγνητικής θωράκισης (π.χ.: Magnetically Shield Room – MSR) από άλλα μαγνητικά πεδία που θα επηρεάσουν τις μετρήσεις (π.χ της γης).

Με τη χρήση υπερβολικά ευαίσθητων SQUID και του θωρακισμένου δωματίου που ελαχιστοποιεί τη παρεμβολή του μαγνητικού πεδίου της γης (τάξης των 10^{-5} T, έναντι 10^{-12} T του εγκεφάλου), είναι δυνατόν να ανιχνευτούν τα πεδία που οφείλονται σε ενδοκυτταρικά ρεύματα, χωρίς επιρροή από την εξωκυτταρική κατανομή ρεύματος.

Τέλος μιλάμε για επεξεργασία και καταγραφή πολύ μικρών σημάτων, για μπορέσει να γίνει σωστά η καταγραφή των σημάτων από τα μαγνητικά πεδία της κεφαλής χρειάζεται μια διαδικασία ενίσχυσης σήματος ανάλογης της τεχνικής που αναλύσαμε στο EEG.

2.5.3 Περιορισμοί Και Πλεονεκτήματα MEG

Στη νευροχειρουργική πρακτική η MEG χρησιμοποιείται κυρίως στη προεγχειρητική εκτίμηση ασθενών που πάσχουν από επιληψία με στόχο τον εντοπισμό της επιληπτικής εστίας. Επίσης η χρησιμότητα του MEG έχει επεκταθεί και στο χώρο της χαρτογράφησης του ανθρώπινου εγκεφάλου (κίνηση, αίσθηση, λόγος). Τέλος η MEG μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα της νευροπλοήγησης ενδεχομένως και με άλλες εξετάσεις όπως η αξονική τομογραφία (CT Scan) και η ψηφιακή αγγειογραφία (DSA), με στόχο τη χωρίς επιπλοκές αφαίρεση νευροχειρουργικών βλαβών που εδράζονται στον αισθητικοκινητικό φλοιό του εγκεφάλου.

2.6 MEG VS EEG

Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ του μαγνητικού πεδίου του εγκεφάλου και του ηλεκτρικού πεδίου είναι ότι το κρανίο και τα κελύφη του εγκεφάλου ουσιαστικά δεν επηρεάζουν το μέγεθος του. Αυτό επιτρέπει την καταγραφή της δραστηριότητας των όχι μόνο τα πιο επιφανειακά φλοιώδεις δομές (όπως στο ΗΕΓ), αλλά και τα βαθιά τμήματα του εγκεφάλου με μια αρκετά υψηλή αναλογία σήματος / θορύβου.

Για το λόγο αυτό, μαγνητοεγκεφαλογραφίας ιδιαίτερα αποτελεσματική για τον ακριβή προσδιορισμό της ενδοεγκεφαλική εντοπισμό των επιληπτικών εστιών και γεννήτριες των διαφόρων συνιστωσών των προκλητών δυναμικών και ρυθμούς EEG, εξάλλου, ότι μέχρι σήμερα δημιούργησε πολυκάναλο μαγνητοεγκεφαλογραφίας. Είναι για μαγνητοεγκεφαλογραφίας μαθηματικό εργαλείο για πρώτη φορά σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε προσαρμογής λογισμικού της ισοδύναμη πηγή διπόλου σε όγκο του εγκεφάλου, το οποίο στη συνέχεια τροποποιείται για να την ίδια ανάλυση EEG.

Παρά τα προφανή πλεονεκτήματα, η μαγνητοεγκεφαλογραφία και το ΗΕΓ θεωρούνται συμπληρωματικές μέθοδοι εγκεφαλικής έρευνας. Πρώτον, ο εξοπλισμός για την καταγραφή του μαγνητοεγκεφαλογραφήματος είναι πολύ πιο ακριβός από το σύστημα EEG. Δεύτερον, μαγνητοεγκεφαλογραφίας εξαιρετικά ευαίσθητη στις μετατοπίσεις του καθετήρα σε σχέση με το κεφάλι του ασθενούς και σε εξωτερικά μαγνητικά πεδία, η θωράκιση του οποίου είναι ένα μάλλον πολύπλοκο τεχνικό πρόβλημα. Τρίτον, μαγνητοεγκεφαλογραφίας καταγράφει κυρίως εφαπτομενικά διατεταγμένα δραστηριότητα δίπολα (πιθανώς νευρώνες που βρίσκονται σε αυλάκια), ενώ δραστηριότητα EEG αντανακλά τις περισσότερες από τις φλοιώδεις νευρώνες στα βάθη των αυλακιών, και στην επιφάνεια του εγκεφάλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η μέθοδος LORETA στην ανάλυση ηλεκτροεγκεφαλικών σημάτων ή των μαγνητικοεγκεφαλικών, η ιστορία της μεθόδου και η εξέλιξή της στο πέρασμα των χρόνων, το λογισμικό πρόγραμμα LORETA που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη διπλωματική, μια επεξήγηση των δυνατοτήτων του προγράμματος, αλλά και των επιμέρους λειτουργιών που χρησιμοποιεί.

3.1 Τι Είναι Η Μέθοδος LORETA

Η LORETA είναι μια μέθοδος (neuro-imaging technique), η οποία παράγει στιγμιότυπα (εικόνες) σε τρισδιάστατη μορφή (3D) της ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου, είτε από μια σειρά ηλεκτρικών μετρήσεων, οι οποίες εκφράζουν τις ηλεκτρικές τάσεις ή ρεύματα που υπάρχουν πάνω στο ανθρώπινο κεφάλι - το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), είτε από μια σειρά μετρήσεων που εκφράζουν το μαγνητικό πεδίο που συνυπάρχει μαζί με το ηλεκτρικό στο κεφάλι - το μαγνητοεγκεφαλογράφημα (MEG) αντίστοιχα. Ο κύριος σκοπός της είναι να δώσει μια διακριτή, κατανοητή, γραμμική λύση με 3D απεικόνιση στο αντίστροφο πρόβλημα EEG/MEG.

3.2 Η Ιστορία Της Μεθόδου LORETA

Η λύση προβλημάτων με τη μέθοδο LORETA προέκυψε το 1994, από τους Pascual-Marqui, Michel και Lehman που ανακάλυψαν μια νέα μέθοδο εντοπισμού και καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας του ανθρώπινου εγκεφάλου βασισμένοι στα ηλεκτρικά δυναμικά του κρανίου, που προέκυψαν από καταγραφή πολλών πολυκάναλων EEG. Αυτή η μέθοδος έλυσε αυτό που καλούσαν τότε αντίστροφο πρόβλημα EEG/MEG : **«μετατρέψτε τις μετρήσεις σε πληροφορίες σχετικά με ένα φυσικό αντικείμενο ή σύστημα που παρατηρήθηκε».**

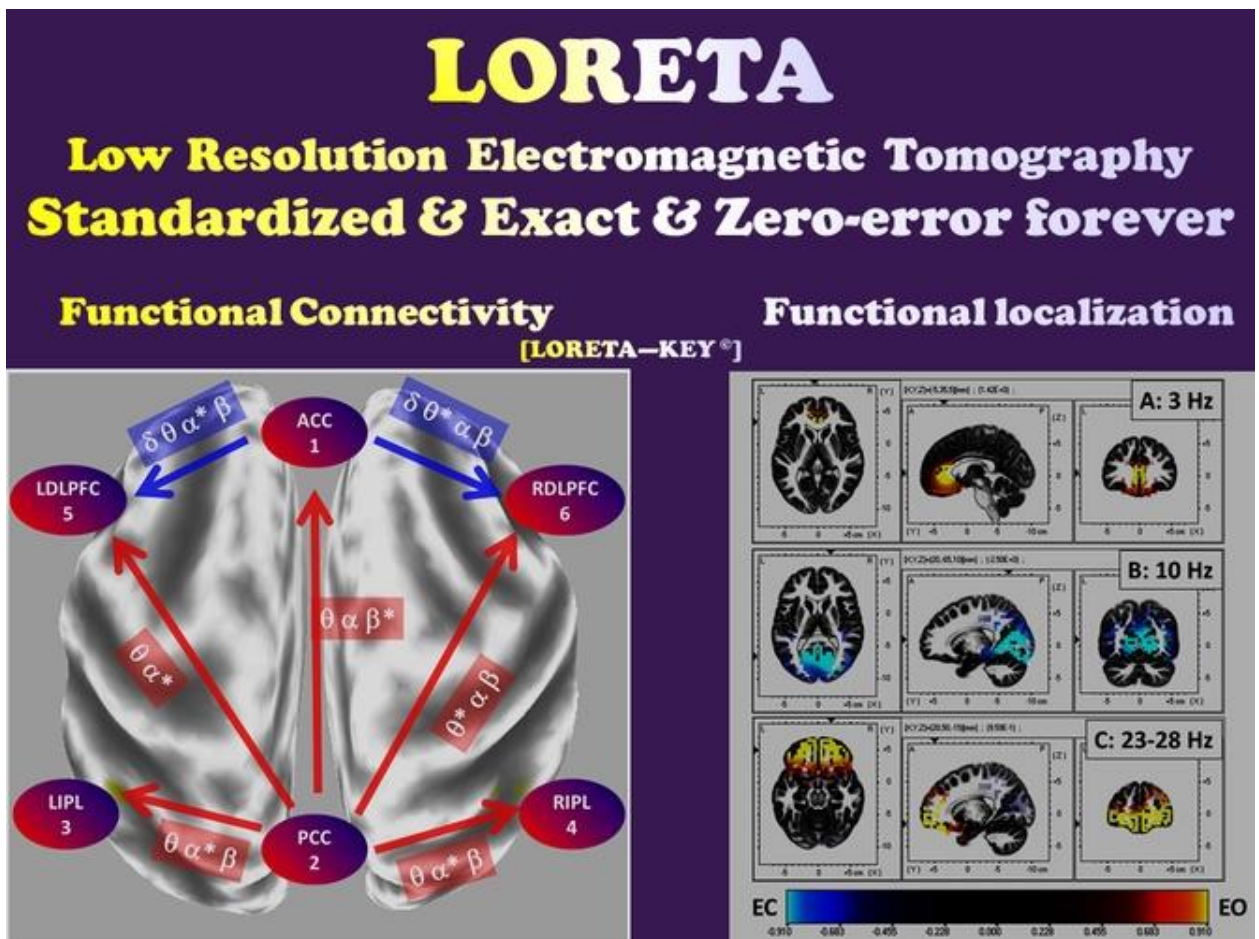
Η επαναστατική αυτή μέθοδος ονομάστηκε LORETA low-resolution brain electromagnetic tomography και χαρακτηρίζεται ως **EEG-based neuro-imaging technique**. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζουμε μια 3D κατανομή (απεικόνιση) 2394 voxels διαστάσεων 7x7x7 mm της παραγόμενης ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρώνων σε γκρι υλικό. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της LORETA είναι ότι **δεν περιορίζεται σε ένα ορισμένο αριθμό ηλεκτροδίων ή θέσεων ηλεκτροδίων** και επομένως αυτοπροσαρμόζεται σε σχεδόν κάθε διάταξη ηλεκτροδίων και συσκευή μέτρησης EEG.

Η πρώτη έκδοση της μεθόδου είχε καταφέρει **πολύ χαμηλό σφάλμα απεικόνισης** του ανθρώπινου εγκεφάλου (**localization error**), αλλά όχι μηδενικό. Εάν ο **στόχος είναι η καλύτερη δυνατή απεικόνιση της λειτουργίας τους ανθρώπινου εγκεφάλου**, τότε η πρώτη έκδοση της LORETA είναι **απαρχαιωμένη και την αντικαθιστά η sLORETA** –

standardized low resolution brain electromagnetic tomography. Χαρακτηριστικό της νέας μεθόδου (2002) είναι πως έχει μηδενικό σφάλμα απεικόνισης και καθόλου βιολογικό θόρυβο – biological noise. Τέλος το 2005 η sLORETA τελειοποιείται και έχουμε την eLORETA τη πρώτη διακριτή, κατανεμημένη, γραμμική λύση με 3D απεικόνιση στο αντίστροφο πρόβλημα EGG/MEG με μηδενικό σφάλμα απεικόνισης (zero localization error) . [46,47]

3.3 Το Λογισμικό LORETA & Οι Μέθοδοι Που Χρησιμοποιεί

Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί για την συγκεκριμένη διπλωματική είναι το LORETA- KEY alpha software, το οποίο περιέχει μια μεγάλη ποικιλία εργαλείων και υποπρογραμμάτων για τη μελέτη, απεικόνιση και ανάλυση EEG/ERP σημάτων.



Εικόνα 16 – Loreta Software Logo

Οι μη-επεμβατικές μετρήσεις ενός ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG), δηλαδή η μέτρηση ηλεκτρομαγνητικών διαφορών μεταξύ σημείων πάνω στο τριχωτό της κεφαλής ή οι αντίστοιχες μαγνητικές μετρήσεις (MEG), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκτιμήσουν την ηλεκτρική δραστηριότητα των διάφορων νευρώνων του εγκεφαλικού φλοιού. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ανά τα χρόνια όπως είδαμε είναι :

- LORETA
- sLORETA
- eLORETA

Ωστόσο, από τυπική άποψη, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για τον ορισμό της ομοιότητας μεταξύ των σημάτων. Μια συλλογή από νέες μεθόδους που προτείνονται εδώ, ιδιαίτερα κατάλληλες για λειτουργικές (και αποτελεσματικές) μετρήσεις συνδεσιμότητας χρησιμοποιώντας φλοιώδη σήματα που υπολογίζονται με LORETA (ή με άλλες τομογραφίες), είναι:

- Lagged coherence and lagged phase synchronization
- Dynamic intracortical connectivity in terms of senders, hubs, and receivers
- Partial coherence fields
- Isolated effective coherence

3.4 Βασικές λειτουργίες του προγράμματος

Όπως κάθε πρόγραμμα στα Windows 10, έτσι και το πρόγραμμα LORETA για να ανοίξει χρειάζεται να κάνουμε διπλό κλικ στο εικονίδιο του, που δημιουργήθηκε στην επιφάνεια εργασίας από την εγκατάσταση. Μόλις γίνει αυτό τότε, εμφανίζεται ένα παράθυρο με το λογότυπο «LORETA» και τα κεντρικά menu (σύνδεσμοι σε επιμέρους λειτουργίες) .

Στο παράθυρο αυτό μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής επιλογές όπως δείχνουν και τα κόκκινα βελάκια στην εικόνα 17 :

- Κάτω κάτω έχουμε ένα dropdown menu, το οποίο φορτώνει κάθε φορά papers σχετικά με τις καινούργιες αλλαγές και ενημερώσεις του προγράμματος (απαιτείται σύνδεση στο internet).
- Πάνω πάνω έχουμε το κεντρικό menu με τις επιμέρους λειτουργίες (υπο-προγράμματα) του προγράμματος LORETA. Κάθε στοιχείο του κεντρικού menu είναι και ένα dropdown menu με δύο επιλογές, σύμφωνα με τις οποίες ο χρήστης καθορίζει αν ανοίξει

την επιμέρους λειτουργία σε 64 ή 32 bit έκδοση, αναλόγως του λειτουργικού που φέρει ο υπολογιστής του.

▪ Τέλος πάνω δεξιά έχουμε τις επιλογές ελαχιστοποίησης, μεγέθυνσης ή κλεισίματος του προγράμματος και έχουμε και τις πληροφορίες για την τρέχουσα έκδοση που τρέχει αυτή τη στιγμή (βρίσκεται σε μπλε κουτάκι και ξεκινάει πάντα με το αγγλικό γράμμα ν, π.χ 20170220).



Εικόνα 17 – Κεντρικό Παράθυρο Συνδέσμων Και Επιμέρους Λειτουργίες

3.4.1 Επεξήγηση Κεντρικού Μενού

Το κεντρικό μενού αποτελείται με τη σειρά όπως φαίνονται στην φωτογραφία από πάνω από τα επιμέρους στοιχεία, όπου το καθένα είναι και μια ξεχωριστή λειτουργία τους προγράμματος :

1. **Utilities** (x32 ή x64 έκδοση) : Κάντε κλικ για να τρέξει το Utilities Package στην έκδοση που επιθυμείς. Εάν δεν επιλέξεις κάποια έκδοση και απλά πατήσεις το Utilities τότε θα τρέξει στην έκδοση του λειτουργικού του υπολογιστή. Πρόκειται για τη βασικότερη

λειτουργία του προγράμματος LORETA, κατά την οποία ο χρήστης διαλέγει ποια υποπρογράμματα θα τρέξουν, ποια μέθοδο θα χρησιμοποιήσει, τον αριθμό των ηλεκτροδίων, τα αρχεία που θα εισάγει, τα αρχεία που θα εξάγει η μέθοδος ,κλπ.

2. Viewer (x32 ή x64 έκδοση) : Κάντε κλικ για να τρέξει το LORETA viewer/explorer στην έκδοση που επιθυμείς. Εάν δεν επιλέξεις κάποια έκδοση και απλά πατήσεις το LORETA viewer/explorer τότε θα τρέξει στην έκδοση του λειτουργικού του υπολογιστή. Πρόκειται για μια λειτουργία οπτικοποίησης των δεδομένων που εισάγει ο χρήστης, πάνω στον ανθρώπινο εγκέφαλο με τη μορφή 3D αναπαραστάσεων και εικόνων.

3. Statistics (x32 ή x64 έκδοση): Κάντε κλικ για να τρέξει το Statistics package στην έκδοση που επιθυμείς. Εάν δεν επιλέξεις κάποια έκδοση και απλά πατήσεις το Statistics package τότε θα τρέξει στην έκδοση του λειτουργικού του υπολογιστή. Πρόκειται για μια λειτουργία έκδοσης, καταγραφής και αποθήκευσης στατιστικών, μετρήσεων και αποτελεσμάτων με τη χρήση στατιστικών συναρτήσεων.

4. Wires: Κάντε κλικ για να επιλέξεις το Connectivity viewer το ή να επιλέξεις να δεις το Connectivity tutorial. Πρόκειται για μια λειτουργία παρατήρησης σε 3D μορφή των ηλεκτροδίων πάνω στον ανθρώπινο εγκέφαλο.

5. PlotFunc: Κάντε κλικ για ανοίξεις το πρόγραμμα PlotFunc. Πρόκειται για μια λειτουργία απεικόνισης παλμών, γραφημάτων και κυμάτων σε άξονες και γραφικές παραστάσεις.

6. Status: Κάντε κλικ για να ανοίξεις το πρόγραμμα Status. Πρόκειται για μια λειτουργία καταγραφής όλων των υπολειτουργιών και υποπρογραμμάτων που βρίσκονται ενεργά σε πραγματικό χρόνο στον υπολογιστή μας.

7. Setup: Κάντε κλικ είτε για να δημιουργήσει ξανά το εικονίδιο του προγράμματος στην επιφάνεια εργασίας και τους φακέλους (σε περίπτωση κάποιου σφάλματος ή διαγραφής κάποιου φακέλου), είτε για να κάνετε εγγραφή αρχείων *.crss και *.slor με το LORETA viewer/explorer.

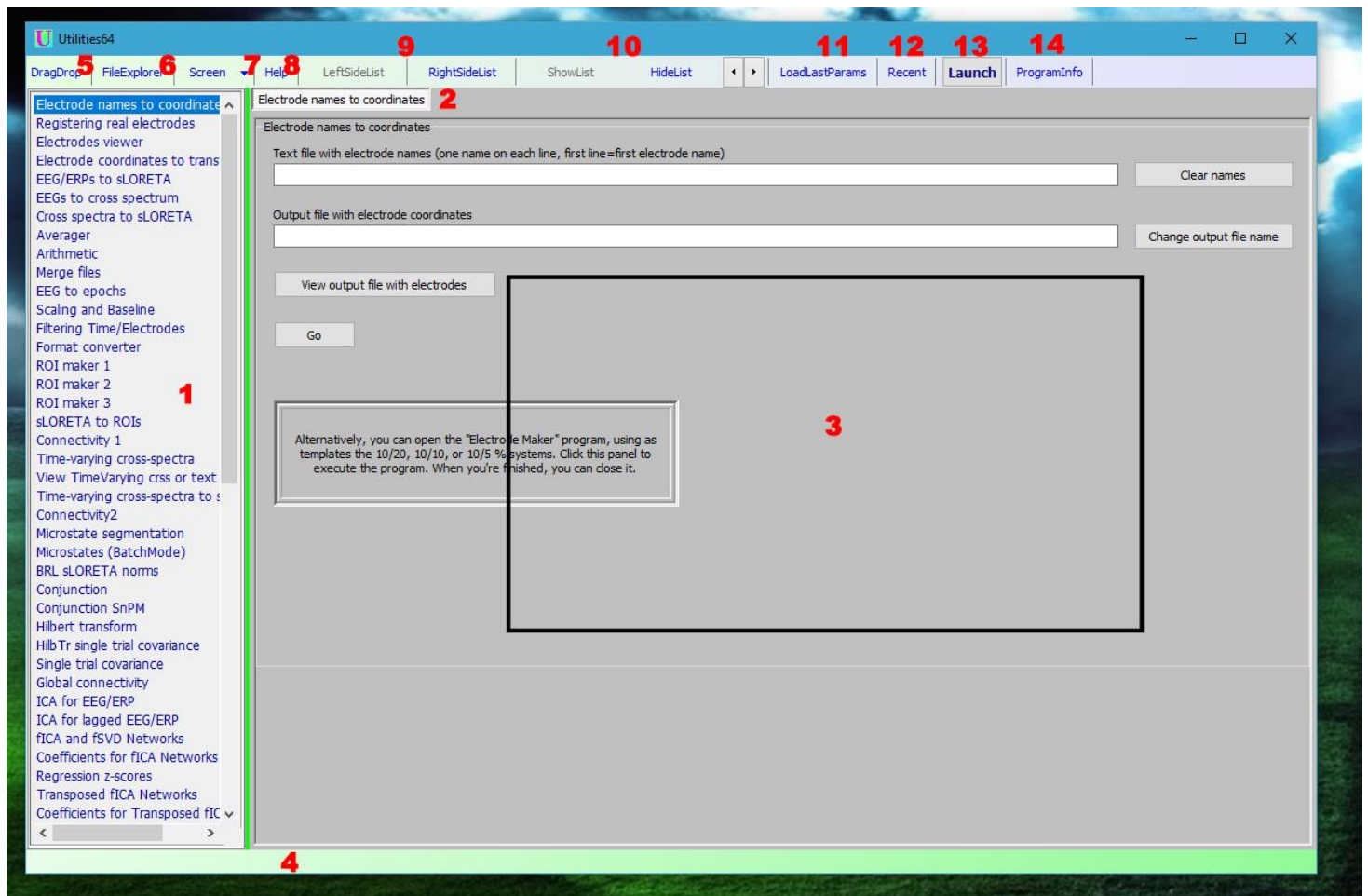
8. Tutorial: Κάντε κλικ για να δείτε μερικά tutorials σχετικά με τις βασικές λειτουργίες τους προγράμματος ή μερικά tutorials που αφορούν προηγούμενες εκδόσεις του.

9. Update: Κάντε κλικ για είτε για να κατεβάσετε την πιο ανανεωμένη έκδοση του προγράμματος είτε για να μεταβείτε στην κεντρική σελίδα του προγράμματος <https://www.uzh.ch/keyinst/loreta>

Στην συνέχεια θα δούμε τη κάθε μια λειτουργία του προγράμματος αναλυτικότερα ξεκινώντας με τη σειρά με την οποία αναγράφονται παραπάνω, μέσα από παραδείγματα και εικόνες.

3.4.2 Επεξήγηση Μενού Utilities :

Μόλις κάνετε κλικ στο menu utilities θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με το Utilities Package όπως δείχνει η εικόνα παρακάτω :



Εικόνα 18 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Utilities

Με βάση την παραπάνω αρίθμηση που φαίνεται στην εικόνα 18 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του Utilities Package :

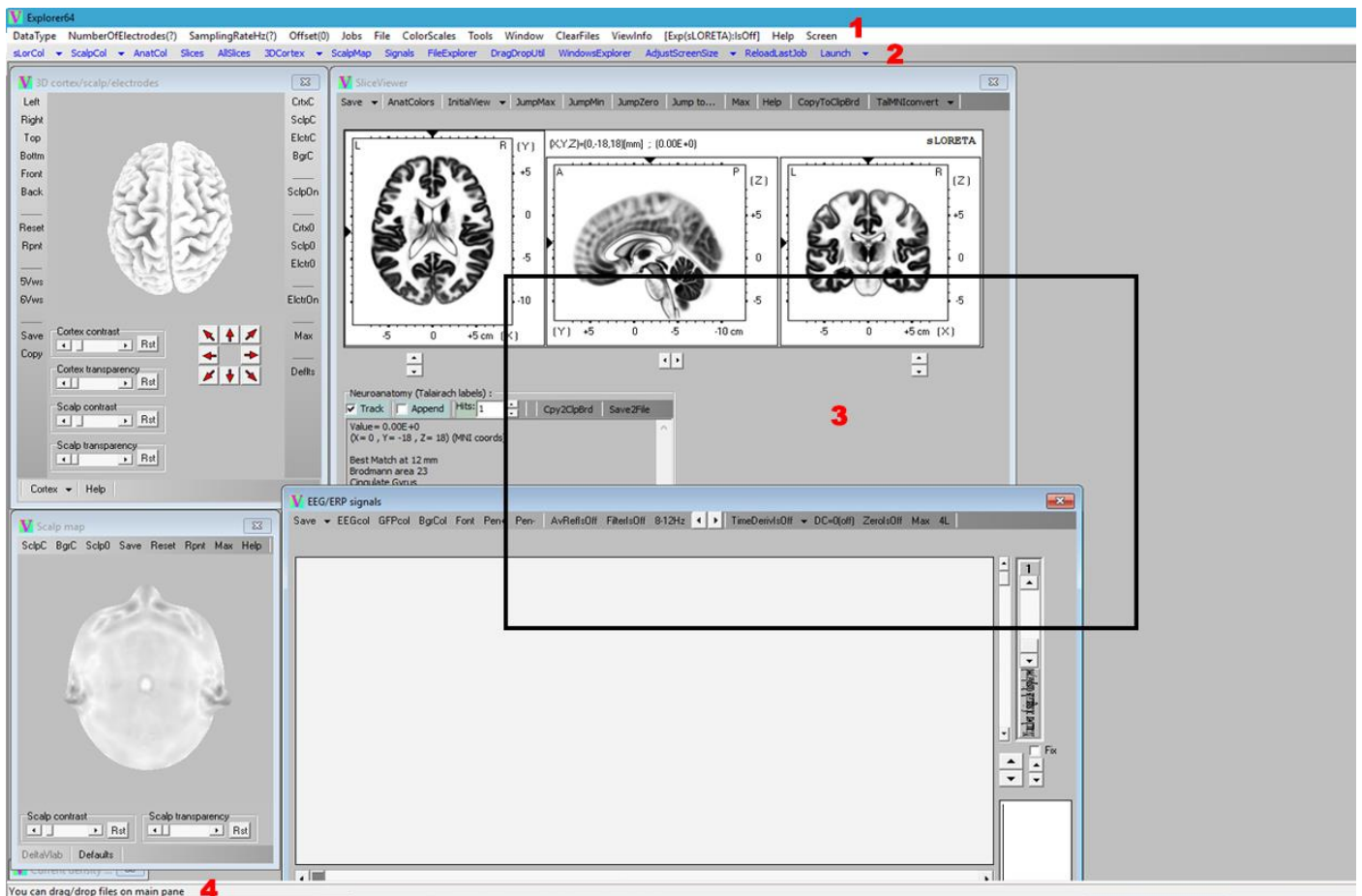
1. Πρόκειται για μια λίστα με όλα τα προγράμματα της λειτουργίας utility. Μπορείτε να διαλέξετε ένα πρόγραμμα με το πλήκτρο του ποντικιού. Κάθε φορά που αλλάζετε ένα πρόγραμμα, το επιλεγμένο βρίσκεται σε μπλε φόντο όπως δείχνει και η εικόνα.
2. Το όνομα του προγράμματος που επιλέξατε στο προηγούμενο βήμα σε γκρι αχνό περίγραμμα.
3. Αποτελεί το interface του κάθε προγράμματος με όλες τις επιλογές του.
4. Αποτελεί μια πράσινη μπάρα βοήθειας προς το χρήστη (Hint Bar) που τον καθοδηγεί στο καθένα πρόγραμμα ξεχωριστά.
5. Ανοίγει το παράθυρο περιήγησης των Windows 10 στο path όπου έχει εγκατασταθεί το πρόγραμμα LORETA.
6. Ανοίγει το File Explorer των Windows 10 για να βρει ο χρήστης τα αρχεία του.
7. Χρησιμοποιείται για να βγάλει ο χρήστης print screen την εκάστοτε οθόνη του με τις επιλογές του.
8. Κουμπί βοήθειας που παραπέμπει σε tutorials
9. Επιλέγει ο χρήστης ένα θέμα το sidebar (στήλη) με τα προγράμματα αριστερά ή δεξιά.
10. Επιλέγει ο χρήστης εάν θέλει το sidebar (στήλη) με τα προγράμματα να φαίνεται ή όχι.
11. Ο χρήστης φορτώνει τις τελευταίες καταχωρημένες παραμέτρους που είχε καταχωρήσει.
12. Ο χρήστης επιλέγει το τελευταίο πρόγραμμα του Utilities Package που είχε επιλέξει.
13. Κουμπί Launch για να επιλέξει ο χρήστης κάποια άλλη λειτουργία από το κεντρικό menu.
14. Ο χρήστης βλέπει το path που βρίσκεται το πρόγραμμα Utilities Package.

3.4.3 Επεξήγηση Μενού Viewer

Μόλις κάνετε κλικ στο menu viewer θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με τη λειτουργία Viewer όπως δείχνει η εικόνα 19 παρακάτω. Με βάση την αρίθμηση που φαίνεται στην εικόνα 18 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του Viewer :

1. Menu επιλογών σχετικά με αρχεία εισαγωγής, εργαλεία του viewer και ρυθμίσεις εξατομίκευσης της οθόνης που δουλεύει ο χρήστης.
2. Menu με τα επιμέρους εργαλεία αναπαράστασης του εγκεφάλου που χρησιμοποιεί το viewer καθώς επίσης και μερικές επιλογές διευκόλυνσης του χρήστη.
3. Επιφάνεια εργασίας ή οθόνη εργασίας που δουλεύει ο χρήστης με τα διαθέσιμα εργαλεία.
4. Μπάρα βοήθειας προς το χρήστη (Hint Bar) που τον καθοδηγεί σε κάθε εργαλείο ξεχωριστά.

Περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τα 1 και 2 θα δούμε αναλυτικότερα στη μέθοδο LORETA παρακάτω.

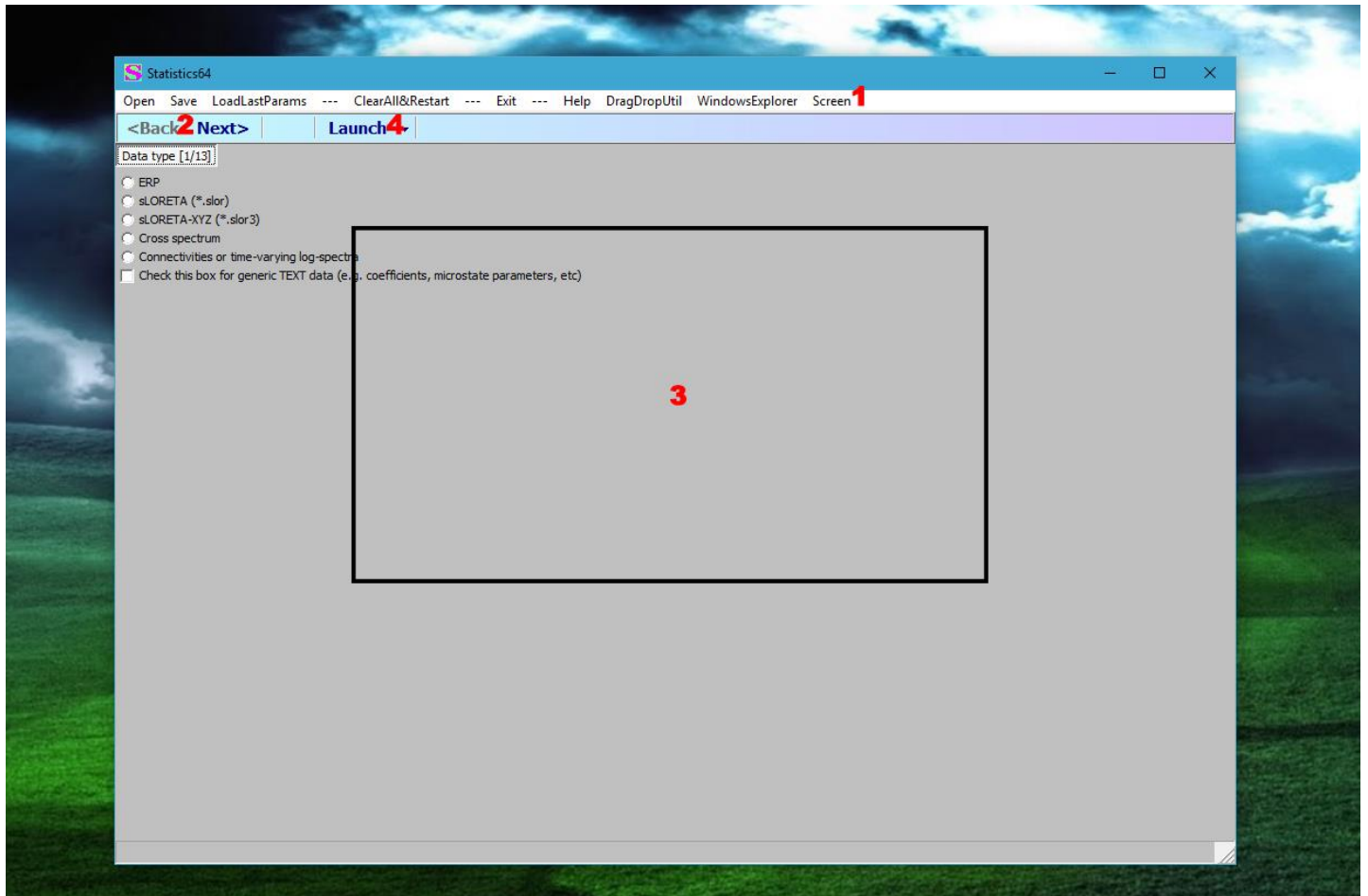


Εικόνα 19 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Viewer

3.4.4 Επεξήγηση Μενού Statistics

Μόλις κάνετε κλικ στο menu statistics θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με τη λειτουργία statistics όπως δείχνει η εικόνα 20 παρακάτω. Με βάση την παρακάτω αρίθμηση στην εικόνα 19 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του Statistics :

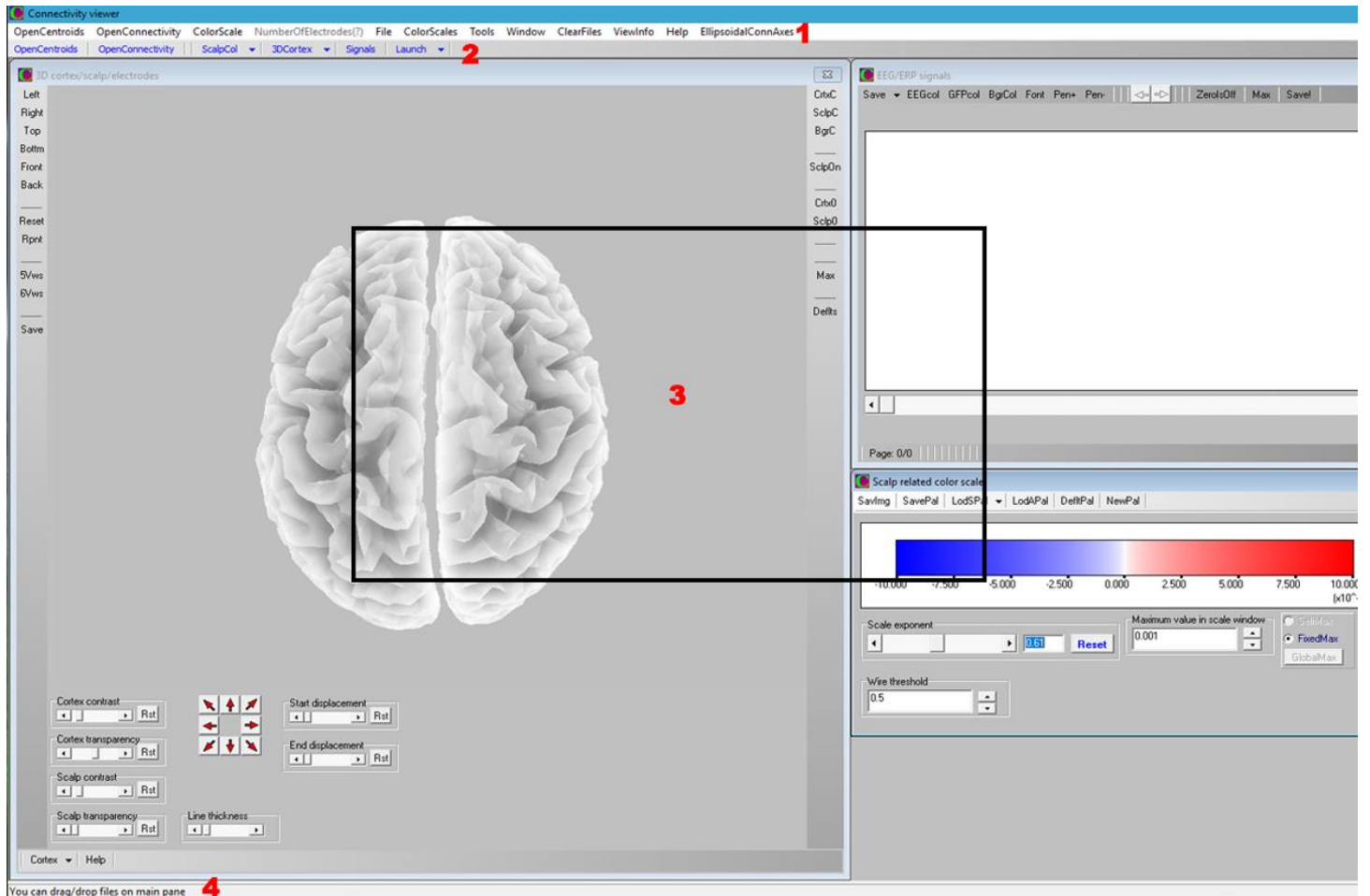
1. Menu επιλογών και διαχείρισης της λειτουργίας του Statistics.
 - **Open:** Άνοιγμα αρχείου με έτοιμες επιλογές για το Statistics.
 - **Save:** Αποθήκευση επιλογών μας σε αρχείο.
 - **LoadLastParams:** Φόρτωση τελευταίων παραμέτρων στο Statistics.
 - **Exit:** Έξοδος από το Statistics.
 - **Help:** Άνοιγμα οδηγού (tutorials) χρήσης statistics
 - **DragDropUtil:** Ανοίγει το παράθυρο περιήγησης των Windows 10 στο path όπου έχει εγκατασταθεί το πρόγραμμα LORETA.
 - **Windows Explorer:** Ανοίγει το File Explorer των Windows 10 για να βρει ο χρήστης τα αρχεία του.
 - **Screen:** Χρησιμοποιείται για να βγάλει ο χρήστης print screen την εκάστοτε οθόνη του με τις επιλογές του.
2. Μετάβαση στα βήματα που χρειάζεται το Statistics για να συλλέξει πληροφορίες από τα δεδομένα μας.
3. Περιοχή εργασίας στο statistics και επιλογής των απαραίτητων ενεργειών ώστε το Statistics να βγάλει αποτελέσματα.
4. Κουμπί Launch για να επιλέξει ο χρήστης κάποια άλλη λειτουργία από το κεντρικό menu.



Εικόνα 20 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Statistics

3.4.5 Επεξήγηση Μενού Wires

Μόλις κάνετε κλικ στο μενού Wires θα εμφανιστεί ένα dropdown menu, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε τη λειτουργία Connectivity Viewer είτε να ανοίξει έναν οδηγό χρήσης (tutorial) της λειτουργίας Connectivity Viewer. Κατά την επιλογή του Connectivity Viewer έχουμε την εικόνα :



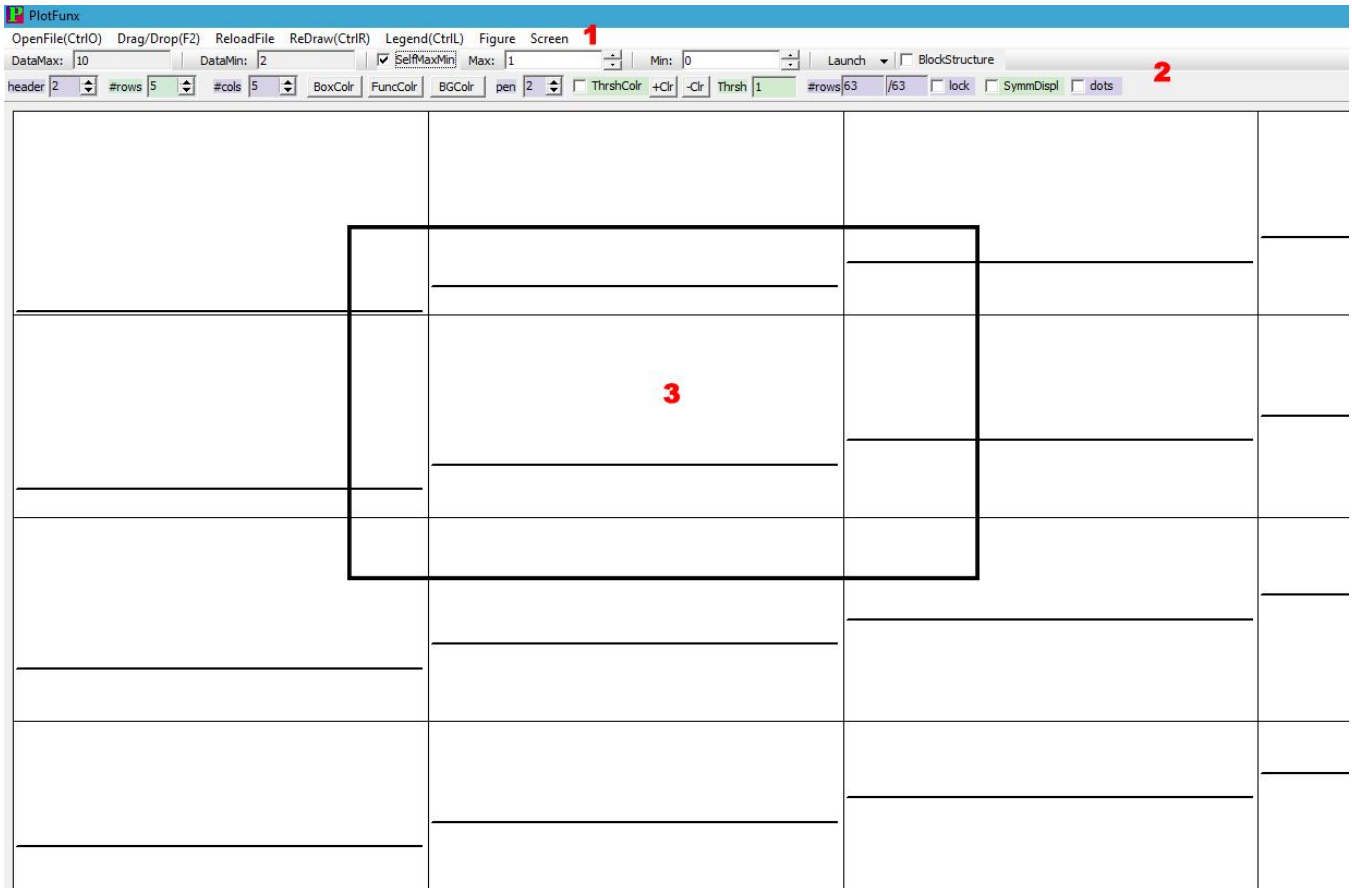
Εικόνα 21 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Wires

Με βάση την παραπάνω αρίθμηση της εικόνας 21 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του Connectivity Viewer :

1. Menu επιλογών σχετικά με αρχεία εισαγωγής των ηλεκτροδίων, εργαλεία του Connectivity Viewer και ρυθμίσεις εξατομίκευσης της οθόνης που δουλεύει ο χρήστης.
2. Menu με τα επιμέρους εργαλεία αναπαράστασης των ηλεκτροδίων του εγκεφάλου που χρησιμοποιεί το Connectivity viewer καθώς επίσης και μερικές επιλογές διευκόλυνσης του χρήστη.
3. Επιφάνεια εργασίας ή οθόνη εργασίας που δουλεύει ο χρήστης με τα διαθέσιμα εργαλεία.
4. Μπάρα βοήθειας προς το χρήστη (Hint Bar) που τον καθοδηγεί σε κάθε εργαλείο ξεχωριστά.

3.4.6 Επεξήγηση Μενού PlotFunc

Μόλις κάνετε κλικ στο menu plotfunc θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με τη λειτουργία PlotFunc όπως δείχνει η εικόνα παρακάτω :



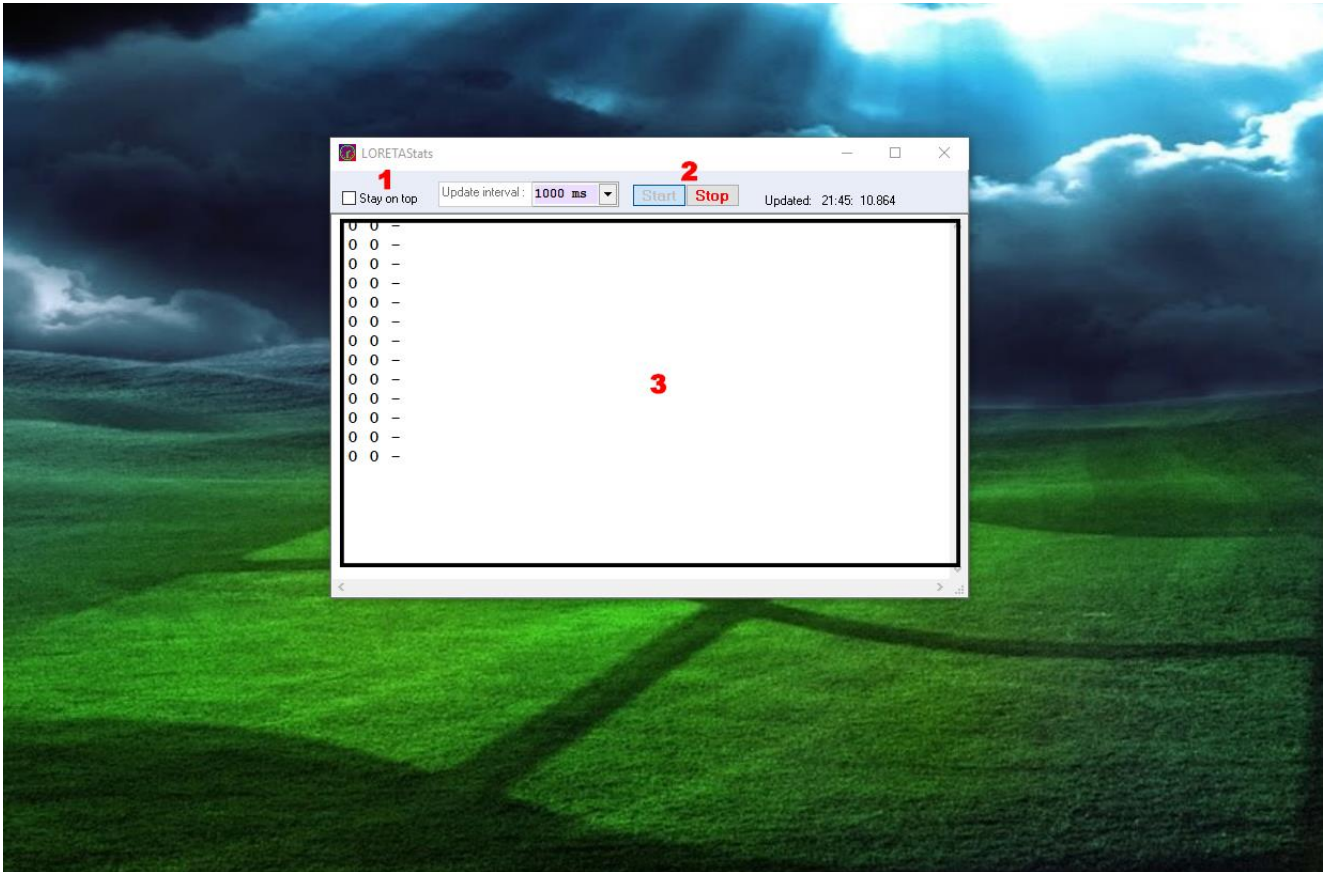
Εικόνα 22 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού PlotFunc

Με βάση την παραπάνω αρίθμηση της εικόνας 22 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του PlotFunc :

1. Menu επιλογών της λειτουργίας PlotFunc.
2. Διαθέσιμες επιλογές που χρειάζονται για την απεικόνιση γραφημάτων του Plotfunc.
3. Οθόνη απεικόνισης των διαθέσιμων γραφημάτων.

3.4.7 Επεξήγηση Μενού Status

Μόλις κάνετε κλικ στο menu status θα ανοίξει ένα νέο παράθυρο με τη λειτουργία status όπως δείχνει η εικόνα παρακάτω :



Εικόνα 23 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Status

Ουσιαστικά πρόκειται για μια λειτουργία παρακολούθησης όλων των υπο-προγραμμάτων και λειτουργιών του προγράμματος LORETA. Με βάση την παραπάνω αρίθμηση της εικόνας 23 με κόκκινους αριθμούς θα αναλύσουμε τις επιλογές του Status :

1. Checkbox με το οποίο τη λειτουργία καταγραφής βρίσκεται στην κορυφή της επιφάνειας εργασίας του υπολογιστή συνέχεια, εφόσον είναι επιλεγμένο.
2. Κουμπιά εκκίνησης και σταματημού της καταγραφής
3. Περιοχή με τις πληροφορίες που καταγράφει το Status.

3.4.8 Επεξήγηση Μενού Setup

Μόλις κάνετε κλικ στο menu setup θα εμφανιστεί ένα dropdown menu, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε τη δημιουργία εκ νέου της συντόμευσης του προγράμματος LORETA και των απαραίτητων φακέλων, είτε την εγγραφή / διαγραφή αρχείων με τη κατάληξη *.crss και *.slor που σχετίζονται άμεσα με το LORETA viewer/explorer, όπως δείχνει η εικόνα 24 :



Εικόνα 24 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Setup

3.4.9 Επεξήγηση Μενού Tutorial

Μόλις κάνετε κλικ στο menu tutorial θα εμφανιστεί ένα dropdown menu, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε τον βασικό οδηγό «Startup tutorial», είτε οδηγούς για παλαιότερες εκδόσεις.



Εικόνα 25 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Tutorial

3.4.10 Επεξήγηση Μενού Update

Μόλις κάνετε κλικ στο menu update θα εμφανιστεί ένα dropdown menu, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε να κάνει έλεγχο της τρέχουσας έκδοσης του προγράμματος LORETA που τρέχει στον υπολογιστή, είτε να πάει στην ιστοσελίδα του προγράμματος LORETA, όπως δείχνει και η εικόνα 26 παρακάτω :



Εικόνα 26 – Κεντρικό Παράθυρο Μενού Update

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται το πείραμα "Πρωταγόρας" και ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε στο χώρο του του Αιγινήτειου νοσοκομείου για την καταγραφή των εγκεφαλικών ηλεκτρικών σημάτων από τρία υποκείμενα χωρίς την παρουσία Η/Μ ακτινοβολίας. Εξηγείται η πειραματική διάταξη των ηλεκτροδίων που χρησιμοποιήθηκαν, από τα οποία προέκυψαν οι μετρήσεις των EEGs και ERPs και η προετοιμασία, ο μετασχηματισμός και η αποθήκευση των δεδομένων, για να είναι συμβατά με τις προδιαγραφές του προγράμματος LORETA που χρησιμοποιήσαμε. Τέλος, περιγράφουμε το τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα LORETA για την λήψη αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων από τις μετρήσεις.

4.1 Περιγραφή Των Πειραματικών Διατάξεων

4.1.1 Δεδομένα Πειραμάτων – Πείραμα Πρωταγόρας

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το πείραμα Πρωταγόρας που έλαβε χώρα στο ψυχοφυσιολογικό εργαστήριο του Αιγινήτειου Νοσοκομείου. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα προήλθαν από την καταγραφή ηλεκτροεγκεφαλικών σημάτων EEGs και ERPs από υποψήφιους, παρουσία ή μη Η/Μ ακτινοβολίας, παρόμοιας με αυτή που εκπέμπεται από κινητό τηλέφωνο, καθώς και από την καταγραφή εγκεφαλικών και ηλεκτρομυογραφικών σημάτων χωρίς επίδραση Η/Μ ακτινοβολίας, ενόσω ο εξεταζόμενος υποβάλετο σε μια σειρά από ψυχομετρικά test που εξηγούνται παρακάτω. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα άτομα που συμμετείχαν στα πειράματα έδωσαν την ενήμερη συγκατάθεσή τους, ενώ οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν συμμορφώνονταν πλήρως με τη Διακήρυξη ανθρωπίνων δικαιωμάτων του Ελσίνκι [1]. Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε το πείραμα και τη σημασία του.

Σκοπός του πειράματος "Πρωταγόρας" είναι η μελέτη και η σύγκριση της εγκεφαλικής δραστηριότητας ή την ανταπόκριση του εγκεφάλου των υποψηφίων (αναφερόμαστε δηλαδή σε καταγραφή ERPs και EEGs) σε διάφορα ακουστικά ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα αυτά αποτελούνται από μια ποικιλία ρημάτων (auditory stimuli) της ελληνικής γλώσσας, χρησιμοποιώντας τα στους χρόνους ενεστώτα, μέλλοντα και αόριστο. Θέλουμε να δούμε λοιπόν πως ο κάθε υποψήφιος αντιδρά σε καθένα από αυτά τα ρήματα, δηλαδή ποιες περιοχές του εγκεφάλου του χρησιμοποιεί στον εκάστοτε συνδυασμό ρημάτων είτε για παρόν-παρελθόν είτε παρόν-μέλλον, εάν έχει σημασία ο χρόνος του κάθε ρήματος, λαμβάνοντας υπόψιν μας διάφορους άλλους παράγοντες που μπορούν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα μας, όπως η υγεία του υποψηφίου, η φυσική του κατάσταση, το πόσο ξεκούραστος ήταν όταν έγινε το πείραμα, τη ψυχολογία του εκείνη τη στιγμή, η σειρά με την οποία ακούει τα ρήματα έχει σημασία, κλπ.

Στο πείραμα αυτό έλαβαν μέρος 39 υγιείς υποψήφιοι, οι οποίοι άκουσαν με τυχαία σειρά 105 ρήματα και στους τρεις χρόνους (παρελθόν, παρόν, μέλλον) από τα οποία προέκυψαν 210 ερεθίσματα (stimuli events): 105 ερεθίσματα που εστιάζουν στο όριο μεταξύ παρόντος και παρελθόντος και 105 που εστιάζουν στο όριο μεταξύ παρόντος και μέλλον. Προκειμένου να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα και να έχουμε πιο αντικειμενικές μετρήσεις τα ρήματα ήταν ανακατεμένα στο κάθε υποψήφιο, ώστε η σειρά με την οποία τα άκουγε ο υποψήφιος να μην επηρέαζε τα αποτελέσματα. Καθένα από τα 105 ρήματα του αντίστοιχου χρόνου χωρίζονταν σε :

- 30 ρήματα με θετική ενέργεια ή σημασία (positive verbs),
- 30 ρήματα με ουδέτερη ενέργεια ή σημασία (neutral verbs),
- 30 ρήματα με αρνητική ενέργεια ή σημασία (negative verbs),
- 15 ρήματα με υπαρξιακή ενέργεια ή σημασία (existential verbs)

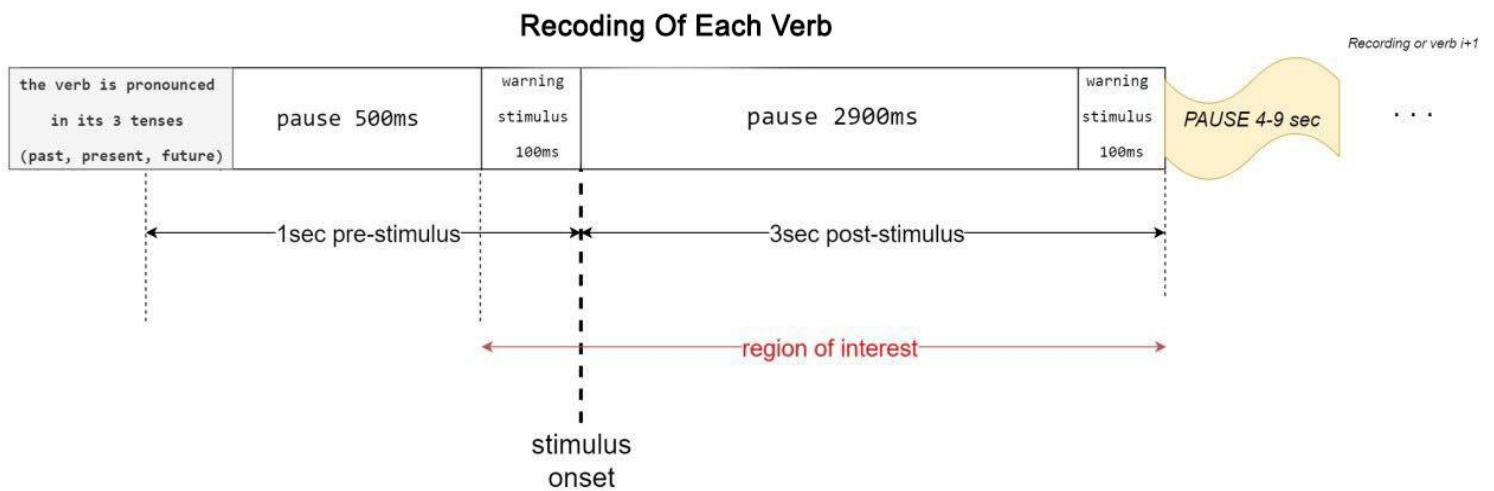
Προκειμένου να αποφύγουμε ή να ελαττώσουμε την αλλοίωση των μετρήσεων από στοιχεία που προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και εκπέμπουν ακτινοβολία (όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι υπολογιστές, τα Bluetooth, τα καλώδια με ρεύμα, κ.λπ.) η καταγραφή των EEGs και ERPs έγιναν σε κλειστό, ηλεκτρομαγνητικά μονωμένο και ασφαλισμένο θάλαμο (electromagnetically shielded room) για πιο αξιόπιστες μετρήσεις .

Σε κάθε ρήμα καταγράφουμε μια σειρά μετρήσεων διάρκειας 4 δευτερολέπτων (4000 msec). Το ερέθισμα ακούγεται 1000msec από την έναρξη της καταγραφής, από την οποία προκύπτει ένα σήμα στο πεδίο του χρόνου, όπου συνυπάρχουν μαζί το ERP σήμα και το EEG σήμα μαζί. Δεν αποτελούν ξεχωριστά σήματα, ούτε μπορούμε να πούμε πως συμβάλουν μεταξύ τους και δημιουργούν ένα καινούργιο, ούτε μπορούμε να τα διαχωρίσουμε ακριβώς, αλλά θεωρούμε πως η καταγραφή του ERP σήματος γίνεται μετά τα πρώτα 900-1000 msec μετά το ερέθισμα σε κάθε μέτρηση (στην διάρκεια αυτή προφανώς συνυπάρχει το EEG επίσης) και στη συνέχεια γίνεται καταγραφή μόνο EEG σήματος. Η συχνότητα με την οποία γίνεται η καταγραφή των μετρήσεων είναι 1 kHz (περίοδος δειγματοληψίας 1 msec) το λεγόμενο sampling rate.

Προκειμένου να εξασφαλίσουμε ότι σε κάθε νέο ερέθισμα ο υποψήφιος ήταν συγκεντρωμένος και είχε χαλαρώσει από το προηγούμενο, μεταξύ διαδοχικών ερεθισμάτων υπήρξε ένα διάλειμμα 4-9 secs (στο οποίο δεν καταγράφονται μετρήσεις) μέχρι να ξεκινήσει το επόμενο. Η δομή των καταγραφών σε κάθε ρήμα είναι οι ακόλουθη :

1. Το ρήμα εκφωνείται στον υποψήφιο στους 3 χρόνους (Παρατατικό, Ενεστώτα, Μέλλοντα),
2. Γίνεται η καταγραφή των πρώτων 1000 msec (1 sec pre-stimulus – περιοχή που χρησιμοποιείται για base line correction),
3. Γίνεται καταγραφή των επόμενων 3000 msec (ERP και EEG – 3 sec post-stimulus – περιοχή που μας ενδιαφέρει),
4. Διάλειμμα 4-9 δευτερόλεπτα (secs) μέχρι να ακουστεί το επόμενο ρήμα και να επαναληφθεί η διαδικασία .

Τη παραπάνω διαδικασία μπορούμε να τη δούμε σχηματικά στην παρακάτω εικόνα 27, όπου βλέπουμε τη δομή καταγραφής κάθε ρήματος.



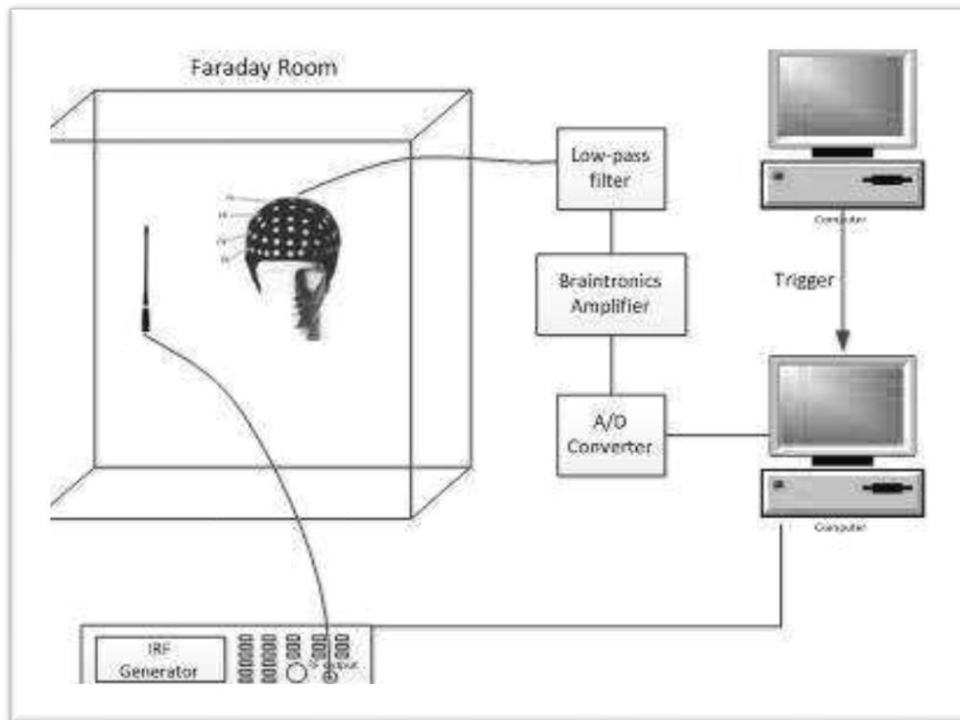
Εικόνα 27 – Δομή Καταγραφής Κάθε Ερεθίσματος

4.1.2 Πειραματική Διάταξη Πειράματος

Η πειραματική διάταξη από την οποία προήλθαν οι μετρήσεις σε κάθε υποψήφιο παρουσιάζεται στην Εικόνα 28 παρακάτω. Πιο αναλυτικά, το πείραμα διεξάχθηκε σε ηλεκτρομαγνητικά θωλωμένο δωμάτιο (μέσα σε κλωβό Faraday) και περιελάβανε 32 ηλεκτρόδια τα οποία απήγαν το ηλεκτρικό σήμα του εγκεφάλου, ερχόμενα σε επαφή με το κεφάλι του εξεταζόμενου.

Τα ηλεκτρόδια αυτά μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τόσο για καταγραφή ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, όσο και για καταγραφή ηλεκτρομυογραφήματος, δεδομένου ότι υπήρχε η δυνατότητα κάποια από αυτά να τοποθετηθούν σε μύες του προσώπου. Στη συνέχεια κατέληγαν σε έναν προενισχυτή. Ως γείωση λειτουργούσαν δύο βραχυκυκλωμένα ηλεκτρόδια που έρχονταν σε επαφή με τους λοβούς των αυτιών.

Στη συνέχεια και εκτός του κλωβού Faraday, τα 32 σήματα οδηγούνταν σε διαφορετικό ενισχυτή όπου και ενισχύονταν.



Εικόνα 28 – Πειραματική Διάταξη Του Πειράματος

4.2 Έλεγχοι Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας EMC

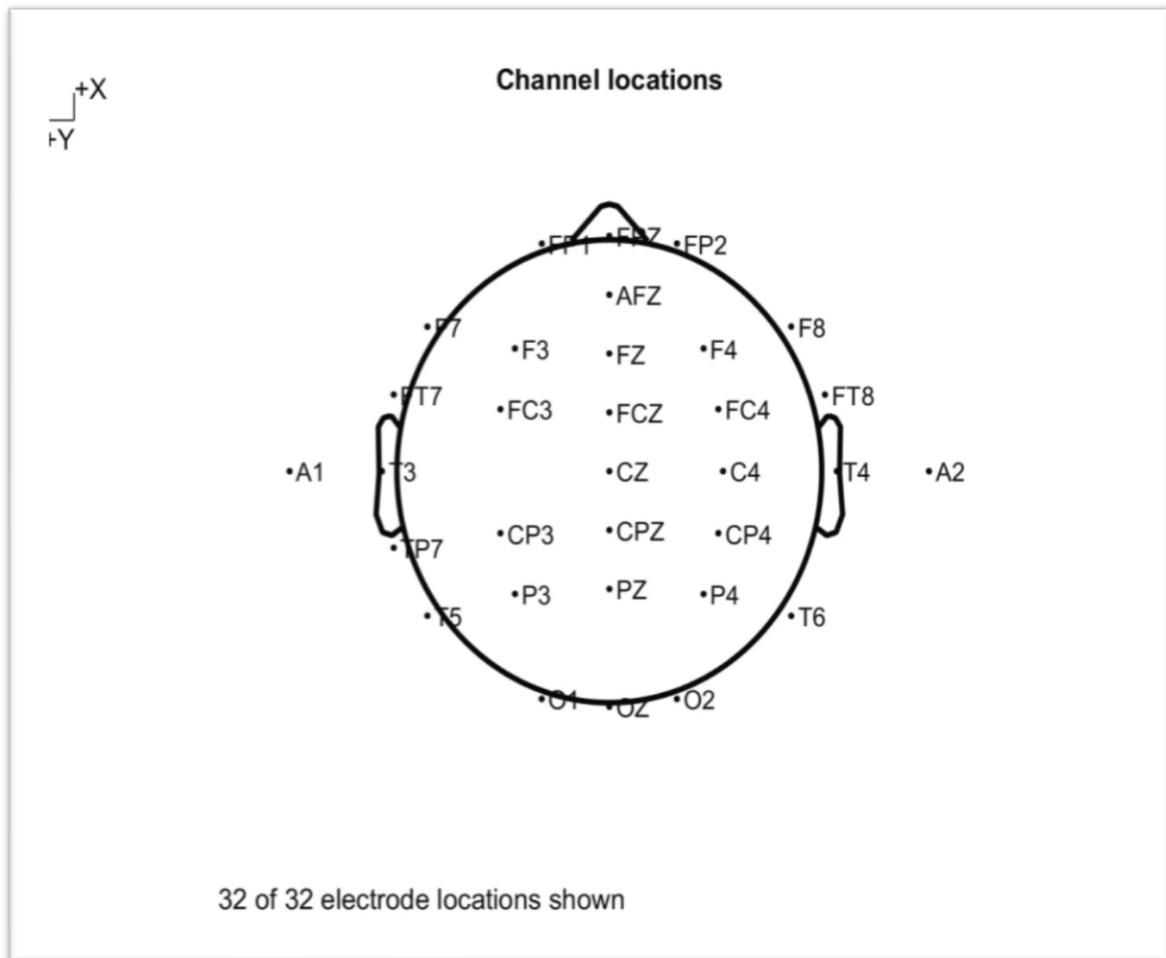
Πριν τη διεξαγωγή των πειραμάτων ελέγχθηκε η ατρωσία των διατάξεων τόσο σε σήματα GSM, όσο και σε WiFi σήματα. Επιπλέον, έγινε έλεγχος ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας της πειραματικής διάταξης με τα ευρυζωνικά σήματα 3^{ης} και 4^{ης} γενιάς που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ομοίωμα ανθρώπινου κεφαλιού, στο οποίο τοποθετήθηκαν τα ηλεκτρόδια μέτρησης του HEF.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε δις, χωρίς και με ακτινοβολία του LTE σήματος. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά η γεννήτρια ήταν ανενεργή (off mode) και ουσιαστικά μετρήθηκε ο θόρυβος της διάταξης, ενώ στη συνέχεια η γεννήτρια τέθηκε σε λειτουργία (on mode) και ρυθμίστηκε διαδοχικά σε κάθε ένα από τα διαφορετικά “σχήματα” παραμέτρων του σήματος. Τα τελικά δεδομένα προς ανάλυση, για κάθε συνθήκη ακτινοβολίας, αποτελούνταν από 1500 τιμές τάσης στα άκρα κάθε ενός από τα 32 ηλεκτρόδια, εκφρασμένες σε μV .

4.3 Προετοιμασία Και Μετασχηματισμός Μετρήσεων

4.3.1 Χάρτης Ηλεκτροδίων Του Πειράματος

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 32 ηλεκτρόδια για τη καταγραφή των μετρήσεων και την παραγωγή των σημάτων ERPs και EEGs. Η κατανομή των 32 ηλεκτροδίων στο επίπεδο xy πάνω στο τριχωτό της κεφαλής φαίνεται από την εικόνα 29 παρακάτω, όπου βλέπουμε τη θέση του κάθε ηλεκτροδίου και τα ονόματά τους. Σημειώνεται πως τα ηλεκτρόνια A1 και A2 είναι εκτός κεφαλής και είναι ηλεκτρόδια αναφοράς των μετρήσεων μας που θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για base line correction.



Εικόνα 29 – Η Διάταξη Των 32 Ηλεκτροδίων

Ακόμα οι συντεταγμένες των ηλεκτροδίων καθώς και η εκάστοτε ονομασία του κάθε ηλεκτροδίου αναπαρίσταται στο παρακάτω πίνακα.

N/N	Όνομα	theta	radius	X	Y	Z	sph_theta	sph_phi	sph_radius
1	FP1	-17.9	0.515	80.8	26.1	-4	17.9	-2.7	85
2	F3	-39.9	0.345	57.6	48.2	39.9	39.9	28	85
3	A1	-90	0.75	3.68e-15	60.1	-60.1	90	-45	85
4	P3	-140	0.345	-57.6	48.2	39.9	140	28	85
5	O1	-162	0.515	-80.8	26.1	-4	162	-2.7	85
6	F7	-53.9	0.528	49.9	68.4	-7.49	53.9	-5.06	85
7	T3	-90	0.533	5.18e-15	84.5	-8.85	90	-5.97	85
8	T5	-126	0.528	-49.9	68.4	-7.49	126	-5.06	85
9	AFZ	0	0.38	79	0	31.3	0	21.6	85
10	FZ	0	0.253	60.7	0	59.5	0	44.4	85
11	FCZ	0	0.127	32.9	0	78.4	0	67.2	85
12	CP3	-118	0.288	-31	59.3	52.5	118	38.1	85
13	FC3	-62.4	0.288	31	59.3	52.5	62.4	38.1	85
14	TP7	-108	0.532	-26.2	80.4	-8.51	108	-5.75	85
15	FPZ	0	0.507	85	0	-1.79	0	-1.2	85
16	FT7	-71.9	0.532	26.2	80.4	-8.51	71.9	-5.75	85
17	A2	90	0.75	3.68e-15	-60.1	-60.1	-90	-45	85
18	OZ	180	0.507	-85	-1.04e-14	-1.79	-180	-1.2	85
19	FT8	71.9	0.532	26.2	-80.4	-8.51	-71.9	-5.75	85
20	FP2	17.9	0.515	80.8	-26.1	-4	-17.9	-2.7	85
21	F4	39.9	0.344	57.6	-48.1	39.9	-39.9	28	85
22	C4	90	0.267	3.87e-15	-63.2	56.9	-90	42	85
23	P4	140	0.344	-57.6	-48.1	39.9	-140	28	85
24	O2	162	0.515	-80.8	-26.1	-4	-162	-2.7	85
25	F8	53.9	0.528	49.9	-68.4	-7.49	-53.9	-5.05	85
26	T4	90	0.533	5.18e-15	-84.5	-8.85	-90	-5.97	85
27	T6	126	0.528	-49.9	-68.4	-7.49	-126	-5.05	85
28	CZ	0	0	5.2e-15	0	85	0	90	85
29	PZ	180	0.253	-60.7	-7.44e-15	59.5	-180	44.4	85
30	CPZ	180	0.127	-32.9	-4.03e-15	78.4	-180	67.2	85
31	CP4	118	0.288	-31	-59.3	52.5	-118	38.1	85
32	FC4	62.4	0.288	31	-59.3	52.5	-62.4	38.1	85

Εικόνα 30 – Συντεταγμένες Των 32 Ηλεκτροδίων

4.3.2 Αρχική Μορφή Σήματος Και Base Line Correction

Όπως προαναφέρθηκε η αρχική μορφή της κάθε μέτρησης είναι ένα σήμα στο πεδίο του χρόνου διάρκειας 4 δευτερολέπτων (ή 4000msec). Από το οποίο τα πρώτα 1000msec είναι το pre-stimulus και τα υπόλοιπα 3000msec είναι το post-stimulus. Στη παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιήσουμε συνολικά 2,5 δευτερόλεπτα από το αρχικό σήμα από τα οποία έχουμε 500msec pre-stimulus και 2000msec post-stimulus, δηλαδή το σήμα ERP-EEG που μας ενδιαφέρει. Η συχνότητα μετρήσεων είναι 1kHz.

Προκειμένου να μπορέσουμε να εισάγουμε τις μετρήσεις αυτές στο πρόγραμμα Loreta πρέπει να κάνουμε μια διαδικασία που λέγεται base line correction για κάθε ρήμα που μελετάμε, σύμφωνα με την οποία εξαλείφουμε τα ηλεκτρόδια αναφοράς A1 και A2 (κόκκινο χρώμα στο πίνακα παραπάνω) που βρίσκονται εκτός κεφαλής και τα συμψηφίζουμε στα υπόλοιπα, ώστε να φτιάξουμε ένα νέο χάρτη ηλεκτροδίων με 30 ηλεκτρόδια, τα οποία βρίσκονται όλα πάνω στο επίπεδο του κεφαλιού.

Το base line correction σε κάθε ρήμα πραγματοποιείται ως εξής: Σε κάθε ένα από τα 32 αρχικά ηλεκτρόδια λαμβάνουμε 2500 μετρήσεις, από τις οποίες μας ενδιαφέρουν μόνο οι μετρήσεις από το 501msec και μετά, αφού τότε μπαίνουμε στη περιοχή του σήματος ERP-EEG που μας ενδιαφέρει (Η συχνότητα είναι 1kHz που σημαίνει πως η μέτρηση αντιστοιχεί σε 1 msec). Αρχικά μόνο για τα δύο ηλεκτρόδια A1 και A2 παίρνουμε τα πρώτα 500msec (δηλαδή τις πρώτες 500 μετρήσεις) και υπολογίζουμε τη μέση τιμή των μετρήσεων του κάθε ηλεκτροδίου για αυτές τις πρώτες 500 τιμές του pre-stimulus. Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη νέα μέση τιμή των δύο μέσων τιμών του A1 και A2 σύμφωνα με το τύπο :

$$\overline{Mean(A1, A2)} = \frac{((\sum_1^{500} A1(i) / 500) + (\sum_1^{500} A2(i) / 500))}{2}$$

$$\text{Όπου } (\sum_1^{500} A1(i) / 500) = \overline{mean(A1)} \text{ και } (\sum_1^{500} A2(i) / 500) = \overline{mean(A2)}$$

Επόμενο βήμα για καθένα από τα 30 ηλεκτρόδια αγνοώντας τελείως τα A1 και A2 είναι να αφαιρούμε τις πρώτες 500 μετρήσεις (500msec) δηλαδή το pre-stimulus και μας μένουν για κάθε ένα από αυτά ένα σήμα των 2000 μετρήσεων (2000msec). Τέλος αφαιρούμε

για κάθε ένα από τα 30 ηλεκτρόδια τη μέση τιμή που υπολογίσαμε $\overline{Mean(A1, A2)}$ σε κάθε μία από τις 2000 τους μετρήσεις. Το τελικό σήμα του κάθε ηλεκτροδίου που προκύπτει είναι ένα σήμα 2 δευτερολέπτων (2000msec) μειωμένο κατά τη μέση τιμή. Με αυτό το τρόπο πλέον έχουμε 30 ηλεκτρόδια όπου το καθένα έχει ένα σήμα ERP-EEG στο πεδίο του χρόνου στη περιοχή που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε.

4.4 Εισαγωγή Των Δεδομένων Στο Πρόγραμμα Loreta

4.4.1 Αρχείου Talairach Με Συντεταγμένες Ηλεκτροδίων

Για να μπορέσουμε να εισάγουμε τις μετρήσεις μας στο πρόγραμμα Loreta πρέπει να εισάγουμε στο πρόγραμμα το αρχείο με τα ονόματα των 30 πλέον ηλεκτροδίων που προέκυψαν μετά το base line correction. Για να γίνει αυτό δημιουργούμε ένα αρχείο κειμένου με τη κατάληξη .txt στο οποίο εισάγουμε τα ηλεκτρόνια το ένα κάτω από το άλλο ως εξής :

```
FP1  
F3  
P3  
O1  
F7  
T3  
T5  
AFZ  
FZ  
FCZ  
CP3  
FC3  
TP7  
FPZ  
FT7  
OZ  
FT8  
FP2  
F4  
C4
```

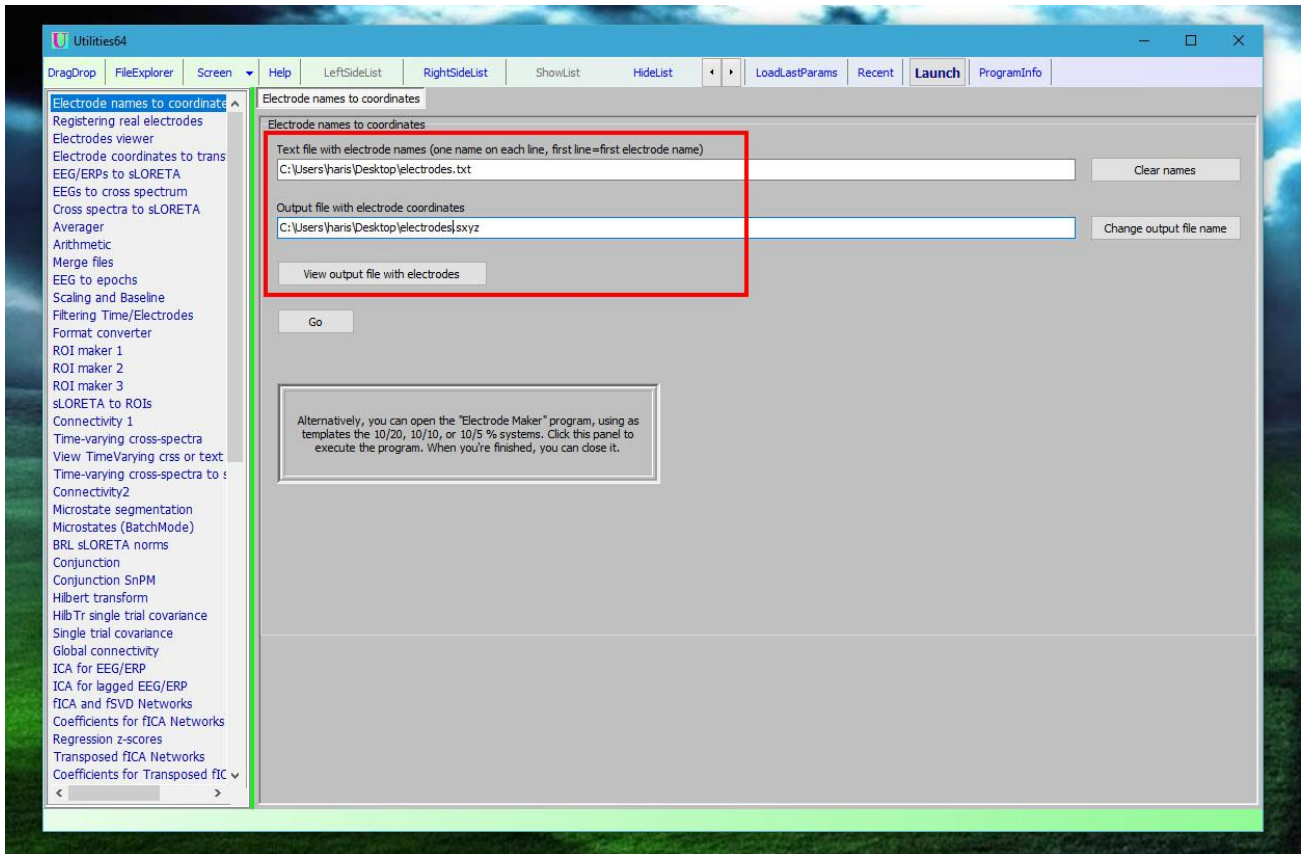
P4
O2
F8
T4
T6
CZ
PZ
CPZ
CP4
FC4

Εικόνα 31 – Αρχείο electrodes.txt

Στη συνέχεια αποθηκεύουμε το αρχείο αυτό με κάποιο όνομα όπως electrodes.txt και στην συνέχεια ανοίγουμε το πρόγραμμα Loreta για να φτιάξουμε το αρχείο Talairach Coordinates. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα αρχείο όπου παράγεται από το πρόγραμμα Loreta και περιέχει τις θέσεις των ηλεκτροδίων πάνω στο φλοιό της ανθρώπινης κεφαλής σε τρεις διαστάσεις x,y,z (3-dimensional coordinate system of human brain). Αυτό δημιουργείται ως εξής :

- Ανοίγουμε τη λειτουργία Utilities από το κεντρικό μενού της Loreta ώστε να ανοίξει το Utilities Package (Δες εικόνα 18 – Κεφάλαιο 3),
- Στη συνέχεια από τη λίστα με τα προγράμματα του Utilities Package, επιλέγουμε το "Electrode names to coordinates" όπως δείχνει και η εικόνα 32 παρακάτω,
- Στη συνέχεια στο πεδίο "File with electrode names" εισάγουμε το path όπου βρίσκεται το αρχείο electrodes.txt. Εάν για παράδειγμα το έχουμε αποθηκεύσει στην επιφάνεια εργασίας τότε το path θα μοιάζει κάπως έτσι "C:\Users\haris\Desktop\electrodes.txt". Μπορούμε απλά να σύρουμε το αρχείο από την επιφάνεια εργασίας μας στο πεδίο "File with electrode names" και το πρόγραμμα Utilities Package συμπληρώνει το path μόνο του. Μόλις συμπληρώσουμε το path, θα δούμε πως στο πεδίο "output file with electrode coordinate" θα εμφανιστεί το path όπου το πρόγραμμα Utilities Package θα αποθηκεύσει το αρχείο Talairach Coordinates. Στη δική μας περίπτωση λέει "C:\Users\haris\Desktop\electrodes.sxyz".

- Τέλος πατάμε το κουμπί Go για να ξεκινήσει η διαδικασία και μόλις εμφανιστεί ένα pop up παράθυρο με τη λέξη finished η διαδικασία θα έχει τελειώσει. Πατάμε οκ για να κλείσουμε το pop up παράθυρο.



Εικόνα 32 – Δημιουργία Αρχείου Talairach Coordinates

Μόλις κάνουμε αυτή τη διαδικασία θα παρατηρήσουμε πως στην επιφάνεια εργασίας θα εμφανιστεί το αρχείο Talairach Coordinates με όνομα electrodes.sxyz και θα έχει τη μορφή που βλέπουμε στην εικόνα 33 παρακάτω :

```
30
-26.81 84.06 -10.56 Fp1
-48.05 51.87 39.87 F3
-55.07 -80.11 59.44 P3
-28.98 -114.52 9.67 O1
-66.99 41.69 -15.96 F7
-83.36 -16.52 -12.65 T7/T3
-71.46 -75.17 -3.70 P7/T5
1.25 79.68 33.70 AFz
0.90 57.01 66.36 Fz
0.57 24.63 87.63 FCz
-65.51 -48.48 68.57 CP3
-58.83 21.02 54.82 FC3
-81.59 -46.89 -9.00 TP7
1.14 86.49 -3.79 Fpz
-76.93 13.18 -14.71 FT7
-1.41 -117.79 15.84 Oz
78.31 12.78 -14.33 FT8
29.41 83.74 -10.04 Fp2
50.38 51.84 41.33 F4
66.50 -12.80 65.11 C4
53.51 -80.13 59.40 P4
26.89 -114.68 9.45 O2
68.71 41.16 -15.31 F8
84.44 -16.65 -11.79 T8/T4
71.10 -75.17 -3.69 P8/T6
0.23 -11.28 99.81 Cz
-0.87 -82.23 82.43 Pz
-0.42 -48.77 98.37 CPz
65.03 -48.35 68.57 CP4
60.29 21.16 55.58 FC4
```

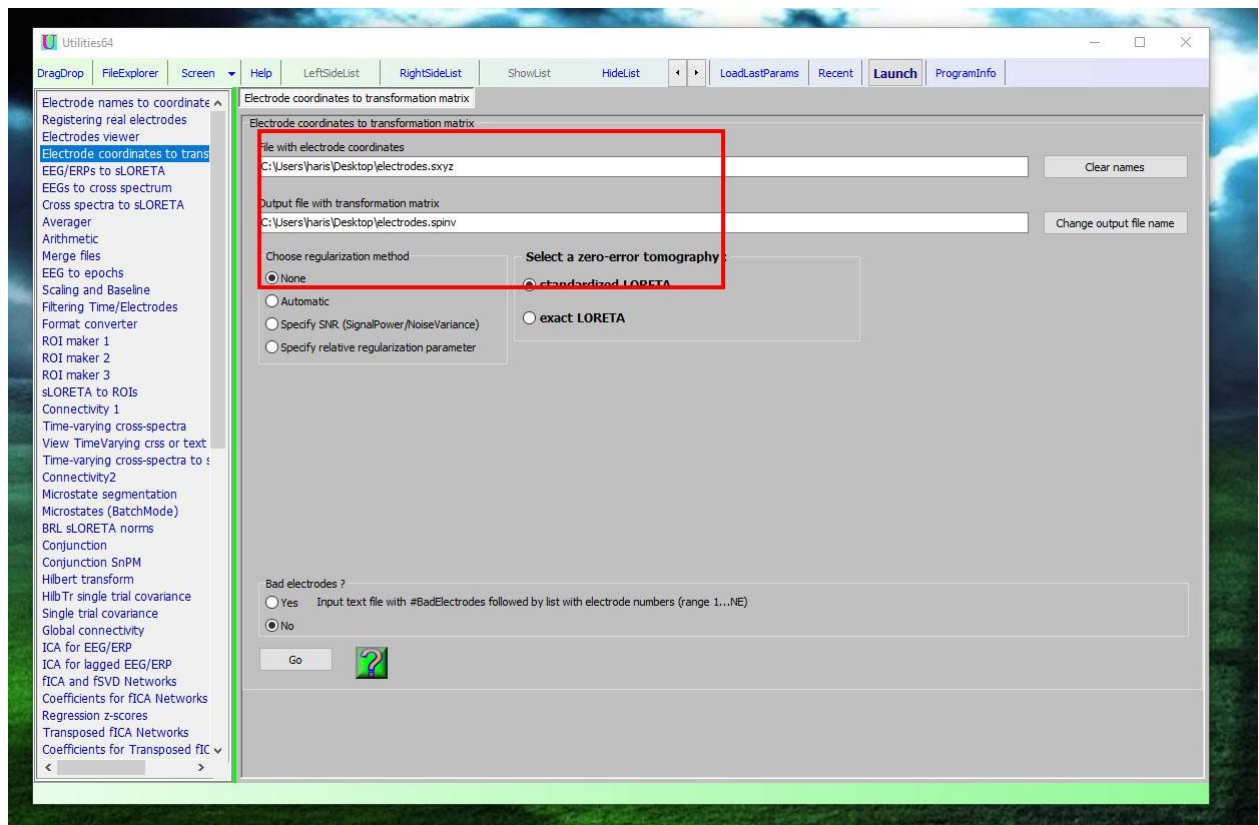
Εικόνα 33 – Αρχείο electrodes.txt

4.4.2 Δημιουργία Transformation Table Για Τα Ηλεκτρόδια

Στη συνέχεια πρέπει να φτιάξουμε το αρχείο transformation table για τα ηλεκτρόδια, το οποίο χρησιμοποιείται για τη 3D απεικόνιση των ERP-EEG σημάτων στο πρόγραμμα Loreta. Αυτό δημιουργείτε ως εξής :

- Ανοίγουμε τη λειτουργία Utilities από το κεντρικό μενού της Loreta ώστε να ανοίξει το Utilities Package (Δες εικόνα 18 – Κεφάλαιο 3),
- Στη συνέχεια από τη λίστα με τα προγράμματα του Utilities Package, επιλέγουμε το "Electrode coordinates to transformation table" όπως δείχνει και η εικόνα 34 παρακάτω,
- Στη συνέχεια στο πεδίο "File with electrode names" εισάγουμε το path όπου βρίσκεται το αρχείο electrodes.sxyz. Εάν για παράδειγμα το έχουμε αποθηκεύσει στην επιφάνεια εργασίας τότε το path θα μοιάζει κάπως έτσι "C:\Users\haris\Desktop\electrodes.sxyz". Μπορούμε απλά να σύρουμε το αρχείο από την επιφάνεια εργασίας μας στο πεδίο "File with electrode names" και το πρόγραμμα Utilities Package συμπληρώνει το path μόνο του. Μόλις συμπληρώσουμε το path, θα δούμε πως στο πεδίο "output file with electrode coordinate" θα εμφανιστεί το path όπου το πρόγραμμα Utilities Package θα αποθηκεύσει το αρχείο Transformation Table. Στη δική μας περίπτωση λέει " C:\Users\haris\Desktop\electrodes.spinv".
- Αφήνουμε στα checkboxes παρακάτω τις προεπιλεγμένες τιμές και πατάμε το κουμπί GO. Περιμένουμε λίγα λεπτά να ολοκληρωθεί η διαδικασία. και μόλις εμφανιστεί ένα pop up παράθυρο με τη λέξη finished η διαδικασία θα έχει τελειώσει. Πατάμε ok για να κλείσουμε το pop up παράθυρο.

Μόλις κάνουμε αυτή τη διαδικασία θα παρατηρήσουμε πως στην επιφάνεια εργασίας θα εμφανιστούν 5 αρχεία εκ των οποίων το αρχείο που μας ενδιαφέρει είναι το electrodes.spinv, το οποίο φαίνεται στην εικόνα 34 παρακάτω.



Εικόνα 34 – Δημιουργία Αρχείου Transformation Matrix

4.4.3 Δημιουργία Αρχείου Σήματος ERP-EEG

Στη συνέχεια πρέπει να φτιάξουμε το αρχείο με το σήμα μας (2000msec) που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Αυτό το επιτυγχάνουμε δημιουργώντας ένα αρχείο κειμένου π.χ. ERP_EEG_verb1.txt, μέσα στο οποίο αποθηκεύουμε τις 2000 μετρήσεις με τη μορφή πίνακα (2000x30) προσέχοντας πάντα οι στήλες να είναι οι μετρήσεις για το καθένα ηλεκτρόνιο ξεχωριστά. Δηλαδή η 1^η στήλη είναι οι 2000 μετρήσεις για το 1^ο ηλεκτρόδιο, η 2^η στήλη είναι οι 2000 μετρήσεις για το 2^ο ηλεκτρόδιο κ.λπ. Τέλος πρέπει να αλλάξουμε την κατάληξη .txt σε .asc για να μπορέσει να το διαβάσει χωρίς λάθος το πρόγραμμα Loreta.

Προσοχή : Επειδή στο αρχείο αυτό δεν αναφέρονται πουθενά τα ονόματα των ηλεκτροδίων, πρέπει ο χρήστης να φροντίσει ώστε οι μετρήσεις που εισάγει σε κάθε στήλη να αντιστοιχούν στο όνομα του κάθε ηλεκτροδίου αντίστοιχα.

4.4.4 Εισαγωγή Των Αρχείων Και 3D Προβολή Των Μετρήσεων

Σε αυτή τη φάση είμαστε έτοιμοι να δούμε τα αρχεία που έχουμε παράγει και να έχουμε μια πρώτη τρισδιάστατη γραφική απεικόνιση ενός σήματος ERP-EEG. Για να μπορέσουμε να δούμε λοιπόν το σήμα ERP_EEG_verb1.asc εργαζόμαστε ως εξής :

- Ανοίγουμε τη λειτουργία Viewer από το κεντρικό μενού της Loreta ώστε να ανοίξει το LORETA viewer/explorer (Δες εικόνα 19 – Κεφάλαιο 3),
- Στη συνέχεια σέρνουμε από την επιφάνεια εργασίας στο γκρι κενό τα αρχεία electrodes.sxyz και electrodes.spin.v.
- Στη συνέχεια σέρνουμε από την επιφάνεια εργασίας στο γκρι κενό το αρχείο ERP_EEG_verb1.asc. Μόλις το κάνουμε αυτό θα εμφανιστή ένα pop up παράθυρο όπως θα μας ζητήσει να εισάγουμε το sample rate μας (εδώ σε εμάς είναι 1000) και το offset μας (που σε εμάς είναι μηδέν).
- Τέλος θα δούμε πως οι μετρήσεις μας φορτώθηκαν και μπορούμε να τις δούμε είτε 3D, είτε με συντεταγμένες, είτε με τη μορφή σήματος όπως δείχνει και η εικόνα 35.

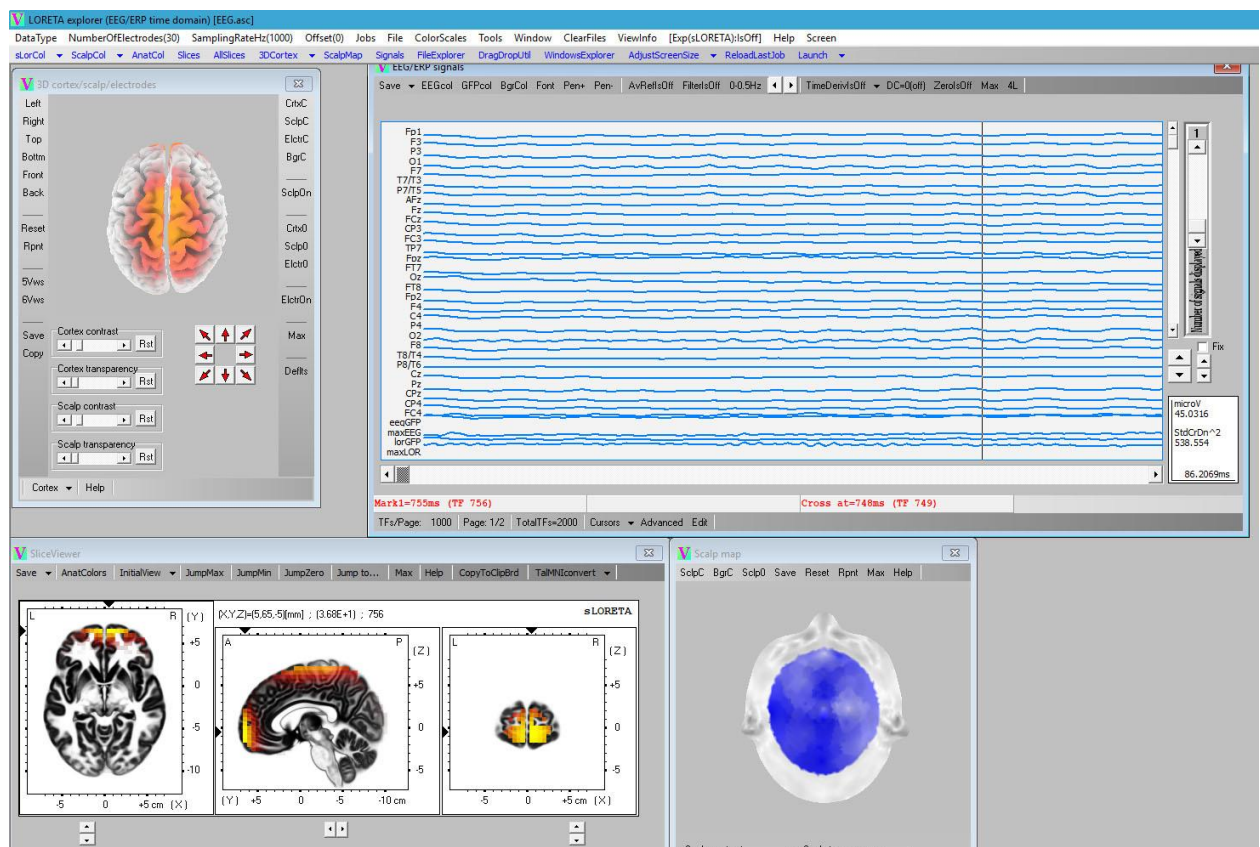
Στην εικόνα 35 παρακάτω μπορούμε να δούμε όλα τα αρχεία που έχουμε δημιουργήσει παράλληλα. Στο παράθυρο ERP/EEG Signals βλέπουμε τα αντίστοιχα σήματα που προέκυψαν από κάθε ένα από τα 30 ηλεκτρόδια και μερικές ακόμα κυματομορφές όπως οι eegGFP – κυματομορφή EEG , maxEEG , IorGFP – κυματομορφή πυκνότητας ρεύματος και maxLOR. Για να μπορέσουμε να βλέπουμε τα ονόματα του κάθε ηλεκτροδίου πρέπει να φορτώσουμε στο υποπρόγραμμα Viewer οπωσδήποτε το αρχείο με τα ηλεκτρόδια, δηλαδή στη δική μας περίπτωση το electrodes.txt.

Στο παράθυρο 3D/Cortex/Electrodes μπορούμε να δούμε μια 3D αναπαράσταση του κεφαλιού του υποψηφίου που μελετάμε, τα ηλεκτρόδια και τις περιοχές του κρανίου του στις οποίες ανάλογα με το που θα τοποθετούμε το κέρσορα στο παράθυρο ERP/EEG signals, εμφανίζεται με διάφορα χρώματα αντίστοιχα και η αντίστοιχη περιοχή του εγκεφάλου που δραστηριοποιήθηκε. Για να μπορέσουμε να έχουμε εικόνα των ενεργών περιοχών του

εγκεφάλου στο παράθυρο 3D/Cortex/Electrodes χρειάζεται να έχουμε φορτώσει στο υποπρόγραμμα Viewer οπωσδήποτε το αρχείο με το transformation matrix.

Ακόμα έχουμε το παράθυρο, Slice Viewer στο οποίο βλέπουμε αναλυτικότερα σε τομές τις αντίστοιχες περιοχές του εγκεφάλου που δραστηριοποιήθηκαν από κάποιο σήμα, καθώς επίσης βλέπουμε διάφορες μετρήσεις όπως η πυκνότητα ρεύματος σε αυτή τη περιοχή, τις συντεταγμένες από το transformation matrix κ.λ.π.

Τέλος έχουμε και το παράθυρο Scalp Map που βλέπουμε τη συγκέντρωση της εγκεφαλικής δραστηριότητας σε δυσδιάστατη μορφή, κοιτώντας από πάνω το κεφάλι.



Εικόνα 35 – 3D Αναπαράσταση Ενός ERP-EEG Αρχείου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 3 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ LORETA

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τους τρεις υποψηφίους, που συμμετείχαν στο πείραμα "Πρωταγόρας" του ψυχοφυσιολογικού εργαστηρίου του Αιγινήτειου Νοσοκομείου. Παρουσιάζεται λεπτομερώς η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των μετρήσεων για τους υποψηφίους στο πεδίο της συχνότητας με το πρόγραμμα LORETA και εξηγούνται τα κριτήρια με τα οποία θα πραγματοποιηθεί η σύγκριση των υποψηφίων και των αποτελεσμάτων της μελέτης για την διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το ποιες περιοχές του ανθρώπινου εγκεφάλου ενεργοποιούνται σε κάθε ερέθισμα.

5.1 Η Μελέτη Των Υποψηφίων

Στη μελέτη αυτή θα χρησιμοποιήσουμε τις μετρήσεις από συνολικά 30 υπαρκτικά ρήματα ενός υποψηφίου, εκ' των οποίων τα 15 ανήκουν στο χρόνο αόριστο και τα υπόλοιπα στο χρόνο μέλλοντα της ελληνικής γλώσσας. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να δούμε ποιες περιοχές ή λοβούς του ανθρώπινου εγκεφάλου δραστηριοποιούνται περισσότερο στο άκουσμα ενός από τα 30 ρημάτων, να δούμε εάν ρήματα της ίδιας κατηγορίας ή του ίδιου χρόνου ενεργοποιούν ίδιες περιοχές ή λοβούς και εάν παρουσιάζουν ίδιες μετρήσεις και πυκνότητες εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Η μελέτη αυτή θα πραγματοποιηθεί στο χώρο της συχνότητας και συγκεκριμένα θα μετατρέψουμε τις μετρήσεις των τριών υποψηφίων (δηλαδή τα ERP-EEG αρχεία) από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο της συχνότητας. Είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται εύκολα με το πρόγραμμα Loreta και αναλύεται παρακάτω, κατά την οποία μπορούμε να δούμε σε ποιους ρυθμούς ενός ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος EEG (δηλαδή : Δέλτα, Θήτα, Άλφα, Αργός Βήτα, Ταχύς Βήτα, Γάμμα, κ. λ. π) παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σε κάθε ρήμα, σε ποια τμήματα του ανθρώπινου εγκεφάλου λαμβάνουν χώρα αυτές οι διαφοροποιήσεις και εάν είναι ίδιες σε κάθε υποψήφιο που μελετάμε.

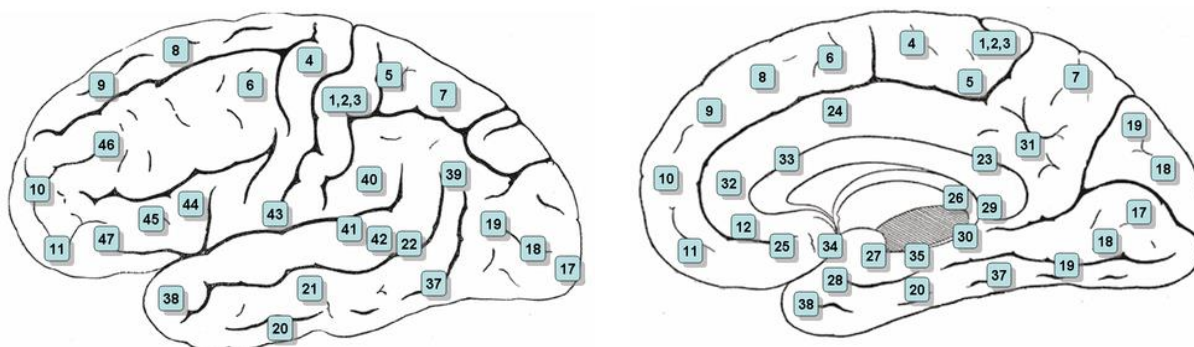
Στη συνέχεια θα δούμε για κάθε έναν ρυθμό την αντίστοιχη περιοχή του ανθρώπινου εγκεφάλου που παρουσιάζει μέγιστη πυκνότητα ρεύματος και θα γίνει καταγραφή αυτής της τιμής καθώς και των αντίστοιχων συντεταγμένων της. Το πρόγραμμα Loreta διαχωρίζει τον εγκέφαλο σε διάφορες περιοχές (Brodmann Areas) και σε λοβούς (Lobes), όπου κάθε περιοχή ή κάθε λοβός έχει το δικό της/του ξεχωριστό όνομα και είναι υπεύθυνη/ος για ξεχωριστές λειτουργίες του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Στη συνέχεια τα αποτελέσματα της μελέτης θα παρουσιαστούν με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων ώστε να γίνει μια γραφική απεικόνιση των περιοχών που ενεργοποιούνται κάθε φορά σε κάθε υποψήφιο και να γίνει μια στατιστική μελέτη για λήψη συμπερασμάτων.

5.2 Διαχωρισμός Περιοχών Και Λοβών Στη Loreta

Το πρόγραμμα Loreta χωρίζει τον εγκέφαλο σε τμήματα που το καθένα έχει τη δικιά του ξεχωριστή ονομασία και είναι υπεύθυνο για ξεχωριστή λειτουργία του ανθρώπου. Κάθε τμήμα λέγεται περιοχή Brodmann (ή Brodmann Area) ακολουθούμενη με κάποιο αριθμό π.χ περιοχή Brodmann 6 (ή Brodmann Area 6) που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό της μιας περιοχής με την άλλη.

Οι περιοχές Brodmann χρησιμοποιούνται γενικά για τη μελέτη ανθρώπινων ή μη εγκεφαλικών φλοιών από το 1909 και συνεχίζουν μέχρι και σήμερα να χρησιμοποιούνται, να διαχωρίζονται, να ενώνονται και προστίθενται νέοι από τους επιστήμονες παγκοσμίως. Υπάρχουν σήμερα 52 περιοχές Brodmann, κάθε μια με τη δική της σημασία και ρόλο. Στην εικόνα 36 παρακάτω βλέπουμε τις περιοχές Brodmann στον ανθρώπινο εγκέφαλο :

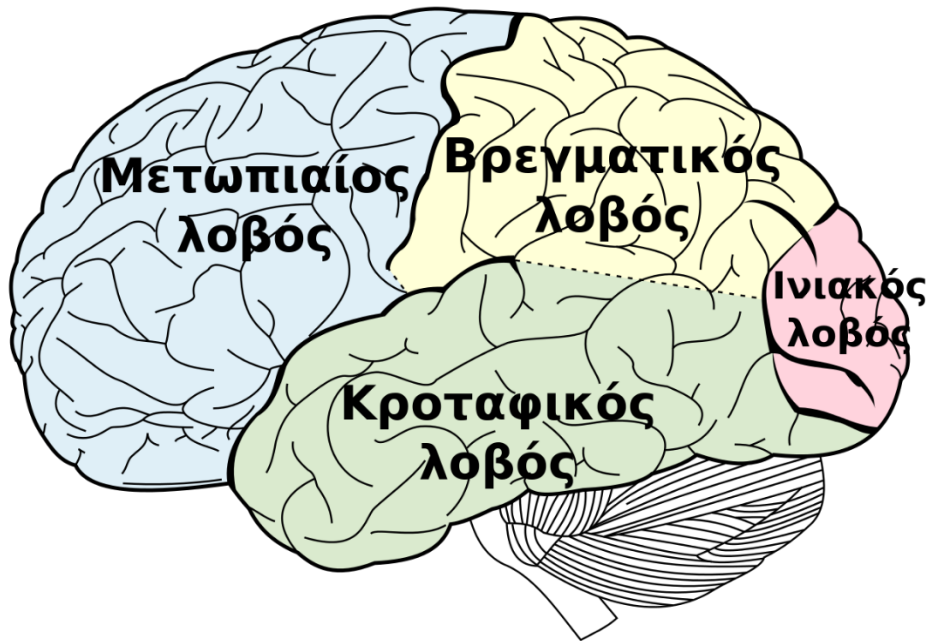


Εικόνα 36 – Περιοχές Brodmann Του Εγκεφαλικού Φλοιού

Επιπλέον εκτός από τις περιοχές Brodmann, το πρόγραμμα Loreta ομαδοποιεί και διαχωρίζει τον εγκεφαλικό φλοιό σε 4 γενικές περιοχές ή τμήματα που λέγονται λοβοί. Κάθε λοβός έχει το δικό του όνομα και χαρακτηριστικά και διαχωρίζονται σε :

- Frontal Lobe – Μετωπιαίος Λοβός
- Parietal Lobe – Βρεγματικός Λοβός
- Occipital Lobe – Ινιακός Λοβός
- Temporal Lobe – Κροταφικός Λοβός

Η εικόνα 37 μας δείχνει τον διαχωρισμό του εγκεφαλικού φλοιού σε λοβούς και την εκάστοτε ονομασία του :



Εικόνα 37 – Λοβοί Του Εγκεφαλικού Φλοιού

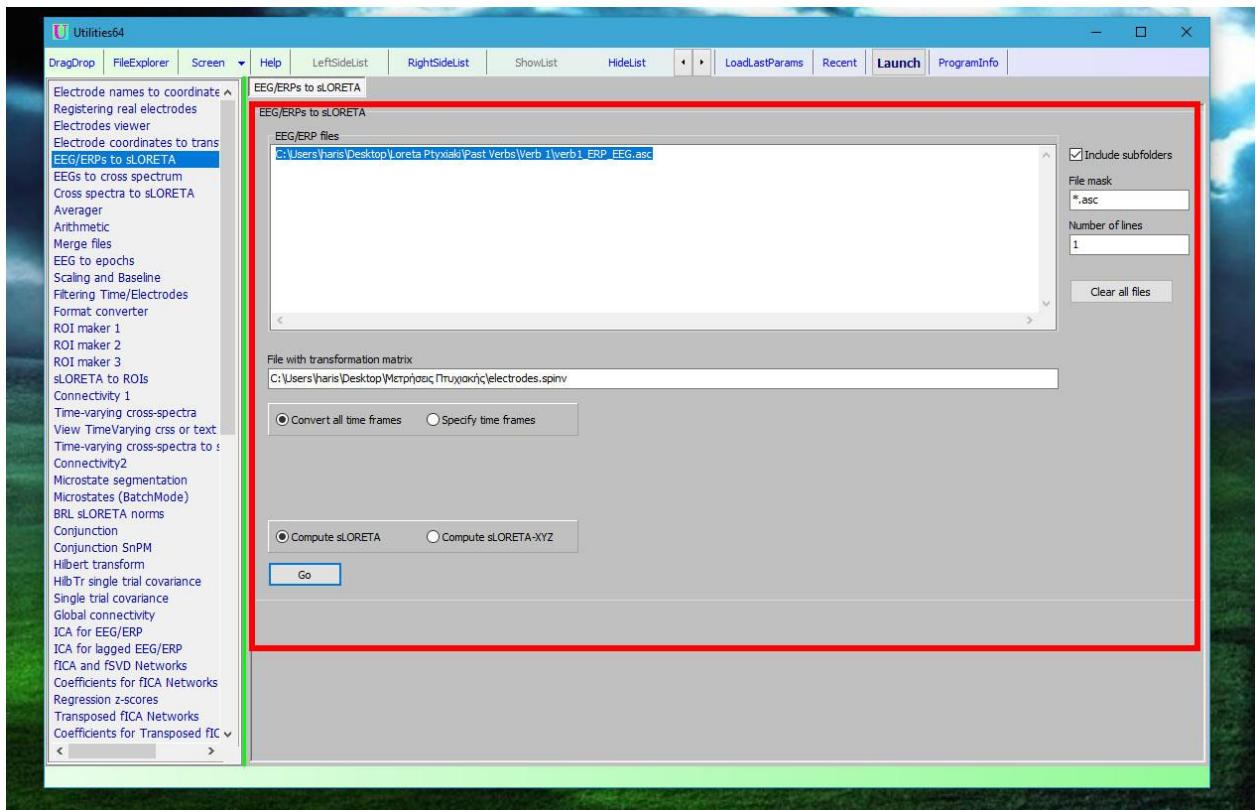
5.3 Υπολογισμό Πυκνότητας Ρεύματος Με Τη Loreta

Για να μπορέσουμε να μεταβούμε στο πεδίο της συχνότητας, πρέπει να υπολογίσουμε για κάθε ένα από τα 30 ρήματα της μελέτης τις κυματομορφές της συχνότητας ρεύματος J ή $J(x,y,z)$ οι οποίες μας δείχνουν τι ποσότητες ρεύματος που αναπτύσσονται στη κάθε περιοχή του εγκεφάλου στο άκουσμα του κάθε ρήματος.

Αυτό πραγματοποιείται σε κάθε ρήμα με την ακόλουθη διαδικασία. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον υπολογισμό είναι να έχουμε δημιουργήσει το αρχείο Transformation Matrix για τα 30 ηλεκτρόδια. Στην συνέχεια εργαζόμαστε ως εξής :

- Ανοίγουμε τη λειτουργία Utilities από το κεντρικό μενού της Loreta ώστε να ανοίξει το Utilities Package (Δες εικόνα 18 – Κεφάλαιο 3),
- Στη συνέχεια από τη λίστα με τα προγράμματα του Utilities Package, επιλέγουμε το "EEGS/ERPS to sLORETA" όπως δείχνει και η εικόνα 37 παρακάτω,

- Στο πεδίο "EEG/ERP Files" εισάγουμε τα αρχεία με τις μετρήσεις μας για καθένα από τα 30 ρήματα.
- Στο πλαϊνό μενού επιλέγουμε "Include Subfolders", και στο πεδίο "File Mask" βάζουμε τη κατάληξη ".asc",
- Στη συνέχεια στο πεδίο "File with transformation matrix" εισάγουμε το path όπου βρίσκεται το αρχείο ".spinv" με το transformation table,
- Τέλος επιλέγουμε από κάτω επιλέγουμε "Convert all time frames", "Compute sLORETA" και πατάμε το κουμπί "Go". Η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει λίγα δευτερόλεπτα, μόλις ολοκληρωθεί θα δημιουργήσει ένα αρχείο με κατάληξη ".slor" στο ίδιο path που βρίσκεται το αρχείο "ERP-EEG.asc".

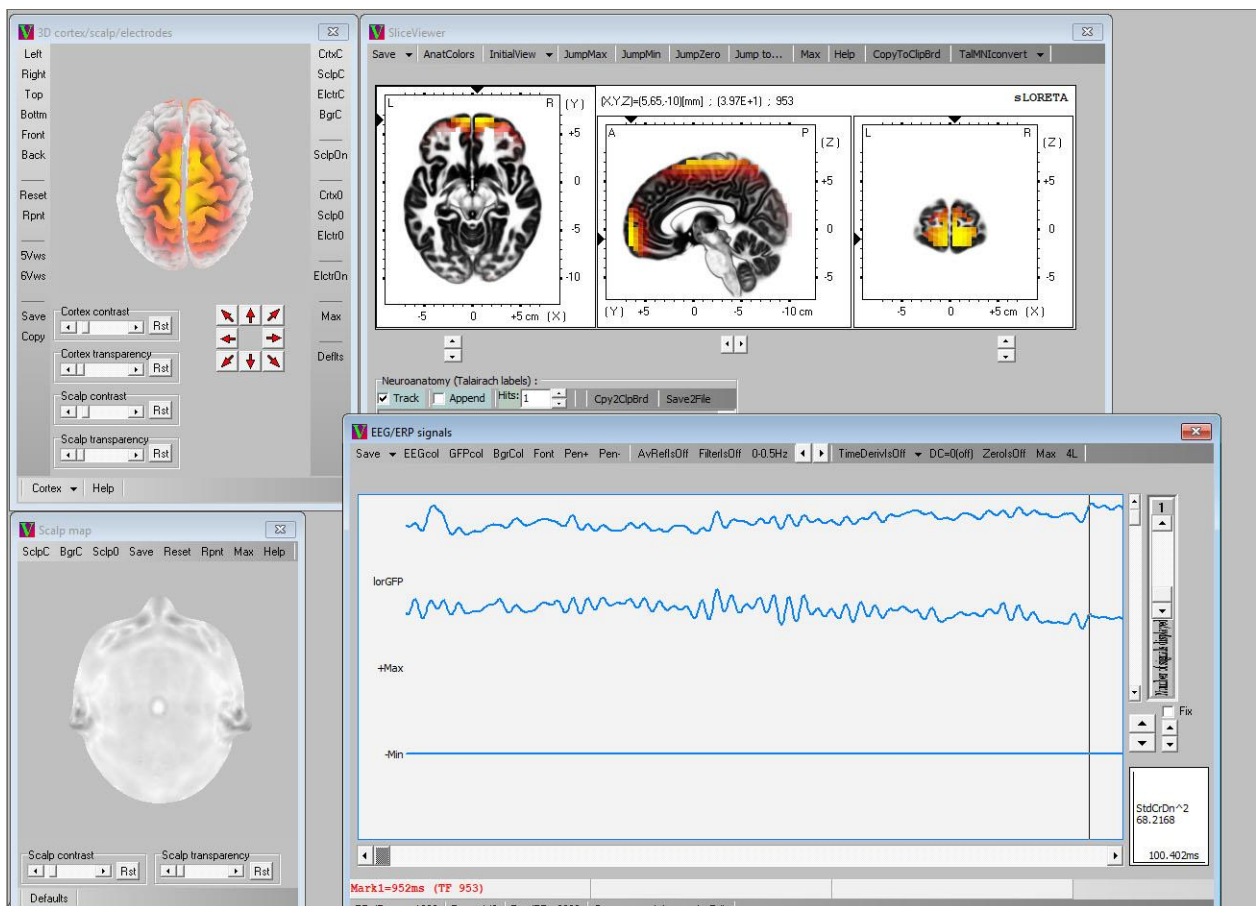


Εικόνα 38 – Υπολογισμός Αρχείου .slor

Για να μπορέσουμε να δούμε τη κυματομορφή της πυκνότητας ρεύματος θα χρειαστούμε το LORETA viewer/explorer. Ανοίγοντας ένα αρχείο με τη κατάληξη ".slor", το

πρόγραμμα θα μας ζητήσει να μεταβούμε στο πεδίο "sLORETA time domain" ώστε να μπορέσει να διαβάσει σωστά το αρχείο. Στη συνέχεια θα μας ζητήσει να εισάγουμε το "sample rate" που στη δική μας περίπτωση είναι "1000" και το "offset" που είναι μηδέν. Τέλος θα φορτώσει τη κυματομορφή και θα εμφανιστεί στο παράθυρο "EEG/ERP signals".

Κουνώντας το κέρσορα πάνω στο παράθυρο του "EEG/ERP signals" όπως δείχνει παρακάτω η εικόνα 38 θα δούμε πως ενεργοποιούνται διαφορετικές περιοχές στο παράθυρο "3D cortex/scalp/electrodes". Επιπλέον στο παράθυρο Slice Viewer μπορούμε να δούμε τους λοβούς και τις περιοχές Brodmann του ανθρώπινου εγκεφάλου που ενεργοποιούνται κάθε φορά που κουνάμε το κέρσορα πάνω στη κυματομορφή της πυκνότητας ρεύματος.



Εικόνα 39 – Προβολή Ενός Αρχείου .slor

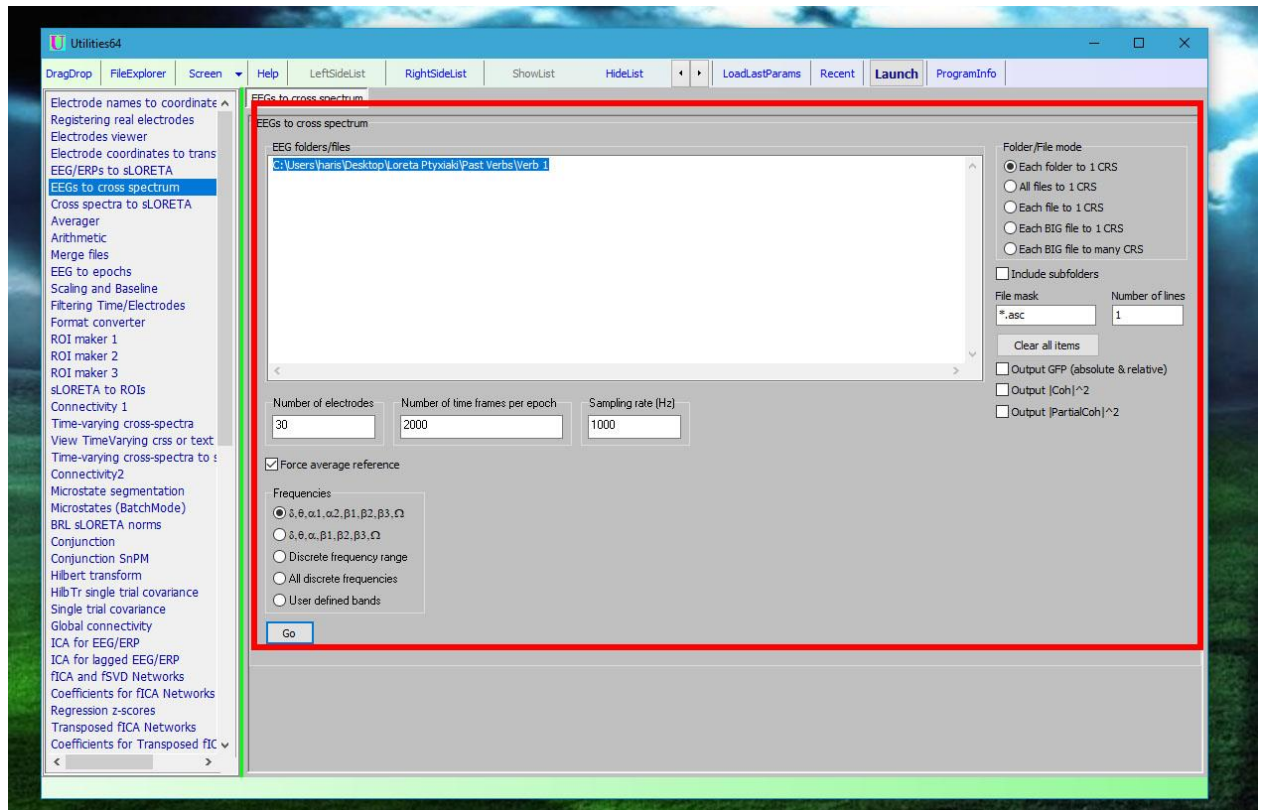
5.4 Μετάβαση Στο Πεδίο Της Συχνότητας Με Τη Loreta

Εφόσον έχουμε τα αρχεία ".slor" για κάθε ένα από τα 30 ρήματα είμαστε έτοιμοι να μεταφέρουμε τις μετρήσεις μας στο πεδίο της συχνότητας με τη βοήθεια της λειτουργίας "Utilities Package". Για να μπορέσουμε να εκτελέσουμε τη διαδικασία αυτή θα χρειαστούμε πέρα τα αρχεία ".slor", τον αριθμό των ηλεκτροδίων, τη συχνότητα μετρημένη σε Hz, και το sample rate κάθε ηλεκτροδίου.

Αυτό πραγματοποιείται σε κάθε ρήμα με την ακόλουθη διαδικασία. Στην συνέχεια εργαζόμαστε ως εξής :

- Ανοίγουμε τη λειτουργία Utilities από το κεντρικό μενού της Loreta ώστε να ανοίξει το Utilities Package (Δες εικόνα 18 – Κεφάλαιο 3),
- Στη συνέχεια από τη λίστα με τα προγράμματα του Utilities Package, επιλέγουμε το "EEGS/ERPS to sLORETA" όπως δείχνει και η εικόνα 39 παρακάτω,
- Στο πεδίο "EEG Folders/files" εισάγουμε τα path με τους φακέλους που περιέχουν τις μετρήσεις μας για καθένα από τα 30 ρήματα.
- Στο πλαϊνό μενού επιλέγουμε "Each folder 1 CRS" και στο πεδίο "File Mask" βάζουμε τη κατάληξη ".asc" ενώ αγνοούμε τις άλλες ρυθμίσεις,
- Στη συνέχεια στο πεδίο "Number of electrodes" εισάγουμε τον αριθμό των ηλεκτροδίων - "30",
- Στο πεδίο "Number of time frames per epoch" εισάγουμε τον αριθμό των μετρήσεων σε κάθε "ERP-EEG.asc" αρχείο – εδώ "2000",
- Στο πεδίο "Sample rate Hz" εισάγουμε τη συχνότητα των μετρήσεων - "1000",
- Από κάτω επιλέγουμε τη ρύθμιση "Force average reference",
- Στο πεδίο "Frequencies " επιλέγουμε τη πρώτη επιλογή με όλους τους ρυθμούς,
- Τέλος επιλέγουμε από κάτω το κουμπί "Go".

Η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει λίγα δευτερόλεπτα, μόλις ολοκληρωθεί θα δημιουργήσει ένα αρχείο με κατάληξη ".crss" στο ίδιο path που βρίσκεται ο φάκελος που περιέχει το αρχείο "ERP-EEG.asc".



Εικόνα 40 – Υπολογισμός Αρχείου .crss

Για να μπορέσουμε να δούμε τις μετρήσεις μας στο πεδίο της συχνότητας θα χρειαστούμε το LORETA viewer/explorer. Ανοίγοντας ένα αρχείο με τη κατάληξη ".crss", το πρόγραμμα θα μας ζητήσει να μεταβούμε στο πεδίο "EEG frequency time domain" ώστε να μπορέσει να διαβάσει σωστά το αρχείο. Στη συνέχεια για να μπορέσουμε να διαβάσουμε σωστά τα ονόματα των ηλεκτροδίων και για να βλέπουμε τις περιοχές του εγκεφάλου που πυροδοτούνται σε κάθε ρυθμό θα χρειαστούμε να φορτώσουμε το αρχείο με το "transformation table - .spinv".

Τέλος θα φορτώσουν οι κυματομορφές και θα εμφανιστούν στο παράθυρο "EEG/ERP signals" όπως κάθε ρυθμός αντιπροσωπεύεται όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας ως εξής :

Όνομα Ρυθμού Στη Loreta	Συμβολισμός Στο Παράθυρο EEG/ERP Signals
δ	Mark1 = 0 Hz (TF=1)
θ	Mark1 = 1 Hz (TF=2)
$\alpha 1$	Mark1 = 2 Hz (TF=3)
$\alpha 2$	Mark1 = 3 Hz (TF=4)
$\beta 1$	Mark1 = 4 Hz (TF=5)
$\beta 2$	Mark1 = 5 Hz (TF=6)
$\beta 3$	Mark1 = 6 Hz (TF=7)
ω	Mark1 = 7Hz (TF=8)

Εικόνα 41 – Πίνακας Με EEG Ρυθμούς Του Προγράμματος LORETA



Εικόνα 42 – Προβολή EEG Για Το Ρυθμό $\beta 1$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε για τους τρεις υποψήφιους ξεχωριστά στο πεδίο της συχνότητας και γίνεται μια στατιστική ανάλυση των περιοχών κα των λοβών που ενεργοποιούνται κάθε φορά σε κάποιο ερέθισμα. Πρώτα παρουσιάζεται το ερέθισμα – ρήμα του μέλλοντος και στη συνέχεια το ερέθισμα- ρήμα του παρελθόντος. Επιπλέον έχει υπολογιστεί το σημείο της μέγιστης πυκνότητας ρεύματος σε κάθε ένα ρυθμό και οι συντεταγμένες του σε κάθε περιοχή.

6.1.1 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 1ου Υποκειμένου – Future

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-50	45	-10	7.49E+01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-10	-60	70	2.80E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	-5	-55	70	1.30E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-10	-60	70	8.99E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-5	-55	70	1.24E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	-10	-60	70	1.90E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
7	-10	-60	70	9.37E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
8	-5	-55	70	2.03E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
9	-10	-60	70	7.45E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
10	-10	-60	70	2.67E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
11	15	60	30	1.26E+00	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	-5	-55	70	3.13E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
13	-10	-60	70	1.50E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
14	15	60	30	2.74E+00	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-10	-60	70	7.15E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 43 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-20	65	-10	3.62E+00	Brodmann area 11, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-10	-60	70	3.38E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	5	40	55	3.43E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-10	-60	70	5.86E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-10	-60	70	4.36E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	-5	-55	70	3.60E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
7	15	55	40	1.56E-01	Brodmann area 9, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
8	-5	-55	70	7.88E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
9	15	60	30	2.93E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-65	-5	-15	1.14E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
11	-10	-60	70	3.81E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
12	-5	-55	70	9.53E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

13	15	60	30	5.06E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	5	40	55	2.53E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-55	70	5.20E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 44 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	50	-80	10	5.24E+00	Brodmann area 19, Middle Temporal Gyrus, Occipital Lobe
2	-5	-55	70	3.37E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	-10	-60	70	3.12E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-10	-60	70	2.97E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-10	-60	70	1.80E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	15	60	30	6.10E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-10	-60	70	7.76E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
8	5	40	55	1.69E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-10	-60	70	8.63E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
10	5	40	55	2.80E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
11	-65	-5	-15	2.98E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	-5	-55	70	4.50E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
13	-10	-60	70	5.47E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
14	-10	-60	70	1.76E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-10	-60	70	2.03E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 45 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-50	45	-10	1.14E	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-5	-55	70	1.72E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	-10	-60	70	6.37E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-5	-55	70	2.34E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-65	-5	-15	1.11E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
6	-65	-5	-15	5.75E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
7	15	55	40	4.57E-01	Brodmann area 9, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
8	-5	-55	70	3.93E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

9	-65	-5	-15	4.03E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
10	5	40	55	2.46E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
11	-65	-5	-15	1.49E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	15	60	30	3.17E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	-10	-60	70	5.27E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
14	-65	-5	-15	1.59E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
15	-5	-55	70	5.89E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 46 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-50	45	-10	2.68E+00	Brodmann area 47 , Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-65	-5	-15	7.80E-01	Brodmann area 21 , Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
3	-10	-60	70	6.33E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-10	-60	70	4.81E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-10	-60	70	8.26E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	5	40	55	7.60E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-65	-5	-15	1.31E+00	Brodmann area 21 , Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
8	5	30	60	8.33E-01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-65	-5	-15	6.36E-01	Brodmann area 21 , Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
10	5	40	55	5.94E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
11	-50	45	-10	1.87E+00	Brodmann area 47 , Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	10	60	30	9.41E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	5	30	60	2.05E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	-65	-5	-15	8.34E-01	Brodmann area 21 , Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
15	-5	-55	70	7.67E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 47 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	45	-85	10	9.83E-01	Brodmann area 19, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
2	-5	-55	70	3.17E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	-5	-55	70	1.57E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-10	-60	70	2.74E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

5	-10	-60	70	1.43E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	-10	-60	70	2.67E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
7	-5	-55	70	3.33E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
8	-10	-60	70	1.44E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
9	-5	-55	70	4.06E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
10	-5	-55	70	2.13E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
11	-10	-60	70	1.57E-01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
12	5	40	55	5.37E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	10	60	70	2.69E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	5	30	60	2.63E-01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	5	40	55	3.68E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

Εικόνα 48 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 1

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	1.79E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	5	40	55	1.33E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	5	40	55	5.66E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	5	40	55	5.24E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
5	-65	-5	-15	9.83E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
6	-5	10	70	7.51E-01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-50	45	-10	6.98E-01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
8	-65	-5	-15	8.67E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
9	-65	-5	-15	9.32E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
10	5	40	55	6.07E-01	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
11	-50	45	-10	4.59E-01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	-65	-5	-15	1.31E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
13	-5	-35	70	9.93E-01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	-65	-5	-15	6.42E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
15	-5	-45	70	9.17E-01	Brodmann area 5, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

Εικόνα 49 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 1

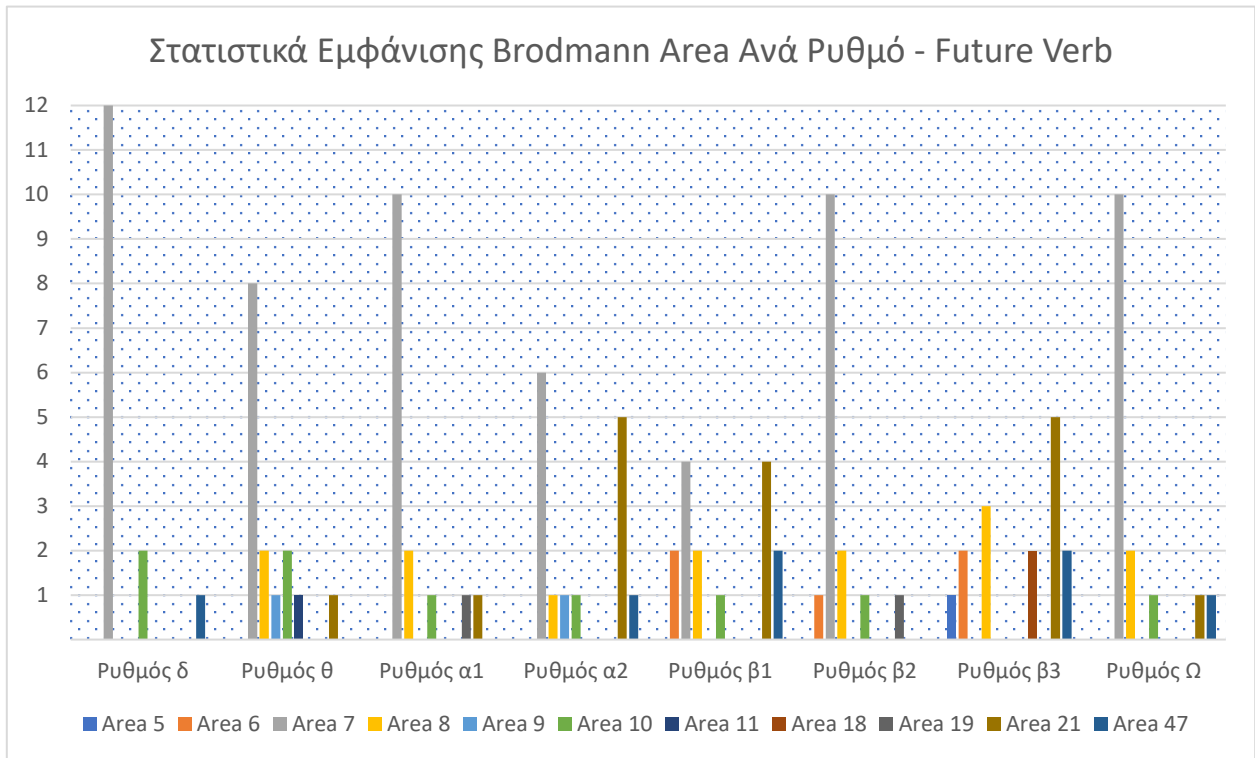
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-50	45	10	8.59E+01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-5	-55	70	9.26E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
3	-10	-60	70	6.70E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
4	-10	-60	70	3.37E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
5	-5	-55	70	6.66E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
6	-5	-55	70	4.94E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
7	-10	-60	70	3.84E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
8	5	40	55	4.90E+00	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-10	-60	70	1.05E+01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
10	5	40	55	4.45E+00	Brodmann area 8, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
11	-65	-5	-15	4.31E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	-5	-55	70	7.42E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
13	-5	-55	70	1.06E+01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
14	10	60	30	5.48E+00	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-55	70	1.23E+01	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe

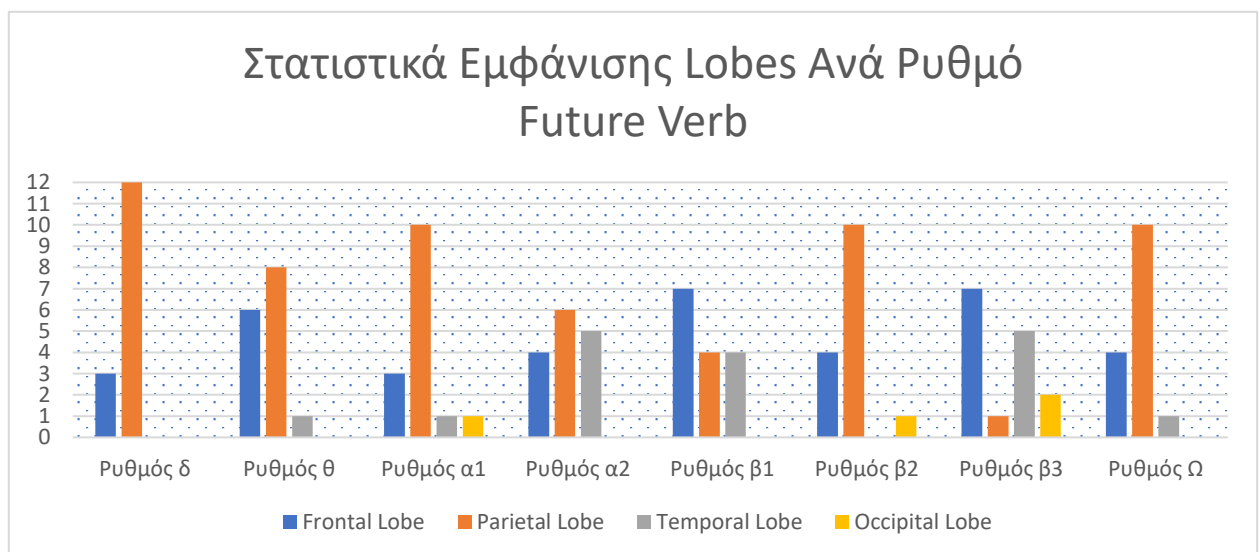
Εικόνα 50 – Ρυθμός Ω , Future Verb, Person 1

6.1.2 Στατιστική Ανάλυση 1^ο Υποκειμένου – Future Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 51 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 1



6.1.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 1^{ου} Υποκειμένου – Past

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.35E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	4.65E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	65	-5	7.19E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-5	-100	20	8.70E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	65	-5	1.93E+02	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	-10	65	-10	8.69E+01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-60	-65	-10	8.25E+01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
8	-5	-35	70	5.59E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-5	-30	70	1.95E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-5	-100	20	1.27E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	2.13E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	5	65	-10	2.30E+02	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	5	65	-5	1.50E+02	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	-5	-35	70	8.81E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-30	70	1.23E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

Εικόνα 52 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.15E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	8.97E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	5.51E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	4.22E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	6.22E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	65	-10	7.60E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	10	-60	70	2.41E+00	Brodmann area 7, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
8	-5	-100	20	3.18E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	5	65	-5	1.01E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-10	-100	20	4.68E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	1.52E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

12	-5	-100	20	1.40E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	10	65	-10	7.99E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	10	65	-15	2.14E+01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-30	70	7.51E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

Εικόνα 53 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-15	-100	15	4.81E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	9.67E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	3.70E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	2.99E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	1.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	5	65	-10	1.00E+02	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	5	-100	15	3.19E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-15	-100	15	8.90E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	10	65	-5	6.24E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-15	-100	15	2.13E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	6.80E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	15	-100	15	2.10E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	3.93E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	5	65	-15	9.06E+01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-10	-100	20	1.40E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 54 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	5.95E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	1.81E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	2.22E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	5.10E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	9.86E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	10	65	-10	4.50E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-5	-100	20	1.29E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

8	5	-100	15	5.50E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.82E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-10	-100	20	1.80E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	3.48E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	-100	20	9.71E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-15	-100	15	3.23E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	6.93E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-5	-30	70	7.56E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

Εικόνα 55 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	9.20E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	1.60E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	15	1.12E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	5	-100	15	5.17E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	8.21E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	65	-10	6.41E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-5	-100	20	1.14E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	1.25E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	65	-10	7.93E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-10	-100	15	6.57E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	1.49E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	2.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-15	-100	15	9.67E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-35	70	2.12E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-100	20	7.66E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 56 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	26	5.58E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	3.45E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	5.94E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

4	-15	-100	15	3.32E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	-100	15	5.08E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-10	65	-10	2.35E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-10	-100	20	3.02E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	65	-10	3.11E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-10	-100	20	6.82E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	2.61E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	1.49E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	1.09E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-15	-100	15	4.58E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-30	70	1.39E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-10	-100	20	2.28E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 57 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 1

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	1.82E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	5	-100	15	2.11E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	8.55E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	7.68E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	-100	15	8.99E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-10	-100	20	4.28E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
7	5	-100	15	1.41E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	1.08E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	65	-10	5.62E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	5	-100	15	3.42E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	5.04E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	2.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-15	-100	15	1.07E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-10	-100	20	2.38E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
15	70	-20	-10	5.73E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe

Εικόνα 58 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 1

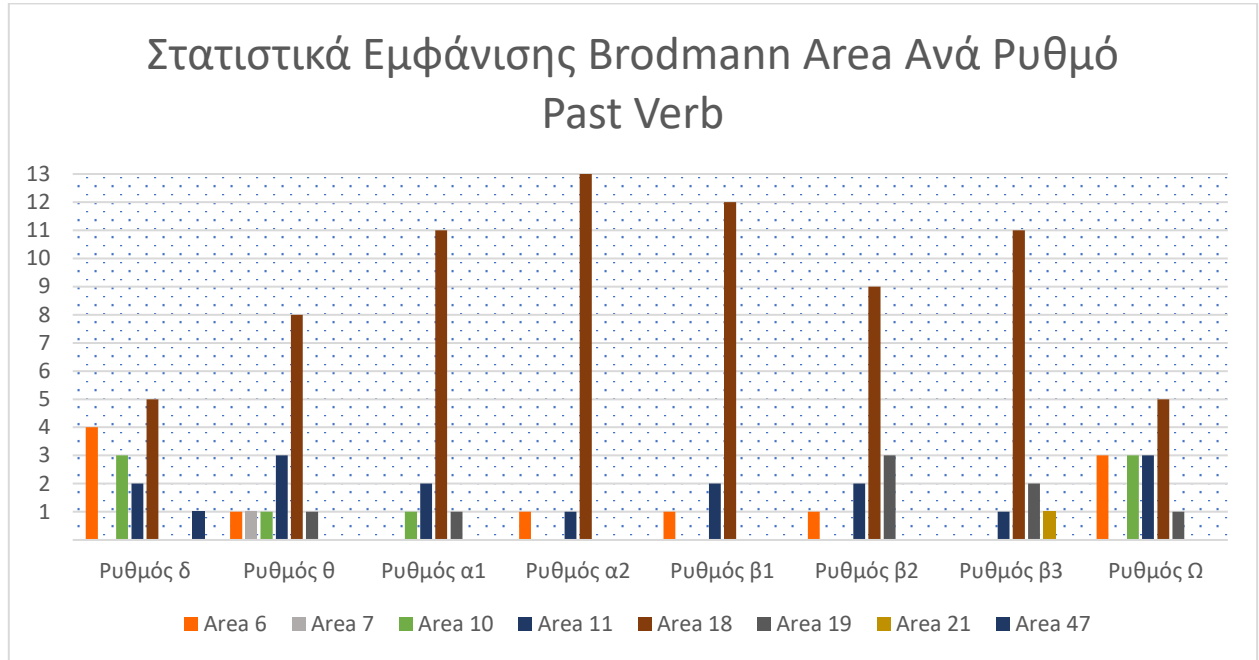
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 1^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	2.53E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	2.28E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	65	-5	8.59E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-5	-100	20	1.16E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	65	-5	2.43E+02	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	-5	65	-10	2.35E+02	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-20	-100	10	1.18E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-35	70	6.74E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-5	65	-10	2.57E+02	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
10	-5	-100	20	1.48E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	5.04E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	5	65	-10	2.59E+02	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	5	65	-5	1.72E+02	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
14	-5	-35	70	9.58E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
15	-5	-30	70	1.64E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

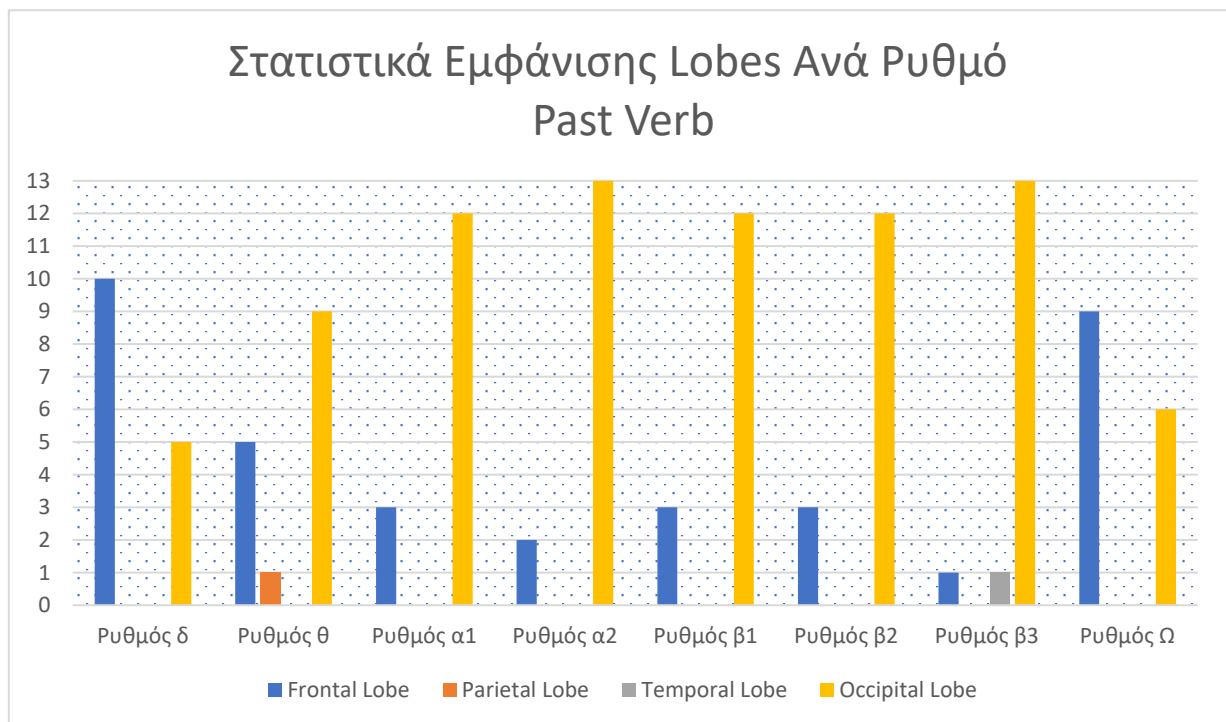
Εικόνα 59 – Ρυθμός Ω , Past Verb, Person 1

6.1.4 Στατιστική Ανάλυση 1^ο Υποκειμένου – Past Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 60 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person 1



6.1.5 Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων

Συγκρίνοντας αρχικά τις δύο γραφικές παραστάσεις των περιοχών Brodmann για τα ρήματα-ερεθίσματα του μέλλοντα και του αορίστου (Future vs Past) παρατηρούμε τα εξής :

- Στους ρυθμούς δ , θ και Ω του ερεθίσματος του αορίστου υπάρχει η ενεργοποίηση περισσότερων περιοχών Brodmann σε σχέση με τους υπόλοιπους ρυθμούς, ενώ συμβαίνει το ανάποδο στο ερέθισμα του μέλλοντα.
- Στο ερέθισμα του αορίστου πρωτεύοντα ρόλο παίζει η περιοχή Brodmann 18, ενώ στο ερέθισμα του μέλλοντος η περιοχή Brodmann 17.
- Η εναλλαγή μεταξύ των ρυθμών και των περιοχών στο ερέθισμα του αορίστου είναι ομαλή, ενώ του μέλλοντος όχι.
- Το ερέθισμα του μέλλοντος ενεργοποιεί περισσότερες περιοχές Brodmann από το ερέθισμα του αορίστου.
- Οι ρυθμοί α_2, β_1 του ερεθίσματος του αορίστου παρουσιάζουν περίπου ίδια συμπεριφορά σε σχέση με το ερέθισμα του μέλλοντος.
- Ο κύριο λοβός που ενεργοποιείται στο ερέθισμα του αορίστου είναι ο Ινιακός λοβός, ενώ στο ερέθισμα του μέλλοντος είναι ο Βρεγματικός λοβός.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του αορίστου παρατηρούμε μείωση της εμφάνισης του μετωπιαίου λοβού και αύξηση του ινιακού λοβού.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του μέλλοντος παρατηρούμε μείωση της εμφάνισης του Βρεγματικού λοβού και την αύξηση του μετωπιαίου λοβού.
- Στο ερέθισμα του μέλλοντος έχουμε την εμφάνιση όλων των λοβών κατά την εναλλαγή ρυθμών ενώ στο ερέθισμα του αορίστου ο βρεγματικός λοβός και ο κροταφικός δεν εμφανίζονται μόνο μια φορά στους ρυθμούς θ και β_3 αντίστοιχα.

6.2.1 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 2^{ου} Υποκειμένου – Future

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-15	-100	15	3.43E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	1.02E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	1.21E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	2.03E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	4.48E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-55	-75	0	1.55E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	3.33E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-60	-65	-10	1.45E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
9	-60	-65	-10	3.19E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	1.39E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-15	-100	10	1.16E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-55	-75	0	5.20E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
13	-65	-45	-5	2.90E+01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
14	-5	-100	20	9.14E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-55	-75	0	3.94E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 61 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-10	-100	20	7.94E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	7.69E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	1.83E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	1.08E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	15	7.93E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-30	-95	5	8.66E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	1.71E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	8.93E-01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.03E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.52E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-20	-100	5	3.60E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-55	-75	0	6.03E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

13	-65	-40	-10	2.91E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
14	-5	-100	20	3.79E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	1.90E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 62 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-10	-100	20	2.17E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	7.63E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	1.52E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	8.47E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	-100	15	4.72E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	5	-100	15	1.53E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	20	3.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	3.91E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-10	-100	20	9.08E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.49E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-10	-100	15	1.32E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-20	-100	10	4.12E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	1.04E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-20	-100	10	5.06E-01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
15	-30	-95	-5	7.37E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 63 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.49E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	1.00E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	9.57E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-10	-100	15	1.11E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	6.44E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	1.78E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-15	-100	15	1.72E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-15	-100	15	8.20E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

9	-10	-100	20	2.28E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	1.13E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	3.42E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	3.00E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	2.10E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-10	-100	15	1.89E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	6.29E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 64 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.87E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	2.07E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	1.88E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-15	-100	15	2.41E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	2.37E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	2.53E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-10	-100	20	3.35E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-10	-100	20	5.96E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
9	-15	-100	15	1.84E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	4.68E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-15	-100	15	1.60E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-20	-100	10	4.84E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	6.68E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-10	-100	15	3.13E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	1.33E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 65 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	5.51E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	6.07E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	7.73E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-15	-100	15	7.48E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

5	-15	-100	15	5.25E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	5.85E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-20	-100	10	9.97E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-55	-75		1.38E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
9	-20	-100	10	2.09E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	8.28E-02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-15	-100	15	5.47E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	-100	20	1.12E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	1.57E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-10	-100	15	1.64E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-55	-75		3.14E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 66 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 2

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.80E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	1.45E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	2.74E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-15	-100	15	3.03E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	1.73E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	1.33E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-20	-100	-10	2.43E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-10	-100	20	5.01E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
9	-10	-100	20	7.85E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.14E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-10	-100	20	1.08E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
12	-55	-75	0	3.03E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	4.32E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-10	-100	15	3.11E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	7.69E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 67 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 2

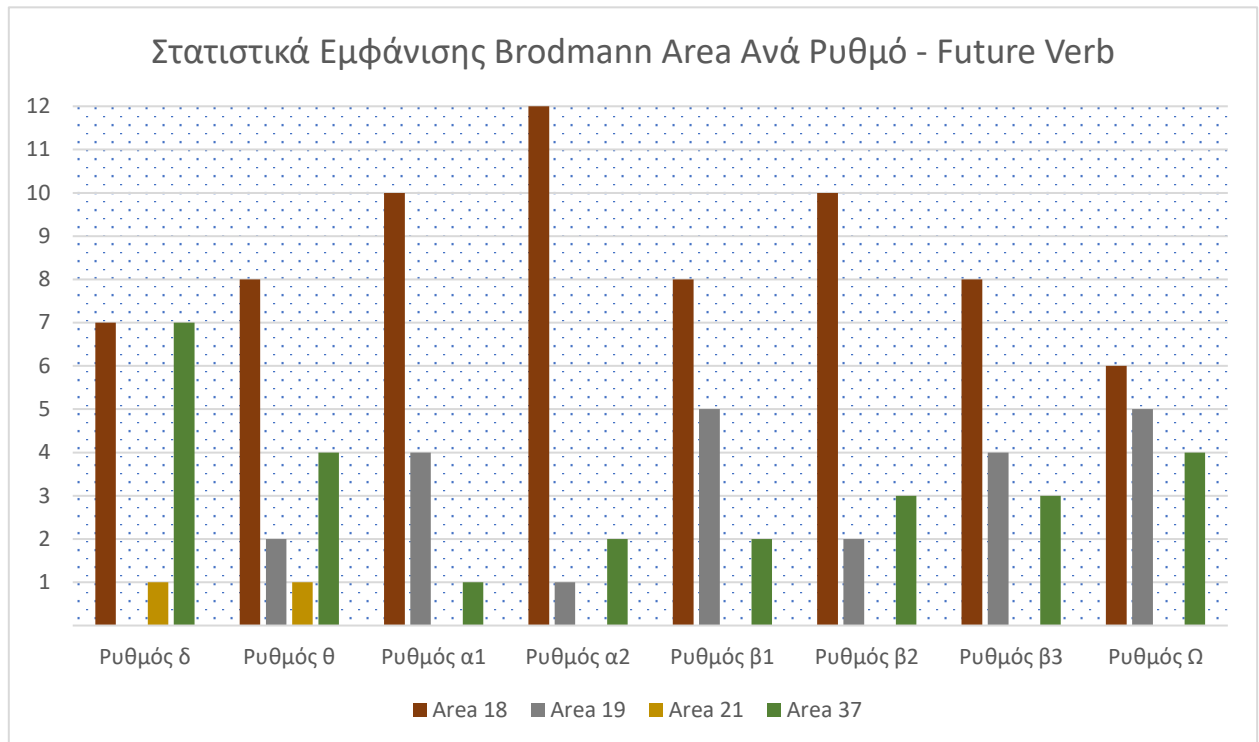
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-10	-100	20	1.22E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	1.74E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-5	-100	20	2.24E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	2.95E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	1.13E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-20	-100	10	2.28E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	4.22E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-10	-100	20	3.71E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
9	-20	-100	10	9.87E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.96E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-15	-100	15	1.69E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-55	-75	0	7.09E+01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	4.27E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	1.06E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-55	-75	0	4.50E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

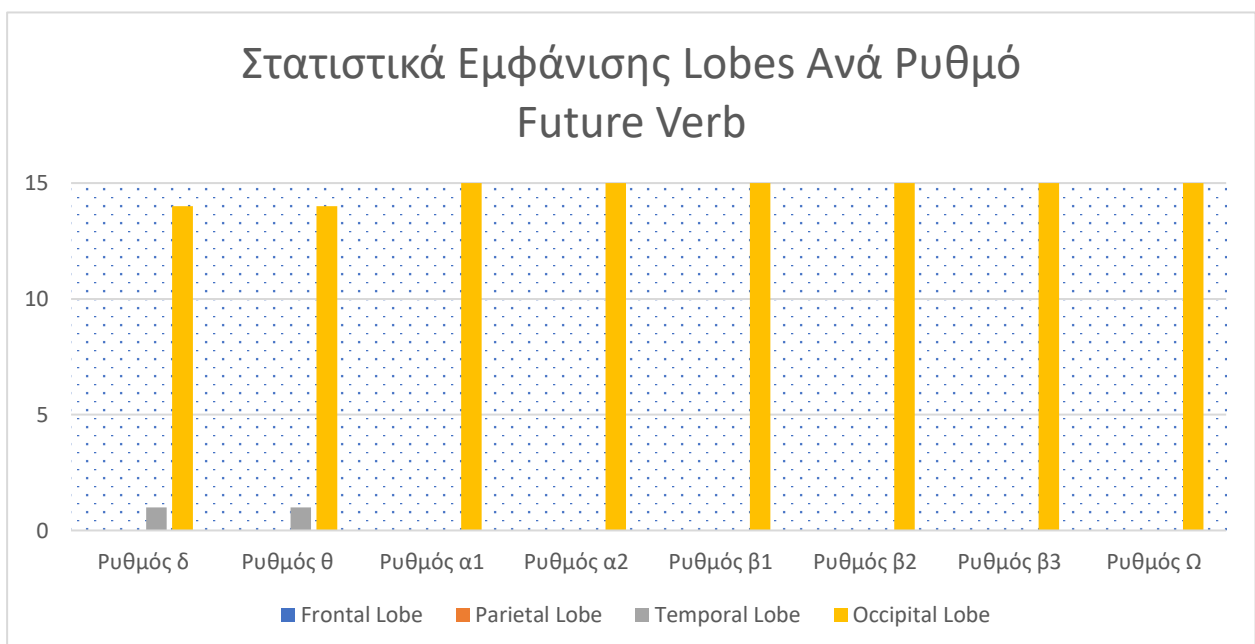
Εικόνα 68 – Ρυθμός Ω , Future Verb, Person 2

6.2.2 Στατιστική Ανάλυση 2^{ου} Υποκειμένου – Future Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 69 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 2



6.2.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 2^{ου} Υποκειμένου – Past

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-10	-100	20	5.05E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	1.51E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	-100	15	5.41E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-20	-100	5	3.47E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-20	-100	10	1.33E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-10	-100	15	3.67E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	1.03E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	15	65	-15	5.98E+00	Brodmann area 11, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-60	-65	-10	1.20E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.37E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	4.76E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-20	-100	10	9.20E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
13	-10	-100	20	9.02E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
14	-55	-75	0	1.60E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	4.67E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 70 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	7.61E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	1.60E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	7.22E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-5	-100	20	3.98E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-20	-100	10	1.30E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	5	-100	15	1.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	4.55E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	25	65	0	2.04E-01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-60	-65	-10	2.18E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	1.74E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	3.56E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-55	-75	0	1.34E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
13	-20	-100	10	3.09E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe

14	-55	-75	0	3.19E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	2.53E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 71 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	3.47E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-5	-100	20	2.17E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	5	-100	15	1.87E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	-60	-65	-10	1.84E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
5	-20	-100	10	1.35E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	7.14E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	1.66E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-15	65	-10	4.92E-01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-60	-65	-10	3.30E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.53E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	3.13E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-30	-95	5	1.34E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	2.34E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-60	-65	-10	1.51E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	1.27E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 72 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	2.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	7.06E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	1.24E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-10	-100	20	2.24E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	9.35E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	4.25E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	1.37E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-35	40	-20	1.68E-01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-60	-65	-10	1.85E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

10	-60	-65	-10	1.71E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	1.34E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-60	-65	-10	1.83E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	2.65E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	5	-100	15	2.04E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	1.89E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 73 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	2.19E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	1.69E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	1.31E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-15	-100	15	1.97E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	20	2.15E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	2.34E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	2.24E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-60	-65	-10	3.77E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
9	-60	-65	-10	5.75E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	1.86E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	4.29E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-20	-100	10	2.33E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
13	-10	-100	20	1.25E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
14	-20	-100	10	4.39E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	2.49E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 74 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-15	-100	15	4.99E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	5.54E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	7.61E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-15	-100	15	6.56E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	6.33E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

6	-10	-100	20	2.94E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	1.05E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-60	-65	-10	3.15E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
9	-60	-65	-10	6.76E-02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	7.73E-02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	1.59E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-65	-5	-15	5.26E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
13	-15	-100	15	3.28E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-55	-75	0	2.59E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	2.89E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 75 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 2

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	2.27E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	2.50E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	2.09E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-10	-100	20	2.05E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	20	1.71E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	2.31E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	2.75E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-60	-65	-10	4.13E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
9	-60	-65	-10	1.60E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	2.83E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	1.63E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	2.36E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-10	-100	20	9.19E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
14	-55	-75	0	2.58E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	2.58E-01	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

Εικόνα 76 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 2

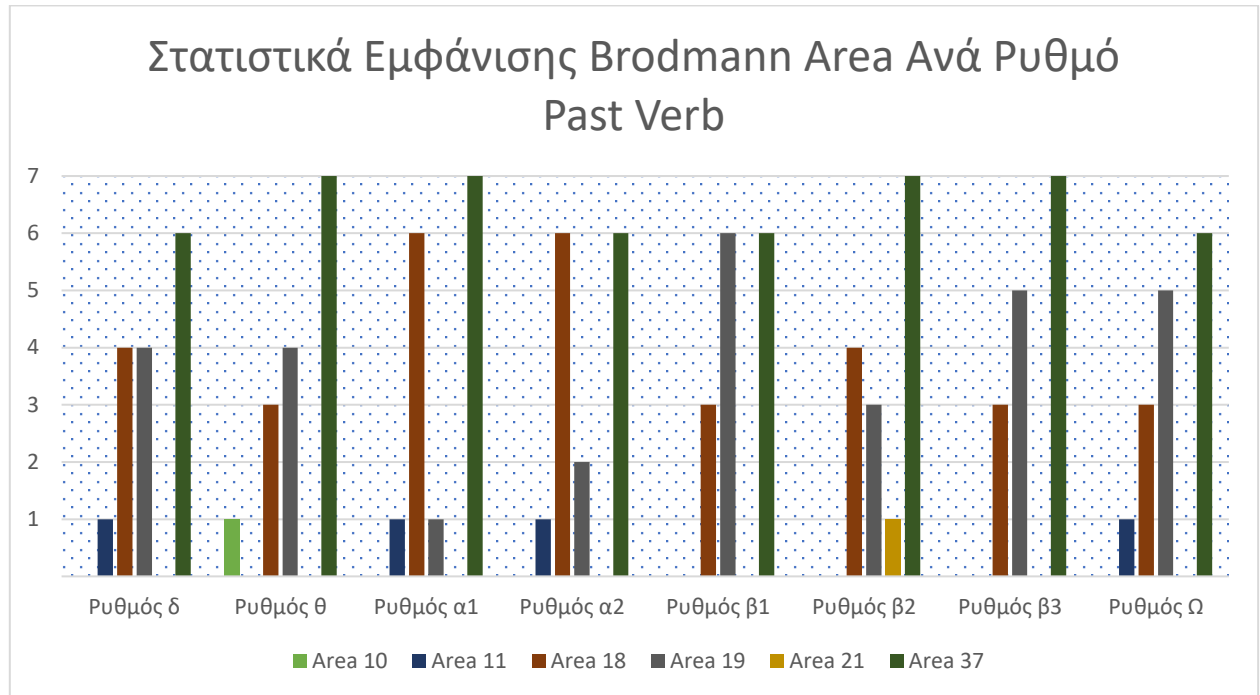
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 2^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.69E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	2.61E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	-10	-100	20	1.36E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
4	-20	-100	10	1.08E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
5	-20	-100	10	2.14E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	1.10E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-60	-65	-10	2.41E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
8	-5	65	-15	7.21E+00	Brodmann area 11, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
9	-60	-65	-10	2.74E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
10	-60	-65	-10	3.52E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
11	-60	-65	-10	2.15E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
12	-20	-100	10	1.76E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
13	-15	-100	15	2.06E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-55	-75	0	1.74E+02	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe
15	-60	-65	-10	6.05E+00	Brodmann area 37, Middle Occipital Gyrus, Occipital Lobe

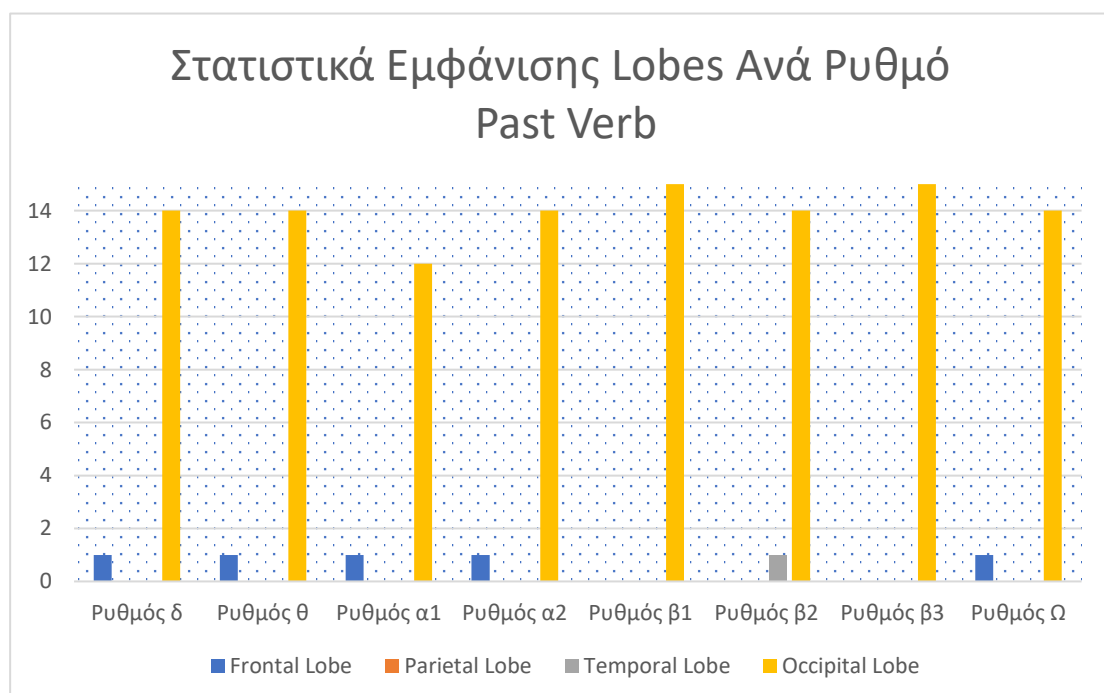
Εικόνα 77 – Ρυθμός Ω , Past Verb, Person 2

6.2.4 Στατιστική Ανάλυση 2^ο Υποκειμένου – Past Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 78 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person 2



6.2.5 Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων

Συγκρίνοντας αρχικά τις δύο γραφικές παραστάσεις των περιοχών Brodmann για τα ρήματα-ερεθίσματα του μέλλοντα και του αορίστου (Future vs Past) παρατηρούμε τα εξής :

- Στο ερέθισμα του αορίστου πρωτεύοντα ρόλο παίζει η περιοχή Brodmann 37, ενώ στο ερέθισμα του μέλλοντος η περιοχή Brodmann 18.
- Η εναλλαγή μεταξύ των ρυθμών και των περιοχών στο ερέθισμα του μέλλοντα είναι ομαλή, ενώ του αορίστου όχι.
- Το ερέθισμα του αορίστου ενεργοποιεί περισσότερες περιοχές Brodmann από το ερέθισμα του μέλλοντος.
- Η περιοχή Brodmann 21 εμφανίζεται ελάχιστα και στα δύο ερεθίσματα.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του μέλλοντα έχουμε ομαλή μείωση της εμφάνισης της περιοχής Brodmann 37 και αύξηση της περιοχής Brodmann 18, ενώ στο ερέθισμα του αορίστου οι περιοχές αυτές δεν μεταβάλλονται.
- Ο κύριο λοβός που ενεργοποιείται και στα δύο ερεθίσματα είναι ο Ινιακός λοβός.
- Στο ερέθισμα του μέλλοντος δεν εμφανίζονται καθόλου ο μετωπιαίος και ο βρεγματικός λοβός, ενώ εμφανίζεται ελάχιστα ο κροταφικός λοβός στους ρυθμούς δ,θ.
- Στο ερέθισμα του αορίστου δεν εμφανίζεται καθόλου ο βρεγματικός λοβός, ενώ εμφανίζεται ο μετωπιαίος και ελάχιστα ο κροταφικός στο ρυθμό β2.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του μέλλοντα έχουμε σταθερή συχνότητα εμφάνισης του Ινιακού λοβού, ενώ στο ερέθισμα του αορίστου μεταβάλλεται.

6.3.1 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 3^{ου} Υποκειμένου – Future

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	15	-100	15	5.24E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	6.82E+00	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-5	-15	5.46E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	5	-100	15	8.96E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	20	6.08E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-50	-50	55	7.52E+01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
7	-10	-100	20	9.59E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	1.96E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	2.53E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	1.55E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	10	65	-5	8.08E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	5	-100	15	7.42E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-10	-100	20	3.70E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	6.11E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-5	-100	20	5.30E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 79 – Ρυθμός δ, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.37E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	6.77E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-50	-50	55	3.58E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
4	5	-100	15	1.04E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	2.58E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	8.42E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-10	-100	20	1.84E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-15	-100	15	7.03E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	5	-100	15	3.15E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	9.47E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	20	65	0	3.42E+00	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	5	-100	15	6.83E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	1.24E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	5	-100	15	1.63E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

15	-10	-100	15	1.57E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
----	-----	------	----	----------	--

Εικόνα 80 – Ρυθμός θ, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	2.15E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	1.86E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-55	-50	50	3.41E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
4	5	-100	15	5.21E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	20	1.06E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	5	-100	15	1.06E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-10	-100	15	1.04E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-15	-100	15	1.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	5	-100	15	1.29E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	2.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	25	-95	25	2.27E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
12	5	-100	15	2.44E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	2.46E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	6.31E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-5	-100	20	2.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 81 – Ρυθμός α1, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	10	-100	15	6.76E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	3.71E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-5	-15	4.93E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	5	-100	15	3.25E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	1.55E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	8.16E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	10	-100	15	6.40E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	5	-100	15	1.70E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

9	-15	-100	15	1.17E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	1.50E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-65	-5	-15	2.31E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	10	-100	15	1.48E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	1.16E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	4.92E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	10	-100	15	3.65E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 82 – Ρυθμός α2, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	8.48E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	3.79E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-15	-15	2.48E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	-5	-100	20	6.46E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	1.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-10	-100	20	1.03E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
7	5	-100	15	8.66E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	5	-100	15	3.08E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.65E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-10	-100	20	2.40E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
11	25	-95	25	5.49E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
12	5	-100	15	8.94E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	3.01E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	5	-100	15	2.35E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	5	-100	10	1.68E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 83 – Ρυθμός β1, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποψηφίου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	5.58E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	1.37E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-15	-15	5.21E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe

4	-5	-100	20	3.78E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-15	-100	15	3.00E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	4.13E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-15	-100	15	1.00E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-10	-100	20	8.52E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.11E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-10	-100	20	9.63E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
11	-65	-5	-15	3.29E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	-5	-100	20	6.15E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	1.28E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-15	-100	15	6.87E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	5	-100	10	1.07E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 84 – Ρυθμός β2, Future Verb, Person 3

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-5	-100	20	1.68E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	3.39E-01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-5	-15	7.07E-01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	-5	-100	20	1.25E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-5	-100	20	1.59E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-10	-100	20	1.42E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	20	1.94E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-15	-100	15	1.81E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.26E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	1.38E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-65	-5	-15	9.20E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
12	5	-100	15	8.15E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	2.78E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	2.39E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	5	-100	15	2.42E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 85 – Ρυθμός β3, Future Verb, Person 3

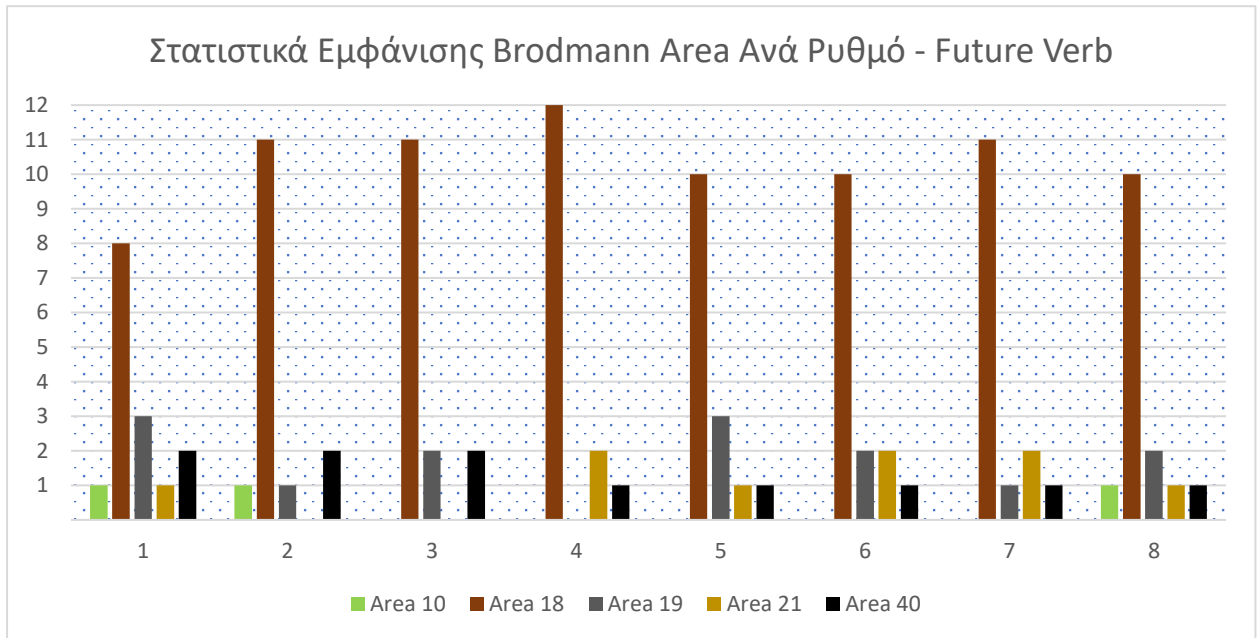
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	1.25E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-55	-50	50	9.01E+00	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
3	-65	-5	-15	1.03E+01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	5	-100	15	1.32E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	-10	-100	20	1.21E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
6	-55	-50	50	9.17E+01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
7	-10	-100	20	1.72E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	2.90E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	3.53E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	2.49E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	15	65	-5	9.41E+01	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
12	5	-100	15	1.25E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	6.15E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	-5	-100	20	7.41E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
15	-5	-100	20	6.57E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

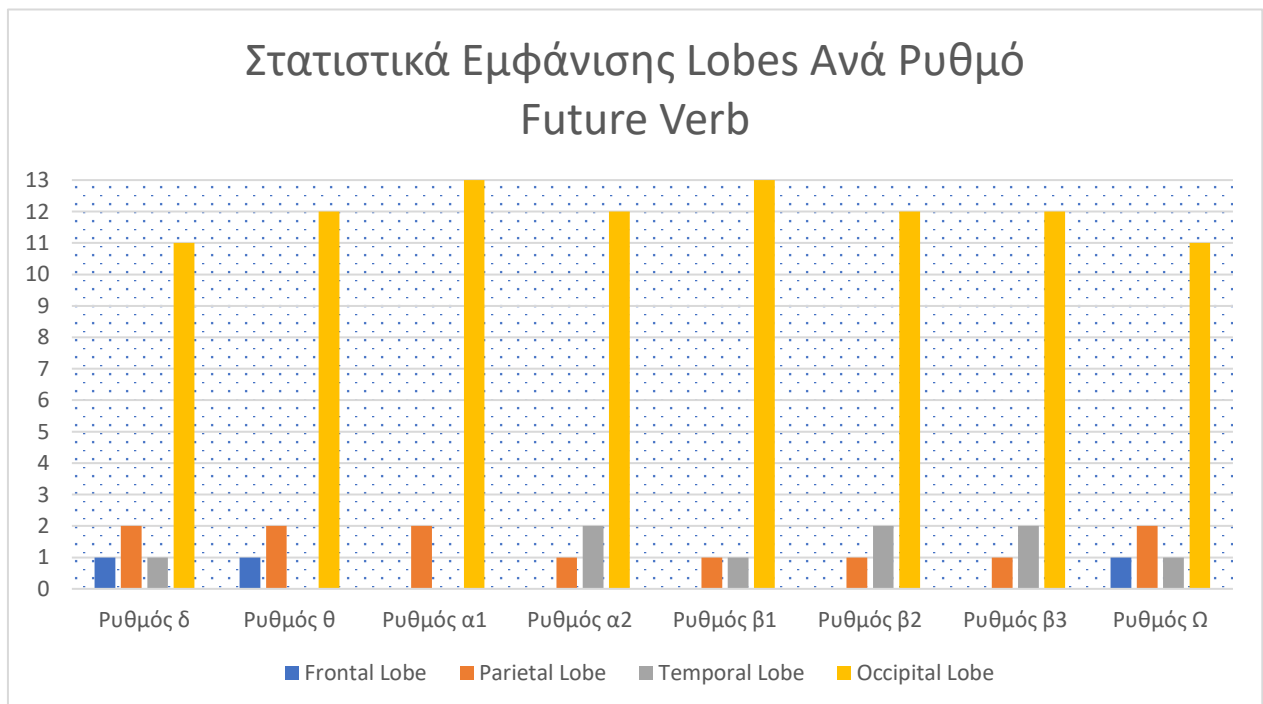
Εικόνα 86 – Ρυθμός Ω , Future Verb, Person 3

6.3.2 Στατιστική Ανάλυση 3^ο Υποκειμένου – Future Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 87 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Future Verb, Person 3



6.3.3 Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 3^{ου} Υποκειμένου – Past

Για το ρυθμό δ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-35	60	-10	4.94E+01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-15	-100	15	7.67E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-20	10	70	1.29E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-10	-100	20	9.04E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	5	70	6.04E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	5	-100	15	1.34E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	20	1.36E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-10	-100	20	7.73E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
9	-10	-100	15	6.55E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	6.24E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-15	-100	15	3.98E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	15	65	-15	5.85E+01	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
13	-55	-50	50	8.49E+01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
14	55	-20	55	1.65E+02	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-5	-100	20	5.08E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 88 – Ρυθμός δ, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό θ του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-15	-100	10	3.65E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	6.06E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-15	10	70	8.09E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-5	20	65	8.27E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
5	5	5	70	5.81E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	-5	10	70	2.21E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
7	-5	-100	20	7.05E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	1.20E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	5	-100	15	6.99E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	9.63E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-10	-100	20	6.94E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	65	-15	1.67E+00	Brodmann area 11 , Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe

13	-55	-50	50	1.51E+01	Brodmann area 40, Inferior Parietal Lobule, Parietal Lobe
14	55	-20	55	1.00E+01	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-10	-100	15	1.42E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 89 – Ρυθμός θ, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό α1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-20	-100	10	3.20E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
2	-10	-100	20	1.78E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
3	5	-100	15	2.81E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	15	65	-5	2.68E+00	Brodmann area 10, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
5	5	5	70	6.81E+00	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	5	-100	15	7.04E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	15	1.84E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	5	-100	15	5.51E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-10	-100	20	2.46E+01	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
10	5	-100	15	1.76E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	5	-100	15	1.62E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	-100	20	1.07E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	2.18E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	55	-20	55	3.60E+00	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-5	-100	20	6.52E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 90 – Ρυθμός α1, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό α2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-15	-100	15	2.26E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	10	-100	15	6.01E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	10	-100	15	2.33E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	10	-100	15	7.24E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	-100	15	1.06E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-15	-100	15	5.86E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	5	-100	15	2.01E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	5	-100	15	6.58E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

9	5	-100	15	2.57E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	5	-100	15	9.66E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	5	-100	15	1.14E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	-100	20	1.59E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	5	-100	15	8.45E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	55	-20	55	1.59E+00	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	4	-100	15	3.87E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 91 – Ρυθμός α2, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό β1 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	15	-100	15	2.83E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	5	-100	15	1.68E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	10	-100	15	6.41E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
4	5	-100	15	7.38E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	-100	15	6.36E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-5	-100	20	1.77E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	20	1.48E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	5	-100	15	1.27E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.73E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	1.13E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	1.56E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-5	-100	20	1.22E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	2.38E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	55	-20	55	5.05E+00	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-5	-100	20	1.43E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 92 – Ρυθμός β1, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό β2 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-60	0	-25	1.91E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
2	5	-100	15	5.94E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-65	-5	-15	4.32E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	-5	-100	20	5.60E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

5	-65	-20	-15	6.05E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
6	-5	-100	20	5.06E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-10	-100	20	3.91E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
8	10	-100	15	6.46E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.20E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-15	-100	15	5.22E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-15	-100	15	7.70E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	4.16E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-65	-20	-15	8.59E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
14	55	-20	55	3.25E+00	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-10	-100	20	8.65E+00	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 93 – Ρυθμός β2, Past Verb, Person 3

Για το ρυθμό β3 του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	5	-100	15	4.29E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
2	-15	-100	15	1.47E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-65	-5	-15	6.68E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
4	-65	-15	-15	5.78E+00	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
5	-5	-100	20	7.93E+00	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
6	-65	-20	-15	1.15E+01	Brodmann area 21, Middle Temporal Gyrus, Temporal Lobe
7	-5	-100	20	1.96E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	2.06E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.60E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	1.07E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-5	-100	20	1.48E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	2.21E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-5	-100	20	1.34E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
14	55	-20	55	4.35E+00	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-5	-100	20	2.14E+01	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

Εικόνα 94 – Ρυθμός β3, Past Verb, Person 3

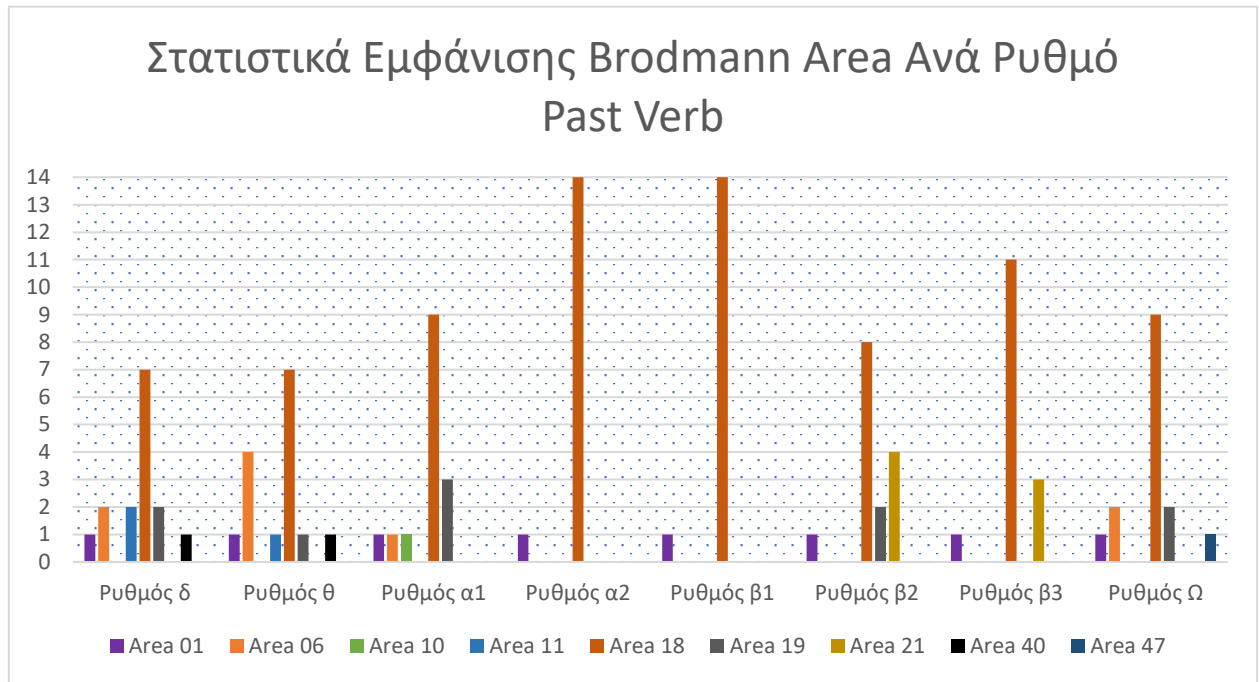
Για το ρυθμό Ω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος του 3^{ου} υποκειμένου προέκυψαν οι παρακάτω τιμές και περιοχές :

Ρήμα	x	y	z	Πυκνότητα Ρεύματος J	Brodmann Area – Lobe
1	-50	45	-10	5.93E+01	Brodmann area 47, Inferior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
2	-15	-100	15	1.45E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
3	-20	10	70	1.53E+02	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
4	-5	-100	20	1.27E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
5	5	5	70	8.75E+01	Brodmann area 6, Superior Frontal Gyrus, Frontal Lobe
6	-5	-100	20	1.85E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
7	-5	-100	20	2.22E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
8	-5	-100	20	1.42E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
9	-5	-100	20	1.69E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
10	-5	-100	20	1.29E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
11	-10	-100	20	1.15E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
12	-15	-100	15	1.03E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe
13	-20	-100	10	1.28E+02	Brodmann area 19, Cuneus, Occipital Lobe
14	55	-20	55	1.94E+02	Brodmann area 1, Postcentral Gyrus, Parietal Lobe
15	-5	-100	20	5.79E+02	Brodmann area 18, Cuneus, Occipital Lobe

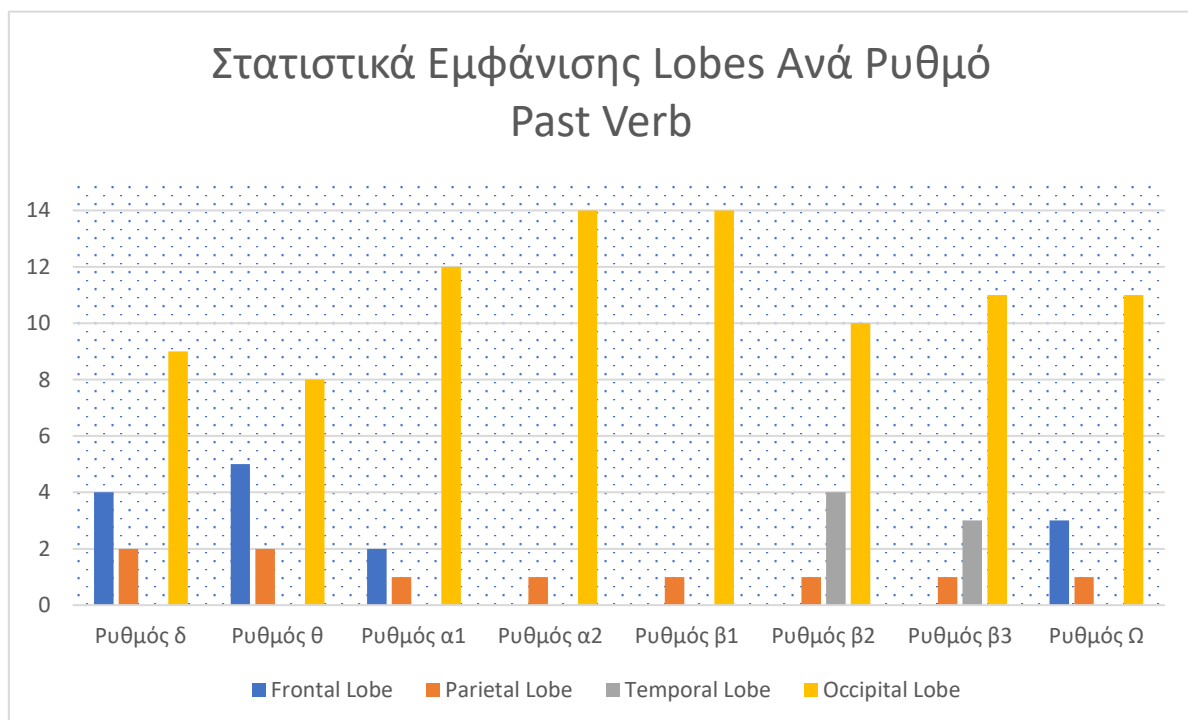
Εικόνα 95 – Ρυθμός Ω , Past Verb, Person 3

6.3.4 Στατιστική Ανάλυση 3^{ου} Υποκειμένου – Past Verb

Συγκεντρωτικά από τους παραπάνω πίνακες, σε μορφή διαγράμματος έχουμε την εμφάνιση των εξής περιοχών :



Εικόνα 96 – Διαγράμματα Brodmann - Lobe, Past Verb, Person 3



6.3.5 Σύγκριση Και Παρατηρήσεις Μεταξύ Δυο Ερεθισμάτων

Συγκρίνοντας αρχικά τις δύο γραφικές παραστάσεις των περιοχών Brodmann για τα ρήματα-ερεθίσματα του μέλλοντα και του αορίστου (Future vs Past) παρατηρούμε τα εξής :

- Στο ερέθισμα του αορίστου και του μέλλοντα η περιοχή Brodmann 18 παίζει πρωτεύοντα ρόλο.
- Η εναλλαγή μεταξύ των ρυθμών και των περιοχών στο ερέθισμα του αορίστου είναι ομαλή, ενώ του μέλλοντα όχι.
- Το ερέθισμα του αορίστου ενεργοποιεί περισσότερες περιοχές Brodmann από το ερέθισμα του μέλλοντος.
- Η περιοχή Brodmann 10 εμφανίζεται ελάχιστα και στα δύο ερεθίσματα.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του μέλλοντα έχουμε σκαμπανεβάσματα της εμφάνισης της περιοχής Brodmann 18 και οι υπόλοιπες είναι σε χαμηλά επίπεδα, ενώ στο ερέθισμα του αορίστου οι περιοχές Brodmann 18 δεν μεταβάλλονται τόσο απότομα και τα επίπεδα των υπολοίπων περιοχών είναι ακόμα πιο χαμηλά.
- Ο κύριο λοβός που ενεργοποιείται και στα δύο ερεθίσματα είναι ο Ινιακός λοβός.
- Κατά την εναλλαγή των ρυθμών στο ερέθισμα του μέλλοντα έχουμε ομαλή συχνότητα εμφάνισης του Ινιακού λοβού, ενώ στο ερέθισμα του αορίστου μεταβάλλεται απότομα.
- Στο ερέθισμα του αορίστου ο μετωπιαίος λοβός εμφανίζεται κυρίως στους ρυθμούς $\delta, \theta, \alpha 1$ και Ω σε υψηλά σχετικά επίπεδα, ενώ στο ερέθισμα του μέλλοντα εμφανίζεται στους ρυθμούς δ, θ και ω σε πιο χαμηλά επίπεδα.
- Και στα δύο ερεθίσματα ο βρεγματικός λοβός έχει σταθερή εμφάνιση και περίπου ίδια συχνότητα εμφάνισης.
- Στο ερέθισμα του αορίστου ο κροταφικός λοβός εμφανίζεται μόνο στους ρυθμούς $\beta 2$ και $\beta 3$ με σχετικά υψηλή συχνότητα εμφάνισης, ενώ στο ερέθισμα του μέλλοντα εμφανίζεται στους ρυθμούς $\alpha 2, \beta 1, \beta 2, \beta 3, \Omega$ με σχετικά πιο χαμηλή συχνότητα εμφάνισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Περίληψη Κεφαλαίου :

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης και η συνεισφορά της στο επιστημονικό πεδίο στο οποίο εντάσσεται. Επίσης γίνεται αναφορά σε μελλοντικές πιθανές προεκτάσεις της παρούσας διπλωματικής.

7.1 Συμπεράσματα Και Συμβολή Διπλωματικής

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός μοντέλου μελέτης της εγκεφαλικής δραστηριότητας όταν κάποιο υποκείμενο υπόκειται σε κάποιο κοινό ερέθισμα σε σχέση με κάποιο άλλο. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε η σχετική βιβλιογραφία και επεξεργάστηκαν τα πειραματικά δεδομένα τριών υγιών υποκειμένων προκειμένου να καταγράψουμε κοινές περιοχές εγκεφαλικής δραστηριότητας, τις πυκνότητες ρεύματος που παρατηρήθηκαν σε αυτές τις περιοχές στους 5 ρυθμούς ενός EEG και να προσπαθήσουμε να προβλέψουμε μια μελλοντική συμπεριφορά βασιζόμενοι σε προηγούμενες.

Το πείραμα «Πρωταγόρας» από το οποίο συλλέξαμε τα δεδομένα μας σχεδιάστηκε με αρκετά ευρηματικό τρόπο, υλοποιήθηκε έχοντας υπόψιν παράγοντες που θα επηρέαζαν ενδεχομένως τα αποτελέσματα των μετρήσεων, λαμβάνοντας κατάλληλα μέτρα κατά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα εργασία να αντιπροσωπεύουν αξιόπιστες μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας.

Η παρούσα εργασία λοιπόν συνεισέφερε σε θέματα επεξεργασίας σημάτων στον ανθρώπινο εγκέφαλο αγγίζοντας τις δύο έννοιες ERP και EEG. Η χρήση της μεθόδου Loreta για αυτή τη διπλωματική εργασία πρόσφερε μια διακριτή, γραμμική λύση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου του εγκεφάλου που καταγράφουμε σε κάθε ερέθισμα και μας πρόσφερε μια 3D απεικόνιση αυτού του πεδίου σε εγκεφαλικούς λοβούς και περιοχές Brodmann.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο έξι παρατηρήσαμε πως όταν πρόκειται για κάποιο ερέθισμα του παρελθόντος ο εγκέφαλος πυροδοτεί περισσότερες περιοχές Brodmann σε σχέση με κάποιο ερέθισμα του μέλλοντος. Ιδιαίτερη εμφάνιση και στα δύο ερεθίσματα έχουν οι περιοχές Brodmann 18 και 19 μιας και παρουσιάζουν μεγάλη συχνότητα εμφάνισης σε όλα τα υποκείμενα. Επιπλέον, παρατηρήσαμε πως σε ερεθίσματα του μέλλοντος η εναλλαγή των περιοχών Brodmann σε κάθε υποκείμενο γίνεται πιο ομαλά καθώς μεταβαίνουμε από τον ένα ρυθμό στον επόμενο.

Όσο αφορά τους λοβούς, παρατηρήσαμε πως ανεξαρτήτου ερεθίσματος παρελθόντος ή μέλλοντος κυριαρχεί ο Ινιακός λοβός στην εναλλαγή μεταξύ των

συχνότητων, ενώ στους ρυθμούς δ , θ και Ω συχνά εμφανίζεται και ο μετωπιαίος λοβός. Στη συνέχεια συνήθως στις ενδιάμεσες συχνότητες του EEG ($\alpha 1$ μέχρι $\beta 3$) ο μετωπιαίος λοβός είτε εξαφανίζεται, είτε μειώνει απότομα η συχνότητα εμφάνισής του και τη θέση του την καταλαμβάνει ο κροταφικός λοβός.

Από την πλευρά της η επιστήμη του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού παραδίδει τη σκυτάλη στην ιατρική επιστήμη η οποία αξιοποιεί τα συμπεράσματα αυτά ώστε να τα συνδέσει με την εγκεφαλική λειτουργία και καλείται να απαντήσει στο πώς η τελευταία εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές του Ινιακού λοβού, όταν τα υποκείμενα υπόκεινται σε κάποιο ερέθισμα μέλλοντος ή παρελθόντος. Είναι βέβαιο ότι ένα τόσο σημαντικό ερώτημα δεν μπορεί να απαντηθεί στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας. Χρειάζονται πολυετείς έρευνες με μεγάλα δείγματα ατόμων και διάφορες τεχνικές επεξεργασίας ώστε να προσεγγίσει κανείς κάποιες απαντήσεις σχετικά με την επίδραση της ακτινοβολίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Απ' την άλλη πλευρά ο μεγάλος δρόμος που θα οδηγήσει σ' αυτές τις απαντήσεις χτίζεται από όλες τις μικρότερες έρευνες των απανταχού επιστημόνων που συνεισφέρουν ο καθένας με τη δική του δουλειά.

7.2 Προοπτικές Για Μελλοντική Έρευνα

Όπως ειπώθηκε παραπάνω, από τα δεδομένα ενός πειράματος και την επεξεργασία τους δεν μπορεί κανείς να εξάγει τελικά συμπεράσματα για το ποιες περιοχές του ανθρώπινου εγκεφάλου ενεργοποιούνται ακούγοντας κοινά ερεθίσματα σε διαφορετικούς ανθρώπους. Ειδικά σε πειράματα όπου υπεισέρχονται ασταθείς παράγοντες, όπως ο ανθρώπινος οργανισμός στην περίπτωση μας, δεν μπορεί κανείς να καταλήξει σε ασφαλή συμπεράσματα. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που επιστήμονες προσπαθώντας να επαληθεύσουν τα αποτελέσματα των εργασιών τους διεξάγουν επαναληπτικές μετρήσεις με ακριβώς ίδιες παραμέτρους με τις προηγούμενες και δεν καταλήγουν στα ίδια αποτελέσματα. Εξάλλου όταν κανείς ολοκληρώνει μια μελέτη συνήθως τότε γεννιούνται νέα ερωτήματα ή ανακαλύπτει κάποιες πτυχές στην έρευνά του που ως τότε δεν είχε σκεφτεί και που μπορούν να αποτελέσουν το έναυσμα για μελλοντικές μελέτες.

Ειδικότερα όσον αφορά στην προέκταση της παρούσας διπλωματικής και των συγκεκριμένων πειραμάτων που διεξήχθησαν, θα είχε ιδιαίτερη αξία να ακολουθήσει την παραπάνω διαδικασία για περισσότερα ερεθίσματα από το πείραμα «Πρωτάρας» μιας και στη

παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήσαμε μόνο μια κατηγορία από αυτά. Μελετώντας επιπλέον ερεθίσματα, θα μπορούσαμε να δούμε εάν όντως οι συγκεκριμένες περιοχές ή λοβοί ενεργοποιούνται με την ίδια συχνότητα, εάν ενεργοποιούνται και άλλοι ή ίσως να μπορούσαμε να καταγράψουμε κάποιο μοτίβο εμφάνισης για πρόβλεψη συμπεριφοράς. Η επαλήθευση των αποτελεσμάτων με νέα δείγματα θα εδραιώσει τις υπάρχουσες θέσεις και θα κατευθύνει τις υποθέσεις των ερευνητών.

Σε περίπτωση ύπαρξης πειραματικών δεδομένων μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG), η ανωτέρω προτεινόμενη μέθοδος, μπορεί με ελάχιστες τροποποιήσεις να εφαρμοστεί σε αυτά, ώστε να προκύψουν ισοδύναμα αποτελέσματα και περιοχές, μελετώντας το Μαγνητικό Πεδίο του εγκεφάλου, ή ακόμα και συνδυασμό των EEG και MEG σε ένα πολλαπλό ισοδύναμο μοντέλο, αφού το μαγνητικό και το ηλεκτρικό πεδίο είναι γνωστό ότι συνυπάρχουν. Το κόστος του εξοπλισμού διεξαγωγής μετρήσεων MEG μπορεί σήμερα να είναι αρκετά υψηλό, στο μέλλον όμως πρόκειται να μειωθεί, δίνοντας νέα διάσταση στην μελέτη της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Αν σκεφτούμε δε τη διεξαγωγή πειραμάτων με την ίδια υποδομή αλλά με νέες παραμέτρους τότε το ερευνητικό φάσμα γίνεται εξαιρετικά ευρύ. Για παράδειγμα μια ενδιαφέρουσα μελέτη είναι να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Loreta για να βρούμε ποια από τα 30 ηλεκτρόδια που καταγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο των υποψηφίων προσφέρουν μετρήσεις κυριότερης σημασίας σε σχέση με κάποια άλλα ή αν να εξετάσει την συχνή εμφάνιση των περιοχών Brodmann 18-19 του Ινιακού λοβού.

Βιβλιογραφία

1. Bear M, Connors BW, Paradiso MA (2001) **Neuroscience: Exploring the Brain** Lippincott Williams & Wilkins Baltimore USA
2. Brown AG (2001) **Nerve Cells and Nervous Systems: An Introduction to Neuroscience** Springer; 2nd edition
3. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (2000) **Principles of Neural Science**, McGrawHill, New York; 4th edition
4. Shepherd GM (1994) **Neurobiology**, Oxford University Press, USA; 3rd edition
5. Martin RA, Wallace BG, Fuchs PA, Nicholls JG (2001) **From Neuron to Brain: A Cellular and Molecular Approach to the Function of the Nervous System** Sinauer Associates; 4th edition
6. Hodgkin AL and Huxley AF (1952) **A Quantitative Description of Membrane Current and its Application to Conduction and Excitation in Nerve** Journal of Physiology 117: 500-544
7. Hodgkin AL (1951) **The Ionic Basis of Electrical Activity in Nerve and Muscle** Cambridge Philosophical Society: Biological Reviews 26: 339-401.
8. Hodgkin AL and Huxley AF (1952) **Ions through the Membrane of the Giant Axon of Loligo** Journal of Physiology 116: 473-496.
9. Hodgkin AL and Huxley AF (1952) **Currents carried by Sodium and Potassium** Journal of Physiology 116: 449-472.
10. Frankenhaeuser B. and Huxley AF (1964) **The action potential in the myelinated nerve fibre of *Xenopus laevis* as computed on the basis of voltage clamp data** J. Physiol. (Lond.) 171: 302—315
11. Erlanger J and Gasser HS (1968) **Electrical Signs of Nervous Activity** Univ. of Pennsylvania Press.
12. Γιόβα Δ, Θεοδοσίου Θ, Αλεξανδράτου Ε, Ατλαμαζόγλου Β, Πολτόπουλος Κ (2000) **Εισαγωγή στην κυτταρική μηχανική και εφαρμοσμένη βιοφυσική** Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

13. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Katz LC, LaMantia AS, McNamara JO, Williams SM (2001) **Neuroscience**, Ion Channels Underlying Action Potentials, Sunderland (MA): Sinauer Associates Inc; 2nd edition.
14. Matthews GG (2001) **Neurobiology: Molecules, Cells and Systems**, Blackwell Publishing, Incorporated; 2nd edition
15. Siegel GJ, Albers RW, Brady S, Price DL, American Society for Neurochemistry (2005) **Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects** (Periodicals), Academic Press; 7th edition
16. Wright, SH (2004) **Generation of resting membrane potential** Advances in Physiology Education 28(1-4): 139-142
17. Hille B (2001) **Ion channels of excitable membranes** Sunderland (MA): Sinauer Associates Inc; 3rd ed
18. Wild GC, Benzel EC (1994) **Essentials of Neurochemistry**, Jones & Bartlett Publishers; 1st edition
19. Thompson RF (1985) **The Brain: An Introduction to Neuroscience**, Freeman.
20. Taylor DJ, Green NPO Stout GW (2003) **Biological Sciences**, Cambridge University Press, United Kingdom; 3rd edition
21. Cobb WA (1983) **Recommendations for the practice of clinical neurophysiology** Amsterdam: Elsevier.
22. Ebersole JS (2002) **Current Practice of Clinical Electroencephalography** Lippincott Williams & Wilkins.
23. Zani A, Proverbio A (2002) **The Cognitive Electrophysiology of Mind and Brain** Academic Press
24. Κουτσούρης Δ (2000) **Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Τεχνολογία και ανάλυση ιατρικών σημάτων** Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
25. Bronzino JD (2006) **Biomedical Engineering Fundamentals** in “The Electrical Engineering Handbook” CRC Press 3rd edition

26. Jasper H (1958) **The ten-twenty electrode system of the international federation** *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*10: 371–375.
27. Moore J and Zouridakis G (2003) **Biomedical Technology and Devices Handbook** CRC Press
28. Domach M.M (2003) **Introduction to Biomedical Engineering** Pearson Prentice Hall
29. Bin He (2005) **Neural Engineering** in “Bioelectric Engineering” Springer 1st edition
30. Epstein CM (1983) **Introduction to EEG and evoked potentials** JB Lippincot Co.
31. Lindsay D, Wicke J (1974) **The electroencephalogram: Autonomous electrical activity in man and animals** in “Bioelectric Recording Techniques” R. Thomson and M.Patterson, Eds. Academic Press, New York
32. Neuper C, Pfurtscheller G (2001) **Evidence for distinct beta resonance frequencies in human EEG related to specific sensorimotor cortical areas** *Clinical Neurophysiology* 112: 2084-2097
33. Wrobel A (2000) **Beta activity: a carrier for visual attention** *Acta Neurobiol.Exp.* 60: 247–260
34. Klimesch W (1999) **EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis** *Brain Res Brain Res Rev* 29: 169-95
35. Markand ON (2003) **Lennox-Gastaut syndrome (childhood epileptic encephalopathy)** *J Clin Neurophysiol* 20: 426-41
36. Huges JR, Fino J, Hart LA (2004), **The EEG profile of patients with uncontrolled vs. controlled seizures** *Clin EEG Neurosci.* 35(2): 69-77
37. Basar, E., et al., Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes. *Int J Psychophysiol*, 2001. 39: p. 241-8.
38. Coull JT (1998) **Neural correlates of attention and arousal: Insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology** in *Progress in Neurobiology* 55: 343-361

39. Rugg MD and Coles MGH (1996) **Electrophysiology of Mind: Event-Related Brain Potentials and Cognition** (Oxford Psychology Series), Oxford University Press, USA New Edition
40. Βαλλιανάτου ΝΓ (2002) “**Ηλεκτροφυσιολογικές προσεγγίσεις στην κλινική νευροψυχολογία: Τα προκλητά δυναμικά**” Ψυχολογία: Το Περιοδικό της Ελληνικής Ψυχολογικής Εταιρείας 316-335
41. Νάνου Δ. Ε. (2007), Διδακτορική Διατριβή: “**Ανάπτυξη μεθοδολογίας μελέτης και αξιολόγησης της επίδρασης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα ηλεκτρικά σήματα του εγκεφάλου**”, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
42. Καψάλης Χ., Κωττής Π. (2008), “**Κεραίες-Ασύρματες Ζεύξεις**”, Εκδόσεις Τζιόλα.
43. Μαγκανιώτη Ε .Α. (2012) ,Διδακτορική Διατριβή: “**Ανάπτυξη μεθοδολογιών επεξεργασίας και αξιολόγησης εγκεφαλικών σημάτων από πειραματικές μετρήσεις**”, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
44. Νικόλαος Θερμογιάννης (2017), Διπλωματική Εργασία Μοντελοποίηση Ηλεκτροεγγεφαλογραφημάτων Με Χρήση Στοιχειωδών Ηλεκτρικών Πηγών, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
45. Νευρολογία Λογοθέτη, Πέμπτη Έκδοση, ΙΩANNA ΛΟΓΟΘΕΤΗ, ΙΩANNH ΜΥΛΩΝΑ, Εκδόσεις : University Studio Press, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών Θεσσαλονίκη 2016
46. Ιστότοπος : <http://www.uzh.ch/keyinst/loretaOldy.htm> (Loreta Software Old WebPage)
47. Ιστότοπος : <http://www.uzh.ch/keyinst/loreta.htm#FuncLocConn> (Loreta Software New WebPage)
48. Ιστότοπος : <https://www.neuroelectrics.com/blog/what-is-loreta-what-can-i-use-it-for/> (Loreta User Blog)
49. ΛΙΘΑΡΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2008, Διπλωματική Εργασία Ανάλυση Μαγνητοεγκεφαλοραφήματος Με Τεχνικές Τυφλού Διαχωρισμού, Πάτρα, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ LORETA

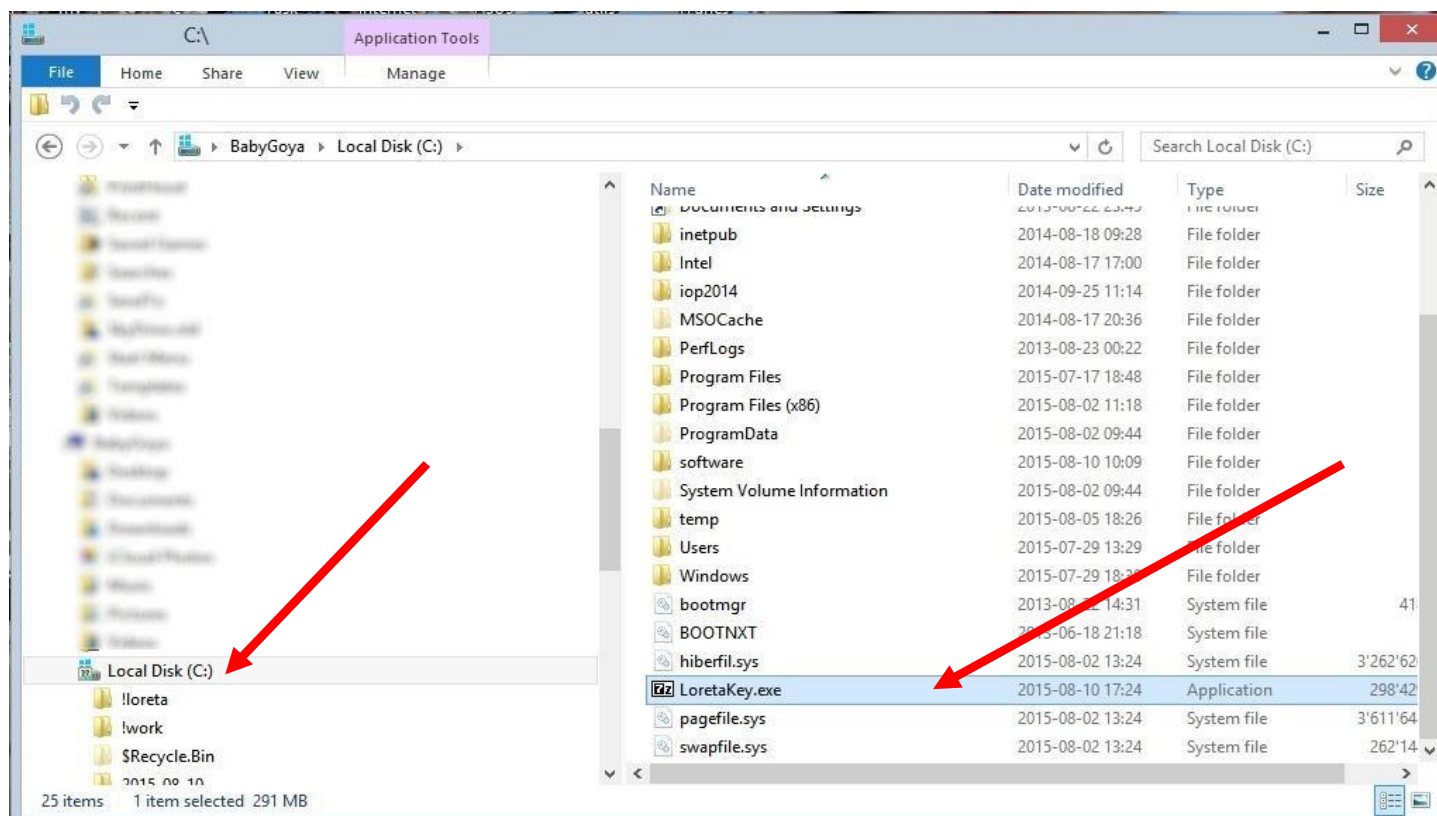
Τι χρειάζεται για να τρέξει το λογισμικό Loreta ;

Προαπαιτούμενα συστήματος :

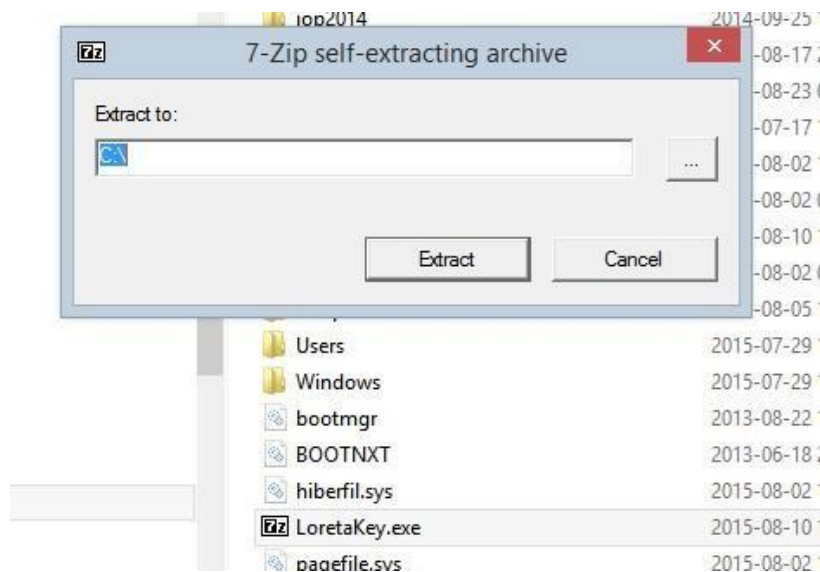
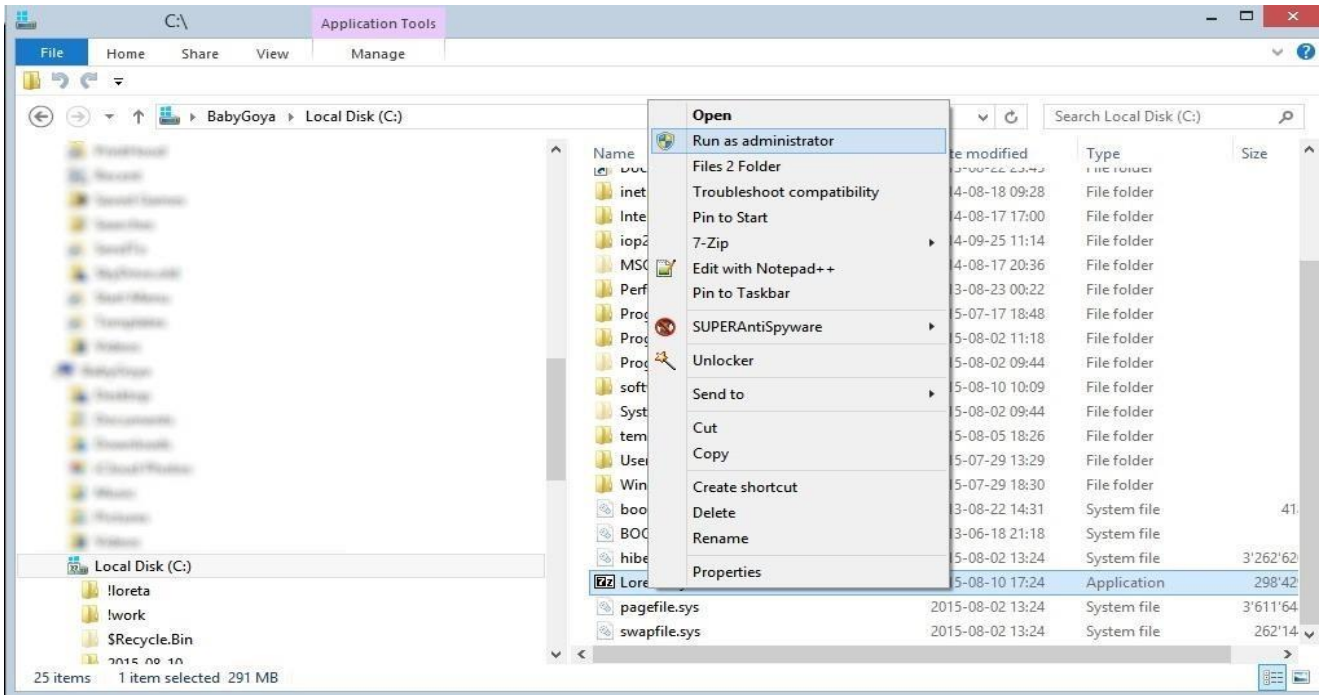
- Λειτουργικό σύστημα Windows XP και πάνω
- Ο χρήστης πρέπει να έχει συνδεθεί στα Windows ως διαχειριστής με πλήρη δικαιώματα.
- Ο χρήστης πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τη χρήση του of “Windows File Explorer”.
- Κάποιο πρόγραμμα αποσυμπίεσης όπως το 7-zip.

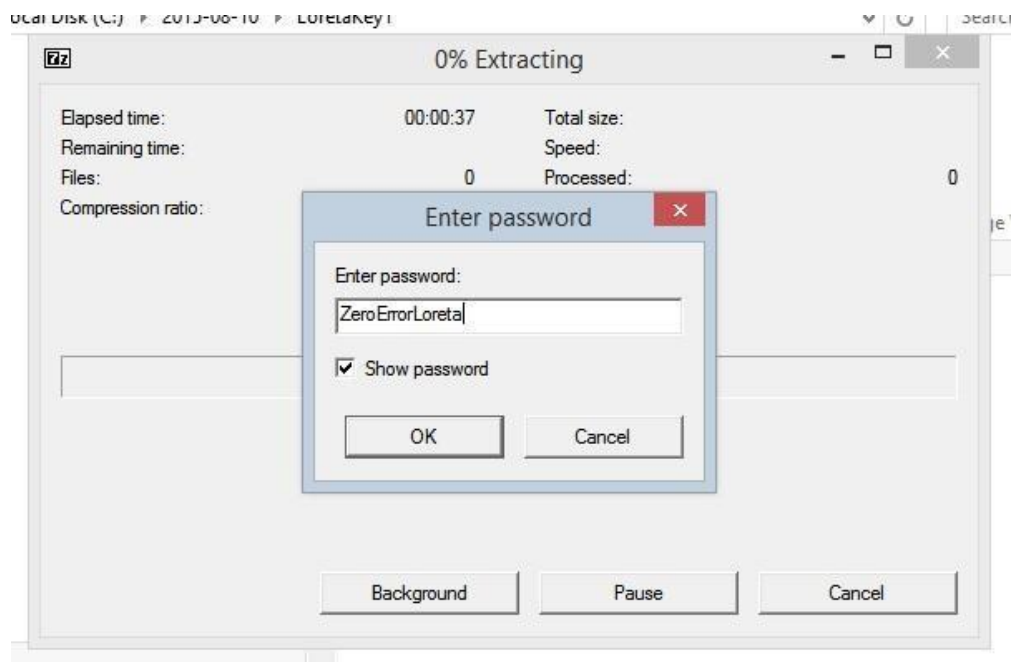
Πως να το εγκαταστήσετε ;

Κατεβάστε το αρχείο “LoretaKey.exe” και αποθηκεύστε το στον σκληρό σας δίσκο C. Στη συνέχεια ανοίξτε το πρόγραμμα “Windows File Explorer” και βρείτε το αρχείο όπως δείχνει και η εικόνα :

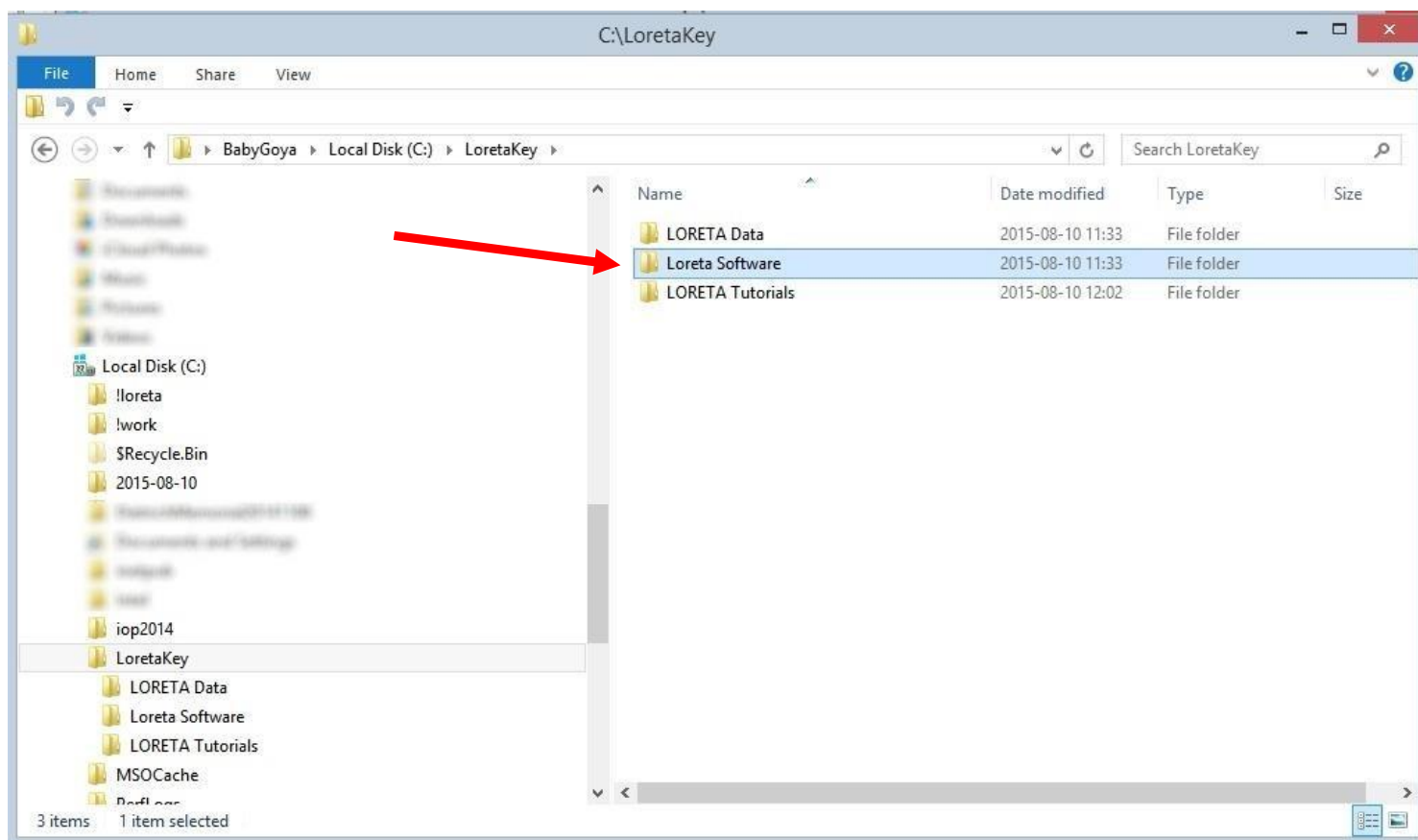


Στη συνέχεια πατήστε αριστερό κλικ και επιλέξτε Τρέξιμο ως διαχειριστής ή “**Run as administrator**” και πατήστε το πλήκτρο extract ή εξαγωγή και στο κωδικό θα εισάγετε το “**ZeroErrorLoreta**”. Τότε το πρόγραμμα αποσυμπίεσης πχ 7-zip θα αποσυμπιέσει όλα τα αρχεία του προγράμματος στο σκληρό σας δίσκο C:\ όπως δείχνουν οι εικόνες παρακάτω :



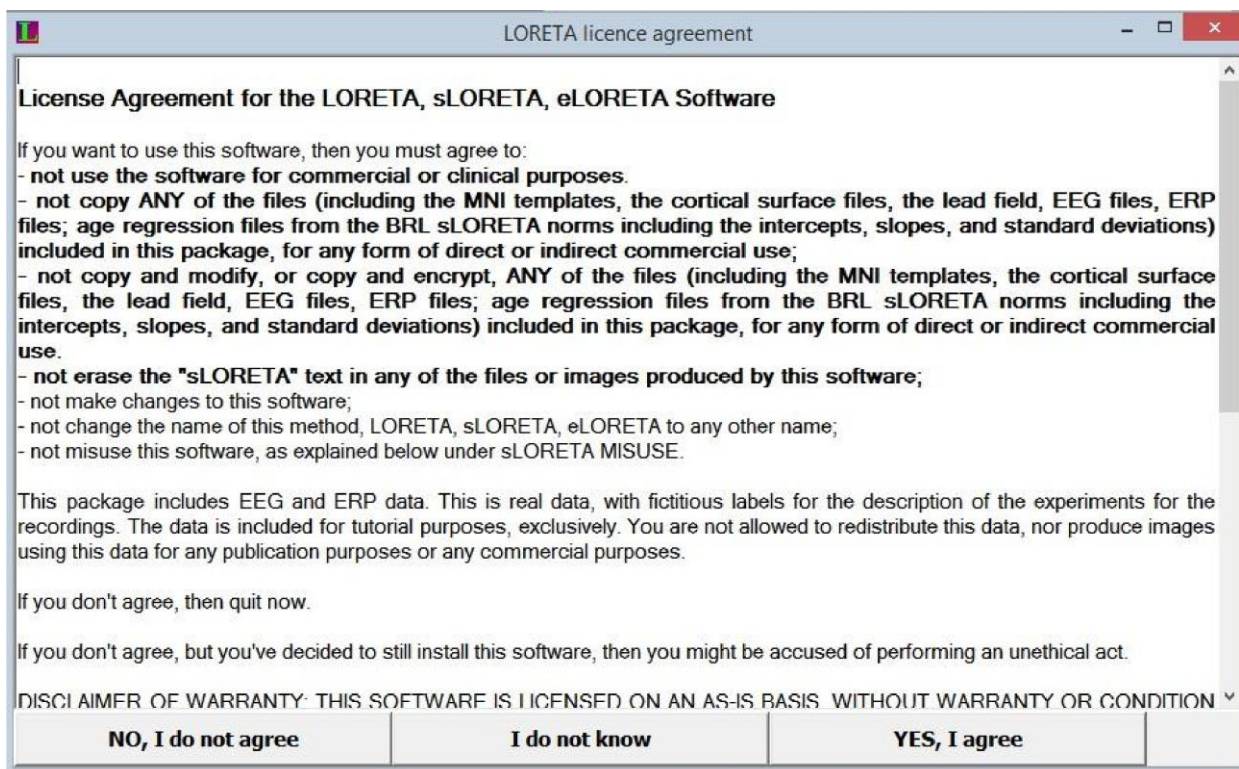


Μόλις τελειώσει η διαδικασία της αποσυμπίεσης θα εμφανιστεί μέσα στο C:\:\ ένας φάκελος με όνομα “LoretaKey”. Μέσα στο φάκελο αυτό υπάρχουν 3 άλλοι φάκελοι όπως δείχνει και η εικόνα :

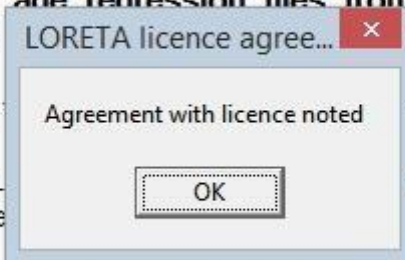


Ο πρώτος φάκελος περιέχει όλα τα αρχεία του χρήστη που θα επεξεργαστούν από το πρόγραμμα. Ο δεύτερος περιέχει το εκτελέσιμο πρόγραμμα Loreta και το τελευταίος περιέχει μερικά tutorials για το χρήστη. Ανοίγουμε το δεύτερο φάκελο “Loreta Software” και τρέχουμε το εκτελέσιμο αρχείο “LoretaDesktopShotcutCreator.exe” πάλι ως διαχειριστής όπως και πριν. Στη συνέχεια θα εμφανιστεί ένα pop-up παράθυρο όπως δείχνουν οι εικόνες παρακάτω και απλά κάνουμε κλικ μέσα στο παράθυρο αυτό.

Μόλις εξαφανιστεί το παράθυρο θα εμφανιστεί ακόμα ένα με τους όρους χρήσης όπου πατάμε το κουμπί “Yes, I agree” για να συνεχιστεί η διαδικασία. Αμέσως μετά θα εμφανιστούν 4 pop up μηνύματα για επιβεβαίωση όπου σε καθένα από αυτά θα πατάμε το κουμπάκι “ok” όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες.



3RL sLORETA norms including the intercept
m of direct or indirect commercial use;
d encrypt, ANY of the files (including the M
RP files; and regression files from the BI
viations)

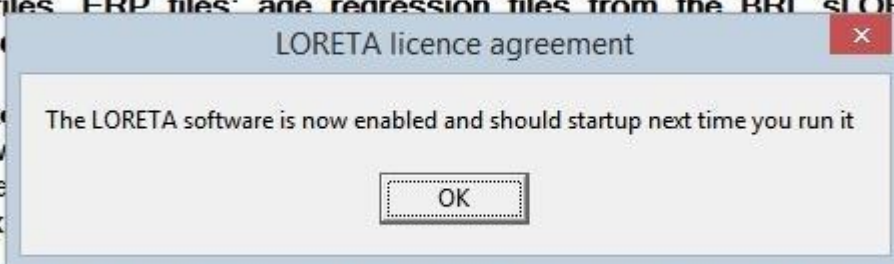


ly of the
LORETA, sL
elow unde

lata. This is real data, with fictitious labels for the
ial purposes, exclusively. You are not allowed to r
as or any commercial purposes

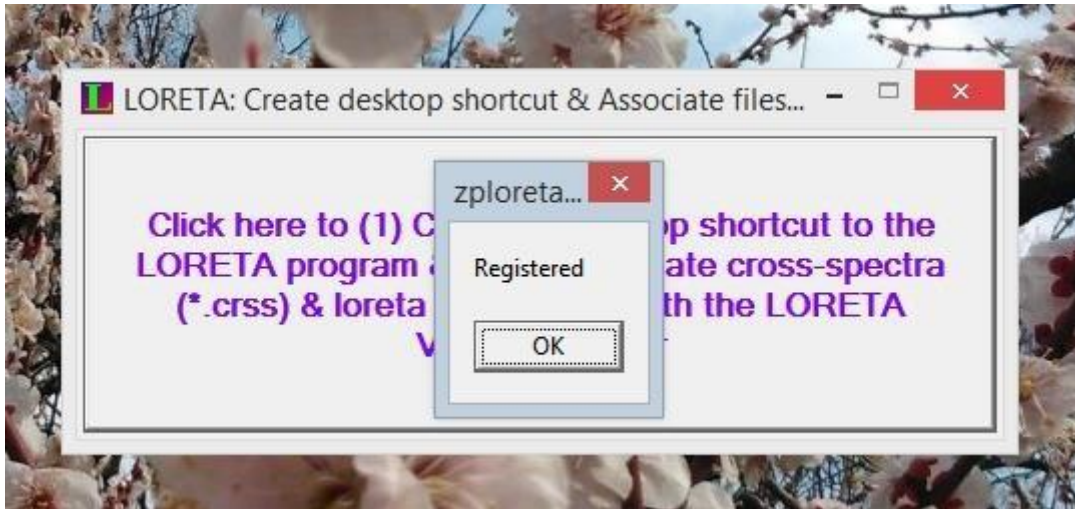
ie, for any form of direct or indirect commercial use;
, or copy and encrypt, ANY of the files (including the MNI templates, the c
EEG files, ERP files; and regression files from the BRL sLORETA norms
I stand

ETA" to
s softw
this me
, as ex



EG and ERP data. This is real data, with fictitious labels for the description of the exp
cluded for tutorial purposes, exclusively. You are not allowed to redistribute this data, nor





Η διαδικασία εγκατάστασης έχει ολοκληρωθεί και στην επιφάνεια εργασίας υπάρχει ένα αρχείο με όνομα "Loreta" όπως δείχνει και η εικόνα παρακάτω :

