

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**« ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ
ANDROID ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ »**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πρωτοψάλτη Αντωνία

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022



POLYTECHNIC

UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA

DEPARTMENT OF ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING

« REAL TIME BRAIN MAPPING VISUALIZATION APP »

DIPLOMA THESIS

Protopsalti Antonia

SUPERVISOR

AGGELIDIS PANTELIS

THESSALONIKI, OCTOBER 2022

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο

“ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ANDROID ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ / REAL TIME BRAIN MAPPING VISUALIZATION APP ”

καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. ΑΓΓΕΛΙΔΗ ΠΑΝΤΕΛΗ

αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

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

Copyright (C) Ονοματεπώνυμο Φοιτητή & Επιβλέποντα/ες, Έτος, Πόλη

Copyright(C) ΠΡΩΤΟΨΑΛΤΗ ΑΝΤΩΝΙΑ, ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ, 2022, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Υπογραφή Φοιτητή:

*Στους γονείς μου, Αριστείδη και Μαριάνθη ,
στα αδέρφια μου, Σάκη και Νικόλα ,
που με απεριόριστη αγάπη στήριζαν όλη την πορεία μου .
Στην μνήμη των παππούδων μου, Θανάση και Νικόλα ,
που τόσο ήθελαν να με δουν να αποφοιτώ .*

« Αρίστιππος ο Κυρηναϊκός φιλόσοφος, παρακελεύετο τοις νέοις τοιαύτα εφόδια κτάσθαι, άτινα αυτοίς και ναυαγήσασι συνεκκολυμβήσει. »

Ο Αρίστιππος ο Κυρηναίος συμβούλευε τους νέους να αποκτούν εφόδια για τη ζωή τέτοια που αν ναυαγούσαν να τους βοηθούσαν να κολυμπήσουν.

Αρίστιππος, 435-355 π.Χ., Αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική μου έγινε με μεράκι και πολύωρη ενασχόληση, όπως αρμόζει σε μια εργασία βεληνεκούς πολυτεχνείου. Πηγή έμπνευσής μου αποτέλεσε, σε ένα μεγάλο βαθμό, ο καθηγητής μου, Δρ. Αγγελίδης Παντελής, με τον οποίο διδάχτηκα τα μαθήματα της Βιοιατρικής Τεχνολογίας και Βιοπληροφορικής, διότι με βοήθησε να ανακαλύψω έναν πολύ ενδιαφέρον κλάδο, αυτόν του Biomedical Engineering και να ανταποκριθώ σε διάφορες προκλήσεις. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την αρχή.

Ένας εξαιρετος άνθρωπος, στον οποίο οφείλω εξίσου ένα τεράστιο ευχαριστώ είναι η Κα. Τζημούρτα Κατερίνα. Πίστεψε σε μένα και στις δυνατότητές μου και με υπομονή με καθοδηγούσε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου. Με στήριξε σε πολλά επίπεδα και με τις εύστοχες υποδείξεις της έφτασα σε αυτό το αποτέλεσμα σήμερα.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω, επίσης, σε όλους τους Καθηγητές μου, του Πολυτεχνείου Δυτικής Μακεδονίας, που με βοήθησαν με τον τρόπο διδασκαλίας τους να κατανοήσω τον επιστημονικό τομέα των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και να εξελιχθώ. Ειδικότερα, στον Κ. Ζυγκιρίδη Θεόδωρο, Κ. Τσίπουρα Μάρκο και στην Κα. Μπίμπη Σταματία, τους ευχαριστώ.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την έμπρακτη στήριξη και συμπαράστασή τους σε όλη την πορεία μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μία εποχή που συνεχώς προοδεύει και αναπτύσσεται με ολοένα και περισσότερα αξιοθαύμαστα τεχνολογικά επιτεύγματα στον χώρο της Πληροφορικής, αναπόσπαστο κομμάτι θα ήταν η εμπλοκή αυτής με την ιατρική επιστήμη. Διάφορα τεχνάσματα, εργαλεία και εφαρμογές χρησιμοποιούνται ούτως ώστε να βοηθήσουν επιστήμονες και γιατρούς στο έργο τους και να συμβάλλουν σε μία πιο γρήγορη και αποτελεσματικότερη έρευνα, με πρωταρχικό μέλημα τον άνθρωπο.

Η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου γίνεται πρόκληση για πολλούς τομείς επαγγελματών, όπως της νευρολογίας αλλά και της μηχανικής. Η καταγραφή σημάτων που προέρχονται από τον εγκέφαλο σε **πραγματικό χρόνο** αποτελεί σπουδαία καινοτομία στον χώρο της Βιοιατρικής τεχνολογίας και πληροφορικής. Αυτή η πρόκληση έγινε πράξη.

Με την πάροδο του χρόνου, όλο κι περισσότερες μελέτες έχουν γίνει εστιάζοντας στο μη επεμβατικό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, δηλαδή στη χρήση ηλεκτροδίων καταγραφής στο τριχωτό της κεφαλής του ανθρώπου. Έτσι, χρησιμοποιώντας συστήματα διεπαφής ανθρώπου – υπολογιστή, τα λεγόμενα συστήματα Brain Computer Interface ή BCI, επιτυγχάνουμε την επικοινωνία μιας εξωτερικής συσκευής με την ηλεκτρική δραστηριότητα που εκπέμπει ο εγκέφαλος για την λήψη σημάτων αυτού και έπειτα την μετάδοσή τους στη συσκευή. Με αυτόν τον τρόπο εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα.

Στα πλαίσια αυτής της Διπλωματικής γίνεται η προσπάθεια χαρτογράφησης του εγκεφάλου, του πολύπλοκου μα, παρ ‘όλα αυτά, σπουδαίου οργάνου, που αποτελεί ακόμα και σήμερα το «μαύρο κουτί» για πολλούς επιστήμονες. Αναπτύσσεται, λοιπόν, μία android εφαρμογή στον κόσμο των smartphones, η οποία διαβάζει τα εγκεφαλικά σήματα με τη βοήθεια μιας ειδικά κατασκευασμένης συσκευής «MindWave Headset» της εταιρείας «NeuroSky» και σε πραγματικό χρόνο οπτικοποιεί την εξαγόμενη πληροφορία στο κινητό μας τηλέφωνο. Όλα αυτά συνδυάζουν την συλλογή ιατρικής πληροφορίας και αξιολόγησή της με τα συστήματα παρακολούθησης και λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Αρα, αξιοποίηση της Τεχνολογίας στον Τομέα της Υγείας.

Τέλος, η ανάπτυξη μιας τέτοιας εφαρμογής ανοίγει νέους ορίζοντες για τους επιστήμονες και μη, αφού αυτή αλλά και όλες οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί κατά διαστήματα στο παρελθόν, μπορεί να δείξει πώς τελικά «συμπεριφέρεται» ο εγκέφαλος σε πραγματικό χρόνο (ή σε διάφορες στιγμές της ημέρας) και να προκύψουν συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του ατόμου: αν είναι χαλαρός, σε εγρήγορση, και γενικότερα ποια είναι η πνευματική κατάσταση στην οποία βρίσκεται τη δεδομένη στιγμή.

Λέξεις – κλειδιά

Μηχανική Βιοιατρική, Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Ρυθμοί ΗΕΓ, Συστήματα Διεπαφής Ανθρώπου – Υπολογιστή, Ιατρικές εφαρμογές κινητού τηλεφώνου, Διεπιστημονικότητα

ABSTRACT

In an age of continuous progress and development with more and more admirable technological achievements in the field of Information Technology, an integral part would be its involvement with medical science. Various tricks, tools and applications are used to help scientists and doctors in their work and contribute to faster and more effective research, with the human being as the primary concern.

The study of the human brain is becoming a challenge for many professions, including neuroscience and engineering. Recording signals from the brain **in real time** is a major innovation in the field of biomedical and information technology. This challenge has therefore become a reality.

Over time, more and more studies have been done focusing on non-invasive electroencephalography, i.e. the use of recording electrodes on the human scalp. Thus, using human-computer interface systems, so-called Brain Computer Interface or BCI systems, we achieve communication of an external device with the electrical activity emitted by the brain to receive signals from it and then transmit them to the device. This is how we draw valuable conclusions.

In the context of this Diploma thesis, an attempt is made to map the brain, the complex but, nevertheless, great organ, which is still today the “black box” for many scientists. So, an android application is developed in the world of smart phones, which reads the brain signals with the help of a specially made medical device «MindWave Headset» of the company «NeuroSky» and in real time visualizes the extracted information on our mobile phone. All of these combine the collection of medical information and its evaluation with the real-time monitoring and decision-making systems. So, harnessing Technology in Health Care.

Finally, the development of such an application opens up new horizons for scientists and non-scientists alike, since this and all application developed from time to time in the past can show how to brain ultimately “behaves” in real time (or at different times of the day) and draw conclusions about the person’s behaviour: whether he or she is relaxed, alert, and in general what is the mental state he or she is in at a given moment.

Keywords

Biomedical Engineering, EEG, Brain Computer Interface, Brainwave, Medical Mobile apps, Interdisciplinarity

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	14
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	16
<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ & ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ</i>	16
1.1 Εισαγωγή.....	17
1.2 Στόχος - Περιγραφή Αντικειμένου Διπλωματικής Εργασίας.....	17
1.3 Οργάνωση Κειμένου - Δομή	17
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	20
<i>ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ & ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ</i>	20
2.1 Ανθρώπινος Εγκέφαλος	21
2.1.1 Νευροφυσιολογία Εγκεφάλου & Ανατομία	22
2.2 Βιοιατρικά Σήματα.....	25
2.2.1 Σήμα ΗΕΓ	26
2.2.1.1 Ιδιότητες του ΗΕΓ	26
2.3 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα - EEG.....	27
2.3.1 Εισαγωγή.....	27
2.3.1.1 Ιστορική εξέλιξη ΗΕΓ	28
2.3.2 Λήψη & Καταγραφή ΗΕΓ.....	28
2.3.2.1 Ηλεκτρόδια καταγραφής	29
2.3.2.1.1 Συστήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων	30
2.3.3 Ηλεκτροεγκεφαλική Δραστηριότητα	34
2.3.3.1 Ηλεκτροεγκεφαλικά κύματα / ρυθμοί - EEG frequency bands.....	34
2.4 Λειτουργική Απεικόνιση & Οπτικοποίηση Εγκεφάλου.....	37
2.4.1 Χαρτογράφηση εγκεφαλικής δραστηριότητας.....	37

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	41
3.1 ΗΕΓ και έρευνα.....	42
3.2 Εφαρμογές.....	43
4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	46
<i>APPLICATION hardware: ΤΟ ΥΑΙΣΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ της ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ</i>	46
4.1 Συστήματα Διεπαφής Ανθρώπου Υπολογιστή - Brain Computer Interface (BCI)	47
4.1.1 Ορισμός.....	47
4.1.2 Στοιχεία του Συστήματος BCI	48
4.1.3 Το μέλλον.....	49
4.2 BCI Devices	50
4.2.1 EEG Headsets (Electroencephalography Headset)	50
4.2.2 NEUROSKY'S Mindwave Mobile Headset	52
4.2.2.1 Παρουσίαση της Συσκευής	53
4.2.2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά	56
4.2.2.3 NeuroSky – EEG Algorithms.....	57
5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	61
<i>APPLICATION software: ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ της ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ</i>	61
5.1 Android	62
5.1.1 Εισαγωγή.....	62
5.1.2 Αρχιτεκτονική του Android	63
5.1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά.....	66
5.2 Android Studio	68
5.2.1 Χαρακτηριστικά.....	68
5.2.2 Περιβάλλον του Android Studio	69
5.3 Γλώσσες Προγραμματισμού	72
5.3.1 JAVA.....	72
5.3.2 XML.....	75
5.4 Bluetooth.....	76
5.4.1 Bluetooth Πρωτόκολλο	77

5.4.2 Ασφάλεια.....	79
5.5 Αναφορά σε σχετικές Android εφαρμογές.....	79
5.5.1 Χαρακτηριστικά επιτυχημένης Ιατρικής Εφαρμογής	80
6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	83
<i>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....</i>	83
6.1 Εισαγωγή στην Εφαρμογή	84
6.1.1 Στόχοι της Εφαρμογής	84
6.1.2 Υλοποίηση της Εφαρμογής.....	84
6.1.3 Δομή	84
6.2 Παρουσίασή της.....	87
6.3 Παράθεση Ενδεικτικού Κώδικα.....	103
7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	108
<i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....</i>	108
7.1 Σύνοψη & Συμπεράσματα.....	109
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	109
Βιβλιογραφία	112

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος.....	21
Εικόνα 2.2 Οι λοβοί του εγκεφάλου: Μετωπιαίος, Βρεγματικός, Κροταφικός και Ινιακός λοβός.....	23
Εικόνα 2.3 Το νευρικό σύστημα.....	23
Εικόνα 2.4 Νευρικά Κύτταρα.....	24
Εικόνα 2.5 Hans Berger: Ο Γερμανός Νευρολόγος - Ψυχίατρος που επινόησε το ΗΕΓ.....	27
Εικόνα 2.6 Καταγραφή ΗΕΓ με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής.....	30
Εικόνα 2.7 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-20».....	31
Εικόνα 2.8 Επεξήγηση Συστήματος Καταγραφής ΗΕΓ «10-20».....	32
Εικόνα 2.9 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-20» - Οι θέσεις των ηλεκτροδίων.....	33
Εικόνα 2.10 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-10» - Οι θέσεις των ηλεκτροδίων.....	33
Εικόνα 2.11 Ρυθμός άλφα (α).....	35
Εικόνα 2.12 Ρυθμός βήτα (β).....	35
Εικόνα 2.13 Ρυθμός θήτα (θ).....	36
Εικόνα 2.14 Ρυθμός δέλτα (δ).....	36
Εικόνα 2.15 Ρυθμός γάμμα (γ).....	36
Εικόνα 2.16 Συνολική αναπαράσταση των κυμάτων του εγκεφάλου, ξεκινώντας από επάνω με τα κύματα γάμμα (μπλέ), στη συνέχεια τα κύματα βήτα(πράσινο), αμέσως μετά τα κύματα άλφα(κιτρινωπό), αμέσως πιο κάτω τα κύματα θήτα(προτοκαλοπό) και τελειώνοντας με τα κύματα δέλτα(πορτοκαλοκόκκινο).....	37
Εικόνα 2.17 Απόσπασμα από το λογισμικό της EMOTIV BrainViz: είναι λογισμικό απεικόνισης τριών διαστάσεων του εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο.....	39
Εικόνα 2.18 Απόσπασμα από το λογισμικό EMOTIV BrainViz.....	39
Εικόνα 3.1 Στιγμιότυπο του παιχνιδιού.....	44
Εικόνα 4.1 Ως προς τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε κάποια βασικά στάδια: οι BCI συσκευές καταγράφουν τα σήματα του εγκεφάλου. Η διαδικασία είναι γνωστή ως επεξεργασία σήματος. Εν συνεχεία, τα BCI συστήματα μεταφέρουν αυτά τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακά και χρησιμοποιώντας την μέθοδο επεξεργασίας του σήματος, εξάγονται τα χαρακτηριστικά και ταξινομούνται. Τέλος, το εξαγόμενο σήμα στέλνεται στην εκάστοτε εφαρμογή BCI. (Li, Ding, & Conti, 2015).....	48
Εικόνα 4.2 Αναπαράσταση της λειτουργίας ενός BCI συστήματος. (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012).....	49
Εικόνα 4.3(a) Biosemi Active.....	51
Εικόνα 4.3(b) Emotiv EPOC.....	51
Εικόνα 4.3(c) NeuroSky.....	51
Εικόνα 4.4 Η συσκευή «MindWave Mobile Headset» παρουσιάζεται με τα χαρ/κα της, όπως φαίνονται στην εικόνα: τον εύκαμπτο αισθητήρα, ο οποίος εφαρμόζεται με άνεση στο μέτωπο, το κλιπ, που στηρίζεται με άνεση στον λοβό του αυτιού κλπ.....	56
Εικόνα 5.1 Το πρώτο Android smartphone που κυκλοφόρησε τον Οκτώβρη του 2008: T-Mobile G1 ή HTC Dream.....	62
Εικόνα 5.2 Το λογότυπο του Android σήμερα.....	63
Εικόνα 5.3 Επίσημη εικόνα του Android 13, το οποίο από τον Ιούνιο του 2022 βρίσκεται στην δοκιμαστική έκδοση του Android 13 BETA 3.3.....	63

Εικόνα 5.4 Η αρχιτεκτονική του Android.....	64
Εικόνα 5.5 Αρχική Οθόνη Android 12.....	66
Εικόνα 5.6 Το λογότυπο του Android Studio.....	68
Εικόνα 5.7 Το παράθυρο καλωσορίσματος από την πλατφόρμα του Android Studio αμέσως μετά την εγκατάστασή του.....	69
Εικόνα 5.8 Ρύθμιση των χαρακτηριστικών του project που πρόκειται να δημιουργηθεί.....	69
Εικόνα 5.9 Με τη δημιουργία του project για την εφαρμογή παράγονται στον φάκελο της εφαρμογής τα παραπάνω αρχεία.....	70
Εικόνα 5.10 Η πλατφόρμα του Android Studio ακολουθεί την εξής ιεραρχία, όπως φαίνεται και στην εικόνα:	71
Το <code>AndroidManifest.xml</code> , το οποίο περιέχει όλα τα <code>permissions</code>	71
Τα <code>JAVA</code> αρχεία, με πρωταρχικό ρόλο να παίζει η <code>MainActivity.java</code> και στη συνέχεια, ό,τι επιθυμεί ο χρήστης να προσθέσει, όπως στην προκειμένη περίπτωση, προσθέσαμε την <code>SplashScreenActivity.java</code> , την <code>DeviceList.java</code> , αλλά ενσωματώσαμε και μια εξωτερική βιβλιοθήκη καθώς και κλάση, συμπληρωματικά της εργασίας.....	71
Συνεχίζοντας, οι πόροι – <code>resources</code> δεν μπορούν να απουσιάζουν από την ιεραρχία. Πρωτίστως, στα <code>layouts</code> , έρχεται η <code>activity_main.xml</code> καθώς και η <code>activity_splash_screen.xml</code> , με την οποία κάνει είσοδο η εφαρμογή. Ακολουθούν η <code>activity_select.xml</code> , και η <code>device_info.xml</code> . Υπάρχουν και οι υποκατηγορίες <code>drawable</code> , <code>values</code> (<code>strings.xml</code> , <code>themes.xml</code>), <code>raw</code> , διάφορα άλλα χρήσιμα <code>xml</code> αρχεία και <code>map</code>	71
Τέλος, αξιοσημείωτη αναφορά χρίζει η κατηγορία στο κάτω μέρος του στιγμιότυπου, το <code>Gradle Scripts</code> , το οποίο καθιστά το ανώτερο επίπεδο με όλα τα αρχεία <code>build</code>	71
Εικόνα 5.11 “Network Security Config” xml file.....	71
Εικόνα 5.12 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση πρώτη: Επεξεργασία.....	72
Εικόνα 5.13 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση δεύτερη: Μεταγλώττιση.....	73
Εικόνα 5.14 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση τρίτη: Φόρτωση.....	73
Εικόνα 5.15 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση τέταρτη: Επαλήθευση.....	74
Εικόνα 5.16 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση πέμπτη: Εκτέλεση.....	74
Εικόνα 5.17 Το λογότυπο της Bluetooth τεχνολογίας.....	76
Εικόνα 5.18 Η αρχιτεκτονική της δικτύωσης <code>piconet</code> και <code>scatternet</code>	77
Εικόνα 5.19 Η αρχιτεκτονική στοίβας του Bluetooth.....	78
Εικόνα 6.1 Η εικονική μηχανή του Android Studio.....	86
Εικόνα 6.2 Συσκευή Android έκδοσης 8.0 στο Android Studio.....	86
Εικόνα 6.3 Συσκευή Android έκδοσης 12.0 στο Android Studio.....	86
Εικόνα 6.4 Στιγμιότυπο USB - Debugging.....	87
Εικόνα 6.5 Στιγμιότυπο Wireless - Debugging.....	88
Εικόνα 6.6 Η συσκευή που συνθέθηκε μέσω Wireless Debugging, όπως φαίνεται στο Device Manager του Android Studio. (η συσκευή: Samsung Galaxy S22+, Android 12.0, API Level 31).....	88
Εικόνα 6.7 «Splash Screen Activity».....	89
Εικόνα 6.8(a) BT Connection - Permission.....	90
Εικόνα 6.8(b) Λίστα συζευγμένων Bluetooth συσκευών.....	90
Εικόνα 6.9 Device Connection: in progress.....	91
Εικόνα 6.10 Running.....	91

Εικόνα 6.11 Στιγμιότυπο αρχείου ("MyFile_record(05_10_2022)_(19_46).txt") που δημιουργήθηκε κατά την εκτέλεση της εφαρμογής.	92
Εικόνα 6.12 Μήνυμα ειδοποίησης ότι το αρχείο έχει αποθηκευτεί στον υπολογιστή με επιτυχία.	92
Εικόνα 6.13 Γράφημα 1.1	95
Εικόνα 6.14 Γράφημα 1.2	96
Εικόνα 6.15 Γράφημα 1.3	96
Εικόνα 6.16 Γράφημα 2.1	97
Εικόνα 6.17 Γράφημα 2.2	98
Εικόνα 6.18 Γράφημα 2.3	98
Εικόνα 6.19 Γράφημα 3.1	99
Εικόνα 6.20 Γράφημα 3.2	100
Εικόνα 6.21 Γράφημα 3.3	100
Εικόνα 6.22 Γράφημα 4.1	101
Εικόνα 6.23 Γράφημα 4.2	102
Εικόνα 6.24 Γράφημα 4.3	102
Εικόνα 6.25 (Android Studio) BT adapter.	103
Εικόνα 6.26 (Android Studio) Απόσπασμα κλάσης DeviceList.java.	103
Εικόνα 6.27 (Android Studio) Εγκεφαλικοί ρυθμοί και μετατροπή τους σε ποσοστά.	104
Εικόνα 6.28 (Android Studio) Έλεγχος για την εύρεση και εμφάνιση του κυρίαρχου ρυθμού.....	104
Εικόνα 6.29 (Android Studio) Κώδικας για Μετρητές Attention & Meditation.	105
Εικόνα 6.30 (Android Studio) Κώδικας για το γράψιμο των αποτελεσμάτων σε αρχείο κειμένου (μορφής txt)....	105
Εικόνα 6.31 (Android Studio) Απόσπασμα κώδικα για την οπτικοποίηση εγκεφαλικών ρυθμών.	105
Εικόνα 6.32 (Android Studio) Κώδικας ενός μέρους του layout για τον τίτλο της εφαρμογής.....	106
Εικόνα 6.33 (Android Studio) Κώδικας για τον πίνακα των τιμών των ρυθμών.....	106
Εικόνα 7.1 (Android Studio) EPERM error.	110

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Table 1 Πίνακας παρουσίασης της συσκευής.</i>	<i>53</i>
<i>Table 2 Πίνακας επεξήγησης των τιμών eSense. Αυτό που μετράται είναι η ένταση του επιπέδου της «προσοχής» - «Attention» ή «χαλάρωσης» - «Meditation» σε έναν χρήστη, όταν ο ίδιος βρίσκεται σε σταθερή ψυχική δραστηριότητα.....</i>	<i>58</i>
<i>Table 3 Πίνακας Πειραματικών Μετρήσεων.....</i>	<i>93</i>

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

A.

<i>Συντομογραφία</i>	<i>Έννοια</i>
ΗΕΓ	<i>Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα</i>
ΗΚΓ	<i>Ηλεκτροκαρδιογράφημα</i>
ΚΝΣ	<i>Κεντρικό Νευρικό Σύστημα</i>
ΠΝΣ	<i>Περιφερικό Νευρικό Σύστημα</i>
ΔΕΠΥ	<i>Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής – Υπερκινητικότητας</i>
ΨΔ	<i>Ιδεοψυχαναγκαστική Διαταραχή</i>
Η/Υ	<i>Ηλεκτρονικός Υπολογιστής</i>
εκατ.	<i>Εκατομμύριο,-α</i>
π.χ.	<i>Παραδείγματος Χάριν</i>
κλπ.	<i>Και λοιπά</i>
Εικ.	<i>Εικόνα</i>
Βλ.	<i>Βλέπε</i>
Χαρ/κα	<i>Χαρακτηριστικά</i>

B.

<i>Συντομογραφία</i>	<i>Έννοια</i>
EEG	<i>Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα</i>
BCI	<i>Brain Computer Interface</i>
BEAM	<i>Brain Electric Activity Mapping</i>
TGAM	<i>EEG ThinkGear ASIC Module</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
ART	<i>Android Runtime</i>
HAL	<i>Hardware Abstraction Layer</i>
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>
BT	<i>Bluetooth</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
gr	<i>Gram</i>
Hz	<i>Μονάδα Μέτρησης Συχνότητας</i>
AC	<i>Εναλλασσόμενο Ρεύμα</i>

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ & ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σφαιρική εισαγωγή περί του θέματος της Διπλωματικής μου, ούτως ώστε να γίνει προσιτό και ορθώς αντιληπτό από όλους τους αναγνώστες.

1.1 Εισαγωγή

Με την πάροδο του χρόνου έχει ανθίσει ένας καινοτόμος τομέας, αυτός της Ιατρικής Πληροφορικής. Πληθώρα εφαρμογών και εργαλείων έχουν σχεδιαστεί για να επιτύχουν ποικίλους στόχους, ο βασικότερος εξ αυτών η διευκόλυνση της ζωής των ανθρώπων. Η επιστήμη της Ιατρικής σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών αναπτύσσονται ραγδαία και έχουν σημειώσει μεγάλο ενδιαφέρον, αφού πρόκειται για έναν έξυπνο και χρήσιμο κλάδο στην σύγχρονη πραγματικότητα. Η πληροφορική ιατρική εστιάζει στον τομέα των εφαρμογών υγείας, πέρα όμως από τον ιατρικό κλάδο, περιέχει εφαρμογές και στη φαρμακολογία, νοσηλευτική και σε άλλες ακόμη.

1.2 Στόχος - Περιγραφή Αντικειμένου Διπλωματικής Εργασίας

Λοιπόν, ο ενδιαφέρον αυτός τομέας με οδήγησε στην πρόκληση να δημιουργήσω μια καινοτόμα εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android και θέτει ως στόχο την οπτικοποίηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας ενός ανθρώπου σε πραγματικό χρόνο. Περιληπτικά, ανοίγοντας ο χρήστης την εφαρμογή, αφού πρώτα την εγκαταστήσει, είναι έτοιμος να συνδεθεί ασύρματα με τα Bluetooth ακουστικά της εταιρείας NeuroSky. Αφού αποκτήσει σύνδεση με τα ακουστικά, στην κύρια οθόνη της εφαρμογής θα εμφανιστούν οι τιμές που λαμβάνονται εκείνη την ώρα από τον εκάστοτε χρήστη και ανάλογα με αυτές θα μπορεί να δίνεται ένα συμπέρασμα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται. Για παράδειγμα αν είναι αγχωμένος, συγκεντρωμένος, κατά πόσο είναι εστιασμένη η προσοχή του νοητικά. Τέλος, από τις τιμές που θα προκύπτουν, θα υπάρχει δυνατότητα εμφάνισης, στην οθόνη, του διαγράμματος απεικόνισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας live.

1.3 Οργάνωση Κειμένου - Δομή

Το κείμενο της Διπλωματικής οργανώνεται ως εξής:

- Στην **1^η** ενότητα, «Εισαγωγή και Θεωρητικό Υπόβαθρο», αναφέρεται το γενικευμένο και εισαγωγικό κομμάτι του θέματος. Παρουσιάζεται ο κλάδος της Ιατρικής Πληροφορικής και δίνεται ο σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.
- Στην **2^η** ενότητα, «Εγκέφαλος και Ηλεκτροεγκεφαλική Δραστηριότητα», περιγράφονται κάποιες βασικές έννοιες, όπως ο εγκέφαλος και η ύπαρξη της ηλεκτρικής του δραστηριότητας. Γίνεται αναφορά στα Βιοϊατρικά Σήματα καθώς επίσης αναλύεται και η μέθοδος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.
- Στην **3^η** ενότητα αναφέρεται η «Βιβλιογραφική Ανασκόπηση» γύρω από τις μελέτες και εφαρμογές περί ΗΕΓ.

- Στην 4^η ενότητα περιγράφεται το «Hardware – Υλισμικό» κομμάτι της εφαρμογής που υλοποιήθηκε σε ετούτη τη Διπλωματική.
- Στην 5^η ενότητα περιγράφεται το «Software – Λογισμικό» κομμάτι της εφαρμογής που υλοποιήθηκε σε ετούτη τη Διπλωματική.
- Στην 6^η ενότητα, «Παρουσίαση της Εφαρμογής», παρουσιάζεται εξ' ολοκλήρου η εφαρμογή, με πειράματα σε ανθρώπινο εγκέφαλο και παραδείγματα στην πράξη.
- Τέλος, στην 7^η ενότητα περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα καθώς και οι μελλοντικές επεκτάσεις που προκύπτουν εν τέλει, «Συμπεράσματα & Μελλοντικές Επεκτάσεις».

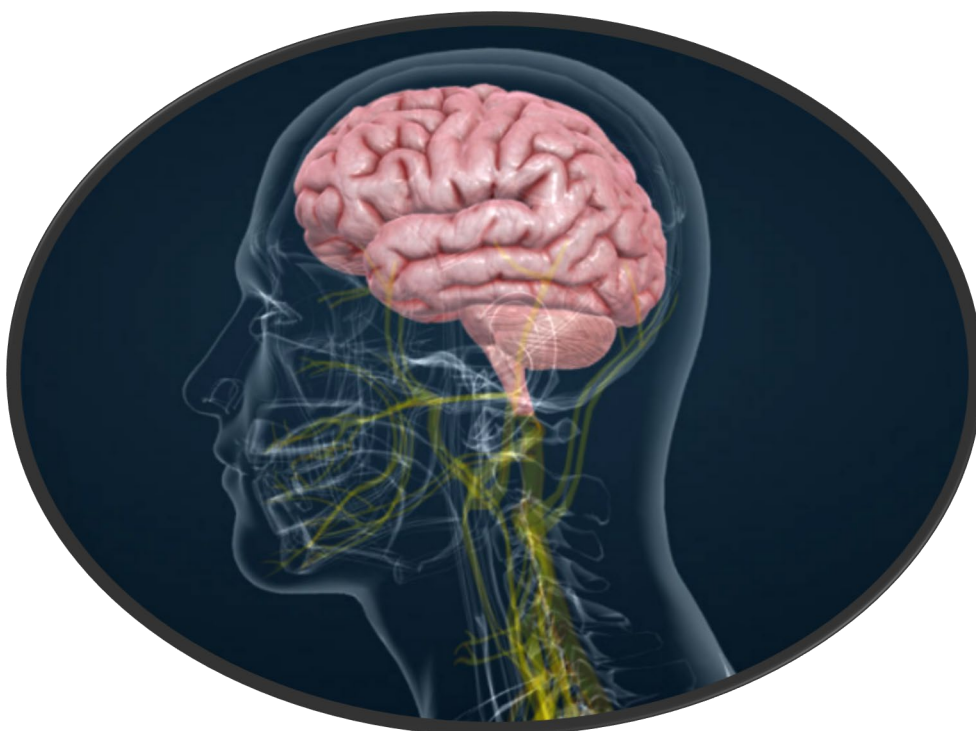
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ & ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναφορά στον ανθρώπινο εγκέφαλο για την καλύτερη κατανόηση βασικών δομών και στην ηλεκτρική δραστηριότητά του, αφού ερευνώντας τους ρυθμούς αυτού μπορούν να εξαχθούν πολλά συμπεράσματα που είναι χρήσιμα. Περιληπτικά, γίνεται συζήτηση για τον κλάδο του Βιοϊατρικού Σήματος, δίνοντας έμφαση στην επεξεργασία και ανάλυση ΗΕΓ. Άρα, το κείμενο ακολουθεί μια γενικότερη αναφορά στη φυσιολογία του οργάνου, και ύστερα συγκεκριμενοποιείται στα ενδότερα και περισσότερο σχετικά με την εργασία δεδομένα.

2.1 Ανθρώπινος Εγκέφαλος

Ο **ανθρώπινος εγκέφαλος** είναι ένα όργανο που μπορεί και ελέγχει όλες τις λειτουργίες του σώματος, άρα πρόκειται για ένα πολύπλοκο δημιούργημα της φύσης, το οποίο περιέχει ένα σύνθετο δίκτυο κυττάρων, και εξίσου πολύτιμο (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015). Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος / τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος – ΚΝΣ. Ο εγκέφαλος ελέγχει τις σκέψεις ενός ανθρώπου, την ομιλία του, την κίνηση των άκρων και διαφόρων οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Πληροφορίες λαμβάνει μέσω των πέντε αισθήσεων: την όραση, όσφρηση, γεύση, ακοή, αφή. Ακόμη, ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος και για τα συναισθήματα του ανθρώπου, της συμπεριφοράς όπως επίσης και για ανώτερες νοητικές λειτουργίες, όπως η δημιουργικότητα, η μνήμη, η λογική, η αντίληψη και η προσοχή. (Τζάλλας, 2009)



Εικόνα 2.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Με μικρής, μόλις, μάζας που ανέρχεται στα 1300 με 1400 γραμμάρια (gr), που σημαίνει ότι συγκεντρώνει μόλις το 2% του συνολικού βάρους του ανθρώπινου σώματος αλλά εξαντλεί το 20% της ενέργειας (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ), ο εγκέφαλος είναι ένα όργανο με εκατομμύρια χρόνια εξέλιξης. Γι' αυτό και αποτελεί ενδιαφέρον πεδίο μελέτης και έρευνας. Όμως, πώς συσχετίζεται με τον ηλεκτρισμό; Ο ηλεκτρισμός στη φύση και τα ηλεκτρικά φαινόμενα έχουν

καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των οργανισμών στο σύμπαν. Ο τρόπος με τον οποίο διεισδύει στον άνθρωπο είναι τα μάτια: αφού δεχτούν τις ακτίνες του φωτός, τις μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα. Το νευρικό δίκτυο με τα νεύρα έχουν τον ρόλο της μετάδοσης αυτών των σημάτων στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Η σκέψη και η αντίληψη εξαρτώνται άμεσα από τα στοιχειώδη αυτά ηλεκτρικά σήματα. (Ο ηλεκτρισμός στη φύση - Noesis) Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου περιγράφονται εκτενώς στην υποενότητα 2.3.3.

Πριν δεκαετίες, ο Γερμανός Ψυχίατρος Hans Berger, άρχισε να ερευνά την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου. Πιο συγκεκριμένα, κατέγραψε τα εγκεφαλικά κύτταρα ενός ανθρώπου, τοποθετώντας ηλεκτρόδιο στο τριχωτό της κεφαλής. Μάλιστα, τον Ιούλιο του 1924, πραγματοποίησε το πρώτο του ηλεκτροεγκεφαλογράφημα σ' ένα αγόρι – ηλικίας 17 ετών – κατά τη διάρκεια μιας νευροχειρουργικής επέμβασης. Ο Hans Berger ανέπτυξε τεχνική καταγραφής, την σύνδεση του ηλεκτροδίου με το τριχωτό της κεφαλής ενός ανθρώπου, μία τεχνική που χρησιμοποιείται και σήμερα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αποτέλεσε τον πρώτο άνθρωπο που κατέγραψε την ηλεκτρική δραστηριότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου ως μία **μη επεμβατική**¹ διαδικασία. (İnce, Adanır, & Sevmez)

2.1.1 Νευροφυσιολογία Εγκεφάλου & Ανατομία

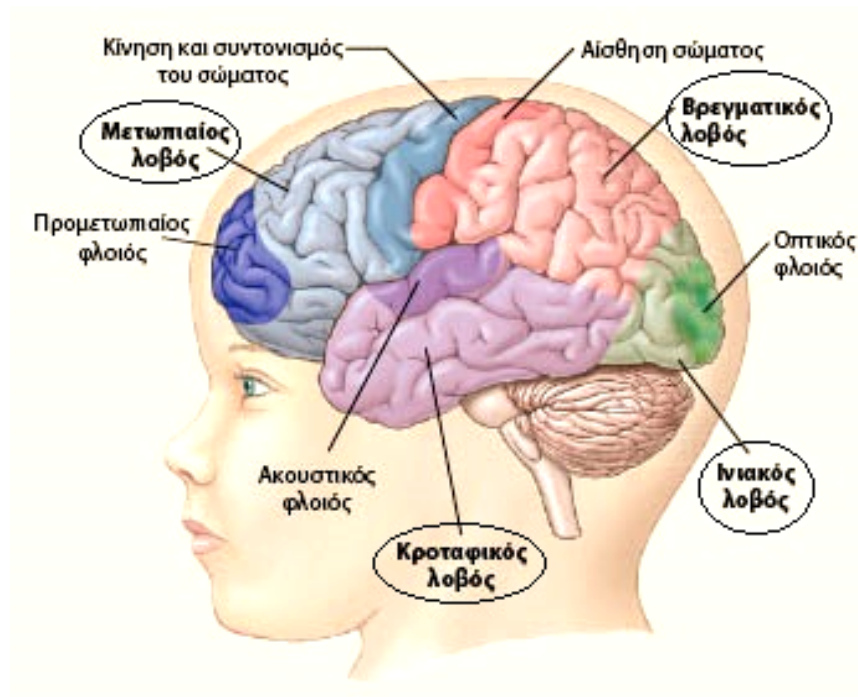
Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι το βασικό όργανο στο νευρικό σύστημα ενός ανθρώπου και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος αυτού. Εντοπίζεται εντός του εγκεφαλικού κρανίου και περιβάλλεται από τις μήνιγγες². Εκεί, ο εγκέφαλος πλέει σε ένα διαυγές υγρό, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό. Αυτό είναι υπεύθυνο για να προστατεύει φυσικές αλλά και ανοσολογικές λειτουργίες. Υπάρχει σε όλα τα σπονδυλωτά όντα στον πλανήτη γη.

Όσον αφορά την ανατομία του, ο εγκέφαλος αποτελείται από δύο ημισφαίρια, το δεξιό και αριστερό ημισφαίριο. Αυτά διαιρούνται στους τέσσερις ακόλουθους λοβούς:

- **Μετωπιαίος** λοβός: είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των συναισθημάτων, της έκφρασης του λόγου και των κινήσεων.
- **Βρεγματικός**: είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των αισθήσεων της αφής, όπως είναι η θερμοκρασία, ο πόνος κ.α.
- **Κροταφικός**: είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση της γεύσης, οσμής, της ακοής, όπως επίσης και τη δημιουργία μνήμης.
- **Ινιακός**: ελέγχει την όραση και γενικότερα τα οπτικά ερεθίσματα.

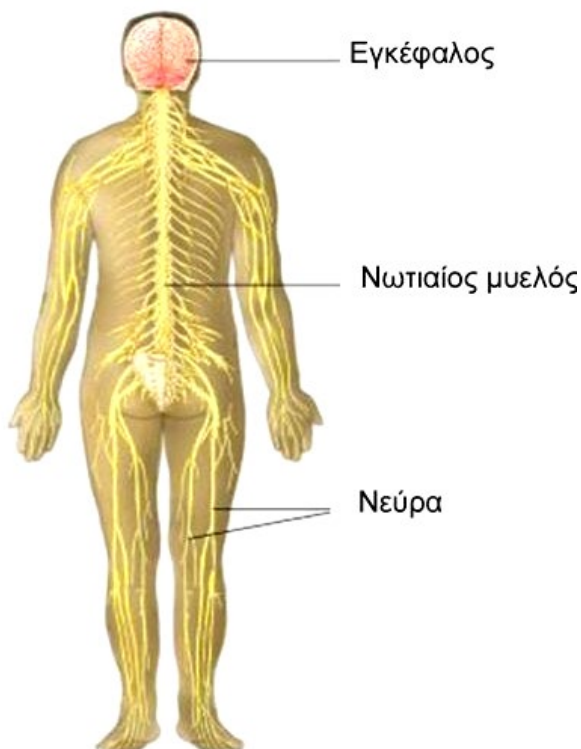
¹ Βλ. Κεφ. 2.3

² Για την προστασία του, το ΚΝΣ περιβάλλεται από τρεις προστατευτικούς υμένες, τις μήνιγγες.



Εικόνα 2.2 Οι λοβοί του εγκεφάλου: Μετωπιαίος, Βρεγματικός, Κροταφικός και Ινιακός λοβός.

Ο εγκέφαλος αποτελείται από νευρώνες, στους οποίους λαμβάνονται, επεξεργάζονται και μεταβιβάζονται τα ερεθίσματα. (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ) Οι λειτουργίες του εγκεφάλου εξαρτώνται από την ικανότητα των νευρώνων να μεταδίδουν ηλεκτροχημικά σήματα σε άλλα κύτταρα και, αντιστοίχως, να ανταποκρίνονται στη λήψη τέτοιων σημάτων από κύτταρα. Οι



νευρώνες έχουν ηλεκτρικές ιδιότητες, οι οποίες ελέγχονται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των νευροδιαβιβαστών και των υποδοχέων που βρίσκονται στις συνάψεις. Οι νευροδιαβιβαστές εκκρίνουν ενώσεις χρήσιμες στη μεταβίβαση της πληροφορίας. (Φωτιάδης)

Ο Εγκέφαλος και ο Νωτιαίος Μυελός αποτελούν το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) και τα νεύρα απαρτίζουν το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ). Αυτά είναι τα όργανα του Νευρικού Συστήματος, όπως φαίνονται στη διπλανή εικόνα. (εικ. 2.3) και αποτελούνται από νευρικό ιστό.

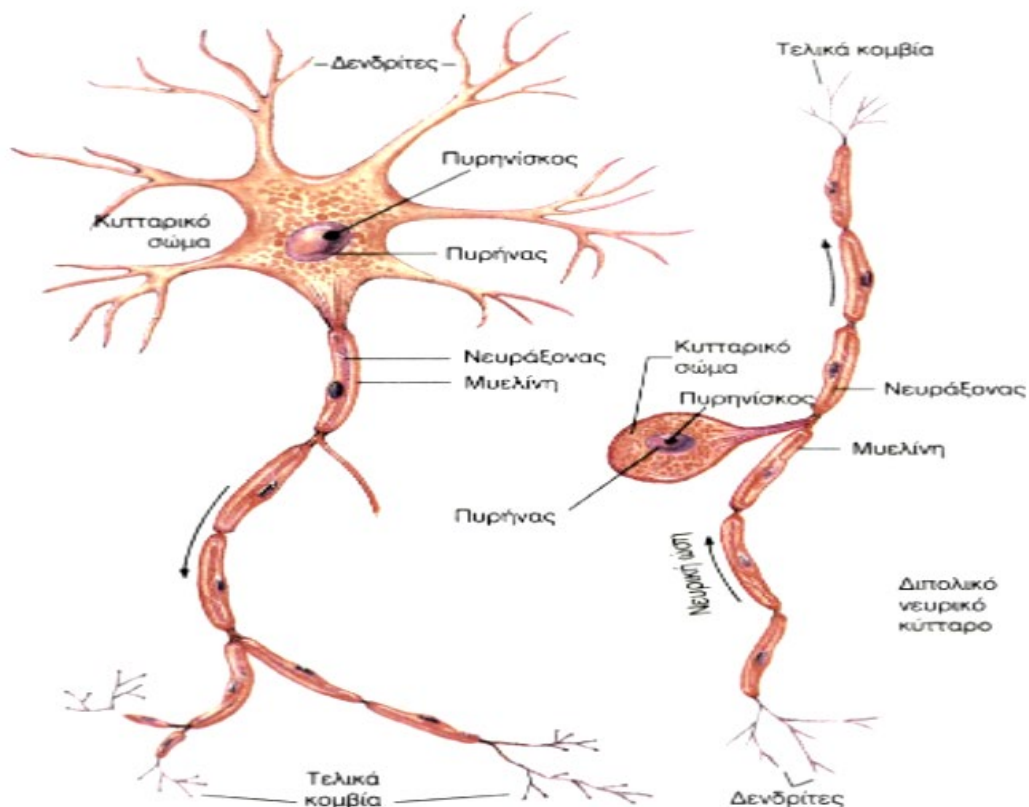
Το Νευρικό Σύστημα χαρακτηρίζεται ως ένα δίκτυο επικοινωνίας, που περιλαμβάνει επίσης:

Εικόνα 2.3 Το νευρικό σύστημα.

τα αισθητήρια μέρη, υπεύθυνα για την αντίληψη γεγονότων που συμβαίνουν στο γύρω περιβάλλον, τα μέρη ολοκλήρωσης, για την επεξεργασία των πληροφοριών αποθηκευμένων στη μνήμη και τα κινητικά μέρη, για την παραγωγή των κινήσεων κι άλλων δραστηριοτήτων.

Τα κύτταρα του νευρικού ιστού χωρίζονται σε νευρικά κύτταρα / νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα.

- Οι νευρώνες αποτελούν τη δομική και λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος. Αποτελούνται από το κυτταρικό σώμα και από τις αποφυάδες. Το χαρακτηριστικό τους είναι η αντίδρασή τους σε ορισμένες μεταβολές του περιβάλλοντος (π.χ. η μεταβολή της θερμοκρασίας, της πίεσης). Σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν, οι νευρώνες διακρίνονται σε αισθητικούς, κινητικούς και ενδιάμεσους. Ενημερωτικά, στον εγκέφαλο επικρατούν περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες. Ο αριθμός των νευρώνων υφίσταται μείωση από την ηλικία των 30 ετών. (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ)
- Τα νευρογλοιακά κύτταρα έχουν βοηθητικό ρόλο, καθώς εμπλουτίζουν τους νευρώνες με θρεπτικά συστατικά και απωθούν τις άχρηστες ουσίες. Ακόμη, είναι πολύ περισσότερα, σε αριθμό, από αυτούς. (ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ)



Εικόνα 2.4 Νευρικά Κύτταρα.

Εξωτερικά της κυτταρικής μεμβράνης του νευρώνα, όταν αυτός δεν λαμβάνει ερεθίσματα, συγκεντρώνονται σε μεγάλο βαθμό ιόντα νατρίου – Na⁺, και εσωτερικά συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες ιόντων Καλίου – K⁺ και αρνητικών ιόντων. Έτσι δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού, περίπου ίση με -70mV. Αυτό το δυναμικό ονομάστηκε Δυναμικό Ηρεμίας. Όταν η μεμβράνη υποστεί κάποιο ερέθισμα με ένταση μεγαλύτερη μιας οριακής τιμής, έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτουν αλλαγές στο δυναμικό και μεταφέρονται κατά μήκος του νευροάξονα. Τότε, το δυναμικό ενεργείας αποτελεί τη νευρική ώση. Αυτή, με τη σειρά της, μεταδίδεται από νευρώνα σε νευρώνα ή από νευρώνα σε άλλα όργανα μέσω των συνάψεων και των νευροδιαβιβαστών³.

2.2 Βιοιατρικά Σήματα

Με τον όρο Βιοϊατρικό Σήμα εννοούμε τις διακυμάνσεις των φυσικών μεγεθών στον χρόνο, όπου αυτές συμβαίνουν στον άνθρωπο και κατ' επέκταση στα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Αφορά ένα μεγάλο εύρος σημάτων, μονοδιάστατων και πολυδιάστατων, όπως εικόνα, βίντεο, εξαρτάται κάθε φορά από τις ανάγκες της ιατρικής και τι εργαλεία χρειάζεται να αξιοποιήσει ο επιστήμονας σε κάθε περίπτωση. Πλέον, με την εξέλιξη της τεχνολογίας – των τεχνολογικών μέσων στην Ιατρική, μπορούν να παραχθούν πολύ χρήσιμες πληροφορίες για έναν ασθενή. Ιστορικά, προς το τέλος του 19^{ου} αιώνα καταγράφηκε η πρώτη ακτινογραφία, δηλαδή η προσπάθεια απεικόνισης των οργάνων με τη χρήση τεχνολογιών ακτίνων X. Μάλιστα, έως τα τέλη του 1920-1930, είχαν ερευνηθεί μέθοδοι καταγραφής και ανάλυσης του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και του ηλεκτρομυογραφήματος. Αξιοσημείωτη είναι η πρόοδος, καθώς είναι ικανά, σήμερα, να χρησιμοποιούνται για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών και να προσφέρουν την καταγραφή εικόνας και βίντεο των οργάνων, δίχως μεθόδους επεμβατικούς. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015)

Τα Βιοϊατρικά Σήματα περιέχουν ορισμένα χαρακτηριστικά, σύμφωνα με αυτά και εκτιμώντας την ιατρική γνώση, ενδέχεται να οδηγήσουν σε έγκυρη πρόγνωση και διάγνωση. Για την καταγραφή των Βιοϊατρικών Σημάτων και την εξαγωγή τους, απαιτούνται ορισμένα τεχνολογικά μέσα. Κάποια από αυτά είναι τα ηλεκτρόδια, δηλαδή ηλεκτρικοί αισθητήρες, επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια, ο μαγνητικός τομογράφος, ο υπερηχογράφος κ.α.

³ Η νόσος Parkinson είναι μια ασθένεια που παρατηρείται με τη μείωση της παραγωγής νευροδιαβιβαστών.

2.2.1 Σήμα ΗΕΓ

Ένα σήμα ΗΕΓ προέρχεται από το ανθρώπινο σώμα. Αυτή είναι η πηγή προέλευσής του. Ο εγκέφαλος παράγει από φύσις του φυσικό σήμα. Στις πρώιμες μετρήσεις βιοϊατρικών σημάτων, συγκεκριμένα στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ), όπως και στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), εφαρμόστηκαν πληθώρα μεθόδων για την επεξεργασία τους. Αυτά τα βιοσήματα είναι αποτελέσματα κάποιας συντονισμένης ηλεκτρικής δραστηριότητας των κυττάρων του οργανισμού. Ορισμένα από τα φαινόμενα που μπορούν να προκαλέσουν αυτή τη δραστηριότητα είναι η διαφορά δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη, σε κατάσταση ηρεμίας, και η αποπόλωση. Ύστερα από την επεξεργασία του βιοσήματος, δηλαδή του φιλτραρίσματος του σήματος από τον θόρυβο, αν υπάρχει, και την εξάλειψη των πλεονασμάτων για την ύπαρξη λιγότερων παραμέτρων, προκύπτει ένα συμπέρασμα, το οποίο μπορεί να αποφανθεί χρήσιμο σε μια ιατρική διάγνωση. (Δελήμπασης)

Στην μελέτη λειτουργίας του εγκεφάλου αλλά και στην κλινική διάγνωση, είναι πολύ σημαντική η ανάλυση του ΗΕΓ. Γενικά το ΗΕΓ έχει χαμηλή συχνότητα και μικρό πλάτος. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα σήματα EEG, όπως τα βιοηλεκτρικά σήματα του ανθρώπινου σώματος, είναι πολύ αδύναμα. Για παράδειγμα, ένα ΗΕΓ που καταγράφηκε από το τριχωτό της κεφαλής ήταν για αρχή μικρότερο των 50 μV , ενώ ο θόρυβος που υπήρχε ανερχόταν στα 100 μV και πάνω. Αυτό σημαίνει ότι η καταγραφή του σήματος ενός ΗΕΓ μπορεί να επηρεαστεί εύκολα από ανθρώπινες δραστηριότητες και το γύρω περιβάλλον. Κυρίαρχες είναι οι ηλεκτρικές παρεμβολές. (Qingsong & Xie, 2018) Να σημειωθεί, επίσης, ότι ο εγκέφαλος είναι ένα πολύ ευαίσθητο όργανο του ανθρώπινου σώματος, κατά συνέπεια ευαίσθητο και στις καταγραφές του.

2.2.1.1 Ιδιότητες του ΗΕΓ

Σε αυτήν την παράγραφο θα παρουσιαστούν ορισμένες από τις λειτουργικές μεν σύνθετες δε ιδιότητες του ΗΕΓ. Στον τομέα της Ψηφιακής Επεξεργασίας Σημάτων καταγράφονται οι ακόλουθες ιδιότητές του:

- Είναι μια θορυβώδης διαδικασία. Γενικά, το ΗΕΓ μετρά τις διακυμάνσεις της τάσης, όπως προκύπτουν από το ρεύμα ιόντων που διαχέεται εντός των νευρώνων του εγκεφάλου. (ΜΑΤΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΚΑΚΚΟΣ) Αυτές οι μετρήσεις είναι πολύ μικρές, επομένως η καταγραφή ενός ΗΕΓ μπορεί εύκολα να επηρεαστεί από διάφορες μορφές θορύβου.
- Πρόκειται για μια χρονικά μεταβαλλόμενη και μη στάσιμη διαδικασία, ειδικά σε περιπτώσεις παθολογικών καταστάσεων (π.χ. επιληπτικές κρίσεις). Όταν πρόκειται για μικρές χρονικές περιόδους παρατηρείται στασιμότητα. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακάς, 2015)
- Χαρακτηρίζεται, επίσης, ως μη γραμμική διαδικασία.

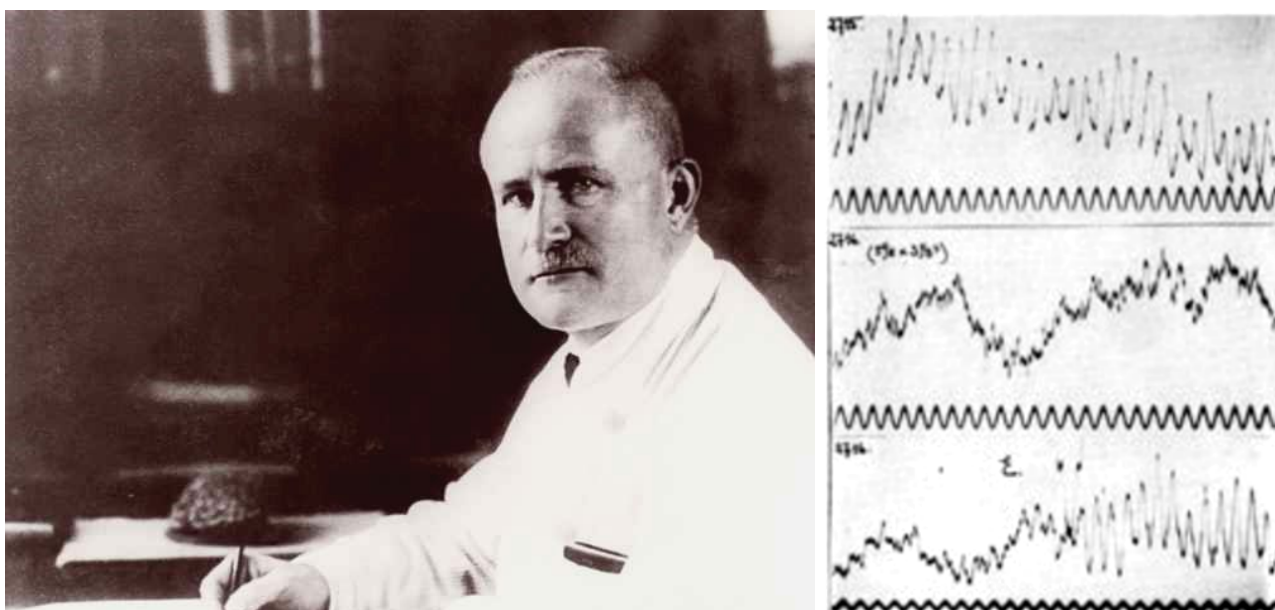
2.3 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα - EEG

2.3.1 Εισαγωγή

Το **ηλεκτροεγκεφαλογράφημα** (ΗΕΓ) ή **EEG** ορίζεται ως μια μέθοδος για την καταγραφή και μελέτη της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου, ειδικότερα, των ηλεκτρικών δυναμικών του οργάνου. Συνηθέστερα, αποτελεί εξέταση μη επεμβατική. Αυτό σημαίνει ότι στο τριχωτό της κεφαλής του εξεταζόμενου τοποθετούνται ηλεκτρόδια, δηλαδή, επιφανειακά και όχι διεισδύοντας ηλεκτρόδια πιο κοντά στον ιστό (επεμβατικός τρόπος).

Έχουν περάσει περίπου 100 χρόνια από την εφεύρεση του ΗΕΓ, με στραμμένο το ενδιαφέρον των ερευνητών, αφού το επιλέγουν ως μέθοδο για ποικίλες εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι η διεπαφή ανθρώπου – υπολογιστή αλλά και σε απεικονίσεις του εγκεφάλου σε νευροεπιστημονικές έρευνες. (Müller-Putz)

Ο Γερμανός Νευρολόγος – Ψυχίατρος, **Hans Berger**, ήταν ο επινοητής του Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Ξεκίνησε την έρευνα και την μελέτη γύρω από τον εγκέφαλο και την ηλεκτρική δραστηριότητα. Τον Ιούλη του 1924 κατέγραψε το πρώτο ΗΕΓ σε ένα παιδί 17 ετών ενώ το ίδιο βρισκόταν σε νευροχειρουργική επέμβαση. Αργότερα, ανέπτυξε τη μέθοδο καταγραφής, που γίνεται ακόμη και σήμερα: τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο κεφάλι. Δηλαδή παίρνει τα πρωτεία στην καταγραφή μη επεμβατικού ΗΕΓ. Το 1929, έγινε δημοσίευση της πρώτης εργασίας του Hans Berger, στην οποία εξέταζε τις καταγραφές ΗΕΓ διαφόρων ασθενών. Τέλος, παρατήρησε την αλλαγή που υφίστανται τα εγκεφαλικά κύματα καθώς διενεργείται μια νοητική δραστηριότητα και στον ύπνο. (İnce, Adanır, & Sevmez)



Εικόνα 2.5 Hans Berger: Ο Γερμανός Νευρολόγος - Ψυχίατρος που επινόησε το ΗΕΓ.

Από την ανακάλυψη του ΗΕΓ, κλινικοί γιατροί και ερευνητές προσπάθησαν να εντοπίσουν μια νευρωνική δραστηριότητα στον εγκέφαλο, η οποία δημιουργεί δυναμικά και αυτά με τη σειρά τους μετρούνται πλέον στο τριχωτό της κεφαλής και μη επεμβατικά με ΗΕΓ. (Christoph & Bin)

2.3.1.1 Ιστορική εξέλιξη ΗΕΓ

Με τη σπουδαία ανακάλυψη του ΗΕΓ από τον Γερμανό Hans Berger, το 1929, η εποχή απέκτησε ένα νέο διαγνωστικό εργαλείο, νευρολογικής και ψυχιατρικής φύσεως. Γι' αυτό και η ανακάλυψή του αποτέλεσε ορόσημο για την ανάπτυξη και πρόοδο της νευροεπιστήμης και νευροχειρουργικής, ιδίως για επιληπτικούς ασθενείς, αφού η αντιμετώπιση της νόσου, για εκείνη την εποχή, ήταν άγνωστη. Σήμερα, το ΗΕΓ συνεχίζει και αποτελεί πολύτιμη μέθοδο στην επεξεργασία και διάγνωση των επιληπτικών κρίσεων, εκφυλιστικών εγκεφαλικών αλλαγών και άλλων ασθενειών, σε τομείς όπως η νευρολογία και η ψυχιατρική. (Tudor, Tudor, & Tudor, 2005)

Με την πάροδο του χρόνου, η τεχνολογία εξελίσσεται με τεράστιους ρυθμούς και επιφέρει πλήθος δυνατοτήτων, συγκεκριμένα στο ΗΕΓ και τη χρησιμότητά του. Τεχνικές δυσκολίες που υπήρχαν στο παρελθόν έχουν πλέον ξεπεραστεί. Τέτοια παράδειγμα είναι οι συσκευές μεγάλου όγκου ή οι μηχανικές δυσλειτουργίες, όπου σήμερα έχουν αντιμετωπιστεί και αντικατασταθεί με τη χρήση ψηφιακών συσκευών καταγραφής και χρήση δικτύων Η/Υ για την μεταφορά των δεδομένων. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015)

2.3.2 Λήψη & Καταγραφή ΗΕΓ

Όταν μιλάμε για την καταγραφή ενός ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος, εννοούμε ότι καταγράφονται τα εναλλασσόμενα σταθερά ηλεκτρικά δυναμικά στον εγκέφαλο.

Παλαιότερα, για τις ανάγκες των εργαστηρίων στα Νοσοκομεία, χρησιμοποιούνταν μεγάλα Συστήματα Λήψης & Καταγραφής ΗΕΓ. Ήταν τα πρώτα που είχαν αναπτυχθεί και η χρήση τους περιοριζόταν μόνο για εκεί. Πλέον, με την εξέλιξη των τεχνολογιών και των Πληροφοριακών Συστημάτων, κυκλοφορούν πολύ πιο ισχυρά συστήματα για την καταγραφή και ανάλυση ΗΕΓ.

Ένα ηλεκτρονικό σύστημα για την λήψη και καταγραφή ενός ΗΕΓ είναι ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος. Με τη χρήση του ανιχνεύονται και καταγράφονται οι διαφορές δυναμικού μεταξύ δύο σημείων του κρανίου. Έτσι, η ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου αποδίδεται είτε σε χαρτί είτε σε μια οθόνη του υπολογιστή. Για να γίνει αυτή η καταγραφή, προηγείται μια σειρά βημάτων.

- Αρχικά, τοποθετούνται ηλεκτρόδια αργύρου (Ag) ή χλωριούχου αργύρου (AgCl) συμμετρικά στο τριχωτό της κεφαλής.
- Με οινόπνευμα καθαρίζεται πολύ καλά το δέρμα, ούτως ώστε να επιτευχθεί χαμηλή αντίσταση επαφής.
- Στη συνέχεια, με τη χρήση ειδικού υγρού (τζέλ) σε ορισμένα σημεία της κεφαλής αποκτάται ο ρόλος του ηλεκτρολύτη.
- Ακολουθεί η σύνδεση των ηλεκτροδίων στον πίνακα συνδεσμολογίας τους.
- Οι διαφορές δυναμικού που ανιχνεύονται πηγαίνουν στον ενισχυτή, που περιέχει και φιλτράρισμα.
- Τελικά, καταγράφονται τα ψηφιακά δεδομένα που προέκυψαν από τις μετρήσεις.

Έτσι, μπορεί να γίνει η επεξεργασία και ανάλυση ενός ΗΕΓ και να ακολουθήσει η συλλογή των αποτελεσμάτων. Να σημειωθεί ότι ενώ λαμβάνονται τα δεδομένα γίνεται η συλλογή ηλεκτρικών σημάτων από το ΚΝΣ. Τα ηλεκτρόδια συλλέγουν τα σήματα αυτά και οδηγούν τη διαδικασία. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015)

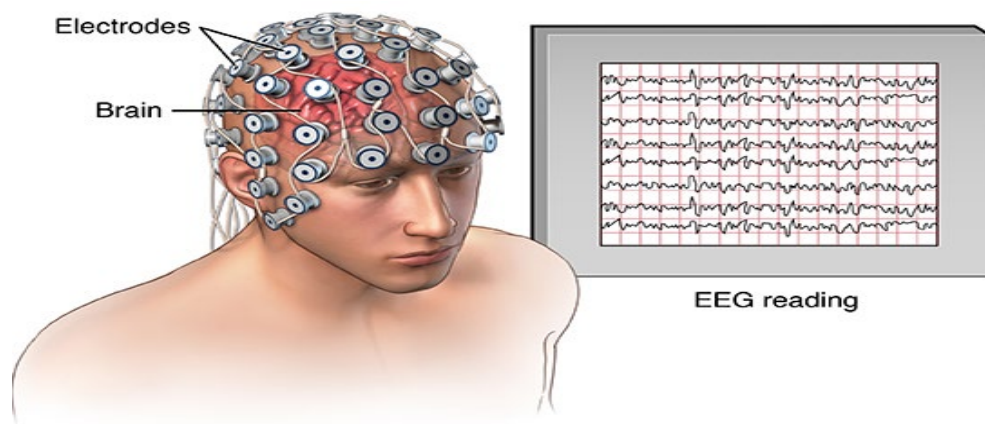
Η καταγραφή ΗΕΓ αποδεικνύεται μια χρήσιμη διαδικασία, δίνοντας πολύτιμες εφαρμογές προς κατοχή. Για παράδειγμα, γίνεται δυνατή η παρακολούθηση των ασθενών ενώ βρίσκονται σε εγχείριση και σε ποικίλα στάδια ύπνου. Ακόμη, μπορεί να γίνει η διάγνωση για ασθένειες, όπως η επιληψία κ.α., αφού το ΗΕΓ ως διαγνωστικό εργαλείο μελετά την δραστηριότητα του εγκεφάλου και μπορεί να προβλέψει νευρολογικές ασθένειες, όπως η επιληψία, το Alzheimer.

2.3.2.1 Ηλεκτρόδια καταγραφής

Το όργανο με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η ανίχνευση, λήψη και μεταφορά του ηλεκτρικού σήματος του εγκεφάλου είναι κοινώς γνωστό ως ηλεκτροεγκεφαλογράφος⁴. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες ηλεκτροδίων:

- Συμβατικά ηλεκτρόδια: είναι ηλεκτρόδια τα οποία εφαρμόζονται στην επιφάνεια του τριχωτού της κεφαλής.
- Ειδικά ή ημιεπεμβατικά ηλεκτρόδια: πιο συχνά είναι βελονοειδή και η χρήση τους γίνεται για να ανιχνευτούν εστίες επιληπτόμορφης ηλεκτρικής δραστηριότητας σε ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου.
- Επεμβατικά: εμφυτεύονται υπό γενική νάρκωση σε διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος, έχουν υψηλό κόστος, περιορισμένη χρήση, αλλά σκοπό τον ακριβή εντοπισμό της επιληπτογόνου εστίας.

⁴ Βλ. Κεφ. 2.3.2



Εικόνα 2.6 Καταγραφή ΗΕΓ με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής.

Ανάλογα με την κατάστασή τους, την ποιότητά τους και την εφαρμογή τους στην κεφαλή, τα ηλεκτρόδια μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο στην αξιοπιστία της καταγραφής. (Τζάλλας, 2009) Ωστόσο, υπάρχουν τεχνικά προβλήματα που είναι πιθανόν να συμβούν. Αρχικά, τα παράσιτα των ηλεκτροδίων. Δηλαδή από κάποια ανεπιθύμητη κίνηση του εξεταζόμενου ή των καλωδίων, ή κι' από τον ιδρώτα, μπορεί να γίνουν αλλαγές στο δυναμικό των σημάτων ΗΕΓ και να το μεταβάλουν. Επιπρόσθετα, είναι πιθανό να δημιουργηθεί κάποια ηλεκτρική ή μαγνητική παρεμβολή εξαιτίας γειτονικών ρευμάτων. (ΜΑΤΣΟΠΟΥΛΟΣ & ΚΑΚΚΟΣ)

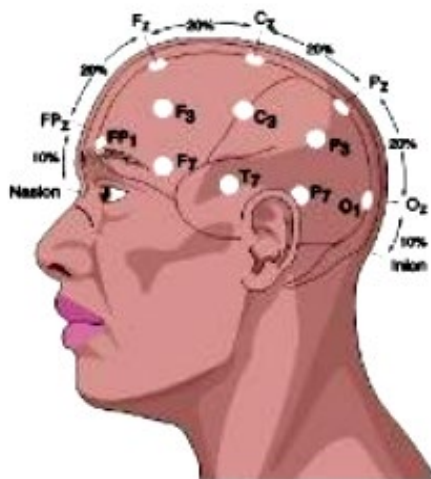
2.3.2.1.1 Συστήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων

Ανεξάρτητα το μέγεθος της κεφαλής κάθε εξεταζόμενου, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής με προκαθορισμένο τρόπο πάντοτε. Παγκοσμίως το πιο διαδεδομένο σύστημα τοποθέτησης ηλεκτροδίων είναι το «Διεθνές Σύστημα 10-20» ή «International 10-20 System», παρ' όλα αυτά, έχουν υπάρξει και άλλα μεταξύ αυτού, όπως το «Σύστημα 10-10» και το «Σύστημα 10-5», με διαφορετικό αριθμό ηλεκτροδίων.

Το 1958, ο Herbet Jasper, ψυχολόγος και νευρολόγος, ήταν εκείνος που επινόησε το Σύστημα 10-20. Σύμφωνα με αυτό, 21 ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε διαφορετικές θέσεις και οι αποστάσεις (σε εκατοστά, cm) μεταξύ δύο ηλεκτροδίων ορίζονται ως το 10% / 20% της απόστασης ανάμεσα στη μύτη και το κατώτερο τμήμα του ινίου ή, αντίστοιχα, ανάμεσα στα δύο αυτιά. Κλινικά, για την καταγραφή ενός ΗΕΓ, συστήνεται η χρήση 21 ηλεκτροδίων τουλάχιστον, και εξ' αυτών: τα 19 τοποθετούνται στην περιοχή του κρανίου για την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας και τα υπόλοιπα 2 πιο συνηθέστερα στους λοβούς ή πίσω από το αυτί για τον προσδιορισμό τους ως

ηλεκτρόδια αναφοράς. (Τζημούρτα, 2020) Στο ύψος των ματιών ορίζεται ως η *nasion* περιοχή αναφοράς αντίστοιχα.

Τα ηλεκτρόδια κατονομάζονται σύμφωνα με το ημισφαίριο και τους λοβούς όπου είναι τοποθετημένα στην κεφαλή. Αυτό γίνεται, τις πιο πολλές φορές, με αρίθμηση και γράμμα στο καθένα από αυτά. Πιο συγκεκριμένα:



Εικόνα 2.7 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-20».

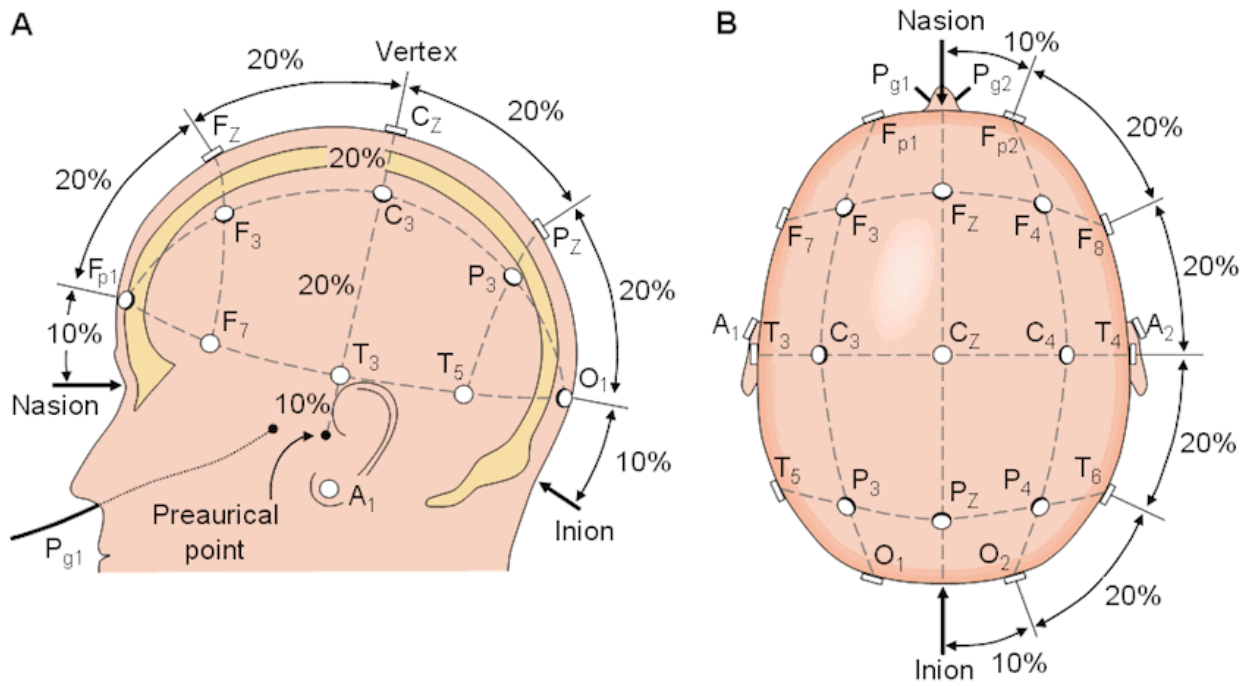
- Το γράμμα *F*: για τα ηλεκτρόδια με τη δραστηριότητα της μετωπιαίας περιοχής (frontal).
- Το γράμμα *Fp*: για τα ηλεκτρόδια με τη δραστηριότητα του μετωπιαίου πόλου (frontopolar).
- Το γράμμα *C*: για τα ηλεκτρόδια με τη δραστηριότητα της κεντρικής περιοχής (central).
- Το γράμμα *P*: για τα ηλεκτρόδια με τη δραστηριότητα της βρεγματικής περιοχής (parietal).
- Το γράμμα *O*: για τα ηλεκτρόδια με τη δραστηριότητα της ινιακής περιοχής (occipital).
- Το γράμμα *z*: αντιπροσωπεύει το μηδέν.
- Ακόμη, για την ονομασία των ηλεκτροδίων, οι ζυγοί αριθμοί οδηγούν το ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στο δεξιό ημισφαίριο: *Fp2, F4, F8, C4, P4, T4, T6, O2*.
- Ενώ, αντίστοιχα, για την ονομασία των ηλεκτροδίων, οι μονοί αριθμοί οδηγούν το ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στο αριστερό ημισφαίριο: *Fp1, F3, F7, C3, P3, T3, T5, O1*.
- Τέλος, αυτά που συνοδεύονται από το γράμμα *z* βρίσκονται στην κεντρική-νοητή γραμμή που ενώνει τη μύτη με το κατώτερο τμήμα του ινιακού λοβού (inion).⁵

⁵ Βρίσκεται στο πίσω μέρος του κεφαλιού.

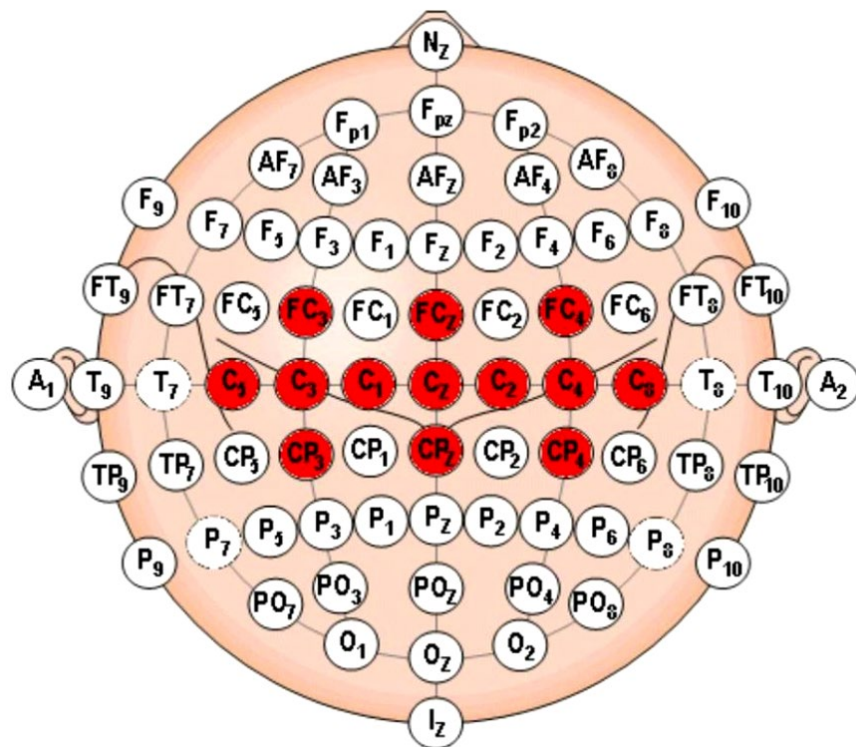
Ακολουθεί, επίσης, επεξήγηση των θέσεων των ηλεκτροδίων στο Σύστημα Καταγραφής «10-20»:

Fp	Fp ₁	Αριστερό μετωποπολικό
	Fp ₂	Δεξιό μετωποπολικό
F	Fz	Μέσο μετωπιαίο
	F ₃	Αριστερό άνω μετωπιαίο
	F ₄	Δεξιό άνω μετωπιαίο
	F ₇	Αριστερό κάτω μετωπιαίο ή Αριστερό πρόσθιο κροταφικό
	F ₈	Δεξιό κάτω μετωπιαίο ή Δεξιό πρόσθιο κροταφικό
C	Cz	Κορυφαίο ή μέσο κεντρικό
	C ₃	Αριστερό κεντρικό
	C ₄	Δεξιό κεντρικό
T	T ₃	Αριστερό μέσο κροταφικό
	T ₄	Δεξιό μέσο κροταφικό
	T ₅	Αριστερό οπίσθιο κροταφικό
	T ₆	Δεξιό οπίσθιο κροταφικό
P	Pz	Μέσο βρεγματικό
	P ₃	Αριστερό βρεγματικό
	P ₄	Δεξιό βρεγματικό
O	Oz	Μέσο ινιακό
	O ₁	Αριστερό ινιακό
	O ₂	Δεξιό ινιακό

Εικόνα 2.8 Επεξήγηση Συστήματος Καταγραφής ΗΕΓ «10-20».



Εικόνα 2.9 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-20» - Οι θέσεις των ηλεκτροδίων.



Εικόνα 2.10 Σύστημα Καταγραφής ΗΕΓ «10-10» - Οι θέσεις των ηλεκτροδίων.

2.3.3 Ηλεκτροεγκεφαλική Δραστηριότητα

Στη φύση, ο άνθρωπος και κατ' επέκταση τα κύτταρά του υφίστανται μία ηλεκτρική δραστηριότητα. Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να καταγραφεί ως η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο ηλεκτροδίων, τα οποία είναι δυνατό να τοποθετηθούν σε δύο περιπτώσεις: είτε στο τριχωτό της κεφαλής, σε δύο διαφορετικά σημεία επάνω στο δέρμα, είτε το ένα σημείο επάνω στο τριχωτό της κεφαλής και το άλλο σε ένα διαφορετικό σημείο του σώματος. (Αγγελίδης Π.) Μάλιστα, εάν παρατηρηθούν διαφορές στις τιμές των δυναμικών της μεμβράνης των κυττάρων του εγκεφάλου, τότε ίσως το συμπέρασμα να καταλήξει στην αιτία του εγκεφαλικού επεισοδίου. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακάς, 2015) Επομένως, για τη σύσταση ενός Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος είναι απαραίτητη η εύρεση της εγκεφαλικής ηλεκτρικής δραστηριότητας, με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν και, ακολούθως, η καταγραφή των δυναμικών.

Σε προηγούμενη ενότητα εξηγείται ο τρόπος καταγραφής αυτής της ηλεκτρικής δραστηριότητας (βλ. Κεφ. 2.3.2)

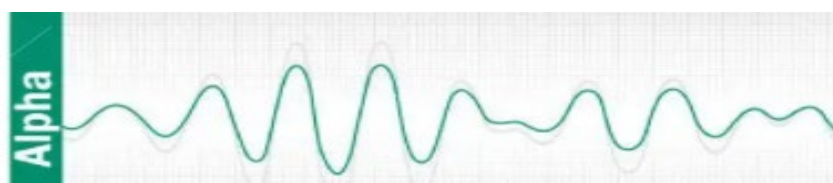
2.3.3.1 Ηλεκτροεγκεφαλικά κύματα / ρυθμοί - EEG frequency bands

Όπως έχει ήδη περιγραφεί, η ηλεκτροεγκεφαλογραφία πρόκειται για μια νευροφυσιολογική εξέταση, η οποία παρατηρεί τις αλλαγές στη δραστηριότητα των νευρών. Κατά την καταγραφή ενός ΗΕΓ, καταγράφεται η φυσιολογική δραστηριότητα του φλοιού αλλά καταγράφεται, επίσης, ηλεκτρική δραστηριότητα από την καρδιά, τους μύες. Για να μην προκληθεί παρερμηνεία στα αποτελέσματα των καταγραφών, πρέπει ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος να μπορεί να διακρίνει μια φυσιολογική δραστηριότητα του εγκεφάλου σε σχέση με μια που έχει καταγραφεί από μη φυσιολογικές πηγές. (Abdullah, Aashrai, & Najib) Οι ρυθμοί του ΗΕΓ αντικατοπτρίζουν την κατάσταση την οποία υφίσταται ένα ανθρώπινο σώμα, την υγεία του εγκεφάλου και την ερμηνεία των συναισθημάτων και των σκέψεων. (Qingsong & Xie, 2018)

Καθιερώθηκαν, λοιπόν, πέντε βασικοί ρυθμοί του ΗΕΓ.

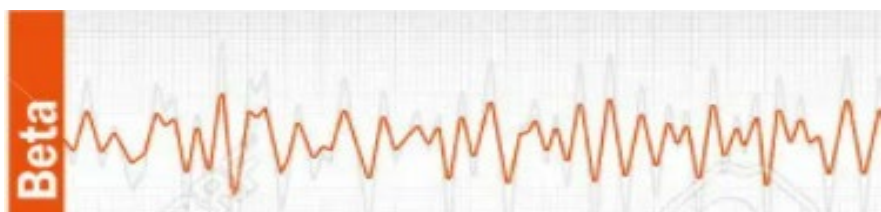
- Οι κύριοι ρυθμοί είναι εκείνοι που εμφανίζονται σε φυσιολογικούς και υγιείς εγκεφάλους.
- **Άλφα ρυθμός, α:** Καθορίζεται κυρίως από τη συχνότητά του, η οποία κυμαίνεται από 8 έως 13 Hz, με την κύρια συχνότητα να ανέρχεται περίπου στα 10 Hz και έχει πλάτος 20 έως 60mV κορυφή σε κορυφή. Πλήρως, είναι παρών όταν το άτομο έχει κλειστά μάτια, αλλά βρίσκεται σε εγρήγορση. Το άνοιγμα των ματιών είναι αρκετό για να προκαλέσει σημαντική μείωση και την εξασθένιση του σήματος. Εμφανίζεται στην οπίσθια περιοχή του εγκεφάλου

και εμφανέστερος γίνεται στην ινιακή περιοχή. Επίσης, έχει αναφερθεί ότι ο ρυθμός άλφα στους περισσότερους δεξιόχειρες είναι χαμηλότερος σε μέγεθος κατά 25 % στο αριστερό χέρι σε σχέση με το δεξιό, πιθανόν λόγω της αντανάκλασης του αριστερού ημισφαιρίου σε γλωσσικές και κινητικές λειτουργίες. Ανά ηλικίες συμβαίνει πολλές συχνότητες να διαφοροποιούνται ελαχίστως. Δηλαδή, προς την ενηλικίωση, οι συχνότητες του ρυθμού άλφα αυξάνονται κατά μερικούς κύκλους ανά δευτερόλεπτο – από 8 σε 10 Hz – και σε υγιή ηλικιωμένα άτομα είναι πιθανό να μειωθεί, αλλά είναι κατά βάση από 8 Hz και επάνω. (Lewine & William, 1995) Αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο έρευνας ενός σήματος EEG, αφού είναι εύκολο να ανακαλυφθεί λόγω της αντανάκλασής των πληροφοριών, όπως οι σκέψεις.



Εικόνα 2.11 Ρυθμός άλφα (α)

- **Βήτα ρυθμός, β:** Το εύρος συχνοτήτων του ρυθμού αυτού κυμαίνεται από 13 έως τα 30 Hz, ενώ το εύρος πλάτους του στα 5-20 Hz. Παρατηρείται όταν ένας άνθρωπος ενθουσιάζεται ή είναι σε εγρήγορση, σε ενεργή προσοχή και εστίαση, γι' αυτό τον λόγο στον μετωπιαίο και κροταφικό λοβό, όπου εντοπίζεται ως υψηλότερη συχνότητα ρυθμού, αναφέρεται ως «γρήγορος». (Qingsong & Xie, 2018) Η δραστηριότητα του ρυθμού βήτα είναι πιθανό να αυξηθεί κατά τον ύπνο ή της κατάστασης υπνηλίας και να επηρεαστεί από την χορήγηση φαρμάκων. (Τζημούρτα, 2020)



Εικόνα 2.12 Ρυθμός βήτα (β)

- **Θήτα ρυθμός, θ:** Η συχνότητα του ρυθμού κυμαίνεται από 4 έως 8 Hz και εμφανίζεται στη μετωπιαία περιοχή. Συνδέεται με τον βαθύ διαλογισμό, τη δημιουργική έμπνευση, την μάθηση, την επίλυση προβλημάτων, π.χ. την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων.

Παρατηρείται, επίσης, όταν το ΚΝΣ είναι σε κατάσταση αναστολής και το άτομο είναι σε κατάσταση υπνηλίας. (Kulkarni & Bairagi, 2018)



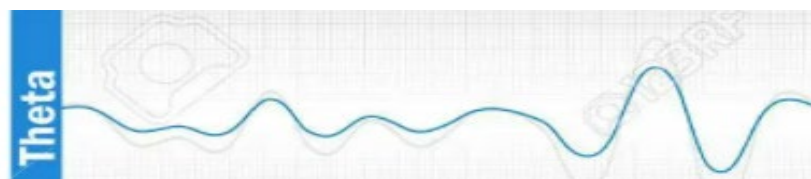
Εικόνα 2.13 Ρυθμός θήτα (θ)

- **Δέλτα ρυθμός, δ:** Οι συχνότητές του κυμαίνονται από 4 Hz και κάτω (<4 Hz). Χαρακτηρίζεται ως ο πιο αργός από όλους τους ρυθμούς, αλλά με το υψηλότερο πλάτος. Παρατηρείται όταν ο άνθρωπος βρίσκεται σε βαθύ ύπνο.

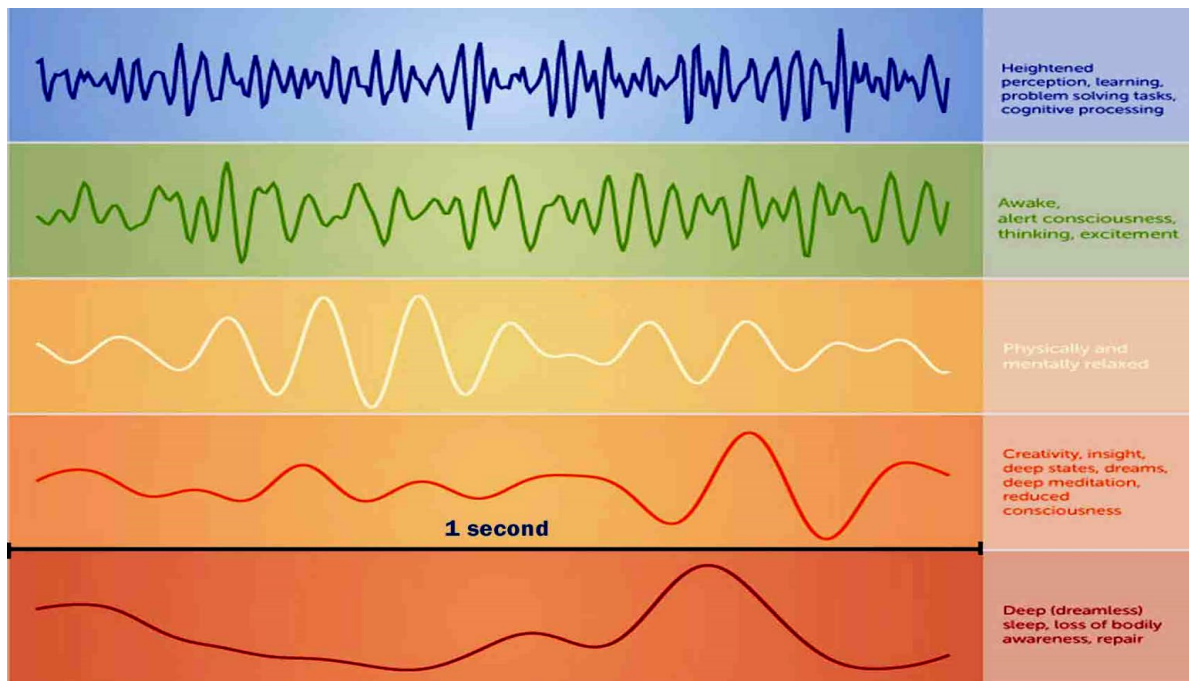


Εικόνα 2.14 Ρυθμός δέλτα (δ)

- **Γάμμα ρυθμός, γ:** Με συχνότητα 30 έως 100 Hz, ο ρυθμός γάμμα ήταν δύσκολο να μελετηθεί, διότι τα παλιά συστήματα καταγραφής ΗΕΓ δεν μπορούσαν να καταγράψουν σήματα άνω των 25 Hz. Εμφανίζονται σε ανώτερη νοητική δραστηριότητα, αντίληψη, και στον φόβο. Συχνότητες άνω των 100 Hz μπορεί να εντοπιστούν κατά τη διάρκεια του ύπνου, σταδίου REM. (Τζημούρτα, 2020) Σε περιοχές με συχνότητες 200 έως 300 Hz, δηλαδή πέρα από το κανονικό εύρος του ΗΕΓ δεν σχετίζονται με την κλινική νευροφυσιολογία. (Kulkarni & Bairagi, 2018)



Εικόνα 2.15 Ρυθμός γάμμα (γ)



Εικόνα 2.16 Συνολική αναπαράσταση των κομάτων του εγκεφάλου, ξεκινώντας από επάνω με τα κύματα γάμμα (μπλέ), στη συνέχεια τα κύματα βήτα(πράσινο), αμέσως μετά τα κύματα άλφα(κιτρινωπό), αμέσως πιο κάτω τα κύματα θήτα(προτοκαλοπό) και τελειώνοντας με τα κύματα δέλτα(πορτοκαλοκόκκινο).

2.4 Λειτουργική Απεικόνιση & Οπτικοποίηση Εγκεφάλου

2.4.1 Χαρτογράφηση εγκεφαλικής δραστηριότητας

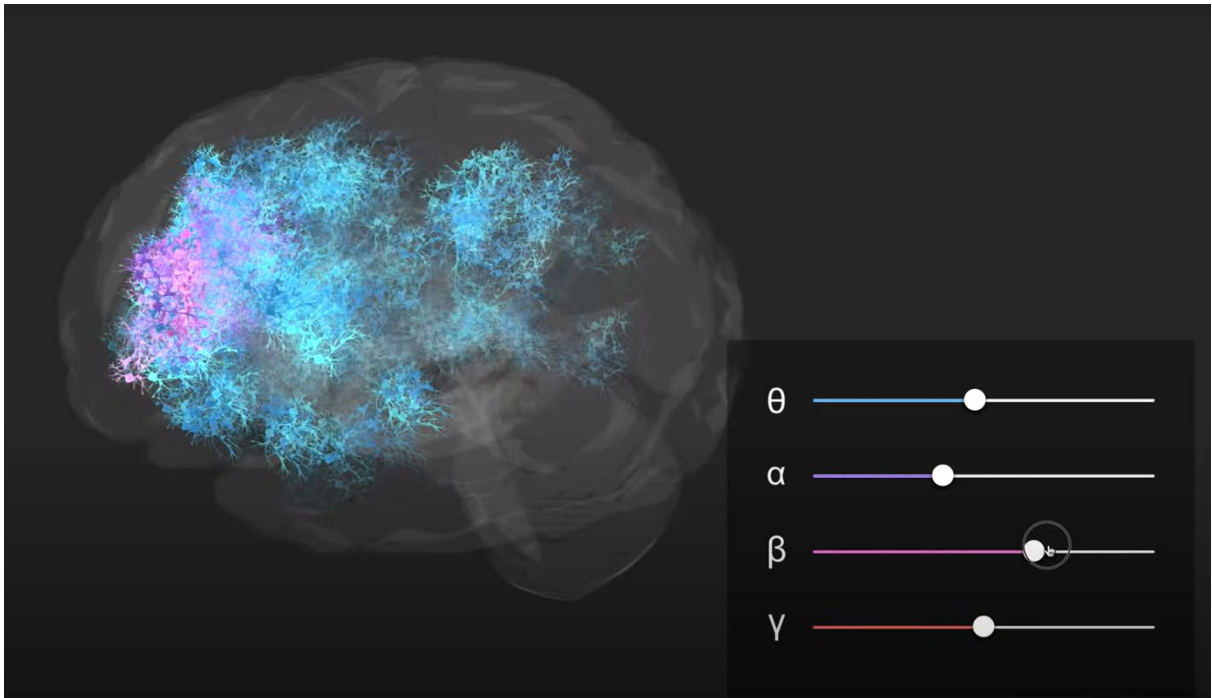
Στη σύγχρονη αυτή εποχή, με την ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων, πολλές προκλήσεις συγκεντρώνονται γύρω από την έρευνα για ανάπτυξη στρατηγικών σε δεδομένα χαρτογράφησης του εγκεφάλου, με εικόνες και υποκυτταρικές αναλύσεις. Γίνεται προσπάθεια για την κατασκευή μοντέλων δομής του εγκεφάλου από σύνολα δεδομένων απεικόνισης. (Milligan, Balwani, & Dyer, 2019) Η χαρτογράφηση του εγκεφάλου είναι επίσης γνωστή και ως χαρτογράφηση της εγκεφαλικής ηλεκτρικής δραστηριότητας ή Brain Electric Activity Mapping και βασίζεται στο ΗΕΓ, με απαίτηση τις πολυκάναλες καταγραφές. Πρόκειται για μια πολύτιμη μέθοδο διάγνωσης και θεραπείας σε περιπτώσεις άνοιας και σε πολλές άλλες. Μία από τις εφαρμογές που χρησιμοποιείται είναι ο εντοπισμός της θέσης πηγής, δηλαδή ο εντοπισμός ενός σημείου στον εγκέφαλο, στο οποίο φαίνεται ότι υπάρχει ανώμαλη δραστηριότητα και εξαπλώνεται αργότερα και σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015)

Με τη μέθοδο της εγκεφαλικής δραστηριότητας, λοιπόν, γίνεται πραγματικότητα η απόκτηση μιας εικόνας της εγκεφαλικής δραστηριότητας ενός εξεταζόμενου σε όλο τον εγκέφαλο. Έτσι, μπορεί να

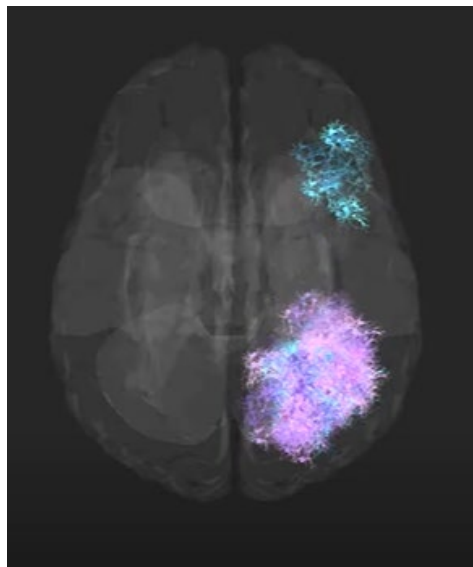
αξιολογηθεί η ηλεκτρική δραστηριότητα σε οποιαδήποτε περιοχή του. Πέραν, όμως, από τον αυτοποιημένο τρόπο που είναι δυνατόν να εξαχθούν χρήσιμες πληροφορίες από το ΗΕΓ, είναι σημαντικό να γίνεται ο οπτικός έλεγχος των καταγραφών για την αποφυγή παρερμηνειών εξαιτίας παρεμβολών κλπ.

Ο εντοπισμός πηγής (source localization) εντοπίζει την πηγή όπου γεννάται το νευρικό σήμα εσωτερικά του εγκεφάλου. Αυτό που παρέχει είναι μία διεπαφή (interface) του ΗΕΓ και του ηλεκτρικού πεδίου του εγκεφάλου. Για την επίτευξη της διαδικασίας του εντοπισμού κρίνεται απαραίτητη η επιλογή μοντέλων πηγής και του κεφαλιού. Ένα δίπολο μπορεί να είναι ένα απλό μοντέλο πηγής και μια ομόκεντρη σφαίρα χρησιμοποιείται κοινώς ως ένα απλό μοντέλο κεφαλιού. (Τσίπουρας, Τζάλλας, Καρβούνης, & Γιαννακέας, 2015)

Οι τεχνικές χαρτογράφησης του εγκεφάλου ακολουθούν μια συνεχή γραμμή εξέλιξης και αναπτύσσονται με σκοπό την τελειοποίηση των τεχνικών οπτικοποίησης και ερμηνείας μιας εικόνας. Παρέχουν τη δυνατότητα νευροαπεικόνισης, η οποία παράγει εικόνες του εγκεφάλου. Αυτές οι εικόνες έρχονται σε συνδυασμό με χάρτες που αναπαριστούν μετρήσεις σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου. Ενδιαφέρον παρουσιάζει μια τεχνική για την λήψη ανατομικής εικόνας, λεγόμενη λειτουργική Μαγνητική Τομογραφία (fMRI). Σκοπός της τεχνικής είναι η μέτρηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας με την εύρεση διαφοροποιήσεων λόγω της ροής του αίματος. Τέλος, η χαρτογράφηση εγκεφάλου μπορεί να διενεργηθεί ώστε να γίνει μελέτη των μαθησιακών δεξιοτήτων, της μνήμης και των επιδράσεων των ουσιών σε άτομα με αυτισμό, κατάθλιψη ή άλλες διαταραχές.



Εικόνα 2.17 Απόσπασμα από το λογισμικό της EMOTIV BrainViz: είναι λογισμικό απεικόνισης τριών διαστάσεων του εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 2.18 Απόσπασμα από το λογισμικό EMOTIV BrainViz.

3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΉ ΑΝΑΣΚΌΠΗΣΗ

*Π*ερίληπτικώς, γίνεται μια παρουσίαση ορισμένων ερευνών που έχουν μελετηθεί σχετικά με το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα. Επιπρόσθετα, περιγράφεται το ΗΕΓ ως χρήσιμο και πολυδιαγνωστικό εργαλείο, εστιάζοντας στην ανασκόπηση των εφαρμογών σε έξυπνες-φορητές συσκευές που έχουν σχεδιαστεί, κατά καιρούς, για τη βελτίωση της καθημερινότητας και όχι μόνο.

3.1 ΗΕΓ και έρευνα

Χάριν στη μέθοδο του ΗΕΓ, πλέον, δίνεται η ευκαιρία στους ερευνητές να αξιολογήσουν τα συναισθήματα του ανθρώπου, όχι μόνο για εκτίμηση στον ιατρικό κλάδο, αλλά και σε ποικίλους κλάδους, όπως η ψυχαγωγία, η εκπαίδευση, η επιστήμη της πληροφορικής, το μάρκετινγκ.

Ερευνητικός στόχος

Έχουν καταγραφεί έρευνες που διενεργήθηκαν τα τελευταία χρόνια, με απώτερο στόχο την αναγνώριση συναισθημάτων του ανθρώπου με βάση το ΗΕΓ. Μερικές από αυτές είναι (Dadebayev, Goh, & Tan, 2021):

- An EEG-Based Brain-Computer Interface for Emotion Recognition and Its Application in Patients with Disorder of Consciousness / Μια διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή βασισμένη σε ΗΕΓ για την αναγνώριση συναισθημάτων και την εφαρμογή της σε ασθενείς με διαταραχή της συνείδησης. (Huang et al., 2019)
- Experimental Research on Emotion Recognition Based on Brain-computer Interface and Brain Waves / Πειραματική έρευνα για την αναγνώριση συναισθημάτων με βάση τη διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή και τα εγκεφαλικά κύματα. (Jingru et al., 2019)
- Real Time Movie-Induced Discrete Emotion Recognition from EEG Signals / Διακριτή αναγνώριση συναισθημάτων που προκαλείται από ταινία σε πραγματικό χρόνο από σήματα ΗΕΓ. (Liu et al., 2018)
- Unobtrusive and Multi-modal Wearable Sensing to Quantify Anxiety / Αδιαμφισβήτητη και πολυτροπική φορητή αίσθηση για ποσοτικοποίηση του άγχους. (Zheng et al., 2016)

Ερευνητές και μηχανικοί έχουν ανακαλύψει μεθόδους για τη διευκόλυνση της απόκτησης των EEG σημάτων σε πραγματικά περιβάλλοντα, αφήνοντας πίσω ορισμένους περιορισμούς.

Μελέτη ΗΕΓ εξειδικευμένη σε Ψυχικές Διαταραχές

Όπως έχουμε πει, διάφορες μελέτες έχουν εξεταστεί σχετικά με το ΗΕΓ και τις διαφορές στις ζώνες συχνότητας, συχνά αναφερόμενες ως κύματα άλφα, βήτα, γάμμα, θήτα, δέλτα. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν παρέχουν πολύτιμες γνώσεις και στον τομέα της Ψυχικής Υγείας. Συγκεκριμένα, το 2001, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ανέφερε ότι παγκοσμίως περίπου στο μισό δισεκατομμύριο ανέρχονται οι άνθρωποι που πάσχουν από κάποια μορφή Ψυχικής Διαταραχής ή εγκεφαλικής πάθησης. Πρόσφατα στοιχεία, μάλιστα, αναφέρουν (Newson & Thiagarajan, 2019):

Παγκοσμίως,

- 300 εκατ. άνθρωποι πάσχουν από Κατάθλιψη,

- 60 εκατ. άνθρωποι πάσχουν από Διπολική Διαταραχή,
- 23 εκατ. άνθρωποι πάσχουν από Σχιζοφρένεια,
- 1 / 160 παιδιά έχει διαταραχή του φάσματος του Αυτισμού, 5-7% των παιδιών και εφήβων πάσχουν από Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής – Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ)

Γίνεται μια συζήτηση περί των μελετών EEG που έχουν διεξαχθεί και δημοσιευτεί από το άρθρο: «Ζώνες Συχνότητας EEG σε Ψυχιατρικές Διαταραχές: Ανασκόπηση Μελετών Κατάστασης Ηρεμίας» ή «EEG Frequency Bands in Psychiatric Disorders: A Review of Resting State Studies», Ανθρώπινη Νευροεπιστήμη (Newson & Thiagarajan, 2019). Οι μελέτες, λοιπόν, που σχολιάζονται αναφέρουν διαφορές στις ζώνες συχνοτήτων όταν τα δείγματα αφορούν μια μερίδα ανθρώπων σε κατάσταση ηρεμίας σε ένα φάσμα Ψυχιατρικών Διαταραχών. Διεισδύοντας στις έρευνες που διεξήχθησαν και στην διερεύνηση των κυμάτων του εγκεφάλου, παρατηρήθηκε στους ρυθμούς δέλτα και θήτα μια αύξηση στην ισχύ και παράλληλα μείωση στους ρυθμούς άλφα, βήτα και γάμμα, όσον αφορά ορισμένους τύπους διαταραχών, όπως η σχιζοφρένεια, η ΔΕΠΥ και η ΙΨΔ. Επομένως, δείχνουν ότι ακολουθούν αυτό το μονοπάτι αλλαγής των τιμών. Από την άλλη μεριά, υπάρχουν ορισμένοι τύποι διαταραχών, όπως ο εθισμός, οι οποίοι δεν ακολουθούν κάποια κατεύθυνση φασματικής αλλαγής. Συνοψίζοντας, οι μελέτες απέδωσαν πολύτιμα στοιχεία για τον τομέα της ψυχικής υγείας.

3.2 Εφαρμογές

Εμπορικός στόχος

Την τελευταία δεκαετία, ερευνητές αναζητούν στην αγορά εξοπλισμό και συσκευές χαμηλότερου κόστους, κυρίως για έρευνα σε εμπορική χρήση.

Στην αγορά, υπάρχουν συσκευές μη επεμβατικού ΗΕΓ, οι οποίες έχει αποδειχτεί ότι παρέχουν εξίσου μια καλή ποιότητα δεδομένων και μια σειρά από αξιόπιστα αποτελέσματα, και μπορούν να επιλεγθούν ανάλογα από τις προτιμήσεις του κάθε καταναλωτή. Όπως θα δούμε αναλυτικά σε επόμενη ενότητα (Βλ. 4.2.1), η *NeuroSky MindWave*, *Emotiv EPOC* και άλλες, είναι συσκευές ΗΕΓ με διακυμάνσεις στην τιμή – χαμηλού, σχετικά, κόστους – με καταναλωτική πορεία, λόγω του απλού σχεδιασμού τους και της εύκολης πρόσβασης σε αυτές. (Dadebayev, Goh, & Tan, 2021) Για παράδειγμα, η συσκευή που χρησιμοποιήσαμε εμείς εδώ είναι

- ✓ η **NeuroSky MindWave** με μόλις 1 ηλεκτρόδιο, έτος κυκλοφορίας το 2018 και ρυθμό δειγματοληψίας να ανέρχεται στα 512 Hz.

Λόγω του χαμηλού κόστους της συσκευής αλλά και της χρησιμοποίησης ενός μόλις ηλεκτροδίου, καθιστά το ερευνητικό πεδίο ελάχιστα περιορισμένο. Παρ' όλα αυτά, ουκ ολίγες έρευνες έχουν γίνει

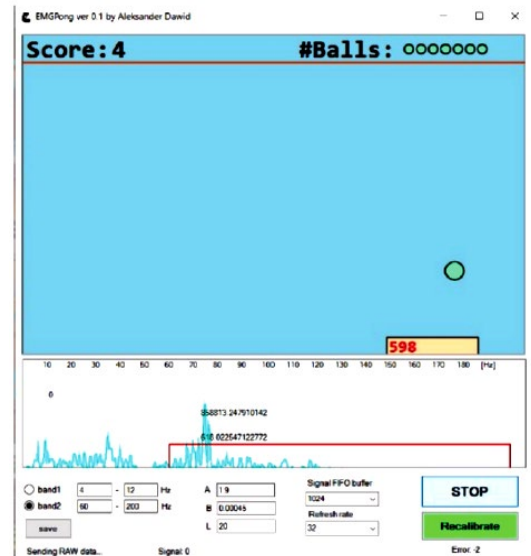
με τη συγκεκριμένη, δίνοντας αξιοσημείωτες μετρήσεις δεδομένων EEG για την εκτίμηση χαλάρωσης ή εγρήγορσης του νου.

Συγκεκριμένα, εφαρμογές έχουν σχεδιαστεί για να προσφέρουν στον χρήστη μια εύκολη πρόσβαση στα “εγκεφαλικά τους κύματα” και να τα αξιοποιήσουν σε διάφορες εφαρμογές στην καθημερινότητα και στη βελτίωση τη ποιότητας ζωής. Θα συναντήσουμε επίσης και πληθώρα παιχνιδιών χρησιμοποιώντας τα κύματα αυτά. Παραδείγματα:

- ✓ Σύστημα ελεγχόμενο από ΗΕΓ για έξυπνο σπιτί, που στοχεύει να βοηθήσει ανήμπορα και ηλικιωμένα άτομα. Πρόκειται για μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου, η οποία σχεδιάστηκε για να επιτρέπει στους χρήστες της να ελέγχουν τέσσερις διαφορετικές οικιακές συσκευές εντός του σπιτιού. Πιο συγκεκριμένα, με οριοθετημένα τα επίπεδα της *Προσοχής* και του *Ανοιγοκλεισίματος* των ματιών, επιτυγχάνεται το άνοιγμα -on- και το κλείσιμο -off- των συσκευών. Πρόκειται, λοιπόν, για την αυτοματοποίηση των οικιακών συσκευών, με σκοπό να κάνουν την καθημερινότητα των ανθρώπων που το χρειάζονται πιο εύκολη και άνετη. (Nafea, Nurul Ashikin, Badrul Hisham, & Che Harun, 2018)

- ✓ Εφαρμογή – παιχνίδι, το οποίο ελέγχεται, π.χ. για την κίνηση του αντικειμένου, από τον χρήστη μέσω των μετρήσιμων διαταραχών του σήματος EEG που παράγονται από το πρόσωπο ή τους μύες της γλώσσας ενός ανθρώπου. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε είναι η *NeuroSky MindWave mobile*, που περιέχει ένα μόλις ηλεκτρόδιο. (DAWID & BUCHWALD, 2021)

Εικόνα 3.1 Στιγμιότυπο του παιχνιδιού.



- ✓ Εφαρμογές έχουν, επίσης, σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του ΗΕΓ μέσα στο πλαίσιο μιας εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή στα γυαλιά *VR*. Με τη βοήθεια των εγκεφαλικών κυμάτων, είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε ένα περιβάλλον «εικονικής πραγματικότητας», εκτιμώντας και ελέγχοντας αυτό που νιώθει ο χρήστης τη δεδομένη στιγμή. Αυτή η εξέλιξη της τεχνολογίας, σήμερα, με την εφεύρεση του εξοπλισμού *VR*, δημιουργεί μια προσομοίωση της πραγματικότητας μέσα από μια ρεαλιστική σκηνή με τη χρήση των ειδικά κατασκευασμένων γυαλιών. Η συγκεκριμένη εφεύρεση ανοίγει ορίζοντες για εφαρμογές της νευροεπιστήμης και όχι μόνο. (Sá, Gomes, Marques, & Correia, 2020)

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

APPLICATION hardware: ΤΟ ΥΛΙΣΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ της ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

*Τ*ο κεφάλαιο εστιάζει στο κομμάτι της Εφαρμογής, από την πλευρά του υλισμικού. Δηλαδή, εξηγείται ο ρόλος ενός Συστήματος Διεπαφής Ανθρώπου – Υπολογιστή και τι συσκευές υπάρχουν που υιοθετούν τη χρήση τους. Μάλιστα, μια από αυτές τις συσκευές είναι και η συσκευή που μελετήθηκε για την χρήση της στη διεξαγωγή της Εργασίας, γι' αυτό και παρουσιάζεται λεπτομερώς στην ενότητα αυτή.

4.1 Συστήματα Διεπαφής Ανθρώπου Υπολογιστή - Brain Computer Interface (BCI)

Την σημερινή εποχή, τα συστήματα Διεπαφής Ανθρώπου – Υπολογιστή ή Διεπαφής Εγκεφάλου – Μηχανής, τα λεγόμενα **BCI** συστήματα, γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή σε χώρους της ιατρικής και όχι μόνο, αφού έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον από κλινικούς ιατρούς μέχρι και επιστήμονες, μηχανικούς. Γενικότερα, η BCI τεχνολογία έχει διεισδύσει σε αρκετά πεδία, όπως το πεδίο της νευροιατρικής, της ψυχαγωγίας, του μάρκετινγκ κ.α.

Τα BCI συστήματα αποδεικνύονται πολύ χρήσιμα στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Για παράδειγμα, μπορούν να βοηθήσουν στην αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο, τραύμα στο κεφάλι και σε άλλες διαταραχές. Ακόμη, μπορούν να επιτρέψουν την επικοινωνία που έχει χαθεί σε ανθρώπους που δεν έχουν την ικανότητα να μιλήσουν και να χρησιμοποιήσουν τα άκρα τους ή να χειριστούν συσκευές, π.χ. για το περπάτημα. Επιπρόσθετα, συνδράμουν στην ενίσχυση των φυσικών μηχανικών αποδόσεων σε χειρουργούς, πιλότους και άλλους επαγγελματίες. Γι' αυτό τον λόγο, πρόκειται για έναν τομέα που ευαισθητοποιεί το κοινωνικό σύνολο και σύντομα θα βοηθήσει στη βελτίωση της διαβίωσης πολλών ανθρώπων με αναπηρία και άλλες ασθένειες.

4.1.1 Ορισμός

Πρόκειται για ένα σύστημα, το οποίο λαμβάνει τα εγκεφαλικά σήματα και αφού συλλέξει τα δεδομένα μέσω αισθητήρων, τα αναλύει και τα μεταφράζει σε εντολές που αναμεταδίδονται σε μια συσκευή εξόδου, όπως για παράδειγμα ένα προσθετικό μέλος ή ένα μηχανοκίνητο αναπηρικό αμαξίδιο. Τα σήματα μεταφράζονται σε εξωτερική δράση χρησιμοποιώντας αλγορίθμους μηχανικής μάθησης ή/και τεχνητής νοημοσύνης. Τα δεδομένα σχετίζονται με την εγκεφαλική δραστηριότητα των χρηστών και τα εγκεφαλικά σήματα που παράγονται από το ΚΝΣ. (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012) Στην ουσία, η τεχνολογία του ΗΕΓ ανιχνεύει τα ηλεκτρικά σήματα, ύστερα ακολουθεί η αποστολή τους στους ενισχυτές και τέλος ερμηνεύονται από ένα BCI για τον έλεγχο μιας συσκευής.

Για τον έλεγχο ενός συστήματος BCI μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος εγκεφαλικού σήματος. Τα ηλεκτρικά σήματα που προέρχονται από τη δραστηριότητα του εγκεφάλου μέσω ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής (ή/και μέσα στην επιφάνεια) είναι αυτά που μελετώνται πιο συχνά. Στον χρόνο, από τις αρχικές εργασίες σχετικά με BCI συστήματα, στις περισσότερες χρησιμοποιήθηκαν σήματα ΗΕΓ καταγεγραμμένα στο τριχωτό της κεφαλής. (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012)

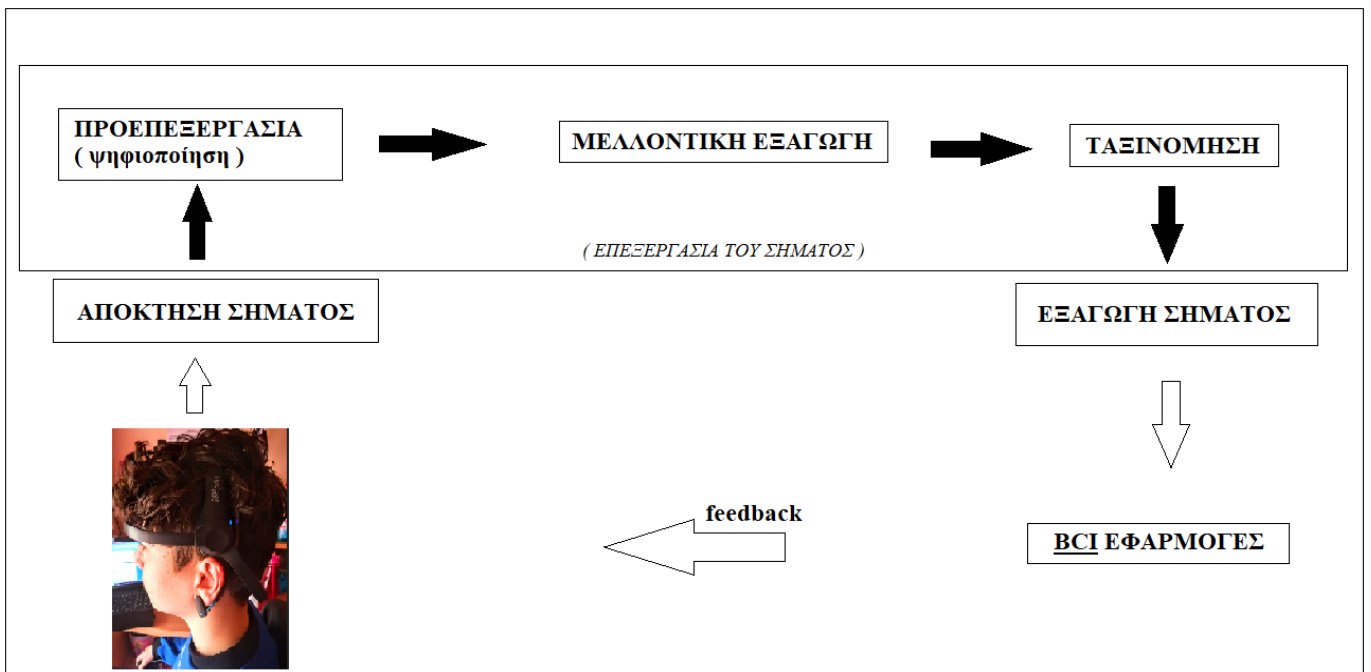
4.1.2 Στοιχεία του Συστήματος BCI

Σκοπός αυτών των συστημάτων είναι η ανίχνευση των χαρακτηριστικών των εγκεφαλικών σημάτων και η μετάφρασή τους σε εντολές για συσκευές, σε πραγματικό χρόνο, προς επίτευξη των προτιμήσεων των χρηστών. Οι εντολές, οι οποίες προκύπτουν από αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο αναπηρικών αμαξιδίων, προσθετικών άκρων και άλλων τεχνολογιών. (EEG Headset, 2022)

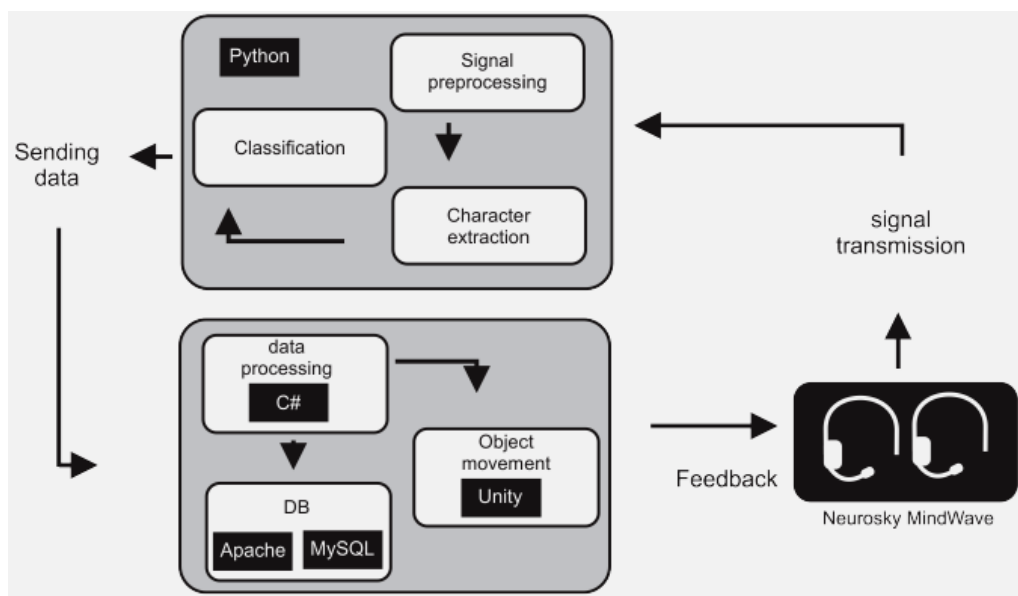
Απαρτίζεται από τα εξής διαδοχικά στοιχεία, τα οποία ελέγχονται από ένα πρωτόκολλο λειτουργίας:

- την απόκτηση του σήματος,
- την εξαγωγή χαρακτηριστικών,
- τη μετάφρασή τους,
- και την έξοδο της συσκευής.

Ένα αποδοτικό πρωτόκολλο λειτουργίας εξυπηρετεί τις ανάγκες κάθε χρήστη και καθιστά ένα σύστημα BCI αποτελεσματικό και ευέλικτο. Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνεται ο τρόπος λειτουργίας του.



Εικόνα 4.1 Ως προς τη λειτουργία τους, διακρίνονται σε κάποια βασικά στάδια: οι BCI συσκευές καταγράφουν τα σήματα του εγκεφάλου. Η διαδικασία είναι γνωστή ως επεξεργασία σήματος. Εν συνεχεία, τα BCI συστήματα μεταφέρουν αυτά τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακά και χρησιμοποιώντας την μέθοδο επεξεργασίας του σήματος, εξάγονται τα χαρακτηριστικά και ταξινομούνται. Τέλος, το εξαγόμενο σήμα στέλνεται στην εκάστοτε εφαρμογή BCI. (Li, Ding, & Conti, 2015)



Εικόνα 4.2 Αναπαράσταση της λειτουργίας ενός BCI συστήματος. (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012)

4.1.3 Το μέλλον

Προβλήματα και Προοπτικές

Ένα μειονέκτημα κατά την καταγραφή ΗΕΓ τοποθετώντας ηλεκτρόδια στο τριχωτό της κεφαλής είναι η εξασθένιση των σημάτων, καθώς αυτά διέρχονται από τις μήνιγγες, το κρανίο και το κεφάλι. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πιθανή απώλεια σημαντικών πληροφοριών και αποτελεί περιορισμό για το ερευνητικό κοινό. Ωστόσο, τα συστήματα BCI που βασίζονται σε μη επεμβατικά ΗΕΓ αποτελούν, ευρέως, ερευνητική προσέγγιση, εξαιτίας του χαμηλού κινδύνου και της απλότητας στη διεξαγωγή μελετών, σε αντίθεση με τα επεμβατικά, τα οποία συνεπάγονται υψηλό κόστος για την εμφύτευση και για τη συνεχή τεχνική υποστήριξη.

Επιπλέον, λόγο κάνουν ορισμένα ζητήματα τα οποία πρέπει να εξεταστούν από ερευνητές των BCI συστημάτων, όπως είναι το υλικό χρησιμοποίησης για την απόκτηση σημάτων και το μέτρο αξιοπιστίας και επικύρωσης των δεδομένων και αποτελεσμάτων. Τα συστήματα δειπαφής ανθρώπου-υπολογιστή οφείλουν να είναι αξιόπιστα, όσο είναι και οι φυσικές ενέργειες που βασίζονται π.χ. στους μύες.

Όσον αφορά το υλικό απόκτησης σήματος, κρίνεται απαραίτητη η βελτίωσή του. Ειδικότερα, τα συστήματα που βασίζονται σε μη επεμβατικά ΗΕΓ, ιδανικά, θα είναι καλό να περιέχουν ξηρά ηλεκτρόδια⁶. Επίσης, ένα σύστημα πλήρως φορητό, βολικό στην ρύθμιση, εύκολο στη διασύνδεση με

⁶ Δηλαδή, ηλεκτρόδια που δεν απαιτούν τριβή του δέρματος ή τοποθέτηση αγώγιμου τζέλ.

πληθώρα εφαρμογών και με καλή απόδοση σε όλα τα περιβάλλοντα, υπάρχει ανάγκη για να αναπτυχθεί.

Συμπερασματικά, είναι παγκοσμίως αναγνωρίσιμη η ανάπτυξη συστημάτων BCI από ερευνητές, που πριν από καιρό μπορεί να κατατασσόταν στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Είναι ικανά να χειρίζονται πολλαπλές διαφορετικές συσκευές και να καθιστούν μέσο, στην καθημερινότητα, για την βασική επικοινωνία και τον έλεγχο ατόμων με σοβαρές αναπηρίες. Μελλοντικά, μπορούν να αποτελέσουν σημαντική τεχνολογία για τον γενικό πληθυσμό, ενσωματώνοντας βιώσιμα μοντέλα διάδοσης, καλύτερο υλικό απόκτησης σήματος, σαφή κλινική επικύρωση και φυσικά, μεγαλύτερη αξιοπιστία. (Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012)

4.2 BCI Devices

Ποικίλουν οι συσκευές που υπάρχουν στην αγορά των Βιοιατρικών Τεχνολογιών, αφού η χρησιμότητά τους έχει, αδιαμφισβήτητα, αποδειχθεί. Στην αγορά, κυκλοφορούν πολλές φορητές συσκευές, όπως τα *EEG headsets*, τα οποία περιγράφονται αμέσως παρακάτω. Τα δεδομένα καταγραφής ΗΕΓ αναλύονται και χρησιμεύουν για τη μελέτη γνωστικών διεργασιών, σε πολλούς τομείς. Γιατροί μπορούν να τα αξιοποιήσουν για τη διάγνωση ιατρικών προβλημάτων, οι ερευνητές μπορούν να εκμεταλλευτούν τη μέθοδο καθ' αυτήν για να κατανοήσουν τις εγκεφαλικές διεργασίες, οι προγραμματιστές μπορούν, επίσης, να τα χρησιμοποιήσουν για να εκτελέσουν άμεσες διανοητικές εντολές στην ανάπτυξη εφαρμογών και τα άτομα μπορούν να το χρησιμοποιήσουν για να βελτιώσουν την παραγωγικότητα και την ευεξία τους παρακολουθώντας τις διαθέσεις και τα συναισθήματά τους. (EEG Headset, 2022)

4.2.1 EEG Headsets (Electroencephalography Headset)

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναλύσαμε την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου καθώς και την έννοια του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος⁷. Σε αυτή την παράγραφο θα δούμε πώς λειτουργεί μία συσκευή για τη μέτρηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου.

Η συσκευή που καταγράφει ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα έχει την όψη ενός ακουστικού που εφαρμόζει γύρω από το κεφάλι και το μέτωπο του εξεταζόμενου. Αποτελεί μια μέθοδο παρακολούθησης για την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου. Πρόκειται για ασύρματη συσκευή, ονόματι «**EEG headset**» και χρησιμοποιείται για να παράγει σήματα του

⁷ Βλ. ενότητα 2.3

εγκεφάλου, ούτως ώστε να χρησιμοποιηθούν από τους επιστήμονες για την κωδικοποίησή τους, την ανάλυση τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη δραστηριότητα του εγκεφάλου.

Τα φορητά ακουστικά EEG περιέχουν κάποιους αισθητήρες. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν την δυνατότητα να “τοποθετούν” ηλεκτρόδια, με μη-επεμβατικό τρόπο, στο τριχωτό της κεφαλής για την ανίχνευση της ηλεκτρικής δραστηριότητας. Τα ηλεκτρόδια που βρίσκονται στην εκάστοτε συσκευή εφαρμόζουν στην εμπρόσθια περιοχή του εγκεφάλου για να συλλέξουν τα ηλεκτρικά σήματα, δηλαδή λαμβάνουν και καταγράφουν την ηλεκτρική δραστηριότητα στον εγκέφαλό μας. Ο αριθμός των ηλεκτροδίων διαφέρει από συσκευή σε συσκευή. Ακόμη, υπάρχουν και διαφορετικοί τύποι ακουστικών: είναι η κατηγορία των ακουστικών EEG ξηρού ηλεκτροδίου και αυτή των συστοιχιών υγρών ηλεκτροδίων⁸. Η τελευταία κατηγορία διασφαλίζει την υψηλή ποιότητα των δεδομένων της καταγραφής. (EEG Headset, 2022)

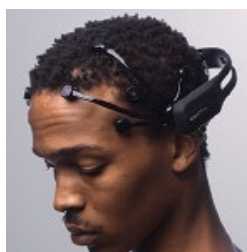
Εν συνεχεία, τα σήματα που έχουν συλλεχτεί περνάνε από μια συγκεκριμένη διεργασία: ένας ενισχυτής και ένας ψηφιοποιητής διενεργούν ούτως ώστε τα δεδομένα να είναι σε θέση να αποσταλούν σε ένα υπολογιστικό σύστημα ή μια κινητή συσκευή για την αποθήκευση και αργότερα την επεξεργασία της πληροφορίας και των δεδομένων αυτών. Δεν απαιτείται καλωδίωση για την αποστολή των δεδομένων, αφού πρόκειται για ασύρματα ακουστικά.

Υπάρχουν αρκετές εταιρείες που παράγουν BCI συσκευές, κάθε μία για διαφορετικούς σκοπούς. Μεταξύ αυτών, εδώ φαίνονται τα χαρακτηριστικά των πιο κοινών συσκευών:

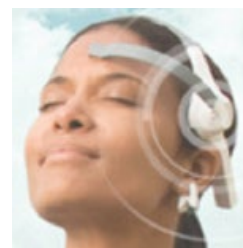
- a) Biosemi Active, χρησιμοποιώντας 256 ηλεκτρόδια με ενσύρματη σύνδεση (καλωδίωση),
- b) Emotiv EPOC, χρησιμοποιώντας 14 ηλεκτρόδια με ασύρματη σύνδεση,
- c) **NeuroSky**, χρησιμοποιώντας 1 ηλεκτρόδιο με ασύρματη σύνδεση. Αυτή είναι η συσκευή που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία και θα παρουσιαστεί στην παράγραφο αμέσως παρακάτω. (Li, Ding, & Conti, 2015)



Εικόνα 4.3(a) Biosemi Active



Εικόνα 4.3(b) Emotiv EPOC



Εικόνα 4.3(c) NeuroSky

⁸ Χρησιμοποιείται αγώγιμο τζελ ή άλλο υλικό.

Τα ακουστικά ΗΕΓ μπορούν να συνεισφέρουν στην Ιατρική έρευνα για την κατανόηση πολλών ψυχικών καταστάσεων, ακόμη και τη διάγνωση ορισμένων ιατρικών περιπτώσεων, όπως στην περίπτωση μιας επιληψίας, της διαταραχής ύπνου και άλλες. Επιπλέον, η χρήση τους επενδύεται και για συστήματα BCI, όπως για παράδειγμα παιχνίδια με τα εμπορικά EEG ακουστικά, παρακολουθώντας τις γνώσεις ενός καταναλωτή, ακόμη και το επίπεδο άγχους. (EEG Headset, 2022)

4.2.2 *NEUROSKY'S Mindwave Mobile Headset*

Η εταιρεία **NeuroSky, Inc.** ιδρύθηκε το 2004 στο Σίλικον Βάλεϊ της Καλιφόρνια. Είναι κατασκευαστής Brain Computer Interface (BCI) τεχνολογιών για εφαρμογές καταναλωτικών προϊόντων και πολλές από αυτές αποτελούν τις κορυφαίες τεχνολογίες βιοισθητήρων που υπάρχουν στην αγορά. Εδώ και χρόνια, η NeuroSky σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ, το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon, το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον, το Πανεπιστήμιο του Wollongong και άλλων, αναπτύσσει συσκευές μέτρησης της ηλεκτροεγκεφαλικής δραστηριότητας. Συνεργάζεται, επίσης, με προγραμματιστές και ερευνητικά κέντρα προς ανάπτυξη τεχνολογιών σε προϊόντα και συστήματα. Κάποια πολύ γνωστά προϊόντα που έχει κυκλοφορήσει στην αγορά για τους καταναλωτές είναι το «MindSet» και «MindWave». (NeuroSky) Στην οικογένεια των ακουστικών της **NeuroSky MindWave**, που έχει σχεδιαστεί στην αγορά για να προσφέρει ολοκληρωμένα προϊόντα καταγραφής και παρακολούθησης EEG, ανήκουν δύο ακουστικά: το «MindWave», το οποίο απευθύνεται σε υπολογιστές και Mac και το ακουστικό «**MindWave Mobile 2**», όπου είναι συμβατό με φορητές συσκευές, όπως Android, iPhone, iPad, αλλά και με υπολογιστές επίσης. (Biosensors / EEG Headsets)

Οι ιδιοκτήτες της εταιρείας παρέχουν τη βάση για την ανάλυση των βιομετρικών δεδομένων αλλά με διαδικασίες όσο το δυνατόν κατανοητές και πρακτικές, σε αντίθεση με το παρελθόν. Όλες οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται είναι σχεδιασμένες ώστε να ξεχωρίζουν για τη διορατικότητά και την ευκολία που παρέχουν στην πρόσβαση. Αυτό που προσφέρει η εταιρεία μπορεί να περιγραφεί ως ο συνδυασμός προϊόντων, σχετικά χαμηλού κόστους, με τεχνολογίες Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) αλλά και ηλεκτρομυογραφίας (EMG), με στόχο εν τέλει να εφοδιάσει τον καταναλωτή και την αγορά με διάφορες εξελιγμένες τεχνολογίες τόσο στην διασκέδαση, όπως τα παιχνίδια – games , όσο και στην υγεία, στην εκπαίδευση, στην αυτοκινητοβιομηχανία και στους αυτοματισμούς. Επομένως, η NeuroSky έχει τη δυνατότητα να παρέχει μοναδικές πληροφορίες για την υγεία, τόσο της σωματικής, όσο της πνευματικής και του νου, και να επαγρυπνήσει τους ανθρώπους στην επιλογή ενός καλύτερου τρόπου ζωής. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

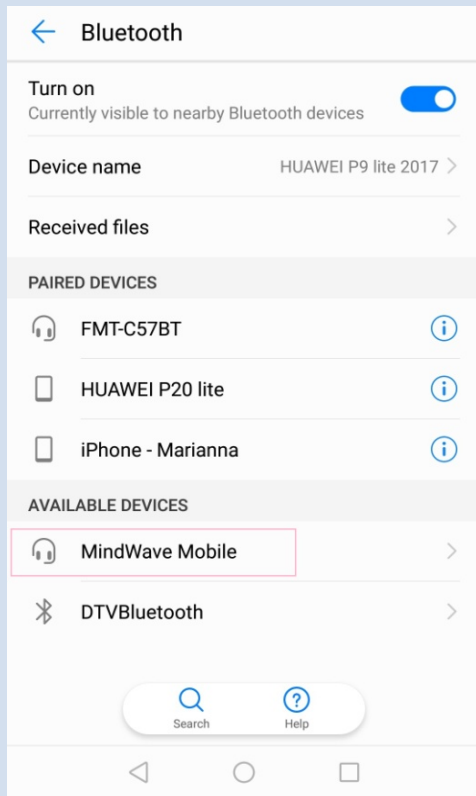
4.2.2.1 Παρουσίαση της Συσκευής

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως εξοπλισμός το ασύρματο ακουστικό «**MindWave Mobile**» της εταιρείας **NeuroSky**. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται όλη η περιγραφή του προϊόντος.

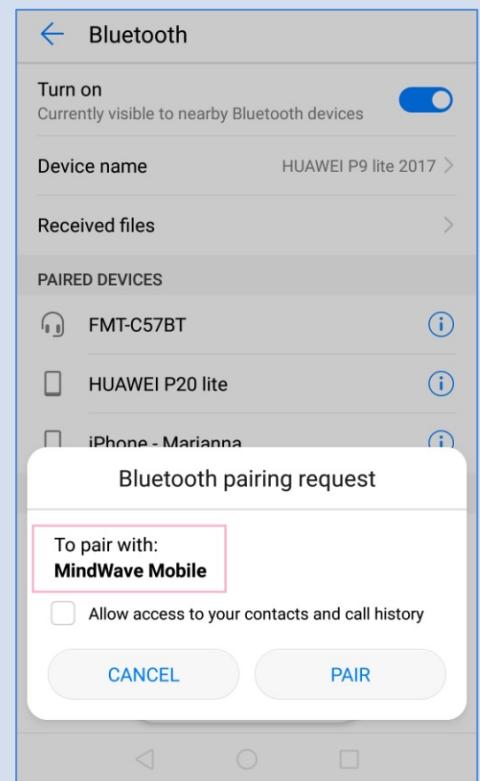
Table 1 Πίνακας παρουσίασης της συσκευής.



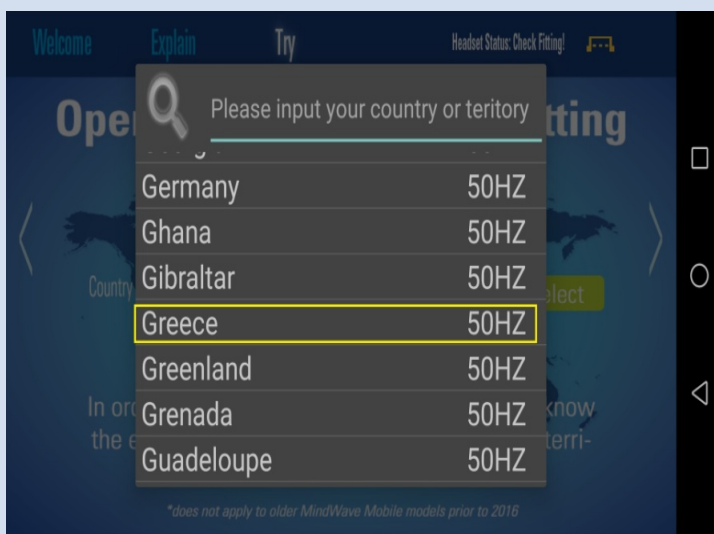
Εδώ παρουσιάζεται η συσκευή καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG) της NeuroSky, «*MindWave Mobile Headset*»



Στιγμιότυπο τη στιγμή της αναζήτησης εύρεσης της συσκευής μέσω **Bluetooth**.



Στιγμιότυπο τη στιγμή της ζεύξης της συσκευής με το κινητό τηλέφωνο ασύρματα - μέσω Bluetooth (*Blue led αναβοσβήνει*).

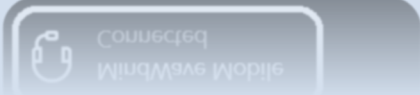


Εγκατάσταση της εφαρμογής της NeuroSky, «MindWave Mobile Tutorial». **Κατάσταση σύνδεσης: *Fitting***



Η συσκευή όταν τοποθετήθηκε στο τριχωτό της κεφαλής και η επιτυχής ζεύξη με την συσκευή ασύρματα (*Blue led σταθερό*).

Κατάσταση σύνδεσης: *Connected*



4.2.2.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Η συσκευή λειτουργεί με ένα μόλις ηλεκτρόδιο, που υπακούει στο σύστημα 10-20⁹. Αυτό που κάνει είναι να μετράει τη δραστηριότητα του Μετωπιαίου λοβού, δηλαδή στη θέση Fp1, ενώ στη θέση A1, ο αριστερός λοβός του αυτιού, καθιερώθηκε το σημείο αναφοράς. Χρησιμοποιούνται ξηρά ηλεκτρόδια, κύριο πλεονέκτημα των οποίων αποτελεί η γρήγορη ρύθμισή τους, ακολουθούμενη από την εκκίνηση της διαδικασίας λήψης των δεδομένων.

Όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής:

- Πρόκειται για μια φορητή συσκευή, που πραγματοποιεί ασύρματη επικοινωνία και μονοπολική αγωγιμότητα.
- Υποστηρίζει τις πλατφόρμες: Windows XP/ 7/ 8/ 10, Mac OSX 10.8 / νεότερη, iOS 8 / νεότερη και Android (2.3 / νεότερη).
- Δέχεται απλή μπαταρία AAA με διάρκεια λειτουργίας: 8 ώρες.
- Πραγματοποιεί αυτόματη ζεύξη Bluetooth, με εύρος που φτάνει έως και τα 10m.
- Περιέχει ένα μοναδικό ID κατά τη ζεύξη με μία άλλη συσκευή.
- Χρησιμοποιεί της NeuroSky «TGAM¹⁰», με υπομονάδα 2,9A.
- Έχει βάρος: 90gr.

Η έξοδος μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν τα εγκεφαλικά κύματα (άλφα, βήτα,..), με τον ρυθμό δειγματοληψίας να ανέρχεται στα 512 Hz. Επίσης, μπορεί να κάνει ανάλυση της ποιότητας το σήματος HEG, αφού ανιχνεύει μια αδύναμη σύνδεση ή/και όταν η συσκευή είναι εκτός του κεφαλιού. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

Εικόνα 4.4 Η συσκευή «MindWave Mobile Headset» παρουσιάζεται με τα χαρ/κα της, όπως φαίνονται στην εικόνα: τον εύκαμπτο αισθητήρα, ο οποίος εφαρμόζεται με άνεση στο μέτωπο, το κλιπ, που στηρίζεται με άνεση στον λοβό του αυτιού κλπ.



⁹ Βλ. ενότητα 2.3.2.1.1

¹⁰ Βλ. ενότητα 4.2.2.3

4.2.2.3 NeuroSky – EEG Algorithms

Η εταιρεία NeuroSky σχεδίασε, λοιπόν, το ασύρματο «MindWave Mobile» EEG ακουστικό χαμηλού κόστους, που αποτελεί ένα καινοτόμο εργαλείο και επιτρέπει τον χρήστη να χρησιμοποιήσει τη συσκευή για να παρακολουθήσει την δραστηριότητα του εγκεφάλου με ιδιαίτερη ευκολία και ευχρηστία, αφού η συσκευή *MindWave Mobile* είναι σχεδιασμένη έτσι, ούτως ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον κάθε ερευνητή που τον ενδιαφέρει, αφού διακατέχει χαρακτηριστικά και λειτουργίες αρκετά κατανοητές και προσαρμόσιμες.

Η κύρια λειτουργία του είναι η καταγραφή ηλεκτροεγκεφαλικών σημάτων, δηλαδή σημάτων που προέρχονται από την δραστηριότητα του εγκεφάλου, σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα και οι τιμές που λαμβάνονται χρησιμοποιώντας τη συσκευή ποικίλουν: γίνεται λήψη ανεπεξέργαστων δεδομένων EEG, μεγέθη ζωνών συχνοτήτων (οι ρυθμοί δ, θ, α, β, γ), ποιότητας του σήματος, ακόμη και η ανταπόκριση του ανοιγοκλεισίματος των ματιών. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η ικανότητα της συσκευής να ανιχνεύει δύο καταστάσεις του ανθρώπινου νου: πότε είναι χαλαρός και πότε συγκεντρωμένος. Γενικότερα, το ακουστικό είναι ικανό να ψηφιοποιεί τα σήματα του εγκεφάλου για να λαμβάνει τη δραστηριότητα του εγκεφάλου του χρήστη από παιχνίδια, υπολογιστικά συστήματα και ιατρικές συσκευές. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

Είναι κρίσιμης σημασίας να ξεκινήσουμε από τον τεχνολογικό πυρήνα της ανίχνευσης των κυμάτων στον εγκέφαλο, το λεγόμενο **ThinkGear** ή TGAM. Αυτή η τεχνολογία εντοπίζεται μέσα σε κάθε προϊόν της εταιρείας NeuroSky και με τη βοήθεια του ηλεκτροδίου επιτρέπει στη συσκευή να διασυνδέεται με τα εγκεφαλικά κύματα του χρήστη. Ύστερα, φιλτράρει τον εξωτερικό θόρυβο και τις ηλεκτρικές παρεμβολές που πιθανόν να υπάρξουν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και το αποτέλεσμα είναι η μετατροπή του σε ψηφιακή ισχύ. Πλήρως ενσωματωμένο εντοπίζεται ένα ισχυρό τσιπ, **TGAT**, αισθητήρα EEG. Το τσιπ είναι ήδη προγραμματισμένο με τον αλγόριθμο NeuroSky «eSense», που θα μελετηθεί αμέσως παρακάτω και με φιλτράρισμα θορύβου για παρεμβολές ρεύματος 50/60 Hz AC. (Biosensors / EEG Headsets) Η τεχνολογία του τσιπ αναπτύχθηκε, επίσης, για τον υπολογισμό της πυκνότητας ισχύος του φάσματος (PSD), χρησιμοποιώντας 512 δείγματα / ανά δευτερόλεπτο συχνότητας δειγματοληψίας και έναν αλγόριθμο «eSense Attention meter», με στόχο να αναδεικνύει την ένταση της προσοχής, η οποία εμφανίζεται κατά τη διάρκεια έντονης συγκέντρωσης. Επομένως, τόσο τα κυρίαρχα κύματα του εγκεφάλου, όσο και οι μετρητές eSense υπολογίζονται σε αυτό εδώ το ενσωματωμένο με τη συσκευή τσιπ. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

Αλγόριθμος eSense

Πρόκειται για αλγόριθμο «γρήγορης επιδιόρθωσης» για τη διάκριση ψυχικών καταστάσεων. Αφού, αρχικά, η συσκευή έχει ενσωματώσει το πρωτογενές σήμα του εγκεφάλου και έχει αφαιρέσει τον προκύπτοντα θόρυβο (όχι εξ ολοκλήρου) και την ανεπιθύμητη κίνηση των μυών, τότε έρχεται η σειρά του αλγορίθμου: εισάγεται στο υπόλοιπο σήμα, με αποτέλεσμα να καταλήξει στις τιμές του μετρητή «eSense» που έχουν ήδη διευκρινιστεί. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

Μετρητής eSense

Η τιμή του μετρητή προσοχής και συλλογισμού περιγράφεται στην αντίστοιχη κλίμακα του eSense από το 1 έως 100. Ακολουθεί ο πίνακας επεξήγησης.

Table 2 Πίνακας επεξήγησης των τιμών eSense: Αυτό που μετράται είναι η ένταση του επιπέδου της «προσοχής» - «Attention» ή «χαλάρωσης» - «Meditation» σε έναν χρήστη, όταν ο ίδιος βρίσκεται σε σταθερή ψυχική δραστηριότητα.

ΤΙΜΕΣ (μεταξύ 1-100)	ΑΠΟΔΟΣΗ
1-20	υποδεικνύει «έντονα μειωμένα» επίπεδα eSense
20-40	υποδεικνύει «μειωμένα» επίπεδα του eSense
40-60	θεωρείται «ουδέτερη» σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή και χρησιμοποιούμε την έννοια «βασικές γραμμές - baselines»
60-80	θεωρείται ελαφρώς αυξημένη και μπορεί να ερμηνευθεί ότι τα επίπεδα eSense ενός ανθρώπου είναι υψηλότερα από το κανονικό.
80-100	θεωρούνται «ανυψωμένες» και δηλώνουν ότι τα αυξημένα επίπεδα αυτού του eSense είναι εκφρασμένα έντονα.

Συμπεραίνουμε ότι όταν οι τιμές είναι χαμηλές, το επίπεδο του μετρητή προσοχής είναι μειωμένο, δηλαδή υπάρχει έλλειψη συγκέντρωσης και προσοχής. Σε αντίθεση με τις αυξημένες τιμές του, όπου υποδεικνύουν ότι ο χρήστης εστιάζει σε μια σκέψη ή κάτι άλλο και πιθανόν καταβάλλεται από στρες ή σκέψεις. Εξαιτίας του γεγονότος ότι ο αλγόριθμος είναι ικανός να παρατηρεί την ικανότητα του χρήστη στη συγκέντρωση, είναι πολύτιμος σε εκπαιδευτικούς τομείς.

Αντίστοιχα, όσο οι τιμές το επιπέδου του *μετρητή ηρεμίας-διαλογισμού* αυξάνονται, ο χρήστης είναι χαλαρός και ήρεμος, ενώ όσο μειώνονται, ο χρήστης ίσως να είναι αγχωμένος ή ανήσυχος. (NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK)

Κατόπιν όλης της διαδικασίας, το ακουστικό ενισχύει και ψηφιοποιεί τη διαφορά τάσης μεταξύ του αισθητήρα στο τριχωτό της κεφαλής και του κλιπ στο αυτί. Έτσι, φιλτράρονται τα σήματα του εγκεφάλου με αναλογικά και ψηφιακά φίλτρα, είτε χαμηλά είτε υψηλά σε μια περιοχή 1 έως 50 Hz. Για την ανίχνευση αλλά και τη διόρθωση του θορύβου που κατά πάσα πιθανότητα θα προκύψει, το σήμα αναλύεται κάθε δευτερόλεπτο στο πεδίο του χρόνου. Έπειτα, πραγματοποιείται ο γνωστός FFT¹¹ Τελικώς, ελέγχεται εκ νέου το σήμα για θόρυβο στο πεδίο των συχνοτήτων και για τη λήψη των εγκεφαλικών κυμάτων αλλά και των τιμών του αλγορίθμου eSense (προσοχής, συγκέντρωσης).

¹¹ Fast Fourier Transform: είναι ένας αλγόριθμος που αποτελεί χρήσιμο εργαλείο στην επεξεργασία σημάτων.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

APPLICATION software: ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΟΜΜΑΤΙ της ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

*Τ*ο κεφάλαιο εστιάζει στο κομμάτι της Εφαρμογής, από την πλευρά του λογισμικού. Κάνει εισαγωγή με τον προσδιορισμό της πλατφόρμας του Android και Android Studio για την εξοικείωση του αναγνώστη με το περιβάλλον τους, συνεχίζει με την αναφορά στις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για τον κώδικα της εφαρμογής και το πρωτόκολλο του Bluetooth, απαραίτητο για την ασύρματη επικοινωνία της συσκευής με την εφαρμογή. Τέλος, αναφέρονται κάποιες εφαρμογές που σχετίζονται με την παρούσα και ορισμένα χαρακτηριστικά που κάθε εφαρμογή με ιατρικό περιεχόμενο θα περιείχε σε ιδανικές συνθήκες.

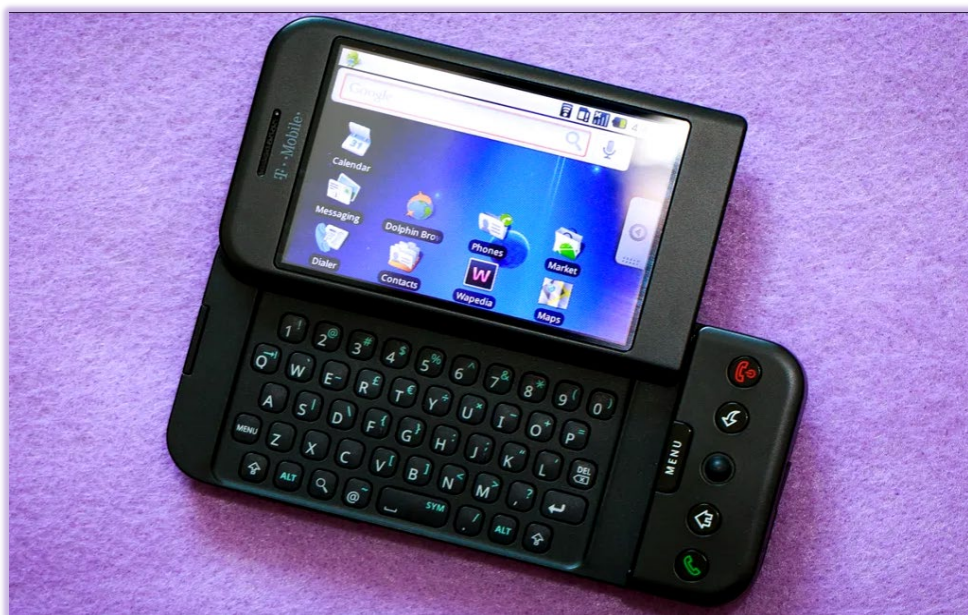
5.1 Android

Είναι χρήσιμο να γίνει αναφορά στο λειτουργικό σύστημα και γενικότερα στο λογισμικό με βάση το οποίο χτίστηκε η εφαρμογή, για αυτόν τον λόγο, στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν όλες οι βασικές πληροφορίες ενός συστήματος Android και όχι μόνο.

5.1.1 Εισαγωγή

Πρόκειται για το πιο ευρέως διαδεδομένο λογισμικό στον κόσμο. Το **Android** είναι ένα λειτουργικό σύστημα σχεδιασμένο για συσκευές κινητής τηλεφωνίας, το οποίο χρησιμοποιεί τον πυρήνα του λειτουργικού Linux. Οι συσκευές με Android έχουν έναν αμύθητο αριθμό πωλήσεων και κυριαρχούν στην αγορά. Μάλιστα, από το 2011, το λειτουργικό σύστημα Android είναι στην κορυφή με τις περισσότερες πωλήσεις smartphone παγκοσμίως.

Το Android ιδρύθηκε το 2003 ως έργο της αμερικανικής τεχνολογικής εταιρείας Android Inc., αρχικά για την ανάπτυξη ενός λειτουργικού συστήματος για ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και ένα χρόνο μετά έγινε λειτουργικό για smartphones. Το 2005 αγοράστηκε από την αμερικανική εταιρεία μηχανών αναζήτησης, Google Inc. Αργότερα, αναπτύχθηκε από την Open Handset Alliance, με σκοπό την προώθηση του Android ως δωρεάν λειτουργικό σύστημα ανοιχτού κώδικα για εφαρμογές. Το πρώτο κινητό που κυκλοφόρησε φαίνεται στην εικόνα παρακάτω και η κυκλοφορία του έγινε τον Οκτώβριο του 2008. Το 2012, το λειτουργικό σύστημα Android έγινε το πιο δημοφιλές σύστημα για κινητές συσκευές, ξεπερνώντας ακόμη και το iOS της Apple. (Encyclopaedia Britannica, Inc, 2020)



Εικόνα 5.1 Το πρώτο Android smartphone που κυκλοφόρησε τον Οκτώβριο του 2008: T-Mobile G1 ή HTC Dream.

Το Android **12 (API Level 31)** αποτελεί την τρέχουσα έκδοση, η οποία κυκλοφόρησε στις 4 Οκτωβρίου του 2021. Το λογότυπο του έχει αλλάξει 4 φορές από την ίδρυσή του. Από το 2019 έως και σήμερα είναι:



Εικόνα 5.2 Το λογότυπο του Android σήμερα.

Τον Απρίλη του 2022 κυκλοφόρησε για πρώτη φορά η δοκιμαστική έκδοση του Android **13 BETA (API Level 33)**. Ήδη τον Ιούνιο, η πλατφόρμα εξελίχθηκε σε κάτι που το χαρακτηρίζει η σταθερότητα. Πρόκειται για μια εξελιγμένη πλατφόρμα που στοχεύει σε νέες δυνατότητες, αλλαγές στο απόρρητο, την ασφάλεια και πολλά άλλα.



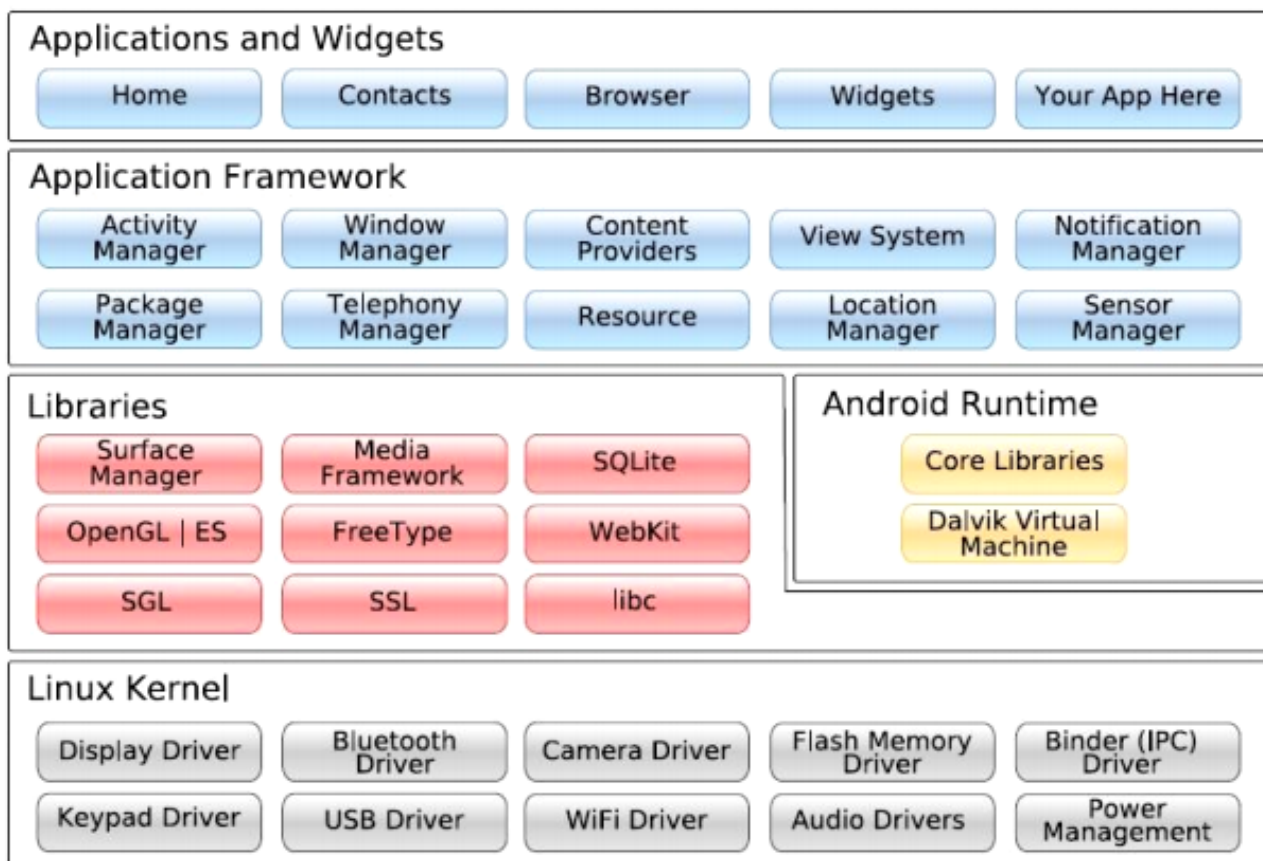
Εικόνα 5.3 Επίσημη εικόνα του Android 13, το οποίο από τον Ιούνιο του 2022 βρίσκεται στην δοκιμαστική έκδοση του Android 13 BETA 3.3.

Οι λειτουργίες του Android είναι αναρίθμητες και αλλάζουν συχνά, ανάλογα με την έκδοση. Αξιοσημείωτη η δυνατότητα του να υποστηρίζει συσκευές με διαφορετικό περιβάλλον χρήσης, όπως για παράδειγμα από Η/Υ, κονσόλες παιχνιδιών, μέχρι και Android TV – τηλεοράσεις και Android Auto – αυτοκίνητα.

5.1.2 Αρχιτεκτονική του Android

Το Android έχει στη διάθεσή του ένα σύνολο από βασικές εφαρμογές, οι οποίες μπορεί να λειτουργήσουν ως εφαρμογές για τους χρήστες αλλά κι να παρέχουν βασικές δυνατότητες για τους προγραμματιστές των δικών τους εφαρμογών. Ένα παράδειγμα για την κατανόηση αυτού είναι τα SMS μηνύματα: εάν ο χρήστης έχει εγκατεστημένη της εφαρμογή για SMS, τότε μπορεί να την επικαλεστεί για να παραδώσει ένα μήνυμα, χωρίς να χρειάζεται να δημιουργήσει ο ίδιος ετούτη τη λειτουργία.

Ακολουθεί, λοιπόν, η παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του λειτουργικού συστήματος *Android*, υπογραμμίζοντας τα κύρια στοιχεία της:



Εικόνα 5.4 Η αρχιτεκτονική του Android.

Linux Kernel – ο πυρήνας του Linux

Η βάση της ιεραρχίας, όπως φαίνεται από το *σχήμα 5.4* της αρχιτεκτονικής, αποτελεί το θεμέλιο της πλατφόρμας Android. Επιτρέπει στο Android να εκμεταλλευτεί βασικά χαρακτηριστικά ασφαλείας και στους κατασκευαστές συσκευών να αναπτύξουν προγράμματα οδήγησης υλικού για έναν γνωστό πυρήνα. (Platform Architecture)

Android Runtime (ART)

Επόμενο επίπεδο στην ιεραρχία είναι το Android Runtime environment, το οποίο τρέχει τον εκτελέσιμο κώδικα των εφαρμογών και περιέχει ένα σημαντικό στοιχείο: Dalvik Virtual Machine, δηλαδή μία εικονική μηχανή Android, η οποία βασίζεται στον πυρήνα Linux Kernel για λόγους διαχείρισης, είτε μνήμης, είτε διεργασιών και ενέργειας.

Hardware Abstraction Layer (HAL) – Επίπεδο αφαίρεσης υλικού

Μεταξύ των δύο επιπέδων που αναφέρθηκαν έως τώρα, υπάρχει το επίπεδο αφαίρεσης υλικού, το οποίο αποτελείται από πολλαπλές μονάδες βιβλιοθήκης, καθεμία από τις οποίες υλοποιεί μια διεπαφή για έναν συγκεκριμένο τύπο εξαρτήματος υλικού, για παράδειγμα η κάμερα ή η μονάδα **Bluetooth**.

Libraries

Στο επίπεδο αυτό βρίσκονται οι βιβλιοθήκες, γραμμένες σε γλώσσα προγραμματισμού C και C++, οι οποίες αναπτύσσουν πολλά συστατικά του συστήματος Android, όπως για παράδειγμα ART, HAL. Για την εξασφάλιση της λειτουργικότητας των βιβλιοθηκών – libraries στις εφαρμογές το Android παρέχει το **Java API Framework**. Για παράδειγμα, για την υποστήριξη στον σχεδιασμό και χειρισμό γραφικών 2D και 3D σε μια εφαρμογή, μπορεί κάποιος να αποκτήσει πρόσβαση στο OpenGL ES μέσω του Java OpenGL API. (Platform Architecture)

Application Framework ή Java API Framework

Αμέσως πιο επάνω βρίσκεται το μεσο-λογισμικό ή middleware. Το επίπεδο περιλαμβάνει όλο το σύνολο των λειτουργιών και δυνατοτήτων του συστήματος Android που είναι διαθέσιμο στον προγραμματιστή, με την ύπαρξη APIs*, τα οποία είναι γραμμένα σε γλώσσα Java. (Platform Architecture) Οι κυριότερες υπηρεσίες είναι:

- Διαχειριστής Δραστηριότητας - Activity Manager: διευθετεί τον κύκλο ζωής των εφαρμογών και παρέχει την κοινή στοίβα πλοήγησης.
- Διαχειριστής Ειδοποιήσεων - Notification Manager: επιτρέπει στις εφαρμογές να εμφανίζουν στην γραμμή κατάστασης μηνύματα και ειδοποιήσεις για τον χρήστη.
- Διαχειριστής πόρων - Resource Manager: παρέχει πρόσβαση σε πόρους, όχι όμως σε αρχεία κώδικα.
- View System: ένα πλούσιο σύστημα προβολής για τη δημιουργία διεπαφής του χρήστη σε μια εφαρμογή με τα κουμπιά, τις λίστες, τον φυλλομετρητή.
- Πάροχος Περιεχομένου - Content Providers: παρέχει στις εφαρμογές τη δυνατότητα να μοιράζονται τα δεδομένα τους και να αποκτούν πρόσβαση σε δεδομένα άλλων εφαρμογών, για παράδειγμα στην εφαρμογή Επαφές.

Applications and Widgets

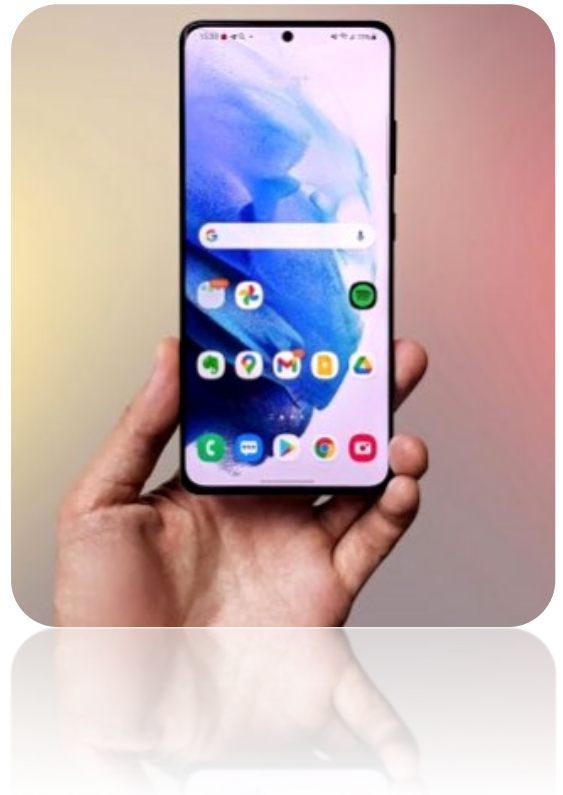
Στην κορυφή του διαγράμματος που αναπαριστάται παραπάνω, το επίπεδο περιλαμβάνει τις βασικές εφαρμογές του συστήματος (System Apps) που αλληλεπιδρούν με τον χρήστη, όπως η περιήγηση στο διαδίκτυο με φυλλομετρητή, η αποστολή μηνυμάτων, email, οι επαφές και κάποια widgets.

5.1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά

Στην παράγραφο αυτή θα περιγραφούν τα χαρακτηριστικά του Android και ορισμένες λειτουργίες του.

Σε μια συσκευή Android υπάρχουν τα παρακάτω:

- Διεπαφή Χρήστη – Interface
- Αρχική Οθόνη – Home Screen
- Γραμμή Κατάστασης – Status bar
- Ειδοποιήσεις – Notifications
- Λίστες εφαρμογών – App lists
- Κουμπιά Πλοήγησης – Navigation buttons



Εικόνα 5.5 Αρχική Οθόνη Android 12.

Γενικά, τα χαρακτηριστικά και λειτουργίες του παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω:

Συνδεσιμότητα – Connectivity

Το Android υποστηρίζει τεχνολογίες συνδεσιμότητας, όπως GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, Bluetooth, UMTS, , LTE, NFC, WiMAX. (Android - Overview). Ακόμη, επιτρέπει σε ένα κινητό να χρησιμοποιείται ως ασύρματο ή ενσύρματο hotspot Wi-Fi.

Αποθήκευση –storage

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων: SQLite (Android - Overview)

Υποστήριξη πολυμέσων - Media support

Υποστηρίζει διάφορες μορφές ήχου, βίντεο και ακίνητων μέσων, όπως MP3, MIDI , AAC, AMR, MPEG-4 SP, JPEG, PNG και άλλα. (Android - Overview)

Αποστολή μηνυμάτων – messaging

Διαθέσιμοι τρόποι ανταλλαγής μηνυμάτων είναι το SMS και MMS.

Περιήγηση στον Ιστό - web browser

Για την περιήγηση στον ιστό το Android διαθέτει φυλλομετρητή εναρμονισμένο στη μηχανή διάταξης WebKit ανοιχτού κώδικα, συνδυαστικά με τη μηχανή JavaScript V8 του Chrome που υποστηρίζει HTML5 CSS3. (Android - Overview)

Πολλαπλή αφή – multi touch, Πολλαπλές εργασίες - multitasking και Πολλαπλές γλώσσες – multiple language support

Διατίθεται η δυνατότητα πολλαπλής λειτουργίας εφαρμογών. Ο χρήστης μπορεί ταυτόχρονα να εκτελεί διαφορετικές εφαρμογές και να μεταπηδά από τη μία διεργασία στην άλλη. Επίσης, διαθέτει υποστήριξη πολλών γλωσσών. (Android - Overview)

Resizable widgets – Γραφικά στοιχεία με δυνατότητα αλλαγής μεγέθους

Υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής μεγέθους των γραφικών στοιχείων, ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν από τον χρήστη, όπως εκείνος επιθυμεί. (Android - Overview)

Wi-fi Direct

Αφορά μια τεχνολογία που επιτρέπει στις εφαρμογές να ανακαλύπτουν και να πραγματοποιούν ζεύξεις απευθείας, μέσω σύνδεσης peer-to-peer. (Android - Overview)

Τέλος, δεν θα μπορούσε να παραληφθεί η αναφορά στην ενότητα των εφαρμογών, οι οποίες διευρύνουν τη λειτουργικότητα των συσκευών. Αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας το kit ανάπτυξης λογισμικού Android (SDK) και τη γλώσσα προγραμματισμού Kotlin. Επίσης, χρησιμοποιείται η Java όπως και η C ++ .

5.2 Android Studio

Στα πλαίσια της Διπλωματικής, αναπτύχθηκε η εφαρμογή, για την οποία θα αναφερθώ εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο. Απαραίτητο εργαλείο για την ανάπτυξή της αποτέλεσε το **Android Studio**. Στην υποενότητα αυτή θα αναφερθούν χαρακτηριστικά της πλατφόρμας και θα δει ο αναγνώστης με μια πρώτη ματιά το περιβάλλον του Android Studio.

5.2.1 Χαρακτηριστικά

Το Android Studio είναι το επίσημο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για δημιουργία εφαρμογών Android, με βάση το IntelliJ IDEA . Προσφέρει πολλαπλές δυνατότητες που βελτιώνουν την παραγωγικότητά του χρήστη κατά τη δημιουργία εφαρμογών Android, αλλά παρέχει, επίσης, πολύ ισχυρά εργαλεία προγραμματιστών.

Αναφορικά, οι δυνατότητες που δίνει είναι:



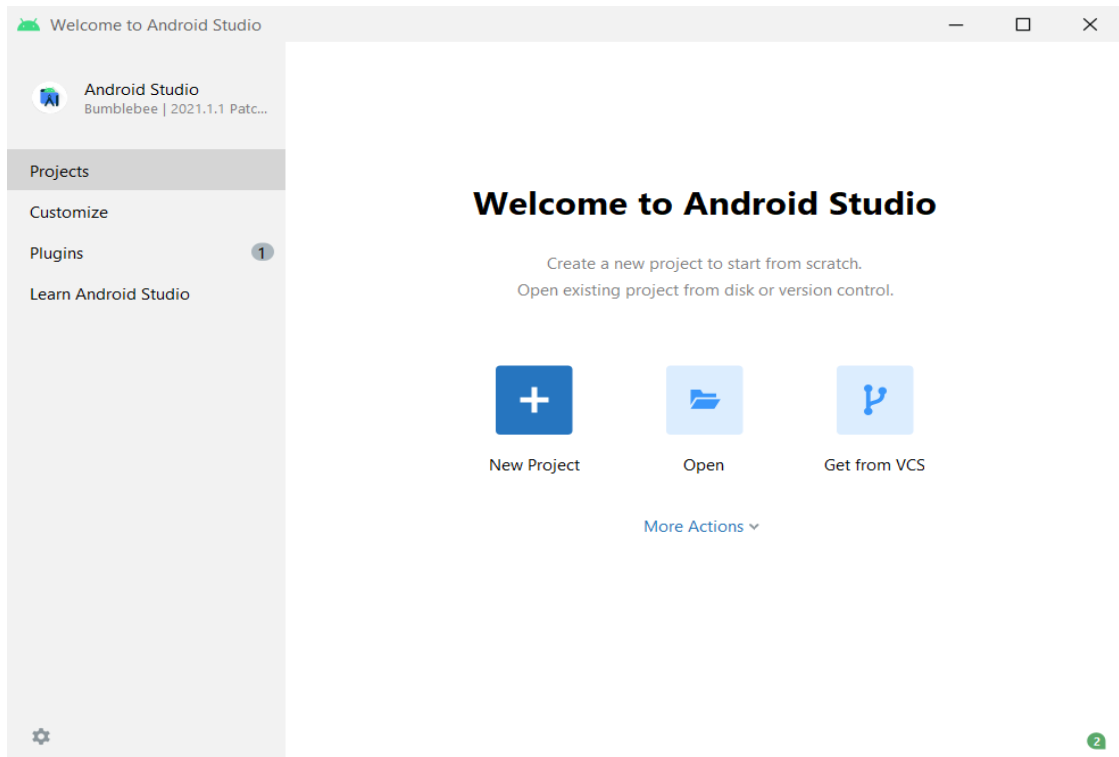
Εικόνα 5.6 Το λογότυπο του Android Studio.

- ένα ευέλικτο σύστημα κατασκευής Gradle-based,
- έναν γρήγορο εξομοιωτή (emulator), με πολλές λειτουργίες,
- ένα περιβάλλον, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί για όλες τις Android συσκευές,
- η εφαρμογή αλλαγών, η προώθηση και εκτέλεσή τους, χωρίς να χρειάζεται επανεκκίνηση της εφαρμογής,
- πρότυπα κώδικα ούτως ώστε να χρησιμοποιηθεί ως δείγμα σε εφαρμογές με κοινή λειτουργία και ενσωματωμένο GitHub,

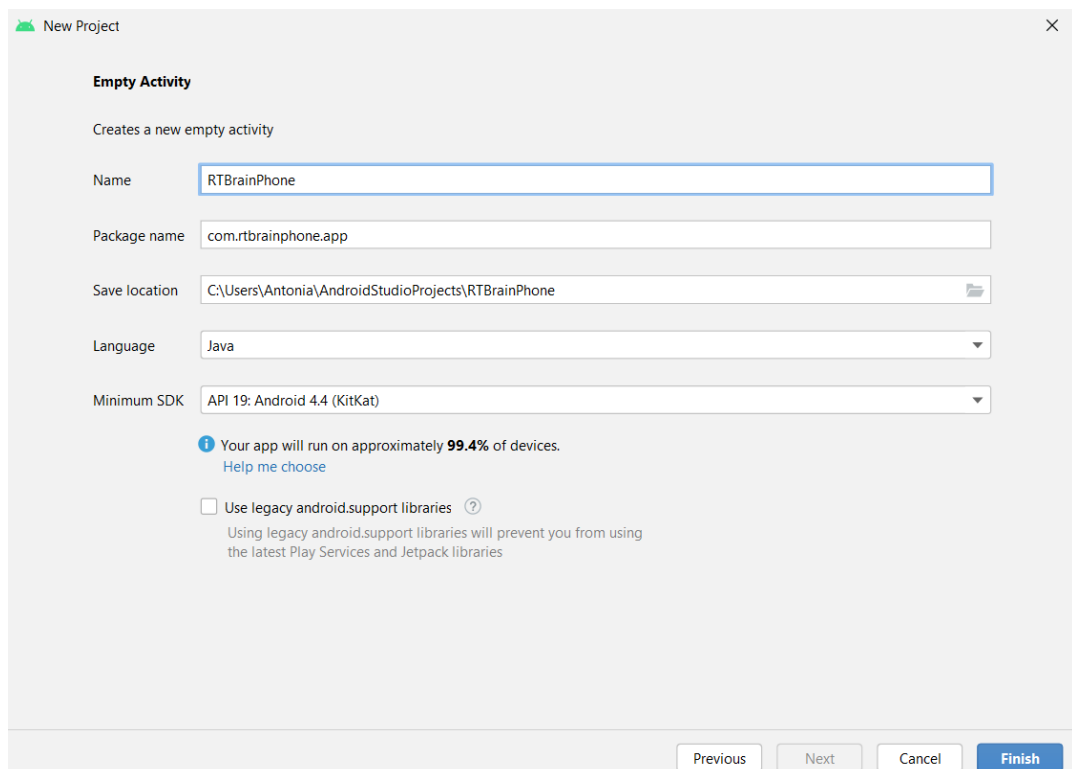
- εργαλεία που στοχεύουν στην απόδοση, τη χρηστικότητα και τη συμβατότητα της έκδοσης,
- υποστήριξη C++ , NDK,
- και ενσωματωμένη υποστήριξη για Google Cloud Platform.

5.2.2 Περιβάλλον του Android Studio

Μετά την εγκατάσταση της πιο πρόσφατης έκδοσης και την ρύθμιση όλων των παραμέτρων που ακολουθούν βήμα-βήμα, φαίνεται παρακάτω το παράθυρο καλωσορίσματος:

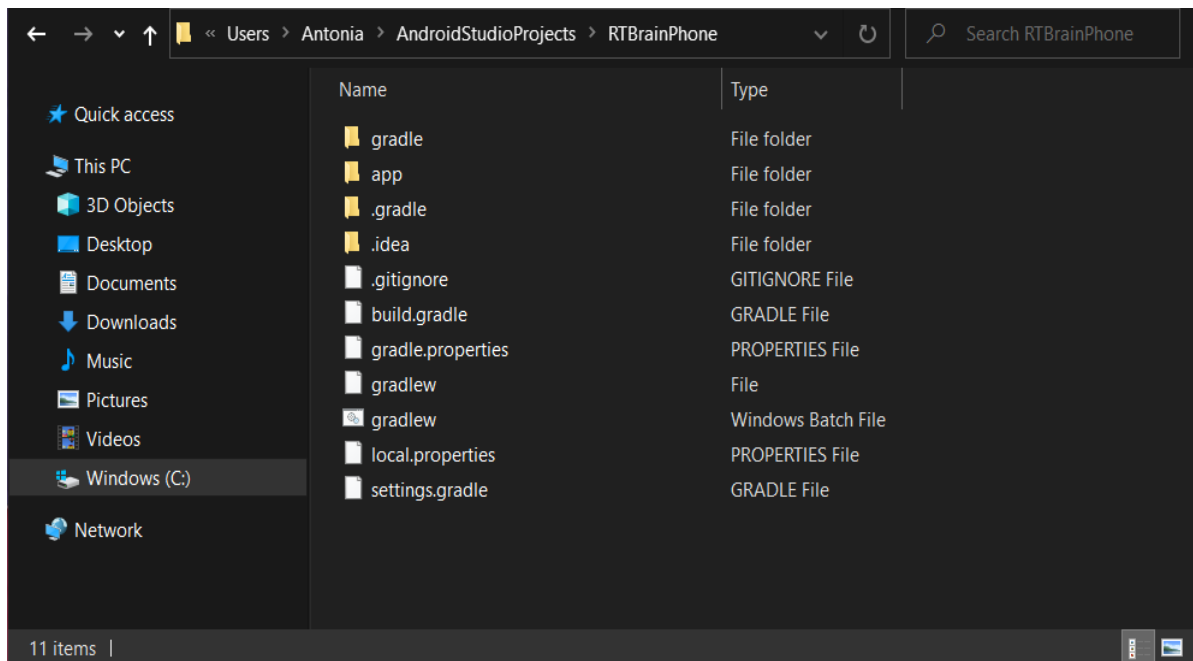


Εικόνα 5.7 Το παράθυρο καλωσορίσματος από την πλατφόρμα του Android Studio αμέσως μετά την εγκατάστασή του.

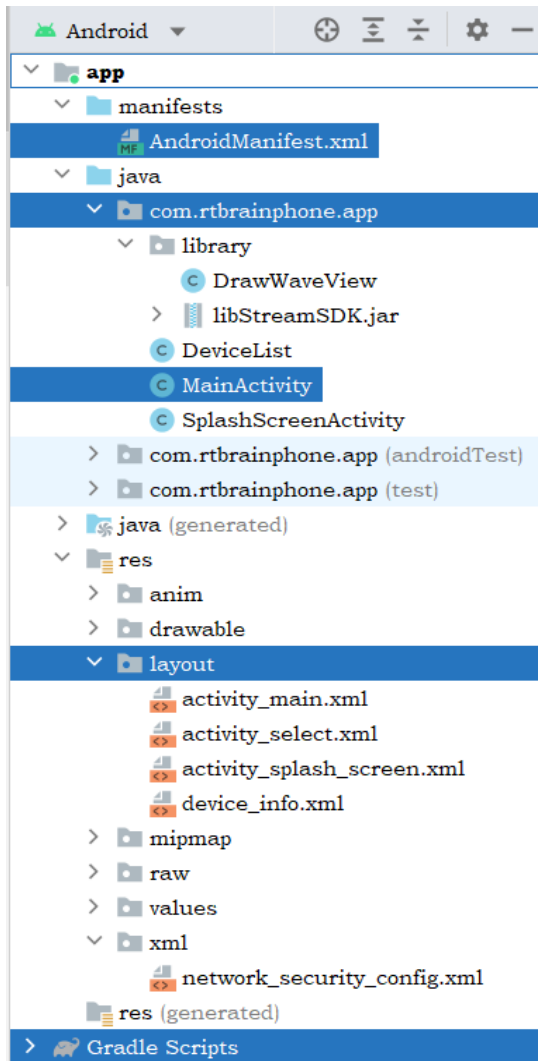


Εικόνα 5.8 Ρύθμιση των χαρακτηριστικών του project που πρόκειται να δημιουργηθεί.

- Επιθυμητή γλώσσα προγραμματισμού με την οποία θα αναπτυχθεί η εφαρμογή: **JAVA**
- Ελάχιστο επίπεδο API επιθυμητό για την υποστήριξη της -προς υλοποίηση- εφαρμογής: API 19 for Android 4.4 Version (KitKat). Αυτή η δήλωση σημαίνει ότι οποιοσδήποτε χρήστης με έκδοση του Android 4.4 στη συσκευή του και επάνω (έως και την τρέχουσα έκδοση) μπορεί να λειτουργήσει την εφαρμογή. Σε παλαιότερες εκδόσεις δεν είναι εφικτό.



Εικόνα 5.9 Με τη δημιουργία του project για την εφαρμογή παράγονται στον φάκελο της εφαρμογής τα παραπάνω αρχεία.



Εικόνα 5.10 Η πλατφόρμα του Android Studio ακολουθεί την εξής ιεραρχία, όπως φαίνεται και στην εικόνα:

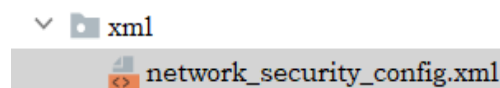
Το `AndroidManifest.xml`, το οποίο περιέχει όλα τα `permissions`.

Τα `JAVA` αρχεία, με πρωταρχικό ρόλο να παίζει η `MainActivity.java` και στη συνέχεια, ό,τι επιθυμεί ο χρήστης να προσθέσει, όπως στην προκειμένη περίπτωση, προσθέσαμε την `SplashScreenActivity.java`, την `DeviceList.java`, αλλά ενσωματώσαμε και μια εξωτερική βιβλιοθήκη καθώς και κλάση, συμπληρωματικά της εργασίας.

Συνεχίζοντας, οι πόροι – `resources` δεν μπορούνε να απουσιάζουν από την ιεραρχία. Πρωτίστως, στα `layouts`, έρχεται η `activity_main.xml` καθώς και η `activity_splash_screen.xml`, με την οποία κάνει είσοδο η εφαρμογή. Ακολουθούν η `activity_select.xml`, και η `device_info.xml`. Υπάρχουν και οι υποκατηγορίες `drawable`, `values` (`strings.xml`, `themes.xml`), `raw`, διάφορα άλλα χρήσιμα `xml` αρχεία και `mipmap`.

Τέλος, αξιοσημείωτη αναφορά χρίζει η κατηγορία στο κάτω μέρος του στιγμιότυπου, το `Gradle Scripts`, το οποίο καθιστά το ανώτερο επίπεδο με όλα τα αρχεία `build`.

Λόγω της πρόσθετης ασφάλειας σε νεότερες εκδόσεις του Android, πραγματοποιήσαμε την προσθήκη ενός `xml` αρχείου με όνομα: «Network Security Config».



Εικόνα 5.11 “Network Security Config” `xml` file.

5.3 Γλώσσες Προγραμματισμού

Παρακάτω δίνονται οι τεχνολογίες - γλώσσες προγραμματισμού που αξιοποιήθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής, μαζί με τα χαρακτηριστικά της καθεμίας. Είναι σημαντική η αναφορά τους για την κατανόηση του κώδικα της εφαρμογής.

5.3.1 JAVA

Η Java είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού, υψηλού επιπέδου, η οποία σχεδιάστηκε από τον James Gosling και κυκλοφόρησε το 1995 από την εταιρεία πληροφορικής *Sun Microsystems*. Είναι βασισμένη σε κλάσεις και στην γλώσσα C++ , ενώ κύριος στόχος της αποτελεί η σύνταξη προγραμμάτων, τα οποία θα είναι σε θέση να εκτελούνται σε μια ποικιλία συστημάτων – υπολογιστών και συσκευών ελεγχόμενων από έναν υπολογιστή. Το τελευταίο σημαίνει πως δίνει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να «συντάσσουν μια φορά και να εκτελούνται οπουδήποτε». Πέρα από αυτά, η Java κατάφερε να προσελκύσει το ενδιαφέρον από πολλούς στην επιχειρηματική κοινότητα, αφού εισήγαγε δυναμικό περιεχόμενο σε ιστοσελίδες, για παράδειγμα την κίνηση και τη διαδραστικότητα στις ιστοσελίδες του διαδικτύου και έδωσε ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε εφαρμογές web πελάτη και διακομιστή . (Deitel & Deitel)

Το 2010, η *Oracle* αγόρασε την *Sun Microsystems*. Τη σημερινή εποχή αξιοποιείται για την ανάπτυξη ακόμη και εφαρμογών μεγάλου βεληνεκούς, ώστε να δημιουργήσει εφαρμογές για καταναλωτικές συσκευές, δηλαδή για τα κινητά τηλέφωνα, τα έξυπνα τηλέφωνα, και πολλά άλλα. (Deitel & Deitel) Υπάρχουν ορισμένες ιστοσελίδες και εφαρμογές οι οποίες δεν είναι δυνατό να λειτουργήσουν εάν δεν έχει προηγηθεί η εγκατάσταση της Java. (Java) Γι' αυτό τον λόγο η Java θεωρείται μια αξιόπιστη πλατφόρμα και κύρια γλώσσα στην ανάπτυξη εφαρμογών για έξυπνα τηλέφωνα και tablets Android. (Deitel & Deitel) Από τον Οκτώβριο του 2021, η Java SE 17 αποτελεί την πιο πρόσφατη έκδοση. Πολλές εφαρμογές και καινοτόμα προϊόντα που σχεδιάζονται για το μέλλον, βασίζονται στην γλώσσα προγραμματισμού Java.

Ένα τυπικό περιβάλλον ανάπτυξης της Java περιλαμβάνει πέντε φάσεις (Deitel & Deitel):

- η Δημιουργία του προγράμματος και επεξεργασία,



Εικόνα 5.12 Τυπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση πρώτη: Επεξεργασία.

Το πρόγραμμα δημιουργείται σε έναν επεξεργαστή και αποθηκεύεται στον δίσκο σε ένα αρχείο με κατάληξη `.java`.

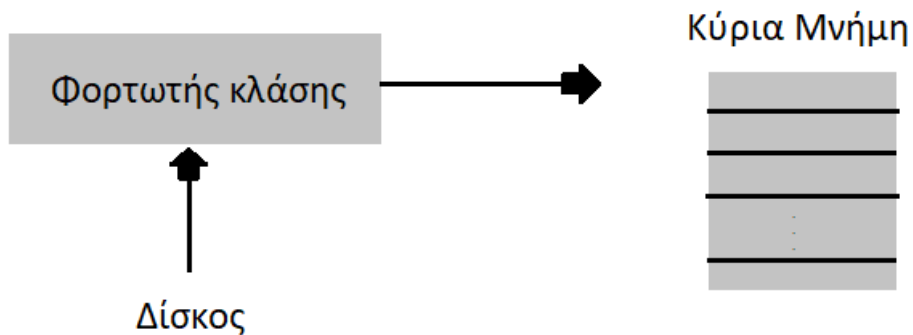
- η Μεταγλώττισή του σε Bytecode,



Εικόνα 5.13 Τοπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση δεύτερη: Μεταγλώττιση.

Ο μεταγλωττιστής δημιουργεί bytecode και τα αποθηκεύει στον δίσκο με κατάληξη `.class`.

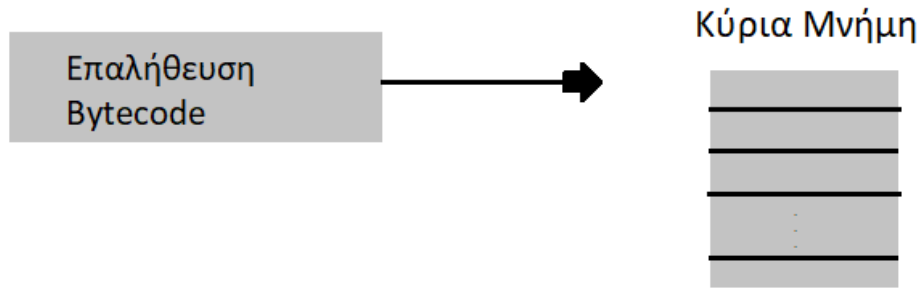
- η Φόρτωση του προγράμματος στην Μνήμη,



Εικόνα 5.14 Τοπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση τρίτη: Φόρτωση.

Ο φορτωτής κλάσης διαβάζει τα αρχεία `.class` που περιέχουν τα bytecode από τον δίσκο και τα τοποθετεί στην μνήμη.

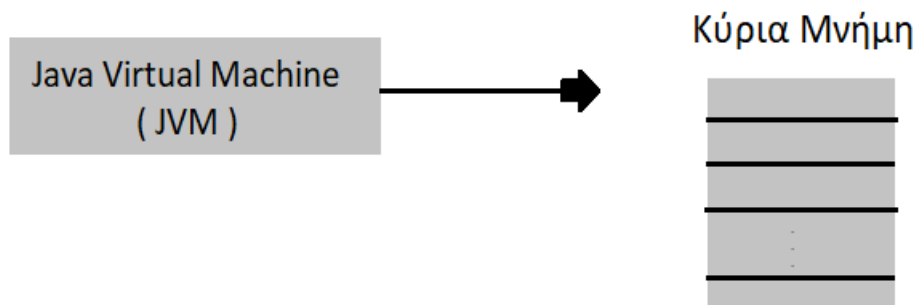
- η Επαλήθευση των Bytecode,



Εικόνα 5.15 Τοπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση τέταρτη: Επαλήθευση.

Η επαλήθευση Bytecode επιβεβαιώνει ότι όλα τα bytecode είναι έγκυρα και δεν παραβιάζουν τους περιορισμούς ασφαλείας της Java.

- Τέλος, η εκτέλεσή του.



Εικόνα 5.16 Τοπικό περιβάλλον Ανάπτυξης Java – φάση πέμπτη: Εκτέλεση.

Για να εκτελεστεί το πρόγραμμα, το Java Virtual Machine (JVM) και το JIT τα μεταγλωττίζει σε μία γλώσσα που μπορεί να καταλάβει ο υπολογιστής. Όσο εκτελείται το πρόγραμμα, ίσως να αποθηκεύσει τιμές δεδομένων στην κύρια μνήμη.

5.3.2 XML

Η XML ή Extensible Markup Language είναι μια επεκτάσιμη γλώσσα σήμανσης, η οποία πρωτοδημοσιεύτηκε στις 10 Φεβρουαρίου 1998. Πρόκειται για μια γλώσσα περιγραφής δεδομένων και χρησιμοποιείται κυρίως για τη δόμηση και μεταφορά των δεδομένων μεταξύ εφαρμογών και υπολογιστικών συστημάτων. Ωστόσο, χρησιμοποιείται και ως ανοικτό πρότυπο για την αποθήκευση δεδομένων σε πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το Microsoft Office. Χαρακτηρίζεται από σχετική απλότητα και έχει αποφανθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στην επέκταση των λειτουργιών ενός Database Server. (ΚΕΝΤΕΡΛΗΣ)

Η έκδοση 1.0 είναι πλέον η πιο πρόσφατη έκδοση και χρησιμοποιείται ευρέως. Τα έγγραφα XML πρέπει να περιέχουν στην αρχή του εγγράφου μια δήλωση XML, όπως για παράδειγμα: `<?xml version="1.0 encoding="iso-8859-7" standalone="yes" ?>`, η οποία περιγράφει κάποιες σημαντικές πληροφορίες και στοιχεία για τα έγγραφα. (ΚΕΝΤΕΡΛΗΣ)

Σε αυτή τη δήλωση,

- Η ιδιότητα *version* προσδιορίζει την έκδοση της ίδιας της γλώσσας XML,
- Η ιδιότητα *encoding* έχει τιμή στην οποία περιέχεται το όνομα της κωδικοσελίδας (που χρησιμοποιείται για τους χαρακτήρες κειμένου του εγγράφου),
- Η ιδιότητα *standalone* μπορεί να πάρει τις τιμές “yes” ή “no” και δίνει την πληροφορία αν ερμηνεύεται ή χρησιμοποιείται το έγγραφο. (ΚΕΝΤΕΡΛΗΣ)

5.4 Bluetooth

Το **Bluetooth** είναι ένα παγκόσμιο πρότυπο ασύρματης σύνδεσης. Πρόκειται για μία ασύρματη τεχνολογία μικρής εμβέλειας, η οποία χρησιμοποιείται από δισεκατομμύρια συσκευές, δίνοντας την δυνατότητα στον άνθρωπο να πραγματοποιεί μια τηλεφωνική επικοινωνία μέσω ασύρματων ακουστικών, να μεταφέρει και να συγχρονίζει πληροφορίες από ένα κινητό τηλέφωνο σε έναν υπολογιστή και πολλά ακόμη. Στόχος του είναι η αντικατάσταση καλωδίων στα ηλεκτρονικά τερματικά με τις συνδέσεις των ραδιοκυμάτων.



Εικόνα 5.17 Το λογότυπο της Bluetooth τεχνολογίας.

Βασικά χαρακτηριστικά του αποτελούν: η αξιοπιστία, η ασφάλεια και το εύρος Bluetooth.

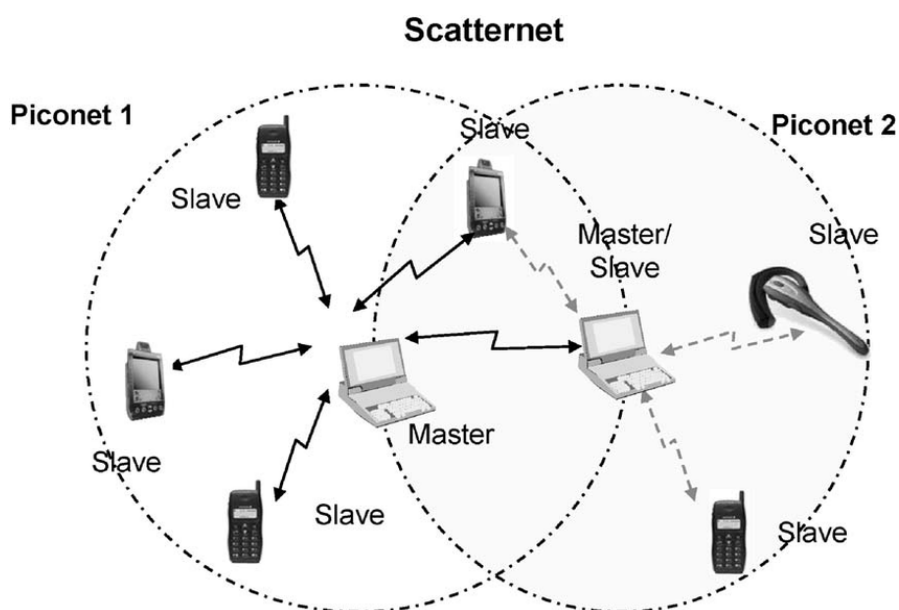
Στον χώρο της υγείας, η BT τεχνολογία χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στην αυξανόμενη αγορά που επικρατεί, ανοίγοντας τον δρόμο για την διασύνδεση χιλιάδων συσκευών, ανάμεσά τους τα κινητά τηλέφωνα, οι συσκευές τηλεϊατρικής και τηλεμετρίας, υπολογιστές, PDA κ.α. (Αγγελίδης Π., Τεχνολογίες Πληροφορικής στην Υγεία, 2016)

Το Νοέμβριο του 2007, η ομάδα εργασίας Bluetooth Special Interest Group (SIG) παρουσίασε το προφίλ για Ιατρικές συσκευές με τη χρήση του Bluetooth. Δημιουργήθηκε για να εξασφαλίσει τη μεταφορά των δεδομένων από μια ιατρική συσκευή σε μια άλλη, προπαντός με ασφάλεια και καλά ορισμένο τρόπο μέσω της Bluetooth τεχνολογίας. Λόγω του χαμηλού κόστους και της χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας που παρέχει, το Bluetooth παρέχει τις ιδανικές συνθήκες για τέτοιου είδους εφαρμογές. Επίσης, η προσθήκη χαμηλής ισχύος στην BT τεχνολογία αποτελεί άλλο ένα πλεονέκτημα για πολλές ιατρικές συσκευές. Γενικότερα, η χρήση του Bluetooth σε ιατρικές εφαρμογές μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα χρήσιμη, αφού μπορεί να βοηθήσει πολλούς ασθενείς στην παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας τους σε καθημερινή βάση και εξ αποστάσεως, δηλαδή χωρίς να παραβρίσκονται στο χώρο του ιατρείου και έτσι να μειώσουν το κόστος φροντίδας τους αλλά και να αποκτήσουν μία καλύτερη ποιότητα ζωής. (Αγγελίδης Π., Τεχνολογίες Πληροφορικής στην Υγεία, 2016)

5.4.1 Bluetooth Πρωτόκολλο

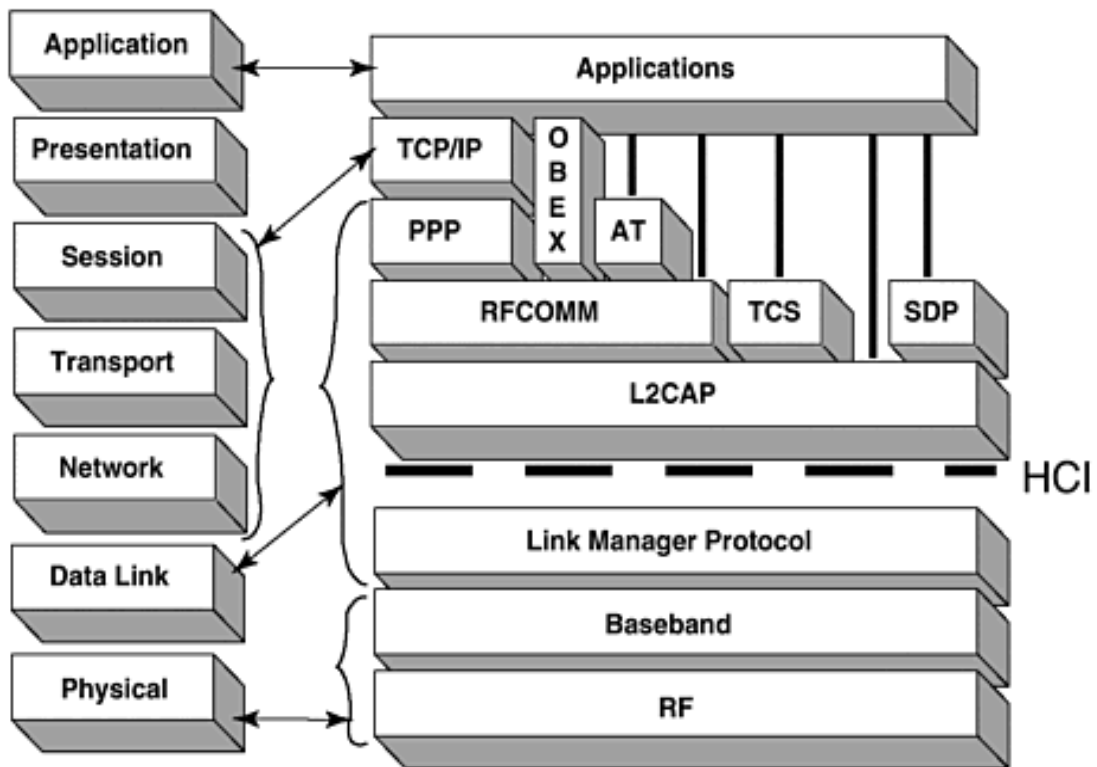
Το πρωτόκολλο Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας με μεγάλο αντίκρισμα στις ανάγκες των νέων καταναλωτικών και εμπορικών αγορών, αφού δίνει λύσεις με ασύρματες συνδέσεις σε μια πληθώρα τεχνολογιών, από ασύρματες συσκευές και υπηρεσίες εντοπισμού έως αυτοματισμούς και συσκευές τηλεμετρίας, όπως επίσης αποτελεί λύση χαμηλού κόστους για τον καταναλωτή.

Ειδικότερα, το Bluetooth έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί σε περιβάλλον με πολλαπλούς χρήστες και να φτάνει συχνότητες λειτουργίας μεγέθους 2.56 GHz. Η εμβέλεια που καλύπτει κυμαίνεται από 10 έως 100 μέτρα, με εξωτερική ενίσχυση και η απαιτούμενη ισχύς είναι περιορισμένη στα 1mW. Το piconet είναι η βασική μονάδα δικτύωσής του. Πρόκειται για ένα δίκτυο, στο οποίο επιτρέπεται να επικοινωνήσουν έως και οκτώ συσκευές. Η κύρια συσκευή, ή αλλιώς master, καθορίζει το κανάλι και τη φάση που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν από όλες τις συσκευές που ανήκουν στο piconet για την επικοινωνία. Δευτερεύουσες συσκευές ή slaves, οι οποίες μπορούν να είναι στον αριθμό έως και επτά μέσα στο δίκτυο του piconet, μπορούν να επικοινωνήσουν αποκλειστικά με την κύρια, εάν έχει δοθεί άδεια από την ίδια. Σε ένα τέτοιου είδους δίκτυο είναι δυνατό μία συσκευή να συνυπάρχει ως κομμάτι ενός άλλου δικτύου piconet και στο κάθε ένα από αυτά να έχει τη λειτουργία είτε της κύριας είτε της δευτερεύουσας συσκευής και μια τέτοια μορφή επικάλυψης ονομάζεται scatternet. Επομένως, το πρωτόκολλο Bluetooth επιτρέπει σε κάθε συσκευή να λειτουργήσει άλλοτε ως server, άλλοτε ως client ή εντός ενός peer to peer (p2p) δίκτυο. Απαραίτητη προϋπόθεση για τις συσκευές που πραγματοποιούν σύνδεση μέσω Bluetooth είναι να αρχικοποιήσουν μια στοίβα πρωτοκόλλου. (Αγγελίδης Π. , Bluetooth Τεχνολογία)



Εικόνα 5.18 Η αρχιτεκτονική της δικτύωσης piconet και scatternet.

Ακολούθως, απεικονίζεται η αρχιτεκτονική στοίβας του Bluetooth πρωτοκόλλου:



Εικόνα 5.19 Η αρχιτεκτονική στοίβας του Bluetooth.

Συνοπτικά, ας δούμε τα επιμέρους τμήματα της αρχιτεκτονικής στοίβας (Αγγελίδης Π. , Bluetooth Τεχνολογία):

- **RFCOMM**: κάνει προσομοίωση της σειριακής επικοινωνίας (τύπου RS-232).
- **Telephony Control Protocol Specification (TCS)**: Προσφέρει υπηρεσίες τηλεφωνίας.
- **Service Discovery Protocol (SDP)**: Δίνει τη δυνατότητα σε συσκευές να αναζητήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες.
- **Logical Link Control & Adaption (L2CAP)**: Είναι αρμόδιο για την πολυπλεξία δεδομένων από υψηλότερα επίπεδα και τροποποίηση μεγέθους πακέτων.
- **Host Controller Interface (HCI)**: Διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ ενός σταθμού και ενός Bluetooth module.
- **Link Manager Protocol (LMP)**: Είναι υπεύθυνο για την ασφάλεια και την εγκαθίδρυση της σύνδεσης μεταξύ συσκευών.
- **Baseband Link Controller (LC)**: Ελέγχει τη φυσική σύνδεση μέσω του radio.
- **Bluetooth Radio**: Διαμορφώνει ή αποδιαμορφώνει δεδομένα για την εκπομπή και λήψη.

5.4.2 Ασφάλεια

Η αρχιτεκτονική ασφαλείας του Bluetooth προδιαγράφει τρεις τρόπους ασφαλείας για τις συσκευές και είναι οι εξής (Αγγελίδης Π. , Bluetooth Τεχνολογία):

- *Security mode(1)* Εδώ η συσκευή επιτρέπει σε άλλες να δημιουργήσουν επικοινωνία μαζί της. Πρόκειται για έναν ανασφαλή τρόπο λειτουργίας.
- *Security mode(2)* Το επίπεδο εφαρμογής μπορεί να καθορίσει πολιτικές ασφαλείας, όσον αφορά την επικοινωνία.
- *Security mode(3)* Προτού δημιουργηθεί σύνδεση μεταξύ των συσκευών, επιβάλλει διαδικασίες ταυτοποίησης και κρυπτογράφησης. Η διαδικασία της κρυπτογράφησης συνεχίζεται και αφού έχει γίνει η σύνδεση. Πρόκειται για το υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας.

Το Bluetooth υποστηρίζει ταυτοποίηση και παρέχει εμπιστευτικότητα. Υπάρχει ένα κοινό PIN που χρησιμοποιείται σε πελάτη και διακομιστή για την ταυτοποίηση. Επιπρόσθετα, δεν υποστηρίζει ακεραιότητα δεδομένων. (Αγγελίδης Π. , Bluetooth Τεχνολογία)

5.5 Αναφορά σε σχετικές Android εφαρμογές

Όπως έχει προαναφερθεί, η εφαρμογή για την οποία γίνεται λόγος έχει υλοποιηθεί με τη βοήθεια της NeuroSky τεχνολογίας και υπάρχει μία πληθώρα εφαρμογών στο Google Play Store, όπου μπορεί να αναζητήσει και να βρει ο ενδιαφερόμενος χρήστης.

Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή χρησιμοποιεί το ακουστικό της εταιρείας NeuroSky, που ονομάζεται *NEUROSKY'S MindWave Mobile Headset*. Στη λίστα παρατίθενται εφαρμογές που έχει δημιουργήσει έως τώρα η εταιρεία και χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο ακουστικό:

- BrainWave Visualizer, NeuroSky Dev.

Λίγα λόγια για την εφαρμογή: πρόκειται για μια διαδραστική εφαρμογή, η οποία ελέγχεται από τον εγκέφαλό μας και μας αναπαριστά γραφικά τη δραστηριότητα του εγκεφάλου. Παρατίθεται το link, όπου μπορεί να το αναζητήσει κανείς και να βρει την εφαρμογή.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neurosky.unitythinkgear&hl=en&gl=US>

- Effective Learner, NeuroSky Dev.

Άλλη μια εφαρμογή που χρησιμοποιεί τα ακουστικά NeuroSky MindWave για να παρακολουθήσει την αποτελεσματικότητα της εκμάθησης του χρήστη. Αυτό το πραγματοποιεί μέσω της μέτρησης του επιπέδου εστίασης και της ανίχνευσης των εγκεφαλικών κυμάτων. Παρατίθεται το link.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neurosky.hafiz&hl=en&gl=US>

- MindWave Mobile Tutorial, NeuroSky Dev.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει δημιουργηθεί για να επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με εφαρμογές χρησιμοποιώντας τη δύναμη του εγκεφάλου. Προκειμένου να χρησιμοποιήσει ο χρήστης τα ακουστικά MindWave Mobile, θα πρέπει πρώτα να έχει εγκαταστήσει την εφαρμογή αυτή και στη συνέχεια θα μπορεί να ρυθμίσει τα ακουστικά σωστά για χρήση.

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.neurosky.tutorialplus&hl=en&gl=US>

5.5.1 Χαρακτηριστικά επιτυχημένης Ιατρικής Εφαρμογής

Μια επιτυχημένη Ιατρική Εφαρμογή οφείλει να ακολουθήσει ορισμένα βήματα κατά τον σχεδιασμό της και να τηρηθεί μια δομημένη διαδικασία με σκοπό, εν τέλει, να δημιουργηθεί μια αξιόπιστη και χρήσιμη ιατρική εφαρμογή.

Πρώτα απ' όλα, μια ιατρική εφαρμογή κατά τον σχεδιασμό της, πρέπει οπωσδήποτε να συμπεριλάβει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των δεδομένων και των μετρήσεων εντός αυτής. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τον χρήστη καθώς θα κάνει χρήση μιας τέτοιας εφαρμογής.

Ύστερα, μια εφαρμογή δε μπορεί παρά να είναι λειτουργική. Ιδανικά, είναι καλό να περιέχει έξυπνες και εύχρηστες λειτουργίες, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα περιβάλλον εξοικείωσης για τον χρήστη. Η συνεχής αναβάθμιση επίσης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι από την εκάστοτε εφαρμογή, ώστε να διορθώνονται τυχόν λάθη και αστοχίες. Ακόμη, με τον στοχευόμενο σχολιασμό από τον χρήστη, είτε θετικό είτε αρνητικό, η εφαρμογή θα συνεχίζει να υπάρχει και θα αναβαθμίζεται με βάση τις επιθυμίες και τις παρατηρήσεις του κοινού. Με αυτόν τον τρόπο, θα λειτουργήσει με ευημερία και θα διατηρεί τη λειτουργικότητά της.

Η εμφάνιση σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω έρχεται να απογειώσει την δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής, αφού πέρα από τα χρήσιμα εργαλεία, είναι καλό να περιέχει και μια ευχάριστη εικόνα και αισθητική καθώς τη χρησιμοποιεί ο χρήστης. Ένα εκκεντρικό και λιτό αλλά με όλα τα απαραίτητα στοιχεία περιβάλλον, δίνει πάντοτε μια νότα εμπιστοσύνης για τον χρήστη και τον προσελκύει στο να τη χρησιμοποιήσει. Επομένως, καρτέλες δομημένες με οργάνωση και ευστοχία αλλά και ευκολία είναι ένας καλός συνδυασμός σε μία χρήσιμη εφαρμογή και πάνω από όλα λειτουργική, με βάση τα όλα όσα προηγήθηκαν παραπάνω.

Τέλος, μια εφαρμογή εξυπακούεται ότι θα πρέπει να περιέχει κάποιες παραμέτρους ασφαλείας για να εξασφαλίσει στους χρήστες και να διατηρεί ένα υψηλό επίπεδο ασφαλείας. Όταν πρόκειται για μια ιατρική εφαρμογή, πολλές φορές με ιατρικά δεδομένα χρηστών, χρειάζεται μεγάλη προσοχή και δυνατή υποστήριξη από λογισμικά προστασίας. Ένα ακόμη βασικό σημείο που θα πρέπει να προσέξουμε για την ασφάλεια και τη διατήρησή της σε καλά επίπεδα είναι η πραγματοποίηση τακτικών δοκιμών διείσδυσης κακόβουλου λογισμικού.

Εάν συμπεριληφθούν όλα αυτά στοιχεία, τότε πιθανώς έχουμε κατακτήσει μια επιτυχημένη ιατρική εφαρμογή.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Από αυτό το σημείο παρουσιάζεται η λειτουργία της εφαρμογής, τί ουσιαστικά σκοπεύει να αναδείξει στον χρήστη που θα την εγκαταστήσει στο κινητό του και, τέλος, θα γίνει επίδειξη ενός μέρους του κώδικα, αποσπασματικά.

6.1 Εισαγωγή στην Εφαρμογή

6.1.1 Στόχοι της Εφαρμογής

Πρόκειται για μία καινοτόμα εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα, η οποία τρέχει το λειτουργικό σύστημα Android και θέτει ως στόχο την οπτικοποίηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας ενός ανθρώπου.

Πιο συγκεκριμένα,

- ✓ Μέσω μιας συσκευής ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος γίνεται η λήψη των τιμών των σημάτων από τον εγκέφαλο του ανθρώπου.
- ✓ Μετέπειτα, με την πραγματοποίηση ζεύξης της εν λόγω συσκευής με ένα android κινητό, η εφαρμογή εμφανίζει όλα τα σήματα – συχνότητες του εγκεφάλου, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την νοητική δραστηριότητα του ανθρώπου.
- ✓ Απώτερος στόχος η εφαρμογή να καταγράφει εκείνη τη δεδομένη στιγμή όλα τα προηγούμενα που αναφέρθηκαν.

6.1.2 Υλοποίηση της Εφαρμογής

Ως προς την υλοποίηση της εφαρμογής, κύρια έμπνευση μου αποτέλεσαν τα μαθήματα της Βιοϊατρικής Κατεύθυνσης, που παρακολούθησα με τον Καθηγητή του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Δρ. Αγγελίδα Παντελή. Η δημιουργία μιας καινοτόμας εφαρμογής, που θα έχει τη δυνατότητα να καταγράφει live τον εγκέφαλο ενός ανθρώπου και να λαμβάνει τις τιμές των κυμάτων που εκπέμπει για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με αυτόν ήτανε πρόκληση που έγινε πραγματικότητα και έφτασε το σημείο στο οποίο θα ξεκινήσω την παρουσίασή της.

Οτιδήποτε αφορά την συσκευή καθώς και τις τεχνικές προδιαγραφές της κ.α., περιγράφεται εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο (βλ. Κεφ. 4.2)

6.1.3 Δομή

Η εφαρμογή «RTBrainPhone» που αναπτύχθηκε στο Android Studio οργανώνεται από διάφορες κλάσεις και πόρους¹².

Η *ιεραρχία* του android project διαμορφώνεται ως εξής:

¹² Βλ. Εικόνα 5.10

- *manifests* folder
 - ✓ AndroidManifest.xml

Κάθε εφαρμογή πρέπει να περιέχει αυτό το αρχείο στη ρίζα του συνόλου του project. Παρέχει βασικές πληροφορίες όσον αφορά την εφαρμογή στο λειτουργικό σύστημα του android, στα εργαλεία κατασκευής του και στο Google Play. (App Manifest Overview)

- *java* folder
 - ✓ com.app.rtbrainphone

Είναι το package – πακέτο του project «rtbrainphone», το οποίο

- απαιτητάως περιέχει το java αρχείο MainActivity.java
- περιέχει έναν φάκελο, εν ονόματι *library*, η οποία συμπεριλαμβάνει μια βιβλιοθήκη κατάληξης «jar», γνωστή και αναρτημένη στο διαδίκτυο για κοινή χρήση, καθώς και java αρχεία δικής μου δημιουργίας εμπνευσμένα από τη βιβλιοθήκη αυτή, και άλλα σημαντικά αρχεία.
 - SplashScreenActivity.java
 - libStreamSDK.jar
 - DrawWaveView.java
 - DeviceList.java
- *res* folder
 - *drawable*
 - αρχεία καταλήξεων xml, png, jpg κ.α.
 - *layouts*
 - activity_main.xml
 - activity_splash_screen.xml
 - activity_select.xml
 - device_info.xml
 - *animation*
 - *mipmap*
 - *raw*
 - melody.mp3
 - *values*
 - colors.xml
 - strings.xml
 - themes.xml
 - waves.xml

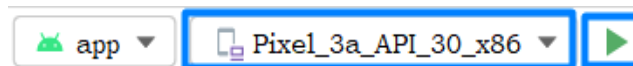
- xml
 - network_security_config.xml

- *Gradle Scripts*

- ✓ Αντιπροσωπεύει το έργο που υλοποιήθηκε στο περιβάλλον, δηλαδή την εφαρμογή.

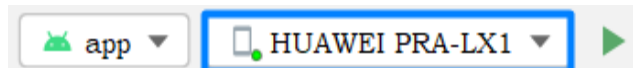
Ο φάκελος αυτός αναφέρεται στους πόρους της εφαρμογής. Με την έννοια πόρους εννοούμε τα πρόσθετα αρχεία αλλά και το στατικό περιεχόμενο που χρησιμοποιεί ο κώδικας, όπως είναι τα bitmaps, οι οδηγίες κινούμενων εικόνων, οι συμβολοσειρές διεπαφής του χρήστη κτλ. (App resources overview)

Τελικά, πατώντας *Run 'app'* - το πράσινο βέλος, θα τρέξει η εφαρμογή, είτε στην εικονική μηχανή είτε σε οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να συνδέσαμε. Παρακάτω, φαίνεται στη φωτογραφία η εικονική μηχανή με την οποία θα τρέξει η εφαρμογή:



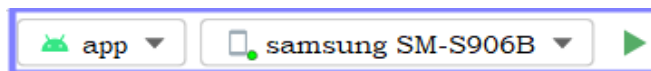
Εικόνα 6.1 Η εικονική μηχανή του Android Studio.

και στην αμέσως επόμενη φωτογραφία η κινητή συσκευή συγχρονισμένη σε *Android 8*, που συνδέσαμε για να τρέξουμε την εφαρμογή:



Εικόνα 6.2 Συσκευή Android έκδοσης 8.0 στο Android Studio.

αντίστοιχα και σε *Android 12*:



Εικόνα 6.3 Συσκευή Android έκδοσης 12.0 στο Android Studio.

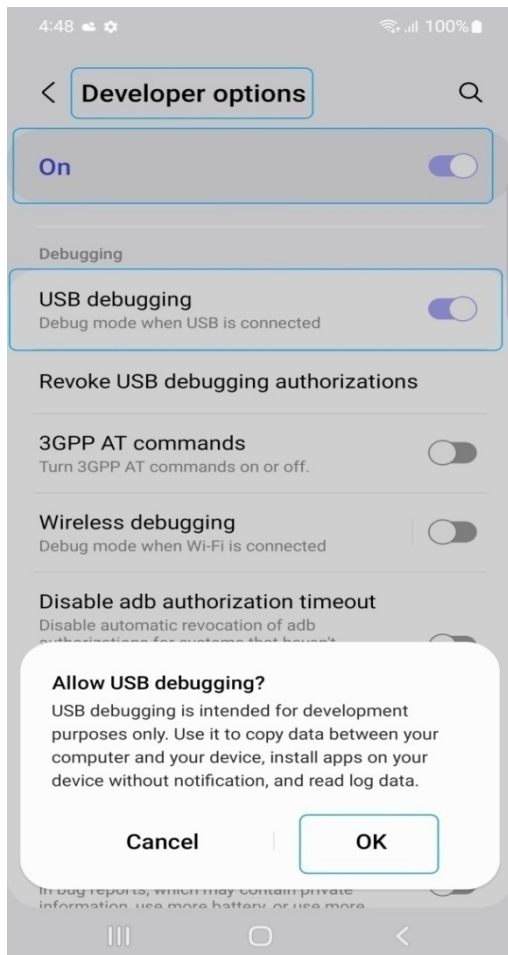
6.2 Παρουσίασή της

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε σε περιβάλλον μιας αξιόπιστης πλατφόρμας, το Android Studio¹³. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε στο 100% του project είναι η JAVA.

Δίνονται αποσπάσματα ενδότερα της εφαρμογής από την στιγμή που θα την ανοίξει ο χρήστης στο κινητό του, αφού πρωτίστως την εγκαταστήσει, έως ότου προχωρήσει στην ζεύξη, εκτέλεση της εφαρμογής μέχρι και το τέλος.

➤ Εγκατάσταση της εφαρμογής από τον χρήστη

Ανοίγοντας το κινητό, Android λογισμικού, μεταβαίνουμε στις ρυθμίσεις του συστήματος – System, στη συνέχεια επιλέγουμε τις επιλογές προγραμματιστή – developer options, αφού πρωτίστως έχουμε συνδέσει τη συσκευή μας μέσω καλωδίου USB.



Τέλος, εντοπίζουμε την υποκατηγορία Εντοπισμού Σφαλμάτων – DEBUGGING και εκεί ενεργοποιούμε τον Εντοπισμό Σφαλμάτων USB – USB Debugging.

Εικόνα 6.4 Στιγμιότυπο USB - Debugging.

¹³ Πληροφορίες σχετικά με την πλατφόρμα παρατίθενται σε αμέσως προηγούμενο κεφάλαιο (Βλ. 5.2)

Ένας δεύτερος τρόπος είναι να κάνουμε την ίδια προαναφερθείσα διαδικασία και στη συνέχεια (An Easy Way To Fix Wireless Error Issues, 2022):

- ✓ πηγαίνουμε στον φάκελο του Android - Sdk- platform-tools και στη συνέχεια ανοίγουμε το path στο command window.

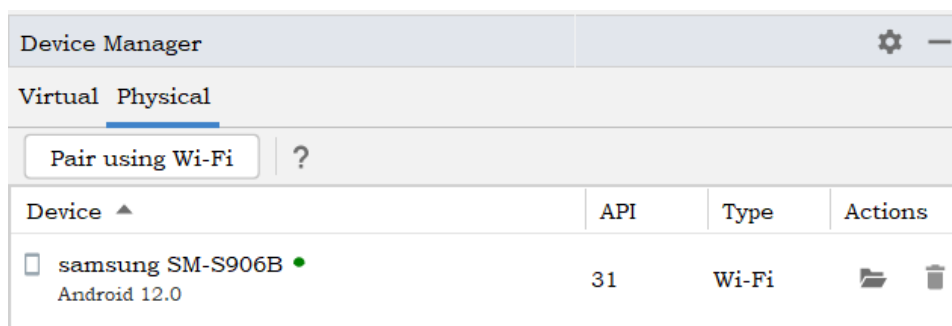
Εκεί,

- ✓ δίνουμε την εντολή «adb devices»,
- ✓ ακριβώς μετά γράφουμε την εντολή «adb tcpip 5555»,
- ✓ βρίσκουμε την διεύθυνση IP Address της κινητής μας συσκευής και τότε,
- ✓ γράφουμε την εντολή «adb connect (ip address)e.g. 192.xxx.x.x... »,
- ✓ τέλος, γράφοντας και πάλι την εντολή «adb devices», θα έχουμε στη λίστα συνδεδεμένη τη συσκευή μας.

Κάνοντας τη διαδικασία βήμα-βήμα, τις επόμενες φορές θα συνδέεται μέσω WiFi η συσκευή, χωρίς να απαιτείται η είσοδος USB καλωδίου.

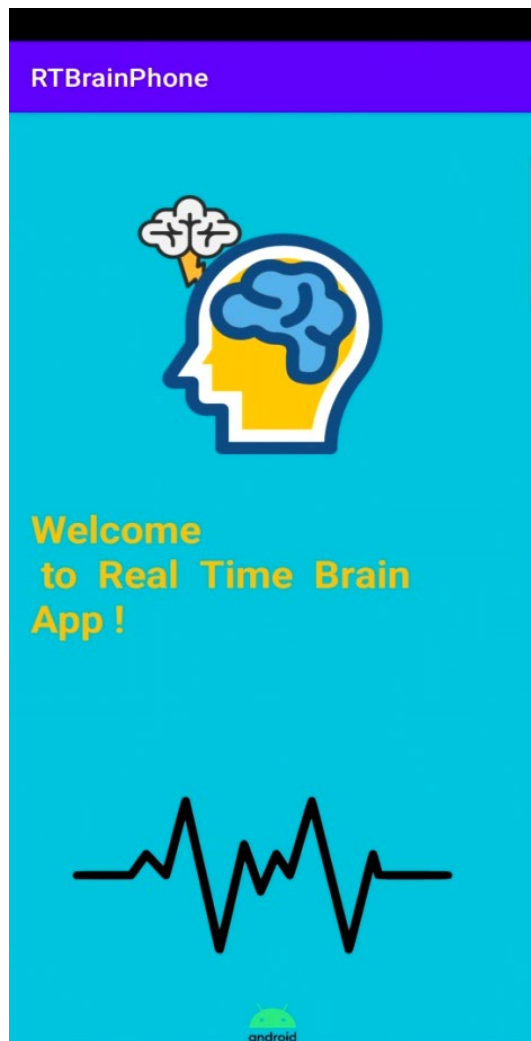
```
C:\Users\Antonia\AppData\Local\Android\Sdk\platform-tools>adb devices
List of devices attached
192.168.1.3:5555      device
```

Εικόνα 6.5 Στιγμιότυπο Wireless - Debugging.



Εικόνα 6.6 Η συσκευή που συνθέθηκε μέσω Wireless Debugging, όπως φαίνεται στο Device Manager του Android Studio. (η συσκευή: Samsung Galaxy S22+, Android 12.0, API Level 31)

➤ Είσοδος στην εφαρμογή



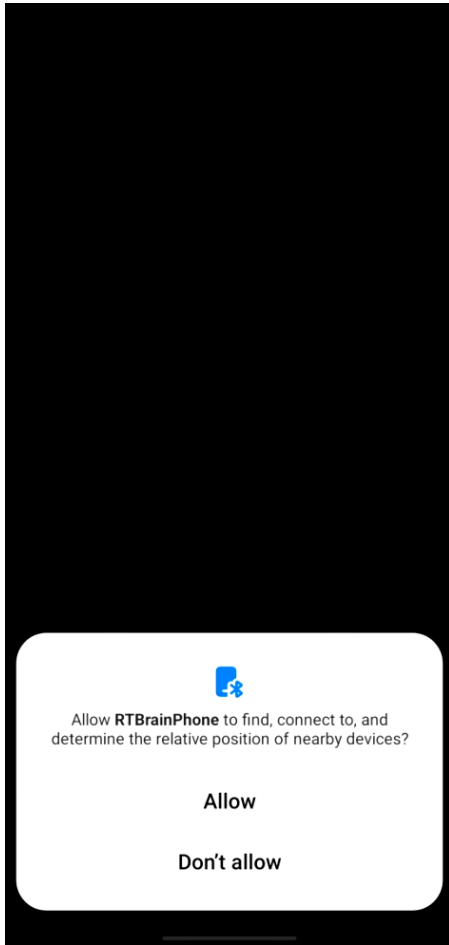
Εικόνα 6.7 «Splash Screen Activity».

Καθώς ο χρήστης εισέρχεται στην εφαρμογή, ένα ευχάριστο design θα ορίσει την έναρξή της:

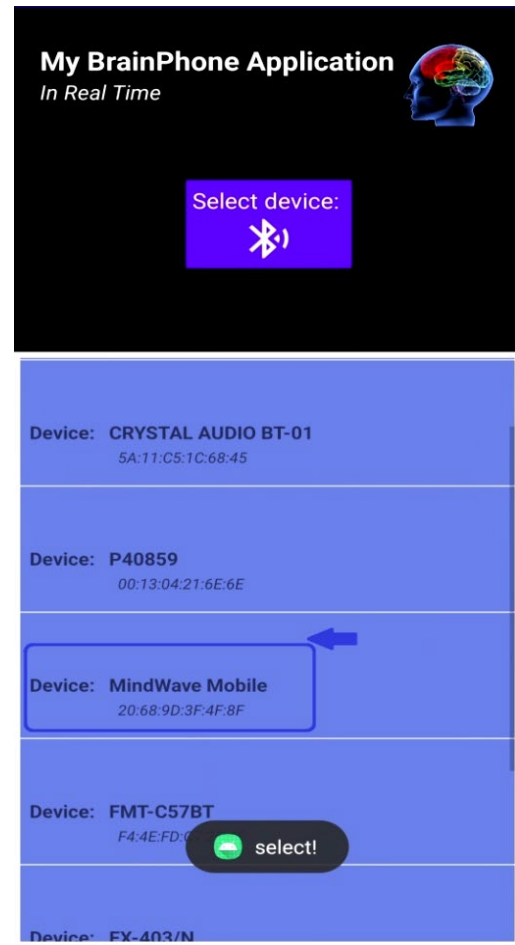
Η κατηγορία «Add Implement Animated Splash Screen in Android Studio» είναι μια δυνατότητα, η οποία όταν προστεθεί προσδίδει ένα όμορφο και διαδραστικό αποτέλεσμα στην οθόνη.

Για να την προσθέσω χρειαζόταν, αρχικά, η προσθήκη μιας ανεξάρτητης βιβλιοθήκης του GitHub, στη συνέχεια η δημιουργία ενός « empty Activity », περιέχοντας δύο αρχεία κώδικα, ένα *java* και ένα *xml*. Τέλος, σημαντική ήταν η προσθήκη των « vector assets », με διάφορα χρώματα και σχήματα.

Στη συνέχεια, και συγκεκριμένα μετά από 5 δευτερόλεπτα, εμφανίζεται η κύρια οθόνη της εφαρμογής, αφού πρώτα ο χρήστης επιλέξει να επιτρέψει (click to allow) την πρόσβαση που απαιτείται για το Bluetooth connection. Ο χρήστης αντικρίζει το αρχικό μενού με τα Buttons.



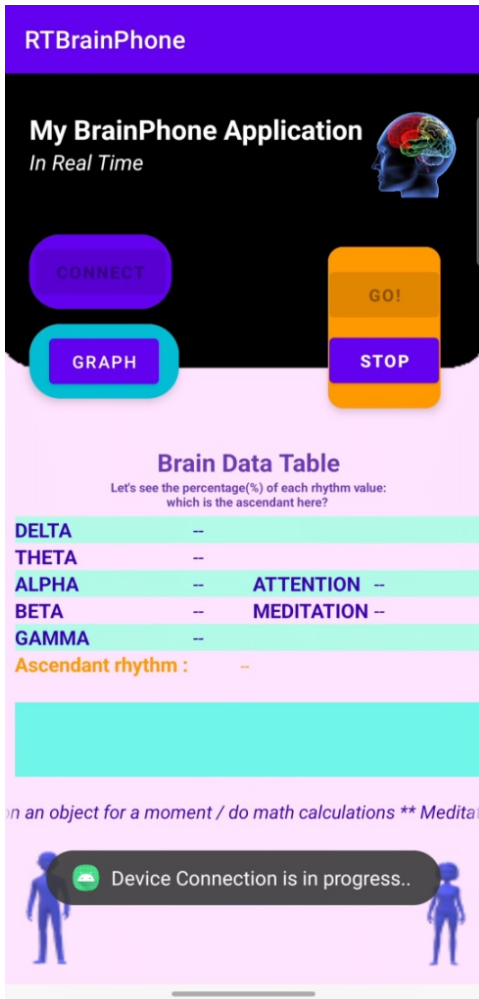
Εικόνα 6.8(a) BT Connection - Permission.



Εικόνα 6.8(b) Λίστα συζευγμένων Bluetooth συσκευών.

Καθώς πατήσει το κουμπί «Connect», η εφαρμογή ανοίγει ένα νέο παράθυρο, στο οποίο ο χρήστης έχει την ευκαιρία να επιλέξει μια από τις συζευγμένες συσκευές με το κινητό του τηλέφωνο¹⁴. Στην παρούσα εργασία κάνουμε πείραμα με τη συσκευή της Neurosky, επομένως όταν δούμε τη συσκευή με όνομα «Mindwave Mobile» στη λίστα, την επιλέγουμε.

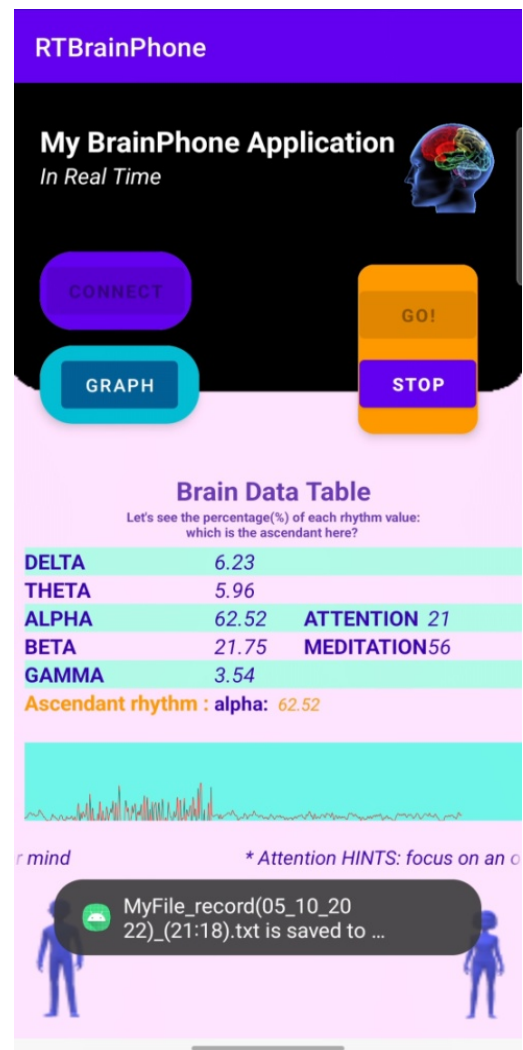
¹⁴ Φαίνεται στην εικόνα: Εικ. 6.8(b)



Εικόνα 6.9 Device Connection: in progress.

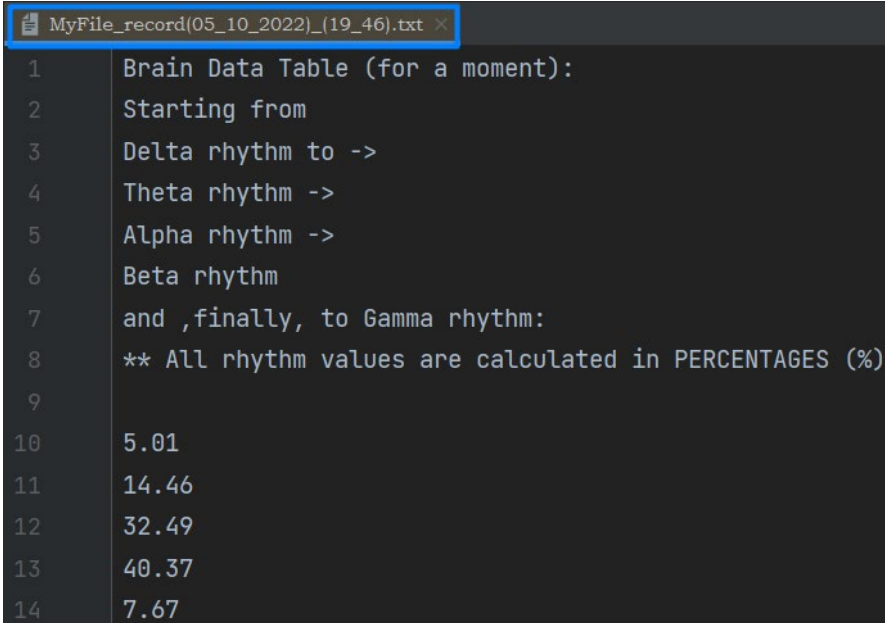
Για να χαρτογραφήσουμε τις τιμές των ρυθμών του εγκεφάλου σε ένα μόλις διάγραμμα, πατάμε το κουμπί «GRAPH». Τέλος, για να σταματήσουμε την καταγραφή των εγκεφαλικών κυμάτων, επιλέγουμε να πατήσουμε το «STOP».

Αφού πραγματοποιηθεί η σύνδεση και από τους δύο σταθμούς αμοιβαία, αυτόματα μας μεταφέρει η εφαρμογή στην αρχική - κύρια - οθόνη. Επόμενο βήμα είναι το κουμπί «GO!», όπου θα σηματοδοτήσει την έναρξη της σύνδεσης των δύο συσκευών και έτσι θα λάβει η συσκευή τις τιμές που παράγει ο εγκέφαλος του ανθρώπου μέσω της συσκευής EEG και θα τις εμφανίσει στον ειδικά κατασκευασμένο πίνακα της εφαρμογής, εκείνη τη δεδομένη στιγμή. Βάση αυτού, μπορούν να εξαχθούν ορισμένα λογικά συμπεράσματα σε σχέση με την «νοητική» κατάσταση που βρίσκεται το άτομο την συγκεκριμένη στιγμή από τους ρυθμούς που θα παραχθούν αλλά και τις τιμές των μετρητών Διαλογισμού και Προσοχής. Τέλος του πίνακα, αναγράφεται ο κυρίαρχος ρυθμός, υπολογισμένος σε σύγκριση με τα ποσοστά κυριαρχίας όλων των ρυθμών.



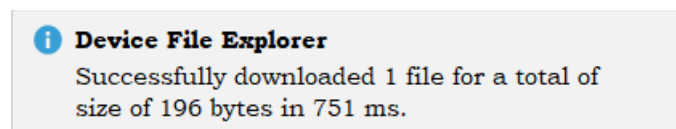
Εικόνα 6.10 Running.

Αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία με επιτυχία, δημιουργείται ένα αρχείο της μορφής «MyFile_record(dd_MM_yyyy)_(HH_mm).txt», όπου dd: η μέρα, MM: ο μήνας, yyyy: ο χρόνος, HH: η ώρα, mm: τα λεπτά της ώρας. Για κάθε ένα λεπτό που περνά, δημιουργείται ένα αρχείο κειμένου και εντός αυτού αποθηκεύεται το πακέτο ρυθμών (δέλτα, θήτα, άλφα, βήτα και γάμμα ρυθμός) που λήφθηκαν σε μια τυχαία χρονική στιγμή εντός του λεπτού. Σε αυτό το αρχείο αποκτάει ο χρήστης πρόσβαση μόνο εάν ανοίξει το παράθυρο «Device File Explorer» από την πλατφόρμα του Android Studio στον υπολογιστή του. Έπειτα, έχει την επιλογή να κάνει *download* στον Η/Υ.



```
1 Brain Data Table (for a moment):
2 Starting from
3 Delta rhythm to ->
4 Theta rhythm ->
5 Alpha rhythm ->
6 Beta rhythm
7 and ,finally, to Gamma rhythm:
8 ** All rhythm values are calculated in PERCENTAGES (%)
9
10 5.01
11 14.46
12 32.49
13 40.37
14 7.67
```

Εικόνα 6.11 Στιγμιότυπο αρχείου ("MyFile_record(05_10_2022)_(19_46).txt") που δημιουργήθηκε κατά την εκτέλεση της εφαρμογής.



Εικόνα 6.12 Μήνυμα ειδοποίησης ότι το αρχείο έχει αποθηκευτεί στον υπολογιστή με επιτυχία.

✓ Πειραματικές Διατάξεις

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής, πραγματοποίησα δοκιμές της εφαρμογής μέσω της συσκευής της εταιρείας NeuroSky στον εγκέφαλο άλλων ανθρώπων.

Τα αποτελέσματα για την κάθε μέτρηση σε διαφορετικούς ανθρώπους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Table 3 Πίνακας Πειραματικών Μετρήσεων

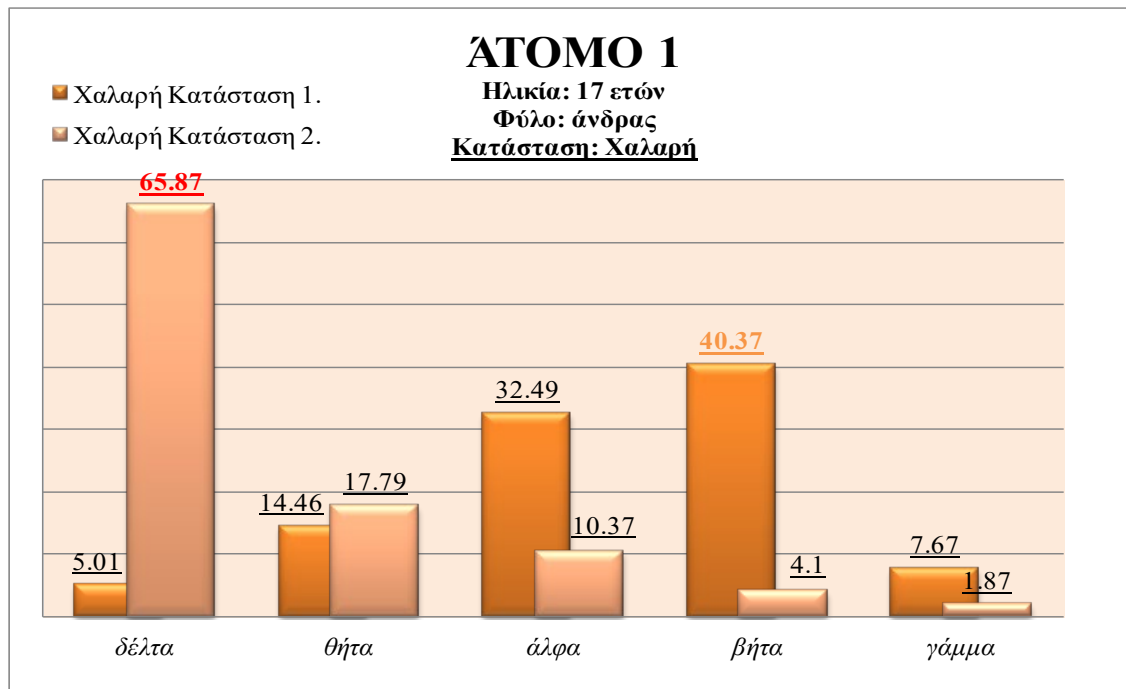
<i>Σε ποιον πραγματοποιήθηκε το πείραμα:</i>	<u>Κατάσταση</u>	<u>Μετρήσεις</u>	<u>Συμπεράσματα</u>
ΑΤΟΜΟ 1 – ΗΛΙΚΙΑΣ 17 ετών (άνδρας)	<i>Σε χαλαρή κατάσταση</i>	Τιμή Attention : 27 Τιμή Meditation : 80 Κυρίαρχος Ρυθμός : δέλτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο
	<i>Σε ύπνωση – ύπνος</i>	Τιμή Attention : 13 Τιμή Meditation : 75 Κυρίαρχος Ρυθμός : δέλτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο
	<i>Κάνοντας μαθηματικούς υπολογισμούς (και δυνάμεις του 2)</i>	Τιμή Attention : 83 Τιμή Meditation : 50 Κυρίαρχος Ρυθμός : βήτα	Attention > Meditation : αναμενόμενο
ΑΤΟΜΟ 2 – ΗΛΙΚΙΑΣ 78 ετών (γυναίκα)	<i>Σε χαλαρή κατάσταση</i>	Τιμή Attention : 29 Τιμή Meditation : 40 Κυρίαρχος Ρυθμός : βήτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο
	<i>Σε ύπνωση – ύπνος</i>	Τιμή Attention : 20 Τιμή Meditation : 77 Κυρίαρχος Ρυθμός : θήτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο.
	<i>Έντονη Σκέψη - Προσοχή</i>	Τιμή Attention : 74 Τιμή Meditation : 27 Κυρίαρχος Ρυθμός : θήτα	Attention > Meditation : αναμενόμενο

ΑΤΟΜΟ 3 – ΗΛΙΚΙΑΣ 28 ετών (άνδρας)	<i>Σε χαλαρή κατάσταση</i>	Τιμή Attention : 61 Τιμή Meditation : 90 Κυρίαρχος Ρυθμός : δέλτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο.
	<i>Σε ύπνωση – ύπνος</i>	Τιμή Attention : 54 Τιμή Meditation : 100 Κυρίαρχος Ρυθμός : άλφα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο.
	<i>Κάνοντας μαθηματικούς υπολογισμούς (δυνάμεις του 2)</i>	Τιμή Attention : 87 Τιμή Meditation : 70 Κυρίαρχος Ρυθμός : δέλτα	Attention > Meditation : αναμενόμενο
ΑΤΟΜΟ 4 – ΗΛΙΚΙΑΣ 55 ετών (άνδρας)	<i>Σε χαλαρή κατάσταση</i>	Τιμή Attention : 35 Τιμή Meditation : 63 Κυρίαρχος Ρυθμός : θήτα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο
	<i>Σε ύπνωση – ύπνος</i>	Τιμή Attention : 38 Τιμή Meditation : 87 Κυρίαρχος Ρυθμός : άλφα	Κατά βάση Attention < Meditation : αναμενόμενο
	<i>Κάνοντας μαθηματικούς υπολογισμούς / έντονη προσοχή</i>	Τιμή Attention : 100 Τιμή Meditation : 34 Κυρίαρχος Ρυθμός : θήτα	Attention > Meditation : αναμενόμενο

Στατιστικά Δεδομένα

Αφού ολοκληρώθηκε με επιτυχία η ανάπτυξη της εφαρμογής, δοκιμάστηκε σε ανθρώπους για την λήψη καταγραφών και εξαγωγή των στατιστικών αυτών των τιμών που λήφθηκαν. Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζονται τα αποτελέσματα για κάθε άτομο το οποίο συμμετείχε στο πείραμα, ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρισκόταν κάθε φορά και για τυχαίες χρονικές στιγμές. Σε ετούτη την παράγραφο θα αναπαρασταθούν τα γραφήματα σύμφωνα με τη συλλογή των μετρήσεων.

[Άτομο 1 – Κατάσταση: χαλαρή]

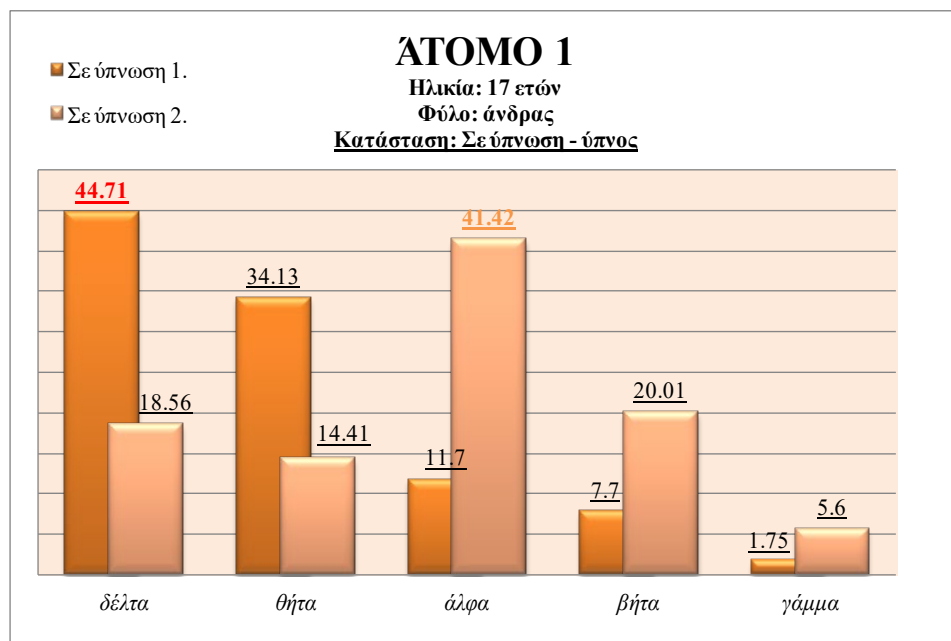


Εικόνα 6.13 Γράφημα 1.1

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: δέλτα και αμέσως μετά ακολουθεί και ο βήτα.

Εκτίμηση: Ο δέλτα ρυθμός μπορεί να παρατηρηθεί σε καταστάσεις χαλάρωσης, αφού πρόκειται για έναν αργό ρυθμό. Επιπρόσθετα, ο ρυθμός βήτα είναι πιθανό να αυξηθεί αντίστοιχα σε καταστάσεις χαλάρωσης. Τέλος, περιμένουμε για τις τιμές των μετρητών Attention, Meditation, να επικρατεί κατά προσέγγιση η σχέση $Attention < Meditation$

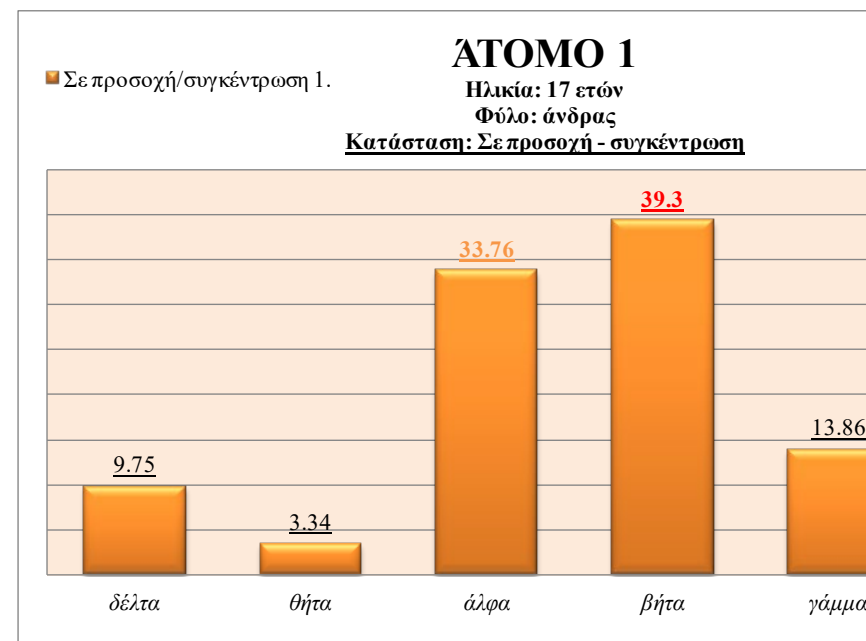
[Άτομο 1 – Κατάσταση: σε ύπνωση/ύπνος]



Εικόνα 6.14 Γράφημα 1.2

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: δέλτα και αμέσως μετά ακολουθεί και ο άλφα. Εκτίμηση: Ο δέλτα ρυθμός είναι αναμενόμενος να εμφανιστεί όταν το άτομο κλείνει τα μάτια του και κοιμάται. Όπως επίσης και ο άλφα ρυθμός, ομοίως, μπορεί να εμφανιστεί όταν ένα άτομο είναι σε σωματική και νοητική ξεκούραση. Τέλος, αναμένουμε χαμηλές τις τιμές του μετρητή Attention, και αντίστοιχα υψηλές για τον μετρητή Meditation, άρα ισχύει $Attention < Meditation$.

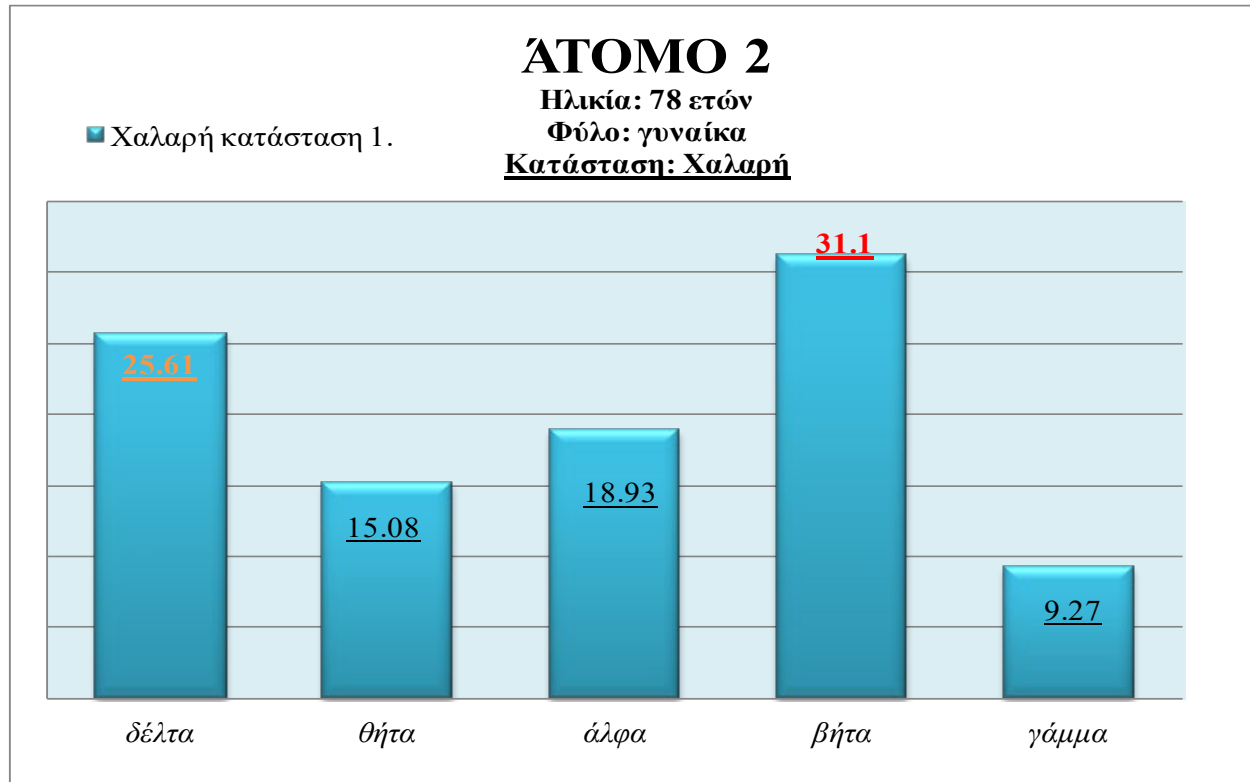
[Άτομο 1 – Κατάσταση: σε προσοχή/συγκέντρωση]



Εικόνα 6.15 Γράφημα 1.3

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: βήτα και αμέσως μετά ακολουθεί και ο άλφα. Εκτίμηση: Ο ρυθμός βήτα έρχεται στην κυριαρχία, αφού μπορεί να εμφανιστεί στον άνθρωπο όταν αυτός βρίσκεται σε εγρήγορση, σε ενεργή προσοχή και εστίαση. Ακόμη, ο άλφα ρυθμός κάνει την εμφάνιση του και σε καταστάσεις εγρήγορσης. Τέλος, κυριαρχεί $Attention > Meditation$.

[Άτομο 2 – Κατάσταση: χαλαρή]

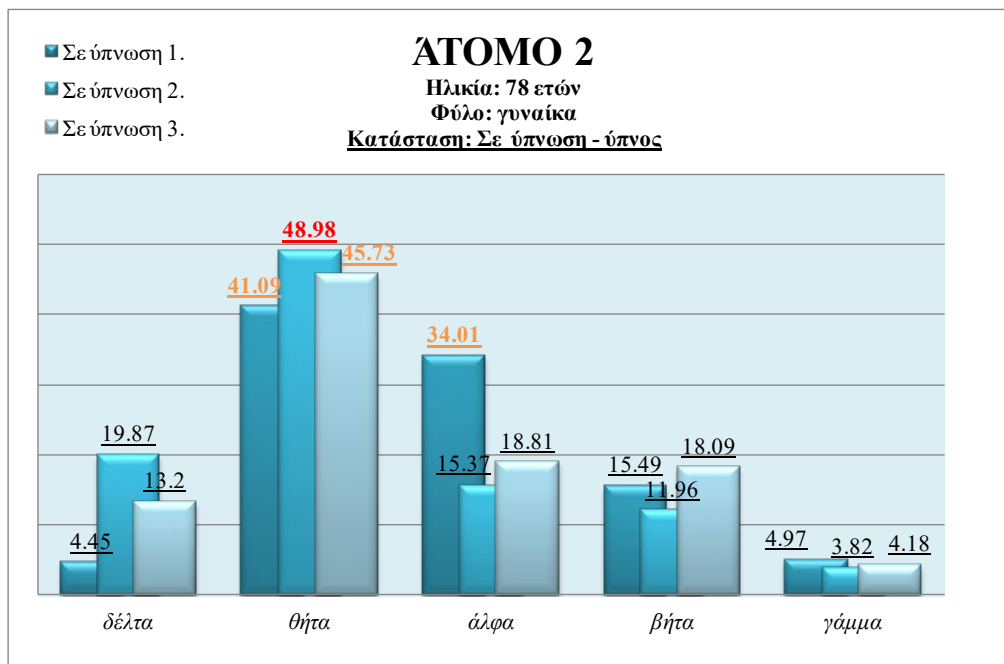


Εικόνα 6.16 Γράφημα 2.1

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *βήτα* και αμέσως μετά ακολουθεί και ο *δέλτα*.

Εκτίμηση: Όσον αφορά τον ρυθμό βήτα, συναντάται σε ορισμένες καταστάσεις χαλάρωσης και υπνηλίας. Επίσης, ο δέλτα ρυθμός παρατηρείται σε καταστάσεις χαλάρωσης (και θορύβου). Τέλος, κυριαρχεί κατά προσέγγιση η σχέση *Attention < Meditation*

[Άτομο 2 – Κατάσταση: σε ύπνωση/ύπνος]

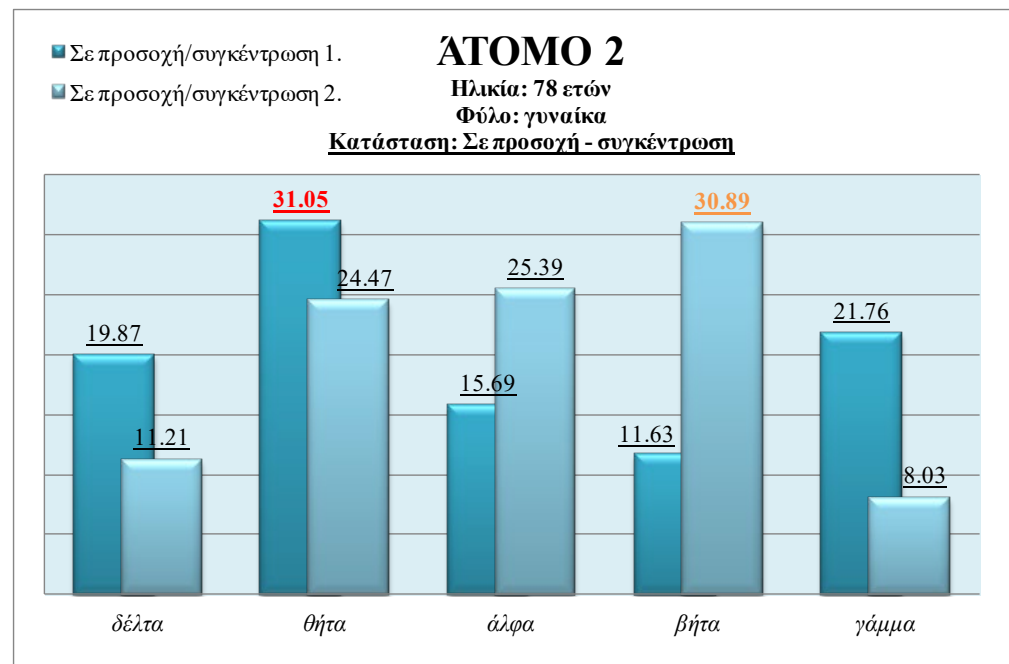


Εικόνα 6.17 Γράφημα 2.2

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *θήτα* και ακολουθεί και ο *άλφα*.

Εκτίμηση: Ο θήτα ρυθμός είναι αναμενόμενος να εμφανιστεί διότι παρατηρείται όταν το ΚΝΣ είναι σχεδόν σε κατάσταση αναστολής. Ακόμη, ο ρυθμός άλφα είναι προβλέψιμος σε καταστάσεις χαλάρωσης, του μυαλού και στο σώματος. Τέλος, αναμενόμενες είναι και οι τιμές των μετρητών Attention, Meditation, αφού κατά προσέγγιση κυριαρχεί $Attention < Meditation$.

[Άτομο 2 – Κατάσταση: σε προσοχή/συγκέντρωση]

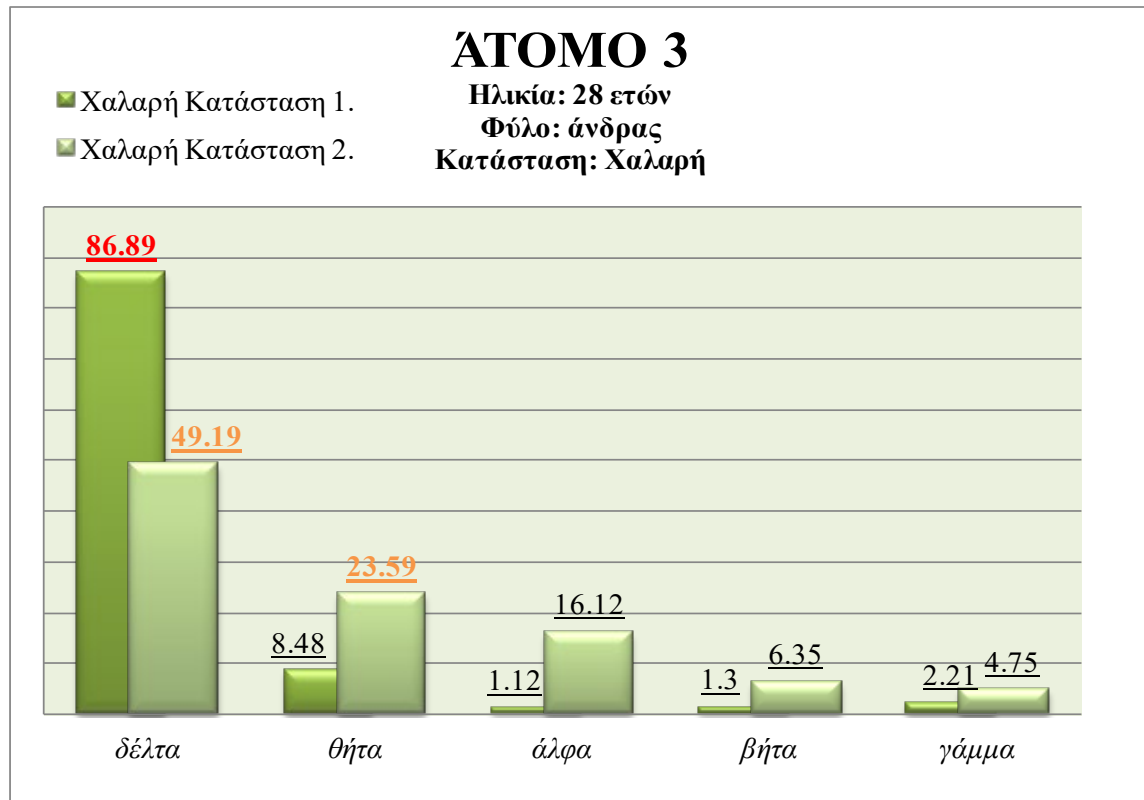


Εικόνα 6.18 Γράφημα 2.3

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *θήτα* και ακολουθεί και ο *βήτα*.

Εκτίμηση: Ο ρυθμός θήτα είναι πιθανό να εμφανιστεί καθώς το άτομο σκέφτεται και διαλογίζεται. Ομοίως και για τον ρυθμό βήτα, ο οποίος παρατηρείται όταν το άτομο είναι σε ενεργή προσοχή. Τέλος, αναμενόμενες είναι και οι τιμές των μετρητών Attention, Meditation, αφού κατά προσέγγιση κυριαρχεί $Attention > Meditation$.

[Άτομο 3 – Κατάσταση: χαλαρή]



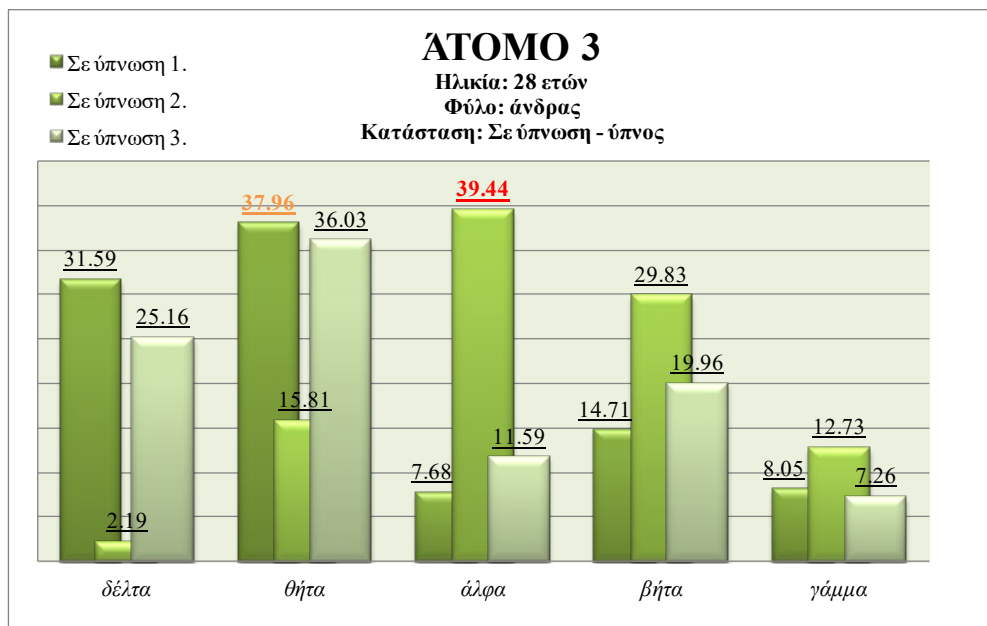
Εικόνα 6.19 Γράφημα 3.1

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: δέλτα και μετά ακολουθεί και ο θήτα.

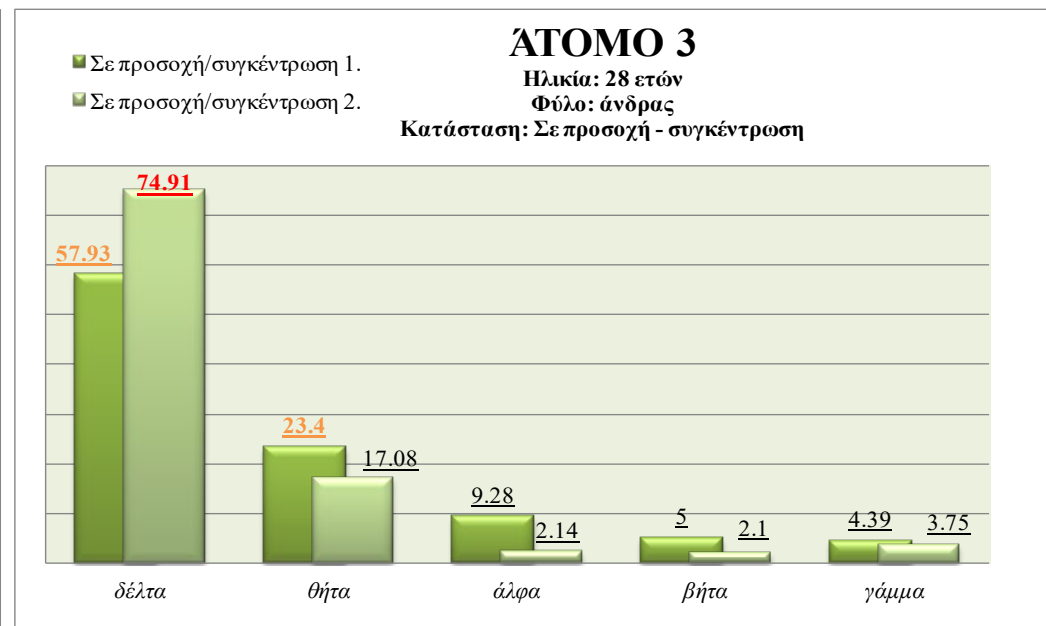
Εκτίμηση: Ο δέλτα ρυθμός μπορεί να παρατηρηθεί σε καταστάσεις χαλάρωσης, πέρα από τον θόρυβο, που συχνά κυριεύει. Ο θήτα ρυθμός είναι, επίσης, αναμενόμενος να εμφανιστεί λόγω του ότι το ΚΝΣ είναι σχεδόν σε κατάσταση αναστολής και παρατηρείται σε τέτοιες περιπτώσεις. Τέλος, αναμενόμενες είναι και οι τιμές των μετρητών Attention, Meditation, αφού κυριαρχεί *Attention < Meditation*.

[Άτομο 3 – Κατάσταση: σε ύπνωση/ύπνος]

[Άτομο 3 – Κατάσταση: σε προσοχή/συγκέντρωση]



Εικόνα 6.20 Γράφημα 3.2



Εικόνα 6.21 Γράφημα 3.3

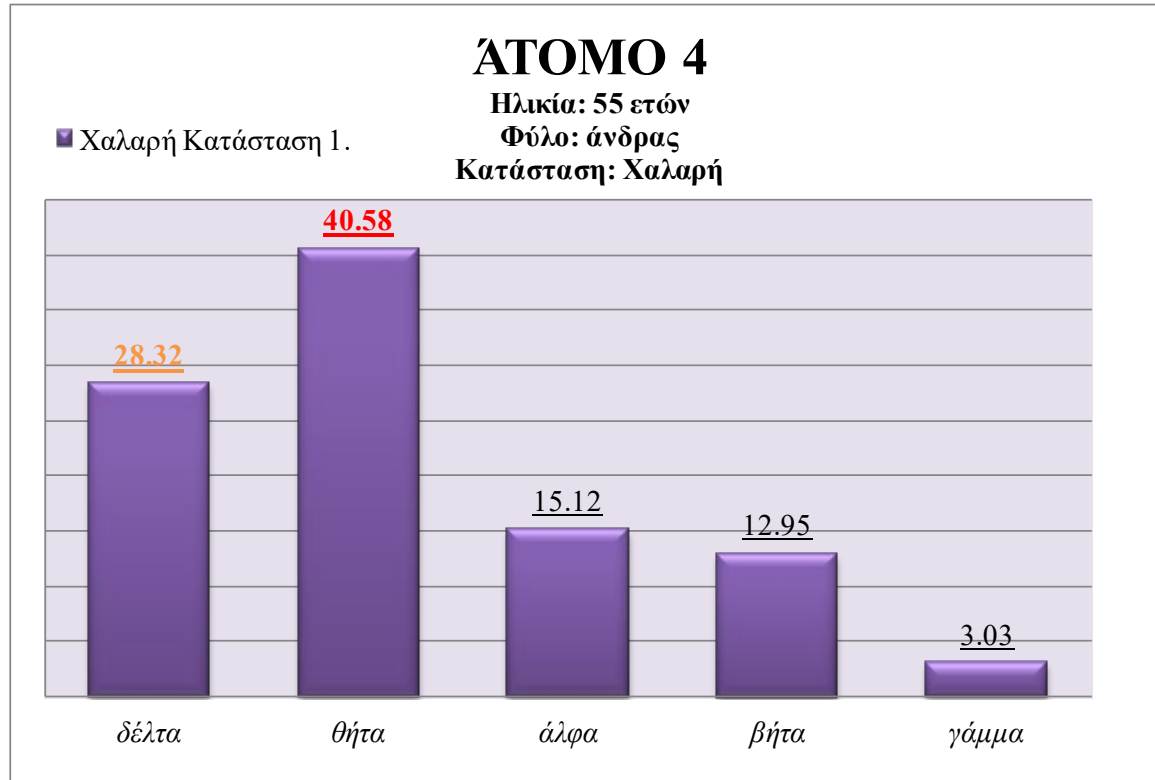
Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *άλφα* και αμέσως μετά ακολουθεί και ο *θήτα*.

Εκτίμηση: Ο ρυθμός *άλφα* είναι προβλέψιμος σε καταστάσεις ηρεμίας και χαλάρωσης, του μυαλού και στο σώματος. Ο *θήτα* είναι επίσης ρυθμός της χαλάρωσης και της υπνηλίας. Τέλος, περιμένουμε για τις τιμές των μετρητών Attention, Meditation, να επικρατεί σχέση $Attention < Meditation$.

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *δέλτα* και μετά ακολουθεί και ο *θήτα*.

Εκτίμηση: Ο *δέλτα* ρυθμός είναι πιθανός, αν και ελλοχεύει τον θόρυβο. Ο *θήτα* ρυθμός παρατηρείται σε ορισμένες περιπτώσεις δημιουργικής έμπνευσης και μάθησης. Τέλος, επαληθεύεται η σχέση $Attention > Meditation$, όπως αναμένεται.

[Άτομο 4 – Κατάσταση: χαλαρή]

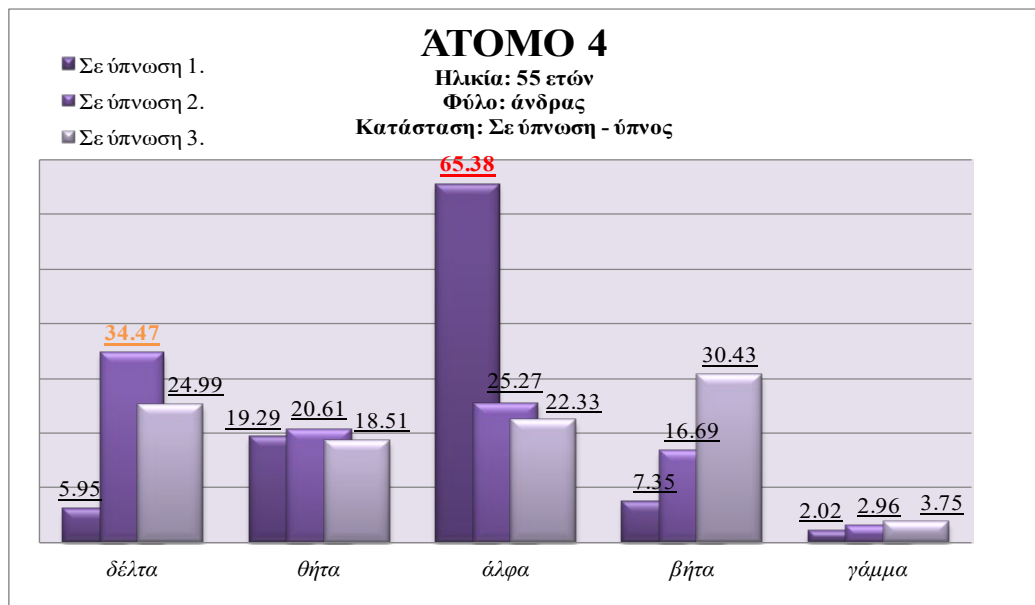


Εικόνα 6.22 Γράφημα 4.1

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *θήτα* και αμέσως μετά ακολουθεί και ο *δέλτα*.

Εκτίμηση: Ο *θήτα* ρυθμός παρατηρείται σε τέτοιες περιπτώσεις όπου το ΚΝΣ είναι σχεδόν σε κατάσταση αναστολής, καθώς επίσης και ο *δέλτα* ρυθμός είναι πιθανός. Ακόμη, αναμενόμενες είναι και οι τιμές των μετρητών Attention, Meditation, αφού κατά προσέγγιση κυριαρχεί $Attention < Meditation$.

[Άτομο 4 – Κατάσταση: σε ύπνωση/ύπνος]

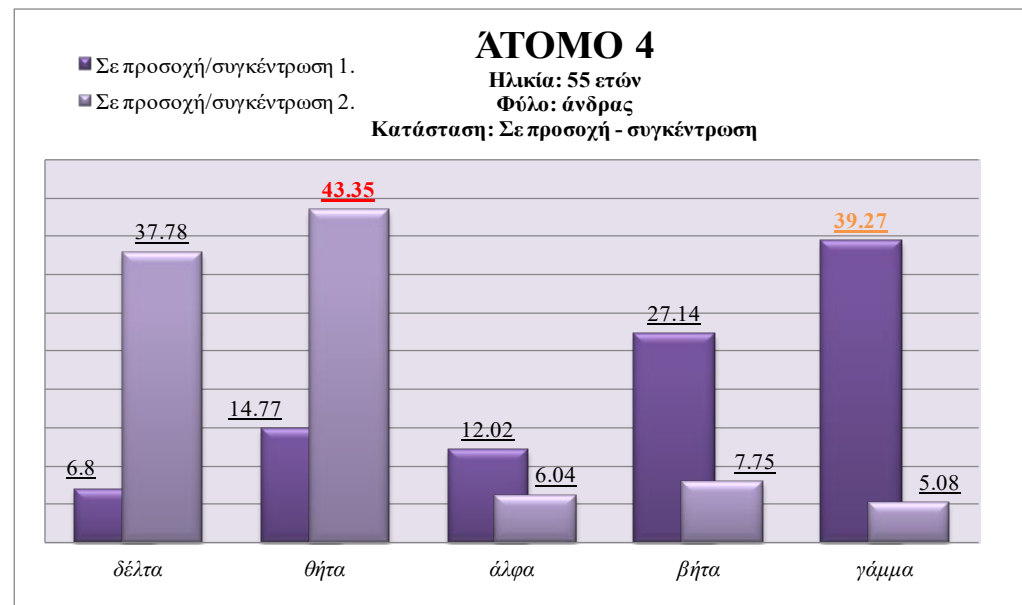


Εικόνα 6.23 Γράφημα 4.2

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *άλφα* και αμέσως μετά ακολουθεί και ο *δέλτα*.

Εκτίμηση: Ο *άλφα* ρυθμός κυριαρχεί όταν ένα άτομο είναι σε σωματική και νοητική ξεκούραση, οπότε εμφανίστηκε και σε αυτή εδώ την κατάσταση. Επιπρόσθετα, ο *δέλτα* ρυθμός είναι αναμενόμενος να εμφανιστεί όταν το άτομο κλείνει τα μάτια του και κοιμάται. Τέλος, αναμένουμε χαμηλές τις τιμές του μετρητή Attention, και αντίστοιχα υψηλές για τον μετρητή Meditation, άρα ισχύει $Attention < Meditation$.

[Άτομο 4 – Κατάσταση: σε προσοχή/συγκέντρωση]



Εικόνα 6.24 Γράφημα 4.3

Παρατηρούμε ότι κυρίαρχος ρυθμός είναι ο: *θήτα* και αμέσως μετά ακολουθεί και ο *γάμμα*.

Εκτίμηση: Ο ρυθμός *θήτα* πολλές φορές συνδέεται με την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Να σημειωθεί πως το άτομο στην προκειμένη κατάσταση υποβλήθηκε σε επίλυση υπολογισμών και σκέψεων σε διάφορα οικονομικά ζητήματα. Ακολουθεί ο ρυθμός *γάμμα*, ο οποίος αντιστοιχίζεται στον άνθρωπο με την υψηλή συνείδηση και την αντίληψη. Τέλος, κυριαρχεί η σχέση $Attention > Meditation$, όπως αναμένεται.

6.3 Παράθεση Ενδεικτικού Κώδικα

Σε αυτό το σημείο θα παρατεθούν ενδεικτικά ορισμένα κομμάτια κώδικα της εφαρμογής.

- ✓ Για τις ανάγκες του Bluetooth Connection:

Αρχικά έγινε η προσθήκη βασικών αδειών για την έκδοση Android 12.0 (API Level 31) και η αρχικοποίηση του BT adapter.

```
/* Bluetooth Adapter has to be initialized. */
BluetoothManager bluetoothManager = getSystemService(BluetoothManager.class);
BTAdapter = bluetoothManager.getAdapter();
```

Εικόνα 6.25 (Android Studio) BT adapter.

Δύο συναρτήσεις κύριας σημασίας για το Bluetooth Connection είναι οι «*search_for_device()*» «*list_for_device()*» που βρίσκονται στην κύρια κλάση: MainActivity.java. Ακόμη, για τις ανάγκες του BT και την εμφάνιση του ονόματος και της διεύθυνσης από κάθε μια συζευγμένη συσκευή, δημιουργήθηκε και η κλάση «DeviceList.java», απόσπασμα της οποίας ακολουθεί αμέσως παρακάτω.

```
public View getView(int position, View convertView, ViewGroup parent)
{
    ViewHolder viewHolder;

    if (convertView == null)
    {
        convertView = inflater.inflate(R.layout.device_info, root: null); //now let's display on screen the other xml file,
        // "device_info.xml", which displays the content of our ListView, that is to say the name and the address of each paired device
        viewHolder = new ViewHolder();
        viewHolder.device_name = convertView.findViewById(R.id.device_name);
        viewHolder.device_addr = convertView.findViewById(R.id.device_address);
        convertView.setTag(viewHolder);
    }
    else
        viewHolder = (ViewHolder) convertView.getTag();
```

Εικόνα 6.26 (Android Studio) Απόσπασμα κλάσης DeviceList.java.

- ✓ Για τη λήψη δεδομένων από τη συσκευή χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη «libStreamSDK», με πηγή προέλευσης το διαδίκτυο. Μέσω της βιβλιοθήκης λήφθηκαν τα εγκεφαλικά σήματα, καλώντας φυσικά στην MainActivity.java κλάση τους ρυθμούς από τη βιβλιοθήκη και υπολογίζοντας με πράξεις τα ποσοστά αυτών (διότι η βιβλιοθήκη επέστρεφε αποτέλεσμα των σημάτων σε ενέργεια - raw data).

```

case MindDataType.CODE_EEGPOWER:
    EEGPower power = (EEGPower) msg.obj;
    double total_sum;
    double a_rate; // about alpha rhythm
    double b_rate; // about beta rhythm
    double d_rate; // about delta rhythm
    double th_rate; // about theta rhythm
    double g_rate; // about gamma rhythm

    if (power.isValid())
    { //which rhythm is the ascendant here.
        int a_sum = (power.lowAlpha + power.highAlpha);
        int b_sum = (power.lowBeta + power.highBeta);
        int g_sum = (power.lowGamma + power.middleGamma);
        total_sum = (power.delta + power.theta + a_sum + b_sum + g_sum);
        // the percentage value of each rhythm:
        a_rate = (a_sum / total_sum) * 100;
        b_rate = (b_sum / total_sum) * 100;
        d_rate = (power.delta / total_sum) * 100;
        th_rate = (power.theta / total_sum) * 100;
        g_rate = (g_sum / total_sum) * 100;

        tevi_delta_wave.setText(String.format("%.2f", d_rate));
        tevi_alpha_wave.setText(String.format("%.2f", a_rate));
        tevi_beta_wave.setText(String.format("%.2f", b_rate));
        tevi_theta_wave.setText(String.format("%.2f", th_rate));
        tevi_gamma_wave.setText(String.format("%.2f", g_rate));
    }

```

Εικόνα 6.27 (Android Studio) Εγκεφαλικοί ρυθμοί και μετατροπή τους σε ποσοστά.

```

//check
if (a_rate > b_rate && a_rate > d_rate && a_rate > th_rate && a_rate > g_rate) { //so, it means that alpha rhythm is the ascendant here.
    tevi_ascendant.setText(String.format("%.2f", a_rate));
    tevi_rhythm.setText("alpha: ");
} else if (b_rate > a_rate && b_rate > d_rate && b_rate > th_rate && b_rate > g_rate) { //so, it means that beta rhythm is the ascendant here.
    tevi_ascendant.setText(String.format("%.2f", b_rate));
    tevi_rhythm.setText("beta: ");
} else if (th_rate > a_rate && th_rate > b_rate && th_rate > d_rate && th_rate > g_rate) { //so, it means that theta rhythm is the ascendant here.
    tevi_ascendant.setText(String.format("%.2f", th_rate));
    tevi_rhythm.setText("theta: ");
} else if (d_rate > a_rate && d_rate > b_rate && d_rate > th_rate && d_rate > g_rate) { //so, it means that delta rhythm is the ascendant here.
    tevi_ascendant.setText(String.format("%.2f", d_rate));
    tevi_rhythm.setText("delta: ");
} else if (g_rate > a_rate && g_rate > b_rate && g_rate > th_rate && g_rate > d_rate) { //so, it means that gamma rhythm is the ascendant here.
    tevi_ascendant.setText(String.format("%.2f", g_rate));
    tevi_rhythm.setText("gamma: ");
}

```

Εικόνα 6.28 (Android Studio) Έλεγχος για την εύρεση και εμφάνιση του κυρίαρχου ρυθμού.

```

case MindDataType.CODE_ATTENTION:
    // 0 to 100
    tevi_att_wave.setText("" +msg.arg1);
    break;
case MindDataType.CODE_MEDITATION:
    //0 to 100
    tevi_medit_wave.setText("" +msg.arg1);
    break;

```

Εικόνα 6.29 (Android Studio) Κώδικας για Μετρητές Attention & Meditation.

```

String fileName = "MyFile_record" + time + ".txt";
//then create my file object: create file in the above folder
File file = new File(dir, fileName);
//to WRITE data to the file
FileWriter fw;
//during the recording of the rhythms, we will be acquiring data per minute.

```

```
fw.write(String.format("%.2f", d_rate));
```

```
fw.close();
```

Εικόνα 6.30 (Android Studio) Κώδικας για το γράφημα των αποτελεσμάτων σε αρχείο κειμένου (μορφής txt).

- ✓ Για την οπτικοποίηση των ρυθμών σε διάγραμμα χρησιμοποιήθηκε η κλάση: «DrawWaveView.java» με πηγή προέλευσης, επίσης, το διαδίκτυο.

```

/*----- ~FOR THE VISUALIZATION~-----*/

// set up of view
DrawWaveView DWV = null;
public void live_display()
{
    DWV = new DrawWaveView(getApplicationContext());
    wave_map.addView(DWV, new ViewGroup.LayoutParams(ViewGroup.LayoutParams.MATCH_PARENT,
        ViewGroup.LayoutParams.MATCH_PARENT));

    DWV.setValue( maxPoint: 1024, maxValue: 1024, minValue: 0);
}

// update view
public void waveEnroll(int dataWaves)
{
    if (DWV != null)
    {
        DWV.updateData(dataWaves);
    }
}

```

Εικόνα 6.31 (Android Studio) Απόσπασμα κώδικα για την οπτικοποίηση εγκεφαλικών ρυθμών.

- ✓ Κάποια βασικά χαρακτηριστικά του κώδικα, όσον αφορά το *Layout*, δίνονται παρακάτω:

Το αρχείο «activity_main.xml» αποτελεί το βασικότερο αρχείο layout, αφού αντιπροσωπεύει όλη την εφαρμογή και περιέχει τα βασικότερα στοιχεία της, δηλ. TextViews, Buttons, TableLayouts κ.α. Ακόμη, αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες της εφαρμογής και τα εξής αρχεία: «activity_select.xml», «activity_splash_screen.xml», «device_info.xml», καθ' ένα από τα οποία έχει τον ρόλο του στο layout της εφαρμογής.

```
<!-- About the Title of App -->
<RelativeLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="30dp"
    android:layout_marginRight="20dp"
    android:layout_marginLeft="20dp">

    <TextView
        android:id="@+id/tevi_title"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="My BrainPhone Application"
        android:textColor="@color/cardview_light_background"
        android:textSize="22sp"
        android:textStyle="bold" />

    <TextView
        android:layout_marginTop="30dp"
        android:text="In Real Time"
        android:textColor="@color/cardview_light_background"
        android:textStyle="italic"
        android:textSize="17sp"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content" />
```

Εικόνα 6.32 (Android Studio) Κώδικας ενός μέρους του layout για τον τίτλο της εφαρμογής.

```
<!-- Let's do the Table to display the Brain data -->
<TableLayout
    android:id="@+id/table_layout"
    android:layout_width="fill_parent"
    android:layout_height="600dp"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:paddingLeft="8dp">

    <TextView
        android:id="@+id/table_title"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Brain Data Table"
        android:textAlignment="center"
        android:textColor="#673AB7"
        android:textSize="20dp"
        android:textStyle="bold" />
```

Εικόνα 6.33 (Android Studio) Κώδικας για τον πίνακα των τιμών των ρυθμών.

7 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας, σε αυτό το σημείο ολοκληρώνεται η Διπλωματική Εργασία και παρατίθενται μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής.

7.1 Σύνοψη & Συμπεράσματα

Εξαιτίας της χρησιμότητας και της επισκεψιμότητας σε εφαρμογές και πλατφόρμες ιατρικού περιεχόμενου, οι άνθρωποι στρέφουν το ενδιαφέρον τους προς αυτές ολοένα και περισσότερο, αφού βοηθούν, ψυχαγωγούν, αλλάζουν την καθημερινότητα του ανθρώπου προς το καλύτερο.

Βέβαια, ένα συμπέρασμα που προκύπτει, άμεσα, είναι οι περιορισμένες δυνατότητες που μπορεί να παρέχει η συσκευή, από τη στιγμή που περιλαμβάνει ένα μόλις ηλεκτρόδιο επαφής στην κεφαλή. Έχουν κυκλοφορήσει και συνεχίζουν ολοένα να εξελίσσονται, συσκευές ειδικά εξειδικευμένες με περισσότερα κανάλια για αξιοποίηση σε έρευνες, μελέτες και projects.

Τέλος, ένας δυσάρεστος «εχθρός» θα μπορούσε να θεωρηθεί ο θόρυβος. Ακόμη και το φιλτράρισμα εντός της συσκευής δεν είναι ισχυρά ικανό να εξαλείψει τελείως τον θόρυβο που συχνά εγκλωβίζεται στα σήματα, πόσο μάλλον στο φυσικό σήμα, όπως αυτό του εγκεφάλου, όπου πρόκειται για ένα ευαίσθητο όργανο και εύκολα επιρρεπές στον θόρυβο.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Όταν χτίζεται μια εφαρμογή σε έναν τόσο ευρύ χώρο, όπως αυτός της τεχνολογίας, πάντοτε θα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης και περαιτέρω εξέλιξης. Στην Διπλωματική, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή που απευθύνεται σε κινητά τηλέφωνα με λογισμικό Android τουλάχιστον Version 4 και άνω. Αυτό, πρακτικά, σημαίνει ότι κάθε κινητή συσκευή με λογισμικό Android 4 και άνω μπορεί να την εγκαταστήσει και να τη χρησιμοποιήσει. Παρ' όλα αυτά, το γραφικό περιβάλλον που παρουσιάζεται στην εφαρμογή δεν είναι το ίδιο σε δύο διαφορετικές εκδόσεις –πχ. σε μια παλαιότερη με την πιο πρόσφατη. Το γεγονός αυτό δεν καθιστά την εφαρμογή, σε καμία περίπτωση, μη λειτουργική, απλώς υπάρχει ένας μικρός βαθμός διαφοροποίησης μεταξύ των εκδόσεων. Όταν εγκαθίσταται σε συσκευή με Android 12 - στην πιο τρέχουσα έκδοση - ο χρήστης μπορεί να λάβει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στο μέλλον δεν θα ήτανε επίσης χρήσιμο να δοκιμαστούν / προστεθούν ορισμένα ακόμη θέματα, όπως:

- 1) **Separate categories.** Η τμηματοποίηση σε πολλαπλά παράθυρα των μερών που αποτελούν την εργασία, δίνει ένα πιο εύχρηστο αποτέλεσμα στον χρήστη. Για παράδειγμα, ένα παράθυρο στην εφαρμογή να περιέχει εξειδικευμένα τους ρυθμούς άλφα, βήτα, δέλτα, θήτα και γάμμα και ένα άλλο παράθυρο για τον μετρητή Διαλογισμού και Προσοχής αντίστοιχα, καθώς επίσης και ένα κεντρικό μενού για να κατευθύνει τον χρήστη.

- 2) **Upgrade brain diagram.** Το διάγραμμα αναπαράστασης των ρυθμών του εγκεφάλου θα μπορούσε, σε μετέπειτα στάδιο, να τυπώνει με διαφορετικό χρώμα τα σημεία στα οποία οι ρυθμοί εμφανίζουν τιμές που αποκλίνουν από τις φυσιολογικές – τις μη φυσιολογικές. Επιπρόσθετα, θα ήταν πιο ευανάγνωστο από τον χρήστη, εάν εμφανιζόταν οι ρυθμοί στο διάγραμμα με διαφορετικό χρώμα ο καθένας, για τον καλύτερη δυνατή διαφοροποίησή τους, ο ένας από τον άλλον. Τέλος, για την επίτευξη μιας πιο ρεαλιστικής οπτικοποίησης των εγκεφαλικών σημάτων, στη βέλτιστη εκδοχή του, το διάγραμμα να αναπαριστάται σε σχήμα εγκεφάλου.
- 3) **Save as.** Δυνατότητα αποθήκευσης των τιμών των μετρήσεων σε αρχείο κειμένου (.txt) ή excel (.xlsx), για μετέπειτα επεξεργασία, σε δεύτερο χρόνο, των αποτελεσμάτων και σχολιασμό των τιμών. Όσον αφορά αυτή τη δυνατότητα, εξελίχθηκε μέχρι ένα σημείο εντός της εφαρμογής. Δηλαδή, καθώς ολοκληρώνεται η εκτέλεση της εφαρμογής, δημιουργείται ένα αρχείο κειμένου (με κατάληξη .txt), στο οποίο βρίσκονται αποθηκευμένες οι τιμές των εγκεφαλικών ρυθμών σε ποσοστά, όπως αυτά λήφθηκαν σε μια τυχαία χρονική στιγμή εντός του ενός λεπτού καταγραφής. Παρ' όλα αυτά, λόγω των δυσκολιών που συναντήθηκαν, το αρχείο είναι ορατό και προσβάσιμο μόνο στην περίπτωση που ο χρήστης ανοίξει το παράθυρο «*Device File Explorer*» στο περιβάλλον του **Android Studio** στο Application project.
- Μια μικρή αναφορά για τους περιορισμούς γύρω από το θέμα: Με τις πλέον διαθέσιμες ενημερώσεις στον χώρο του storage, από την έκδοση του Android 11(δηλαδή επιπέδου API 30) και έπειτα, παρέχεται περαιτέρω προστασία στα δεδομένα των εφαρμογών-χρηστών στον εξωτερικό χώρο αποθήκευσης – external storage. Με άλλα λόγια, δεν έχουμε δικαίωμα πρόσβασης σε καταλόγους είτε στον εσωτερικό είτε στον εξωτερικό χώρο αποθήκευσης του κινητού τηλεφώνου. (Storage updates in Android 11) Ακόμη και οι άδειες να συμπεριληφθούν και να επιτραπούνε από τον χρήστη, εν τέλει δεν εμφανίζονται τα αρχεία που δημιουργούμε στους φακέλους του κινητού (Downloads, Documents, Pictures, Recordings, ...). Παράλληλα, έγινε προσπάθεια αποθήκευσης του αρχείου σε φάκελο του Android (*path: \emulated\0\Android\data\com.rtbrainphone.app\files\Documents\theFile.txt*), αλλά απορρίφθηκε λόγω περιορισμών ασφαλείας. Ακολουθεί στιγμιότυπο:



```
2022-09-20 14:50:27.316 10021-10021/com.rtbrainphone.app W/System.err: java.io.FileNotFoundException: /storage/emulated/0/Recs/MyFile_20092022_14:50.txt: open failed: EPERM (Operation not permitted)
```

Εικόνα 7.1 (Android Studio) EPERM error.

- 4) **Complicated background.** Ένα στοιχείο προς αποφυγήν είναι το σύνθετο υπόβαθρο εμφάνισης της εφαρμογής. Ο λόγος είναι γιατί μπορεί να την καταστήσει μη λειτουργική και πολύπλοκη για χρήση. Επίσης, επιβαρύνεται το “*smoothness*” του υποβάθρου, επομένως δεν δημιουργεί τόσο καλή αίσθηση στον χρήστη κατά την εκτέλεσή της, γι’ αυτό τον λόγο θα πρέπει να αποφεύγεται και στο μέλλον.
- 5) **Battery saving.** Τελικά, η κατανάλωση της μπαταρίας στο κινητό μας τηλέφωνο από εφαρμογές προκαλεί δυσαρέσκεια στον χρήστη, ειδικά όταν η εφαρμογή σπαταλάει μεγάλο ποσοστό της μπαταρίας κατά την χρήση της. Γι’ αυτόν τον λόγο είναι καλό κάθε εφαρμογή που υλοποιείται να μην υπερφορτώνει τη μνήμη του κινητού, γιατί επηρεάζεται η συνολική απόδοση της συσκευής και κατά συνέπεια η απόδοση της μπαταρίας.

Βιβλιογραφία

- Abdullah, A. S., Aashrai, G., & Najib, M. EEG Basal Cortical Rhythms.
- *An Easy Way To Fix Wireless Error Issues*. (2022, February). Ανάκτηση από <https://networklogica.com/en/debug-wireless/>
- *Android - Overview*. (n.d.). Ανάκτηση από https://www.tutorialspoint.com/android/android_overview.htm
- *App Manifest Overview*. (n.d.). Ανάκτηση από Android Developers: <https://developer.android.com/guide/topics/manifest/manifest-intro>
- *App resources overview*. (n.d.). Ανάκτηση από Android Developers: <https://developer.android.com/guide/topics/resources/providing-resources>
- *Biosensors / EEG Headsets*. (n.d.). Ανάκτηση από Neurosky: <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/biosensors/>
- Christoph, M. M., & Bin, H. (n.d.). EEG source localization.
- Dadebayev, D., Goh, W. W., & Tan, E. X. (2021). EEG-based emotion recognition: Review of commercial EEG devices and machine learning techniques.
- DAWID, A., & BUCHWALD, P. (2021). AN EEG MOBILE DEVICE AS A GAME CONTROLLER.
- Deitel, P., & Deitel, H. Java. Στο *Java Προγραμματισμός*.
- *EEG Headset*. (2022). Ανάκτηση από EMOTIV: <https://www.emotiv.com/glossary/eeg-headset/>
- Encyclopaedia Britannica, Inc. (2020). *Android*. Ανάκτηση από Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/technology/Android-operating-system>
- İnce, R., Adanır, S., & Sevmez, F. (n.d.). The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873–1941).
- *Java*. (n.d.). Ανάκτηση από What is Java technology and why do I need it?: https://www.java.com/en/download/help/whatis_java.html
- Kulkarni, N., & Bairagi, V. (2018). Electroencephalogram and Its Use in Clinical Neuroscience.

- Lewine, J. D., & William, W. O. (1995). Clinical Electroencephalography and Event-Related Potentials.
- Li, Q., Ding, D., & Conti, M. (2015). *Brain-Computer Interface applications: Security and privacy challenges*. Ανάκτηση από Institute of Electrical and Electronics Engineers: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7346884>
- *Meet Android Studio*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://developer.android.com/studio/intro>
- Milligan, K., Balwani, A., & Dyer, E. (2019). Brain mapping at high resolutions: Challenges and opportunities.
- Müller-Putz, G. R. (n.d.). Electroencephalography.
- Nafea, M., Nurul Ashikin, A.-K., Badrul Hisham, A. ‘., & Che Harun, F. K. (2018). Brainwave-Controlled System for Smart Home.
- *NeuroSky*. (n.d.). Ανάκτηση από Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/NeuroSky>
- *NEUROSKY HOME USE DEVICE FOR NEUROFEEDBACK*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://biofeedback-neurofeedback-therapy.com/neurosky/>
- Newson, J. J., & Thiagarajan, T. C. (2019). EEG Frequency Bands in Psychiatric Disorders: A Review of Resting State Studies.
- *Platform Architecture*. (n.d.). Ανάκτηση από Platform Architecture | Android Developers: <https://developer.android.com/guide/platform>
- Qingsong, A., & Xie, S. Q. (2018). State-of-the-Art.
- Sá, C., Gomes, P. V., Marques, A., & Correia, A. (2020). The Use of Portable EEG Devices in Development of Immersive Virtual Reality Environments for Converting Emotional States into Specific Commands.
- Shih, J. J., Krusienski, D. J., & Wolpaw, J. R. (2012). Brain-Computer Interfaces in Medicine.
- *Storage updates in Android 11*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://developer.android.com/about/versions/11/privacy/storage>
- Tudor, M., Tudor, L., & Tudor, K. (2005). [Hans Berger (1873-1941)--the history of electroencephalography].
- Αγγελίδης, Π. Bluetooth Τεχνολογία. Στο *Ηλεκτρονική Υγεία*.

- Αγγελίδης, Π. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ - EEG). Στο *Βιοιατρική Τεχνολογία*.
- Αγγελίδης, Π. (2016). Τεχνολογίες Πληροφορικής στην Υγεία. Στο *Ιατρική Πληροφορική, Τόμος Α΄*. Θεσσαλονίκη: σοφία.
- Γιαννικάκη, Ε. (2011). Χωρικοί Περιορισμοί για την Ανάδειξη Ανεξάρτητων Συνιστωσών σε Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.
- Δελήμπασης, Κ. (n.d.). Εισαγωγή στην έννοια του σήματος και τις βασικές αρχές επεξεργασίας του σήματος.
- ΚΕΝΤΕΡΛΗΣ, Π. Δ. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΠΡΑΞΗ.
- ΜΑΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., & ΚΑΚΚΟΣ, Ι. (n.d.). ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ: Καταγραφή και επεξεργασία EEG.
- *Ο ηλεκτρισμός στη φύση - Noesis*. (n.d.). Ανάκτηση από <https://www.noesis.edu.gr/noesis-online/wiki-technologies/electricity/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CE%BF-%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CF%86%CF%8D%CF%83%CE%B7/>
- Τζάλλας, Α. (2009). Αυτόματη διάγνωση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Ιωάννινα. Ανάκτηση από <https://www.cognifit.com/el/brain>
- Τζημούρτα, Α. (2020). Ανάλυση Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σε Συνδυασμό με Δεδομένα από Φορέσιμες Συσκευές για τη Μελέτη Νευρολογικών Διαταραχών και. Στο Α. Τζημούρτα. Ιωάννινα.
- Τσίπουρας, Μ., Τζάλλας, Α., Καρβούνης, Ε., & Γιαννακέας, Ν. (2015). *Ιατρική Πληροφορική*. Αθήνα.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ. ΒΙΟΛΟΓΙΑ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ: ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.
- Φωτιάδης, Δ. Ι. (n.d.). ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ. Ιωάννινα.