

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

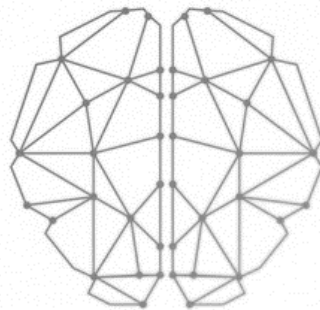
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΩΔΟΥΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΜΑΘΗΣΗΣ**



ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιαννακέας Νικόλαος

Επίκουρος Καθηγητής

Άρτα, Φεβρουάριος 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΩΔΟΥΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ-ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΜΑΘΗΣΗΣ**

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιαννακέας Νικόλαος

Επίκουρος Καθηγητής

Άρτα, Φεβρουάριος 2021

**ASSESSING BRAIN EFFORT USING A BRAIN-COMPUTER INTERFACE
DEVICE AND MACHINE LEARNING**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, Φεβρουάριος 2021

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Νικόλαος Γιαννακέας,

Επίκουρος Καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

Τζάλλας Αλέξανδρος,

Επίκουρος Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Δημήτριος Δημόπουλος,

Πανεπιστημιακός Υπότροφος

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

Ευριπίδης Γλαβάς,

Καθηγητής, Α' Βαθμίδας

Υπογραφή

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Χατζηνικολάου Εμμανουήλ

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ πολύ τον Κύριο Γιαννακέα Νικόλαο για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγηση στα πλαίσια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Τέλος ευχαριστώ όλους τους καθηγητές του τμήματος που με τις γνώσεις τους διδάσκουν και εμπνέουν τους φοιτητές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αναγνώριση διαφορετικών καταστάσεων εγκεφαλικής δραστηριότητας με χρήση συσκευών διεπαφής εγκεφάλου-υπολογιστή κατά την διάρκεια αγώνα σκάκι και μεθόδους ταξινόμησης. Αρχικά στο πλαίσιο της εργασίας αναφέρεται η φυσιολογία του ανθρώπινου εγκεφάλου, η λειτουργία και ο τρόπος καταγραφής του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και οι συχνότητες του ανθρώπινου εγκεφάλου. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα συστήματα διεπαφής εγκεφάλου-υπολογιστή, στις κατηγορίες που υπάρχουν, στα τεστ που γίνονται καθώς και την σχέση των εγκεφαλογραφημάτων με το σκάκι. Στην συνέχεια αναφέρονται οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των πειραμάτων καταγραφής καθώς επίσης γίνεται και αναφορά στην μηχανική μάθηση, στους αλγόριθμους ταξινόμησης και στην εξόρυξη δεδομένων. Αναφέρεται η υποδομή και η υλοποίηση των πειραμάτων που έγινε στην εργασία καθώς και τα συμπεράσματα από τα διαφορετικά σενάρια που υλοποιήσαμε. Οι μέθοδοι ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκαν κατάφεραν με επιτυχία να εντοπίσουν της στιγμές που ο εγκεφαλος καταβάλει εργώδη προσπάθεια με ακρίβεια που αγγίζει το 87%.

Λέξεις-κλειδιά: Ανθρώπινος Εγκέφαλος, Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, Σύστημα Διεπαφής Εγκεφάλου, Εγκεφαλογράφημα και Σκάκι, Μηχανική Μάθηση, Εξόρυξη Δεδομένων
Μέθοδοι Ταξινόμησης

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is to identify different mental conditions using brain-computer interface devices while playing chess and classification methods. The first part of the work discusses the physiology of the human brain, the function and method of recording the electroencephalogram and the frequencies of the human brain. The second chapter refers to the brain-computer interface systems, the categories that exist, the tests that are performed as well as the relationship of the brain scans with chess. Furthermore, a list of the devices used to carry out such research, are presented as well as Machine Learning techniques, Classification Algorithms and Data Mining. The last chapters mention the infrastructure and the implementation of the experiments that took place in the current study, as well as the conclusions from the different scenarios that we implemented.

Keywords: Human Brain, Electroencephalogram, Brain Interface System, Encephalogram and Chess, Machine Learning, Data Mining, Classification Methods.

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ	12
1. Ο Ανθρώπινος Εγκέφαλος.....	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Ανατομία Εγκεφάλου	13
1.3 Χαρακτηριστικά του Ανθρώπινου Εγκεφάλου	14
1.4 Λειτουργία του Εγκεφάλου.....	15
1.5 Το Ηλεκτρικό Εγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ).....	16
1.5.1 Τρόποι Καταγραφής του Εγκεφαλογραφήματος	16
1.5.2 Οι ρυθμοί του Εγκεφάλου	17
1.5.3 Προκλητά Δυναμικά(Evoked Potentials).....	19
2. Συστήματα Διεπαφής Εγκεφάλου-Υπολογιστή	22
2.1 Ορισμός-Εφαρμογές.....	22
2.2 Κατηγορίες BCI	23
2.2.1 Ενδογενή και Εξωγενή Συστήματα	24
2.2.2 Εξαρτώμενα και μη Εξαρτώμενα	25
2.2.3 Σύγχρονα και Ασύγχρονα	26
2.2.4 Επεμβατικά και Μη Επεμβατικά	27
2.3 Τεστ που χρησιμοποιούνται.....	28
2.3.1 Ανοιχτά-Κλειστά Μάτια	28
2.3.2 Δυναμικό P300	28
2.3.3 Αγαπημένο Τραγούδι.....	29
2.4 Εγκεφαλογράφημα και Σκάκι	31
3. Υποδομή που χρησιμοποιήθηκε	35

3.1 Φορητές Συσκευές.....	35
3.1.1 Η Φορητή Συσκευή Εγκεφαλογραφήματος (Emotiv Eroc+)	35
3.2 Η Φορητή Συσκευή Emotiv (Eroc Flex).....	37
3.2 Το πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα OpenVibe	39
3.3 Το Λογισμικό Weka για Εξόρυξη Δεδομένων.....	40
4 Μεθοδολογία στην Μηχανική Μάθηση και Data Mining.....	42
4.1 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning).....	42
4.2 Είδη Μηχανικής Μάθησης	43
4.3 Εξόρυξη Δεδομένων(Data Mining).....	44
4.4 Κατηγορίες Εξόρυξης Δεδομένων	44
4.5 Μέθοδοι Ταξινόμησης.....	45
4.5.1 Naive Bayes.....	46
4.5.2 Νευρωνικά Δίκτυα (Perceptron).....	47
4.5.3 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης(Support Vector Machines)	47
4.5.4 Δέντρα Απόφασης	48
5. Υλοποιήσεις και Αποτελέσματα	50
5.1 Πρωτόκολλο Καταγραφής	50
5.2 Εξαγωγή των χαρακτηριστικών με χρήση του Open Vibe.....	50
5.3 Μέτρα Αξιολόγησης.....	53
5.2.1 Μπευζιανός Ταξινομητής (Naive Bayes)	54
5.2.2 Νευρωνικά Δίκτυα (Perceptron).....	54
5.2.3 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Machines-SVM).....	55
5.2.4 Δέντρα Απόφασης (Αλγόριθμος C4.5).....	55
6. Συμπεράσματα	57
Βιβλιογραφία	59

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1.1: Μέρη του εγκεφάλου.....	14
Πίνακας 1.1: Συχνότητες και Πλάτη βασικών ρυθμών ΗΕΓ	18
Εικόνα 1.2: Χαρακτηριστικές κυματομορφές βασικών ρυθμών εγκεφαλογραφήματος	19
Εικόνα 1.3 Κυματομορφή Ηχητικών Ερεθισμάτων (ABR)	21
Εικόνα 1.4 Αναπαράσταση Συστήματος BCI	23
Εικόνα 3.1: Emotiv Eroc+	36
Πίνακας 3.1:Χαρακτηριστικά Emotiv Eroc+	37
Πίνακας 3.2:Χαρακτηριστικά Emotiv Flex.....	37
Εικόνα 3.2: Emotiv Flex.....	38
Εικόνα 3.3: Emotiv ErocX.....	39
Εικόνα 4.1 Ο μπαεζιανός κανόνας τον οποίο αξιοποιεί ο ταξινομητής.....	46
Εικόνα 4.2 Τυπική μορφή ενός νευρωνικού δικτύου	47
Εικόνα 4.3 Πιθανό υπέρ-επίπεδο	48
Εικόνα 4.4 Παράδειγμα Δέντρου Απόφασης Αλγορίθμου C4.5.....	49
Πίνακας 5.1 - Πίνακας Εξαγωγής Χαρακτηριστικών	51
Εικόνα 5.1 Το σενάριο στο Open Vibe για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών	52
Εικόνα 5.2 Αποτελέσματα του Μπεϋζιανού ταξινομητή.....	54
Εικόνα 5.3 Αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου	54
Εικόνα 5.4 Αποτελέσματα του SVM ταξινομητή με όλα τα χαρακτηριστικά	55
Εικόνα 5.5 Αποτελέσματα του δέντρου απόφασης	55

Κεφάλαιο1

1. Ο Ανθρώπινος Εγκέφαλος

1.1 Εισαγωγή

Αρχικά αξίζει να επισημανθεί ότι ο εγκέφαλος αποτελεί το πιο σπουδαίο όργανο όλων των ζωντανών οργανισμών. Αποτελείται από εκατομμύρια νευρώνες που συνδέονται με άξονες και δενδρίτες και μπορούν να ρυθμίσουν τις πιο σημαντικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος όπως για παράδειγμα την αναπνοή, την ικανότητα να κινούμαστε καθώς και την ικανότητα να σκεφτόμαστε. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι μέσω αντανakλαστικών κέντρων διατηρείται ο έλεγχος των διάφορων δραστηριοτήτων του σώματος μας. Κάποια από τα αντανakλαστικά κέντρα είναι το αναπνευστικό κέντρο, το καρδιακό και το αγγειοκινητικό, τα οποία ρυθμίζουν την κίνηση, την κυκλοφορία του αίματος και την αναπνοή [1].

1.2 Ανατομία Εγκεφάλου

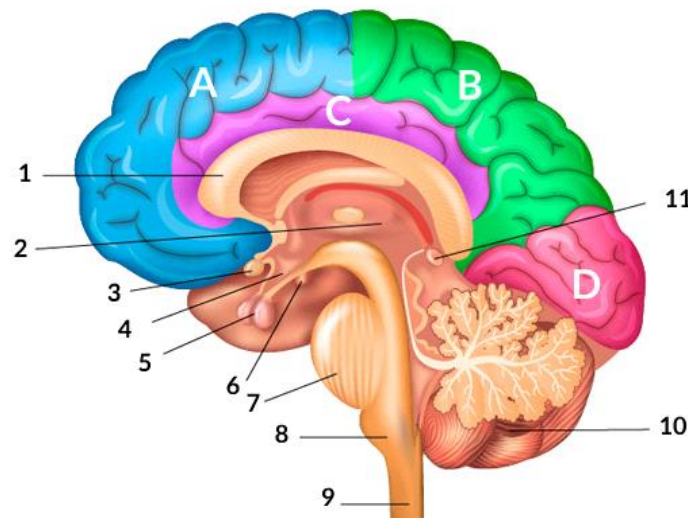
Ο εγκέφαλος αποτελείται από νευρώνες (νευρικά κύτταρα) και νευρογλοία. Επίσης ο εγκέφαλος αποτελείται από φαιά και λευκή ουσία. Η φαιά ουσία αποτελείται κυρίως από τα κυτταρικά σώματα των νευρών και είναι συγκεντρωμένη στον εγκεφαλικό φλοιό, στους πυρήνες και στα βασικά γάγγλια. Η λευκή ουσία αποτελείται από τους νευρίτες, οι οποίοι σχηματίζουν οδούς που συνδέουν τμήματα του εγκεφάλου μεταξύ τους και με τον νωτιαίο μυελό. Τα κύρια τμήματα του εγκεφάλου είναι που βρίσκονται κάτω από τον εγκεφαλικό φλοιό είναι (1) Μεσολόβιος που συνδέει δεξί και αριστερό ημισφαίριο, (2) Ο θάλαμος, τα βασικά γάγγλια, η αμυγδαλή, ο Ιππόκαμπος και (6) Οι θηλοειδούς προεξοχής φορείς.

Παρεγκεφαλίτιδα (10): Είναι το δεύτερο μεγαλύτερο όργανο του εγκεφάλου και εμπλέκεται στον ορθοστατικό έλεγχο και την κυκλοφορία κυρίως, αλλά εκτελεί επίσης ορισμένες γνωστικές λειτουργίες.

υποθάλαμος (4) και υπόφυση (5), υπεύθυνοι για τις σπλαχνικές λειτουργίες όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος και τις βασικές συμπεριφορές όπως η διατροφή, η σεξουαλική απόκριση, η αναζήτηση ευχαρίστησης, η επιθετική απόκριση.

Η επίφυση (11): είναι υπεύθυνη (μεταξύ άλλων σπλαχνικών λειτουργιών) για το συγχρονισμό της απελευθέρωσης της μελατονίνης ορμόνης και τη ρύθμιση του ύπνου/εγρήγορσης, για το οποίο συντονίζεται με το οπτικό χίασμα (3).

Το εγκεφαλικό στέλεχος: αποτελείται από το νωτιαίο μυελό (9), τον μυελό(8), την προεξοχή (7) και τον μεσεγκέφαλο. Το εγκεφαλικό στέλεχος ελέγχει τις αυτόματες λειτουργίες, όπως η πίεση του αίματος ή ο καρδιακός ρυθμός, τις κινήσεις των άκρων και τις σπλαχνικές λειτουργίες, όπως η πέψη ή η ούρηση. [2]



Εικόνα 1.1: Μέρη του εγκεφάλου

1.3 Χαρακτηριστικά του Ανθρώπινου Εγκεφάλου

- Ένα πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι ότι ο Ανθρώπινος εγκέφαλος εκτιμάται πως αποτελείται από 100 τρισεκατομμύρια νευρικά κύτταρα, νευρογλοιακά κύτταρα και νευρώνες.

- Ο εγκεφαλικός φλοιός του Ανθρώπινου εγκεφάλου είναι από τους πιο προηγμένους και πολύπλοκους που υπάρχουν. Όχι μόνο γιατί έχει το μεγαλύτερο μέγεθος από άλλα είδη, αλλά επειδή τυλίγεται και διπλώνει γύρω από τον εαυτό του περισσότερες φορές σχηματίζοντας αύλακες που δίνουν αυτήν την τόση χαρακτηριστική τσαλακωμένη εμφάνιση.
- Ο ανθρώπινος εγκέφαλος ζυγίζει περίπου 1.4-1.5 κιλά και ο όγκος του είναι περίπου 1130 cc στις γυναίκες και 1260 cc στους άνδρες.
- Ο εγκέφαλος (και ο νωτιαίος μυελός) καλύπτονται από μεμβράνες, που ονομάζεται μήνιγγες, οι οποίες το προστατεύουν από χτυπήματα στο κρανίο.
- Για μεγαλύτερη προστασία ο εγκέφαλος «επιπλέει» στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό. [3]

1.4 Λειτουργία του Εγκεφάλου

Ο εγκέφαλος λειτουργεί μέσω της διαβίβασης των πληροφοριών μεταξύ των νευρώνων (ή άλλων κυττάρων-δεκτών ή τελεστών) μέσω ηλεκτροχημικών ερεθισμάτων. Αυτή η μετάδοση πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια των συνάψεων. Κατά τη σύναψη οι νευρώνες και τα κύτταρα έρχονται σε επαφή και μέσω χημικών λήψεων και ηλεκτρικών ωθήσεων ανταλλάσσουν νευροδιαβιβαστές που είναι υπεύθυνοι για τη διέγερση ή την αναστολή της δράσης του άλλου κυττάρου. τα τερματικά πλήκτρα των αξόνων είναι τα στοιχεία της προσυναπτικής νευρωνικής επικοινωνίας, με τα οποία οι νευρώνες επικοινωνούν με τους δενδρίτες, το κυτταρικό σώμα ή ακόμα και έναν άλλο άξονα.

Όλη αυτή η μετάδοση των πληροφοριών μέσω των νευρώνων γίνεται σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Παράλληλα και με τρόπο συντονισμένο συμβαίνουν εκατοντάδες συνδέσεις που μας επιτρέπουν να αντιλαμβανόμαστε, να κατανοούμε και να ανταποκρινόμαστε επαρκώς στον κόσμο. Λαμβάνουμε χιλιάδες εισόδους και δημιουργούμε χιλιάδες εξόδους σε δευτερόλεπτα και όλα λειτουργούν με την ακρίβεια ενός ελβετικού ρολογιού. Μπορούμε να φανταστούμε τον εγκέφαλο ως μία μεγάλη καλωδίωση που συνδέεται με όλο το σώμα και με τον ίδιο τον εγκέφαλο. [4]

1.5 Το Ηλεκτρικό Εγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ)

Το εγκεφαλογράφημα (ηλεκτροεγκεφαλογράφημα ΗΕΓ) είναι μια διαγνωστική εξέταση ανώδυνη και αναίμακτη που καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών του εγκεφάλου. Χρησιμοποιείται για τη διάγνωση παθήσεων των κινητικών νευρώνων και των εγκεφαλικών μυών όπως επίσης διαφόρων βλαβών του εγκεφάλου και επιληψίας. Η εξέταση διαρκεί περίπου μία ώρα. Με τη μέθοδο αυτή, ο Νευρολόγος μπορεί να κάνει τη διάγνωση της επιληψίας και να καθορίσει το είδος των επιληπτικών κρίσεων. Επίσης, χρησιμοποιείται για να μελετήσει τις διαταραχές του ύπνου (πχ. Ναρκοληψία) ή όταν υπάρχουν συμπτώματα όπως απώλεια συνείδησης, σπασμοί, αποπροσανατολισμός, πονοκέφαλοι και διάχυτη έντονη ζάλη. [5]

1.5.1 Τρόποι Καταγραφής του Εγκεφαλογραφήματος

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) είναι η καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου και γίνεται με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται κατά κανόνα στην επιφάνεια του κρανίου και θα πρέπει η επιφάνεια να καθαριστεί καλά με οινόπνευμα για να επιτύχουμε χαμηλή αντίσταση επαφής. Οι ηλεκτρικές ώσεις που συλλαμβάνονται από τα ηλεκτρόδια μεταβιβάζονται, μέσω των συνδέσεων-καλωδιώσεων, στον ηλεκτροεγκεφαλογράφο ο οποίος τις μεγεθύνει κατά ένα εκατομμύριο φορές, τις φιλτράρει, τις επεξεργάζεται πολλαπλώς και τις καταγράφει ψηφιακά σε ηλεκτρονικό αποθηκευτικό μέσο (παλιότερα σε καταγραφικό χαρτί που «έτρεχε» με συγκεκριμένη ταχύτητα κάτω από σταθερές γραφίδες, όπως οι σειсмоγράφοι). Στους σύγχρονους, ψηφιακούς ηλεκτροεγκεφαλογράφους η καταγραφή «τρέχει» πάνω στην οθόνη του υπολογιστή, ενώ η ταυτόχρονη αποθήκευσή της επιτρέπει την εκ των υστέρων αναπαραγωγή και ανάλυση. Η σύγχρονη τεχνολογία έλυσε και το ζήτημα της διάρκειας της καταγραφής, αφού πια είναι εφικτή σε ειδικές περιπτώσεις η μακρά (πολύωρη ως και πολυήμερη) καταγραφή, η συνοδός καταγραφή εικόνας (βίντεο-εγκεφαλογράφημα), καθώς και η καταγραφή με ασύρματες, φορητές συσκευές που επιτρέπουν στον εξεταζόμενο να κινείται στο χώρο του. [6]

1.5.2 Οι ρυθμοί του Εγκεφάλου

Με την τεχνική του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω μετράμε τις ηλεκτρικές διεγέρσεις του εγκεφάλου από την επιφάνεια του κρανίου, οι οποίες κατηγοριοποιούνται στους πέντε βασικούς τύπους εγκεφαλικών κυμάτων της κλασικής νευροφυσιολογίας.

Τα **Gamma(30Hz-70Hz)** για μάθηση και επεξεργασία πληροφοριών, τα **Beta (14Hz-30Hz)** για αυξημένη συγκέντρωση και επαγρύπνηση, τα **Alpha(8Hz-14Hz)** για περισυλλογή και χαλαρή επαγρύπνηση, τα **Theta (4Hz-8Hz)** για βαθιά χαλάρωση και τα **Delta(0.5Hz-4Hz)** για βαθύ ύπνο.

Gamma: Τα κύματα αυτά είναι η κατάσταση στην οποία βρισκόμαστε όταν μαθαίνουμε και επεξεργαζόμαστε πληροφορίες. Διεγείρουν την απελευθέρωση της βήτα-ενδορφίνης η οποία δημιουργεί απανωτά κύματα ευφορίας. Τα κύματα Gamma εμπλέκονται στην ανώτερη πνευματική δραστηριότητα, συμπεριλαμβανομένης της αντίληψης και της συνείδησης. Επίσης τα κύματα αυτά είναι ταχύτερα των εγκεφαλικών κυμάτων με το μικρότερο πλάτος. Οι ίδιοι οι νευροεπιστήμονες πιστεύουν πως όταν λειτουργούμε στα κύματα Gamma ο εγκέφαλος είναι σε θέση να συνδέσει πληροφορίες από όλα τα μέρη του – το κύμα Gamma προέρχεται από το θάλαμο και κινείται από το πίσω μέρος του εγκεφάλου προς τα εμπρός και πάλι πίσω 40-70 φορές ανά δευτερόλεπτο – και όχι μόνο αυτό, αλλά το σύνολο του εγκεφάλου επηρεάζεται από το κύμα γάμμα. Αυτή η ταχεία δράση καθιστά την κατάσταση Gamma στην κορυφή της ψυχικής και σωματικής απόδοσης.

Beta: Πιο αναλυτικά ο πρώτος τύπος εγκεφαλικών κυμάτων συναντάται όταν ο εγκέφαλος συμμετέχει ενεργά στις διανοητικές δραστηριότητες. Τα κύματα αυτά είναι σχετικά χαμηλού εύρους και από τα γρηγορότερα των τεσσάρων εγκεφαλικών κυμάτων. Επίσης στην κατάσταση Beta βρίσκεται συνήθως ένα έντονα δεσμευμένο μυαλό, ένα άτομο ενεργό σε συνομιλία ή ένας δάσκαλος και σε ακραίες περιπτώσεις χαρακτηρίζουν την ανησυχία και τον ξαφνικό φόβο.

Alpha: Ο δεύτερος τύπος εγκεφαλικών κυμάτων είναι αυτός της χαλαρής επαγρύπνησης και περισυλλογής. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αν τα Beta κύματα αντιπροσωπεύουν την διέγερση-εγρήγορηση τα Alpha αντιπροσωπεύουν την χαλάρωση. Ένα άτομο το οποίο έχει ολοκληρώσει μια υποχρέωση του και κάθεται για να χαλαρώσει ή κάνει διάλειμμα από την

εργασία του μπορούμε να πούμε ότι βρίσκεται σε κατάσταση Alpha. Καθώς επίσης και ένα άτομο που κατά το διάλειμμα μίας σύσκεψης περπατά στον κήπο σε χαλαρή κατάσταση.

Theta: Ο τρίτος τύπος εγκεφαλικών κυμάτων είναι αυτός της βαθιάς χαλάρωσης. Συναντάται συνήθως σε άτομα που έχουν φύγει από τον στόχο τους και αρχίζουν την ονειροπόληση, καθώς και στις προσωπικές μας καθημερινές ασχολίες οι οποίες έχουν μία επαναλαμβανόμενη ροή και μας προκαλούν χαλάρωση όπως για παράδειγμα όταν σιδερώνουμε, στεγνώνουμε τα μαλλιά μας, ξυριζόμαστε, βουρτσίζουμε τα δόντια μας και κάνουμε μπάνιο. Επιπλέον είναι η κατάσταση όπου μπορούμε να σκεφτούμε καλές ιδέες, καθώς οι στόχοι μας γίνονται τόσο αυτόματοι ώστε ο εγκέφαλος μας τους αποσυνδέει διανοητικά. Χαρακτηριστικό της είναι η πολύ θετική κατάσταση του εγκεφάλου και η υψηλή δεκτικότητα.

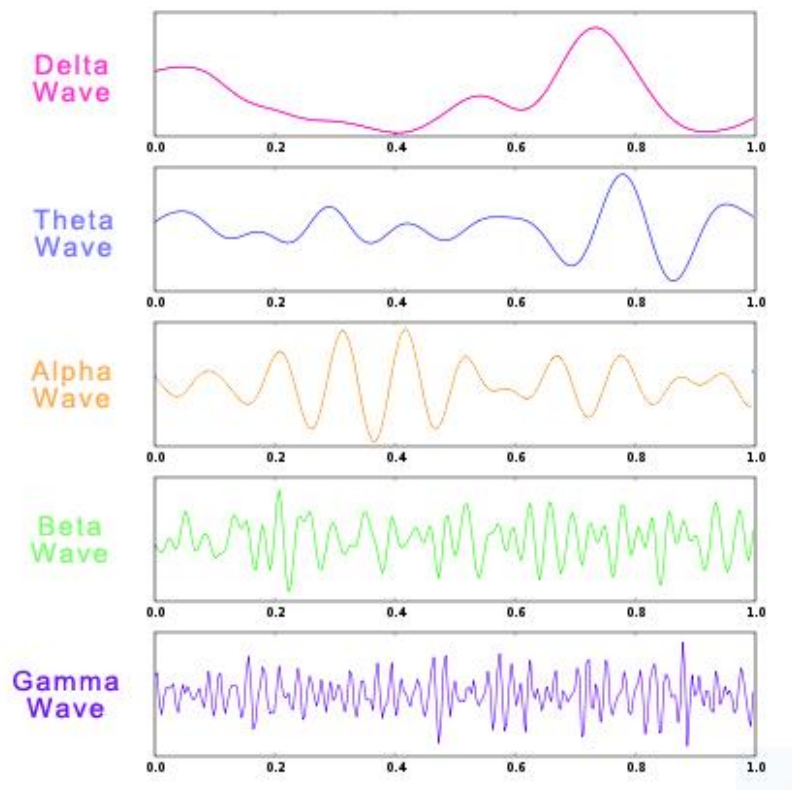
Delta: Ο τέταρτος τύπος εγκεφαλικών κυμάτων είναι αυτός του βαθύ ύπνου. Έχει το κατώτατο όριο συχνοτήτων, καθώς δεν μπορούν να πάρουν μηδενική τιμή διότι τότε ο εγκέφαλος θα ήταν κλινικά νεκρός. Ο βαθύς ύπνος όμως μπορεί να μας φέρει σε αυτά τα χαμηλά επίπεδα των Delta κυμάτων. Όταν διαβάζουμε ξαπλωμένοι στο κρεβάτι λίγο πριν τον ύπνο τότε συνήθως βρισκόμαστε στην κατάσταση Low Beta, η οποία με το κλείσιμο του βιβλίου, του φωτός και των ματιών μας, θα κατέβει στην Alpha κατόπιν στην Theta, για να πέσουμε κοιμισμένοι στην κατάσταση Delta. Φυσικά συμβαίνει και το αντίστροφο όταν αρχίζουμε σιγά-σιγά να ξυπνάμε από τον βαθύ ύπνο, περνώντας διαδοχικά τα αντίστοιχα στάδια του ξυπνήματος.

Ρυθμός	Περιοχή Συχνοτήτων (Hz)	Πλάτος (μV)
Δέλτα	0.5-4	Έως 100
Θήτα	4-8	<30
Άλφα	8-14	30-50
Βήτα	14-30	<20

Πίνακας 1.1: Συχνότητες και Πλάτη βασικών ρυθμών ΗΕΓ

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές των συχνοτήτων ποικίλλουν από άνθρωπο σε άνθρωπο έχοντας σχετικά μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Εάν ο εγκέφαλος μας δεν είναι εξασκημένος στο να συντονίζεται εύκολα με αυτές τις συχνότητες, η μετάβαση μας στις διάφορες

καταστάσεις δεν θα είναι τόσο εύκολη. Οι συχνότητες και τα πλάτη των κυριότερων ρυθμών ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος φαίνονται στον **Πίνακα 1.1**. [7-9]



Εικόνα 1.2: Χαρακτηριστικές κυματομορφές βασικών ρυθμών εγκεφαλογραφήματος

1.5.3 Προκλητά Δυναμικά (Evoked Potentials)

Τα προκλητά Δυναμικά αποτελούν νευροφυσιολογικές εξετάσεις που καταγράφουν την αντίδραση του εγκεφάλου σε εξωτερικά ερεθίσματα, τα πιο συχνά από αυτά είναι τα οπτικά, τα αισθητικά, τα ακουστικά και τα κινητικά.

- **Οπτικά Προκλητά Δυναμικά (VERs-Visual Evoked Responses)**

Τα Οπτικά Δυναμικά προκαλούνται από ερεθίσματα του αμφιβληστροειδούς. Η εξέταση γίνεται σε ένα σχετικά σκοτεινό χώρο συνήθως με ασπρόμαυρα τετραγωνίδια σαν σκακιέρα διαδοχικά εναλλασσόμενα σε οθόνη τηλεόρασης.

Στην συνέχεια το ερέθισμα μεταφέρεται μέσω του οπτικού νεύρου και της υπόλοιπης οπτικής οδού στην θέση του φλοιού του εγκεφάλου όπου πραγματοποιείται η επεξεργασία του ερεθίσματος και δημιουργείται η όραση. Στην επιφάνεια της

κεφαλής του ασθενούς τοποθετούνται ηλεκτρόδια ώστε να καταγραφεί η φλοιική απάντηση. Η εξέταση πραγματοποιείται σε κάθε οφθαλμό ξεχωριστά προκειμένου να εντοπιστεί όσο είναι δυνατό η ακριβής θέση της ενδεχόμενης βλάβης.

- **Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά (SSEPs- Somatosensory Evoked Potentials)**

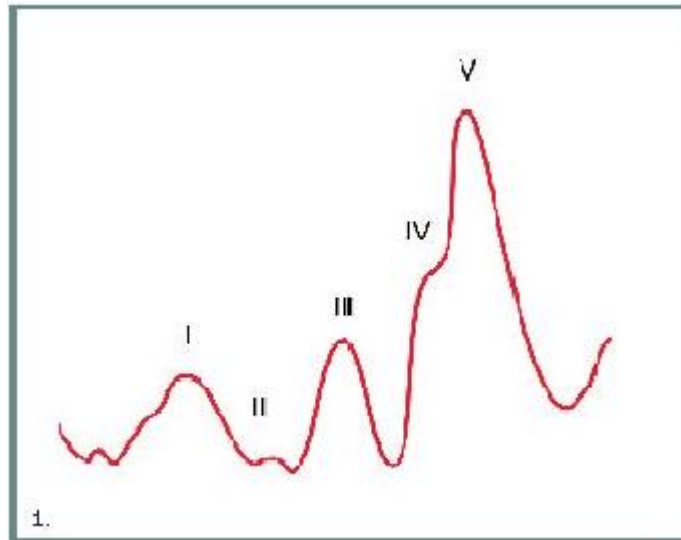
Τα Σωματοαισθητικά είναι δυναμικά τα οποία γεννώνται στον Εγκέφαλο και στον Νωτιαίο Μυελό μετά από ερεθισμό περιφερειακών αισθητικών νεύρων και η καταγραφή αυτών γίνεται με ηλεκτρόδια επιφάνειας από το δέρμα του κρανίου και της σπονδυλικής στήλης. Πιο αναλυτικά ο ερεθισμός της αισθητικής μοίρας του νεύρου έχει ως συνέπεια την μετάδοση του ερεθίσματος μέσω των ριζών και του νωτιαίου μυελού προς τον αισθητικό φλοιό του εγκεφάλου, ώστε να γίνει η καταγραφή στην αντίστοιχη θέση του δέρματος του κρανίου το προκλητό δυναμικό. Συνήθως ο ερεθισμός γίνεται σε νεύρα και των τεσσάρων άκρων του ασθενούς έτσι ώστε ανάλογα με τα αποτελέσματα που λαμβάνονται να εντοπίζεται από τον νευρολόγο εάν υπάρχει κάποια βλάβη στις ρίζες ή στον νωτιαίο μυελό.

- **Στελεχιαία Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά (BSAEPs –Brain Stem Acoustic Evoked Potentials)**

Τα Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά του εγκεφαλικού στελέχους (ABR) ουσιαστικά απεικονίζουν την λειτουργία του ακουστικού νεύρου και του τμήματος της ακουστικής νευρικής οδού που βρίσκεται το εγκεφαλικό στέλεχος. Πιο συγκεκριμένα για την καταγραφή των ABR χρησιμοποιούνται ειδικά ακουστικά μέσω των οποίων χορηγούνται στον εξεταζόμενο επαναλαμβανόμενα ηχητικά ερεθίσματα. Αρχικά η εξέταση ξεκινά με ηχητικά ερεθίσματα υψηλής εντάσεως και σταδιακά μειώνεται μέχρι να μην καταγράφονται πλέον ABR. Τα αποτελέσματα της εξέτασης συνήθως λαμβάνονται με την μορφή κυματομορφής. Μια τυπική κυματομορφή αποτελείται από πέντε βασικά κύματα τα οποία αριθμούνται με λατινικούς χαρακτήρες από το I έως V αντίστοιχα. **(Εικόνα 1.3)**

Τα χαρακτηριστικά τα οποία χρειάζονται για να αξιολογηθεί ορθά μια κυματομορφή είναι πρώτα απ' όλα η ύπαρξη των κυμάτων, ο λανθάνων χρόνος του κάθε κύματος, δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί από την χορήγηση του ήχου μέχρι την εμφάνιση του κύματος. Επιπλέον χρειάζονται και οι διακυματικοί χρόνοι δηλαδή οι χρόνοι που

μεσολαβούν μεταξύ των κυμάτων. Η μέτρηση των χρόνων γίνεται σε κάθε κορυφή του κύματος.



Εικόνα 1.3 Κυματομορφή Ηχητικών Ερεθισμάτων (ABR)

- **Κινητικά Προκλητά Δυναμικά (MEP – Motor Evoked Potentials)**

Τα Κινητικά Δυναμικά ανιχνεύουν την αντίδραση της κινητικής οδού είτε από τους μυς ύστερα από διακρανιακό ερεθισμό του εγκεφάλου με ειδικό μαγνήτη. Χρησιμοποιούνται για ενδοεγχειρητική παρακολούθηση. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις δύο ρυθμίσεις διαφέρουν. Οι αντιδράσεις των μυών επηρεάζονται ιδιαίτερα από αναισθησία και νευρομυϊκό αποκλεισμό και χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές διέγερσης. [10-14]

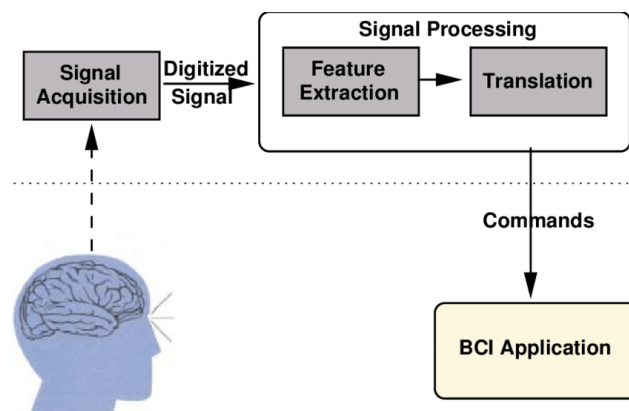
Κεφάλαιο 2

2. Συστήματα Διεπαφής Εγκεφάλου-Υπολογιστή

2.1 Ορισμός-Εφαρμογές

Τα Συστήματα Διεπαφής Εγκεφάλου-Υπολογιστή (Brain-Computer Interfaces Systems) είναι συσκευές οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες να στέλνουν εντολές στους υπολογιστές μόνο μέσω εγκεφαλικών σημάτων. Αυτά τα σήματα γενικά μετριοούνται με την χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων(EEG) όπου έπειτα υποβάλλονται σε επεξεργασία από το Σύστημα Διεπαφής του Υπολογιστή. Για παράδειγμα ένα BCI μπορεί να επιτρέψει σε έναν χρήστη να μετακινήσει έναν δρομέα προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά της οθόνης του υπολογιστή, φαντάζοντας απλά τις κινήσεις προς τα αριστερά και προς τα δεξιά αντίστοιχα.[15]

Δεδομένου ότι έχουν την ικανότητα να καθιστούν δυνατό τον έλεγχο του υπολογιστή χωρίς φυσική δραστηριότητα οι BCI που βασίζονται σε EEG έχουν φέρει την επανάσταση ιδίως για τον έλεγχο βοηθητικών τεχνολογιών όπως για παράδειγμα έλεγχος συστημάτων εισαγωγής κειμένου ή αναπηρικών καρεκλών για χρήστες με κινητικά προβλήματα και συσκευές αποκατάστασης για χρήστες με εγκεφαλικά επεισόδια.



Εικόνα 1.4 Αναπαράσταση Συστήματος BCI

Στα BCI συστήματα η επεξεργασία των σημάτων χωρίζεται συνήθως σε τέσσερα στάδια.

- **Αρχικό Στάδιο Προεπεξεργασίας:** Στο οποίο τα σήματα EEG φιλτράρονται και μερικά από τα πιθανά αντικείμενα που τοποθετούνται στο σήμα ενδιαφέροντος εξαλείφονται.
- **Δεύτερο Στάδιο Επεξεργασίας:** Στο οποίο εξάγονται ορισμένα ειδικά χαρακτηριστικά του σήματος EEG.
- **Τρίτο Στάδιο Επιλογής:** Όπου επιλέγονται τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά, δηλαδή αυτά που κωδικοποιούν την πρόθεση του χρήστη, από το εξαγόμενο σύνολο.
- **Τέταρτο Στάδιο Μετάφρασης:** Στο συγκεκριμένο επίπεδο οι αλγόριθμοι ταξινόμησης μεταφράζουν το επιλεγμένο σύνολο χαρακτηριστικών σε μία συγκεκριμένη εντολή που σχετίζεται με την πρόθεση του χρήστη.

Εφαρμογές Συστημάτων BCI

Τα συστήματα BCI μπορούν να αποδειχθούν πάρα πολύ χρήσιμα σε κοινωνίες ηλικιωμένων καθώς προσφέρουν ένα νέο τρόπο αλληλεπίδρασης με τις διάφορες συσκευές που υπάρχουν στο καθημερινό τους περιβάλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το να επιτρέψει την ικανοποίηση ορισμένων βασικών επικοινωνιών, την άνεση, την αναψυχή και την κινητικότητα. Ουσιαστικά αυτά τα συστήματα θα μπορούσαν επομένως να συμβάλλουν στην βελτίωση της ικανότητας των ατόμων που εξαρτώνται από άλλους για την φροντίδα τους να ζουν πιο αυτόνομα βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής τους και την κοινωνική τους ένταξη. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές στοχεύουν στην ενεργοποίηση της επικοινωνίας στον έλεγχο της αναπηρικής πολυθρόνας ή στον περιβαλλοντικό έλεγχο. [16-18]

2.2 Κατηγορίες BCI

Τα συστήματα BCI μπορούν να ταξινομηθούν σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Κατά την διάρκεια της ανάπτυξης ενός συστήματος BCI με βάση τους στόχους σχεδιασμού των κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες: Ενδογενή και εξωγενή,

εξαρτώμενα και μη εξαρτώμενα, σύγχρονα και ασύγχρονα και τέλος επεμβατικά και μη επεμβατικά συστήματα.

2.2.1 Ενδογενή και Εξωγενή Συστήματα

Τα συστήματα BCI ταξινομούνται ως ενδογενή ή εξωγενή ανάλογα με την φύση του σήματος εισόδου.

Πιο αναλυτικά τα Ενδογενή Συστήματα BCI εξαρτώνται από την ικανότητα του κάθε χρήστη να ελέγχει την ηλεκτροφυσιολογική του δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα το εύρος EEG σε μία συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων και σε συγκεκριμένη περιοχή του εγκεφαλικού φλοιού. Τα Ενδογενή Συστήματα BCI βασίζονται σε κινητικές εικόνες (αισθητήρες κινητικών ρυθμών) ή αργά φλοιώδη δυναμικά(SCPs).

Τα παραπάνω απαιτούν μια περίοδο εντατικής εκπαίδευσης και λειτουργούν ως εξής:

Όταν τα συστήματα BCI βασίζονται σε κινητικές εικόνες ή σε αισθητήρα κινητικών ρυθμών μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο ή περισσότερες κατηγορίες κινητικών εικόνων όπως για παράδειγμα η κίνηση του αριστερού ή του δεξιού χεριού, των ποδιών ή άλλων νοητικών εργασιών λόγω χάρη περιστροφή ενός κύβου ή πραγματοποίηση νοητικής αριθμητικής. Ο τύπος παράγει αλλαγές στο πλάτος των αισθητήρων $\mu(8-12\text{Hz})$ και $\beta(16-24\text{Hz})$ οι οποίοι καταγράφονται στην σωματοαισθητηριακή και κινητική ζώνη του εγκεφαλικού φλοιού. Αυτοί οι ρυθμοί αλλάζουν όταν κάνετε μια πραγματική κίνηση ή φαντάζεστε ή προετοιμάζεστε για μια κίνηση.

Από την άλλη πλευρά τα συστήματα BCI όταν βασίζονται σε αργά φλοιώδη δυναμικά όπου οι SCP είναι αλλαγές αργής τάσης όπου δημιουργούνται στον εγκεφαλικό φλοιό με διάρκεια που κυμαίνεται από 0.5 έως 10 δευτερόλεπτα. Τα αρνητικά SCP σχετίζονται συνήθως με την κίνηση και άλλες λειτουργίες που συνεπάγονται δραστηριότητα φλοιού. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι οι άνθρωποι μπορούν να μάθουν να ελέγχουν αυτές τις δυνατότητες.

Τα Εξωγενή Συστήματα BCI εξαρτώνται από την ηλεκτροφυσική δραστηριότητα που προκαλείται από εξωτερικά ερεθίσματα και δεν είναι αναγκαία η εντατική εκπαίδευση, τέτοιου είδους εγκεφαλικά σήματα προκαλούνται από ακουστικά, οπτικά και σωματοαισθητικά ερεθίσματα. Ένα τέτοιο εξωτερικό ερέθισμα μπορεί να χαρακτηριστεί όταν για παράδειγμα ένας χρήστης παρακολουθεί μια οθόνη με γράμματα. Επίσης αξίζει να

σημειωθεί ότι παρόλο που δεν απαιτείται μεγάλη δεξιότητα από τον χρήστη, είναι υποχρεωμένος να είσαι συνεχώς σε εγρήγορση για διάφορα εξωτερικά ερεθίσματα με αποτέλεσμα να προκαλεί αρκετές φορές μεγάλη κόπωση. Τα κύρια χαρακτηριστικά των εξωγενών συστημάτων βασίζονται σε P300 προκαλούμενα δυναμικά ή σε δυναμικά με σταθερή κατάσταση(SSVEP).

Πιο αναλυτικά το BCI βασισμένο στο P300 δημιούργησε αρκετές δυνατότητες, το παραπάνω δυναμικό ουσιαστικά είναι μία κορυφή πλάτους που εμφανίζεται στο EEG περίπου 300ms μετά από ένα σπάνιο ακουστικό ή οπτικό ερέθισμα. Ο χρήστης συνήθως παρουσιάζει μια σειρά ερεθισμάτων από τα οποία μόνο μερικά σχετίζονται με την πρόθεση του χρήστη, αυτό σημαίνει ότι καθώς τα ερεθίσματα ενδιαφέροντος είναι σπάνια και αναμειγνύονται με άλλα πολύ πιο κοινά ερεθίσματα, προκαλούν ένα P300 δυναμικό να εμφανιστεί στην εγκεφαλική δραστηριότητα του χρήστη. Αυτό το δυναμικό παρατηρείται κυρίως στις κεντρικές και βρεγματικές περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού.

Όταν το σύστημα BCI βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση προκαλούνται οπτικά δυναμικά. Τα οπτικά δυναμικά που προκαλούνται ανιχνεύονται στην εγγραφή EEG στην οπτική περιοχή του εγκεφαλικού φλοιού μετά από την εφαρμογή ενός οπτικού ερεθίσματος στον χρήστη. Τα δυναμικά αυτά σταθεροποιούνται όταν ο ρυθμός με τον οποίο παρουσιάζεται το οπτικό ερέθισμα είναι πάνω από 6Hz. Όταν ο χρήστης γυρίζει το βλέμμα του πάνω σε μία εικόνα η οποία τρεμοπαίζει με συγκεκριμένο ρυθμό είναι δυνατό να ανιχνευθεί αυτή η συχνότητα αναλύοντας το φάσμα του σήματος EEG καθώς και το πλάτος του SSVEP αυξάνεται με την συχνότητα.

2.2.2 Εξαρτώμενα και μη Εξαρτώμενα

Ο διαχωρισμός ανάμεσα σε εξαρτώμενα και μη εξαρτώμενα συστήματα BCI γίνεται ανάλογα με την απαίτηση για έλεγχο περιφερειακών νευρώνων και μυών. Εξαρτώμενα συστήματα ονομάζονται τα συστήματα που «βοηθούν» συμπληρωματικά για την παραγωγή των εγκεφαλικών σημάτων που μεταφέρουν την χρήσιμη πληροφορία. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα εξαρτώμενου συστήματος BCI είναι όταν στον χρήστη παρουσιάζεται μία οθόνη στην οποία εμφανίζεται ένας πίνακας με γράμματα και κάθε στιγμή ένα από αυτά αναβοσβήνει, ο χρήστης με την σειρά του επιλέγει το επιθυμητό γράμμα κοιτώντας το επίμονα όταν αυτό αναβοσβήνει. Έτσι με αυτό τον τρόπο γίνεται η καταγραφή του

δυναμικού στον οπτικό φλοιό του εγκεφάλου όλων των γραμμάτων και συγκρίνοντας τα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα για το πιο γράμμα επέλεξε ο χρήστης. Από την μία μπορεί το δυναμικό που καταγράφεται να αποτελεί ένα εγκεφαλικό σήμα αλλά η γένεση του εξαρτάται περισσότερο από την κατεύθυνση του βλέμματος, από τους εξοφθαλμους μύες και τα κρανιακά νεύρα που τους νευρώνουν.

Αντίθετα στα μη εξαρτώμενα συστήματα BCI δεν εξαρτάται σε καμία περίπτωση με τις φυσιολογικές φυγοκεντρικές οδούς όπως στα εξαρτώμενα, αφού το απαιτούμενο εγκεφαλικό σήμα δεν απαιτεί την συμμετοχή τους για να παραχθεί. Εύλογο παράδειγμα αποτελεί η αναφορά του προηγούμενου παραδείγματος αλλάζοντας όμως το καταγραφόμενο εγκεφαλικό σήμα. Πιο συγκεκριμένα για ένα μη εξαρτώμενο σύστημα BCI θα μπορούσε να καταγραφεί ένα προκλητό δυναμικό όπως το P300. Έτσι αυτή η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα τα εγκεφαλικά σήματα να προέρχονται αποκλειστικά και μόνο από την πρόθεση και την απόφαση του χρήστη και δεν σχετίζονται σε καμία περίπτωση με την όραση του.

Κλείνοντας συγκρίνοντας τα παραπάνω δύο είδη καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των μη εξαρτώμενων συστημάτων BCI είναι η δημιουργία μιας εξ ολοκλήρου νέας οδούς επικοινωνίας για τον εγκέφαλο. Από την άλλη τα εξαρτώμενα συστήματα BCI απαιτούν λιγότερη δεξιότητα και εξοικείωση από τον χρήστη και παρόλο που δεν παρέχουν στην ουσία μια ολοκληρωτικά καινούργια οδό επικοινωνίας μπορούν να φανούν εξίσου χρήσιμα σε διάφορες εφαρμογές. [19-22]

2.2.3 Σύγχρονα και Ασύγχρονα

Ένα σύστημα BCI χαρακτηρίζεται σύγχρονο ή ασύγχρονο ανάλογα τον τρόπο επεξεργασίας των εισόδων. Στα σύγχρονα συστήματα BCI η ανάλυση των εγκεφαλικών σημάτων πραγματοποιείται σε προκαθορισμένες χρονικές περιόδους. Στις εναπομείναντες χρονικές περιόδους ο χρήστης έχει την δυνατότητα να χαλαρώσει και να κινηθεί. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, είναι η σχεδίαση και η αξιολόγηση του σήματος, λόγω της δυνατότητας ελέγχου της καταγραφής του σήματος με αποτέλεσμα να είναι ευκολότερο για τον χρήστη να αποφύγει κάθε είδους παραγωγή εσφαλμένων σημάτων.

Αντίθετα τα ασύγχρονα συστήματα BCI αναλύουν κάθε καταγραφή με στόχο την ύπαρξη ενός πιο φυσικού μοντέλου. Έτσι η έλλειψη προκαθορισμένου χρόνου καταγραφής του

σήματος δίνει στον χρήστη την επιλογή να έχει καλύτερο έλεγχο του σήματος μέσω της σκέψης και των προθέσεων του, αυτό ακριβώς αποτελεί και το μεγάλο πλεονέκτημα των ασύγχρονων συστημάτων το οποίο αξιοποιείται σε πολλές εφαρμογές ελέγχου ρομποτικών αντικειμένων. Όμως το γεγονός ότι το ασύγχρονο σύστημα BCI είναι πιο εύχρηστο ταυτόχρονα είναι και πιο περίπλοκο καθώς θα πρέπει να βρεθεί τρόπος ώστε να γίνει η απόρριψη μη αποδεκτών σημάτων εισόδου. [23]

2.2.4 Επεμβατικά και Μη Επεμβατικά

Τα συστήματα BCI μπορούν να θωρηθούν επεμβατικά και μη επεμβατικά ανάλογα με τον τρόπο που εξάγουν τα σήματα του εγκεφάλου. Στα επεμβατικά συστήματα BCI, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται εσωτερικά του κρανίου με πλήρως επεμβατικές ή ημι-επεμβατικές χειρουργικές μεθόδους. Στην περίπτωση των πλήρως επεμβατικών μεθόδων, τα ηλεκτρόδια εμφυτεύονται ενδοεγκεφαλικά, πάνω στον φλοιό του εγκεφάλου, εκεί όπου βρίσκονται τα σώματα των νευρώνων, με αποτέλεσμα η ποιότητα του εγκεφαλικού σήματος να είναι εξαιρετική. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται με μεγάλη ακρίβεια πάνω σε επιλεγμένους νευρώνες και σε συνδυασμό με την πολύ υψηλή ποιότητα καταγραφής εγκεφαλικών σημάτων, υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων BCI τα οποία βασίζονται στην δραστηριότητα ακόμη και ενός μεμονωμένου νευρώνα. Παρόλα αυτά σε τέτοιου είδους επεμβάσεις υπάρχουν σοβαροί κίνδυνοι επιπλοκών, τόσο κατά την διάρκεια όσο και μετά την επέμβαση. Όμως για να αποφευχθούν μερικά από τα παραπάνω προβλήματα, έχουν αναπτυχθεί ημιεπεμβατικές μέθοδοι, στις οποίες τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται επί της σκληράς μήνιγγας (επισκληριδίως) ή κάτω από αυτήν (υποσκληριδίως). Τα πλεονεκτήματα τέτοιων μεθόδων είναι, όπως αναφέρθηκε, η αποφυγή των επιπλοκών που παρουσιάζει μια πλήρως επεμβατική μέθοδος, αλλά και η ποιότητα των εγκεφαλικών σημάτων, η οποία είναι μεν μειωμένη, αλλά παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Από την άλλη πλευρά οι μη επεμβατικές μέθοδοι είναι όλες αυτές που για να γίνουν δεν απαιτείται κάποιου είδους επέμβαση στον εγκέφαλο ή στο κρανίο του ασθενούς-χρήστη. Τις περισσότερες φορές μάλιστα στις μη επεμβατικές μεθόδους τα εγκεφαλικά σήματα καταγράφονται μέσω εγκεφαλογραφημάτων όπου σε αυτή την περίπτωση τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στην εξωτερική πλευρά του κρανίου. [24]

2.3 Τεστ που χρησιμοποιούνται

2.3.1 Ανοιχτά-Κλειστά Μάτια

Για να χρησιμοποιήσουμε το τεστ ανοικτά και κλειστά ματιά και να ανιχνεύσουμε την δραστηριότητα τους θα χρειαστεί να γίνει ρύθμιση ενός περιβάλλοντος εργασίας το οποίο να εμπεριέχει την συσκευή EEG και υπολογιστές εγκατεστημένους με τα απαιτούμενα λογισμικά. Οι συσκευές EEG τοποθετούνται στους εγκεφάλους των χρηστών. Αυτές οι συσκευές διαθέτουν μεγάλο αριθμό ηλεκτροδίων τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για τις λήψεις όλων των σημάτων από τον εγκέφαλο. Το σύνολο των ηλεκτροδίων έχουν τοποθετηθεί με βάση το σύστημα με διεθνή εφαρμογή από δέκα έως είκοσι εγκεφαλικούς λοβούς. Κάθε λοβός είναι **μετωπικός (F)**, **βρεγματικός (P)**, **κεντρικός (C)**, **ινιακός (O)** και **χρονικός (T)**. Το σύνολο αυτών έχει υποβληθεί σε επισημανση με αρίθμηση από το 1 μέχρι το 8, εντός αριθμητικών ηλεκτροδίων, είναι 2, 4, 6 και 8 που λειτουργούν αντιπροσωπευτικά προς τα ηλεκτρόδια τα οποία έχουν τοποθετηθεί στο δεξί ημισφαίριο, ενώ το σύνολο των περιττών αριθμών από τα ηλεκτρόδια, είναι 1, 3, 5 και 7 αντιπροσωπεύουν το σύνολο των ηλεκτροδίων τα οποία είναι τοποθετημένα εντός του αριστερού ημισφαιρίου στον εγκέφαλο. Έπειτα από τις σωστές τοποθετήσεις των ηλεκτροδίων EEG σε αντιστοιχία με τα συστήματα 10-20, το σύνολο των σημάτων τα οποία δημιουργούνται στον εγκέφαλο υποβάλλονται σε καταγραφή. Οι εγγραφές είναι πιθανό να γίνονται για αποκλειστικά έναν χρήστη ή σε πολλαπλό επίπεδο. Με στόχο την διεξαγωγή δεδομένων που θα διακρίνονται από ακρίβεια, δίνεται η δυνατότητα καταγραφής δεδομένων από πολλούς χρήστες με στόχο την ελαχιστοποίηση του ρυθμού των σφαλμάτων. Το σύνολο των σημάτων τα οποία υποβάλλονται σε καταγραφή από τις εγκεφαλικές δομές μοιάζουν με μορφές κυμάτων άλφα (8-13 Hz), με κύματα βήτα (>13 Hz) και κύματα δέλτα (<3,5 Hz). Ανάλογα με την μορφή του κύματος μπορούμε να καταλάβουμε αν ένα κύμα είναι άλφα το οποίο μας δείχνει ότι ο χρήστης σκεφτείτε κανονικά, βήτα ότι ο χρήστης είναι σε καταστάσεις χαρμονής και δέλτα ότι ο χρήστης βρίσκεται σε βάθη ύπνο. [25-26]

2.3.2 Δυναμικό P300

Ένα κεντρικό θέμα στην έρευνα P300 είναι η ακριβής φύση των εμπλεκόμενων γνωστικών διαδικασιών στις οποίες βασίζεται το P300, και αρκετές θεωρίες έχουν διατυπωθεί ως προς αυτό. Κατ' αρχάς, η υπόθεση ερέθισμα-αξιολόγησης αναφέρει ότι η καθυστέρηση του στοιχείου P300 αντανακλά το χρόνο που απαιτείται για τις διαδικασίες αξιολόγησης

ερεθίσμα και είναι ανεξάρτητη από το χρόνο που απαιτείται για τις διαδικασίες ανταπόκρισης. Παρόλα αυτά αυτή η θεωρία διαψεύστηκε μετά από κάποιο διάστημα. Τα σήματα των κυμάτων P300 αποτελούν δυνητικά στοιχεία τα οποία σχετίζονται με σύνολο συμβάντων και προκαλούνται στις διαδικασίες για τις λήψεις αποφάσεων. Ειδικότερα, τα P300 κύματα, θεωρούνται ως αντικατοπτρισμός των διαδικασιών οι οποίες διενεργούνται στις αξιολογήσεις ή ταξινομήσεις για τα ερεθίσματα. [27]

2.3.3 Αγαπημένο Τραγούδι

Σύμφωνα με μελέτες η χρήση μουσικών ενδείξεων για την εκμάθηση φυσικών εργασιών αναπτύσσει σημαντικά ένα σημαντικό μέρος του ανθρώπινου εγκεφάλου. Επίσης οι άνθρωποι οι οποίοι ασκούσαν ένα κύριο κινητικό μοτίβο καθιερώνοντας σε συνάρτηση με την μουσική έδειξαν ότι αυξάνονται οι δομικές συνδέσεις ανάμεσα στις περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες είναι αρμόδιες για την επεξεργασία της κίνησης του ήχου και τις διαδικασίες ελέγχου. Το γενικό σύνολο της έρευνας επικεντρώνεται κυρίως στο μονοπάτι της λευκής ουσίας και στις καλωδιώσεις οι οποίες επιτρέπουν σε κάθε κύτταρο του εγκεφάλου να επικοινωνεί με άλλα κύτταρα.

Η συγκεκριμένη έρευνα, σε μελλοντικές έρευνες θα ήταν ικανή να επιφέρει ένα σύνολο θετικών επιπτώσεων για τις διαδικασίες αποκατάστασης που αφορούν ασθενείς οι οποίοι έχουν χάσει σε κάποιο βαθμό τον έλεγχο των κινητικών τους πράξεων. Στην προκειμένη έρευνα ένα σύνολο τριάντα δεξιόχειρων εθελοντών έχουν χωριστεί σε δύο ομάδες και έχουν κατηγορηθεί ότι έχουν μάθει μια νέα εργασία η οποία εμπεριείχε σύνολο ακολουθιών από κινήσεις στα δάχτυλα. Το ένα σύνολο προχώρησε σε εκμάθηση του έργου με μουσική υπόκρουση ενώ το άλλο σύνολο ατόμων υποβλήθηκε σε εκμάθηση με απουσία μουσικής. Έπειτα από ένα μήνα εξάσκησης, και τα δύο σύνολα ατόμων-εθελοντών προχώρησαν σε απόδοση εξίσου καλής εκμάθησης των ακολουθιών. Έγινε χρήση μαγνητικών τομογραφιών, όπου διαπιστώθηκε ότι οι εθελοντές που είχαν μουσική υπόκρουση κατά την εξάσκηση αύξησαν τις συνδέσεις στις οδούς λευκών ουσιών οι οποίες συνδέουν το σύνολο των ακουστικών και κινητικών περιοχών στις δεξιές πλευρές των εγκεφάλων.

Οι εθελοντές που δεν είχαν μουσική υπόκρουση δεν φαίνεται να έχουν υποστεί κάποια διαφοροποίηση. Οι πλειοψηφία των ερευνητών ευελπιστούν στο ότι οι μελλοντικές μελέτες με μεγαλύτερο ποσοστό εθελοντών θα προχωρήσουν στην εξέταση της πιθανότητας εάν οι

μουσικές υποκρούσεις μπορούν να βοηθήσουν μέσω ειδικών ειδών προγραμμάτων για την αποκατάσταση κινητικών πράξεων, για παράδειγμα έπειτα από εγκεφαλικά επεισόδια.

Τα διεπιστημονικά προγράμματα συγκεντρώνουν σύνολο ερευνητών μέσω του Ινστιτούτου Μουσικής Ανθρώπινης και Κοινωνικής Ανάπτυξης από το Πανεπιστήμιο στο Εδιμβούργο, το Κλινικό Ερευνητικό Κέντρο Απεικόνισης και το Κέντρο Κλινικών Εγκεφαλικών Επιστημών και από την Κλινική Νευροψυχολογία του Πανεπιστημίου του Λέιντεν στην Ολλανδία. Ο Katie Overy, ήταν ο επικεφαλής για την ερευνητική ομάδα και ανέφερε ότι η έρευνα αποτυπώνει ότι η ύπαρξη μουσικής δημιουργεί διαφοροποιήσεις, και οι μουσικές υποκρούσεις ενθαρρύνουν το σύνολο των ανθρώπων να εκτελέσουν κινήσεις και να δημιουργήσουν αλλαγές σε δομές των λευκών υλών εντός του εγκεφάλου.

Μία ακόμα έρευνα που έχει γίνει στο Πανεπιστήμιο του Heriot-Watt σε συνάρτηση πάλι με την μουσική και συγκεκριμένα για τους τρόπους με τους οποίους τα διάφορα είδη μουσικής επηρεάζουν τον εγκέφαλο και συνδέονται με διαφορετικές προσωπικότητες:

- Οι φαν της blues έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση και είναι δημιουργικοί, εξωστρεφείς, ευγενικοί και άνετοι.
- Οι φαν της Jazz έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση και είναι δημιουργικοί, είναι εξωστρεφείς και άνετοι.
- Οι φαν της Κλασικής μουσικής έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση, είναι δημιουργικοί, εσωστρεφείς και άνετοι.
- Οι φαν της Ραπ μουσικής έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση και είναι εξωστρεφείς.
- Οι φαν της Όπερας έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση, είναι δημιουργικοί και ευγενικοί.
- Οι φαν της Country είναι εργατικοί και εξωστρεφείς.
- Οι φαν της Reggae έχουν υψηλή αυτοεκτίμηση, είναι δημιουργικοί, δεν είναι εργατικοί, εξωστρεφείς, ευγενικοί και άνετοι.
- Οι φαν της χορευτικής μουσικής είναι δημιουργικοί και εξωστρεφείς αλλά όχι ευγενικοί.
- Οι φαν της Indie έχουν χαμηλή αυτοεκτίμηση, είναι δημιουργικοί, δεν είναι εργατικοί και δεν είναι ευγενικοί.
- Οι φαν της Rock/Metal μουσικής έχουν χαμηλή αυτοπεποίθηση, είναι δημιουργικοί, δεν είναι εργατικοί και δεν είναι ευγενικοί.
- Οι φαν της Pop μουσικής έχουν υψηλή αυτοπεποίθηση, είναι εργατικοί, εξωστρεφείς και ευγενικοί, αλλά δεν είναι δημιουργικοί και δεν είναι άνετοι.

- Οι φαν της Soul έχουν υψηλή αυτοπεποίθηση, είναι δημιουργικοί, εξωστρεφείς ευγενικοί και άνετοι.

Μία ακόμα μελέτη που έχει γίνει και συγκεκριμένα στους έφηβους και στους νεαρούς ενήλικες επικεντρώθηκε στο πως η οδήγηση τους επηρεάζεται από την μουσική. Οι οδηγοί εξετάστηκαν ακούγοντας μουσική της δικής τους επιλογής σε απόλυτη σιωπή ή με «ασφαλείς» μουσικές επιλογές που παρέχονταν από τους ερευνητές. Αυτό που αποδείχθηκε ήταν ότι η μουσική επιλογή των ίδιων των οδηγών αποσπούσε περισσότερο την προσοχή τους καθώς οι οδηγοί έκαναν τα περισσότερα λάθη και οδηγούσαν πιο επιθετικά όταν άκουγαν την δική τους μουσική επιλογή. Αντίθετα η μουσική επιλογή των ερευνητών αποδείχθηκε πιο ευεργετική ακόμα και από την απόλυτη σιωπή. [28-30]

2.4 Εγκεφαλογράφημα και Σκάκι

Αρχικά προτού γίνει αναφορά σε διάφορες μελέτες που έχουν γίνει σχετικά με εγκεφαλογραφήματα κατά την διάρκεια διεξαγωγής μία παρτίδας σκακιού θα ήθελα να αναφέρω δέκα παραδείγματα που ωφελούν τον εγκέφαλο μας παίζοντας σκάκι.

Αύξηση της Νοημοσύνης: Δυστυχώς το σκάκι πάντα είχε μία λανθασμένη εικόνα προς τα έξω, θεωρούνταν ως ένα παιχνίδι για έξυπνους και για αυτούς που έχουν υψηλό δείκτη νοημοσύνης. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε ένα ερώτημα που μας απασχολεί ακόμα στις μέρες μας και αυτό είναι το αν οι έξυπνοι άνθρωποι στρέφονται προς το σκάκι ή μήπως το σκάκι έκανε τους σκακιστές να έχουν υψηλό δείκτη νοημοσύνης ; Έρευνες έχουν δείξει ότι παίζοντας σκάκι και μετακινώντας τα πιόνια τους πύργους και γενικά όλα τα στρατεύματα εδώ και εκεί αυξάνεται ο δείκτης νοημοσύνης. Μία μελέτη το 2000 σε 4.000 μαθητές της Βενεζουέλας έδειξε σημαντική αύξηση του IQ και στα αγόρια και στα κορίτσια μετά από τέσσερις μήνες ενασχόλησης με το σκάκι.

Πρόληψη κατά του Αλτσχάιμερ: Επειδή ο εγκέφαλος λειτουργεί όπως ένας μυς, χρειάζεται εξάσκηση, όπως πχ οι δικέφαλοι για να αναπτυχθούν και να μεγαλώσουν. Μια πρόσφατη μελέτη που δημοσιεύτηκε στο ιατρικό περιοδικό «The New England Journal of Medicine» βρήκε ότι τα άτομα που ασχολούνται με επιτραπέζια παιχνίδια και ιδιαίτερα με το σκάκι,

έχουν αρκετά μειωμένες πιθανότητες για να αναπτύξουν Αλτσχάιμερ μετά τα 75 έτη. Ο Δρ. Robert Freidland ισχυρίζεται ότι το σκάκι εξασκεί ιδιαίτερα την φαιά ουσία του εγκεφάλου, που συνήθως παραμένει σχετικά αδρανής. Και ότι η μη εξάσκηση της φαιάς ουσίας του εγκεφάλου αποτελεί μεγάλο πλήγμα για τον εγκέφαλο καθώς ελαττώνεται η ισχύς του.

Εξασκεί και τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου: Σε μια μελέτη από την Γερμανία, ερευνητές έδειξαν σε ορισμένους καλούς και αρχάριους σκακιστές μια σειρά από απλά γεωμετρικά σχήματα καθώς και διάφορες θέσεις σκακιού όπου ακολουθούσε μια ερώτηση περί του γεωμετρικού σχήματος και της θέσης του σκακιού και μέτρησαν τις αντιδράσεις των υποκειμένων καθώς ο εγκέφαλος τους επεξεργάζονταν την ερώτηση. Ανέμεναν ότι το αριστερό ημισφαίριο, αυτό που επεξεργάζεται τις σκακιστικές θέσεις, θα είναι πιο δραστήριο από το δεξί στους έμπειρους σκακιστές. Αλλά, αυτό που είδαν είναι ότι και το δεξί ημισφαίριο αυτών των σκακιστών ήταν σχεδόν το ίδιο δραστήριο. Οι καλοί σκακιστές χρησιμοποιούσαν ταυτόχρονα και το δεξί και το αριστερό ημισφαίριο. Από την άλλη, στην αναγνώριση και την οπτική επεξεργασία των απλών γεωμετρικών σχημάτων και των καλών και των αρχάριων σκακιστών, ο εγκέφαλος έδειξε παρόμοια συμπεριφορά. Όσο πιο πολύ δηλαδή παίζει κανείς σκάκι και γίνεται καλύτερος, τόσο το δεξί του ημισφαίριο μαζί με το αριστερό θα λειτουργούν περισσότερο.

Αυξάνει την Δημιουργικότητα: Μιας και το δεξί ημισφαίριο του εγκεφάλου είναι υπεύθυνο για την δημιουργικότητα, δεν είναι έκπληξη ότι παίζοντας σκάκι, αυξάνεται και η δημιουργικότητα. Ειδικότερα το σκάκι αυξάνει σημαντικά την πρωτότυπη και εφευρετική σκέψη. Μια μελέτη χώρισε μαθητές 4 ετών σε διάφορα γκρουπ. Σε γκρουπ που τους διδάσκονταν και έπαιζαν σκάκι, σε γκρουπ που χρησιμοποιούσαν υπολογιστές, σε γκρουπ που δεν έκαναν τίποτα από ότι έκαναν τα άλλα γκρουπ, καθώς και γκρουπ με άλλες δραστηριότητες. Η όλη ενασχόληση του κάθε γκρουπ διήρκεσε 32 εβδομάδες. Έπειτα μετρήθηκαν οι επιδόσεις δημιουργικότητας, εφευρετικότητας και κρίσιμων αποφάσεων για κάθε γκρουπ. Τα παιδιά του γκρουπ σκακιού βρέθηκαν ανώτερα στα τεστ των κρίσιμων αποφάσεων και σε αυτά της δημιουργικότητας, αλλά εκεί που ήταν τελείως ανώτερα ήταν τα τεστ εφευρετικότητας. Το σκάκι τους εκτόξευσε την εφευρετικότητα στα ύψη.

Βελτιώνει την Μνήμη: Οι παίκτες σκακιού ξέρουν ότι παίζοντας σκάκι βελτιώνει την μνήμη τους. Αλλά υπάρχουν και μελέτες που το επιβεβαιώνουν. Σε μια μελέτη 2 ετών του 1985, νεαροί μαθητές άρχισαν να παίζουν σκάκι σε τακτά χρονικά διαστήματα και διαπιστώθηκε ότι η μνήμη τους βελτιώθηκε αισθητά.

Βελτιώνει την ικανότητα επίλυσης διαφόρων προβλημάτων: Ένα ματς σκακιού είναι σαν ένα μεγάλο πάζλ που προσπαθεί σαν το λύσεις πιο γρήγορα από τον αντίπαλο σου, που όμως έχει το στοιχείο του αβέβαιου καθώς ο αντίπαλος κάθε λεπτό αλλάζει τις παραμέτρους του προβλήματος. Σε μια μελέτη του 1992, 450 μαθητές χωρίστηκαν σε 3 γκρουπ. Το 1ο γκρουπ ήταν το κοντρόλ γκρουπ και είχε την κανονική του εκπαίδευση. Το 2ο γκρουπ μαζί με την κανονική εκπαίδευση, λάμβανε και μαθήματα σκακιού για λίγα χρόνια μετά την πρώτη τάξη. Ενώ στο 3ο γκρουπ γίνονταν ότι και στο 2ο γκρουπ, αλλά άρχιζαν να μαθαίνουν σκάκι από την πρώτη τάξη. Στατιστικώς βρέθηκε ότι οι βαθμοί των μαθητών του τρίτου γκρουπ ανέβηκαν από 62% στο 81.2%, ενώ ήταν καλύτεροι κατά 21.46% από το 1ο γκρουπ.

Βελτιώνει την Ικανότητα Μελέτης: Σε μια έρευνα του 1991, ο Δρ Stuart Margulies παρακολούθησε την ικανότητα μελέτης σε 53 μαθητές που συμμετείχαν σε ένα σκακιστικό πρόγραμμα και σύγκρινε τις επιδόσεις τους με μη-σκακιστές μαθητές. Τα αποτελέσματα ήταν κατηγορηματικά θετικά στο γεγονός, ότι παίζοντας σκάκι αυξάνονται οι επιδόσεις στην μελέτη.

Βελτιώνει την Συγκέντρωση: Πολυάριθμες μελέτες σε Ρωσία, Κίνα, Η.Π.Α. και αλλού έχουν σχεδόν αποδείξει ότι η ικανότητα κάποιου να συγκεντρώνεται σε κάτι, ενισχύεται σημαντικά εάν παίζει σκάκι τακτικά.

Αναπτύσσει Δενδρίτες στους Νευρώνες του Εγκεφάλου: Οι δενδρίτες είναι μικρές διακλαδιζόμενες προεξοχές που βρίσκονται στην άκρη των νευρώνων του εγκεφάλου. Ο κάθε νευρώνας έχει πολλούς δενδρίτες με πολλές διακλαδώσεις στην άκρη του εγκεφάλου. Οι δενδρίτες είναι εξαιρετικά σημαντικοί καθώς αποτελούν το μέσο με το οποίο ο νευρώνας προσλαμβάνει σήματα. Είναι με λίγα λόγια το μέσο με το οποίο σκεφτόμαστε και όσο περισσότεροι υπάρχουν τόσο καλύτερα/γρηγορότερα γίνεται η διαδικασία μεταβίβασης των μηνυμάτων μέσα στον εγκέφαλο. Και το να παίζει κάποιος σκάκι τακτικά, κάνει τους δενδρίτες να πληθαίνουν και να αναπτύσσονται.

Αναπτύσσει την Ικανότητα Στρατηγικού Σχεδιασμού και Πρόβλεψης: Το σκάκι βοηθά φοβερά στην ανάπτυξη του τμήματος του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνο για τον στρατηγικό σχεδιασμό και την πρόβλεψη. Το τμήμα αυτό είναι ο προμετωπιαίος φλοιός και είναι ακόμα υπεύθυνο για τον αυτοέλεγχο και την κριτική ικανότητα. Δεν είναι καθόλου περίεργο λοιπόν που οι έφηβοι πχ έχουν ελάχιστο αυτοέλεγχο, η κριτική τους ικανότητα είναι συνήθως κακή με λήψη ανώριμων αποφάσεων και δεν μπορούν να προγραμματίσουν τόσο καλά όσο οι ενήλικες. Όλα αυτά επειδή ο προμετωπιαίος φλοιός είναι από τα τελευταία τμήματα του

εγκεφάλου που αναπτύσσεται πλήρως, πράγμα που γίνεται στα τελευταία στάδια της εφηβείας ή αρκετά αργότερα. Παίζοντας σκάκι όμως, βοηθά στην πρόωρη ανάπτυξη του προμετωπιαίου φλοιού και δείχνει στο άτομο όλα τα προαναφερθέντα, όπως καλύτερο αυτοέλεγχο, καλύτερες αποφάσεις, καλύτερη κριτική σκέψη και ικανότητα πρόβλεψης, αποτρέποντας έτσι από πιθανά λάθη και λανθασμένες επιλογές.

Μία ακόμα μελέτη που έγινε έδειξε ότι το σκάκι προσφέρει ένα κατάλληλο περιβάλλον για την μελέτη βασικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων όπου εμπλέκονται διαφορετικοί τύποι αναμνήσεων. Ο στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να περιγράψει και να συγκρίνει το μοτίβο της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου των σκακιστών σε δύο διαφορετικές καταστάσεις, η πρώτη σε κατάσταση πίεσης χρόνου με συνολικό χρόνο δεκαπέντε λεπτών και προσαύξηση δέκα δευτερολέπτων σε κάθε κίνηση (Rapid Chess) και η δεύτερη σε κατάσταση πίεσης χρόνου ενός λεπτού το λεγόμενο (Bullet Chess). Με αυτό τον τρόπο το Bullet Chess προσφέρει το πιο κατάλληλο περιβάλλον για την απομόνωση κομματιών μνήμης και το Rapid Chess θα μας προσφέρει την προοπτική μίας λειτουργικής εργασίας μνήμης. Από την έρευνα ελήφθησαν δεκατέσσερις ηχογραφήσεις εγκεφαλογραφήματος σε άντρες παίκτες μέσου όρου ηλικίας 35 ετών και βαθμολογία δυναμικότητας μέσου όρου 1920 (+- 170) οι οποίοι έπαιζαν και τις δύο κατηγορίες παιχνιδιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βρέθηκαν διαφορετικά μοτίβα δραστηριότητας μεταξύ των δύο κατηγοριών. Επίσης το δεξί ημισφαίριο του εγκεφάλου ενεργοποιείται περισσότερο στα παιχνίδια σκακιού που πιθανότατα οφείλεται στην οπτικοχωρική αντίληψη του παίκτη. [31-34]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Υποδομή που χρησιμοποιήθηκε

3.1 Φορητές Συσκευές

Παρακάτω περιγράφονται οι συσκευές με τις οποίες πειραματισθήκαμε κατά την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας.

3.1.1 Η Φορητή Συσκευή Εγκεφαλογραφήματος (Emotiv Eroc+)

Το Emotiv Eroc+ είναι ένα φορητό σύστημα υψηλής ανάλυσης 14^{ων} καναλιών έχει σχεδιαστεί για να είναι γρήγορο και εύκολο ώστε να ταιριάζει και να λαμβάνει μετρήσεις σε πρακτικές ερευνητικές εφαρμογές και σε προηγμένες εφαρμογές BCI. Επίσης το EMOTIV περιλαμβάνει τρία διαφορετικά είδη αλγορίθμων ανίχνευσης, τα οποία βασίζονται σε εκτεταμένες επιστημονικές μελέτες για την ανάπτυξη ακριβών αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ταξινόμηση και βαθμολόγηση της έντασης διαφορετικών συνθηκών και είναι συμβατό με όλα τα προϊόντα λογισμικού Emotiv. Επίσης περιλαμβάνει 9 αισθητήρες κίνησης, η μπαταρία του μπορεί να αντέξει πάνω από 12 ώρες και μπορεί να συνδεθεί με Bluetooth σε υπολογιστές και κινητές συσκευές. [35-37]



Εικόνα 3.1: Emotiv Eroc+

Στον παρακάτω Πίνακα θα παρουσιαστούν όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής **Emotiv Eroc+**:

EEG Sensors	• 14 channels: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4 • 2 references: CMS/DRL references at P3/P4; left/right mastoid process alternative
EEG Signals	• Μέθοδος δειγματοληψίας: Διαδοχική δειγματοληψία, μονή ADC • Ποσοστό δειγματοληψίας: 2048 εσωτερική υποδειγματοληψία σε 128 SPS ή 256 SPS (διαμορφωμένη από το χρήστη) • Ανάλυση: 14 bits με 1 LSB = 0.51μV ή 16 bits • Εύρος ζώνης: 0,2 - 45 Hz, ψηφιακά φίλτρα κατά 50 Hz και 60 Hz • Φιλτράρισμα: Ενσωματωμένο ψηφιακό φίλτρο 5ης τάξης sinc • Δυναμικό εύρος: 8400 μV
Connectivity	• Wireless: Bluetooth Low Energy • Proprietary USB receiver: 2.4GHz band • USB: For change Headset Settings
Αισθητήρες Κίνησης	• Τμήμα IMU: ICM-20948 • Τετραμερή: κανονικοποιημένα, 4D • Επιταχυνσιόμετρο: 3-άξονα +/- 4g • Μαγνητόμετρο: 3-άξονα +/- 4900u • Ποσοστό δειγματοληψίας: 0/32/64 Hz (διαμορφωμένος από τον χρήστη) • Ανάλυση: 16 bit
Υποστηριζόμενο Λογισμικό	• Windows: 7,8,10; 8GB RAM; 500MB διαθέσιμος χώρος στο δίσκο • MAC: OS X; 8GB RAM; 500MB διαθέσιμος χώρος στο δίσκο • Android: 4.43+
Ενέργεια	• Μπαταρία: Μπαταρία πολυμερούς λιθίου 680mAh • Διάρκεια ζωής μπαταρίας: έως 12 ώρες με χρήση δέκτη USB, έως και 6 ώρες με χαμηλή ενέργεια Bluetooth

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά Emotiv Eroc+

3.2 Η Φορητή Συσκευή Emotiv (Eroc Flex)

Το **EPOC Flex** είναι ένα ευέλικτο σύστημα EEG 32 καναλιών. Χτίστηκε στη βραβευμένη τεχνολογία EPOC + και έχει σχεδιαστεί για ερευνητές που θα ήθελαν να έχουν μια πιο ευέλικτη τοποθέτηση αισθητήρων ή / και μεγαλύτερη πυκνότητα αισθητήρων. Οι αισθητήρες αναφοράς μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε θέση στο καπάκι και στα αυτιά με συμπεριλαμβανόμενα ακουστικά.[38-39] Παρακάτω θα παρουσιαστούν συνολικά όλα τα χαρακτηριστικά του **EPOC Flex**:

Number of Channels	• 32 (plus CMS/DRL references) • Configurable on standard 72 channel international 10-20 locations
EEG Signals	• Μέθοδος δειγματοληψίας: Διαδοχική δειγματοληψία, μονή ADC • Ποσοστό δειγματοληψίας: 1024 εσωτερική δειγματοληψία σε 128SPS • Ανάλυση: 14 bits με 1 LSB = 0.51μV ή 16 bits • Εύρος ζώνης: 0,2 - 45 Hz, ψηφιακά φίλτρα κατά 50 Hz και 60 Hz • Φιλτράρισμα: Ενσωματωμένο ψηφιακό φίλτρο 5ης τάξης sinc • Δυναμικό εύρος: +/-4.12mV
Connectivity	• Proprietary 2.4GHz wireless, BLE(coming soon)
Αισθητήρες Κίνησης	• Τμήμα IMU: ICM-20948 • Axis: 3-axis Accelerometer, 3-axis Gyroscope, 3-axis Magnetometer. Data Output 10 channels Quaternions, (Q0, Q1, Q2,Q3),) • Ποσοστό δειγματοληψίας: 16 Hz • Ανάλυση: 8 bit

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά Emotiv Flex



Εικόνα 3.2: Emotiv Flex

3.1.2 Η Φορητή Συσκευή Emotiv (Epos X)

Το EPOC X είναι η 10η επέτειος του βραβευμένου ακουστικού EPOC. Αυτή η συσκευή Brainwear® σχεδιάστηκε για επεκτάσιμη και σχετική έρευνα στον ανθρώπινο εγκέφαλο παρέχοντας πρόσβαση σε επαγγελματικά δεδομένα εγκεφάλου με βελτιωμένο και εύκολο στη χρήση σχεδιασμό. Τα χαρακτηριστικά EPOC X περιλαμβάνουν:

- EEG 14 καναλιών - για ανίχνευση ολόκληρου του εγκεφάλου
- Περιστρεφόμενο στήριγμα κεφαλής - για μεγιστοποίηση της φθοράς
- Ηλεκτρόδια με αλατόνερο - με ένα νέο και εύκολο στην ενυδάτωση σχεδιασμό
- Επανασχεδιασμένα ηλεκτρόδια ηλεκτροδίων - για τη μείωση της οξείδωσης και των ρωγμών του αισθητήρα
- Βελτιωμένη απόδοση και συνδεσιμότητα - με την ενημερωμένη κεραία και το ραδιόφωνο μας
- Βελτιωμένη ποιότητα σήματος - με προσαρμοσμένους και μετατοπισμένους ενισχυτές [40]



Εικόνα 3.3: Emotiv EPOC+

3.2 Το πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα OpenVibe

Το OpenViBE είναι μια ελεύθερη και ανοιχτή πλατφόρμα λογισμικού για το σχεδιασμό, τη δοκιμή και τη χρήση διεπαφών υπολογιστή εγκεφάλου. Η πλατφόρμα αποτελείται από ένα σύνολο ενοτήτων λογισμικού που μπορούν εύκολα και αποτελεσματικά να ενσωματωθούν για την ανάπτυξη πλήρως λειτουργικών BCI τόσο για εφαρμογές πραγματικής όσο και για εικονική πραγματικότητα. Το OpenViBE αναπτύχθηκε στο Γαλλικό Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας Πληροφορικής και Ελέγχου (INRIA), έχει άδεια χρήσης κάτω από τη Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης του GNU.

Το OpenViBE διαθέτει ένα εργαλείο σχεδίασης για τη δημιουργία και την εκτέλεση προσαρμοσμένων εφαρμογών και πολλών αντικείμενων τα οποία είναι έτοιμα για χρήση. Επιπλέον το OpenVibe, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση, το φιλτράρισμα, την επεξεργασία, την ταξινόμηση και την οπτικοποίηση των σημάτων του εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο. Στο σενάριο που θα δημιουργηθεί στο πρόγραμμα εμπεριέχονται ένα σύνολο από κουτιά που θα συνδεθούν μεταξύ τους. Τα κουτιά, αποτελούν το κυριότερο στοιχείο του προγράμματος και αυτό γιατί το κάθε κουτί χρησιμεύει για μια συγκεκριμένη εργασία, όπως για το φιλτράρισμα των σημάτων. Για να υλοποιηθεί μια ακολουθία από διαδικασίες θα πρέπει να υπάρξει και η κατάλληλη σύνδεση των διάφορων κουτιών μεταξύ τους. Επίσης οι ενότητες χρησιμεύουν για το διαχωρισμό του ρόλου του κάθε κουτιού.

Επιπλέον για να λάβουμε τα δεδομένα μας τα εισάγουμε μέσω ενός αρχείου ή από συσκευές ΗΕΓ.

3.2.1 Βασικά χαρακτηριστικά του OpenViBE

- **Modularity και Επαναχρησιμοποίηση:** Η πλατφόρμα είναι ένα σύνολο ενοτήτων λογισμικού αφιερωμένο στις κύριες πτυχές της επεξεργασίας σημάτων σε εφαρμογές BCI. Αυτά περιλαμβάνουν: *την απόκτηση, την προεπεξεργασία, την επεξεργασία και την απεικόνιση των εγκεφαλικών δεδομένων*, καθώς και *την ενεργοποίηση της αλληλεπίδρασης με τις οθόνες VR*. Χάρη στην ιδέα του κουτιού, οι χρήστες μπορούν εύκολα να προσθέσουν νέες λειτουργικές μονάδες λογισμικού για να καλύψουν τις ανάγκες τους.
- **Διαφορετικοί τύποι χρηστών:** Τα εργαλεία σχεδιάστηκαν για διαφορετικούς τύπους χρηστών. Οι υπεύθυνοι ανάπτυξης VR, οι κλινικοί, οι ερευνητές του BCI, οι νευρολόγοι κ.λπ. μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα, ανάλογα με τις δεξιότητες προγραμματισμού και τις γνώσεις τους στις διαδικασίες του εγκεφάλου.
- **Φορητότητα:** Το OpenViBE λειτουργεί ανεξάρτητα από τους στόχους λογισμικού και τις συσκευές υλικού. Ένα αφηρημένο επίπεδο αντιπροσώπευσης του επιτρέπει να τρέχει με υλικό απόκτησης όπως το EEG.
- **Σύνδεση με Εικονική Πραγματικότητα:** Το λογισμικό μπορεί να ενσωματωθεί με εφαρμογές VR υψηλού επιπέδου μέσω του διακομιστή VRPN (Virtual Reality Peripheral Network). Το OpenViBE λειτουργεί ως εξωτερικό περιφερειακό (client) σε οποιοδήποτε είδος πραγματικού και εικονικού περιβάλλοντος από το οποίο λαμβάνει δεδομένα για επεξεργασία. [41]

3.3 Το Λογισμικό Weka για Εξόρυξη Δεδομένων

Το **WEKA** (Waikato Environment for Knowledge Analysis) αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Waikato της Νέας Ζηλανδίας. Είναι μία συλλογή από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης όπου είναι χρήσιμοι για την εξόρυξη των δεδομένων και είναι γραμμένο σε γλώσσα Java. Επίσης περιέχει μία συλλογή από εργαλεία οπτικοποίησης και αλγορίθμους για την ανάλυση των δεδομένων και για την προγνωστική μοντελοποίηση, παρέχει ακόμα εργαλεία για

ταξινόμηση, την παλινδρόμηση, την ομαδοποίηση, την εξόρυξη κανόνων και την απεικόνιση. Το **WEKA** ανήκει στην κατηγορία του λεγόμενου "ελεύθερου λογισμικού" (freeware) και διατίθεται δημοσίως σύμφωνα με τους όρους της άδειας GNU General Public License, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να χρησιμοποιούν, αλλά και να τροποποιούν ελεύθερα το λογισμικό. Το WEKA είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά Εξόρυξης Δεδομένων. Έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό επιστημονικών εργασιών, και αρκετά βιβλία Εξόρυξης Δεδομένων αναφέρονται σε αυτό.

Χαρακτηριστικά του WEKA

- Περιέχει αρκετά μεγάλη ποικιλία μεθόδων για κατηγοριοποίηση, παλινδρόμηση, ανάλυση συστάδων, και κανόνες συσχέτισης. Επίσης, παρέχει δυνατότητες για προεπεξεργασία των δεδομένων, καθώς και εργαλεία οπτικοποίησης.
- Είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα. Αυτό σημαίνει ότι ο πηγαίος κώδικας είναι δημοσίως διαθέσιμος. Χρήστες με γνώσεις προγραμματισμού μπορούν να τροποποιούν και να εξελίσσουν τους αλγόριθμους.
- Διαθέτει γραφικό περιβάλλον εργασίας. Στο διαδίκτυο υπάρχει διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία βιβλιοθηκών για μηχανική μάθηση και εξόρυξη δεδομένων. Ωστόσο, η χρήση τους απαιτεί τη συγγραφή κώδικα. Αντιθέτως, το γραφικό περιβάλλον του WEKA επιτρέπει τη χρήση του λογισμικού από τελικούς χρήστες, οι οποίοι δεν διαθέτουν γνώσεις προγραμματισμού. [42-43]

Κεφάλαιο 4

4 Μεθοδολογία στην Μηχανική Μάθηση και Data Mining

4.1 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Η Μηχανική Μάθηση μπορεί να οριστεί ως το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σύστημα βελτιώνει την απόδοση του κατά την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης εργασίας, δίχως να υπάρχει η ανάγκη επαναπρογραμματισμού του συστήματος. Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό η Μηχανική Μάθηση έχει ως σκοπό την δημιουργία μηχανών ικανών να μαθαίνουν ,να βελτιώνουν την απόδοση τους σε ορισμένους τομείς μέσω της αξιοποίησης προηγούμενης γνώσης και εμπειρίας. Η Μηχανική Μάθηση εφαρμόζεται σε μία σειρά από υπολογιστικές εργασίες όπου τόσο ο σχεδιασμός όσο και ο ρητός προγραμματισμός των αλγορίθμων είναι ανέφικτος. Επίσης η Μηχανική Μάθηση σαν κλάδος της Τεχνητής Νοημοσύνης ασχολείται με την μελέτη αλγορίθμων που βελτιώνουν την συμπεριφορά τους σε κάποια εργασία που τους έχει ανατεθεί χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους. Όσον αφορά τον σχεδιασμό του συστήματος της Μηχανικής Μάθησης για τα συστήματα που ανήκουν στην συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη ως μάθηση ορίζεται το γεγονός πρόσκτησης επιπλέον γνώσης, που επιφέρει μεταβολές στην ήδη υπάρχουσα καταχωρημένη γνώση είτε διαφοροποιώντας χαρακτηριστικά της είτε με αναβάθμιση της. Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός της Τεχνητής Νοημοσύνης επωφελούνται και άλλοι επιστημονικοί κλάδοι από τα επιτεύγματά στον τομέα της Μηχανικής Μάθησης όπως η Εξόρυξη Δεδομένων, Πιθανότητες και Στατιστική, Θεωρία της Πληροφορίας, Αριθμητική Βελτιστοποίηση, Θεωρία της Πολυπλοκότητας, Θεωρία Ελέγχου, Ψυχολογία, Νευροβιολογία και Γλωσσολογία.

4.2 Είδη Μηχανικής Μάθησης

Ο τομέας της Μηχανικής Μάθησης αναπτύσσει τρεις τρόπους μάθησης, παρόμοιους με τους τρόπους με τους οποίους μαθαίνει ο άνθρωπος αυτές είναι: Επιβλεπόμενη Μάθηση, Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση και Ενισχυτική Μάθηση.

- ***Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning)***

Στην Επιβλεπόμενη μάθηση ο στόχος είναι να μάθει το σύστημα μας ένα σύστημα ταξινόμησης και χρησιμοποιούνται κυρίως σε παραδείγματα με «ετικέτα» δηλαδή παραδείγματα όπου για μία συγκεκριμένη είσοδο γνωρίζουμε την επιθυμητή έξοδο. Πιο συγκεκριμένα είναι η διαδικασία όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει μία συνάρτηση που απεικονίζει δεδομένες εισόδους σε γνωστές επιθυμητές εξόδους με απώτερο σκοπό να συγκρίνει την πραγματική του έξοδο με τις σωστές εξόδους για να εντοπίσει τυχόν σφάλματα. Χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα Ταξινόμησης, Πρόγνωσης και Διερμηνείας και χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου ιστορικά δεδομένα προβλέπουν πιθανά μελλοντικά γεγονότα.

- ***Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning)***

Η Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση χρησιμοποιείται σε δεδομένα που δεν έχουν ιστορικές ετικέτες, ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για ένα σύνολο εισόδων υπό μορφή παρατηρήσεων χωρίς να έχει εικόνα για τις επιθυμητές εξόδους. Χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα Ανάλυσης Συσχετισμών και Ομαδοποίησης. Για παράδειγμα μη επιβλεπόμενα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση «δόλιων» συναλλαγών αναζητώντας ανωμαλίες σε ένα σύνολο δεδομένων αυτός ο τύπος μάθησης εμπίπτει σε αυτόν της ομαδοποίησης.

- ***Ενισχυμένη Μάθηση (Reinforcement Learning)***

Η ενισχυμένη μάθηση χρησιμοποιείται συχνά στον τομέα της ρομποτικής και στην πλοήγηση, χρησιμοποιείται επίσης και για την μάθηση του συστήματος μας χωρίς να χρειάζεται να την επιβλέπουμε. Σε αυτή την περίπτωση ο αλγόριθμος μαθαίνει μία στρατηγική ενεργειών μέσα από άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Χρησιμοποιείται κυρίως σε προβλήματα Σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος κίνησης ενός ρομπότ και η βελτιστοποίηση εργασιών σε εργοστασιακούς χώρους.

[44-47]

4.3 Εξόρυξη Δεδομένων(Data Mining)

Με το πέρασμα των χρόνων το μέγεθος των βάσεων δεδομένων παρουσιάζει ραγδαία αύξηση. Αυτή η ραγδαία ανάπτυξη του όγκου δεδομένων οφείλεται στην μηχανοργάνωση (οργάνωση και υποστήριξη με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών) της κοινωνίας μας και στην ταχεία ανάπτυξη εργαλείων και αποθήκευσης δεδομένων. Η Εξόρυξη Δεδομένων με λίγα λόγια είναι η διαδικασία με την οποία εξάγεται πληροφορία από ένα τεράστιο σύνολο δεδομένων, χρησιμοποιώντας μεθόδους μηχανικής μάθησης, στατιστικής και συστημάτων βάσης δεδομένων. Η Εξόρυξη Δεδομένων χρησιμοποιείται ευρέως στις επιχειρήσεις, σε επιστημονική έρευνα και σε κυβερνητική ασφάλεια εγκληματιών και τρομοκρατών. Επίσης η Εξόρυξη Δεδομένων ονομάζεται επίσης και ανακάλυψη γνώσεων σε βάσεις δεδομένων .

Η διαφορά μεταξύ της ανάλυσης δεδομένων (Data Analysis) και της εξόρυξης δεδομένων (Data Mining) είναι ότι η ανάλυση δεδομένων χρησιμοποιείται για την δοκιμή μοντέλων και υποθέσεων σχετικά με το σύνολο δεδομένων π.χ. αποτελεσματικότητα μιας καμπάνιας μάρκετινγκ. Αντίθετα η εξόρυξη δεδομένων χρησιμοποιεί μοντέλα μηχανικής μάθησης και στατιστικά μοντέλα για την ανακάλυψη «κρυφών» μοτίβων σε ένα μεγάλο όγκο δεδομένων. [48-49]

4.4 Κατηγορίες Εξόρυξης Δεδομένων

Η χρήση και τα επιτεύγματα της εξόρυξης δεδομένων είναι πολυδιάστατα σε γενικές γραμμές όμως μπορούμε να ισχυριστούμε ότι εστιάζουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες εργασιών.

- **Προγνωστικές Εργασίες (Predictive Tasks)**

Σκοπός αυτής της μεθόδου είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής τιμής ενός χαρακτηριστικού σε σχέση με τις τιμές άλλων χαρακτηριστικών. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να προβλεφθούν ονομάζονται στόχοι ή εξαρτημένες μεταβλητές ενώ τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην πρόβλεψη ονομάζονται ανεξάρτητες μεταβλητές.

- **Περιγραφικές Εργασίες (Descriptive Tasks)**

Σκοπός αυτών των εργασιών είναι να βρεθούν μοτίβα που περιγράφουν τις βασικές σχέσεις που υπάρχουν στα δεδομένα. Αρκετές φορές βέβαια χρειάζονται διάφορες τεχνικές μετεπεξεργασίας ώστε να επικυρωθούν τα δεδομένα.

Οι δύο παραπάνω κατηγορίες έχουν έξι κοινές κατηγορίες που χρησιμοποιούν:

Στο Προγνωστικό Μοντέλο ανάλογα με τον τύπο των μεταβλητών/χαρακτηριστικών χωρίζονται σε Ταξινόμηση (Classification) για διακριτές μεταβλητές και σε Παλινδρόμηση (Regression) για συνεχείς μεταβλητές. Πιο αναλυτικά οι διακριτές τιμές αποτελούν «μεμονωμένες» αριθμητικές τιμές είναι δηλαδή στοιχεία ενός συνόλου τα οποία μπορούν να αντιστοιχηθούν ένα προς ένα με στοιχεία του συνόλου των θετικών ακέραιων αριθμών για παράδειγμα ο αριθμός των παιδιών μίας οικογένειας. Από την άλλη πλευρά οι συνεχείς τιμές μπορούν να πάρουν αριθμητικές τιμές που καλύπτουν ολόκληρο διάστημα τιμών από το $-\infty$ έως το $+\infty$ για παράδειγμα η θερμοκρασία. Μία άλλη κατηγορία είναι αυτή της Ανάλυσης Συσχέτισης (Association Analysis) η οποία χρησιμοποιείται για την ανακάλυψη συσχετίσεων μεταξύ αντικειμένων σε μεγάλο όγκο δεδομένων. Μία ακόμα κατηγορία είναι η Ανίχνευση Ανωμαλιών (Anomaly Detection) είναι ο εντοπισμός ασυνήθιστων δεδομένων τα οποία μπορεί να είναι είτε ενδιαφέροντα είτε λανθασμένα δεδομένα τα οποία χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση. Άλλη κατηγορία είναι αυτή της Ομαδοποίησης (Clustering) όπου η λειτουργία τους είναι να ανακαλύπτουν ομάδες και δομές στα δεδομένα τα οποία είναι «παρόμοια» δίχως να γίνεται χρήση γνωστών δομών στα δεδομένα. Η τελευταία κατηγορία είναι αυτή της Συνοπτικής Παρουσίασης (Summarization) η οποία είναι μια συμπαγή αναπαράσταση του συνόλου των δεδομένων συμπεριλαμβανομένης της απεικόνισης και της δημιουργίας αναφορών. [50-51]

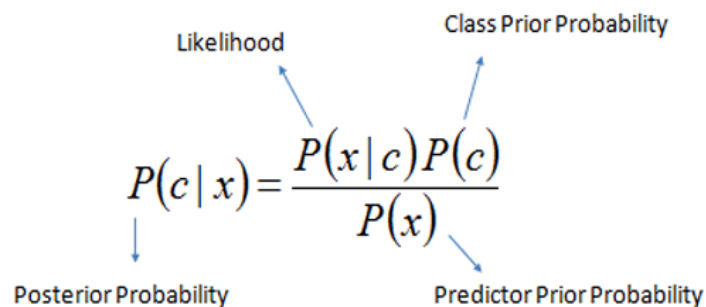
4.5 Μέθοδοι Ταξινόμησης

Τα Μοντέλα Ταξινόμησης καταλήγουν σε συμπεράσματα μετά από την παραλαβή διαφόρων τιμών που έχει λάβει. Ανάλογα τον αριθμό των εισόδων θα κάνει πρόβλεψη για την αξία ενός ή περισσότερων αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα των δεδομένων ονομάζονται ετικέτες και μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα σύνολο δεδομένων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στην Μηχανική Μάθηση, η Επιβλεπόμενη και η Μη Επιβλεπόμενη. Στην πρώτη περίπτωση το σύνολο των δεδομένων τροφοδοτείται στον αλγόριθμο ταξινόμησης

αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μοντέλο να γνωρίζει ποιες είναι «εξουσιοδοτημένες» τιμές. Έπειτα το δείγμα συγκρίνεται με αυτό για να προσδιοριστεί αν υπάρχει κάποια «δόλια» συναλλαγή αυτή η διαδικασία ονομάζεται «Ταξινόμηση». Από την άλλη πλευρά τα Μη Επιβλεπόμενα μοντέλα τροφοδοτούνται με ένα σύνολο δεδομένων που δεν έχει ετικέτα και αναζητά αντιστοιχίες σημείων δεδομένων. Αυτή η κατηγορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναζήτηση δεδομένων για ομοιότητες, για την ανίχνευση τυχών μοτίβων ακόμα και για την αναγνώριση αποθεμάτων σε ένα σύνολο δεδομένων. Επίσης αυτά τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση «δολίων» συναλλαγών αναζητώντας ανωμαλίες μέσα σε ένα σύνολο δεδομένων αυτή η διαδικασία ονομάζεται «Ομαδοποίηση». [52]

4.5.1 Naive Bayes

Στον αλγόριθμο ταξινόμησης Naive Bayes χρησιμοποιείται το anti-spam, όταν για παράδειγμα ένας άνθρωπος λαμβάνει ανεπιθύμητη αλληλογραφία η οποία χαρακτηρίζεται ως spam οι λέξεις που αποτελούν αυτό το μήνυμα μπαίνουν σε μία βάση δεδομένων με το όνομα spam. Με το πέρασμα του χρόνου ο αλγόριθμος μπορεί να καθορίσει εάν η αλληλογραφία θεωρείται spam ή μη και να πάρει την ανάλογη απόφαση [53].

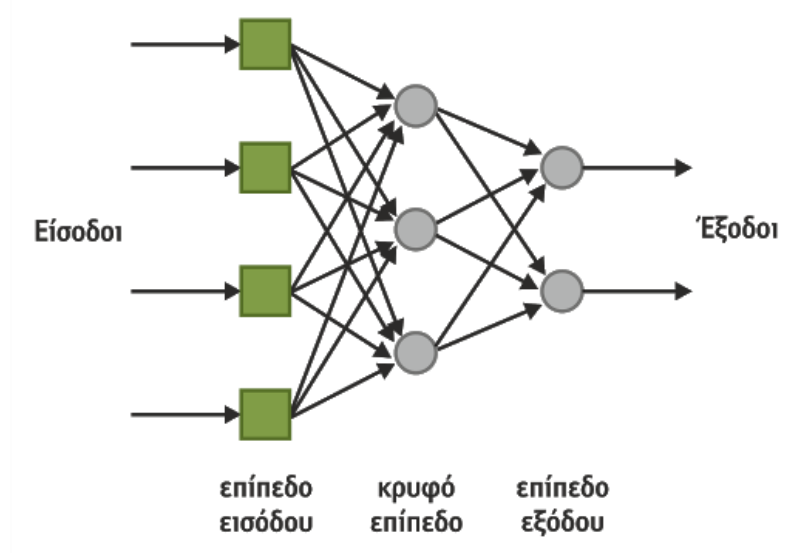
$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)}$$


$$P(c|X) = P(x_1|c) \times P(x_2|c) \times \dots \times P(x_n|c) \times P(c)$$

Εικόνα 4.1 Ο μπαεζιανός κανόνας τον οποίο αξιοποιεί ο ταξινομητής

4.5.2 Νευρωνικά Δίκτυα (Perceptron)

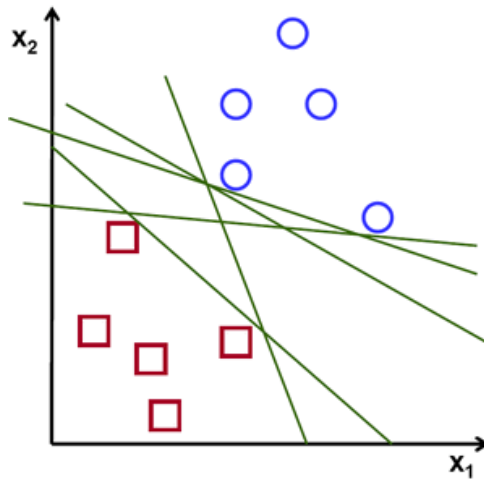
Στον ανθρώπινο εγκέφαλο υπάρχουν πολλά κύτταρα, ένα όμως κύτταρο είναι αυτό που συγκεντρώνει, επεξεργάζεται και διαμοιράζει τα ηλεκτρικά σήματα της επεξεργασμένης πληροφορίας του εγκεφάλου μας. Ουσιαστικά αυτό γίνεται κυρίως από δίκτυα που αποτελούνται από νευρώνες τα λεγόμενα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks). Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από κόμβους που ενώνονται από κατευθυνόμενους συνδέσμους οι οποίοι χρησιμεύουν για την ενεργοποίηση ενός κόμβου από έναν άλλο κόμβο. Πιο συγκεκριμένα τα δίκτυα αυτά μπορούν να επιτελέσουν μία σειρά παλινδρόμησης ή ταξινόμησης ταυτόχρονα αν και συνήθως εκτελείται μόνο ένα [54].



Εικόνα 4.2 Τυπική μορφή ενός νευρωνικού δικτύου

4.5.3 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Machines)

Το αντικείμενο των Μηχανών Διανυσμάτων Υποστήριξης είναι ο αλγόριθμος να κατασκευάσει ένα υπέρ-επίπεδο N διαστάσεων όπου θα ξεχωρίζει τα δεδομένα σε δύο κατηγορίες. Για να διαχωριστούν τα δεδομένα σε δύο κατηγορίες υπάρχουν πολλοί τρόποι, ο στόχος όμως των μοντέλων SVM είναι να βρεθεί το βέλτιστο υπέρ-επίπεδο διαχωρίζοντας έτσι όλες τις περιπτώσεις των κλάσεων εντός του πολυδιάστατου χώρου με την δημιουργία υπέρ-επιπέδων έχοντας έτσι την δυνατότητα υποστήριξης περιπτώσεων όπως η ταξινόμηση, η παλινδρόμηση καθώς και συνεχείς μεταβλητές. [55]

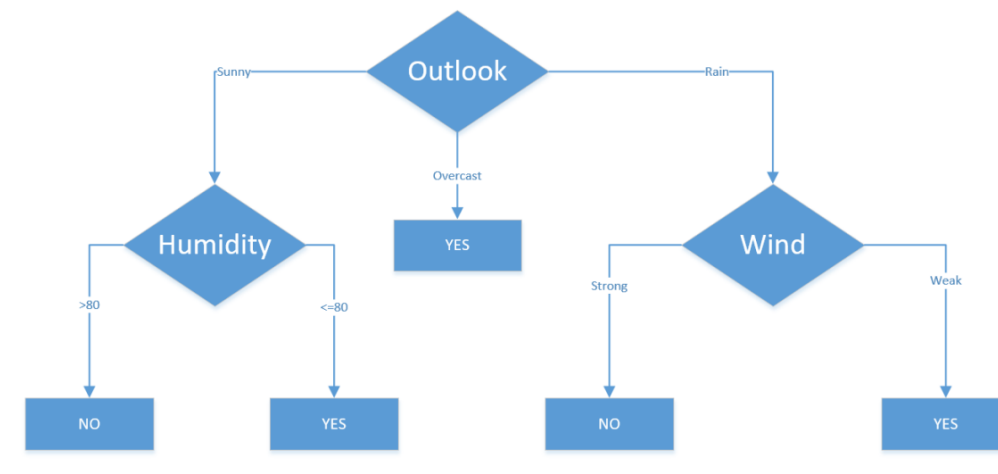


Εικόνα 4.3 Πιθανό υπέρ-επίπεδο

4.5.4 Δέντρα Απόφασης

Αρχικά τα δέντρα απόφασης ανήκουν στην κατηγορία αλγορίθμων μάθησης με εποπτεία και σε αντίθεση με άλλους αλγορίθμους της κατηγορίας αυτής μπορούν να λύσουν προβλήματα κατηγοριοποίησης (classification) και οπισθοδρόμηση (regression). Ο στόχος του αλγορίθμου είναι η δημιουργία ενός μοντέλου εκπαίδευσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει την τάξη ή την τιμή της επιθυμητής μεταβλητής κάνοντας χρήση κανόνων απόφασης που προέρχονται από προηγούμενα δεδομένα εκπαίδευσης. Για να προβλέψουμε την κατηγορία μια εγγραφής ξεκινάμε από την «ρίζα» του δέντρου, συγκρίνουμε τις τιμές που έχει η «ρίζα» του δέντρου με τις τιμές της εγγραφής και ανάλογα την τιμή προχωράμε στο επόμενο «κλαδί» του δέντρου. Τα δέντρα απόφασης χωρίζονται σε 2 κατηγορίες. Στα κατηγορηματικά (categorical) δέντρα τα οποία βασίζονται σε κατηγορίες και στα συνεχή (continuous) τα οποία βασίζονται σε συνεχή τιμές. Ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται στα δέντρα απόφασης είναι ο C4.5.

Ο αλγόριθμος C4.5 χρησιμοποιείται στην Εξόρυξη Δεδομένων σαν ταξινομητής αποφάσεων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λήψη αποφάσεων με βάση συγκεκριμένο αριθμό δεδομένων. [56-58]



Εικόνα 4.4 Παράδειγμα Δέντρου Απόφασης Αλγορίθμου C4.5

Κεφάλαιο 5

5. Υλοποιήσεις και Αποτελέσματα

5.1 Πρωτόκολλο Καταγραφής

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία η οποία αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, ξεκινώντας από το πρωτόκολλο καταγραφής των σημάτων του εγκεφάλου και καταλήγοντας στα αποτελέσματα της ταξινόμησης. Για την καταγραφή των σημάτων χρησιμοποιήθηκε η συσκευή Emotiv Flex, σε δύο διαφορετικά άτομα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν πεντάλεπτες καταγραφές, σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις, i) σε κατάσταση ηρεμίας με κλειστά μάτια (resting state), ii) σε κατάσταση ηρεμίας με ανοιχτά μάτια, και τέλος iii) κατά την διάρκεια παρτίδας σκακιού, κατά την οποία ο εγκέφαλος εργάζεται εντατικά για να αποδώσει της καλύτερες κινήσεις και να κερδίσει το παιχνίδι. Οι τρεις αυτές κατηγορίες αποτέλεσαν και την κλάσεις της ταξινόμησης. Η συσκευή καταγράφει 34 κανάλια σε διαφορετικές θέσεις των περιοχών του εγκεφάλου, και τα σήματα προσφέρονται από την εφαρμογή της διεπαφής σε μορφή .csv με ρυθμό δειγματοληψίας, 128 δείγματα ανά δευτερόλεπτο.

Στην συνέχεια τα σήματα εισήχθησαν σε σενάριο που δημιουργήθηκε στο λογισμικό ανοιχτού κώδικα Open Vibe, και από εκεί για κάθε εποχή ενός δευτερολέπτου του σήματος εξήχθησαν χαρακτηριστικά για να ταξινομηθούν τα σήματα, στις τρεις παραπάνω κλάσεις.

5.2 Εξαγωγή των χαρακτηριστικών με χρήση του Open Vibe

Τα χαρακτηριστικά τα οποία εξήχθησαν φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5.1. Αφορούν στατιστικά χαρακτηριστικά στο πεδίο του χρόνου, όπως για παράδειγμα η μέση τιμή και η διακύμανση της ενέργειας των σημάτων, αλλά και συχνοτικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι οι ενέργειες του σήματος στους 5 διαφορετικούς ρυθμούς του εγκεφάλου.

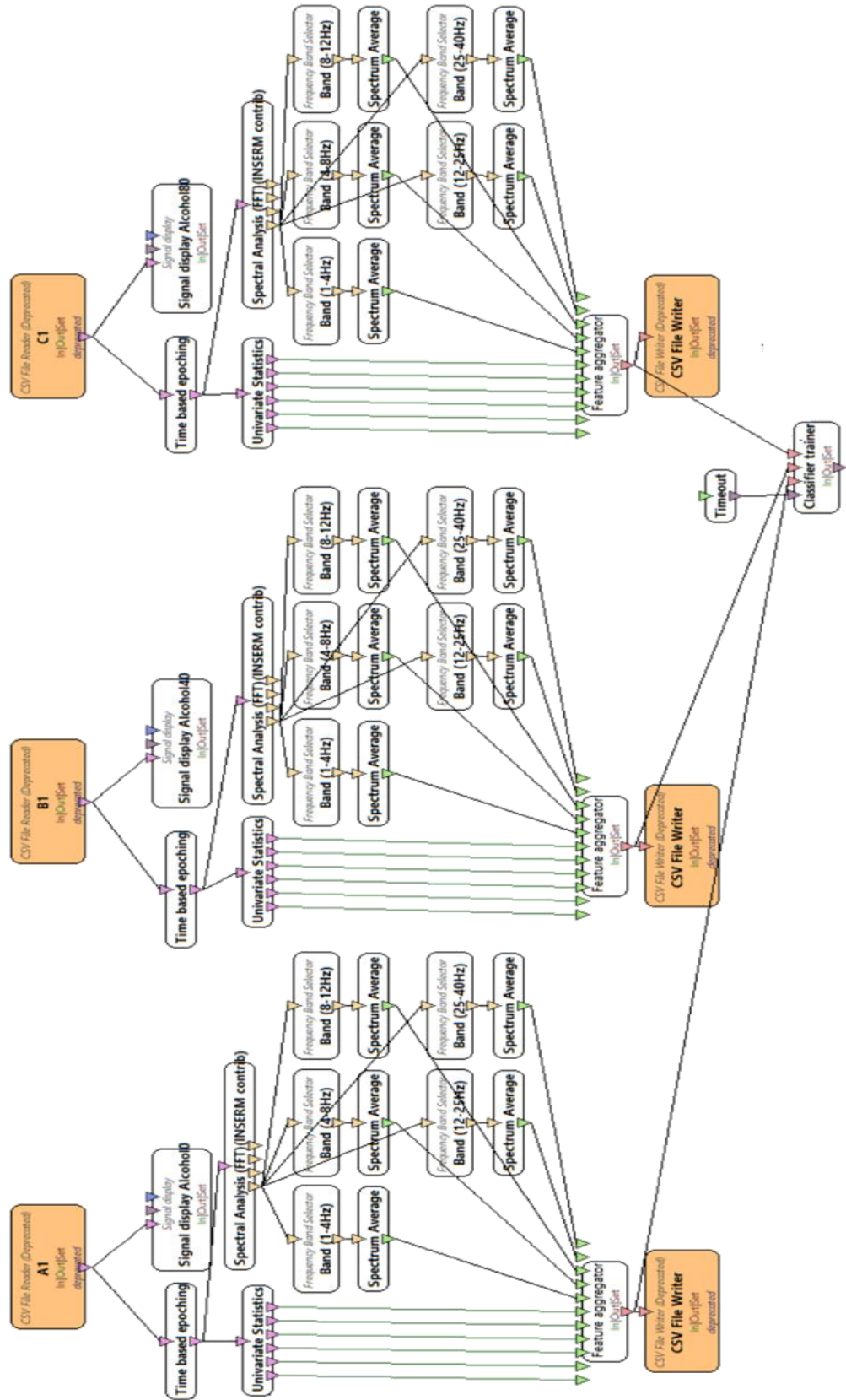
Στην εικόνα 5.1 φαίνεται το σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό Open Vibe. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν τα blocks για την εισαγωγή των σημάτων στο σύστημα. Στην

συνέχεια τα η επεξεργασία διαχωρίζει το πεδίο του χρόνου με το πεδίο της συχνότητας κάνοντας χρήση του block “Univariate Statistics” για την εξαγωγή των χρονικών χαρακτηριστικών και του block “Spectral Analysis” για να εφαρμοστεί ο γρήγορος μετασχηματισμός Φουριέ (Fast Fourier Transform – FFT), και να υπολογιστούν η ενέργειες που εξάγονται από 5 ζωνοπερατά (Bandpass) φίλτρα, σχεδιασμένα έτσι ώστε για να συμφωνούν με τους ρυθμούς της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

	Χαρακτηριστικά	
	Τύπος Χαρακτηριστικού	Περιγραφή
1	Χρονικά Χαρακτηριστικά	Μέση τιμή της εποχής του σήματος
2		Διακύμανση της εποχής του σήματος
3		Εύρος της εποχής του σήματος
4		Διάμεσος της εποχής του σήματος
5		Inter-Quantile-Range της εποχής του σήματος
6	Συχνотικά Χαρακτηριστικά	Percentiles (30%) της εποχής του σήματος
7		Ενέργεια Φάσματος (1-4 Hz)
8		Ενέργεια Φάσματος (4-8 Hz)
9		Ενέργεια Φάσματος (8-12 Hz)
10		Ενέργεια Φάσματος (12-25 Hz)
11		Ενέργεια Φάσματος (25-40 Hz)

Πίνακας 5.1 - Πίνακας Εξαγωγής Χαρακτηριστικών

Μετά την εξαγωγή των χαρακτηριστικών έγινε αυτόματη επιλογή το χαρακτηριστικών με την μεγαλύτερη πληροφορία με σκοπό να μειωθεί η διάσταση των δεδομένων. Στην εικόνα 5.1 φαίνονται τα χαρακτηριστικά τα οποία τελικά επελέγησαν από τον αλγόριθμο.



Εικόνα 5.1 Το σενάριο στο Open Vibe για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών

5.3 Μέτρα Αξιολόγησης

Για την αξιολόγηση της ταξινόμησης τα δείγματα χαρακτηρίζονται ως αληθώς θετικά (True Positive-TP) ή αληθώς αρνητικά (True Negative-TN), ή ψευδώς αρνητικά (False Negative-FN) ή τέλος ψευδώς θετικά (False Positive-FP). Με βάση τα παραπάνω εξάγεται ο Πίνακας Σύγχυσης, ο οποίος μας δίνει μια γενική εικόνα της απόδοσης των πειραμάτων.

	Predicted negative	Predicted positive
Actual negative	TN	FP
Actual positive	FN	TP

Πίνακας 5.2: Πίνακας Σύγχυσης

Σύμφωνα με τις προηγούμενες τιμές, υπολογίζονται οι παρακάτω στατιστικές μετρήσεις οι οποίες καθορίζουν τα αποτελέσματα του μοντέλου ταξινόμησης:

True Positive Rate – TPR ή Recall ή Sensitivity (αληθώς θετικά): $\frac{TP}{TP + FN}$

True Negative Rate – TNR ή Specificity (αληθώς αρνητικά): $\frac{TN}{TN + FP}$

Accuracy (ακρίβεια): $\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$

Precision (πιστότητα): $\frac{TP}{TP + FP}$

False Positive Rate – FPR (ψευδώς θετικά): $\frac{FP}{FP + TN}$

F-measure: $2 \times \text{Recall} \times \text{Precision} / (\text{Recall} + \text{Precision})$: $\frac{2 * TP}{2 * TP + FP + FN}$

5.4 Αποτελέσματα ανά Αλγόριθμο

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα ακρίβειας για κάθε έναν από τους 4 αλγορίθμους ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκαν. Παρουσιάζονται αποτελέσματα της ταξινόμησης με όλα τα χαρακτηριστικά αλλά και με τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά (Εικόνες 5.3 – 5.9).

5.2.1 Μπευζιανός Ταξινομητής (Naive Bayes)

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      354          70.2381 %
Incorrectly Classified Instances    150          29.7619 %
Kappa statistic                    0.4928
Mean absolute error                 0.3069
Root mean squared error            0.3975
Relative absolute error             73.6157 %
Root relative squared error        87.0812 %
Total Number of Instances          504

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                0,468   0,093   0,628     0,468   0,536     0,418   0,733    0,453     1
                0,540   0,034   0,840     0,540   0,657     0,596   0,826    0,640     2
                0,901   0,405   0,690     0,901   0,781     0,521   0,754    0,675     3
Weighted Avg.   0,702   0,234   0,712     0,702   0,689     0,514   0,767    0,611

=== Confusion Matrix ===

  a  b  c  <-- classified as
59  8  59 |  a = 1
15 68  43 |  b = 2
20  5 227 |  c = 3

```

Εικόνα 5.2 Αποτελέσματα του Μπευζιανού ταξινομητή

5.2.2 Νευρωνικά Δίκτυα (Perceptron)

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      424          84.127 %
Incorrectly Classified Instances     80          15.873 %
Kappa statistic                    0.7353
Mean absolute error                 0.2431
Root mean squared error            0.3066
Relative absolute error             58.3183 %
Root relative squared error        67.1745 %
Total Number of Instances          504

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                0,651   0,042   0,837     0,651   0,732     0,666   0,943    0,832     1
                0,730   0,029   0,893     0,730   0,803     0,753   0,955    0,895     2
                0,992   0,210   0,825     0,992   0,901     0,798   0,991    0,993     3
Weighted Avg.   0,841   0,123   0,845     0,841   0,834     0,754   0,970    0,928

=== Confusion Matrix ===

  a  b  c  <-- classified as
82 11  33 |  a = 1
14  92  20 |  b = 2
 2   0 250 |  c = 3

```

Εικόνα 5.3 Αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου

5.2.3 Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης (Support Vector Machines-SVM)

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      418           82.9365 %
Incorrectly Classified Instances    86           17.0635 %
Kappa statistic                    0.7171
Mean absolute error                 0.2738
Root mean squared error             0.3532
Relative absolute error             65.683 %
Root relative squared error         77.3881 %
Total Number of Instances          504

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                -----  -----  -
                0,690    0,048    0,829      0,690    0,753      0,685    0,837    0,678     1
                0,706    0,037    0,864      0,706    0,777      0,719    0,883    0,728     2
                0,960    0,214    0,818      0,960    0,883      0,758    0,872    0,807     3
Weighted Avg.   0,829    0,128    0,832      0,829    0,824      0,730    0,866    0,755

=== Confusion Matrix ===

  a   b   c   <-- classified as
87  10  29 |   a = 1
12  89  25 |   b = 2
 6   4 242 |   c = 3
    
```

Εικόνα 5.4 Αποτελέσματα του SVM ταξινομητή με όλα τα χαρακτηριστικά

5.2.4 Δέντρα Απόφασης (Αλγόριθμος C4.5)

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      439           87.1032 %
Incorrectly Classified Instances    65           12.8968 %
Kappa statistic                    0.7881
Mean absolute error                 0.0883
Root mean squared error             0.2925
Relative absolute error             21.1911 %
Root relative squared error         64.0747 %
Total Number of Instances          504

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
                -----  -----  -
                0,778    0,034    0,883      0,778    0,827      0,777    0,829    0,742     1
                0,738    0,040    0,861      0,738    0,795      0,737    0,806    0,719     2
                0,984    0,147    0,870      0,984    0,924      0,845    0,870    0,812     3
Weighted Avg.   0,871    0,092    0,871      0,871    0,867      0,801    0,844    0,771

=== Confusion Matrix ===

  a   b   c   <-- classified as
98  11  17 |   a = 1
13  93  20 |   b = 2
 0   4 248 |   c = 3
    
```

Εικόνα 5.5 Αποτελέσματα του δέντρου απόφασης

Στον πίνακα 5.1 φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα

	Naïve Bayes	Perceptron	SVM	Decision Tree
Accuracy (%)	70.2	84.1	82.9	87.1

Κεφάλαιο 6

6. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η συμπεριφορά των σημάτων του εγκεφάλου κατά την διάρκεια της εργώδους προσπάθειας του, σε σύγκριση με την κατάσταση ηρεμίας. Οι καταγραφές της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου, πραγματοποιήθηκαν με χρήση διεπαφής Εγκεφάλου-Υπολογιστή κατά τη διάρκεια αγώνα σκακιού. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση της συσκευής Emotiv Flex σε δύο διαφορετικά άτομα. Όσον αφορά στην ανάλυση των σημάτων αρχικά εξήχθησαν χαρακτηριστικά του σήματος σε εποχές του ενός δευτερολέπτου, στο πεδίο του χρόνου αλλά και της συχνότητας. Μέρη αυτών των σημάτων λοιπόν ταξινομήθηκαν με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε κατάσταση ηρεμίας και σε εργώδη προσπάθεια. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις διαφορετικοί αλγόριθμοι ταξινόμησης.

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι είναι εφικτό να εντοπιστεί η εργώδης προσπάθεια του εγκεφάλου καθώς τα πειράματα ταξινόμησης εμφάνισαν μια απόδοση της τάξης του 87%. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι ταξινομητές κατάφεραν να διακρίνουν σε επίπεδο δευτερολέπτου πότε ο εγκέφαλος είναι σε ηρεμία και πότε λειτουργεί εντατικά. Παράλληλα από τα πειράματα μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν αποτελούν ένα σύνολο χαρακτηριστικών με επαρκή πληροφορία για το εν λόγω ερώτημα. Οι ρυθμοί δηλαδή της δραστηριότητας στις γνωστές από την βιβλιογραφία συχνотικές ζώνες, αλλά και λίγα στατιστικά μεγέθη του σήματος στο πεδίο του χρόνου επαρκούν για να καταστεί διακριτή η τρέχουσα κατάσταση της προσπάθειας του εγκεφάλου. Από τους τέσσερις αλγορίθμους ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκαν φαίνεται ότι τα δέντρα απόφασης παρουσιάζουν την υψηλότερη αξιοπιστία, επιτυγχάνοντας ακρίβεια 87,1%, ενώ την μικρότερη απόδοση έδωσε ο μπεϋζιανός ταξινομητής επιτυγχάνοντας 70.2% ακρίβεια.

Είναι ωστόσο αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ακόμα και η μικρότερη ακρίβεια είναι κατά πολύ υψηλότερη από την τυχαία κατηγοριοποίηση τριών κλάσεων, η οποία θα ήταν 33.3%.

Η παρούσα εργασία μπορεί να θεωρηθεί ότι εντάσσεται στο πλαίσιο ενός συνόλου πειραμάτων που μπορούν να διεξαχθούν με χρήση Διεπαφών Εγκεφάλου-Υπολογιστή με σκοπό να διαφανεί αν οι χαμηλού κόστους αυτές συσκευές μπορούν να καταγράψουν διαφορές στα σήματα του εγκεφάλου κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Μια τέτοια εφαρμογή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και ποσοτικοποίηση της σωρευμένης κούρασης του εγκεφάλου, η οποία μπορεί αν έχει επιπτώσεις στην αποδοτική σκέψη του υποκειμένου αλλά και ενδεχόμενα στην ψυχολογική του κατάσταση.

Βιβλιογραφία

- [1]. Για τον ανθρώπινο εγκέφαλο-CogniFit (Web), Available at: <https://www.cognifit.com/el/brain>, [Πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020].
- [2]. Ιατρικό Λεξικό-Εγκέφαλος (Web), Available at : <https://www.iatronet.gr/iatriko-lexiko/egkefalos.html>, [Πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020]
- [3]. Για τον ανθρώπινο εγκέφαλο-CogniFit (Web), Available at: <https://www.cognifit.com/el/brain>, [Πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020]
- [4]. Για τον ανθρώπινο εγκέφαλο-CogniFit (Web), Available at: <https://www.cognifit.com/el/brain>, [Πρόσβαση 1 Ιουνίου 2020]
- [5]. Εγκεφαλογράφημα: Τι Δείχνει και Πόσο Κοστίζει-Doctoranytime (Web), Available at: <https://www.doctoranytime.gr/p/ilektroegkefalografima-mexartografisi>, [Πρόσβαση 5 Ιουνίου 2020]
- [6]. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα-Βικιπαίδεια (Web), Available at : <https://en.wikipedia.org/wiki/Electroencephalography>, [Πρόσβαση 5 Ιουνίου 2020]
- [7]. Πώς επηρεάζεται ο εγκέφαλος από τις συχνότητες των εγκεφαλικών κυμάτων (Web), Available at : <https://www.iatronet.gr/ygeia/nevrologia/article/5014/pws-epireazetai-o-egkefalos-apo-tis-syxnotites-twn-egkefalikwn-kymatwn.html>, [Πρόσβαση 5 Ιουνίου 2020]
- [8]. Different types of brain waves: Delta, Theta, Alpha, Gamma (Web), Available at: <https://itsusync.com/different-types-of-brain-waves-delta-theta-alpha-beta-gamma-ezp-9>, [Πρόσβαση 5 Ιουνίου 2020]
- [9]. Εγκεφαλικά Κύματα Α,Β,Γ,Δ,Θ (Web) Available at : <https://speirafotos.wordpress.com/2014/03/09/%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BA%CF%8D%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B1-%CE%B2-%CE%B3-%CE%B4-%CE%B8/>, [Πρόσβαση 5 Ιουνίου 2020]

- [10]. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα – Dr. med. Αντώνης Κερασνούδης (Web) Available at: <https://kerasnoudis.gr/2013/03/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%B%CE%B7%CF%84%CE%AC-%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AC/>, [Πρόσβαση 7 Ιουνίου 2020]
- [11]. Προκλητά Δυναμικά - Ιατρικές Εξετάσεις - Υγεία - Iatronet.gr (Web), Available at: <https://www.iatronet.gr/ygeia/iatrikes-exetaseis/article/721/proklita-dynamika.html>, [Πρόσβαση 7 Ιουνίου 2020]
- [12]. Οπτικά προκλητά δυναμικά (Web), Available at: <http://karakasisneuro.com/eksetaseis/optika-proklita-dunamika>, [Πρόσβαση 7 Ιουνίου 2020]
- [13]. Εξεταστικές μέθοδοι της ακοής: η κλινική χρησιμότητα των ακουστικών προκλητών δυναμικών του εγκεφαλικού στελέχους (Web), Available at: <https://www.hygeia.gr/eksetastikes-methodoi-tis-akois-i-kliniki-xrisimotita-ton-akoystikon-prokliton-dynamikon-toy-egkefalikoy-stelexoys/>, [Πρόσβαση 7 Ιουνίου 2020]
- [14]. Motor Evoked Potentials (Web), Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/motor-evoked-potential>, [Πρόσβαση 7 Ιουνίου 2020]
- [15]. A Beginner's Guide to Brain-Computer Interface and Convolutional Neural Networks (Web), Available at: <https://towardsdatascience.com/a-beginners-guide-to-brain-computer-interface-and-convolutional-neural-networks-9f35bd4af948>, [Πρόσβαση 10 Ιουνίου 2020]
- [16]. Brain-Computer Interface (Web), Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/brain-computer-interface>, [Πρόσβαση 10 Ιουνίου 2020]
- [17]. Advances in user-training for mental-imagery-based BCI control: Psychological and cognitive factors and their neural correlates (Web), Available

- at:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612316300061>,
[Πρόσβαση 12 Ιουνίου 2020]
- [18]. Brain-Computer Interfaces in Medicine (Web), Available at:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>, [Πρόσβαση 12 Ιουνίου 2020]
- [19]. Brain Computer Interface (BCI) systems applied to cognitive training and home automation control to offset the effects of ageing (Web), Available
at:http://www.fgcsic.es/lychnos/en_en/articles/Brain-Computer-Interface,
[Πρόσβαση 14 Ιουνίου 2020]
- [20]. Ψηφιακή επεξεργασία ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (ΗΕΓ) με χρήση του λογισμικού OpenViBE (Web), Available at:
<https://apothetirio.lib.uoi.gr/xmlui/handle/123456789/9337>, [Πρόσβαση 14 Ιουνίου 2020]
- [21]. Κεφάλαιο 1 Συστήματα BCI - Nemertes - Πανεπιστήμιο Πατρών (Web), Available
at:
https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10586/1/thesis_chairetis.pdf,
[Πρόσβαση 14 Ιουνίου 2020]
- [22]. Brain-Computer Interfaces in Medicine (Web), Available at:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3497935/>, [Πρόσβαση 16 Ιουνίου 2020]
- [23]. Κεφάλαιο 1 Συστήματα BCI - Nemertes - Πανεπιστήμιο Πατρών (Web), Available
at:
https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10586/1/thesis_chairetis.pdf,
[Πρόσβαση 16 Ιουνίου 2020]
- [24]. Κεφάλαιο 1 Συστήματα BCI - Nemertes - Πανεπιστήμιο Πατρών (Web), Available
at:
https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10586/1/thesis_chairetis.pdf,
[Πρόσβαση 16 Ιουνίου 2020]

- [25]. Using linear discriminant function to detect eyes closing activities through alpha wave (Web), Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6880967>, [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2020]
- [26]. Brain Computer Interface (BCI) systems applied to cognitive training and home automation control to offset the effects of ageing (Web), Available at: http://www.fgcsic.es/lychnos/en_en/articles/Brain-Computer-Interface, [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2020]
- [27]. P300 Development across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis (Web), Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3923761/>, [Πρόσβαση 20 Ιουνίου 2020]
- [28]. Learning with music can change brain structure, study shows (Web), Available at: <https://medicalxpress.com/news/2017-07-music-brain.html#nRlv>, [Πρόσβαση 21 Ιουνίου 2020]
- [29]. Τρόποι με τους οποίους επηρεάζει η μουσική τον εγκέφαλο (Web), Available at : <https://socialpolicy.gr/2016/09/%CF%84%CF%81%CF%8C%CF%80%CE%BF%CE%B9-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%BF%CF%85%CF%82-%CE%B5%CF%80%CE%B7%CF%81%CE%B5%CE%AC%CE%B6%CE%B5%CE%B9-%CE%B7-%CE%BC%CE%BF%CF%85.html>, [Πρόσβαση 25 Ιουνίου 2020]
- [30]. Επίδραση της μουσικής στον εγκέφαλο και στη μνήμη (Web), Available at: <https://braining.gr/blog/%CE%B5%CF%80%CE%AF%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%AD%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BC%CE%BD%CE%AE%CE%BC%CE%B7.html>, [Πρόσβαση 25 Ιουνίου 2020]

- [31]. Σκάκι / Chess (Web), Available at:
<https://braining.gr/%CF%83%CF%84%CF%81%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%B1%CE%B9%CE%B3%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%B1/%CF%83%CE%BA%CE%AC%CE%BA%CE%B9-%CE%B5%CF%80%CE%AF%CE%B4%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%AD%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CE%B4%CF%89%CF%81%CE%B5%CE%AC%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CE%B9%CF%87%CE%BD%CE%AF%CE%B4%CE%B9.html>, [Πρόσβαση 25 Ιουνίου 2020]
- [32]. Nonlinear analysis of EEG in chess players (Web), Available at:https://www.researchgate.net/publication/276838098_Nonlinear_analysis_of_EEG_in_chess_players, [Πρόσβαση 29 Ιουνίου 2020]
- [33]. Electroencephalographic response of chess players in decision-making processes under time pressure (Web), Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031938418309351?via%3Dihub>, [Πρόσβαση 29 Ιουνίου 2020]
- [34]. Οπτική αντίληψη (Web), Available at
:<https://www.paidonarogi.gr/index.php/articles/anaptyksi-paidioy/item/75-optiki-antilipsi>, [Πρόσβαση 29 Ιουνίου 2020]
- [35]. EMOTIV EPOC+ (Web), Available at: <https://www.emotiv.com/epoc/>,
[Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]
- [36]. Glossary (Web), Available at: <https://www.emotiv.com/glossary/>, [Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]
- [37]. Technical Specifications (Web), Available at: https://emotiv.gitbook.io/epoc-user-manual/introduction-1/technical_specifications, [Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]
- [38]. Introduction (Web), Available at :<https://emotiv.gitbook.io/epoc-flex-user-manual/epoc-flex/readme>, [Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]

- [39]. Technical Specifications EMOTIV EPOC flex (Web), Available at:<https://emotiv.gitbook.io/epoc-flex-user-manual/epoc-flex/technical-spec>, [Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]
- [40]. Technical Specifications EMOTIV EPOC x (Web), Available at:<https://emotiv.gitbook.io/epoc-x-user-manual/introduction/introduction-to-epoc-x>, [Πρόσβαση 4 Σεπτεμβρίου 2020]
- [41]. Discover OpenViBE – Inria (Web), Available at:<http://openvibe.inria.fr/discover/#What+is+OpenViBE>, [Πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2020]
- [42]. Weka (machine learning) (Web), Available at :
[https://el.wikipedia.org/wiki/Weka_\(%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Weka_(%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7)), [Πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2020]
- [43]. WEKA The workbench for machine learning (Web), Available at:<https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/index.html>, [Πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2020]
- [44]. Μηχανική Μάθηση (Web), Available at
:https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3382/1/02_chapter_04.pdf, [Πρόσβαση 12 Σεπτεμβρίου 2020]
- [45]. Machine Learning: Classification Models (Web), Available at:<https://medium.com/fuzz/machine-learning-classification-models-3040f71e2529>, [Πρόσβαση 10 Οκτωβρίου 2020]
- [46]. Επιβλεπόμενη μάθηση (Web), Available at:
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%80%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%B5%CF%80%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B7_%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7, [Πρόσβαση 15 Οκτωβρίου 2020]
- [47]. Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Web), Available at:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7>

- [E%B2%CE%BB%CE%B5%CF%80%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B7_%CE%9C%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CF%83%CE%B7](#), [Πρόσβαση 15 Οκτωβρίου 2020]
- [48]. Data mining | computer science | Britannica (Web), Available at:<https://www.britannica.com/technology/data-mining>, [Πρόσβαση 1 Νοεμβρίου 2020]
- [49]. Pang-Ning Tan, M. S. V. K., 2017,2010. Εισαγωγή στην εξόρυξη δεδομένων. Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.
- [50]. Εξόρυξη Γνώσης από Δεδομένα (Web), Available at:https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1233/2/Kef._6.pdf, [Πρόσβαση 7 Νοέμβριος 2020]
- [51]. Ομαδοποίηση βιολογικών δεδομένων (Web), Available at: https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CE%BC%CE%B1%CE%B4%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8E%CE%BD_%CE%B4%CE%B5%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD, [Πρόσβαση 14 Νοεμβρίου 2020]
- [52]. Margaret H. Dunham Data Mining Introductory and Advanced Topics. 1st Edition (2004). Εισαγωγικά και Προηγμένα Θέματα Εξόρυξης Γνώσης από Δεδομένα. [Επιμ.] Βερούκιος Β., Θεοδωρίδης Γ. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- [53]. Russel J. S., Norvig P. Τεχνητή Νοημοσύνη: Μια Σύγχρονη Προσέγγιση. 2nd Edition (2005). [Επιμ.] Ρεφανίδης Γ. [Μεταφρ.] Άλβας Τ., Καρτσακλής Δ., Σκουλαρίκης Φ., Ψ.Ε. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- [54]. EMOTIV-Glossary (Web), Available at:<https://www.emotiv.com/glossary/>, [Πρόσβαση 7 Δεκεμβρίου 2020]
- [55]. Support Vector Machine — Introduction to Machine Learning Algorithms (Web), Available at:<https://towardsdatascience.com/support-vector-machine-introduction-to-machine-learning-algorithms-934a444fca47>, [Πρόσβαση 13 Ιανουαρίου 2021]

- [56]. What is the C4.5 algorithm and how does it work? (Web), Available at:
<https://towardsdatascience.com/what-is-the-c4-5-algorithm-and-how-does-it-work-2b971a9e7db0>, [Πρόσβαση 13 Ιανουαρίου 2021]
- [57]. Decision Trees in Machine Learning (Web) Available at:
<https://towardsdatascience.com/decision-tree-algorithm-explained83beb6e78ef4>,
[Πρόσβαση 17 Ιανουαρίου 2021]
- [58]. A Step By Step C4.5 Decision Tree Example (Web), Available at:
<https://sefiks.com/2018/05/13/a-step-by-step-c4-5-decision-tree-example/>,
[Πρόσβαση 17 Ιανουαρίου 2021]