



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**  
**ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Ανάπτυξη Λογισμικού Συστήματος Επικοινωνίας για  
Άτομα με Διαταραχές Ομιλίας Νευρολογικής Φύσεως**

**Ευθυμία Αρβανίτη**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**Υπεύθυνος**  
**Αθανάσιος Κακαρούντας**  
**Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων**

**Λαμία, 2014**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ  
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ**

**Ανάπτυξη Λογισμικού Συστήματος Επικοινωνίας για Άτομα  
με Διαταραχές Ομιλίας Νευρολογικής Φύσεως**

**Ευθυμία Αρβανίτη**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων  
Αθανάσιος Κακαρόντας  
Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων**

**Λαμία, 2014**

**Ανάπτυξη Λογισμικού Συστήματος Επικοινωνίας για Άτομα  
με Διαταραχές Ομιλίας Νευρολογικής Φύσεως**

**Ευθυμία Αρβανίτη**

**Τριμελής Επιτροπή:**

Αθανάσιος Κακαρούντας, **Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων**

Βασίλειος Πλαγιανάκος, **Αναπληρωτής Καθηγητής**

Χαρίλαος Σανδαλίδης, **Επίκουρος Καθηγητής**

# Περίληψη

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης σε ότι αφορά την διαθεσιμότητα τεχνολογικών λύσεων για την υποβοήθηση ατόμων με Διαταραχές Ομιλίας οφειλόμενες σε νευρολογικά αίτια και η ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο θα χαρακτηρίζεται από χαμηλό κόστος και ευχρηστία, προκειμένου να επιτρέψει σε αυτά τα άτομα να επικοινωνήσουν και να κοινωνικοποιηθούν. Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας αφιερώθηκε στην μελέτη των παθήσεων που προκαλούν Διαταραχές Ομιλίας και στην επικοινωνία με ασθενείς (ή τους θεράποντες ιατρούς τους) οι οποίοι χρησιμοποιούν διαθέσιμες λύσεις, προκειμένου να δημιουργηθεί το πλαίσιο των προδιαγραφών (απαιτήσεων) του προς ανάπτυξη συστήματος.

Οι απαιτήσεις περιορίστηκαν σημαντικά στο χαμηλό κόστος και στην απλοποίηση της διεπαφής ανθρώπου - μηχανής, προκειμένου να μην δημιουργείται σύγχυση στον ασθενή. Για τον περιορισμό του κόστους επιλέχθηκε η χρήση της συσκευής MindSet, η οποία πραγματοποιεί καταγραφή εγκεφαλικών σημάτων και μέσω της οποίας (ύστερα από μετά-επεξεργασία των δεδομένων) είναι δυνατή η αναγνώριση μερικών προτύπων σκέψης, όπως η συγκέντρωση (attention) και ο διαλογισμός (meditation).

Το σύστημα που αναπτύχθηκε αξιοποιεί τις δύο προαναφερόμενες καταστάσεις σκέψης και χρησιμοποιώντας ένα εικονικά κυλιόμενο πληκτρολόγιο δίνει τη δυνατότητα μετακίνησης στο επιθυμητό γράμμα (ενέργεια) και την επιλογή του.

Το αποτέλεσμα που προέκυψε είναι ένα απλό σύστημα το οποίο μπορεί να διατεθεί (ήδη ως πρωτότυπο) σε κόστος που δεν ξεπερνάει το 1/3 των διαθέσιμων στην αγορά λύσεων και μπορεί έτσι να γίνει προσιτό σε ένα μεγάλο πληθυσμό που μέχρι τώρα αδυνατούσε να αποκτήσει, για οικονομικού λόγους ένα τέτοιο σύστημα.

## Λέξεις-Κλειδιά

Επεξεργασία σήματος, Εγκεφαλικά σήματα, Σύστημα υποστήριξης ασθενή, Διεπαφή ανθρώπου-μηχανής

# Abstract

The purpose of this research thesis is to study the current status of the availability of technological solutions to help people with speech disorders due to neurological causes and the development of a system that is characterized by its low cost and ease of use which will allow the users to communicate and socialize. Much of the work was devoted to the study of diseases that cause speech disorders and to discuss with patients (or their physicians) who use solutions that are now available in order to create a framework of specifications (requirements) of the system to be developed.

These requirements were significantly limited in low cost and in simplifying the human - machine interface in order to prevent confusion to the patient. To reduce the cost, the use of the MindSet device was selected, which records brain signals and through which (after post-processing of data), it is possible to identify certain patterns of thinking and other brain activities, such as the concentration (attention) and meditation.

The developed system utilizes both these situations of thinking and uses a virtual scrolling keyboard; it gives to the user the ability to move to the desired letter and select it. This is the functional version of the software that has been asked to be developed within the dissertation.

The result of the functional version, is a simple system that can be disposed (as an already original version) in cost that does not exceed the 1/3 of the available solutions on the market and thus may be accessible to a large population that is unable to purchase such a system for economical reasons.

## Key-Words

Signal Processing, brainwaves, patient support systems, Human-Machine Interface

## Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας υλοποιήθηκε με την υποστήριξη και τη συμβολή κάποιων ανθρώπων που θα ήθελα να ευχαριστήσω παρακάτω. Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Αθανάσιο Κακαρούντα για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές, την υπομονή και τη στήριξη που μου έδειξε αυτά τα χρόνια, καθώς και στον Σταμάτιο Δραγουμάνο που συνέβαλε στην ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης με τις συμβουλές και την επίδειξη τεχνολογίας. Επίσης ευχαριστώ θερμά την τριμελή επιτροπή μου. Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξη τους όλο αυτό το διάστημα καθώς και στους φίλους και συναδέλφους μου για την ηθική συμπαράστασή τους.

# Περιεχόμενα

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΑΝΑΓΚΕΣ	1
1.2	ΣΚΟΠΟΣ	2
1.3	ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	<b>ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΓΙΑ ΔΟΝΦ</b>	<b>5</b>
2.1	ΠΡΟΒΛΗΜΑ-ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	5
2.1.1	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ	7
2.1.1.1	ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ	7
2.1.1.2	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ	8
2.1.1.3	ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΤΙΔΑ	8
2.1.1.4	ΓΕΦΥΡΑ	8
2.1.2	ΜΥΕΛΟΣ	9
2.1.2.1	ΝΩΤΙΑΙΟΣ ΜΥΕΛΟΣ	9
2.1.2.2	ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ	9
2.1.2.3	ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ	9
2.1.2.4	ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ	10
2.1.2.5	ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΙ ΛΟΒΟΙ	10
2.1.3	ΤΟ ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ	10
2.1.4	ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟ ΕΠΕΙΣΟΔΙΟ	12
2.1.5	ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΚΦΥΛΙΣΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:	13
2.1.5.1	ΑΜΥΟΤΡΟΦΙΚΗ ΠΛΑΓΙΑ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ (ALS)	13
2.2	ΑΦΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΡΑΤΗΤΙΚΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ	17
2.3	ΤΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΓΛΩΣΣΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΤΟΥ ΔΕΞΙΟΥ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟΥ	17
2.4	ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΑΦΑΣΙΩΝ	18
2.4.1	ΑΦΑΣΙΑ BROCA	19
2.4.2	ΑΦΑΣΙΑ WERNICKE	20
2.4.3	ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΑΦΑΣΙΑ (GLOBAL OR TOTAL)	21
2.5	ΣΥΝΔΡΟΜΑ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ	22
2.5.1	ΑΦΑΣΙΑ ΑΓΩΓΗΣ	22
2.5.2	ΚΑΤΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΑΦΑΣΙΑ (ANOMIC)	23
2.5.3	ΑΜΙΓΗΣ ΛΕΚΤΙΚΗ ΚΩΦΩΣΗ	23
2.5.4	ΑΜΙΓΗΣ ΛΕΚΤΙΚΗ ΒΩΒΟΤΗΣ (PURE WORD MUTISM, ΑΜΙΓΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΑΦΑΣΙΑ ΤΟΥ DEJERINE)	24
2.5.5	ΔΙΑΦΛΟΙΩΔΕΙΣ ΑΦΑΣΙΕΣ- ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ	24
2.5.5.1	ΔΙΑΦΛΟΙΩΔΗΣ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΑΦΑΣΙΑ	25
2.5.5.2	ΔΙΑΦΛΟΙΩΔΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗ (ΣΥΝΔΡΟΜΟ ΠΡΟΣΘΙΑΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ, «ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΦΑΣΙΑ ΤΟΥ LURIA») ΑΦΑΣΙΑ	25
2.5.5.3	ΥΠΟΦΛΟΙΩΔΕΙΣ ΑΦΑΣΙΕΣ (ΘΑΛΑΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΡΑΒΔΩΤΟΚΑΨΙΚΕΣ)	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	<b>ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ</b>	<b>27</b>
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	27
3.2	ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ	27
3.2.1	CLICK-N-TYPE	27
3.2.2	CAMERA MOUSE	28
3.2.3	SMARTNAV	28
3.2.4	ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΟΜΙΛΙΑΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ	28
3.2.5	QUICK GLANCE	29
3.2.6	HEAD TRACKING MOUSE	29
3.2.7	SIP-N-PUFF JOYSTICK	30
3.2.8	ΕΞΟΜΟΙΩΤΕΣ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΩΝ	30



3.3	ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ .....	31
3.3.1	ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΒΙΟΣΗΜΑΤΩΝ .....	31
3.3.2	ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑ .....	32
3.4	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ NEUROSKY - THINKGEAR.....	34
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ.....</b>		<b>38</b>
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	38
4.2	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	38
4.3	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ .....	40
4.3.1	ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΧΡΗΣΤΗ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ.....	41
4.4	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ .....	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΧΕΔΙΑΣΗ .....</b>		<b>44</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	44
5.2	ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΧΡΗΣΤΗ .....	44
5.2.1	<i>Γενικές αρχές σχεδιασμού χρηστικότητα</i> .....	44
5.2.2	<i>Ειδικές αρχές σχεδιασμού</i> .....	46
5.3	ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥ-ΕΞΟΔΟΥ .....	46
5.4	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	47
5.5	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....</b>		<b>52</b>
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	52
6.2	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΩΔΙΚΑ .....	52
6.2.1	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟ MINDSET.....	53
6.2.2	ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	54
6.2.3	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ .....	55
6.2.4	THREADS .....	56
6.3	ΦΟΡΜΑ ΧΡΗΣΤΗ.....	56
6.3.1	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	58
6.3.2	ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ .....	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>60</b>
7.1	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	60
7.2	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ.....	61
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....</b>		<b>62</b>
A.1	ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΒΙΟΣΗΜΑΤΩΝ .....	62
A.2	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΜΕ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	64
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....</b>		<b>66</b>
<b>ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>		<b>76</b>

# Σχήματα

Σχήμα 1: Διεθνές σύστημα 10-20 .....	33
Σχήμα 2: Εύρη συχνοτήτων (εγκεφαλικών κυμάτων) ΗΕΓ που σχετίζονται με διάφορες εγκεφαλικές καταστάσεις .....	34
Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 0 .....	48
Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 1 .....	49
Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 2 για τη διεργασία 0.5 του Επιπέδου 1 .....	50
Σχήμα 6: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης διαχειριστή .....	50
Σχήμα 7: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης χρήστη .....	51
Σχήμα 8: Φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη (δεν έχει γίνει ακόμα σύνδεση με το MindSet, δεν υπάρχει ένδειξη συγκέντρωσης πάνω δεξιά ή καταγραφή τιμής στο αντίστοιχο πεδίο κάτω από την περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων).....	57
Σχήμα 9: Φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη (έχει γίνει σύνδεση με το MindSet, υπάρχει ένδειξη συγκέντρωσης πάνω δεξιά ή καταγραφή τιμής στο αντίστοιχο πεδίο κάτω από την περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων).....	57
Σχήμα 10: Σύνταξη κειμένου στη φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη .....	59

# Πίνακες

Πίνακας 1: Τα τέσσερα κύρια στοιχεία των διαγραμμάτων ροής δεδομένων.....	47
---	----

# Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

---

1.1 Γενικές απαιτήσεις - ανάγκες

1.2 Σκοπός

1.3 Σενάρια χρήσης

---

## 1.1 Γενικές απαιτήσεις, ανάγκες

Αντικείμενο της Πτυχιακής Εργασίας (ΠΑ) είναι η ανάπτυξη συστήματος επικοινωνίας για άτομα με Διαταραχές Ομιλίας Νευρολογικής Φύσεως (ΔΟΝΦ), δηλαδή μιας λύσης – συστήματος που θα προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες αυτών των ατόμων (προκειμένου να εξυπηρετεί την πλειοψηφία) και θα αξιοποιεί μια διαφορετική διεπαφή ανθρώπου-μηχανής που θα το καθιστά ιδανικό (εύχρηστο και οικονομικά προσιτό). Επιπλέον, προσοχή δόθηκε στο σύστημα εισόδου πληροφορίας, προκειμένου να μπορεί να αξιοποιηθεί από πλήθος ασθενών με ΔΟΝΦ.

Προκειμένου να είναι προσαρμόσιμο το σύστημα στις ανάγκες των ατόμων με ΔΟΝΦ, πραγματοποιήθηκε αρχικά βιβλιογραφική μελέτη των αιτιών που προκαλούν την ασθένεια και στη συνέχεια μελέτη (υπό μορφή συνεντεύξεων) σε άτομα που ανήκουν στην ομάδα – στόχο. Από τα χαρακτηριστικά που αναγνωρίστηκαν ως κρίσιμα (ή επιθυμητά), προέκυψαν οι προδιαγραφές του προς σχεδίαση συστήματος.

Λόγω του ότι η μια από τις απαιτήσεις ήταν το χαμηλό κόστος, επιλέχθηκε η χρήση τεχνολογίας που είναι ήδη διαθέσιμη στην αγορά, βρίσκεται σε ώριμο στάδιο και διατίθεται επίσης σε χαμηλό κόστος. Η καρδιά του συστήματος είναι το σύστημα βιο-αισθητήρων MindSet, το οποίο πραγματοποιεί καταγραφή της δραστηριότητας συγκεκριμένων βιοσημάτων του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η δυνατότητα αναγνώρισης προτύπων – μοτίβων αυτών των σημάτων βοηθούν στην συσχέτιση με συγκεκριμένες σκέψεις (ή πνευματική κατάσταση) και την αντιστοίχιση με συγκεκριμένες διεργασίες. Το πόσο επιτυχημένη είναι η αναγνώριση αυτών των προτύπων και πόσο

ακριβής η αντιστοίχιση, μπορεί να βοηθήσει στην συμβατότητα της προτεινόμενης λύσης με την πλειοψηφία του πληθυσμού που έχει ΔΟΝΦ.

Για την ανάπτυξη του συστήματος, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εργαλεία τα οποία δεν επιφέρουν επιπλέον κόστος στο τελικό σύστημα, οπότε προτιμήθηκε ελεύθερο λογισμικό / ανοικτού κώδικα λογισμικό. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Think Gear η οποία είναι απόλυτα συμβατή με το MindSet και χρησιμοποιεί ως σήματα εισόδου τα μετα-επεξεργασμένα βιοσήματα, όπως παρέχονται απ' ευθείας από τη συσκευή MindSet.

## 1.2 Σκοπός

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος αναγνώρισης προτύπων από μια μηχανή καταγραφής βιοσημάτων και η αντιστοίχιση τους με συγκεκριμένες εγκεφαλικές διεργασίες ή πνευματική κατάσταση. Η βασική λειτουργία μπορεί να περιοριστεί απλά στον έλεγχο της μετακίνησης ενός δρομέα (cursor) σε ένα γράμμα και η επιλογή του, προκειμένου να σχηματιστεί μια λέξη ή φράση. Η μετακίνηση μπορεί να πραγματοποιείται σε ένα δισδιάστατο πίνακα (όπως ανταγωνιστικές λύσεις) ή ακόμα και μονοδιάστατα σε ένα κυλιόμενο αλφάβητο. Η επιλογή επίσης θα πρέπει να γίνεται με τον σκανδαλισμό ενός σήματος είτε βιοσήματος, είτε μιας κίνησης (π.χ. ανοιγοκλείσιμο των ματιών, μιας και είναι από τις τελευταίες ενέργειες που μπορούν να απολεστούν λόγω μιας νευρολογικής φύσεως ασθένειας).

Στο τέλος της εισαγωγής του κειμένου, θα υπάρχει η επιλογή να διαβαστεί με μηχανική τεχνητή φωνή, προκειμένου να το ακούσει το άτομο με το οποίο προσπαθεί να επικοινωνήσει το άτομο με ΔΟΝΦ.

## 1.3 Σενάρια χρήσης

Το σύστημα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με ΔΟΝΦ που πάσχουν από διάφορες ασθένειες, οπότε η ομάδα – στόχος είναι αρκετά εκτενής. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι οι λειτουργίες του εγκεφάλου και των ματιών είναι οι τελευταίες που μπορούν να απολεστούν οπότε θα πρέπει να αποτελέσουν πιθανές καταστάσεις εισόδου στη διεπαφή αλληλεπίδρασης ανθρώπου – μηχανής.

Το σύστημα θα παρέχει μια απλή κατάσταση λειτουργίας, στην οποία θα εμφανίζεται ένα κυλιόμενο αλφάβητο (εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα

καρουσελ αλφαβήτου), το οποίο θα κυλιέται δεξιά ή αριστερά. Το γράμμα που εμφανίζεται εκείνη τη στιγμή θα μπορεί να επιλεγεί από τον χρήστη αναγνωρίζοντας μια κατάσταση (ενέργεια) στον εγκέφαλο. Με αυτό τον τρόπο θα επιλέγονται γράμματα, τα οποία τοποθετημένα στη σειρά θα σχηματίζουν λέξεις και προτάσεις.

Το σύστημα έχει δύο κατηγορίες χρηστών, 1) ασθενής και 2) διαχειριστής (συντηρητής). Η πρώτη κατηγορία χρήστη, δεν έχει τη δυνατότητα ελέγχου, συντήρησης και παραμετροποίησης του συστήματος. Αντίθετα, ο διαχειριστής, κυρίως συντηρεί το σύστημα και το διατηρεί ενήμερο.

Η επικοινωνία με το σύστημα πραγματοποιείται μέσω οποιασδήποτε διαθέσιμης οθόνης η οποία συνδέεται στο υπολογιστικό σύστημα του χρήστη, με μόνη απαίτηση τη διαθεσιμότητα λειτουργικού συστήματος Windows. Αν και το Think Gear API είναι συμβατό με λειτουργικό σύστημα Linux, δεν ίσχυε το ίδιο και για το MindSet (κατά τη έναρξη της πτυχιακής), προκειμένου να δημιουργηθεί το ιδανικό ενσωματωμένο σύστημα με Linux core και μόνο τις απαραίτητες συσκευές εισόδου-εξόδου και τη μονάδα επεξεργασίας.



## Κεφάλαιο 2 Μελέτη των αιτίων για ΔΟΝΦ

---

2.1 Πρόβλημα-Ασθένειες

2.2 Αφασία και επικρατητικό ημισφαίριο

2.3 Το προφίλ των γλωσσικών διαταραχών του δεξιού ημισφαιρίου

2.4 Τα είδη των αφasiών

2.5 Σύνδρομα αποσύνδεσης

---

### 2.1 Πρόβλημα-Ασθένειες

Θα πρέπει να οριστούν κάποιοι όροι προκειμένου να είναι δυνατή η απρόσκοπτη ανάγνωση του κεφαλαίου. Έτσι, ορίζεται η γενική έννοια της ανατομίας του εγκεφάλου από τα παρακάτω.

*«Ο εγκέφαλος είναι μία μεγάλη μαλακή μάζα νευρικού ιστού που βρίσκεται στο κρανίο. Αποτελείται από νευρώνες (νευρικά κύτταρα) και νευρογλοία ή υποστηρικτικά κύτταρα, καθώς επίσης και 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 τα βασικά γάγγλια. Η λευκή ουσία αποτελείται από τους νευρίτες, οι οποίοι σχηματίζουν οδούς που συνδέουν τμήματα του εγκεφάλου μεταξύ τους και με το νωτιαίο μυελό.» [15]*

Επιπλέον, θα πρέπει να είναι γνωστά στον αναγνώστη, τα τμήματα του εγκεφάλου, τα οποία αναφέρονται καθολικά στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

*Ο εγκέφαλος χωρίζεται σε τέσσερα μεγάλα τμήματα:*

- στον εγκεφαλικό φλοιό,
- στο θάλαμο,
- στον υποθάλαμο,
- στη παρεγκεφαλίδα και



- στο εγκεφαλικό στέλεχος (προμήκης μυελός, γέφυρα και μεσεγκέφαλος).

Το βάρος του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού ανέρχεται περίπου σε 1350-1400 γρ., εκ των οποίων το 2% αποτελεί το βάρος του νωτιαίου μυελού. Η παρεγκεφαλίδα αντιπροσωπεύει περίπου το 85% του βάρους του εγκεφάλου.

*Λοβοί: μετωπιαίος, βρεγματικός, ινιακός, κροταφικός, νησιδιακός (Rail).*

*Αδένες: υπόφυση, κωνάριο. Μembrάνες μήνιγγες -σκληρή μήνιγγα (εξωτερικά), αραχνοειδής μήνιγγα (μεσαία) και χοριοειδής μήνιγγα (εσωτερικά).*

*Νεύρα: κρανιακά.*

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος υποδιαιρείται στα παρακάτω:

1. Ο **διεγκέφαλος**, ο οποίος περιλαμβάνει τον επιθάλαμο, τον θάλαμο και τον υποθάλαμο (οπτικό χίασμα, φαιό φύμα και τα μαστία του εγκεφάλου).
2. Ο **μυελεγκέφαλος**, ο οποίος περιλαμβάνει τα τετράδυμα σώματα, τη καλύπτρα, τα εγκεφαλικά σκέλη και το προμήκη μυελό.
3. Ο **μετεγκέφαλος**, ο οποίος περιλαμβάνει τη παρεγκεφαλίδα και τη γέφυρα.
4. Ο **τηλεγκέφαλος**, ο οποίος περιλαμβάνει τον ρινικό εγκέφαλο, τα ραβδωτλα σώματα και τον εγκεφαλικό φλοιό. [15]

Οι κοιλίες είναι ένα σύστημα κοιλοτήτων οι οποίες βρίσκονται μέσα στον εγκέφαλο και επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και με τον περιφερικό υπαραχνοειδή χώρο.

Περιγράφονται συνολικά τέσσερις κοιλίες: η πρώτη και η δεύτερη πλάγια κοιλία βρίσκονται στα εγκεφαλικά ημισφαίρια, ενώ η τρίτη κοιλία του διεγκεφάλου και η τέταρτη κοιλία βρίσκονται οπισθίως του προμήκη μυελού και της γέφυρας. Η πρώτη και η δεύτερη επικοινωνούν με την τρίτη διαμέσου των διακοιλιακών τρημάτων, η τρίτη με την τέταρτη διαμέσου του υδραγωγού Sylvius, η τέταρτη με τον υπαραχνοειδή χώρο διαμέσου των δύο τρημάτων του Luschka και του τρήματος Magendie. Οι κοιλίες είναι γεμάτες με εγκεφαλονωτιαίο υγρό, το οποίο σχηματίζεται από τα χοριοειδή πλέγματα στα τοιχώματα και τις οροφές των κοιλιών. [4]

## 2.1.1 Φυσιολογία

*Ο εγκέφαλος είναι το πρωτεύον κέντρο ρύθμισης και συντονισμού των δραστηριοτήτων του οργανισμού. Τα αισθητικά ερεθίσματα λαμβάνονται διαμέσου κεντρομόλων νεύρων και καταχωρούνται ως αισθήσεις, που είναι η βάση της αντίληψης. Αποτελεί την έδρα της συνείδησης, της σκέψης, της μνήμης, της λογικής, της κρίσης και του συναισθήματος. Τα κινητικά ερεθίσματα μεταβιβάζονται διαμέσου φυγόκεντρων νεύρων στους μυς και τους αδένες, εκλύοντας τις δραστηριότητες. Μέσω αντανακλαστικών κέντρων διατηρείται ο αυτόματος έλεγχος των δραστηριοτήτων του σώματος. Τα κυριότερα αντανακλαστικά κέντρα είναι το καρδιακό, το αγγειοκινητικό και το αναπνευστικό κέντρο στον προμήκη μυελό, τα οποία ρυθμίζουν την κυκλοφορία και την αναπνοή.*

Ο εγκέφαλος μπορεί να διαιρεθεί σε τμήμα του εγκεφάλου, εγκεφαλικό στέλεχος και παρεγκεφαλίδα.

### 2.1.1.1 Εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος (εμπρόσθιο τμήμα του εγκεφάλου) χωρίζεται σε δύο τμήματα, στο δεξί και στο αριστερό ημισφαίριο. Οι λειτουργίες του εγκεφάλου περιλαμβάνουν:

- την έναρξη της κίνησης,
- το συντονισμό της κίνησης,
- τη θερμοκρασία,
- την αφή,
- την όραση,
- την ακοή,
- την κρίση,
- τη λογική,
- την επίλυση προβλημάτων,
- τα συναισθήματα και
- τη μάθηση.

### **2.1.1.2 Στέλεχος Εγκεφάλου**

Το εγκεφαλικό στέλεχος (το οποίο βρίσκεται στη μέση του εγκεφάλου) περιλαμβάνει το μεσεγκέφαλο, τη παρεγκεφαλίδα και τον προμήκη. Το στέλεχος του εγκεφάλου είναι υπεύθυνο για τις παρακάτω λειτουργίες:

- κίνηση των ματιών και του στόματος,
- μετάδοση αισθητηριακών μηνυμάτων
- αίσθημα της πείνας,
- αναπνοή,
- συνείδηση,
- καρδιακή λειτουργία,
- θερμοκρασία του σώματος,
- ακούσιες κινήσεις των μυών,
- φτέρνισμα,
- βήχας,
- έμετος,
- και κατάποση. [4][5]

### **2.1.1.3 Παρεγκεφαλίτιδα**

Η παρεγκεφαλίδα (υποσκληνιδιακές ή πίσω μέρος του εγκεφάλου) βρίσκεται στο πίσω μέρος του κεφαλιού. Η λειτουργία της είναι να συντονίζει τις εκούσιες κινήσεις των μυών ώστε να διατηρείται η στάση του σώματος και η ισορροπία του ανθρώπου.

Πιο συγκεκριμένα, άλλα μέρη του εγκεφάλου περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

### **2.1.1.4 Γέφυρα**

Η Γέφυρα είναι ένα τμήμα του εγκεφάλου που βρίσκεται στο εγκεφαλικό στέλεχος και περιέχει πολλές περιοχές ελέγχου για τις κινήσεις του προσώπου και των ματιών. [4][5]

## **2.1.2 Μυελός**

Ο Μυελός αποτελεί το ζωτικότερο μέρος του εγκεφάλου, στο οποίο βρίσκονται σημαντικά κέντρα ελέγχου της καρδιάς και των πνευμόνων, και βρίσκεται στο χαμηλότερο τμήμα του εγκεφαλικού στελέχους. [4][5]

### **2.1.2.1 Νωτιαίος μυελός**

Μια μεγάλη δέσμη ινών νεύρου που βρίσκεται στο πίσω μέρος που εκτείνεται από τη βάση του εγκεφάλου προς το κάτω μέρος της πλάτης, ο νωτιαίος μυελός μεταφέρει τα μηνύματα προς και από τον εγκέφαλο και το υπόλοιπο σώμα. [4][5]

### **2.1.2.2 Μετωπιαίος λοβός**

Το μεγαλύτερο τμήμα του εγκεφάλου που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος της κεφαλής ονομάζεται μετωπιαίος λοβός και είναι υπεύθυνος για τα χαρακτηριστικά της προσωπικότητας και την αναγνώριση της όσφρησης, καθώς και των κινήσεων. [4][5]

### **2.1.2.3 Βρεγματικός λοβός**

Ο Βρεγματικός Λοβός είναι το μεσαίο τμήμα του εγκεφάλου, ο οποίος χρησιμεύει στον προσδιορισμό αντικειμένων και στη κατανόηση του χώρου σε σχέση με τα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω από ένα άτομο. Επίσης, συμμετέχει και στην ερμηνεία του πόνου και της αφής στο σώμα. [4][5]

#### **2.1.2.4 Ινιακός λοβός**

Ο ινιακός λοβός βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου και είναι υπεύθυνος για την όραση. [4][5]

#### **2.1.2.5 Κροταφικοί λοβοί**

Οι κροταφικοί λοβοί βρίσκονται στα πλάγια τμήματα, στους κροτάφους, και οι λειτουργίες τους αφορούν τη μνήμη, την ομιλία, τον ρυθμό, και εν μέρει, στην όσφρηση. [4][5]

### **2.1.3 Το νευρολογικό υπόβαθρο του λόγου**

Το 1990 οι Poizner, Klima και Bellugi απέδειξαν με την έρευνά τους ότι η γλωσσική επικοινωνία εντοπίζεται στο αριστερό ημισφαίριο, και μάλιστα είναι ανεξάρτητη από τον τρόπο με τον οποίο εκδηλώνεται (γραπτός λόγος, προφορικός λόγος, νοηματική γλώσσα κλπ).

Οι λειτουργίες της αντίληψης, της κατανόησης και της αναπαραγωγής του λόγου συνδέονται με το αριστερό ημισφαίριο, καθώς η αναπαράσταση των αντικειμένων και των εννοιών που μορφώνουν ένα μέρος του γλωσσικού συστήματος εμφανίζεται στη συγκεκριμένη περιοχή, στις περιοχές που ονομάζονται Wernicke και Broca. Το δεξί ημισφαίριο αναλαμβάνει κυρίως την αντίληψη των διαστάσεων του χώρου.

Το κέντρο του Wernicke είναι υπεύθυνο για την κατανόηση των λεκτικών μορφών (λέξεων και ιδεών) και ευθύνεται για την αναγνώριση των συντακτικών κατηγοριών (δομικών στοιχείων) του λόγου. Αντίθετα, το κέντρο του Broca καθορίζει τη δομή και την κατασκευή των φράσεων. Βλάβες σε αυτές τις περιοχές οδηγούν σε γλωσσικές διαταραχές οι οποίες αναφέρονται παρακάτω, τις αφασίες.

Με τη χρήση του fMRI έχει αποδειχτεί ότι:

- Όταν οι λέξεις ακούγονται (ακουστικά ερεθίσματα) ενεργοποιείται η περιοχή του Wernicke ενώ
- όταν οι λέξεις διαβάζονται (οπτικά ερεθίσματα) χωρίς να ακούγονται ή να προφέρονται δεν ενεργοποιείται.
- Οι οπτικές πληροφορίες από τον ινιακό λοβό μεταφέρονται απευθείας στην περιοχή του Broca
- Άρα, η οπτική και ακουστική αντίληψη του λόγου χρησιμοποιούν διαφορετικές οδούς με διαφορετικές κωδικοποιήσεις.

Τα κέντρα του λόγου είναι:

- Η περιοχή του Broca (εδώ γίνεται η προφορική και η γραπτή έκφραση του λόγου)
- Η περιοχή του Wernicke (εδώ γίνεται η κατανόηση του προφορικού λόγου)
- Η γωνιώδης έλικα (εδώ γίνεται η κατανόηση του γραπτού λόγου)
- Βλάβες στη μετωπιαία, κροταφική και βρεγματική περιοχή (αριστερά) σε δεξιόχειρες ενήλικες προκαλούν διαταραχές στο λόγο.
- Η γλωσσική ικανότητα είναι, επομένως, άμεσα συνδεδεμένη με τη σωστή λειτουργία εκείνου του ημισφαιρίου που καθορίζει την κίνηση του χεριού που προτιμάται από τον άνθρωπο.

Ασθένειες που προσβάλουν τον εγκέφαλο και το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) και εν δυνάμει τη λειτουργία της ομιλίας:

- Εγκεφαλικά Επεισόδια
- Νευρολογικές Εκφυλιστικές Ασθένειες
- Καρκίνος
- Γενετικές Ασθένειες
- Εξωτερικοί Παράγοντες (Αιμορραγικό Επεισόδιο)

## 2.1.4 Εγκεφαλικό Επεισόδιο

- Στο παροδικό ισχαιμικό επεισόδιο (ΠΙΕ), διακόπτεται προσωρινά η παροχή αίματος σε ένα τμήμα του εγκεφάλου και κατά συνέπεια, η παροχή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ΑΤΡ). Συνήθως, στα ΠΙΕ δε συμβαίνει μόνιμη βλάβη. [6]
- Στο εγκεφαλικό επεισόδιο η κατάσταση και οι επιπτώσεις είναι συνήθως σημαντικότερες. Αν αποκοπεί η παροχή του αίματος για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να προκληθεί μη αναστρέψιμη βλάβη. [6]

Με προσεκτική μελέτη και παρακολούθηση των εγκεφαλικών επεισοδίων, οι νευροεπιστήμονες εργάζονται στην ανάπτυξη νέων θεραπειών. Τα περισσότερα εγκεφαλικά προκαλούνται από θρόμβους του αίματος που φράσσουν τα αγγεία. Η θεραπεία με ένα «θρομβολυτικό» φάρμακο που ονομάζεται ιστικός ενεργοποιητής του πλασμινογόνου (ΤΡΑ) μπορεί να διαλύσει το θρόμβο και να αποκαταστήσει την αιματική ροή. Η ταχεία αναγνώριση των συμπτωμάτων του εγκεφαλικού επεισοδίου καθώς και η άμεση χορήγηση ΤΡΑ, μπορεί να έχει σημαντικά θεραπευτικά αποτελέσματα. [11]

Η νέα θεραπευτική προσέγγιση περιλαμβάνει τη μελέτη και την ανάπτυξη μιας κατηγορίας φαρμάκων που αποκλείουν νευροδιαβιβαστές, όπως το γλουταμικό οξύ, που φτάνουν σε τοξικά επίπεδα κατά τη διάρκεια του εγκεφαλικού. Αυτά τα φάρμακα μπορούν να αποκλείσουν είτε τους ίδιους τους υποδοχείς του γλουταμικού οξέως, είτε τις ενδοκυττάριας αλυσίδες μετάδοσης σήματος, που ενεργοποιούνται από το γλουταμικό οξύ. Τέτοιου είδους φάρμακα είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και δυστυχώς μέχρι στιγμής, δεν έχει αποδειχθεί ότι κάποιο από αυτά είναι αποτελεσματικό στο εγκεφαλικό επεισόδιο. [11]

## 2.1.5 Νευρολογικές Εκφυλιστικές Ασθένειες:

### 2.1.5.1 Αμυοτροφική Πλάγια Σκλήρυνση (ALS)

Η πάθηση αυτή, η οποία είναι γνωστή και ως αμυοτροφική πλάγια σκλήρυνση ή νόσος του Lou Gherig, αποτελεί μια προοδευτική νευροεκφυλιστική πάθηση που επηρεάζει τα νευρικά κύτταρα στον εγκέφαλο και στη σπονδυλική στήλη.

Όταν ένας μυς δεν τρέφεται τότε ατροφεί και καταστρέφεται. Όταν η περιοχή η οποία βρίσκεται στο νωτιαίο μυελό και περιέχει μέρος των νευρικών κυττάρων που ελέγχουν τους μύες καταστρέφεται, τότε η περιοχή οδηγείται σε σκλήρυνση (Sclerosis). [9]

Η ALS είναι μια από τις πιο κοινές νευρομυϊκές παθήσεις παγκοσμίως και προσβάλλει ανθρώπους όλων των φυλών και των περιοχών. Η συχνότητα εμφάνισης της νόσου είναι περίπου 3-8 ανά 100.000 και επηρεάζει τους άνδρες με κάπως μεγαλύτερη συχνότητα σε σχέση με τις γυναίκες (1.5:1). Η συχνότητα αυτή είναι ομοιόμορφη παγκοσμίως και οι ασθενείς είναι συνήθως σε ηλικία μεταξύ 55 έως 65 ετών, και σπανίως πριν από 20 έτη ή μετά τα 75 έτη. Οι νεανικές μορφές της νόσου έχει παρατηρηθεί ότι είναι πιο επιθετικές.

Το 50% των ασθενών με ALS ζουν τουλάχιστον τρία ή περισσότερα χρόνια μετά την διάγνωση. Το 20% ζει πέντε ή περισσότερα χρόνια, και δυστυχώς, μόνο ένα δέκα τοις εκατό θα ζήσει περισσότερο από δέκα χρόνια.

Οι κινητικοί νευρώνες (motor neurons) που καθοδηγούν την κίνηση, στέλνουν απολήξεις από τον εγκέφαλο στην σπονδυλική στήλη (οι άνω κινητικοί νευρώνες) και από την σπονδυλική στήλη στους μύες (οι κάτω κινητικοί νευρώνες) σε όλο το σώμα. Στην ALS οι νευρώνες καταστρέφονται και αδυνατούν να στείλουν παλμούς (ερεθίσματα) στις μυϊκές ίνες που κανονικά θα είχαν σαν αποτέλεσμα την κίνηση των μυών. Σταδιακά, ο εγκέφαλος χάνει την ικανότητα της πρόκλησης και του ελέγχου των κινήσεων των μυών και οδηγείται σε έλλειψη ελέγχου των κινήσεων, προκαλώντας αδυναμία και ατροφία των μυών ολόκληρου του σώματος, με αποτέλεσμα την τελική ολική παράλυση των ασθενών.

Εφόσον η ALS πρωταρχικά προσβάλλει τους νευρώνες της κίνησης, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων της ασθένειας δεν επηρεάζει το μυαλό του ασθενή, την



προσωπικότητα, την εξυπνάδα ή την μνήμη του. Ούτε επίσης επηρεάζει την όραση, όσφρηση, ακοή ή την αφή. [9]

Αν και η ALS δεν έχει πλήρως κατανοηθεί, τα τελευταία χρόνια έχουν φέρει πολύ περισσότερη επιστημονική κατανόηση όσο αφορά την φυσιολογία της πάθησης.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγοριοποιήσεις της ALS:

- Σποραδική – Η πιο συχνή μορφή της ALS που καλύπτει το 90 με 95% όλων των περιπτώσεων. Μπορεί να επηρεάσει τον καθένα, οπουδήποτε. Οι πλειοψηφία των ασθενών με σποραδική ALS δεν παρουσιάζουν οικογενειακό ιστορικό με ALS και παρουσιάζονται σαν μεμονωμένες περιπτώσεις .
- Οικογενειακή – Παρατηρείται περισσότερο από μια φορά στην ίδια οικογένεια και αποτελεί ένα πολύ μικρό μέρος των περιπτώσεων μεταξύ 5 με 10% όλων των περιστατικών. Οικογενειακή (Familial ALS ή FALS) σημαίνει ότι η ALS κληρονομείται. Σε αυτές τις οικογένειες, υπάρχει πιθανότητα 50% όπως κάθε απόγονος να κληρονομήσει την μετάλλαξη του γονιδίου και μπορεί να αναπτύξει την πάθηση. Οι ασθενείς με FALS έχουν συνήθως ένα δεύτερο στενό συγγενικό πρόσωπο με ALS. [11]

### **Συμπτώματα και εξέλιξη της ALS**

Τα συμπτώματα της ALS μπορούν να είναι όμοια με αυτά πολλών άλλων, περισσότερο θεραπεύσιμων ασθενειών ή παθήσεων. Σε μερικές περιπτώσεις, τα συμπτώματα εμφανίζονται σε ένα από τα πόδια και οι ασθενείς παρουσιάζουν δυσκολίες στο βάδισμα ή τρέξιμο. Άλλοι ασθενείς παρουσιάζουν πρώτα συμπτώματα της πάθησης στα χέρια ή τα μπράτσα, όπως δυσκολία με απλές δεξιότητες όπως το κούμπωμα ενός κουμπιού στο πουκάμισο, στο γράψιμο, ή απλά στο γύρισμα ενός κλειδιού στην κλειδαριά. Τα μπράτσα αρχίζουν να φαίνονται “λεπτότερα” καθώς οι μύες ατροφούν. Άλλα συμπτώματα μπορεί να είναι επίσης αυξημένα σάλια λόγω δυσκολίας στη κατάποση και η ομιλία με την μύτη. Η έναρξη της ALS μπορεί να είναι τόσο λεπτή ότι τα συμπτώματα είναι συχνά παραβλέπεται.

Τα αρχικά συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν:

1. Σύσπαση, κράμπες, ή δυσκαμψία των μυών,
2. Μυϊκή αδυναμία που επηρεάζει ένα χέρι ή ένα πόδι,
3. Μπερδεμένη και ρινική ομιλία,

#### 4. Δυσκολία στην μάσηση ή την κατάποση.

Αυτά τα γενικά συμπτώματα, στη συνέχεια μπορούν να εξελιχθούν σε πιο εμφανή αδυναμία ή ατροφία, η οποία θα οδηγήσει στη διάγνωση της ασθένειας ALS.[10]

Ανεξάρτητα από το μέρος του σώματος που επηρεάζεται πρώτο, η μυϊκή αδυναμία και ατροφία εξαπλώνεται και σε άλλα μέρη του σώματος όπως προχωράει η πάθηση.

Σε ένα δεύτερο στάδιο, οι ασθενείς έχουν αυξανόμενα προβλήματα με την κίνηση τους, την κατάποση (δυσφαγία) και την ομιλία ή τη προφορά λέξεων (δυσαρθρία). Τα συμπτώματα της εμπλοκής των άνω κινητικών νευρώνων που ελέγχουν την κίνηση, περιλαμβάνουν την σύσφιξη και την ακαμψία των μυών (σπαστικότητα - spasticity) και υπερβολή των ανακλαστικών (hyperreflexia) περιλαμβανομένου του υπερβολικού λόξιγκα. Μια ανωμαλία στα ανακλαστικά που ονομάζεται ένδειξη Babinski (το μεγάλο δάκτυλο του ποδιού γυρίζει προς τα πάνω όταν το πέλμα του ποδιού δέχεται κάποιο ερέθισμα), επίσης καταδεικνύει καταστροφή των άνω κινητικών νευρώνων που ελέγχουν την κίνηση.

Σε ένα τελικό στάδιο οι ασθενείς δεν μπορούν να σταθούν ή να περπατήσουν, να σηκωθούν ή να ξαπλώσουν στο κρεβάτι μόνοι τους, ή να χρησιμοποιήσουν τα πόδια και τα χέρια τους. Δυσκολίες στην κατάποση και την μάσηση, παρεμποδίζουν την ικανότητα του ασθενή να φάει κανονικά και αυξάνει τον κίνδυνο πνιγμού. Η διατήρηση του βάρους σε κανονικά επίπεδα μπορεί να γίνει ένα πρόβλημα.

Επίσης, καθώς οι μύες του διαφράγματος αδυνατίζουν, η ζωτική χωρητικότητα και η πίεση εισπνοής εξασθενούν. Έτσι είναι αναγκαία η μηχανική υποβοήθηση της αναπνοής με BiPAP, κατ' αρχάς κατά την διάρκεια της νύκτας και αργότερα κατά την διάρκεια της μέρας επίσης.

Οι περισσότεροι ασθενείς που πάσχουν από ALS πεθαίνουν λόγω αναπνευστικής ανεπάρκειας ή πνευμονίας, έπειτα από παράλυση των αναπνευστικών μυών.

Η σειρά εμφάνισης των συμπτωμάτων και η ταχύτητα εξέλιξης της πάθησης είναι διαφορετική από άτομο σε άτομο και εξαρτάται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες.

## **Τρόποι διάγνωσης της ALS**

Η διάγνωση της ALS, κυρίως βασίζεται στα συμπτώματα και σημεία που ένας γιατρός παρατηρεί στον ασθενή και σε μια σειρά από ελέγχους για τον αποκλεισμό άλλων ασθενειών. Οι γιατροί λαμβάνουν ένα πλήρες ιατρικό ιστορικό του ασθενή και συνήθως διενεργούν μια νευρολογική εξέταση ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να αξιολογήσουν αν συμπτώματα όπως μυϊκή αδυναμία, ατροφία των μυών, ακαμψία και σπαστικότητα (spasticity) σταδιακά χειροτερεύουν.

Για να διαγνωστεί κάποιος με ALS, πρέπει να παρουσιάσει συμπτώματα και σημεία καταστροφής των άνω και κάτω νευρών κίνησης που δεν μπορούν να αποδοθούν σε άλλες αιτίες. Η διάγνωση πρέπει να γίνει από έμπειρο νευρολόγο και βασίζεται στη κλινική εικόνα και σε διάφορες εργαστηριακές εξετάσεις. Βασική είναι η εξέταση με ηλεκτρομυογράφημα η οποία επιβεβαιώνει ότι πρόκειται για έντονη και συνεχή απονεύρωση των μυών σε διάφορα μέρη του σώματος. Πρέπει ταυτόχρονα να αποκλεισθούν άλλες αιτίες όπως κινητικές νευροπάθειες ή μυοπάθειες.

Συνήθως χρειάζεται απεικόνιση του αυχενικού σπονδύλου ή/και του εγκεφάλου για αποκλεισμό άλλων αιτιών όπως σπονδυλική στένωση ή άλλες ασθένειες στο στέλεχος του εγκεφάλου ή και στο νωτιαίο μυελό. Επίσης διάφορες αναλύσεις αίματος είναι αναγκαίες για αποκλεισμό άλλων ασθενειών που προκαλούν παρόμοια νευρολογικά συμπτώματα.

Ένας έλεγχος που μπορεί να βοηθήσει στην διάγνωση της ALS, είναι το ηλεκτρομυογράφημα (electromyography – EMG), μια ειδική τεχνική που μπορεί να καταγράψει την ηλεκτρική δραστηριότητα στους μύες. Συγκεκριμένα ευρήματα από το EMG μπορούν να υποστηρίξουν την διάγνωση της ALS.

Βασιζόμενος στα συμπτώματα του ασθενή και στα ευρήματα την κλινική εξέταση και από τις εργαστηριακές εξετάσεις, ο γιατρός μπορεί να ζητήσει αναλύσεις αίματος και ούρων για να αποκλείσει την πιθανότητα άλλων ασθενειών. Σε μερικές περιπτώσεις, για παράδειγμα, αν ο γιατρός υποπτεύεται ότι ο ασθενής πάσχει από μυοπάθεια αντί από ALS, θα ζητήσει την διενέργεια βιοψίας μυός. [9][10]

## **Αντιμετώπιση της ALS**

Παρά τις έντονες προσπάθειες σε ερευνητικό επίπεδο δεν έχει βρεθεί ακόμα αποτελεσματική θεραπεία για την ασθένεια των κινητικών νευρώνων και η κλινική αντιμετώπιση της παραμένει συμπτωματική. Λόγω της φύσεως της ασθένειας είναι αναγκαία η παρακολούθηση και φροντίδα του ασθενούς από πολυθεματική ομάδα με

επικεφαλής έμπειρο νευρολόγο. Η ομάδα αυτή πρέπει να περιλαμβάνει φυσιοθεραπευτή, λογοθεραπευτή, διαιτολόγο, ψυχολόγο, κοινωνικό λειτουργό, πνευμονολόγο, και έμπειρο νοσηλευτικό προσωπικό.

## **2.2 Αφασία και επικρατητικό ημισφαίριο**

Στους δεξιόχειρες η αφασία σχετίζεται με αριστερές βλάβες εγκεφάλου. Η αφασία από βλάβη δεξιού ημισφαιρίου (διασταυρούμενη αφασία) είναι σπάνια (1%). Στους αριστερόχειρες και στους αμφίχειρες η εγκεφαλική επικράτηση δεν είναι απόλυτα ενιαία. Σε μελέτες αριστερόχειρων με αφασία το 60% είχε αριστερές ημισφαιρικές βλάβες. Στις σπάνιες περιπτώσεις αφασίας από δεξιά εγκεφαλική βλάβη οι ασθενείς είναι σχεδόν πάντα αριστερόχειρες και η διαταραχή γλώσσας σε κάποιους είναι λιγότερο σοβαρή από ότι σε δεξιόχειρες με αντίστοιχες βλάβες αριστερά. Τέλος, στο 15% των αριστερόχειρων ανευρέθη αμφοτερόπλευρη εκπροσώπηση. [7]

## **2.3 Το προφίλ των γλωσσικών διαταραχών του δεξιού ημισφαιρίου**

Η γλώσσα εκτός από γνωστικά στοιχεία έχει και συναισθηματικά στοιχεία: μελωδία, τονισμός, κυματισμός φωνής. Η διακύμανση αυτών των στοιχείων ονομάζεται προσωδία. Ορισμένα από αυτά βασίζονται σε εξειδικευμένες λειτουργίες του δεξιού ημισφαιρίου. Βλάβες του δεξιού ημισφαιρίου (στον κάτω κλάδο της δεξιάς μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας) προκαλούν διαταραχές των στοιχείων αυτών, τις απροσωδίες δηλ. διαταραχή της αντίληψης και της αναπαραγωγής του συναισθηματικού περιεχομένου της ομιλίας. Η νευρική οργάνωση για την προσωδία στο δεξιό ημισφαίριο αντικατοπτρίζει την οργάνωση για τις γνωστικές όψεις της γλώσσας στο αριστερό. Έτσι, ασθενείς με βλάβη στο δεξιό μετωπιαίο φλοιό εμφανίζουν αδιαφοροποίητο τόνο φωνής, ανεξάρτητα από το αν είναι χαρούμενοι ή λυπημένοι, ενώ ασθενείς με οπίσθιες βλάβες δεν αντιλαμβάνονται την προσωδία στην ομιλία των άλλων ανθρώπων.

Παρόλα αυτά, στον εντοπισμό των γλωσσικών διεργασιών που εξυπηρετεί το δεξί ημισφαίριο, αλλά και των διαταραχών που προκαλούνται ύστερα από

εγκεφαλική βλάβη υφίστανται αρκετές δυσχέρειες. Κι αυτό διότι είναι δύσκολο να εντοπιστούν επακριβώς οι περιοχές του δεξιού ημισφαιρίου που εμπλέκονται στη γλωσσική διεργασία αφού ποτέ δεν υφίσταται βλάβες τόσο εντοπισμένες, ενώ συχνά εμπλέκονται στη βλάβη περισσότερες από τις περιοχές που μας ενδιαφέρουν. Παρ' όλα αυτά, νευροψυχολογικές μελέτες δείχνουν ότι ασθενείς με βλάβες στο δεξί ημισφαίριο εκτός από τις διαταραχές προσωδίας, εμφανίζουν ελλείμματα στη λεξική κατανόηση και την ανάκληση, (αντιστοίχιση εικόνας-λέξης, κατονομασία εικόνων, έργα σημασιολογικής απόφασης και λεκτικής ροής), καθώς και στην κατανόηση μη-λεκτικών μηνυμάτων. Ακόμα, εμφανίζουν χαμηλότερες επιδόσεις σε δοκιμασίες αξιολόγησης σημασιολογικού περιεχομένου, μεταφορικού και συναισθηματικού, έχουν δυσκολία στην επεξεργασία της σημασίας συγκεκριμένων λέξεων, στην εύρεση νοήματος ενός αστείου, στην αναγνώριση της ειρωνείας, στην ερμηνεία ιδιωματικών εκφράσεων και την επεξεργασία εμμέσων ερωτήσεων, στην αναστολή ακατάλληλων ως προς τα συμφραζόμενα εναλλακτικών σημασιών των αμφίσημων λέξεων. Ασθενείς με βλάβες του δεξιού ημισφαιρίου εμφανίζονται να έχουν χαμηλότερες επιδόσεις σε δοκιμασίες αξιολόγησης σημασιολογικού περιεχομένου, μεταφορικού καθώς και συναισθηματικού, σε σχέση με ασθενείς που έχουν βλάβες στο αριστερό ημισφαίριο.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα γλωσσικά ελλείμματα που έχουν οι ασθενείς με βλάβη δεξιού ημισφαιρίου στην επεξεργασία και κατανόηση του μεταφορικού λόγου, όπως αυτός απαντάται στις μεταφορές, στους ιδιωματισμούς και το λεκτικό χιούμορ. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ενδείξεις ότι και αριστερόπλευρες βλάβες είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσχέρειες στην επεξεργασία αμφισημιών με διαφορετικό προφίλ δυσκολιών.[7]

## 2.4 Τα είδη των αφασιών

Οι αφασίες ταξινομούνται, σύμφωνα με τους Adams & Victor, ως εξής:

1. Αφασία Broca
2. Αφασία Wernicke
3. Σφαιρική αφασία (καθολική)
4. Σύνδρομο γλωσσικού διαχωρισμού:
  - a. αφασία αγωγής

- b. αμιγής λεκτική κώφωση
  - c. αμιγής λεκτική τύφλωση (οπτική λεκτική αγνωσία ή αλεξία χωρίς αγραφία)
  - d. αμιγής λεκτική βωβότης
  - e. κατονομαστική αφασία
  - f. απομόνωση των περιοχών του λόγου (διαφλοιώδεις αφασίες):
    - i. διαφλοιώδης αισθητική
    - ii. διαφλοιώδης κινητική
5. Υποφλοιώδεις αφασίες

### 2.4.1 Αφασία Broca

Αυτή η μορφή της αφασίας πήρε το όνομά της από το πρόσωπο που ανακάλυψε την περιοχή του εγκεφάλου που ευθύνεται για την παραγωγή της ομιλίας. Η αφασία του Broca μερικές φορές ονομάζεται και «κινητική αφασία» για να τονίσει ότι η παραγωγή του γλώσσας είναι μειωμένη, (όπως η ομιλία), ενώ άλλες πτυχές της γλώσσας ως επί το πλείστον διατηρούνται. Η βλάβη εντοπίζεται στον κινητικό συνειρμικό φλοιό του μετωπιαίου λοβού, εκτεινόμενη στην οπίσθια μοίρα της τρίτης μετωπιαίας έλικας. Σε βαριές βλάβες καταστρέφονται και οι παρακείμενες προκινητική και προμετωπιαία περιοχή. Οι αιτίες είναι κυρίως αγγειακές (απόφραξη άνω κύριου κλάδου μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας), όγκοι, επιληπτικές κρίσεις κ.α.

Συνήθως, η αφασία του Broca εμποδίζει ένα άτομο από τη διαμόρφωση δικών του κατανοητών λέξεων ή φράσεων, αλλά του επιτρέπει να κατανοεί τους άλλους όταν μιλούν. Συχνά, τα άτομα με αφασία Broca απογοητεύονται επειδή δεν μπορούν να μετατρέψουν τις σκέψεις τους σε λέξεις. Μερικοί τύποι αφασικών ασθενών χρησιμοποιούν λίγα λόγια για να επικοινωνούν, με ένα χαρακτηριστικό τύπο της ομιλίας γνωστή ως τηλεγραφική ομιλία.

Τα άτομα με αφασία Broca εμφανίζουν συνήθως τα ακόλουθα σημεία και συμπτώματα:

1. αργή και διακεκομμένη ομιλία

2. δυσκολία στην έκφραση ορισμένων λέξεων, όπως ονόματα αντικειμένων, τοποθεσιών ή ανθρώπων
3. το περιεχόμενο της ομιλίας τους συνήθως συρρικνώνεται σε απλά στοιχεία και περιέχει μόνο βασικά ουσιαστικά και ρήματα
4. η ικανότητα γραφής τους συχνά επηρεάζεται κατά παρόμοιο τρόπο

Πρόσθετα συμπτώματα που δεν συνδέονται άμεσα με την ομιλία και τη γλώσσα, αλλά που μπορούν να εμφανιστούν σε άτομα με αφασία Broca περιλαμβάνουν:

1. αδυναμία ελέγχου των μυών του προσώπου και των άκρων
2. αδυναμία στη μία πλευρά του σώματός τους (συνήθως στη δεξιά πλευρά)

### **2.4.2 Αφασία Wernicke**

Η αφασία του Wernicke πήρε το όνομά της από το πρόσωπο που ανακάλυψε τις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για την κατανόηση της γλώσσας. Οι άνθρωποι με αφασία του Wernicke δεν μπορούν να κατανοήσουν τους άλλους, ή ακόμα και τον εαυτό τους, όταν μιλούν. Η βλάβη βρίσκεται στην περιοχή Wernicke και επεκτείνεται και στην άνω περιοχή του κροταφικού λοβού καθώς και προς τα κάτω, (συμμετοχή ακουστικών συνειρμικών περιοχών ή αποσύνδεσή τους από τον πρωτογενή ακουστικό φλοιό -έλικες Heschl).[8]

Ένα άτομο με αφασία του Wernicke θα εμφανίζει συνήθως τα ακόλουθα σημεία και συμπτώματα:

1. Μπορεί να είναι σε θέση να μιλάει άπταιστα και να χρησιμοποιεί μεγάλες προτάσεις, αλλά ο λόγος του δεν έχει νόημα και συχνά περιλαμβάνει ανόητες λέξεις. Για παράδειγμα, το άτομο θα μπορεί να πει «Αυτό ήταν ακριβώς όπως ο καιρός για την επόμενη εβδομάδα, όταν το δόλωμα». Αντιμετωπίζει την ίδια δυσκολία όταν προσπαθεί να γράψει.
2. Μπορεί να δυσκολεύεται να κατανοήσει τι λένε οι άνθρωποι και τι σημαίνουν οι γραπτές λέξεις.

3. Συχνά δεν συνειδητοποιεί ότι έχει δυσκολία στην κατανόηση, και δεν μπορεί να καταλάβει γιατί οι άνθρωποι δεν μπορούν να τον κατανοήσουν. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές και έντονο κατά τα αρχικά στάδια της πάθησης, και μπορεί να είναι απογοητευτικό για αυτούς, και να τους οδηγήσει σε κατάθλιψη ή παράνοια.

Πρόσθετα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν:

1. μερική απώλεια της όρασης
2. δυσκολίες με τις αριθμητικές πράξεις, όπως πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό ή διαίρεση αριθμών
3. δυσκολίες με χωρικό προσανατολισμό, δηλαδή την ικανότητα να κρίνει με ακρίβεια πού βρίσκεται σε σχέση με άλλα αντικείμενα
4. απώλεια του εκούσιου ελέγχου των άκρων.
- 5.

### **2.4.3 Σφαιρική αφασία (global or total)**

Η σφαιρική αφασία αποτελεί τη πιο σοβαρή μορφή αφασιών και συνήθως εμφανίζεται αμέσως μετά από ένα εγκεφαλικό επεισόδιο, από ύπαρξη όγκου στη περιοχή ή από επιληπτική κρίση - όπου έχουν δημιουργηθεί εκτεταμένες ζημιές σε μεγάλο τμήμα της γλωσσικής περιοχής του εγκεφάλου, περιλαμβανομένων και των περιοχών Broca & Wernicke. Ένα άτομο με ολική αφασία χάνει σχεδόν όλη τη λειτουργία της γλώσσας και έχει μεγάλη δυσκολία κατανόησης του λόγου, καθώς επίσης δυσκολεύεται και στη δημιουργία λέξεων και φράσεων. Το πιο πιθανό είναι αυτά τα άτομα να είναι σε θέση να παράγουν μερικές αναγνωρίσιμες λέξεις, να καταλαβαίνουν λίγο ή καθόλου προφορικό λόγο, και να είναι μην είναι σε θέση να διαβάσουν ή να γράψουν.



Πρόσθετα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν:

1. παράλυση της δεξιάς πλευράς του σώματος
2. μερική απώλεια της όρασης
3. απώλεια του εκούσιου ελέγχου των άκρων τους
4. προβλήματα προφοράς ορισμένων ήχων και λέξεων που οφείλονται σε δυσκολίες στον έλεγχο του στόματος, της γλώσσας και του λάρυγγα.

## **2.5 Σύνδρομα αποσύνδεσης**

### **2.5.1 Αφασία αγωγής**

Η αφασία αγωγής έχει αρκετά κοινά σημεία με την αφασία Wernicke ως προς την ευφράδεια, την παραφασία, την διαταραχή επανάληψης και την δυνατή ανάγνωση και τη γραφή, ενώ η ευχέρεια στην παραγωγή γλώσσας είναι μειωμένη σε σχέση με τους ασθενείς με αφασία Wernicke. Στους ασθενείς με αφασία αγωγής υπάρχει επίγνωση της διαταραχής και για αυτό προσπαθούν να μειώνουν τα πολλά φωνημικού τύπου παραφασικά λάθη.[7]

Σε αυτή τη μορφή αφασίας, η βλάβη τυπικά παρατηρείται στην τοξοειδή δεσμίδα και σε κάκωση της υπερχειλίας έλικας του αριστερού βρεγματικού λοβού. Κύριο αίτιο είναι η απόφραξη του ανιόντος βρεγματικού κλάδου της μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας. Ο ασθενής μπορεί να είναι σε θέση να εκφραστεί αρκετά καλά, με ορισμένα μόνο ζητήματα στην εύρεση συγκεκριμένων λέξεων και η κατανόηση μπορεί να είναι λειτουργική. Ωστόσο, ο ασθενής παρουσιάζει σημαντική δυσκολία στην επανάληψη φράσεων, κυρίως όταν αυξάνεται το μήκος και η πολυπλοκότητα των φράσεων με αποτέλεσμα να μπερδεύεται με τις λέξεις που προσπαθεί να προφέρει. Αυτό το είδος της αφασίας είναι αρκετά σπάνιο.[7]

## 2.5.2 Κατονομαστική αφασία (anomic)

Η κατονομαστική αφασία αποτελεί μια ήπιας μορφής αφασία. Η βλάβη εντοπίζεται στον οπίσθιο κροταφικό λοβό ή στη μέση κροταφική έλικα, εκεί που διακόπτονται οι συνδέσεις ανάμεσα στις αισθητηριακές γλωσσικές περιοχές και τις υποκάμπιες, που ενέχονται στη μνήμη και μάθηση, συνήθως λίγο πιο πίσω από την περιοχή Wernicke και σχετικά βαθιά μεταξύ της οπίσθιας μοίρας της άνω και κάτω κροταφικής έλικας και της γωνιώδους έλικας.

Το πιο σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι πάσχοντες είναι η εύρεση λέξεων, κάνοντας χρήση γενικών υποκατάστατων λέξεων σε δηλώσεις, όπως μη ειδικά ουσιαστικά και αντωνυμίες (π.χ., "πράγμα"), ή κάνοντας περίφραση, όπου ο ασθενής περιγράφει την επιθυμητή λέξη. Οι ασθενείς είναι διστακτικοί και βραδείς όταν μιλούν με πλήρη επίγνωση της δυσκολίας τους. Συχνά χρησιμοποιούν μακριές φρασεολογίες για να πουν αυτά που θέλουν. [8]

Η κατανόηση και η επανάληψη των λέξεων και των προτάσεων είναι συνήθως καλή. Ωστόσο, το άτομο δεν μπορεί πάντα να αναγνωρίσει αν μια λέξη που έχει εκφράσει με επιτυχία είναι η σωστή λέξη που βγάζει νόημα σε αυτό που θέλει να εκφράσει, και αυτό υποδεικνύει ότι υπάρχει κάποια δυσκολία με την αναγνώριση λέξεων.

## 2.5.3 Αμιγής λεκτική κώφωση

Περιγράφηκε το 1885 από τον Lichtheim. Η βλάβη βρίσκεται σε αμφοτέρα τα ημισφαίρια, στο μέσο τριτημόριο άνω κροταφικών ελίκων, σε μια θέση όπου διακόπτονται οι συνδέσεις ανάμεσα στον πρωτογενή ακουστικό φλοιό και στις συνειρμικές περιοχές του άνω-οπισθίου τμήματος του κροταφικού φλοιού. Σπανίως, αμιγής λεκτική κώφωση παρατηρείται σε ετερόπλευρες βλάβες στο επικρατητικό ημισφαίριο. Η διαταραχή της ακουστικής αντίληψης και επανάληψης και της ικανότητας γραφής καθ' υπαγόρευση προεξάρχουν σε αυτή της μορφής αφασίας, ενώ η αυθόρμητη γραφή και η ικανότητας αντίληψης γραπτού λόγου διατηρούνται. Οι ασθενείς δίνουν την εντύπωση ότι είναι κωφοί. Ωστόσο, οι ακοομετρικές δοκιμασίες δεν αποκαλύπτεται ακουστικό έλλειμμα. Το σύνδρομο δεν είναι αμιγές καθώς

μπορούν να βρεθούν άλλα στοιχεία αφασίας Wernicke ή να εμφανίζεται κατά τη βελτίωση αφασίας Wernicke.

#### **2.5.4 Αμιγής λεκτική βωβότης (pure word mutism, αμιγής κινητική αφασία του Dejerine)**

Σε αυτή τη μορφή αφασίας, η ικανότητα ομιλίας χάνεται ενώ η ικανότητα γραφής διατηρείται. Ο προφορικός και γραπτός λόγος παραμένουν κατανοητοί. Υπάρχει βωβότητα με ανεπηρέαστη την εσωτερική ομιλία και την γραφή. Χαρακτηριστικά, η γλώσσα αποκαθίσταται σε αυτή την διαταραχή. Η βλάβη εντοπίζεται στον κυρίαρχο μετωπιαίο λοβό, χωρίς να έχει καθοριστεί πλήρως η ανατομική βάση. Αυτό που συμβαίνει είναι μια αποσύνδεση του κινητικού φλοιού της ομιλίας από τα κατώτερα κέντρα. Μπορεί να συνυπάρχει ημιπάρεση.

#### **2.5.5 Διαφλοιώδεις αφασίες- απομόνωση περιοχών του λόγου**

Στις αιτίες των διαφλοιωδών αφασιών περιλαμβάνονται έμφρακτα στις ζώνες οριακής αιμάτωσης της πρόσθιας και μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας, όπως συμβαίνει μετά από καρδιακή παύση. Οι ασθενείς με διαφλοιώδη αφασία δε μπορούν να γράψουν και να διαβάσουν με κατανόηση γιατί υπάρχει βαριά διαταραχή της οπτικής και ακουστικής αντίληψης των λέξεων. Είναι ωστόσο δυνατή η επανάληψη λέξεων οι οποίες όμως δε γίνονται κατανοητές. Η διαφλοιώδης αφασία χωρίζεται σε 3 κατηγορίες:

1. στην κινητική, κατά την οποία η γλωσσική παραγωγή είναι ιδιαίτερα διαταραγμένη, αλλά διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα η γλωσσική κατανόηση. Τέτοια αφασία συναντούμε σε μετωπιαίες βλάβες και βλάβες των βασικών γαγγλίων
2. στην αισθητηριακή, κατά την οποία υπάρχει έλλειμμα στην γλωσσική αντίληψη, αλλά η γλωσσική παραγωγή επιτυγχάνεται έστω και με πληθώρα παραφασιών. Τη συναντούμε σε μεταβολικές εγκεφαλοπάθειες και σε έσω μετωποβρεγματικές, καθώς και κροταφικές και θαλαμικές βλάβες

- στη μικτή, κατά την οποία είναι σχεδόν αδύνατη τόσο η γλωσσική κατανόηση όσο και η γλωσσική παραγωγή αλλά παραμένει ανέπαφη η ικανότητα επανάληψης των λέξεων.

### **2.5.5.1 Διαφλοιώδης αισθητική αφασία**

Στη διαφλοιώδη αισθητική αφασία, ο πάσχοντας εμφανίζει αδυναμία ακουστικής και λεκτικής αντίληψης. Η γραφή και η ανάγνωση καθίστανται αδύνατες. Η ομιλία είναι ευχερής με παραφασίες, κατονομαστική αφασία, και κενό λόγο. Διαφοροδιάγνωση από την αφασία αγωγής και την αφασία του Wernicke, γίνεται καθώς στη διαφλοιώδη αισθητική αφασία διατηρείται η επανάληψη κυρίως των ερωτήσεων, και όχι των απαντήσεων (ηχολαλία) . Η βλάβη εντοπίζεται στην βρεγματο-ινιακή περιοχή με διατήρηση της τοξοειδούς δεσμίδας. Λόγω αυτής της βλάβης η αισθητηριακή πληροφορία δεν φτάνει στα κέντρα ολοκλήρωσης.

### **2.5.5.2 Διαφλοιώδης κινητική (σύνδρομο πρόσθιας απομόνωσης, «δυναμική αφασία του Luria») αφασία**

Σε αυτόν τον τύπο κινητικής αφασίας υπάρχει έλλειψη ροής του λόγου, με αδυναμία πραγματοποίησης κανονικού διαλόγου, παρόμοια με αυτή του Broca. Η διαφλοιώδης αισθητική αφασία πρέπει να διαφοροδιαγνωσθεί από τη λεκτική αλαλία, καθώς στην πρώτη η επανάληψη διατηρείται ακέραια [8]. Το άτομο μπορεί να έχει δυσκολία στο να απαντήσει αυθόρμητα σε μια ερώτηση, αλλά μπορεί να επαναλάβει μεγάλες προτάσεις χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία.

### **2.5.5.3 Υποφλοιώδεις αφασίες (θαλαμικές και ραβδωτοκαψικές)**

Κλινικά μοιάζουν με τις αφασίες Broca & Wernicke. Στη θαλαμική αφασία η βλάβη είναι στον θάλαμο του επικρατούντος ημισφαιρίου. Η θαλαμική αφασία δεν έχει ενιαία κλινικά χαρακτηριστικά- μπορεί να εμφανιστεί ως αλαλία, ως διαταραχή της κατανόησης του λόγου και κατόπιν ως μειωμένη αυθόρμητη ομιλία. Η επανάληψη είναι φυσιολογική.

Στη ραβδωτοκαψική αφασία η βλάβη βρίσκεται στην ραβδωτοκαψική περιοχή του επικρατούντος ημισφαιρίου με επέκταση προς την υποφλοιώδη λευκή ουσία του κροταφικού λοβού. Η αφασική διαταραχή χαρακτηρίζεται από δυσαρθρική, παραφασική ομιλία., με διαταραχές της κατανόησης, της κατονομασίας και της επανάληψης. Συνυπάρχει δεξιά ημιπάρεση. Η αποκατάσταση είναι βραδύτερη της θαλαμικής αφασίας.[8]

## Κεφάλαιο 3 Ανταγωνιστικές λύσεις

---

### 3.1 Εισαγωγή

### 3.2 Ανταγωνιστικές λύσεις

### 3.3 Αρχές λειτουργίας ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος

### 3.3 Τεχνολογία Neurosky

---

## 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαθέσιμες λύσεις, όπως προέκυψαν από την έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε και τις υποδείξεις ασθενών (χρηστών τέτοιων λύσεων) και των θεραπόντων ιατρών.

## 3.2 Ανταγωνιστικές λύσεις

### 3.2.1 Click-N-Type

Το Click-N-Type είναι ένα on-screen εικονικό πληκτρολόγιο το οποίο έχει σχεδιαστεί για να παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε οποιονδήποτε υπολογιστή από άτομα με μια αναπηρία που εμποδίζει την πληκτρολόγηση σε ένα φυσικό πληκτρολόγιο υπολογιστή. Εφ' όσον το άτομο με τα κινητικά προβλήματα μπορεί να ελέγχει ένα ποντίκι, μια οθόνη αφής ή άλλη συσκευή κατάδειξης, το προσαρμοσμένο πληκτρολόγιο λογισμικού επιτρέπει την αποστολή κειμένου σε σχεδόν οποιαδήποτε εφαρμογή των Windows ή του DOS που μπορεί να λειτουργεί μέσα σε ένα παράθυρο. Το εικονικό πληκτρολόγιο Click-N-Type απαιτεί λογισμικό Windows 95/98/ME/NT/2000/XP/Vista/Win-7 ή επόμενο.

### 3.2.2 Camera Mouse

Το Camera Mouse είναι ένα πρόγραμμα που επιτρέπει τον έλεγχο του δείκτη του ποντικιού σε έναν υπολογιστή με Windows μόνο με την κίνηση της κεφαλής του ατόμου. Οι εντολές μπορούν να γίνουν επικεντρώνοντας σε συγκεκριμένο σημείο με το δείκτη του ποντικιού ο οποίος βρίσκεται στην οθόνη. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε για να βοηθήσει τα άτομα με αναπηρίες τα οποία χρησιμοποιούν τον υπολογιστή. Απευθύνεται κυρίως σε άτομα που δεν έχουν αξιόπιστο έλεγχο του χεριού, αλλά τα οποία μπορούν να μετακινήσουν το κεφάλι τους. Χρησιμοποιείται πιο εύκολα για προγράμματα τα οποία δεν απαιτούν εξαιρετική ακρίβεια κινήσεων.

### 3.2.3 Smartnav

Το Πρόγραμμα Smartnav χρησιμοποιεί μια υπέρυθη (IR) κάμερα για την παρακολούθηση των κινήσεων της κεφαλής των ασθενών. Υπέρυθρο φως εκπέμπεται από τα LEDs και αντανακλάται πίσω στο σύστημα απεικόνισης με ανακλαστήρα (3Μ υλικό ασφαλείας). Αυτό αντανακλά το φως το οποίο απεικονίζεται από έναν αισθητήρα CMOS και το σήμα του βίντεο θα περάσει από ηλεκτρονική προεπεξεργασία. Το σήμα βίντεο καθυστερεί κατά ένα επίπεδο αναφοράς και επεξεργάζοντας όλα τα δεδομένα, αποστέλλονται στο μικροελεγκτή USB ώστε να σταλεί στον υπολογιστή για την παρακολούθηση των αντικειμένων. Για να αυξηθεί ο λόγος σήματος προς θόρυβο, τοποθετείται ένα φίλτρο IR που διαπερνά μόνο 800nm και ανωτέρω, μεταξύ του φακού απεικόνισης και του έξω κόσμου.

### 3.2.4 Συνθέτης ομιλίας ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

Ο συνθέτης ομιλίας ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ είναι ένα πολυγλωσσικό (multilingual και polyglot) σύστημα λογισμικού που μετατρέπει οποιοδήποτε κείμενο σε ομιλία και που υποστηρίζει πλήρως την Ελληνική γλώσσα.

Αναπτύχθηκε από τους Γεράσιμο Ξύδα και Γεώργιο Κουρουπέτρογλου του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού και Καποδιστριακού

Πανεπιστημίου Αθηνών και προσφέρεται δωρεάν, υπό ορισμένες, τυπικές μόνο, προϋποθέσεις.

### **3.2.5 Quick Glance**

Το Quick Glance, χρησιμοποιεί μία μικρή κάμερα η οποία τοποθετείται πάνω στην οθόνη του υπολογιστή και εστιάζει στο μάτι του χρήστη. Με τη βοήθεια της κάμερας αυτής, το πρόγραμμα παρακολουθεί το βλέμμα του χρήστη και τοποθετεί έναν δείκτη που ονομάζεται «δείκτης (ή κέρσορας) προσήλωσης βλέμματος» στο σημείο της οθόνης ακριβώς όπου κοιτάει ο χρήστης. Η ενέργεια που αντιστοιχεί στην επιλογή ή κλικ του ποντικιού, επιτυγχάνεται με μια αργή κίνηση κλεισίματος και ανοίγματος των ματιών.

### **3.2.6 Head Tracking Mouse**

Η τεχνολογία ιχνηλασίας του κεφαλιού (head tracking technology) ασχολείται με την μετάδοση ενός υπέρυθρου σήματος στο πάνω μέρος της οθόνης του υπολογιστή και με την ιχνηλασία ενός μικροσκοπικού ανακλαστήρα ο οποίος είναι συνημμένος στο μέτωπο ή στα γυαλιά του χρήστη. Ένα υποκατάστατο του ποντικιού όπως είναι αυτό, επιτρέπει στο χρήστη να ελέγχει την κίνηση του κέρσορα χρησιμοποιώντας μόνο την κίνηση του κεφαλιού. Αφού έχει γίνει πρώτα μια ρύθμιση και μια βαθμονόμηση, η κίνηση του κεφαλιού αντιστοιχεί στο πού θα ταξιδεύει ο επί της οθόνης δείκτης. Έτσι, γυρνώντας το κεφάλι αριστερά ή δεξιά, καθορίζουμε στο ποντίκι να κινηθεί αριστερά ή δεξιά αντίστοιχα. Ενώ, γυρνώντας το κεφάλι προς τα κάτω ή προς τα πάνω, καθορίζουμε στο ποντίκι να κινηθεί στο κάτω ή στο πάνω μέρος της οθόνης αντίστοιχα.

Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι το συγκεκριμένο υποκατάστατο του ποντικιού παρέχει μόνο τον έλεγχο της κίνησης του ποντικιού και όχι άλλες λειτουργίες που εκτελεί το ποντίκι, όπως είναι το κλικ και το σύρσιμο για την επιλογή, για παράδειγμα, αντικειμένων στην οθόνη. Για αυτές τις τελευταίες ενέργειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάποια υποστηρικτικά προγράμματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων προγραμμάτων αποτελεί το Dwell Select, το οποίο αντιστοιχίζει τον χρόνο



που ο δείκτης μένει ακίνητος στην οθόνη (πχ 1 δευτερόλεπτο, 2 δευτερόλεπτα κλπ) σε συγκεκριμένες λειτουργίες του ποντικιού.

Οι χρήστες που θα μπορούσαν να επωφεληθούν αυτής της συσκευής είναι τα άτομα εκείνα που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν το παραδοσιακό χειροκίνητο ποντίκι, ή ακόμα και οποιοσδήποτε επιθυμεί μία "hands-free" διασύνδεση υπολογιστή.

### **3.2.7 Sip-N-Puff Joystick**

Τα τετραπληγικά άτομα μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτό το σύστημα ώστε να εξομοιώσουν την κίνηση του ποντικιού και διάφορα χαρακτηριστικά του όπως το κλικ. Η συσκευή αυτή είναι ένα διαφορετικό joystick το οποίο πρόκειται για μία μικρή ράβδο, την οποία ο χρήστης χρησιμοποιεί με το στόμα. Οι κινήσεις της ράβδου από το χρήστη καθορίζουν την πορεία του δείκτη στην οθόνη, ενώ το κλικ των κουμπιών του ποντικιού πραγματοποιείται με τα «ρουφήγματα» και τα «φυσήματα» (από τα οποία προήλθε και η ονομασία του συστήματος) που κάνει ο χρήστης με τη ράβδο.

### **3.2.8 Εξομοιωτές πληκτρολογίων**

Οι εξομοιωτές πληκτρολογίων (keyboard emulators) είναι λογισμικά που παρέχουν τη διασύνδεση ενός πληκτρολογίου, πάνω στην οθόνη του υπολογιστή και προσφέρονται για χρήστες οι οποίοι αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν το συνηθισμένο πληκτρολόγιο. Με ένα πρόγραμμα εξομοίωσης πληκτρολογίου, ο χρήστης βλέπει και χρησιμοποιεί το πληκτρολόγιο στην οθόνη του, χρησιμοποιώντας μία συσκευή εισόδου η οποία δείχνει στην επιλογή του χρήστη, όπως είναι για παράδειγμα το light pen. Ένα παράδειγμα εξομοιωτή πληκτρολογίου είναι το πρόγραμμα Onscreen Keyboard, το οποίο χρησιμοποιεί μία αρχή που συναντάται στα πολεμικά αεροσκάφη, στα ελικόπτερα, στα τανκς και σε κάποια ιδιωτικά αυτοκίνητα. Η αρχή αυτή ονομάζεται "Heads Up Display", και βασικός σκοπός της είναι να διατηρείται η προσοχή και η συγκέντρωση του χρήστη επικεντρωμένη σε ένα μόνο σημείο, την οθόνη. Το Onscreen Keyboard χρησιμοποιεί την αρχή αυτή προκειμένου να

ελαχιστοποιήσει το «μπέρδεμα» που προκαλείται από τις συνεχείς εναλλαγές της εστίασης του οπτικού πεδίου του χρήστη από την οθόνη στο πληκτρολόγιο και αντίστροφα.

### **3.3 Αρχές λειτουργίας ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος**

#### **3.3.1 Βασική Θεωρία Βιοσημάτων**

Ο όρος *βιοσήμα* ορίζεται ως οποιοδήποτε σήμα το οποίο μετριέται και παρακολουθείται σε ένα βιολογικό ον, αν και συνήθως χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα ηλεκτρικά βιοσήματα που παράγονται από τους ζωντανούς οργανισμούς. Τα ηλεκτρικά βιοσήματα (βιο-ηλεκτρικά σήματα) είναι τα ηλεκτρικά ρεύματα που δημιουργούνται από τις διαφορές ηλεκτρικού δυναμικού σε ένα σύστημα ιστών, οργάνων ή κυττάρων όπως είναι το νευρικό σύστημα. [3]

Τυπικά βιο-ηλεκτρικά σήματα είναι το ΗΚΓ (ηλεκτροκαρδιογράφημα), το ΗΜΓ (ηλεκτρομυογράφημα), το ΗΕΓ (ηλεκτροεγκεφαλογράφημα) και το ΗΟΓ (Ηλεκτροοφθαλμογράφημα). Το GSR (Galvanic Skin Response - γαλβανική αντίδραση του δέρματος) και το HRV (Heart Rate Variability) μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως βιο-ηλεκτρικά σήματα, παρόλο που δεν μετρούνται απευθείας από τη διαφορά του ηλεκτρικού δυναμικού.

Το «νευροσήμα» αναφέρεται σε ένα σήμα που σχετίζεται με τον εγκέφαλο. Μια κοινή προσέγγιση για την απόκτηση πληροφοριών για τα νευροσήματα αποτελεί το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), το οποίο είναι μια μέθοδος μέτρησης και καταγραφής νευροσημάτων χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής.

### 3.3.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

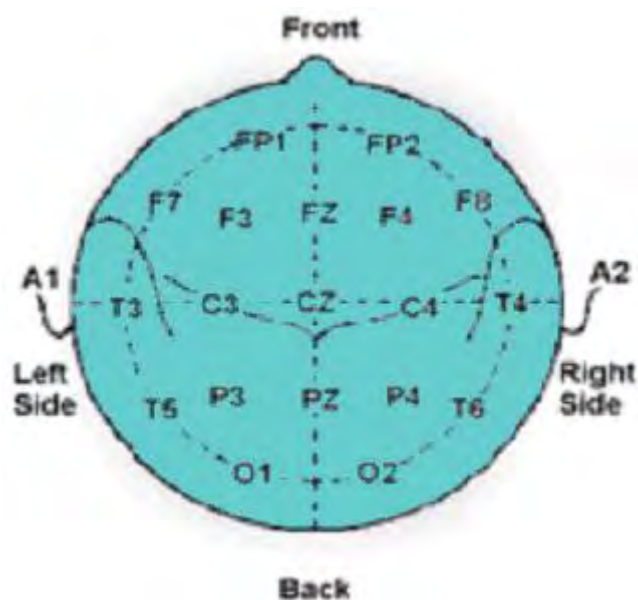
Ένα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG-HEΓ) είναι η πραγματική ηλεκτρική δραστηριότητα που παράγεται από τον εγκέφαλο. Σε γενικές γραμμές, το HEΓ επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής με ένα αγώγιμο τζελ. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο, υπάρχουν εκατομμύρια νευρώνες, καθένας από τους οποίους παράγει μικρή ηλεκτρική τάση πεδίου. Το άθροισμα αυτών των ηλεκτρικών τάσεων πεδίου δημιουργεί ένα ηλεκτρικό ανάγνωσμα που ηλεκτρόδια τα οποία είναι τοποθετημένα στο τριχωτό της κεφαλής είναι σε θέση εντοπίσουν και να τα καταγράφουν. [3]

Επομένως, το HEΓ είναι η υπέρθεση πολλών απλούστερων σημάτων. Το πλάτος ενός σήματος HEΓ τυπικά κυμαίνεται από 1  $\mu\text{V}$  περίπου έως 100  $\mu\text{V}$  σε ένα φυσιολογικό ενήλικα, και είναι περίπου 10 έως 20 mV όταν μετρείται με ηλεκτρόδια υποσκληριδίου, όπως τα ηλεκτρόδια βελόνας.

Ο FFT (Fast Fourier Transform) είναι μια μαθηματική διαδικασία που χρησιμοποιείται στην ανάλυση HEΓ με σκοπό να ερευνηθεί η σύνθεση ενός HEΓ σήματος. Επειδή ο FFT μετατρέπει ένα σήμα από το πεδίο του χρόνου μέσα στο πεδίο των συχνοτήτων, μπορούν να παρατηρηθούν κατανομές συχνότητας του HEΓ. Η κατανομή συχνοτήτων του HEΓ είναι πολύ ευαίσθητη στην ψυχική και συναισθηματική κατάσταση, καθώς και στη θέση του ηλεκτροδίου(ων).

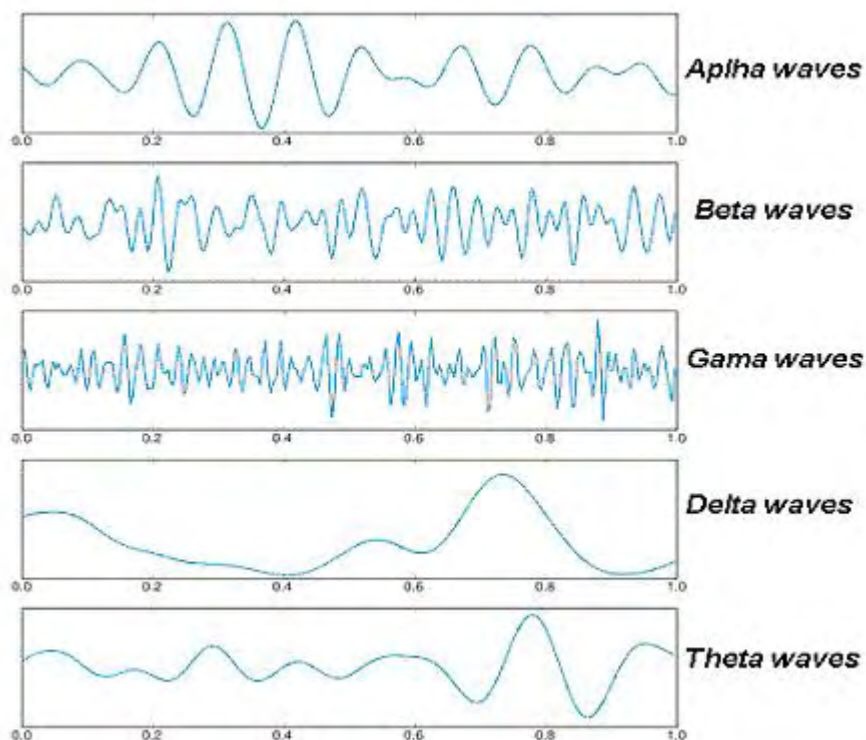
Δύο τύποι σύνθετων εικόνων (μοντάζ) HEΓ χρησιμοποιούνται: οι μονοπολικές και οι διπολικές. Το μονοπολικό μοντάζ συλλέγει σήματα στο ενεργό κέντρο και τα συγκρίνει με ένα κοινό ηλεκτρόδιο αναφοράς. Το κοινό ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι σε θέση έτσι ώστε δεν θα πρέπει να επηρεάζεται από άλλη εγκεφαλική δραστηριότητα. Το κύριο πλεονέκτημα του μονοπολικού μοντάζ είναι ότι το κοινό σημείο αναφοράς επιτρέπει την έγκυρη σύγκριση των σημάτων σε πολλά διαφορετικά ζεύγη ηλεκτροδίων. Τα μειονεκτήματα του μονοπολικού μοντάζ περιλαμβάνουν την έλλειψη ιδανικού τόπου αναφοράς, παρότι συνήθως χρησιμοποιούνται οι λοβοί των αυτιών. Επιπλέον, τα σήματα από ΗΜΓ και ΗΚΓ μπορούν να υπάρξουν στο μονοπολικό μοντάζ. Το διπολικό μοντάζ συγκρίνει τα σήματα μεταξύ των δύο ενεργών περιοχών του τριχωτού της κεφαλής. Κάθε δραστηριότητα κοινή με αυτές των περιοχών αφαιρείται, έτσι ώστε να καταγράφεται μόνο η διαφορά στη δραστηριότητα. Επομένως, είναι πιθανό και αναμενόμενο κάποια πληροφορία χάνεται με αυτό το μοντάζ.

Το διεθνές σύστημα 10-20 χρησιμοποιείται ως πρότυπη ονομασία και σύστημα εντοπισμού θέσης για τις μετρήσεις των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων . Το αρχικό σύστημα 10-20 περιλάμβανε μόνο 19 ηλεκτρόδια . Αργότερα , έγιναν επεκτάσεις έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθούν έστω και 70 ηλεκτρόδια σε καθορισμένες θέσεις . Γενικά, ένα από τα ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται ως η θέση αναφοράς , συχνά στο λοβό του αυτιού ή στη θέση μαστοειδούς.



Σχήμα 1: Διεθνές σύστημα 10-20

Το ΗΕΓ γενικά περιγράφεται από όρους του εύρους συχνότητας. Το πλάτος του ΗΕΓ δείχνει μια μεγάλη αντιμετώπιση της μεταβλητότητας, ανάλογα με την εξωτερική διέγερση, καθώς και εσωτερικές ψυχικές καταστάσεις. Δέλτα, θήτα, άλφα, βήτα και γάμμα είναι τα ονόματα των διαφορετικών ευρών συχνοτήτων (εγκεφαλικών κυμάτων) ΗΕΓ που σχετίζονται με διάφορες εγκεφαλικές καταστάσεις, όπως περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα και στον παρακάτω πίνακα.



Brainwave Type	Frequency range	Mental states and conditions
Delta	0.1 Hz to 3Hz	Deep, dreamless sleep, non-REM sleep, unconscious
Theta	4Hz to 7Hz	Intuitive, creative, recall, fantasy, imaginary, dream
Alpha	8Hz to 12Hz	Relaxed, but not drowsy, tranquil, conscious
Low Beta	12Hz to 15Hz	Formerly SMR, relaxed yet focused, integrated
Midrange Beta	16Hz to 20Hz	Thinking, aware of self & surroundings
High Beta	21Hz to 30Hz	Alertness, agitation
Gamma	30Hz to 100Hz	Motor Functions, higher mental activity

Σχήμα 2: Εύρη συχνοτήτων (εγκεφαλικών κυμάτων) ΗΕΓ που σχετίζονται με διάφορες εγκεφαλικές καταστάσεις

### 3.4 Τεχνολογία Neurosky - ThinkGear

Τα εγκεφαλικά κύματα είναι μικροσκοπικά ηλεκτρικά ερεθίσματα που απελευθερώνονται όταν ενεργοποιούνται οι νευρώνες του εγκεφάλου. Το σύστημα διεπαφής του NeuroSky τεχνολογίας Brain-Computer Interface (BCI) λειτουργεί με την παρακολούθηση των εν λόγω ηλεκτρικών ερεθισμάτων με έναν αισθητήρα μετώπου. Τα νευρικά σήματα εισέρχονται μέσω του τσιπ ThinkGear, και ερμηνεύονται με τους κατοχυρωμένους αλγόριθμους Attention and Meditation. Τα μετρημένα ηλεκτρικά σήματα και τα πλέον ερμηνευμένα εμφανίζονται ως ψηφιακά

μηνύματα στον υπολογιστή, το παιχνίδι, ή τη κινητή συσκευή, η οποία επιτρέπει στο χρήστη να δει τα εγκεφαλικά κύματα στην οθόνη, ή να τα χρησιμοποιήσει για να επηρεάσει ή να αλλάξει τη συμπεριφορά της συσκευής.[3]

Η Τεχνολογία που χρησιμοποιεί το Neurosky, επιτρέπει τη σχετικά οικονομική έρευνα σε σχέση με τα ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, χρησιμοποιώντας στεγνούς αισθητήρες. Άλλοι και παλαιότεροι ηλεκτροεγκεφαλόγραφοι απαιτούν για τη χρήση τους, την εφαρμογή ενός αγωγίμου ειδικού τζελ μεταξύ του αισθητήρα και του μετώπου. Το συγκεκριμένο σύστημα διαθέτει και ενσωματωμένο λογισμικό και υλικό το οποίο μειώνει τον ηλεκτρικό θόρυβο που παράγεται από τα σήματα, καθώς επίσης χρησιμοποιεί και ενσωματωμένες λύσεις σε μορφή τσιπ, για την επεξεργασία σημάτων και την έξοδό τους.

Το NeuroSky λειτουργεί κυρίως ως ένας κατασκευαστής πρωτότυπου εξοπλισμού ή εν συντομία ΚΠΕ (original equipment manufacturer ή OEM στα αγγλικά), σε συνεργασία με τη βιομηχανία, με προγραμματιστές, και με διάφορα ερευνητικά ιδρύματα ώστε να αναπτύξουν την τεχνολογία στα δικά τους προϊόντα και συστήματα, όπως ακριβώς έγινε και στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής έρευνας. Όταν το NeuroSky κυκλοφόρησε προϊόντα που απευθύνονται κατευθείαν σε καταναλωτές, όπως το MindSet και το MindWave, φρόντισε να είναι κυρίως σχεδιασμένα για μέγιστη ευελιξία στη χρήση μέσω τρίτων αλλά και για χρήση σε περιεχόμενο και εφαρμογές ανοιχτού κώδικα.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένους νευρώνες, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Τα πρότυπα αλληλεπίδρασης μεταξύ αυτών των νευρώνων εκπροσωπούνται ως σκέψεις και συναισθηματικές καταστάσεις. Κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ των νευρώνων δημιουργεί μια μικροσκοπική ηλεκτρική αποφόρτιση. Αυτές οι φορτίσεις και αποφορτίσεις είναι αδύνατο να μετρηθούν έξω από το κρανίο. Ωστόσο, η δραστηριότητα που δημιουργείται από τις εκατοντάδες χιλιάδες ταυτόχρονες αποφορτίσεις συναθροίζονται σε κύματα τα οποία μπορούν πλέον να μετρηθούν.[3]

Οι διαφορετικές καταστάσεις του εγκεφάλου έχουν ως αποτέλεσμα τα διαφορετικά μοντέλα που προκύπτουν από τη μετατροπή των νευρικών αντιδράσεων. Αυτά τα μοτίβα οδηγούν σε κύματα τα οποία χαρακτηρίζονται από διαφορετικά εύρη και συχνότητες. Για παράδειγμα, τα κύματα μεταξύ 12 και 30 hertz, τα κύματα Βήτα, συνδέονται με τη συγκέντρωση, ενώ τα κύματα μεταξύ 8 και 12 hertz, ή αλλιώς κύματα Άλφα, συνδέονται με την χαλάρωση και μια κατάσταση ψυχικής ηρεμίας.

[12] Η συστολή των μυών συνδέεται επίσης με μοναδικά σχέδια κυμάτων, για αυτό το λόγο, πολλές συσκευές απομονώνουν αυτά τα μοτίβα και αναγνωρίζουν τις κινήσεις.

Όλες οι ηλεκτρικές δραστηριότητες παράγουν κύματα (ακόμη και οι λάμπες), συνεπώς όλες οι ηλεκτρικές συσκευές δημιουργούν σε κάποιο βαθμό θόρυβο από το περιβάλλον. Αυτός ο θόρυβος παρεμβαίνει στα κύματα τα οποία προέρχονται από τον εγκέφαλο, και για αυτό το λόγο, οι περισσότερες συσκευές ηλεκτροεγκεφαλογράφων θα εμφανίσουν μετρήσεις, ακόμη και αν δεν είναι συνδεδεμένοι στο κεφάλι κάποιου ανθρώπου. Η μέτρηση της εγκεφαλικής αυτής δραστηριότητας μέσω των κυμάτων μπορεί να παρομοιαστεί σε δυσκολία, της προσπάθειας κατανόησης μιας συζήτησης σε μία δυνατή συναυλία. Στο παρελθόν, οι συσκευές εγκεφαλογραφημάτων μπορούσαν να παρακάμψουν αυτό το πρόβλημα με τη μέτρηση των σημάτων αυτών σε περιβάλλοντα όπου η ηλεκτρική δραστηριότητα ελέγχεται αυστηρά και αυξάνοντας την ισχύ του σήματος των στοιχείων που προέρχονταν από τον εγκέφαλο, μέσω της εφαρμογής ενός αγωγίμου υλικού διαλύματος.

Ωστόσο, οι περισσότεροι άνθρωποι δεν έχουν δωμάτια στο σπίτι τους τα οποία να μην έχουν ηλεκτρικές συσκευές, όπως επίσης, δεν θέλουν να χρησιμοποιούν το αγωγίμο τζελ κάθε φορά που θέλουν να χρησιμοποιήσουν μία συσκευή με διεπαφή εγκεφάλου-υπολογιστή. Το Neurosky έχει αναπτύξει πολύπλοκους αλγορίθμους που έχει ενσωματώσει στις συσκευές τους, οι οποίοι φιλτράρουν και απομονώνουν αυτόν τον θόρυβο.

Η τεχνολογία ThinkGear που χρησιμοποιεί το Neurosky, έχει ελεγχθεί και αποδειχθεί ότι είναι 96% ακριβής όσο οι συσκευές ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σε ερευνητικό επίπεδο. Το Neurosky διαθέτει για ερευνητικούς σκοπούς και αισθητήρες που δεν απαιτούν την άμεση επαφή. Αυτά είναι ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στεγνά και μπορούν να μετρήσουν τα εγκεφαλικά κύματα με απόσταση μερικών χιλιοστών από το κρανίο. Έτσι, μπορούν εύκολα να φορεθούν πάνω από το τριχωτό της κεφαλής.

Αυτοί οι αισθητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται και στη πτυχιακή εργασία, είναι μια σημαντική τεχνολογική επανάσταση και είναι οι πρώτοι και μοναδικοί οι οποίοι δεν απαιτούν άμεση επαφή που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα.

- **Neural Impulse Actuator** (Ιούλιος, 2008). Αυτή η συσκευή είχε βγει στην αγορά για περίπου 100 δολάρια το 2008, και χρησιμοποιούσε ηλεκτρομυογράφημα αντί ηλεκτροεγκεφαλογράφημα που χρησιμοποιεί το σύστημά μας.
- **Emotiv Systems** Η συσκευή του Emotiv Systems είναι στην αγορά και πωλείται σε τιμή 299 δολάρια. Ενώ χρησιμοποιεί περισσότερα ηλεκτρόδια, δεν είναι δυνατή η χρήση του χωρίς την εφαρμογή ενός αλατούχου διαλύματος στα επιθέματα που είναι συνδεδεμένα με τα ηλεκτρόδια. Αυτή η συσκευή έχει ελάχιστα προϊόντα και λογισμικά που συνδέονται με αυτή, αλλά όλα αυτά είναι ανώτερης ποιότητας και αξιοπιστίας όσον αφορά την σταθερότητα και την διεπαφή χρήστη.



## Κεφάλαιο 4 Ανάλυση απαιτήσεων

---

4.1 Εισαγωγή

4.2 Απαιτήσεις συστήματος

4.3 Απαιτήσεις συστήματος

4.4 Απαιτήσεις χρηστών

---

### 4.1 Εισαγωγή

Πρωταρχικό βήμα στην ανάπτυξη λογισμικού είναι η ανάλυση των απαιτήσεων [13], [14]. Σε αυτό το στάδιο καταγράφονται και αναλύονται οι ανάγκες των χρηστών, τις οποίες καλείται να καλύψει το σύστημα. Οι απαιτήσεις διαχωρίζονται στις απαιτήσεις συστήματος και απαιτήσεις χρήστη.

### 4.2 Απαιτήσεις συστήματος

Οι απαιτήσεις του συστήματος αφορούν τις υπηρεσίες που πρέπει να παρέχει το σύστημα. Αυτές οι απαιτήσεις μπορούν να διαχωριστούν σε λειτουργικές και μη λειτουργικές. Οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τις εργασίες (λειτουργίες) που θα πρέπει να εκτελεί το σύστημα και καθορίζουν πως θα αντιδρά το σύστημα σε συγκεκριμένες εισόδους και τη συμπεριφορά του συστήματος σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τους περιορισμούς στις υπηρεσίες και λειτουργίες του συστήματος. Καθορίζουν την επίδοση του συστήματος, τα πρότυπα κτλ.

### **Λειτουργικές απαιτήσεις**

- Προσαρμογή του συστήματος στον χρήστη (μοναδικός χρήστης).
- Αποθήκευση ρυθμίσεων και δεδομένων.
- Προβολή του αλφαβήτου στο χρήστη.
- Πραγματοποίηση επιλογής γράμματος με τη χρήση του MindSet (επιλέχθηκε η λειτουργία eye blinking).
- Επεξεργασία του παραγόμενου κειμένου (διαγραφή τελευταίου χαρακτήρα).
- Ολοκλήρωση συγγραφής κειμένου.
- Ανάγνωση κειμένου.
- Εκπαίδευση νευρωνικού δικτύου.
- Υψηλή μεταφερσιμότητα του συστήματος, ώστε το σύστημα να λειτουργεί ομαλά, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα.

### **Μη λειτουργικές απαιτήσεις**

- Χρόνος απόκρισης σε περίπτωση επεξεργασίας λιγότερος από 5 δευτερόλεπτα.
- Απλή και λιτή εφαρμογή.
- Οι διεπαφές να είναι απλές.
- Περιοχές της οθόνης να διατηρούν σταθερή σχεδίαση, ώστε να μην υπάρχει σύγχυση από την πλευρά του χρήστη.
- Απλή πλοήγηση.
- Αύξηση χρόνου αντίδρασης του συστήματος στα ερεθίσματα του χρήστη, ανάλογα με την συγκέντρωσή του.

### 4.3 Επικοινωνία Ανθρώπου Υπολογιστή

Η αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή (γνωστή και ως επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής) είναι το επιστημονικό πεδίο της πληροφορικής που μελετά την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων (χρηστών) και υπολογιστών. Η επιστήμη της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή αποτελεί το σύνολο διάφορων γνωστικών υποβάθρων όπως της πληροφορικής, της βιομηχανίας, της κοινωνικής και γλωσσικής ψυχολογίας και πολλών άλλων. Η αλληλεπίδραση μεταξύ χρηστών και υπολογιστών γίνεται στο επίπεδο της διεπαφής χρήστη (user interface), μέσω κατάλληλου λογισμικού και υλικού (software & hardware).

Η αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την εφαρμογή των αλληλεπιδραστικών συστημάτων υπολογισμού για ανθρώπινη χρήση, καθώς και τη μελέτη της απόδοσης αυτών σε διάφορες περιπτώσεις χρήσεων και σε χρήστες διαφορετικών δυνατοτήτων και απαιτήσεων.

Βασικός στόχος της συγκεκριμένης επιστήμης είναι να βελτιωθεί ο τρόπος που επικοινωνεί ο χρήστης και ο υπολογιστής ή άλλες συσκευές μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας σωστή και μελετημένη σχεδίαση εύχρηστων και εργονομικών υπολογιστών και εφαρμογών, φιλικών προς το χρήστη, οι οποίες ικανοποιούν τις ανάγκες και βοηθούν τους χρήστες σε όλες τις περιπτώσεις. Παρέχεται κατανόηση των αναγκών των χρηστών, οδηγίες ορθού σχεδιασμού διεπαφών, μεθόδους αξιολόγησης χρηστικότητας υπολογιστικών συστημάτων και μία βάση γνώσεων για τις διαθέσιμες τεχνολογίες αλληλεπίδρασης.

Συνήθως με την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή ασχολούνται και σχεδιαστές, οι οποίοι μελετούν την πρακτική εφαρμογή μεθοδολογιών σχεδίασης σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου. Η εργασία τους αφορά τον σχεδιασμό γραφικών διεπαφών χρήστη και δικτυακών εφαρμογών.

Ο όρος ευχρηστία αφορά την ιδιότητα ενός χρησιμοποιήσιμου συστήματος, τεχνουργήματος ή συσκευής να είναι εύκολο στη χρήση του. Στο γνωστικό πεδίο της επικοινωνίας ανθρώπου-υπολογιστή ο όρος ευχρηστία (στα ελληνικά αποδίδεται εναλλακτικά και ως χρηστικότητα ή ευχρηστότητα) αναφέρεται σε μία βασική ποιοτική παράμετρο ενός αλληλεπιδραστικού υπολογιστικού συστήματος. Ορισμούς ευχρηστίας περιέχουν διεθνή πρότυπα που αφορούν ποιότητα λογισμικού και επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή. Η ευχρηστία είναι εν γένει επιδιωκτέα ιδιότητα

ενός συστήματος, συσκευής, προϊόντος ή υπηρεσίας και σχετίζεται με την εμπειρία χρήσης του από τους τυπικούς χρήστες. Ο όρος τείνει να καθιερωθεί αντί για την πολυχρησιμοποιημένη και όχι αυστηρά προσδιορισμένη φράση «φιλικότητα προς τον χρήστη».

Η επικοινωνία ανθρώπου υπολογιστή γίνεται μέσω των μονάδων εισόδου και εξόδου του υπολογιστή. Μονάδες εισόδου μπορούν να θεωρηθούν το πληκτρολόγιο, το ποντίκι καθώς και διάφορα συστήματα αναγνώρισης ομιλίας με τα οποία ο χρήστης μπορεί να εισάγει δεδομένα στον υπολογιστή. Στην περίπτωση του δικού μας συστήματος είναι κατά κύριο λόγο το MindSet, επιτρέπεται όμως και η σύνδεση πληκτρολογίου και ποντικιού για διαχειριστικούς λόγους και για λόγους συντήρησης/επιδιόρθωσης. Μονάδες εξόδου κατά κύριο λόγο αποτελούν η οθόνη του υπολογιστή, ο εκτυπωτής, ένας projector αλλά και τα ηχεία. Στην περίπτωσή μας είναι η συσκευή απεικόνισης της φόρμας επικοινωνίας του χρήστη με το σύστημα (οθόνη).

#### **4.3.1 Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη και Άτομα με μειωμένη ικανότητα αντίληψης**

Διεπαφή Χρήστη (user interface) είναι το σύνολο των ενεργειών και υλικών που μεσολαβούν στην επικοινωνία του χρήστη και του υπολογιστή. Τέτοια υλικά μπορούν να είναι το ποντίκι, το μικρόφωνο και όπως αναφέρθηκε, και άλλα συστήματα με τα οποία ο χρήστης εισάγει δεδομένα στον υπολογιστή.

Πλέον, το γραφικό περιβάλλον των εφαρμογών είναι ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια κατά τη δημιουργία τους και παίζει κύριο ρόλο στα ποσοστά χρήσης της κάθε εφαρμογής. Οι χρήστες ζητούν πιο μοντέρνα, ολοκληρωμένα αλλά και απλοποιημένα περιβάλλοντα που θα τους είναι εύκολο και ξεκούραστο να χειρίζονται. Αναζητούν διαφορετικά και ξεχωριστά γραφικά, τα οποία θα είναι εργονομικά, αυξάνοντας τις απαιτήσεις κάθε συστήματος.

Κατά την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας, υπήρξε επικοινωνία με άτομα που χρησιμοποιούν παρόμοια ή προηγούμενα συστήματα επικοινωνίας σε καθημερινή βάση, και έγινε έρευνα σχετικά με την ευχρηστία και τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα του κάθε συστήματος.

Οι ερωτήσεις που κλήθηκαν να απαντήσουν οι χρήστες, οι οποίοι ευγενικά ζήτησαν την ανωνυμία τους, αλλά μας επέτρεψαν να αναφέρουμε τη νόσο που πάσχουν ήταν οι εξής:

- Από ποιά νόσο πάσχετε και πως έχει επηρεάσει την ικανότητα ομιλίας σας;
- Ποιό σύστημα επικοινωνίας χρησιμοποιείτε;
- Πόσο εύκολο ήταν να εκπαιδευτείτε για το σύστημα αυτό;
- Ποιές δυσκολίες αντιμετωπίσατε;
- Τι θα θέλατε να αλλάξετε στο σύστημα επικοινωνίας που χρησιμοποιείτε;
- Πόσο ακριβή ήταν η αγορά του και τι συντήρηση/αναβάθμιση απαιτείται;
- Θα σας ήταν εύκολο να γνωρίσετε και να χρησιμοποιήσετε ένα καινούργιο σύστημα;

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι οι ασθενείς που απάντησαν στην έρευνα ήταν δυστυχώς λίγοι, καθώς στην Ελλάδα δεν είναι διαδεδομένη η χρήση τέτοιων συστημάτων, και πολλοί αδυνατούν να αγοράσουν ένα τέτοιο σύστημα. Επίσης, σε μερικές περιπτώσεις επικοινωνήσαμε μόνο με τους θεράποντες ιατρούς των ασθενών, καθώς η επικοινωνία μαζί τους ήταν πιο εύκολη.

Οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του δικού μας συστήματος επικοινωνίας, ένα καινοτόμο, χρηστικό και οικονομικό λογισμικό.

Κάποια από τα προβλήματα που μας ανέφεραν οι χρήστες άλλων συστημάτων είναι η πολυπλοκότητα του γραφικού περιβάλλοντος. Έτσι, δημιουργώντας ένα απλοποιημένο σύστημα με διεπαφή χρήστη η οποία δεν έχει πολλές διαφορετικές εικόνες και γράμματα, το σύστημά μας γίνεται πιο εύχρηστο για όλες τις βαθμίδες των νευρολογικών ασθενειών.

Οι ασθενείς που πάσχουν από μία εκφυλιστική νόσο, καθώς και αυτοί που πάσχουν από κάποιο είδος καρκίνου ή εγκεφαλικού επεισοδίου το οποίο έχει επηρεάσει τις λειτουργίες του εγκεφάλου και σταδιακά εντείνεται και χειροτερεύει, δεν μπορούν να επεξεργαστούν πολλές πληροφορίες ταυτόχρονα. Με βάση αυτό, και σε συνδυασμό με την έρευνα σε προηγούμενες λύσεις, αποφασίστηκε η δημιουργία ενός απλού στη χρήση λογισμικού που δεν θα απαιτεί ιδιαίτερη εκπαίδευση και δεν διαφοροποιεί σημαντικά τη λειτουργία του ανάλογα με το χρήστη.

## 4.4 Απαιτήσεις χρηστών

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την κατανόηση και καταγραφή των στόχων των χρηστών και των εργασιών που χρειάζεται να εκτελέσουν. Ακολουθεί ανάλυση απαιτήσεων για κάθε κατηγορία χρηστών.

### Απαιτήσεις Διαχειριστή

- Δυνατότητα συντήρησης και αναβάθμισης του συστήματος.

### Απαιτήσεις Χρήστη

- Ένας μοναδικός χρήστης.
- Άμεση προσαρμογή του συστήματος στον χρήστη.
- Προσπέλαση του συστήματος μέσω μιας απλής διεπαφής.
- Προβολή του συντασσόμενου κειμένου στην οθόνη.
- Απλή επεξεργασία του κειμένου.
- Επιλογή μηχανικής ομιλίας.

## Κεφάλαιο 5 Σχεδίαση

---

5.1 Εισαγωγή

5.2 Αρχές σχεδιασμού διεπαφής χρήστη

5.3 Διαγράμματα ροής δεδομένων

5.4 Διάγραμμα χρήσης συστήματος

---

### 5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η σχεδίαση του συστήματος. Θα γίνει αναφορά στις αρχές σχεδιασμού μιας διεπαφής και θα παρατεθούν τα διαγράμματα ροής. Στη συνέχεια θα μελετηθούν οι περιπτώσεις χρήσης του συστήματος.

### 5.2 Αρχές σχεδιασμού διεπαφής χρήστη

Για τη σχεδίαση διεπαφής χρήστη και ειδικότερα μιας ιστοσελίδας η οποία θα αποτελεί τη διεπαφή χρήστη, υπάρχουν κάποιες αρχές οι οποίες θα πρέπει να τηρούνται. Αυτές οι αρχές δεν πρέπει να υποκαθιστούν την ανάλυση απαιτήσεων, αλλά πρέπει να συνδυάζονται με αυτήν, προκειμένου να προχωρήσουμε στο σχεδιασμό της διεπαφής. Υπάρχουν γενικές και ειδικές αρχές σχεδιασμού οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. [14]

#### 5.2.1 Γενικές αρχές σχεδιασμού χρηστικότητας

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι σημαντικότερες και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αρχές[14]:

1. **Αρχή της σκιαγράφησης των εν δυνάμει χρηστών:** Πρέπει να είναι γνωστό ποιοι είναι οι εν δυνάμει χρήστες, τους στόχους τους, τις δυνατότητες, την εμπειρία τους, τις ανάγκες τους προκειμένου η εφαρμογή να σχεδιαστεί με βάση αυτά.
2. **Ομοιομορφία και Συνέπεια:** Είναι η ομοιότητα στη συμπεριφορά του συστήματος προς τον χρήστη. Δηλαδή αν η ίδια ενέργεια συντελείται σε δύο ή περισσότερα διαφορετικά μέρη της εφαρμογής, θα πρέπει να παρουσιάζεται και να λειτουργεί ακριβώς με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα μέρη.
3. **Οικειότητα:** Η χρήση προηγούμενης γνώσης του χρήστη από άλλες πραγματικές απαντήσεις ή υπολογιστικά συστήματα κατά τη διάδραση με ένα νέο σύστημα.
4. **Μινιμαλισμός:** Η χρήση όσο το δυνατόν λιγότερων και απλών στοιχείων ώστε η διεπαφή να μην προκαλεί σύγχυση στο χρήστη. Το σύστημα πρέπει να διατηρεί τη μέγιστη δυνατή αποδοτικότητα προβάλλοντας στον χρήστη τη λιγότερη δυνατή πληροφορία.
5. **Χρήση κατανοητής προς τους χρήστες γλώσσας:** Η χρήση ευκολονόητης γλώσσας, ορολογίας και συμβόλων ώστε να κάνει ευκολότερη τη χρήση του συστήματος από τους χρήστες.
6. **Αρχή της έκθεσης των λειτουργιών (feature exposure):** Η άμεση πληροφόρηση το χρήστη για όλες τις δυνατές λειτουργίες, του συστήματος.
7. **Αρχή εστίασης προσοχής:** Ο χρήστης εστιάζει περισσότερο σε κάποια στοιχεία της διεπαφής από κάποια άλλα. Για αυτό το λόγο τα σημαντικά στοιχεία της διεπαφής θα πρέπει να ξεχωρίζουν και να τραβούν τη προσοχή του χρήστη. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως η μεγάλη αντίθεση μεταξύ του αντικειμένου και του φόντου της σελίδας, ή το διαφορετικό μέγεθος του αντικειμένου σχετικά με τα άλλα αντικείμενα της σελίδας.
8. **Αρχή της αισθητικής και της λεπτομέρειας:** Σύμφωνα με αυτή την αρχή, μια διαδικτυακή εφαρμογή προσελκύει τον χρήστη όταν είναι καλαίσθητη και καλοφτιαγμένη. Οι λεπτομέρειες, πολλές φορές, μπορούν να οδηγήσουν το χρήστη να προβλέψει τη συμπεριφορά ενός στοιχείου ελέγχου. Ωστόσο υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί, όπως η υπερβολική χρήση πολυμέσων μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους νέους χρήστες και να τους δώσει την εντύπωση ότι πρόκειται για μια δύσχρηστη εφαρμογή, ακόμα και αν δεν είναι. Επίσης τα



πολλά πολυμέσα μπορεί να επιβραδύνουν την απόκριση του προγράμματος και να προκαλέσουν ενόχληση στους χρήστες.

9. **Αρχή της ασφάλειας:** Η διεπαφή χρήστη θα πρέπει να αναπτυχθεί ώστε να μειώνει την ανασφάλεια των χρηστών, προβλέποντας, προλαμβάνοντας και διορθώνοντας τα πιθανά λάθη των χρηστών.
10. **Αναίρεση ενεργειών:** Ο χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επιστρέψει στη προηγούμενη κατάσταση.

### 5.2.2 Ειδικές αρχές σχεδιασμού

Αυτές οι ειδικές αρχές που θα περιγραφούν στη συνέχεια, κατατάσσονται στις ακόλουθες ανάγκες σχεδιασμού: ευκολία μάθησης, απλότητα, ευκολία χρήσης, ταχύτητα [14].

1. Το πάνω μέρος της οθόνης είναι τα ιδανικά σημεία εμφάνισης του τίτλου της σελίδας.
2. Η ιεραρχία της φόρμας είναι σκόπιμο να είναι πιο «πλατιά» παρά «βαθιά» και αυτό για να είναι ευκολότερο στο χρήστη να την χρησιμοποιήσει.
3. Οι χρήστες (οι οποίοι είναι ασθενείς με ΔΟΝΦ) δεν ενδιαφέρονται για την ταχύτητα σύνταξης κειμένου αλλά για την ακρίβεια του κειμένου που θέλουν να συντάξουν. Άρα πρέπει να τους δίνουμε αυτό που θέλουν μέσα από μια εύκολη και κατανοητή διαδικασία.
4. Η επιλογές να είναι λίγες και συγκεντρωμένες σε μια μοναδική φόρμα
5. Πρέπει να χρησιμοποιούνται χρώματα που δεν αποσπούν την προσοχή του χρήστη, μιας και η προσοχή αποτελεί μεταβλητή εισόδου για το σύστημα.

### 5.3 Διαθέσιμες μονάδες εισόδου-εξόδου



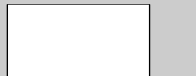

Για τη σχεδίαση του συστήματος είναι πολύ σημαντικό να αναγνωριστούν οι μονάδες που δίνουν την δυνατότητα στο χρήστη να επικοινωνήσει. Λόγω της απλότητας του συστήματος. Η είσοδος προέρχεται αποκλειστικά από τη συσκευή

MindSet, ενώ έξοδος είναι η έξοδος συσκευής απεικόνισης που χρησιμοποιείται από το σύστημά μας.

## 5.4 Διαγράμματα ροής δεδομένων

Τα διαγράμματα ροής δεδομένων (ΔΡΔ) είναι εργαλεία της δομημένης ανάλυσης και σχεδίασης του συστήματος και απεικονίζουν γραφικά τη σχέση μεταξύ διεργασιών και δεδομένων [14]. Τα διαγράμματα ροής δεδομένων έχουν τέσσερα κύρια στοιχεία: τη ροή δεδομένων (data flow), τη διεργασία (process), την εξωτερική οντότητα (interface) και την αποθήκευση δεδομένων (data store), όπως παριστάνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 1: Τα τέσσερα κύρια στοιχεία των διαγραμμάτων ροής δεδομένων

α/α	Τύπος	Περιγραφή	Συμβολισμός
1.	<b>Ροή δεδομένων (data flow)</b>	Δίαυλοι κυκλοφορίας πληροφορίας γνωστού περιεχομένου.	
2.	<b>Διεργασία (process)</b>	Εργασίες που γίνονται από ανθρώπους, μηχανές ή Η/Υ σε εισερχόμενες ροές δεδομένων με σκοπό την παραγωγή εξερχόμενων ροών δεδομένων.	
3.	<b>Εξωτερική οντότητα (interface)</b>	Οντότητες που βρίσκονται εκτός του συστήματος αλλά αποτελούν πηγή ή προορισμό δεδομένων του.	
4.	<b>Αποθήκευση δεδομένων (data store)</b>	Αποθήκες δεδομένων. Μπορούν να επικοινωνούν μόνο με διεργασίες.	

Οι κυριότερες δυνατότητες των ΔΡΔ είναι ότι παρέχουν στοιχεία για:

- Τη διάσπαση ενός συστήματος σε υποσυστήματα.
- Τις ροές δεδομένων στο σύστημα.
- Τα εισερχόμενα και εξερχόμενα δεδομένα καθώς και τις αποθηκεύσεις τους.
- Τις πηγές και τους προορισμούς του συστήματος.

Η κατασκευή ενός ΔΡΔ είναι μια διαδικασία από πάνω προς τα κάτω (top-down) για να υπάρξει πληρέστερη και λεπτομερέστερη αναπαράσταση του συστήματος. Έτσι, προκύπτει η ακόλουθη ιεραρχία:

- Γενικό διάγραμμα ή Διάγραμμα επιπέδου μηδέν
- Διάγραμμα πρώτου επιπέδου
- Διάγραμμα κατωτέρων επιπέδων

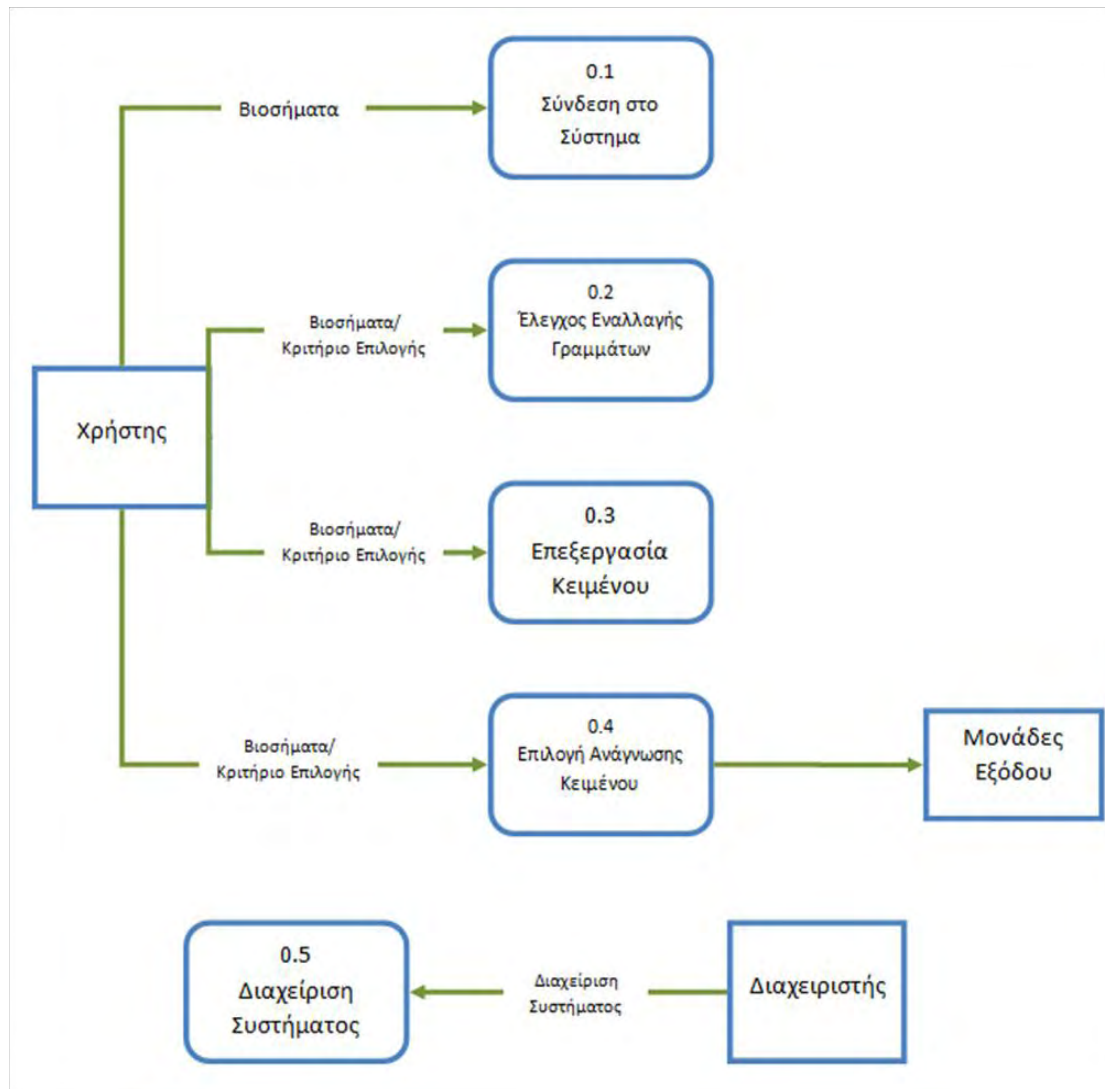
### Εφαρμογή στο σύστημα

Στο παρακάτω διάγραμμα επιπέδου μηδέν βλέπουμε ότι με το σύστημα αλληλεπιδρούν οι χρήστες και οι διαχειριστές του συστήματος, στέλνοντας και λαμβάνοντας δεδομένα. Ουσιαστικά σε αυτό το διάγραμμα διαφαίνονται τα όρια του συστήματος.



Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 0

Στο διάγραμμα πρώτου επιπέδου που ακολουθεί περιγράφονται οι βασικές διεργασίες και ροές. Αρχικά θα πρέπει οι χρήστες του συστήματος να συνδεθούν στο σύστημα, δηλαδή να ενεργοποιηθεί η είσοδος δεδομένων από το MindSet. Αυτό επιτυγχάνεται αμέσως μόλις ενεργοποιηθεί οποιοσδήποτε από τους βιο-αισθητήρες της συσκευής. Αφού εισέλθουν στο σύστημα μπορούν να πραγματοποιήσουν μια από τις λειτουργίες που καταγράφονται και αφορούν την εισαγωγή κειμένου και προβολή του. Επίσης από αυτό το διάγραμμα φαίνεται ότι οι διαχειριστές του συστήματος εκτελούν λειτουργίες συντήρησης του συστήματος.

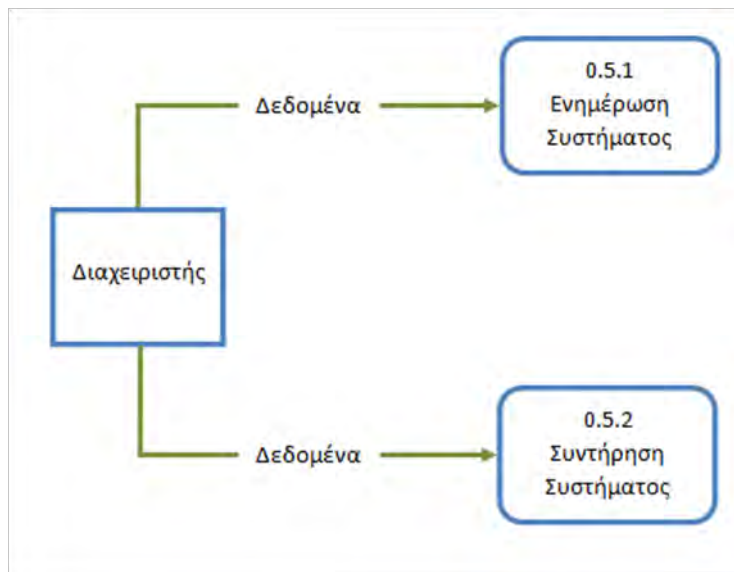


**Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 1**

Λόγω της ανάγκης για βαθύτερη κατανόηση, μια διεργασία από το πρώτο επίπεδο και οι σχετικές ροές δεδομένων αναπαριστώνται πληρέστερα στα διαγράμματα κατώτερου επιπέδου. Οπότε κρίθηκε καλό να διασπαστεί η διεργασία 0.5 του ανώτερου επιπέδου, που αφορά διεργασίες διαχείρισης συστήματος. Όπως θα περίμενε κανείς, λόγω της απλότητας του συστήματος (όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο) δεν υπάρχει ανάγκη ανάλυσης των λειτουργιών που αφορούν τον χρήστη.

Στο παρακάτω διάγραμμα αναλύεται η διεργασία της διαχείρισης του συστήματος. Όπως είναι λογικό τη διαχείριση του συστήματος την εκτελούν οι διαχειριστές του συστήματος. Επειδή δεν αποθηκεύονται δεδομένα σε βάση δεδομένων, ούτε χρησιμοποιείται κάποιο νευρωνικό δίκτυο, ο διαχειριστής φροντίζει

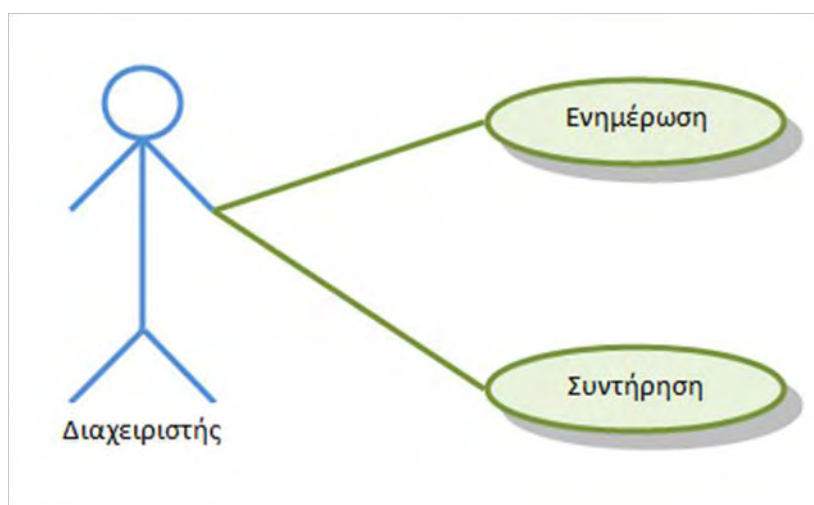
μόνο για την ενημέρωση του συστήματος και την συντήρησή του (που περιλαμβάνει κυρίως τον κατά περιόδους έλεγχο ορθής λειτουργίας του MindSet).



Σχήμα 5: Διάγραμμα ροής δεδομένων Επιπέδου 2 για τη διεργασία 0.5 του Επιπέδου 1

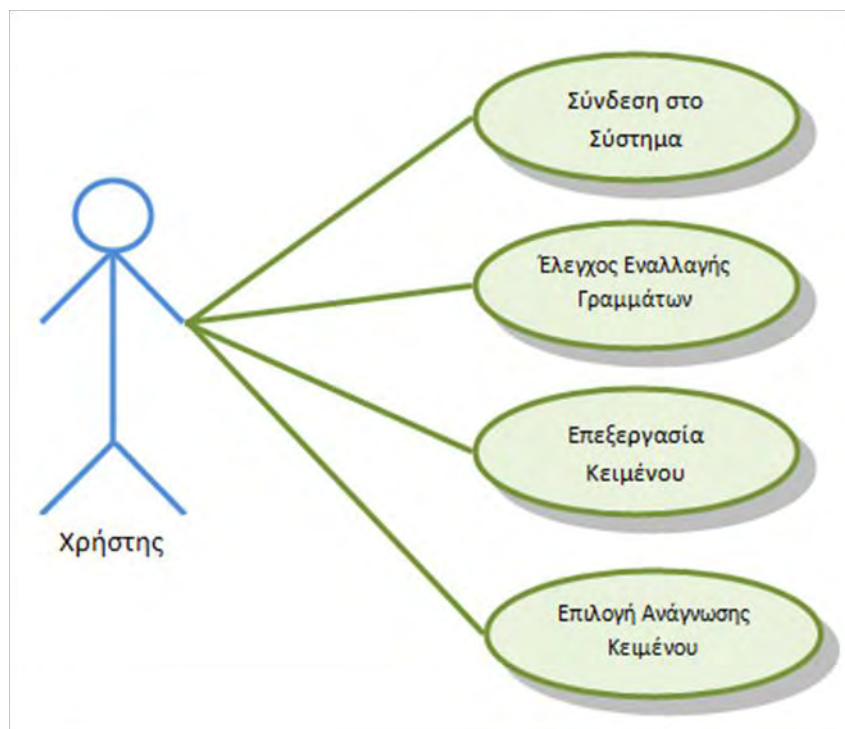
## 5.5 Διάγραμμα χρήσης συστήματος

Ο διαχειριστής του συστήματος όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, μπορεί να ενημερώσει το σύστημα (ενημέρωση χρησιμοποιούμενων βιβλιοθηκών) και να συντηρήσει κυρίως την μονάδα εισόδου, δηλαδή το MindSet..



Σχήμα 6: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης διαχειριστή

Στο παρακάτω Σχήμα απεικονίζονται οι λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης στο σύστημα. Ερμηνεύοντας το σχήμα από πάνω προς τα κάτω, διαπιστώνεται ότι οι λειτουργίες περιλαμβάνουν την σύνδεση στο σύστημα (προσαρμογή συσκευής στο κεφάλι), τον έλεγχο της εναλλαγής γραμμάτων (καθορισμός κατεύθυνσης, ταχύτητας εναλλαγής γραμμάτων), την απλή επεξεργασία κειμένου (διαγραφή τελευταίου χαρακτήρα και εισαγωγή γράμματος στο τέλος της γραμμής), και επιλογή ανάγνωσης κειμένου (είτε μέσω οθόνης, είτε μέσω μηχανικής ομιλίας).



Σχήμα 7: Διάγραμμα περίπτωσης χρήσης χρήστη

## Κεφάλαιο 6 Υλοποίηση

---

6.1 Εισαγωγή

6.2 Ανάπτυξη κώδικα

6.3 Φόρμα χρήστη

---

### 6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν όσα προσφέρονται στο χρήστη μετά από την υλοποίηση του συστήματος. Το λογισμικό εγκαταστάθηκε σε υπολογιστή ο οποίος βασίζεται στο λειτουργικό σύστημα Windows 7 και στον οποίο συνδέθηκε το Bluetooth dongle που συνοδεύει το MindSet. Επιπλέον εγκαταστάθηκαν ο οδηγός (driver) του MindSet, το SDK ThinkGear και οι runtime βιβλιοθήκες του Visual Studio 2012. Το λογισμικό εγκαταστάθηκε σε υπολογιστή ο οποίος βασίζεται στο λειτουργικό σύστημα Windows 7 και στον οποίο συνδέθηκε το Bluetooth dongle που συνοδεύει το MindSet. Επιπλέον εγκαταστάθηκαν ο οδηγός (driver) του MindSet, το ThinkGear SDK και οι runtime βιβλιοθήκες του Visual Studio 2012.

### 6.2 Ανάπτυξη κώδικα

Προκειμένου να αναπτυχθεί ο κώδικας του συστήματος, επιλέχθηκε η χρήση του MS Visual Studio 2012 και του ThinkGear SDK for .NET της NeuroSky. Η γλώσσα ανάπτυξης επιλέχθηκε να είναι η C#, μιας και υπήρχε αρκετό υλικό προς μελέτη για την συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, σε ότι αφορά ανάπτυξη εφαρμογών με το ThinkGear SDK.

Επειδή το σύστημα επιλέχθηκε να είναι απλό στην παρουσίαση και στη χρήση, σχεδιάστηκε μια φόρμα για την επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα και

τον περίγυρό του και ο κώδικας ο οποίος φροντίζει να «διαβάσει» τα σήματα από το MindSet (τα σήματα διαβάζονται με τη χρήση της βιβλιοθήκης NeuroSky.ThinkGear). Όλος ο κώδικας παρέχεται στο Παράρτημα Β καθώς και στο συνοδευτικό CD.

## 6.2.1 Επικοινωνία με το MindSet

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η επικοινωνία του συστήματος με το MindSet γίνεται με τη χρήση Bluetooth στην COM40. Η χρήση της βιβλιοθήκης NeuroSky.ThinkGear απλοποιεί σημαντικά την σύνδεση και τον έλεγχο του σήματος που δίνεται από την συσκευή.

---

```
connector = new Connector();
connector.DeviceConnected += new EventHandler(OnDeviceConnected);
connector.DeviceConnectFail += new EventHandler(OnDeviceFail);
connector.DeviceValidating += new EventHandler(OnDeviceValidating);
// Scan for devices across COM ports
// The COM port named will be the first COM port that is checked.
connector.ConnectScan("COM40");
```

---

Τα δεδομένα που διαβάζονται, επεξεργάζονται από το σύστημα και πραγματοποιείται αναγνώριση των δυνατών καταστάσεων που μπορεί να βρεθεί ο χρήστης. Οι καταστάσεις δίνονται απευθείας από το MindSet, μιας και η ίδια η συσκευή επεξεργάζεται τα δεδομένα που έχει συλλάβει και παρέχει στο σύστημα μετα-επεξεργασμένα δεδομένα (με αναγνωρισμένα πρότυπα και χαρακτηρισμένα). Οι καταστάσεις των δεδομένων που παρέχονται από το MindSet μπορεί να είναι:

- 1) Raw
- 2) PoorSignal
- 3) Attention
- 4) Meditation
- 5) EegPowerDelta
- 6) BlinkStrength



---

```
private void OnDataReceived(object sender, EventArgs e)
{
    Device.DataEventArgs de = (Device.DataEventArgs)e;
    NeuroSky.ThinkGear.DataRow[] tempDataRowArray = de.DataRowArray;

    TGParser tgParser = new TGParser();
    tgParser.Read(de.DataRowArray);
    ...
}
```

---

## 6.2.2 Εναλλαγή γραμμάτων

Ορίζεται ένας πίνακας που περιέχει τα γράμματα του αλφαβήτου που θα εμφανίζεται στην περιοχή εναλλαγής γραμμάτων και με τη χρήση ενός μετρητή πραγματοποιείται η καθυστέρηση στην εναλλαγή κάθε γράμματος. Επιπλέον, ορίζεται ένας εσωτερικός μετρητής, ο οποίος χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσος χρόνος απόκρισης μεταξύ δύο αναγνώσεων δεδομένων από τη συσκευή MindSet.

---

```
if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("BlinkStrength"))
{
    SetDebugInfo(timer_interval.ToString(),
    tgParser.ParsedData[i]["BlinkStrength"].ToString());
    if (tgParser.ParsedData[i]["BlinkStrength"] > blink_threshold)
    {
        if (blink_clock.ElapsedMilliseconds < 750)
        {
            select_letter();
            dir *= -1;
        }
        else
        {
            dir *= -1;
            blink_clock.Restart();
            timer_interval = 3000;
        }
    }
}
```

---

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στο διπλό ανοιγοκλείσιμο των ματιών, επειδή κατά τις πρώτες δοκιμές δεν υπήρχε επιτυχής αναγνώριση ενώ υπήρχε πολλές φορές ανεπιθύμητη αλλαγή της κατεύθυνσης κύλισης των γραμμάτων. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με τον επανακαθορισμό του ενδιαμέσου χρόνου μεταξύ δύο γεγονότων, καθυστερώντας ταυτόχρονα και την εναλλαγή του γράμματος, προκειμένου να μπορεί να επιτευχθεί από το χρήστη το διπλό ανοιγοκλείσιμο των ματιών.

### 6.2.3 Μηχανική ομιλία

Όταν ο χρήστης επιλέξει την ολοκλήρωση της σύνταξης της πρότασης/λέξης, τότε χρησιμοποιείται η δυνατότητα Text-to-Speech (TTS) που προσφέρεται από την Microsoft στο .NET, προκειμένου να διαβαστεί το κείμενο.

---

```
using System.Speech.Synthesis;
    SpeechSynthesizer synth = new SpeechSynthesizer();
...
ObservableCollection<InstalledVoice>    _availableVoices    =    new
ObservableCollection<InstalledVoice>();
var voices = synth.GetInstalledVoices();
    foreach (InstalledVoice v in voices)
    {
        if (v.Enabled)
            _availableVoices.Add(v);
    }
    if (_availableVoices.Count > 0)
    {
        synth.SelectVoice(_availableVoices[0].VoiceInfo.Name);
    }
    else
    {
        word_display.Text = "no voice";
    }
    synth.SetOutputToDefaultAudioDevice();
...
private void button1_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
        synth.Speak(word_display.Text);
        word_display.Text = "";
    }
}
```

---

## 6.2.4 Threads

Παρατηρήθηκε μεγάλη καθυστέρηση στη λειτουργία του συστήματος και ιδιαίτερα στην προώθηση του buffer του MindSet. Αυτό που ανακαλύφθηκε κατά την διάρκεια της αποσφαλμάτωσης (debug) και την μελέτη ειδικής βιβλιογραφίας, είναι ότι τα threads παρουσίαζαν ανταγωνισμό με αποτέλεσμα να μην εισέρχεται το σύστημα στην επιθυμητή κατάσταση. Ο τρόπος αντιμετώπισης ήταν με τη χρήση delegates προκειμένου να δημιουργηθούν προτεραιότητας και η αποφυγή bottlenecks.

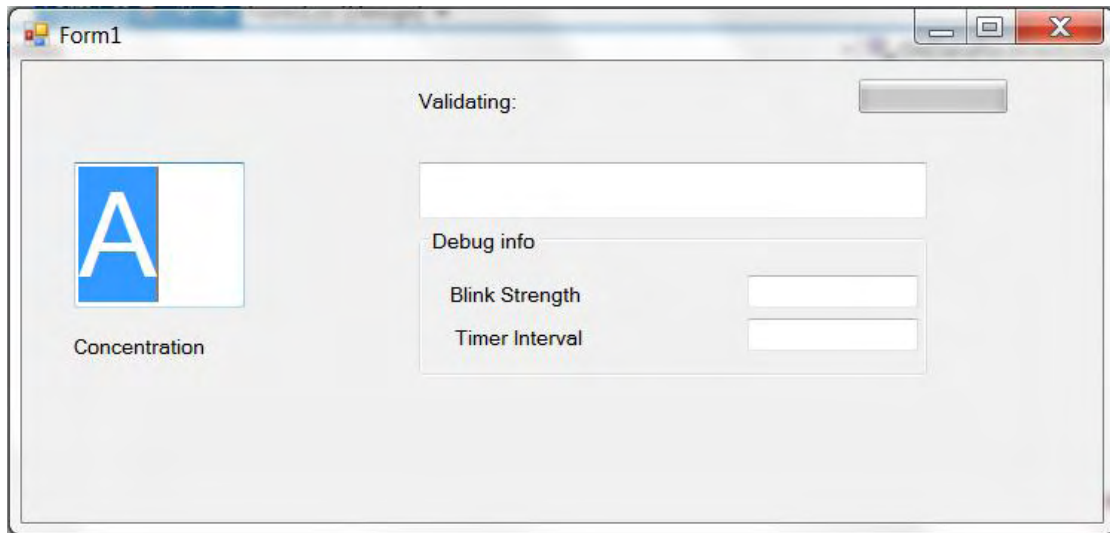
---

```
delegate void set_debug_delegate(string let, string blet);
void SetDebugInfo(string let, string blet)
{
    ...
    {
        // Show progress asynchronously
        set_debug_delegate setdebug = new set_debug_delegate(SetDebugInfo);
        //Invoke(showProgress, new object[] { pi, totalDigits, digitsSoFar});
        BeginInvoke(setdebug, new object[] { let , blet});
    }
}
```

---

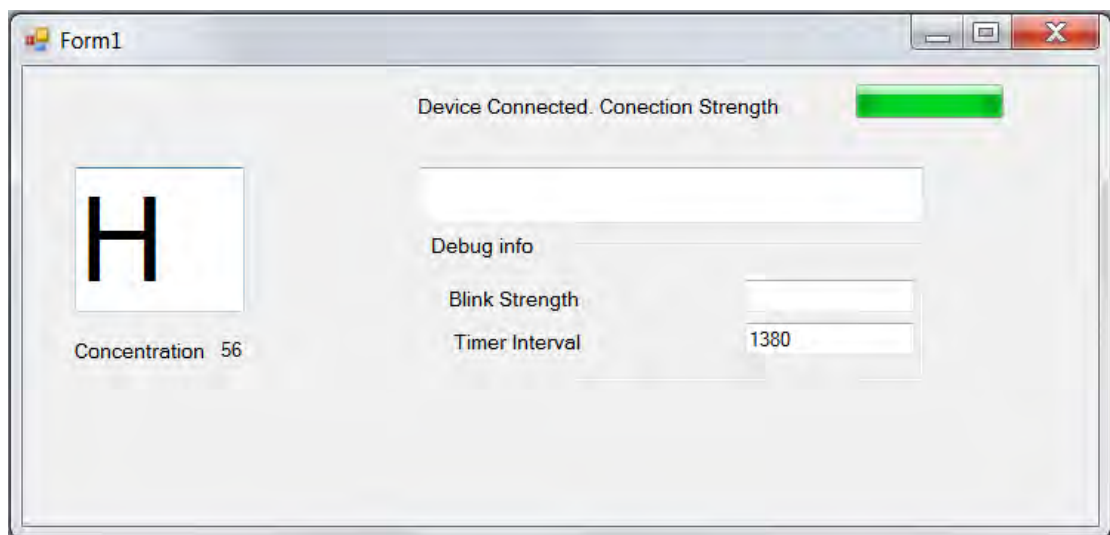
## 6.3 Φόρμα χρήστη

Η φόρμα την οποία βλέπει ο χρήστης είναι απλοποιημένη και χωρίζεται σε 3 μέρη. Στο αριστερό μέρος εμφανίζεται η περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων από τα οποία μπορεί να επιλέξει ο χρήστης. Στο πάνω δεξιό μέρος εμφανίζεται το πεδίο στο οποίο συντάσσει το κείμενό του ο χρήστης (λέξη ή πρόταση), ενώ το κάτω δεξιό μέρος περιέχει πληροφορίες που αφορούν καταστάσεις που καταγράφει το MindSet (οι οποίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για λόγους αποσφαλμάτωσης –debug). Στο ακόλουθο σχήμα εμφανίζεται η φόρμα αμέσως μόλις ενεργοποιηθεί (οπότε και δεν υπάρχουνε ακόμα καταγεγραμμένες μετρήσεις από το MindSet).



**Σχήμα 8:** Φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη (δεν έχει γίνει ακόμα σύνδεση με το MindSet, δεν υπάρχει ένδειξη συγκέντρωσης πάνω δεξιά ή καταγραφή τιμής στο αντίστοιχο πεδίο κάτω από την περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων)

Μόλις συνδεθεί η συσκευή MindSet, τότε αμέσως υπάρχει ένδειξη συγκέντρωσης (προσοχής) του χρήστη στο πάνω δεξιά μέρος της φόρμας και ακριβώς κάτω από την περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων, όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα.



**Σχήμα 9:** Φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη (έχει γίνει σύνδεση με το MindSet, υπάρχει ένδειξη συγκέντρωσης πάνω δεξιά ή καταγραφή τιμής στο αντίστοιχο πεδίο κάτω από την περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων)

### 6.3.1 Λειτουργίες του συστήματος

Οι λειτουργίες που παρέχει το σύστημα στο χρήστη είναι :

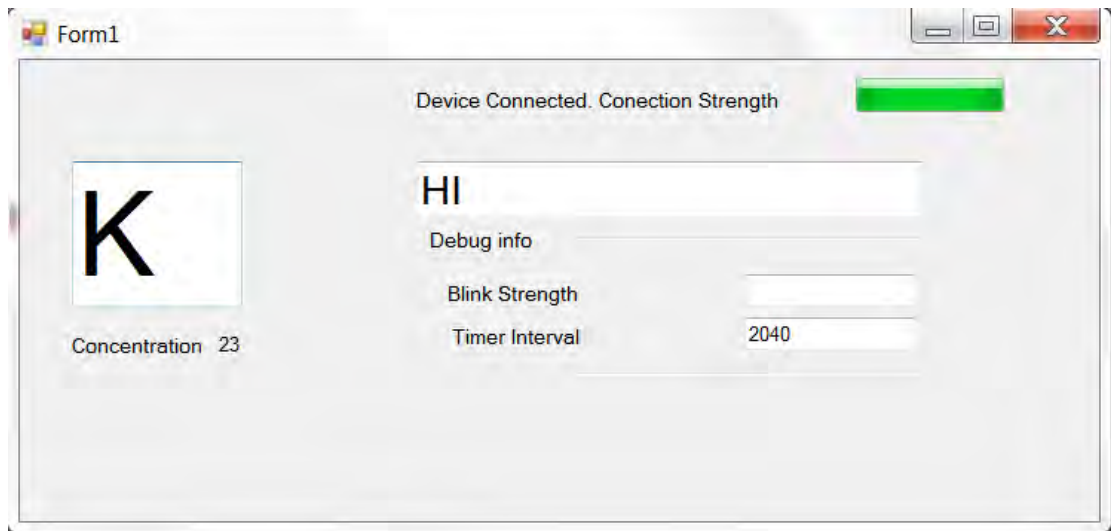
- 1) Έλεγχος εναλλαγής γραμμάτων
  - a. Κατεύθυνση εναλλαγής με απλό ανοιγοκλείσιμο ματιών
  - b. Ταχύτητα εναλλαγής με αύξηση/μείωση συγκέντρωσης
- 2) Επιλογή γράμματος με διπλό ανοιγοκλείσιμο ματιών
- 3) Σύνταξη κειμένου/λέξης
- 4) Επιλογή ανάγνωσης του κειμένου (μηχανική ομιλία)

### 6.3.2 Έλεγχος των λειτουργιών

Πλέον ο χρήστης, αυξάνοντας την προσοχή του μπορεί να ελέγξει την ταχύτητα με την οποία εναλλάσσονται τα γράμματα στην περιοχή εναλλαγής. Με αυτό τον τρόπο του δίνεται η δυνατότητα να επέμβει στον χρόνο που απαιτείται για να μεταβεί από το ένα γράμμα στο άλλο.

Υπενθυμίζεται ότι με ένα απλό ανοιγοκλείσιμο των ματιών, είναι δυνατή η αλλαγή της φοράς, οπότε δίνεται μια επιπλέον δυνατότητα στο χρήστη να επέμβει στην εναλλαγή των γραμμάτων. Με διπλό ανοιγοκλείσιμο των ματιών, επιτυγχάνεται η επιλογή του γράμματος το οποίο βρίσκεται εκείνη την στιγμή στην περιοχή εναλλαγής γραμμάτων. Όταν ο χρήστης επιλέξει ένα γράμμα, τότε αυτό προστίθεται στο πεδίο του κειμένου, επεκτείνοντας (append) το ήδη υπάρχων κείμενο.

Αν και είναι αρκετά απλή η φόρμα, ακολουθεί τις προδιαγραφές – απαιτήσεις των ασθενών που ερωτήθηκαν. Εναλλακτικά θα μπορούσε αντί για την μικρή περιοχή εναλλαγής των γραμμάτων (όπου εμφανίζεται ένας μόνο χαρακτήρας) να δημιουργηθεί ένα καρουσέλ γραμμάτων που θα περιστρέφεται και ως χαρακτήρας που μπορεί να επιλεγεί να θεωρείται αυτός που βρίσκεται ακριβώς μπροστά. Αυτή η περίπτωση θα μελετηθεί στην επέκταση της παρούσας εργασίας όπου θα δημιουργηθεί μια πιο ζωντανή φόρμα επικοινωνίας με τον χρήστη, εικαστικά πιο θελκτική, χωρίς όμως να αποσπά την προσοχή του χρήστη από το στόχο που δεν είναι άλλος από την επιλογή του σωστού γράμματος.



Σχήμα 10: Σύνταξη κειμένου στη φόρμα επικοινωνίας με το χρήστη

## Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα

---

7.1 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα

7.2 Μελλοντική εργασία

---

### 7.1 Αξιολόγηση - Συμπεράσματα

Στην συνέχεια θα περιγραφούν τα κυριότερα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την ανάπτυξη λογισμικού συστήματος επικοινωνίας για Άτομα με Διαταραχές Ομιλίας Νευρολογικής Φύσεως.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε προσφέρει μια πολύ απλοποιημένη διεπαφή επικοινωνίας ανθρώπου-υπολογιστή, όπως ζητήθηκε από τους ασθενείς και τους θεράποντες ιατρούς. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε έχει μια απλοποιημένη λειτουργία κατά την οποία παρουσιάζονται τα γράμματα του αλφαβήτου με τη σειρά στον χρήστη (κυλιόμενα στον χρόνο) και ο χρήστης επιλέγει αυτά που επιθυμεί ανοιγοκλείνοντας (διπλό – double blink) τα μάτια του. Αυτή η κατάσταση λειτουργίας είναι γενική και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από όλους τους ασθενείς. Επιπλέον είναι δυνατή η αλλαγή της φοράς κύλισης των γραμμάτων με απλό ανοιγοκλείσιμο των ματιών (single blink). Στο αλφάβητο που εμφανίζεται έχουν προστεθεί οι επιλογές 1) διαγραφής ενός χαρακτήρα και 2) επιβεβαίωσης της λέξης/πρότασης που έχει συνταχθεί και εκκίνηση δημιουργίας νέας.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε ικανοποιεί τις δύο βασικές προδιαγραφές που τέθηκαν από τους ασθενείς, δηλαδή το χαμηλό κόστος και την απλότητα της διεπαφής. Ιδιαίτερα για το κόστος, η τιμή του πρωτοτύπου είναι σχεδόν στο 1/3 ανταγωνιστικών εμπορικά διαθέσιμων λύσεων με παρόμοιες λειτουργίες.

Στο πλαίσιο της Πτυχιακής Εργασίας, η ιδέα απέσπασε βραβείο, συγκεκριμένα Αρβανίτη, Α. Κακαρούνας (ομάδα BrainArk), «Ανάπτυξη συσκευής υποστήριξης σε άτομα με Διαταραχές Λόγου Νευρολογικής Φύσεως», 3ο βραβείο στο Hellenic Startup BioMed 2012.

## 7.2 Μελλοντικά

Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να αποτελέσει την βάση για ένα μελλοντικό προϊόν που θα προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη, αναγνωρίζοντας 4-10 διαφορετικές νοητικές εντολές, προκειμένου να είναι δυνατή η πλοήγηση στην διεπαφή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη επιπλέον ενός νευρωνικού δικτύου ακολουθώντας πιο καινοτόμες ερευνητικές προτάσεις για την αναγνώριση προτύπων και συσχέτισή τους με συγκεκριμένες εγκεφαλικές δραστηριότητες.

Επιπλέον το σύστημα μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά εφόσον αναπτυχθεί σε πλατφόρμα (αρχιτεκτονική) ειδικού σκοπού, προκειμένου να προκύψει ένα ενσωματωμένο σύστημα χαμηλού κόστους. Με αυτό τον τρόπο, τόσο το κόστος θα μειωθεί περαιτέρω, όσο και η απαιτούμενος όγκος θα μειωθεί προσφέροντας μεγαλύτερη άνεση ως προς την τοποθέτηση στο περιβάλλον του ασθενή.



# Παράρτημα Α

## Αρχιτεκτονική MindSet

---

A.1 Καταγραφή βιοσημάτων

A.2 Επικοινωνία συσκευής με τον υπολογιστή

---

### A.1 Καταγραφή βιοσημάτων

#### Μετρήσεις ThinkGear

Ο μονός αισθητήρας ο οποίος δεν απαιτεί την εφαρμογή αγωγίμου τζελ, ανιχνεύει και αποθηκεύει τις διαφορές δυναμικού (τάση) που μετριούνται στο δέρμα του μετώπου και του αυτιού. Αυτά τα δύο αφαιρούνται μέσω κοινών λειτουργιών απόρριψης ώστε να χρησιμεύσει ως ένα μονό κανάλι HEG, και ενισχύεται 8000 φορές για να ενισχύσει τα αμυδρά σήματα HEG. Τα σήματα διέρχονται μέσω αναλογικών και ψηφιακών χαμηλών και υψηλών φίλτρων διαπέρασης ώστε να διατηρήσουν τα σήματα γενικά σε εύρος μεταξύ 1-50Hz. Μετά από διόρθωση για πιθανό aliasing, τα σήματα αυτά τελικά έχουν δειγματοληψία σε 128 Hz ή 512 Hz.

Κάθε δευτερόλεπτο, το σήμα αναλύεται στο πεδίο του χρόνου για να ανιχνευθούν και να διορθωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι θόρυβοι, διατηρώντας ως ένα μεγάλο μέρος το αρχικό σήμα, χρησιμοποιώντας τους αλγορίθμους του NeuroSky. Ένα πρότυπο FFT εκτελείται επί του φιλτραρισμένου σήματος, και τελικά το σήμα επανελέγχεται για τον θόρυβο στο πεδίο των συχνοτήτων, χρησιμοποιώντας πάλι τους κατάλληλους αλγορίθμους Neurosky.

#### Φόρμουλα Μετατροπής Πρώτων Τιμών σε Τάση

Για συσκευές που χρησιμοποιούν το TGAT (όπως το TGAT, το TGAM, το MindSet, το Mindwave, και το Mindwave Mobile), ο τύπος για τη μετατροπή των πρώτων τιμών σε τάση είναι:

$$[\text{Πρώτες Τιμές}^* (1,8 / 4096)] / 2000$$

Αυτό οφείλεται σε ένα κέρδος 2000x, σε εύρος τιμών 4096, και στη τάση εισόδου μεγέθους 1.8V.

Να σημειωθεί ότι το κέρδος (gain) σε πραγματικό υλικό μπορεί να είναι λίγο μακριά από το 2000x (ίσως +/- 5%), αλλά αν δε χρειάζεται να γίνουν υπερευαίσθητες μετρήσεις, τότε ο παραπάνω τύπος είναι αρκετά ακριβής.

### **Συγχρονισμός Νευρώνων και Δειγματοληψία**

Μέσα στον εγκέφαλο, οι νευρώνες επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας χημικά και ηλεκτρικά σήματα. Κάθε φορά που ένας νευρώνας ενεργοποιείται, δημιουργεί μικρή τάση. Οι νευρώνες επικοινωνούν καλύτερα μεταξύ τους όταν ενεργοποιούνται συγκεκριμένες μεγάλες ομάδες ταυτόχρονα, καθώς ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί ειδικά συστήματα συγχρονισμού.

Αυτός ο συγχρονισμός νευρώνων δημιουργεί συνδυασμένες τάσεις, αρκετά μεγάλες για να μετρηθούν με ένα εγκεφαλογράφημα, χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο κρανίο. Διαφορετικά εύρη συχνοτήτων χαρακτηρίζουν διαφορετικά είδη δραστηριοτήτων.

Κατά τη συγκέντρωση, τα Βήτα Εγκεφαλικά Κύματα, των οποίων το εύρος βρίσκεται μεταξύ 14Hz και 30Hz, εμφανίζονται στο μπροστινό τμήμα του εγκεφάλου, ενώ κατά τη χαλάρωση και τα κλειστά μάτια, τα Άλφα Εγκεφαλικά Κύματα, που κυμαίνονται μεταξύ 8Hz και 12Hz, εμφανίζονται στο πίσω μέρος. Τα Θήτα Εγκεφαλικά Κύματα, μεταξύ 4Hz και 7Hz, εμφανίζονται κατά την υπνηλία και τα Δέλτα Εγκεφαλικά Κύματα, 1Hz έως 3Hz, εμφανίζονται κατά τον βαθύ ύπνο. Τα Γάμμα Εγκεφαλικά Κύματα, των οποίων το εύρος είναι το μεγαλύτερο όλων και βρίσκεται μεταξύ 30Hz και 100Hz, παρουσιάζει ειδικό ενδιαφέρον στην έρευνα και μελέτη τους, καθώς συγκεκριμένες συμπεριφορές προκαλούν συγχρονισμένα επίπεδα Γάμμα να ενεργοποιούνται σε διαφορετικούς συνδυασμούς πολύ συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου.

## **A.2 Επικοινωνία συσκευής με τον υπολογιστή**

Οι συσκευές καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων, ή ηλεκτροεγκεφαλογράφοι, συνήθως κοστίζουν δεκάδες χιλιάδες ευρώ. Το Neurosky MindSet είναι μία πολύ φθηνή λύση, η οποία προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στους χρήστες και τους ερευνητές.

Κάποια από αυτά είναι:

1. Εύκολη Χρήση
2. Πρόσβαση σε πρώτες τιμές και 10 ερμηνεύσιμες μετρήσεις
3. Χρησιμοποιεί ελεύθερα σάνταρτς
4. Εκπέμπει το σήμα του ασύρματα με τη χρήση Bluetooth, το οποίο είναι ασφαλέστερο από μία ενσύρματη σύνδεση
5. Δεν απαιτεί τη χρήση αγώγιμου τζελ ή αλατούχου διαλύματος, καθώς οι σένσορες χρησιμοποιούνται στεγνοί.

Βασικό Μειονέκτημα/Περιορισμός του Εγκεφαλογράφου είναι η ύπαρξη μονού καναλιού στο μέτωπο, το οποίο περιορίζει τη δυνατότητα σύγχρονης καταγραφής πολλών διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου.

### **Επικοινωνία MindSet με τον Υπολογιστή**

Η συσκευή Mindset επικοινωνεί μέσω Bluetooth με τον υπολογιστή, μέσω του COM 40. Ακολούθησε ενεργοποίηση και συγχρονισμός του Εγκεφαλογράφου με τον Υπολογιστή, αφού προστέθηκε ως νέα συσκευή και έγινε εισαγωγή ενός κωδικού (κοινός για όλες τις συσκευές).

Η ορθή λειτουργία του MindSet εξακριβώθηκε με την έναρξη και δοκιμή του Brainwave Visualizer. Αφού ελέγχθηκε και εξασφαλίστηκε η σωστή λειτουργία των συσκευών και του προγράμματος, δόθηκε η επιλογή ρύθμισης για προβολή και αποθήκευση των δεδομένων που λαμβάνουμε σε μία γλώσσα επεξεργασίας Processing, χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες ανοιχτού κώδικα, και εγκατάσταση της εφαρμογής MindSetBTViewer.

Στη συνέχεια, επεξεργαστήκαμε το MindSetBTViewer.pde ώστε να θέσει τη μεταβλητή serialPort στη σειριακή θύρα που ρυθμίστηκε στην αρχή, και να καθορίσει τις μεταβλητές που θέλουμε να εμφανίσουμε στον πίνακα plotVars. Οι μεταβλητές Raw και ErrorRate περιλήφθηκαν στον παραπάνω πίνακα, καθώς παρατηρώντας αυτές τις τιμές, διευκολύνεται η ρύθμιση των ακουστικών για τη σωστή λήψη σήματος αργότερα.

Πραγματοποιήθηκε έναρξη του προγράμματος MindSetBTViewer και έγινε επιβεβαίωση σωστής επικοινωνίας και λήψης σημάτων από το MindSet. Έπειτα, έγινε ρύθμιση της θέσης των ακουστικών στο κεφάλι ώστε με αρκετή υπομονή να λαμβάνουμε ένα σήμα υψηλής ποιότητας, ελέγχοντας παράλληλα τις τιμές του Raw και ErrorRate, για χαμηλό θόρυβο στο βάθος.

Τις περισσότερες φορές, είναι δυνατή η λήψη καλού σήματος πολύ γρήγορα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, η δειγματοληψία διήρκησε έως και 30 δευτερόλεπτα.

# Παράρτημα Β

## Κώδικας εφαρμογής

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Threading;
using System.IO;
using System.IO.Ports;
using System.Collections.ObjectModel;
using NeuroSky.ThinkGear;
using NeuroSky.ThinkGear.Algorithms;
using System.Timers;
using System.Diagnostics;
using System.Speech.Synthesis;

namespace mindset_speak
{
    public partial class Mindset : Form
    {
        static Connector connector;
        static byte poorSig;
        int timer_interval = 5000;
        string[] letters;
        int current_letter=0;
        const int max_letters = 29;
        int dir = 1;
        int blink_threshold = 50;
        System.Timers.Timer timer1 = new System.Timers.Timer();
        //Chronometer to calculate the frequency of turning the l
        Stopwatch blink_clock = new Stopwatch();
```

```

        SpeechSynthesizer synth = new SpeechSynthesizer();
        // Configure the audio output.

public Mindset()
{
    InitializeComponent();
    connector = new Connector();
    connector.DeviceConnected += new
EventHandler(OnDeviceConnected);
    connector.DeviceConnectFail += new EventHandler(OnDeviceFail);
    connector.DeviceValidating += new
EventHandler(OnDeviceValidating);

    // Scan for devices across COM ports
    // The COM port named will be the first COM port that is
checked.
    connector.ConnectScan("COM40");

    // Blink detection needs to be manually turned on
    connector.setBlinkDetectionEnabled(true);
        // Thread.Sleep(450000);
    timer1.Elapsed += new ElapsedEventHandler(timer1_Tick);
    timer1.Enabled = true;
    timer1.Interval = timer_interval;

    timer1.AutoReset = true;

    letters = new string[max_letters]{
"A","B","C","D","E","F","G","H","I","J","K","L","M","N","O","P","Q","
R","S","T","U","V","W","X","Y","Z"," ","<",">"
};
    blink_clock.Start();
    ObservableCollection<InstalledVoice> _availableVoices = new
ObservableCollection<InstalledVoice>();

    var voices = synth.GetInstalledVoices();

    foreach (InstalledVoice v in voices)
    {

```

```

        if (v.Enabled)
            _availableVoices.Add(v);
    }
    if (_availableVoices.Count > 0)
    {
        synth.SelectVoice(_availableVoices[0].VoiceInfo.Name);
    }
    else
    {
        word_display.Text = "no voice";
    }
    //synth.SetOutputToWaveFile(@"cultures.wav");
    synth.SetOutputToDefaultAudioDevice();

    }
    private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
    {

    }
    private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
    {

    }
    private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
    {

    }

    timer1.Interval = timer_interval;
    if (dir > 0)
    {
        if (current_letter < max_letters)
        {
            current_letter++;
        }
        else
        {
            current_letter = 0;
        }
    }
    else
    {
        if (current_letter > 0)

```

```

        {
            current_letter--;
        }
        else
        {
            current_letter = max_letters-1;
        }
    }
    SetWheel(letters[current_letter]);
}
public void select_letter()
{
    if(current_letter==max_letters-1){
        synth.Speak(word_display.Text);
        SetWord("");
    }
    else if (current_letter == max_letters-2 )
    {
        SetWord(word_display.Text.Substring(0,
word_display.Text.Length - 1));
    }else{
        SetWord(word_display.Text+letters[current_letter]);
    }
}

private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    select_letter();
}
private void OnDeviceConnected(object sender, EventArgs e)
{
    Connector.DeviceEventArgs de = (Connector.DeviceEventArgs)e;
    SetConLabel("Device Connected. Connection Strength");

    de.Device.DataReceived += new EventHandler(OnDataReceived);
    timer1.Start();
}

// Called when scanning fails
private void OnDeviceFail(object sender, EventArgs e)
{

```



```

con_label.Text = "No devices found!";

    }

    // Called when each port is being validated
    private void OnDeviceValidating(object sender, EventArgs e)
    {

con_label.Text ="Validating: ";
    }

    private void label2_Click(object sender, EventArgs e)
    {

    }

    private void OnDataReceived(object sender, EventArgs e)
    {

Device.DataEventArgs de = (Device.DataEventArgs)e;
NeuroSky.ThinkGear.DataRow[] tempDataRowArray = de.DataRowArray;

TGParser tgParser = new TGParser();
tgParser.Read(de.DataRowArray);

    /* Loops through the newly parsed data of the connected
headset*/
    for (int i = 0; i < tgParser.ParsedData.Length; i++)
    {
        if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("Raw"))
        {

        }

        if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("PoorSignal"))
        {

//The following line prints the Time associated with the parsed data

```

```

//A Poor Signal value of 0 indicates that your headset is fitting
properly

        poorSig = (byte)tgParser.ParsedData[i]["PoorSignal"];
        SetProg((200 - poorSig) / 2);
    }

    if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("Attention"))
    {
SetConc(tgParser.ParsedData[i]["Attention"].ToString());
        timer_interval      =      (int)(500+2000*(100.0      -
tgParser.ParsedData[i]["Attention"])/100.0);

        SetDebugInfo(timer_interval.ToString(), "");
    }

    if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("Meditation"))
    {

    }

    if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("EegPowerDelta"))
    {

    }

    if (tgParser.ParsedData[i].ContainsKey("BlinkStrength"))
    {

        SetDebugInfo(timer_interval.ToString(),
tgParser.ParsedData[i]["BlinkStrength"].ToString());
        if      (tgParser.ParsedData[i]["BlinkStrength"]      >
blink_threshold)
        {
            if (blink_clock.ElapsedMilliseconds < 750)
            {
                select_letter();
                dir *= -1;
            }
            else
            {
                dir *= -1;
            }
        }
    }

```



```

        delegate void set_debug_delegate(string let, string blet);
        void SetDebugInfo(string let, string blet)
        {
            // Make sure we're on the right thread
            if (interv.InvokeRequired == false || blink.InvokeRequired ==
false )
            {
                interv.Text = let;
                blink.Text = blet;
            }
            else
            {
                // Show progress asynchronously
                set_debug_delegate setdebug = new
set_debug_delegate(SetDebugInfo);
                BeginInvoke(setdebug, new object[] { let , blet});
            }

        }

        delegate void set_word_delegate(string let);
        void SetWord(string let)
        {
            // Make sure we're on the right thread
            if (word_display.InvokeRequired == false)
            {
                word_display.Text = let;
            }
            else
            {
                // Show progress asynchronously
                set_word_delegate setword = new set_word_delegate(SetWord);
                BeginInvoke(setword, new object[] { let });
            }

        }

        delegate void set_con_delegate(string let);
        void SetConLabel(string let)
        {
            // Make sure we're on the right thread
            if (con_label.InvokeRequired == false)

```

```

    {
        con_label.Text = let;
    }
else
{
    // Show progress asynchronously
    set_con_delegate setcon = new set_con_delegate(SetConLabel);
    BeginInvoke(setcon, new object[] { let });
}
}

delegate void set_blink_delegate(string let);
void SetBlink(string let)
{
// Make sure we're on the right thread
if (blink.InvokeRequired == false)
{
    blink.Text = let;
}
else
{
    // Show progress asynchronously
    set_blink_delegate setblink = new
set_blink_delegate(SetBlink);
    BeginInvoke(setblink, new object[] { let });
}
}

delegate void set_conc_delegate(string let);
void SetConc(string let)
{
// Make sure we're on the right thread
if (conc.InvokeRequired == false)
{
    conc.Text = let;
}
else
{
    // Show progress asynchronously
    set_conc_delegate setconc = new set_conc_delegate(SetConc);
    BeginInvoke(setconc, new object[] { let });
}
}

```

```

    }
    }
    private void Mindset_Load(object sender, EventArgs e)
    {

    }

    private void Mindset_close(object sender, FormClosedEventArgs
e)
    {
connector.Close();
    }

    private void button1_Click_1(object sender, EventArgs e)
    {
synth.Speak(word_display.Text);
word_display.Text = "";
    }
}
}

```

# Αναφορές

- [1] Σύλλογος Ασθενών Αμυοτροφικής Πλευρικής Σκλήρυνσης Ελλάδας, <http://www.alshellas.org/>. [τελευταία επίσκεψη: 5/7/2014].
- [2] Καρυδάκης Γ., *Διαλέξεις στο Μάθημα "Επικοινωνία Ανθρώπου Υπολογιστή"*. 2010. Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.
- [3] White paper, *Brain Wave Signal (EEG) of NeuroSky, Inc.*, Neurosky, link: <http://frontiernerds.com/files/neurosky-vs-medical-ee.pdf>, December 2009 [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]
- [4] Gray's Ανατομία (Τόμοι 1&2) -Συγγραφείς: Drake R. / Vogl W. / Mitchell A.
- [5] Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Ιστολογίας-Ιστολογικής Δομής ΚΝΣ [http://emed.med.uoa.gr/application/syllabus/1/neuriko/neuriko\\_sistema/](http://emed.med.uoa.gr/application/syllabus/1/neuriko/neuriko_sistema/) [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]
- [6] Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Ιατρικού Λεξικού <http://iaticra.gr/el/articles/2890> [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]
- [7] Μπουζιάνη Χ., Δερμιτζάκης Ε., Μαλεγιαννάκη Α., Τσίπτσιος Ι. *Διαταραχές λόγου: τα είδη των αφασιών. Μια σύνθετη νευρολογική και νευροψυχολογική προσέγγιση*. Περιοδικό Νευρολογία, τόμος 17, τεύχος 5, σελ. 257-267, Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2008.
- [8] National Aphasia Association Journal
- [9] Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Μυοπαθών Κύπρου [www.mdacyprus.org/MDAcyprus/](http://www.mdacyprus.org/MDAcyprus/) [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]
- [10] Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Ενημέρωσης ALS <http://www.als-net.gr/istorikogr.htm> [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]
- [11] Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. *Neuropsychological Assessment (fourth Edition)*. Oxford University Press: New York., 2004.
- [12] van Gils, M. et al. *Signal processing in prolonged EEG recordings during intensive care*. IEEE Eng Med Biol Mag., 16(6), pp. 56-63, Nov-Dec 1997.
- [13] Κοσμόπουλος, Δ. *Διαλέξεις στο Μάθημα "Ανάλυση Συστημάτων"*. 2009. Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.

- [14] Αναγνωστόπουλος, Χ. *Διαλέξεις Μαθήματος "Επικοινωνία Ανθρώπου Υπολογιστή"*. in *Ανάλυση Απαιτήσεων και Καθορισμός Προδιαγραφών, Χρηστικότητα*. 2009. Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδος, Τμήμα Πληροφορικής με εφαρμογές στη Βιοϊατρική.
- [15] Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Διαδικτυακής Εκπαιδευτικής Πλατφόρμας Εντατικής Θεραπείας  
<https://www.intensivecare.com.cy/teleprometheus/index.php/leksiko/110-a/162-anatomia-egkefalou> [τελευταία επίσκεψη: 15/9/2014]



