

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ



Μεταπτυχιακή Εργασία

«Συγκριτική μελέτη συστημάτων ψηφιακής  
εγκεφαλογραφίας στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις  
φυσικές καταστροφές»

Γεώργιος Στέργιος (Α.Μ. 139)

Επιβλέπων Καθηγητής: Αναστάσιος Μικρόπουλος

Ιωάννινα 2016

## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέπων καθηγητή της μεταπτυχιακής μου εργασίας, καθηγητή κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο, τόσο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα όσο και για την καθοδήγηση και την υπομονή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τη συμβολή τους:

- κ. Κωνσταντίνο Κώτση, Καθηγητή στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
- κ. Δημήτριο Μαυρίδη, Επίκουρο Καθηγητή στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδάκτορα του Εργαστηρίου Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση κ. Γεώργιο Ζαχαρή για τη βοήθεια που μου προσέφερε σε όποια στιγμή τη χρειάστηκα κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών όπως και τον κ. Ιωάννη Βρέλλη για τη συμβολή του σε τεχνικά θέματα που άπτονται στην εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού για την εκπόνηση της παρούσας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του Εργαστηρίου Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση Αγγελική Τσιάρα, για τη βοήθεια και τη καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την εκπόνηση και συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

## Περίληψη

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από ένα πολύπλοκο δίκτυο κυττάρων (νευρώνων) τα οποία είναι υπεύθυνα για τις γνωστικές διεργασίες του εγκεφάλου όπως η αντίληψη, η προσοχή, η μνήμη, η σκέψη και η γλώσσα. Η δραστηριότητα του εγκεφάλου μπορεί να καταγραφεί μέσω ηλεκτροδίων τα οποία τοποθετούνται σε διάφορα σημεία της επιφάνειας του κρανίου και συνδέονται με ένα ειδικό όργανο που ονομάζεται ηλεκτροεγκεφαλογράφος. Ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος καταγράφει τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται στο εσωτερικό του κρανίου και διαχέονται προς την εξωτερική δερματική επιφάνεια ως διαφορές δυναμικού.

Τις τελευταίες δεκαετίες η καταγραφή και η μελέτη των νευροφυσιολογικών μετρήσεων έχει αρχίσει να απασχολεί εκτός από την ιατρική και άλλους επιστημονικούς κλάδους όπως για παράδειγμα η γνωστική ψυχολογία και η εκπαίδευση. Ο ερευνητικός τομέας που ασχολείται με τη μελέτη των γνωστικών διεργασιών, όπως η αντίληψη, η προσοχή και η μνήμη, που εμπλέκονται στη διαδικασία της μάθησης ονομάζεται Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη. Σε αυτόν τον τομέα η μάθηση περιγράφεται ως η δημιουργία νευρωνικών συνδέσεων ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα αυτά τα οποία λαμβάνουμε από το εξωτερικό περιβάλλον μπορεί να είναι οπτικά, ακουστικά ή απτικά (σωματοαισθητικά) και σε κάθε περίπτωση μετά την προσληψη του ερεθίσματος με κάποια από τις αισθήσεις μας γίνεται η επεξεργασία του ερεθίσματος και στο τέλος έχουμε τη λήψη μιας απόφασης, η οποία μπορεί να είναι απλά μια νοητική απόκριση είτε να συνοδεύεται και από μια κινητική απόκριση. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι βασικός στόχος της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης είναι η κατανόηση των ερεθισμάτων που σχετίζονται με την εκπαίδευση.

Για τη μελέτη αυτών των ερεθισμάτων έχει πλέον αναπτυχθεί πληθώρα συστημάτων. Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η σύγκριση των εγκεφαλικών σημάτων τα οποία λαμβάνονται με τη βοήθεια των δύο συστημάτων εγκεφαλογραφίας. Στόχος μας είναι να διαπιστώσουμε κατά πόσο ένα σύστημα προσιτό σε τιμή (Emotiv Eroc) μπορεί να δώσει ποιοτικά αποτελέσματα συγκρινόμενο με ένα ερευνητικό σύστημα (g.tec). Στη συγκεκριμένη έρευνα, κατάγραφθηκαν και μελετήθηκαν τα εγκεφαλικά σήματα αρρένων εθελοντών κατά τη διάρκεια παρατήρησης εικόνων οι οποίες προβαλλόταν σε ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό περιβάλλον και απεικόνιζαν

χρήσιμα και μη-χρήσιμα αντικείμενα με τα οποία πρέπει να εφοδιάσει κάποιος ένα σακίδιο επιβίωσης σε περίπτωση σεισμού.

Συνοπτικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι από την ανάλυση των σημάτων οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι ως προς την ποιότητα των σημάτων το σύστημα Emotiv υστερεί αρκετά σε σχέση με το σύστημα g.tec. Ένα ακόμη βασικό του μειονέκτημα είναι ότι δεν διαθέτει ηλεκτρόδια για τις 19 θέσεις που ορίζει το σύστημα καταγραφής 10-20 αλλά μόνο για 14. Αυτό σημαίνει ότι σε κάποιες περιοχές όπως η κεντρική (central) δεν υπάρχει τρόπος μελέτης των γνωστικών διεργασιών. Το βασικό όμως πλεονέκτημα που έχει το Emotiv είναι ότι παρέχει στον ερευνητή τα μη επεξεργασμένα δεδομένα ελεύθερα για offline ανάλυση με λογισμικό που ίδιου του ερευνητή είτε με χρήση εργαλειοθηκών της MATLAB εξειδικευμένων για τη μελέτη των νευροφυσιολογικών δεδομένων.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	8
1.1. Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη .....	8
1.2. Εκπαίδευση για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών.....	9
1.3. Χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση για την πρόληψη από φυσικές καταστροφές .....	11
1.4. Στόχος της εργασίας .....	12
1.5. Δομή της εργασίας .....	12
Κεφάλαιο 2. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα .....	14
2.1. Το νευρικό σύστημα .....	14
2.2. Νευρικά κύτταρα και μετάδοση νευρικών σημάτων.....	16
2.3. Εγκεφαλικός φλοιός .....	19
2.4. Η νευροφυσιολογία του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος .....	20
2.5. Συνεχές εγκεφαλογράφημα – περιγραφή των ρυθμών.....	22
2.6. Προκλητά Δυναμικά .....	25
2.6.1. Το δυναμικό P300 (ή P3) .....	26
2.6.2. Το N200 (ή N2).....	27
2.7. Θέσεις ηλεκτροδίων (Διεθνές Σύστημα 10-20).....	28
Κεφάλαιο 3. Συστήματα ψηφιακής ηλεκτροεγκεφαλογραφίας Emotiv Eroc και g.tec	31
3.1. Συγκριτικές μελέτες .....	31
3.2. Περιγραφή συσκευών καταγραφής και των αντίστοιχων λογισμικών.....	33
3.2.1. Περιγραφή Emotiv Eroc .....	34
3.2.2. Περιγραφή g.tec .....	34
Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία.....	36
4.1. Ερευνητικοί στόχοι .....	36
4.2. Δείγμα.....	37
4.3. Περιγραφή ερεθίσματος .....	37
4.4. Τρόπος διεξαγωγής καταγραφής –Συλλογή δεδομένων .....	38
4.4.1. Συλλογή δεδομένων με το σύστημα Gtec.....	39
4.4.2. Συλλογή δεδομένων με το σύστημα Emotiv Eroc .....	40
4.5. Τρόπος διεξαγωγής ανάλυσης των δεδομένων .....	40
4.5.1. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα g.tec.....	41
4.5.2. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα Emotiv Eroc.....	43
Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα .....	46

5.1. Αποτελέσματα από το σύστημα g.tec .....	46
5.2. Αποτελέσματα από το σύστημα Emotiv Eroc.....	48
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα .....	50
6.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων .....	50
6.2. Συζήτηση - Μελλοντική έρευνα - Βελτιώσεις.....	53
Βιβλιογραφία.....	54

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

---

- 1.1. Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη
  - 1.2. Εκπαίδευση για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών
  - 1.3. Χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση για την πρόληψη από φυσικές καταστροφές
  - 1.4. Στόχος της εργασίας
  - 1.5. Δομή της εργασίας
- 

### 1.1. Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη (Educational Neuroscience ή Neuroeducation) είναι ένα αναδυόμενο διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει τομείς όπως η νευροεπιστήμη, η ψυχολογία και η εκπαίδευση. Οι Kandel, Schwartz και Jessell στο βιβλίο τους «Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά» υποστηρίζουν ότι, αποστολή της νευροεπιστήμης αποτελεί η ερμηνεία της συμπεριφοράς του ατόμου με βάση τις λειτουργίες του εγκεφάλου, δηλ. η αποσαφήνιση του τρόπου με τον οποίο τα νευρικά κύτταρα συνεργάζονται μεταξύ τους για να παραχθεί μια δεδομένη συμπεριφορά καθώς και του τρόπου με τον οποίο τα κύτταρα επηρεάζονται από το περιβάλλον. Η γένεση του κλάδου της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης εδράζεται στην γενική αντίληψη ότι κάθε τι που επηρεάζει τη μάθηση έχει τις βάσεις του στον ανθρώπινο εγκέφαλο και ως εκ τούτου η κατανόηση της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου θα μπορούσε να επηρεάσει τις εκπαιδευτικές πρακτικές και να οδηγήσει στη δημιουργία βελτιωμένων μεθόδων διδασκαλίας και προγραμμάτων σπουδών.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια έκρηξη της έρευνας στον τομέα της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης, παρόλο που ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα αυτό συναντάμε και παλαιότερα. Ο Bruer, πριν από δύο δεκαετίες περίπου, πρότεινε στην επιστημονική κοινότητα μια θεωρία σχετική με τις νευροεπιστήμες και την εκπαίδευση. Ανέφερε πως το χάσμα μεταξύ νευροεπιστημών και εκπαίδευσης είναι αγεφύρωτο και πρότεινε το διαχωρισμό σε τρία επιστημονικά πεδία, τις νευροεπιστήμες, τη γνωσιακή επιστήμη και την εκπαίδευση, θεωρώντας εφικτή τη σύνδεση μεταξύ νευροεπιστημών και γνωσιακής επιστήμης καθώς και μεταξύ γνωσιακής επιστήμης και εκπαίδευσης (Bruer, 1997).



Σύμφωνα με την Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη και κάτω από μια βιολογική θεώρηση, η μάθηση ορίζεται ως μια διαδικασία δημιουργίας νευρωνικών συνδέσεων ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα και η εκπαίδευση ως μια διαδικασία δημιουργίας και ελέγχου αυτών των ερεθισμάτων (Ferrari, 2011; Koizoumi, 2011). Η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη λοιπόν, μπορεί να παρέχει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την σε βάθος κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο ανθρώπινος εγκέφαλος δημιουργεί γνωστικά συστήματα για την αισθητήρια είσοδο των ερεθισμάτων. Οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής στον τομέα της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης κατά κύριο λόγο εδράζονται σε γνωστικές περιοχές του προγράμματος σπουδών της τυπικής εκπαίδευσης όπως τα μαθηματικά, η χημεία, η ανάγνωση κ.α.

## **1.2. Εκπαίδευση για την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών**

Οι φυσικές καταστροφές περιλαμβάνουν όλες τις αρνητικές επιπτώσεις οι οποίες εκδηλώνονται ως αποτέλεσμα της έκφρασης ενός φυσικού φαινομένου όπως οι σεισμοί, οι τυφώνες, οι πλημμύρες κ.α. Πιο συγκεκριμένα, για να θεωρήσουμε ένα οποιοδήποτε φαινόμενο ως καταστροφικό, θα πρέπει αυτό να έχει προκαλέσει εκτεταμένες κοινωνικές ή/και οικονομικές απώλειες. Οι σχετικές έρευνες λοιπόν θα πρέπει να στοχεύουν αφενός στην πρόληψη αυτών των φαινομένων αφετέρου στη μείωση των επιδράσεων τους. Οι Briere & Elliott (2000) χρησιμοποιούν τον όρο «disaster» για να περιγράψουν όλα τα μεγάλης-κλίμακας γεγονότα που επηρεάζουν δυσμενώς ένα σημαντικό αριθμό ανθρώπων.

Ο σεισμός είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται χωρίς σαφή προειδοποίηση και παρά τη μικρή χρονική διάρκεια του μπορεί να προκαλέσει μεγάλες υλικές καταστροφές, σοβαρούς τραυματισμούς και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Η πιο γνωστή κλίμακα μέτρησης των σεισμικών δονήσεων είναι η κλίμακα Richter καθώς χρησιμοποιείται διεθνώς. Ο σεισμός συνήθως προκαλείται από ξαφνική απελευθέρωση συσσωρευμένης ενέργειας στο φλοιό της Γης. Η Ελλάδα είναι εν γένει μια σεισμογενής χώρα η οποία κατά καιρούς έχει δώσει μικρές ή και μεγαλύτερες σεισμικές δονήσεις. Η εκπαίδευση για την αντιμετώπιση των καταστροφών (disaster education), συμπεριλαμβανομένου των φυσικών καταστροφών όπως οι σεισμοί αλλά και των ακραίων καιρικών φαινομένων, είναι ένας κλάδος ο οποίος σχετίζεται με την εκπαίδευση των

μαθητών αναφορικά με το πως μπορούν να προστατέψουν τον εαυτό τους σε περίπτωση σεισμού (Shaw, Shiwaku, & Takeuchi, 2011).

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την πρόληψη από τις φυσικές καταστροφές είναι η εκπαίδευση (Shaw & Kobayashi, 2001). Ωστόσο, για να είναι αποτελεσματική οποιαδήποτε εκπαιδευτική παρέμβαση, οι προδιαγραφές που αφορούν το σχεδιασμό και την εφαρμογή της παρέμβασης θα πρέπει να ευθυγραμμίζονται με τις εκπαιδευτικές δεξιότητες των συμμετεχόντων (Alkire, 2002). Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί γύρω από αυτόν τον τομέα, επικεντρώνονται στην εκπαίδευση των επαγγελματιών που θα έχουν καθοριστικό ρόλο σε διαδικασίες ανάκαμψης μετά από μια καταστροφή, όπως το ιατρικό προσωπικό. Αυτές οι ερευνητικές μελέτες διεξήχθησαν για δύο κυριώς σκοπούς, αφενός για να οριστούν οι απαραίτητες δεξιότητες των επαγγελματιών υγείας στο πλαίσιο της ετοιμότητας τους σε περιπτώσεις καταστροφών και αφετέρου για να οριστούν οι διδακτικές μέθοδοι που θα συμβάλλουν στη διάχυση του κατάλληλου εκπαιδευτικού περιεχομένου (Farra, Miller & Hodgson, 2015; Jose & Dufrene, 2014). Είναι όμως πλέον κοινώς αποδεκτό ότι η - τυπική και μη τυπική - εκπαίδευση που στοχεύει στην ετοιμότητα των ατόμων σε περιπτώσεις καταστροφών θα πρέπει να επεκταθεί σε ολόκληρη την κοινωνία, ώστε να καταστήσει το σύνολο του πληθυσμού λιγότερο ευάλωτο. Οι Tatebe & Mutch (2015) εξετάζουν το ρόλο της εκπαίδευσης στη μείωση των κινδύνων σε περιπτώσεις καταστροφών. Το UNISDR's Hyogo Framework for Action (HFA) αναφέρεται από τους Tatebe & Mutch (2015) ως το εθνικό πλαίσιο μείωσης των κινδύνων σε περιπτώσεις καταστροφών (UNISDR) με τις περισσότερες παραπομπές καθώς βασίζεται στη θεμελιώδη αντίληψη ότι οι καταστροφές μπορούν να μειωθούν σημαντικά αν οι άνθρωποι είναι καλά ενημερωμένοι και παρωθημένοι προς μια νοοτροπία πρόληψης των καταστροφών. Το ANDROID (Academic Network for Disaster Resilience to Optimise Educational Development) είναι ένα χρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση, διεθνές δίκτυο ανθεκτικότητας στις καταστροφές που συστάθηκε το 2011 για την προώθηση της συνεργασίας και της καινοτομίας μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ανώτατης Εκπαίδευσης, υιοθετώντας τις βασικές προτεραιότητες της HPA. Κύριος στόχος της αποτελεί η ανάπτυξη καινοτόμων εκπαιδευτικών πόρων για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας της κοινωνίας σε περιπτώσεις καταστροφών.

### 1.3. Χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση για την πρόληψη από φυσικές καταστροφές

Η έλευση των ΤΠΕ είναι ένας βασικός παράγοντας που μπορεί να επιτρέψει σημαντικές βελτιώσεις στον τομέα της έρευνας και της εκπαίδευσης για την πρόληψη και προστασία από καταστροφές. Οι προσομοιώσεις, τα εικονικά περιβάλλοντα, τα σοβαρά παιχνίδια και άλλα καινοτόμα τεχνολογικά μέσα, μπορούν να διευκολύνουν και να ενισχύσουν την ετοιμότητα των ατόμων για την αντιμετώπιση σε συνθήκες καταστροφών, καθώς έχουν τη δυνατότητα να ενισχύουν τη συμμετοχή των χρηστών, την αίσθηση της παρουσίας τους, κ.λπ. και να παρέχουν μάθηση μέσα από αυθεντικά περιβάλλοντα (situated learning). Τα εικονικά περιβάλλοντα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα αξιόλογα, καθώς οι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν πλήρη εμπύθιση του ατόμου είναι πρακτικά αδύνατο αλλά και επικίνδυνο να υλοποιηθούν στην πραγματική ζωή. Ωστόσο, η βασική αρχή για την εφαρμογή ενός αποτελεσματικού ψηφιακού περιβάλλοντος μάθησης είναι η σχεδίαση των αισθητήριων αναπαραστάσεων να είναι συμβατή με την οπτική, ακουστική και απτική αντίληψη του χρήστη. Για παράδειγμα, οι Haferkamp, Kraemer, Linehan & Schembri (2011), πρότειναν ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι (serious game) το οποίο παρείχε ένα ελκυστικό εικονικό περιβάλλον για την εκπαίδευση σχετικά με τις διαδικασίες επικοινωνίας και λήψης αποφάσεων σε περιπτώσεις καταστροφών. Σύμφωνα, με την ιδέα της μάθησης που βασίζεται σε επίλυση προβλήματος (problem-based learning), οι παίκτες δεξιότητες επικοινωνίας και λήψης απόφασης. Ο Mitsuhashi και οι συνεργάτες του (2015), σχεδίασαν ένα ακόμα ψηφιακό εργαλείο. Πρότειναν ένα σύστημα που βασίζεται στο Διαδίκτυο για τη σχεδίαση μιας game-based εκκένωσης. Οι παίκτες μπορούσαν να μάθουν για τα μέτρα πρόληψης από καταστροφές παρακολουθώντας υλικά και σκηνές από τον πραγματικό κόσμο και λαμβάνοντας της απαραίτητες αποφάσεις κατά τη διάρκεια της εικονικής εκκένωσης. Ο Natsis και οι συνεργάτες του (2014), συνέκριναν τις απόψεις μαθητών για τρία διαφορετικά διαδικτυακά μαθησιακά εργαλεία, ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι, μια δυναμική προσομοίωση και έναν ψηφιακό εννοιολογικό χάρτη. Αυτά τα τρία είδη μαθησιακών εργαλείων χρησιμοποιήθηκαν για εκπαιδευτικούς σκοπούς, στοχεύοντας στην ετοιμότητα των μαθητών σε περίπτωση φυσικής καταστροφής. Αυτά τα παραδείγματα, υποδηλώνουν ότι το εκπαιδευτικό υλικό που ενσωματώνεται σε ψηφιακά περιβάλλοντα για μείωση των κινδύνου σε περιπτώσεις καταστροφών πρέπει να σχεδιάζεται και να υλοποιείται με στόχο να μεγιστοποιεί τη διαδραστικότητα

και την υψηλή αίσθηση παρουσίας ώστε να προωθείται η ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη και η επίλυση προβλήματος την οποία οι χρήστες θα μεταφέρουν στον πραγματικό κόσμο.

#### **1.4. Στόχος της εργασίας**

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει κατά πόσο ένα ασύρματο σύστημα καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων μπορεί να δώσει εξίσου αξιόπιστα αποτελέσματα συγκρινόμενο με ένα ερευνητικό σύστημα ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί αντί αυτού σε πειράματα που εξετάζουν για την εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων κατά την προβολή ερεθισμάτων εκπαιδευτικού περιεχομένου. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση των σημάτων των δύο συστημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφίας.

Μέσα στους επιμέρους ερευνητικούς στόχους της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας αρρένων εθελοντών κατά τη διαδικασία αναγνώρισης δέκα (10) διαφορετικών εικόνων οι οποίες απεικονίζουν χρήσιμα (Useful Items) και μη-χρήσιμα (Non-Useful Items) αντικείμενα τα οποία πρέπει να φέρουν οι συμμετέχοντες μαζί τους σε ένα σακίδιο επιβίωσης σε περίπτωση σεισμού. Επιπλέον, η παρούσα μελέτη μας επέτρεψε να επιτύχουμε ένα επιπλέον στόχο που είναι η διερεύνηση των πιθανών διαφορών στην εγκεφαλική δραστηριότητα που συνδέεται με την οπτική διάκριση και την νοητική προσπάθεια μεταξύ των χρησίμων και μη-χρησίμων αντικειμένων.

Τέλος, μέσα από αυτή τη μελέτη εξετάσαμε το κατά πόσον η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα μέσο επαλήθευσης για την κατανόηση των γνωστικών διεργασιών και την εκμάθηση των μηχανισμών που διέπουν αυτές τις διεργασίες, καθώς και για την αξιολόγηση των μαθησιακών περιβαλλόντων που αφορούν την εκπαίδευση για τις φυσικές καταστροφές.

#### **1.5. Δομή της εργασίας**

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί μια εισαγωγή στον τομέα της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται το ανθρώπινο νευρικό σύστημα καθώς και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη των δεδομένων του πειράματος. Αφού γίνει μια σύντομη αναφορά στις δύο

πειραματικές τεχνικές, της συνεχούς καταγραφής και των προκλητών δυναμικών, αναλύονται διεξοδικά οι συνιστώσες του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος στις οποίες εστιάζει η έρευνα. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή των δύο συστημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφίας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για τη λήψη των σημάτων με αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης καθενός από αυτά. Επιπλέον, αναλύονται τα αποτελέσματα των σχετικών μελετών σύγκρισης συστημάτων ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία (ο στόχος του πειράματος, το δείγμα, η διαδικασία λήψης και ανάλυσης των σημάτων). Στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας ενώ στο έκτο τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

## Κεφάλαιο 2. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

---

- 2.1. Το νευρικό σύστημα
  - 2.2. Νευρικά κύτταρα και μετάδοση νευρικών σημάτων
  - 2.3. Εγκεφαλικός φλοιός
  - 2.4. Η νευροφυσιολογία του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος
  - 2.5. Συνεχές εγκεφαλογράφημα – περιγραφή των ρυθμών
  - 2.6. Προκλητά Δυναμικά
    - 2.6.1. Το P300 (ή P3)
    - 2.6.2. Το N200 (ή N2)
  - 2.7. Θέσεις ηλεκτροδίων (Διεθνές Σύστημα 10-20)
- 

### 2.1. Το νευρικό σύστημα

Το νευρικό σύστημα αποτελείται από δύο υποσυστήματα: το κεντρικό νευρικό σύστημα, αποτελούμενο από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό, και το περιφερειακό νευρικό σύστημα, αποτελούμενο από τις ομάδες νευρώνων που ονομάζονται γάγγλια καθώς και από τα περιφερειακά νεύρα, που βρίσκονται έξω από τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό. Τα δύο υποσυστήματα διαχωρίζονται ανατομικά, αλλά συνδέονται λειτουργικά.

Το περιφερειακό νευρικό σύστημα αποτελείται από δύο τμήματα: το σωματικό τμήμα και το αυτόνομο. Το σωματικό τμήμα παρέχει στο κεντρικό νευρικό σύστημα τις πληροφορίες για τη θέση των μυών και των άκρων καθώς και για το εξωτερικό περιβάλλον του σώματος. Σε αυτό περιλαμβάνονται οι αισθητηριακοί νευρώνες των εγκεφαλικών και νωτιαίων γαγγλίων, οι οποίοι νευρώνουν τους μυς, τις αρθρώσεις και το δέρμα. Το αυτόνομο τμήμα αποτελεί το κινητικό σύστημα για τους λείους μυς του δέρματος, τα σπλάχνα και τους εξωκρινείς αδένες. Για το λόγο αυτό αποκαλείται και αυτόνομο κινητικό σύστημα. Διαιρείται σε τρία υποσυστήματα: το συμπαθητικό (αντίδραση του σώματος σε ερεθίσματα), το παρασυμπαθητικό (διατήρηση ενεργειακών αποθεμάτων του σώματος) και το εντερικό νευρικό σύστημα (έλεγχος της λειτουργίας των λείων μυϊκών ινών του εντέρου).

Το κεντρικό νευρικό σύστημα χρήζει ανάλυσης στην παρούσα διατριβή εξαιτίας της σύνδεσής του με εγκεφαλικές λειτουργίες. Το κεντρικό νευρικό σύστημα

ενός ενήλικου υγιούς ατόμου είναι αμφίπλευρο και ουσιαστικά συμμετρικό και διαιρείται σε επτά κύρια μέρη (Σχήμα 2.1).

1. Το νωτιαίο μυελό. Βρίσκεται στο κατώτατο τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος, δέχεται και επεξεργάζεται αισθητηριακές πληροφορίες από το δέρμα, τους μύες των άκρων και του κορμού, τις αρθρώσεις και τα εσωτερικά όργανα, περιέχει τους κινητικούς νευρώνες που ελέγχουν τις ακούσιες και τις αντανακλαστικές κινήσεις και ελέγχει πολλές σπλαχνικές λειτουργίες. Υποδιαιρείται στον αυχενικό, τον θωρακικό, τον οσφυϊκό και τον ιερό νωτιαίο μυελό

2. Τον προμήκη μυελό. Αποτελεί προέκταση του νωτιαίου μυελού. Ρυθμίζει ζωτικές αυτόνομες λειτουργίες, όπως η πέψη, η αναπνοή και ο έλεγχος του καρδιακού ρυθμού. Μαζί με τη γέφυρα και την παρεγκεφαλίδα σχηματίζουν μια συνεχή δομή που ονομάζεται εγκεφαλικό στέλεχος

3. Τη γέφυρα. Μεταφέρει πληροφορίες σχετικά με την κίνηση από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια προς την παρεγκεφαλίδα. Μαζί με τον προμήκη μυελό συμμετέχει στη ρύθμιση της πίεσης του αίματος και της αναπνοής

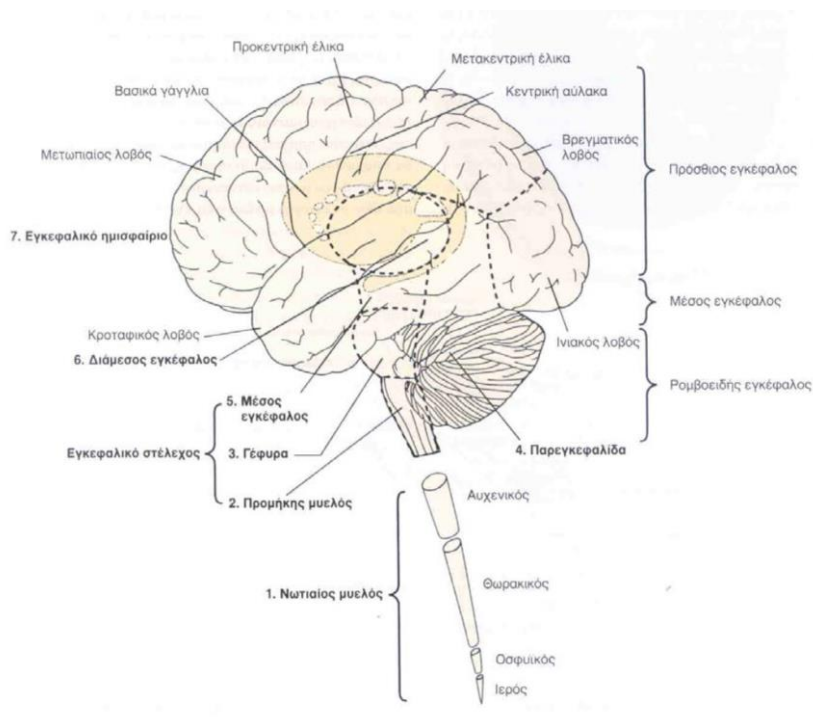
4. Την παρεγκεφαλίδα. Διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην εκμάθηση των κινητικών δεξιοτήτων και τροποποιεί τη δύναμη και το εύρος της κίνησης. Συντονίζει τον προγραμματισμό, τον χρόνο και τον τύπο ενέργειας των σκελετικών μυών κατά τη διάρκεια της κίνησης

5. Το μέσο εγκέφαλο. Ελέγχει πολλές κιναισθητικές λειτουργίες, όπως τις οφθαλμικές κινήσεις και το συντονισμό των οπτικών και ακουστικών αντανακλαστικών

6. Το διάμεσο εγκέφαλο. Περιέχει δύο βασικές δομές, το θάλαμο που επεξεργάζεται όλες σχεδόν τις πληροφορίες που μεταδίδονται στα εγκεφαλικά ημισφαίρια από το υπόλοιπο κεντρικό νευρικό σύστημα και τον υποθάλαμο που ρυθμίζει αυτόνομες, ενδοκρινικές και σπλαχνικές λειτουργίες

7. Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια. Αποτελούν τη μεγαλύτερη περιοχή του εγκεφάλου και εξωτερικά εμφανίζουν την έντονα πτυχωτή επιφάνεια του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Αποτελούνται από το φλοιό, την υποκείμενη λευκή ουσία – τη φαιά ουσία, τα βασικά γάγγλια, τον ιπποκάμπιο σχηματισμό και την αμυγδαλή. Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια χωρίζονται με μία βαθιά σχισμή (από

εμπρός μέχρι πίσω) σε αριστερό και δεξιό ημισφαίριο τα οποία, ενώ στο μεγαλύτερο μέρος τους το ένα αποτελεί είδωλο του άλλου, εκτελούν γενικά διαφορετικές λειτουργίες. Η μεγαλύτερη δομή των εγκεφαλικών ημισφαιρίων, ο εγκεφαλικός φλοιός, διαδραματίζει κεντρικό ρόλο σε όλες τις λεγόμενες ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες όπως η μνήμη, η προσοχή, η αντίληψη, η σκέψη, η γλώσσα και η συνείδηση και περιγράφεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα. Τα βασικά γάγγλια συμμετέχουν στη ρύθμιση της κίνησης και γενικά στη γνωστική λειτουργία. Ο ιππόκαμπος και η αμυγδαλή είναι μέρη του στεφαναίου συστήματος. Ο ιππόκαμπος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μνήμη, ενώ η αμυγδαλή συντονίζει τις δράσεις του αυτόνομου και του ενδοκρινικού συστήματος και συμμετέχει στη δημιουργία των συναισθημάτων.



Σχήμα 2.1. Σχηματική αναπαράσταση της δομής του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Kandel et al., 2003:11).

## 2.2. Νευρικά κύτταρα και μετάδοση νευρικών σημάτων

Στο νευρικό σύστημα υπάρχουν δύο κατηγορίες κυττάρων: τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα. Τα νευρογλοιακά κύτταρα είναι 10 – 50 φορές περισσότερα αριθμητικά από ότι οι νευρώνες στο κεντρικό νευρικό σύστημα των σπονδυλωτών. Δεν είναι απαραίτητα στην επεξεργασία πληροφοριών. Ωστόσο, θεωρείται ότι χρησιμεύουν στη σταθερότητα και τη

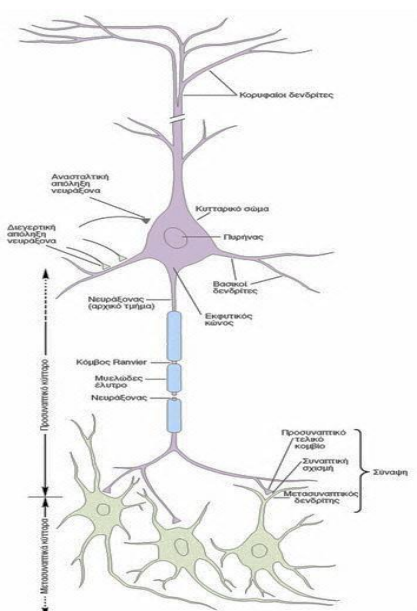


δομική συνοχή του εγκεφάλου και λειτουργούν ως απορριμματοσυλλέκτες, απομακρύνοντας συντρίμματα μετά από κάκωση ή νευρωνικό θάνατο.

Αντίθετα, τα νευρικά κύτταρα αποτελούν το θεμέλιο λίθο στη δομή του νευρικού συστήματος και κατά συνέπεια στην κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου και της παραγωγής των σκέψεων. Όλα τα ζώα, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου, δέχονται πληροφορίες για το περιβάλλον μέσω ποικίλων αισθητηριακών υποδοχέων. Από τους υποδοχείς, οι πληροφορίες μεταβιβάζονται στον εγκέφαλο και μετασχηματίζονται από αυτόν σε αισθήσεις ή σε εντολές κίνησης. Η σύνθετη και ιδιαίτερα χρήσιμη διαδικασία, επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση μόνο των νευρικών κυττάρων και των συνδέσεων μεταξύ τους.

Ο εγκέφαλος είναι ικανός να παράγει μια εξαιρετικά σύνθετη συμπεριφορά, διότι περιέχει έναν εκπληκτικά μεγάλο αριθμό νευρικών κυττάρων τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ειδικών διασυνδέσεων. Μια βασική ανακάλυψη για την κατανόηση του εγκεφάλου είναι ότι η δυνατότητα για την παραγωγή σύνθετης συμπεριφοράς δεν εξαρτάται τόσο από την ποικιλία των νευρικών κυττάρων όσο από τον αριθμό τους και τις ακριβείς συνδέσεις μεταξύ τους (Kandel et al., 2003).

Στο Σχήμα 2.2, παρουσιάζεται η δομή και τα βασικά μέρη ενός τυπικού νευρικού κυττάρου.



Σχήμα 2.2. Σχηματική αναπαράσταση νευρώνα. Εικονίζονται τα βασικά μέρη του νευρικού κυττάρου (κυτταρικό σώμα, δενδρίτες, νευράξονα) καθώς και οι συνάψεις με άλλα (μετασυναπτικά) κύτταρα (Kandel et al., 2003).

Τα περισσότερα από τα νευρικά κύτταρα παρουσιάζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά. Ένας συνήθης νευρώνας έχει τέσσερις καθορισμένες μορφολογικές περιοχές: το κυτταρικό σώμα, τους δενδρίτες, τον νευροάξονα και τα προσυναπτικά τελικά κομβία.

Το κυτταρικό σώμα είναι το κέντρο μεταβολισμού του κυττάρου. Περιέχει τον πυρήνα, τον υπεύθυνο για την αποθήκευση των γενετικών πληροφοριών. Στο κυτταρικό σώμα περιλαμβάνονται τα δύο είδη των κυτταρικών αποφυάδων, οι δενδρίτες και ο νευροάξονας. Οι δενδρίτες χρησιμοποιούνται ως κύριο σύστημα υποδοχής σημάτων από άλλα νευρικά κύτταρα. Ο νευροάξονας είναι η κύρια μονάδα αγωγής του νευρώνα και μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρικά σήματα σε μήκος που κυμαίνεται από 0.1 mm έως και 2 m. Διαιρείται σε αρκετούς κλάδους, μεταφέροντας έτσι πληροφορίες σε διάφορους στόχους. Η διαβίβαση των πληροφοριών πραγματοποιείται με χημικό ή ηλεκτρικό τρόπο. Τα ηλεκτρικά σήματα που διατρέχουν τον νευροάξονα ονομάζονται δυναμικά ενέργειας και είναι σύντομες και παροδικές νευρικές ώσεις (Kandel et al., 2003).

Κοντά στην απόληξή του ο νευροάξονας έρχεται διαιρεμένος, σε επαφή με άλλους νευρώνες. Το κύτταρο που διαβιβάζει το σήμα ονομάζεται προσυναπτικό κύτταρο ενώ αυτό που δέχεται το σήμα ονομάζεται μετασυναπτικό κύτταρο. Τα σημεία αυτής της επαφής λέγονται προσυναπτικά τελικά κομβία. Σημαντικό ρόλο στην ηλεκτρική συμπεριφορά των νευρώνων παίζει το μυελώδες έλυτρο που περιβάλλει και μονώνει πολλούς νευράξονες (κυρίως στους κινητικούς και αισθητικούς νευρώνες) και που διακόπτεται ανά κανονικά διαστήματα από τους κόμβους Ranvier.

Τα νευρικά κύτταρα όταν βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας είναι ηλεκτρικά πολωμένα και διατηρούν μια διαφορά δυναμικού μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού της κυτταρικής μεμβράνης κατά μέσο όρο της τάξης των 65 mV. Δεδομένου ότι το δυναμικό έξω από το κύτταρο ορίζεται κατά συνθήκη ως μηδέν, το δυναμικό ηρεμίας είναι αρνητικό (-65 mV). Η διαφορά δυναμικού οφείλεται στην άνιση κατανομή των κατιόντων νατρίου (Na<sup>+</sup>) που πλεονάζουν στον εξωκυττάριο χώρο και ανιόντων χλωρίου (Cl<sup>-</sup>) στο εσωτερικό του κυττάρου, καθώς και σε κατιόντα καλίου (K<sup>+</sup>) ή και άλλων οργανικών ανιόντων σε συνδυασμό με την επιλεκτική διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης στα ιόντα K<sup>+</sup> και Na<sup>+</sup>. Αυτή η διαφορά δυναμικού, ονομάζεται δυναμικό ηρεμίας της μεμβράνης. Οι σημαντικότεροι δίαυλοι που ενδιαφέρουν για την περιγραφή της

ηλεκτρικής συμπεριφοράς των νευρικών κυττάρων είναι οι δίαυλοι  $K^+$  και  $Na^+$ . Σε κανονικές συνθήκες μία μεμβρανική πρωτεΐνη που ονομάζεται «αντλία  $K^+/Na^+$ » επιτρέπει τη μετακίνηση ιόντων διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης με αποτέλεσμα να αλλάζει η ηλεκτρική ισορροπία του κυττάρου σε σχέση με το περιβάλλον του.

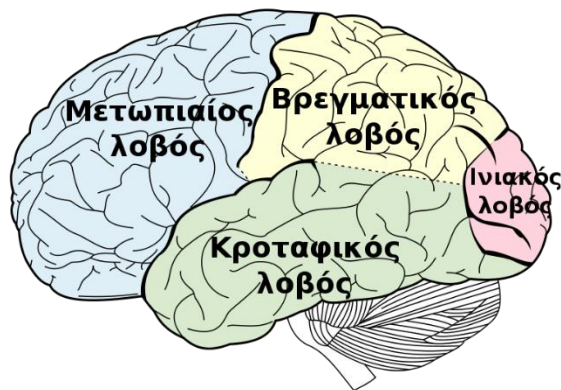
### 2.3. Εγκεφαλικός φλοιός

Ο φλοιός των εγκεφαλικών ημισφαιρίων αποτελεί την έντονη πτυχωτή επιφάνεια των ημισφαιρίων (Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.3. Ο εγκεφαλικός φλοιός

Σε κάθε ένα από τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου, ο φλοιός διαιρείται σε τέσσερις ανατομικά ανεξάρτητους λοβούς: τον μετωπιαίο, τον βρεγματικό, τον κροταφικό και τον ινιακό (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4. Οι τέσσερις λοβοί του εγκεφάλου

Οι λοβοί πήραν τα ονόματά τους από τα αντίστοιχα οστά του κρανίου, από τα οποία και καλύπτονται.

- Ο μετωπιαίος λοβός σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τον προγραμματισμό της μελλοντικής πράξης και τον έλεγχο της κίνησης
- Ο βρεγματικός λοβός σχετίζεται με την αίσθηση της αφής και την απεικόνιση του σώματος
- Ο ινιακός λοβός περιλαμβάνει τη μεγάλη οπτική περιοχή στην οποία φθάνει η πληροφορία από τους οφθαλμούς αναλύοντας τα χρώματα, την κίνηση και την στερεοσκοπία από όπου προωθείται στις συνειρμικές περιοχές
- Ο κροταφικός λοβός που σχετίζεται με την ακοή και με πλευρές της μάθησης, της μνήμης και των συναισθημάτων.

Παρόλο αυτά, υπάρχουν και άλλες δύο περιοχές του φλοιού, οι οποίες, όμως, είναι εσωτερικές και για την παρούσα διατριβή δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης. Ο φλοιός της νήσου και ο στεφαναίος λοβός.

Ο φλοιός των εγκεφαλικών ημισφαιρίων έχει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά οργάνωσης. Πρώτον, κάθε ημισφαίριο σχετίζεται με αισθητηριακές και κινητικές λειτουργίες του αντίθετου ημιμορίου του σώματος. Μια αισθητηριακή πληροφορία που εισέρχεται στο νωτιαίο μυελό από την αριστερή πλευρά του σώματος φέρεται στη δεξιά πλευρά του νευρικού συστήματος προτού μεταβιβασθεί στο φλοιό των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Αντίστοιχα, οι κινητικές περιοχές στο ένα ημισφαίριο του εγκεφάλου ασκούν έλεγχο των κινήσεων του αντίθετου ημιμορίου του σώματος. Δεύτερον, παρόλο που τα ημισφαίρια φαίνεται να είναι όμοια στον άνθρωπο, δεν είναι απόλυτα συμμετρικά ως προς την κατασκευή, ούτε ισοδύναμα ως προς τη λειτουργία.

#### **2.4. Η νευροφυσιολογία του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος**

Κατά το τελευταίο μισό του 20ου αιώνα αναπτύχθηκαν αρκετές, μη επεμβατικές μέθοδοι για την απεικόνιση της εγκεφαλικής λειτουργίας σε υγιή υποκείμενα-εθελοντές. Κυριότερες μέθοδοι είναι οι ηλεκτρομαγνητικές καταγραφές, οι αιμοδυναμικές καταγραφές μέσω Τομογραφίας Εκπομπής Ποζιτρονίων (Positron emission tomography – PET) και οι αιμοδυναμικές καταγραφές μέσω λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (Functional Magnetic Resonance Imaging – fMRI). Στη συγκεκριμένη διατριβή χρησιμοποιήσαμε ως τεχνική λήψης των νευροφυσιολογικών σημάτων την ηλεκτροεγκεφαλογραφία, η οποία παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους όπως ότι είναι ιδιαίτερα ασφαλής για το υποκείμενο και έχουν εξαιρετική χρονική ανάλυση της τάξεως του χιλιοστού του δευτερολέπτου (ms). Μια τέτοια ανάλυση

επιτρέπει την παρακολούθηση της εγκεφαλικής λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο.

Η Ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG) είναι η παλαιότερη τεχνική απεικόνισης της εγκεφαλικής λειτουργίας και ουσιαστικά πρόκειται για τη μελέτη των μικρών, σταθερά εναλλασσόμενων δυναμικών του εγκεφάλου στο πεδίο του χρόνου, τα οποία μπορούν να καταγραφούν από το κρανίο. Είναι η τεχνική με την οποία παρακολουθούμε και καταγράφουμε την ηλεκτρική δραστηριότητα που παράγεται από νευρικά κύτταρα του εγκεφαλικού φλοιού (νευρώνες) εξαιτίας της φλοιϊκής δραστηριότητας. Τα μεταβαλλόμενα αυτά δυναμικά αθροίζονται και άγονται στο κρανίο απ' όπου μπορούν να καταγραφούν (Savoy, 2001; Fisch, 1999; Τριανταφύλλου, 1994).

Η λειτουργία του ηλεκτροεγκεφαλογράφου, της συσκευής που καταγράφει το ηλεκτρικό εγκεφαλικό σήμα μέσω της χρήσης ηλεκτροδίων, στηρίζεται στην καταγραφή των διαφορών δυναμικού, οι οποίες παρουσιάζονται στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του ανθρώπινης κεφαλής, ως αποτέλεσμα της εγκεφαλικής λειτουργίας. Υπάρχουν δύο ειδών καταγραφές: η μονοπολική καταγραφή και η διπολική καταγραφή. Ο όρος «μονοπολική καταγραφή» ορίζεται όταν το μετρούμενο σήμα προκύπτει ως διαφορά δυναμικού ενός ηλεκτροδίου ενεργού περιοχής και ενός ηλεκτροδίου ανενεργού περιοχής (αναφοράς), ενώ ο όρος «διπολική καταγραφή» ορίζεται όταν το μετρούμενο σήμα προκύπτει ως διαφορά δυναμικού δύο ηλεκτροδίων ενεργών περιοχών.

Τα μετρούμενα ηλεκτρικά σήματα είναι ασθενή, από περίπου 1  $\mu\text{V}$  ως 100  $\mu\text{V}$ . Εξαρχής, λοιπόν, υπάρχει η απαίτηση της όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ενίσχυσης των υπό εξέταση σημάτων και αποκλειστικά αυτών. Για να προκύψει μια αξιόπιστη μέτρηση απαιτούνται τουλάχιστον 6  $\text{cm}^2$  – 10  $\text{cm}^2$  του φλοιού σε συγχρονισμένη δραστηριότητα.

Ένα τυπικό σύστημα EEG αποτελείται από την πηγή του EEG, τα ηλεκτρόδια καταγραφής, τους αναλογικούς ενισχυτές βιοσημάτων που δέχονται και ενισχύουν τα βιοσήματα, τους ψηφιακούς μετατροπείς που ψηφιοποιούν τα βιοσήματα, καθώς και τον υπολογιστή με τον οποίο γίνεται το φιλτράρισμα και η ανάλυση του EEG. Περαιτέρω, ως μέρη του συστήματος μπορούν να θεωρηθούν συσκευές αποθήκευσης των δεδομένων και εκτυπωτές.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι καταγραφής νευροφυσιολογικών σημάτων, το συνεχές ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και τα προκλητά δυναμικά. Οι μέθοδοι αυτές περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.

## 2.5. Συνεχές εγκεφαλογράφημα – περιγραφή των ρυθμών

Οι καταγραφές από έναν ηλεκτροεγκεφαλόγραφο αποτελούν κυματομορφές οι οποίες αναπαριστούν σήματα που αναλύονται στο φάσμα των συχνοτήτων. Όταν αυτές οι κυματομορφές είναι επαναλαμβανόμενες ημιτονικές ονομάζονται «κανονικά κύματα». Υπάρχουν, όμως, και κυματομορφές οι οποίες δεν επαναλαμβάνονται ημιτονικά, δεν παρουσιάζουν κάποια ρυθμικότητα ή μπορεί να είναι ένας συνδυασμών των προηγούμενων δύο μορφών.

Τα εγκεφαλικά κύματα ονομάζονται και «ρυθμοί» και διακρίνονται γενικά σε αργά (με συχνότητα μικρότερη από 7 Hz), μεσαία (8 – 13Hz), γρήγορα (14 – 30 Hz) και πολύ γρήγορα κύματα (με συχνότητα μεγαλύτερη από 30 Hz). Τα περισσότερα από τα σήματα του φλοιού που παρατηρούνται στο επιφανειακό EEG βρίσκονται στην περιοχή των 1 – 20 Hz. Το πλάτος τους είναι της τάξης των  $\mu\text{V}$  με τυπικές τιμές από 1  $\mu\text{V}$  μέχρι 100  $\mu\text{V}$  για τους ενήλικες.

Το φάσμα EEG διακρίνεται σε υποπεριοχές συχνοτήτων ή ρυθμούς. Οι ρυθμοί ονομάζονται με γράμματα από το Ελληνικό αλφάβητο χωρίς να υπάρχει κάποια σειρά. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί δώδεκα γράμματα για το σκοπό αυτό. Ωστόσο, υπάρχουν μικροδιαφορές στα όρια αυτά από ερευνητή σε ερευνητή, όπως και διαφορές που επηρεάζονται από φυσιολογικές διαφοροποιήσεις από άτομο σε άτομο ή ακόμη από περιβαλλοντικές επιδράσεις στο ίδιο άτομο. Στον πίνακα 2.1 αποτυπώνονται οι συνηθέστεροι ρυθμοί με τα επικρατέστερα όρια των συχνοτήτων τους, όπως τους κατέγραψε στη διατριβή του ο Τζίμας το 2010.

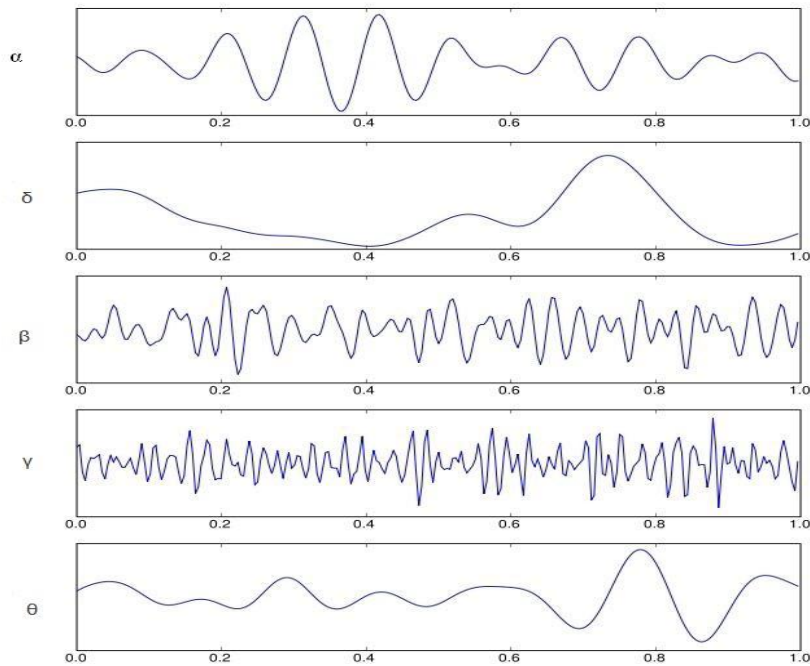
Πίνακας 2.1. Συνοπτική περιγραφή των ρυθμών EEG (Τζίμας, 2010)

«δέλτα», «delta»	<p>0.1 (ή 1.5) – 3.5 (ή 4) Hz. Υψηλού δυναμικού. Εισήχθηκε από τον Walter το 1936. Γενικά συναντάται σπάνια κατά τη φάση της εγρήγορσης. Εμπρόσθια κύματα σε ενήλικες. Οπίσθια κύματα σε παιδιά. Συμμετέχουν στο σχηματισμό και την εδραίωση της μνήμης.</p>
«θήτα», «theta»	<p>4 – 7.5 Hz. Εισήχθηκε από τον Walter. Ονομάστηκε έτσι γιατί θεωρήθηκε ότι προέρχεται από το θάλαμο. Σε εφήβους ή ενήλικες εμφανίζεται ως υπνηλία ή αφύπνιση.</p>
«άλφα», «alpha»	<p>7.5 – 12.5 Hz ή 8 - 13 Hz. Ονομάστηκε από τον Berger το 1929. Εμφανίζεται κυρίως στις οπίσθιες και περισσότερο στις ινιακές περιοχές δηλώνοντας οπτική ενεργοποίηση.</p>
«βήτα», «beta»	<p>14- 30 Hz. Χαμηλού δυναμικού. Ονομάστηκε από τον Berger το 1929. Αρχικά περιλάμβανε όλες τις συχνότητες πάνω από τα 13 Hz. Εμφανίζεται κυρίως στις πρόσθιες και κεντρικές περιοχές. Σε συνδυασμό με τον «άλφα» είναι ο συνηθέστερος ρυθμός κατά τη φάση της εγρήγορσης. Εμφανίζεται κατά τη διάρκεια ενεργητικής σκέψης, άγχους, δραστηριότητας.</p>
«γάμα», «gamma»	<p>Πάνω από 30 Hz ή κοντά στα 40 Hz. Χαμηλού δυναμικού. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τους Jasper και Andrews το 1938, αλλά στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε για να επανέλθει στη δεκαετία του 1990. Εμφανίζεται κύρια κατά τη διάρκεια γνωστικών</p>

	λειτουργιών.
«φι», «phi», «phi complex»	Περίπου 10 Hz σε κεντρικές-βρεγματικές περιοχές. Σχετίζεται με κοινωνική συμπεριφορά.
«κάπα», «kappa»	Υψηλού δυναμικού κύματα στην περιοχή της δ δραστηριότητας. Ίδιες με τις α συχνότητες. (Μετωπο)κροταφική εξάπλωση.
«σίγμα», «sigma»	12.5 – 15 Hz, εμφανίζεται κυρίως στον ύπνο (Klimesch, 1999; Nakamura et al., 2003).
«ρο», «rho»	Γρήγορα κύματα με μεγαλύτερη συχνότητα από του γ ρυθμού (περίπου 55-118 Hz).
«μ», «mu», «κεντρικός άλφα»	Ίδιες με τις α συχνότητες. Εμφανίζεται στις κεντρικές περιοχές σε καταστάσεις ξεκούρασης – ηρεμίας.
«λάμδα», «lambda» κύματα	Οξείες αλλαγές που συμβαίνουν στην ινιακή περιοχή κατά τη διάρκεια οπτικής εξερεύνησης.
«third», «ταυ», «tau», «κροταφικός α»	Έχει συχνότητες στην α και άνω θ περιοχή, κατά προσέγγιση 8-10 Hz (Krause, 2006). Εμφανίζεται στις κροταφικές περιοχές. Δεν καταγράφεται στο κανονικό EEG.

Στο Σχήμα 2.5 εικονίζονται παραδείγματα των κυριότερων ρυθμών του EEG ως χρονοσειρές διαφορών δυναμικού. Σημειώνεται ότι οι ρυθμοί του EEG διαφέρουν και ως προς τις εγκεφαλικές περιοχές. Μια πληρέστερη περιγραφή τους θα καθόριζε ξεχωριστά τους ρυθμούς για κάθε καταγραφική θέση (ηλεκτρόδιο). Κάτι τέτοιο δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη για πρακτικούς λόγους (Klimesch, 1999).





Σχήμα 2.5. Παράδειγμα ρυθμών στο ηλεκτρόδιο Oz διάρκειας ενός sec. Ο κατακόρυφος άξονας είναι σε mV και ο οριζόντιος σε sec.

Το χαρακτηριστικό της συχνότητας δεν αρκεί πάντα για να αναγνωριστεί ένας EEG ρυθμός. Σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσουν η μορφή, το πλάτος, η τοπολογία, η κατανομή στο κρανίο και η συμμετρία.

## 2.6. Προκλητά Δυναμικά

Τα προκλητά δυναμικά (evoked potentials - EP) είναι τμήματα του EEG σήματος τα οποία αποτελούν τις ηλεκτρικές αποκρίσεις του φλοιού σε κάποιο αισθητηριακό, γνωσιακό ή συναισθηματικό γεγονός. Το προκλητό δυναμικό αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου η οποία αντανακλά την αντίληψη ενός εξωτερικού ερεθίσματος, οπτικού, ακουστικού ή σωματοαισθητικού. Τα προκλητά δυναμικά αποτελούνται από μια σειρά θετικών και αρνητικών διακυμάνσεων τάσης οι οποίες ονομάζονται συνιστώσες. Για την περιγραφή των προκλητών δυναμικών δίνονται οι ακόλουθοι παράμετροι, ο *λανθάνων χρόνος* (latency), ο χρόνος δηλαδή που μεσολαβεί από τη στιγμή που δίνεται το ερέθισμα μέχρι τη στιγμή που σημειώνεται η κορυφή του δυναμικού, το *ύψος* (amplitude) αυτής της κορυφής δηλαδή η απόκλιση από την ισοηλεκτρική γραμμή και η *πολικότητα* δηλαδή το θετικό ή το αρνητικό αυτής της απόκλισης. Το πλάτος τους είναι πολύ μικρό συγκρινόμενο με το πλάτος του EEG σήματος συνεπώς για την ανάδειξη τους

επιβάλλεται η χρήση τεχνικών «υπέρθεσης» κυματομορφών, με πιο δημοφιλή τεχνική την «μεσοποίηση» (averaging).

Τα προκλητά δυναμικά διακρίνονται με βάση τον λανθάνοντα χρόνο κατά τον οποίο εμφανίζονται σε: *εξωγενή* (evoked) τα οποία εμφανίζονται στο χρονικό διάστημα 0-100ms και *ενδογενή* ή *γνωσιακά* ή *συναρτημένα με γεγονός* (event-related potentials - ERPs) για τα οποία ο λανθάνων χρόνος εμφάνισής τους κυμαίνεται από 100ms μέχρι μερικά δευτερόλεπτα. Σε αντίθεση με τα εξωγενή, στα ERPs ο λανθάνων χρόνος και το ύψος τους δεν εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες του εξωτερικού ερεθίσματος αλλά από την ψυχολογική επίδραση του ερεθίσματος-στόχου στον συμμετέχοντα καθώς και την εκλεκτική προσοχή του συμμετέχοντα προς το ερέθισμα-στόχο (Sutton et al., 1965). Τα ERPs συνήθως παράγονται όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει ένα ερέθισμα (στόχος) ανάμεσα από ένα σύνολο άλλων ερεθισμάτων (μη-στόχοι). Είναι ανεξάρτητα από το είδος του ερεθίσματος και μπορεί να καταγραφούν μετά από οπτικό, ακουστικό, σωματοαισθητικό ακόμα και ως απάντηση σε απουσία ερεθίσματος. Δεδομένου ότι σχετίζονται με διαδικασίες επεξεργασίας ερεθίσματος, εξαρτώνται στενά από τις απαιτήσεις του πειραματικού σχεδιασμού. Τα τελευταία χρόνια τα ERPs χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των μηχανισμών που αποτελούν τη βάση των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών όπως η αντίληψη, η προσοχή, η μνήμη κ.α.

### 2.6.1. Το δυναμικό P300 (ή P3)

Η μεγαλύτερη θετική κορυφή του ERP σήματος στο χρονικό διάστημα 250ms-600ms μετά την εμφάνιση του ερεθίσματος ονομάζεται P300. Σύμφωνα με τον Τριανταφύλλου (1994), το P300 παράγεται όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει ανάμεσα από δύο ερεθίσματα (target/ non target) τα οποία διαφέρουν κατά μια διάσταση π.χ. ένα φυσικό χαρακτηριστικό. Ο πιο διαδεδομένος πειραματικός σχεδιασμός για την καταγραφή του P300 (καθώς και των υπόλοιπων γνωσιακών προκλητών δυναμικών N1, P2, N2) είναι το “oddball paradigm”. Στον συγκεκριμένο πειραματικό σχεδιασμό, η παρουσίαση μιας σειράς επαναλαμβανόμενων «συνηθισμένων» ερεθισμάτων (standard/ non target stimuli) διακόπτεται σποραδικά από αποκλίνοντα ερεθίσματα (deviant/ target stimuli). Τα αποκλίνοντα ερεθίσματα εκλύουν ERP συνιστώσες οι οποίες σχετίζονται με διαδικασίες αξιολόγησης ερεθίσματος και λήψης απόφασης όπως το P300.

Το P300 μετριέται ποσοτικοποιώντας το πλάτος του (amplitude) και τον λανθάνοντα χρόνο εμφάνισής του (latency). Το πλάτος του ορίζεται ως η διαφορά τάσης μεταξύ ενός διαστήματος πριν την εμφάνιση του ερεθίσματος (baseline) και της μεγαλύτερης θετικής κορυφής της ERP κυματομορφής εντός ενός χρονικού διαστήματος που έπεται της εμφάνισης του ερεθίσματος. Το διάστημα αυτό, που συνήθως είναι περίπου μεταξύ 250-500ms. Η μορφολογία του P300 επηρεάζεται τη πιθανότητα εμφάνισης ενός ερεθίσματος-στόχου δηλαδή το πλήθος μη-στόχων ερεθισμάτων που προηγούνται του ερεθίσματος-στόχου. Το πλάτος της συνιστώσας P300 αυξάνεται όσο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης ενός ερεθίσματος. Επιπλέον, δεδομένου ότι σχετίζεται με την συνειδητή επεξεργασία πληροφορίας, εξαρτάται στενά από το βαθμό προσοχής του υποκειμένου. Η δυσκολία κατηγοριοποίησης ενός ερεθίσματος ως ερεθίσματος-στόχου συνήθως αυξάνει το βαθμό προσοχής του συμμετέχοντα και κατ' επέκταση το πλάτος της συνιστώσας, παρόλα αυτά η αβεβαιότητα κατηγοριοποίησης του ερεθίσματος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του πλάτους. Από την άλλη πλευρά ο λανθάνων χρόνος εμφάνισης του P300 εξαρτάται από το χρόνο που απαιτείται για την κατηγοριοποίηση του ερεθίσματος (Duncan-Johnson, 1981; Kutas et al., 1977).

Συμφωνα με τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί (Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Picton, 1992) η συνιστώσα P300 εμφανίζεται περισσότερο ισχυρή στη κεντρική (central) και βρεγματική (parietal) περιοχή του εγκεφάλου και κυρίως στη τοποθεσία Pz. Πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι το P300 δεν είναι μια μεμονωμένη συνιστώσα αλλά αποτελεί ένα σύμπλεγμα διακριτών υπο-συνιστωσών.

#### 2.6.2. Το N200 (ή N2)

Ως N200 ορίζεται η υψηλότερη αρνητική κυματομορφή η οποία καταγράφεται στο διάστημα από 150 μέχρι 350 ms (Τριανταφύλλου, 1994). Καταγράφεται, μετά από μεσοποίηση των ερεθισμάτων-στόχων, στις ίδιες με το P300 περιοχές και από ορισμένους ερευνητές μελετάται σαν σύμπλεγμα N2-P3. Πιο αξιόπιστα καταγράφεται με πειραματικούς σχεδιασμούς όπου ως «στόχος» θεωρείται η απουσία ενός ήχου μέσα σε μια διαδοχή ήχων.

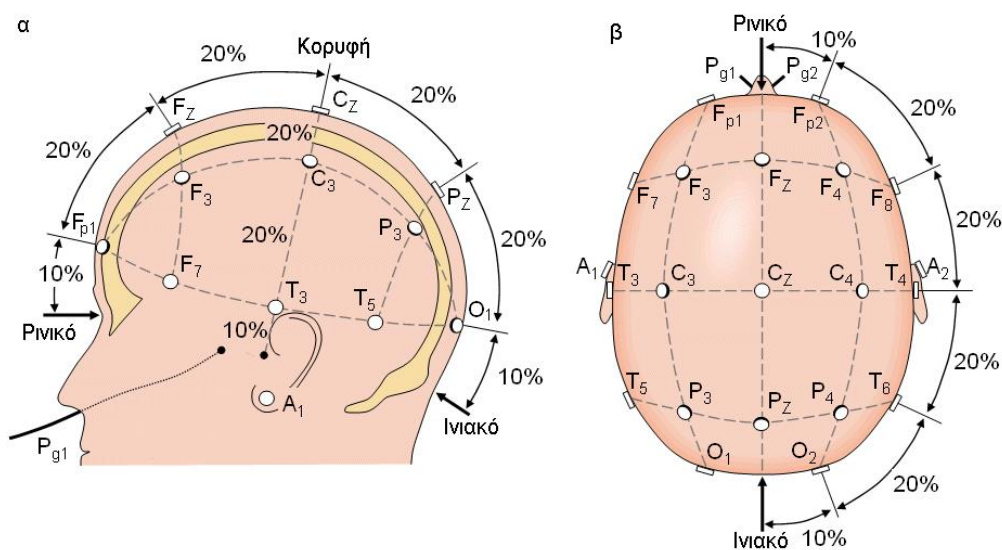
Μερικές φορές είναι δι-κόρυφο. Η πρώτη κορυφή, η N2a, της οποίας το μέγιστο ύψος καταγράφεται από τις βρεγματοϊνιακές περιοχές θεωρείται εξωγενής ενώ η δεύτερη, η N2b, η οποία καταγράφεται χρονικά λίγο αργότερα και με το μέγιστό της στο Cz, σχετίζεται με το βαθμό προσοχής και τη δυσκολία

κατηγοριοποίησης του ερεθίσματος. Ορισμένοι ερευνητές θεωρούν ότι αντανακλά τη συνειδητοποίηση της μεταβολής των χαρακτήρων του ερεθίσματος (Τριανταφύλλου, 1994). Ένας παράγοντας που επιδρά στη δημιουργία του N2 είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών ερεθισμάτων. Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη η χρονική απόσταση ανάμεσα σε δύο ερεθίσματα, τόσο μικρότερο το ύψος του N2 και πιο παρατεταμένος ο λανθάνων χρόνος του.

## 2.7. Θέσεις ηλεκτροδίων (Διεθνές Σύστημα 10-20)

Τα ηλεκτρόδια, τουλάχιστον 19 τον αριθμό, τοποθετούνται στο κρανίο σύμφωνα με ένα πρότυπο σχέδιο, το Διεθνές Σύστημα 10-20.

Στο σύστημα αυτό, οι θέσεις των ηλεκτροδίων πάνω στο τριχωτό της κεφαλής πρέπει να επιτρέπουν την ισοκατανεμημένη κάλυψη όλου του κρανίου αλλά και την επαναληψιμότητα της τοποθέτησης. Η τοποθέτησή τους πραγματοποιείται θεωρώντας ως σημεία αναφοράς το ρινικό οστό στο ύψος των ματιών και το ινιακό οστό στο πίσω μέρος της κεφαλής (Σχήμα 2.6.). Μεταξύ των σημείων αναφοράς μετράται η ημιπεριφέρεια του κρανίου στο οριζόντιο και στο κάθετο επίπεδο. Οι θέσεις των ηλεκτροδίων προσδιορίζονται από την διαίρεση των ημιπεριφερειών σε διαστήματα 10% και 20% (από όπου προκύπτει και η ονομασία του συστήματος) του μετρούμενου κρανίου. Άλλα τρία ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε κάθε πλευρά σε ίσες αποστάσεις μεταξύ αυτών που ήδη προσδιορίστηκαν. Κατ' αυτόν τον τρόπο οι θέσεις των ηλεκτροδίων προσαρμόζονται ανάλογα με τις διαστάσεις του κρανίου του εξεταζόμενου.



Σχήμα 2.6. Το Διεθνές Σύστημα 10-20 όπως φαίνεται από αριστερά (α) και πάνω (β) από το κεφάλι.

Οι θέσεις των ηλεκτροδίων παίρνουν το όνομά τους από τον αντίστοιχο εγκεφαλικό φλοιό και την περιοχή που τοποθετούνται. Έτσι, το πρώτο συνθετικό τους αποτελείται από τα γράμματα:

**F** (Frontal): μετωπικά ή μετωπιαία

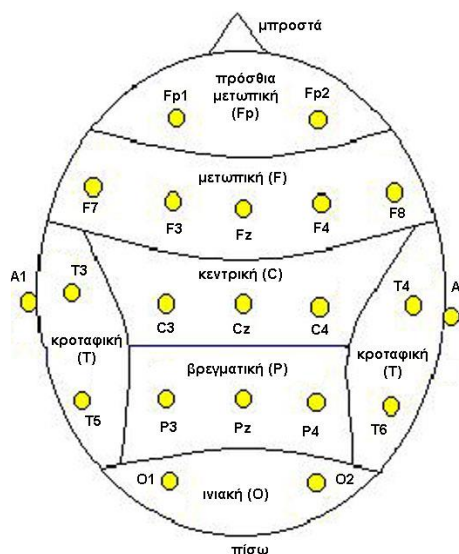
**C** (Central): κεντρικά

**T** (Temporal): κροταφικά

**P** (Parietal): βρεγματικά ή πλάγια

**O** (Occipital): ινιακά

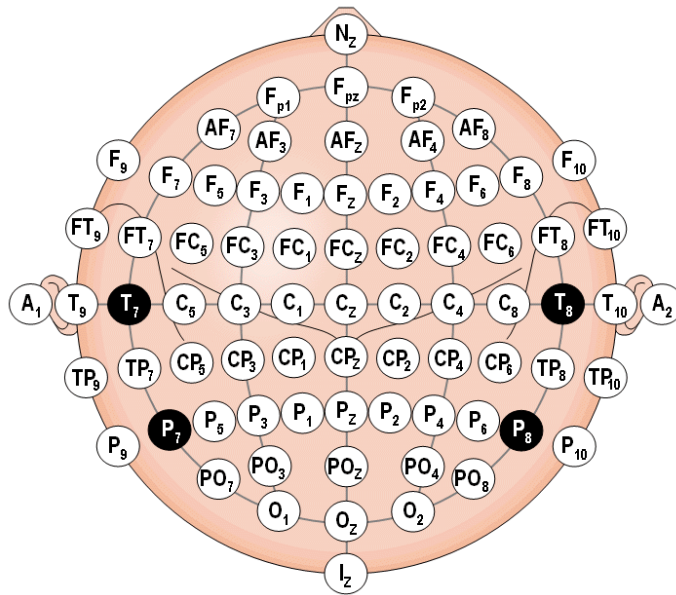
Το δεύτερο συνθετικό της ονομασίας των ηλεκτροδίων αποτελείται είτε από έναν άρτιο αριθμό (2, 4, 6 κλπ), αν βρίσκονται στη δεξιά περιοχή του κρανίου είτε από έναν περιττό (1, 3, 5 κλπ) για την αριστερή πλευρά. Τέλος, το γράμμα z, αναφέρεται τις κεντρικές περιοχές του κρανίου. Για παράδειγμα, το ηλεκτρόδιο με ονομασία Pz αναφέρεται στο ηλεκτρόδιο που είναι τοποθετημένο στη βρεγματική περιοχή στο κέντρο του κρανίου (Σχήμα 2.7.).



Σχήμα 2.7. Θέσεις ηλεκτροδίων και γενικότερες περιοχές του φλοιού. Οι θέσεις A1 και A2 χρησιμοποιούνται συνήθως ως ηλεκτρόδια αναφοράς.

Επιπρόσθετα στα 19 ηλεκτρόδια του διεθνούς συστήματος 10-20 είναι δυνατόν να τοποθετηθούν και άλλα ηλεκτρόδια σε ενδιάμεσες θέσεις 10% σχηματίζοντας το τροποποιημένο διεθνές σύστημα 10-20 (modified 10 – 20 system). Οι θέσεις αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα στο οποίο επισημαίνεται ότι 4

ηλεκτρόδια έχουν διαφορετικό όνομα σε σχέση με το σύστημα 10-20 (με μαύρο υπόβαθρο στο σχήμα 2.8.).



Σχήμα 2.8 . Θέση των ενδιάμεσων ηλεκτροδίων στο τροποποιημένο Διεθνές Σύστημα 10-20. Διακρίνονται με μαύρο υπόβαθρο, τα ηλεκτρόδια που μετονομάζονται.

## Κεφάλαιο 3. Συστήματα ψηφιακής ηλεκτροεγκεφαλογραφίας Emotiv EPOC και g.tec

---

- 3.1. Συγκριτικές μελέτες
  - 3.2. Περιγραφή συσκευών καταγραφής και των αντίστοιχων λογισμικών
    - 3.2.1. Περιγραφή EMOTIV EPOC
    - 3.2.2. Περιγραφή g.tec
- 

Οι ιατρικές συσκευές καταγραφής ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα τόσο για ιατρικούς όσο και για ερευνητικούς σκοπούς παρέχοντας αξιόπιστα αποτελέσματα σε περιβάλλον εργαστηρίου. Παρά τα εμφανή πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι καταγραφές αυτές είναι συνήθως χρονοβόρες και αποτελούν για τους εξεταζόμενους μια άβολη και τρομακτική διαδικασία. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ολοένα περισσότερα ασύρματα συστήματα καταγραφής τα οποία προοριζόταν αρχικά για χρήση σε παιχνίδια (gaming EEG system). Ένα τέτοιο σύστημα είναι το EMOTIV EPOC, το οποίο η παρούσα εργασία επιχειρεί να συγκρίνει με το καθιερωμένο ερευνητικό EEG σύστημα της g.tec.

### 3.1. Συγκριτικές μελέτες

Ο Mayaud και οι συνεργάτες του (2013) συνέκριναν την απόδοση του συστήματος EMOTIV με ενός κλασικού συστήματος EEG σε διαφορετικούς τύπους ερεθισμάτων, σε 10 εθελοντές. Δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων σε θέματα απόδοσης αν και το EMOTIV απέδωσε σταθερά ελαφρώς χαμηλότερα. Παρατηρήθηκε όμως σημαντική πτώση της απόδοσης του EMOTIV μετά από 2 έως 3 ώρες χρήσης. Επίσης, η αξιολόγηση της άνεσης των συμμετεχόντων με τα δύο συστήματα έδειξε αυξανόμενη δυσαρέσκεια για τη χρήση του EMOTIV μετά τη δεύτερη ώρα χρήσης. Η έρευνα δεν προτείνει ένα σύστημα έναντι άλλου σε θέματα απόδοσης, αλλά τονίζει ότι η επιλογή θα πρέπει να γίνει με γνώμονα πιο πρακτικά ζητήματα όπως η αναμενόμενη ώρα χρήσης, η ευχρηστία εγκατάστασης του συστήματος και η άνεση των εθελοντών.

Ο Duvinaige και οι συνεργάτες του (2013) συνέκριναν το σύστημα ιατρικού σκοπού ANT (Advanced Neuro Technology) και το EMOTIV EPOC, όσον αφορά τις επιδόσεις τους σε ένα BCI (Brain-Computer Interface) P300 με τη

χρήση ηλεκτροδίων στις ίδιες θέσεις. Στο πείραμα συμμετείχαν 9 υγιείς εθελοντές, οι οποίοι χρησιμοποίησαν τα συστήματα ANT και EMOTIV σε δύο διαφορετικές συνθήκες: καθήμενοι σε καρέκλα και περπατώντας σε διάδρομο με σταθερή ταχύτητα. Τα συμπεράσματα της έρευνας έδειξαν πως παρότι το EMOTIV μπορεί να καταγράψει EEG δεδομένα με ικανοποιητικό τρόπο, θα πρέπει να επιλέγεται για εφαρμογές όπως παιχνίδια, συστήματα επικοινωνίας κ.α. Η έλλειψη αξιοπιστίας που εμφανίζει μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές συνέπειες όσον αφορά περιπτώσεις αποκατάστασης (rehabilitation) κ.α. Το ιατρικό σύστημα θα πρέπει να προτιμάται για ερευνητικούς σκοπούς εκτός εάν υπάρχει η δυνατότητα πολλών δοκιμών ή όταν ο λόγος θορύβου-σήματος (Signal-to-Noise) είναι υψηλή.

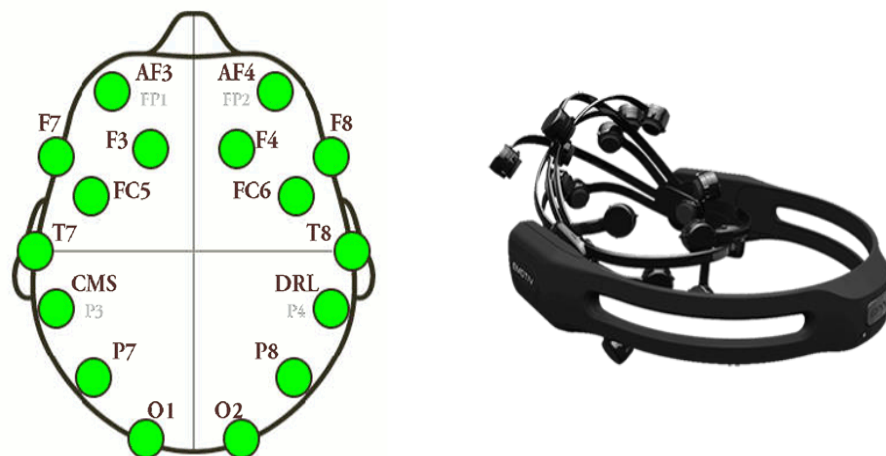
Οι Taylor & Schmidt (2012) αξιολόγησαν την ικανότητα του EMOTIV EPOC να εντοπίσει και να κατηγοριοποιήσει έξι σύνολα νοητικών λειτουργιών σε ζεύγη, κατά τη διάρκεια τριών φάσεων αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το EMOTIV EPOC αποδίδει σημαντικά καλύτερα από την τυχαία απόδοση σε όλες τις νοητικές λειτουργίες, καθώς βελτιώνεται με την πάροδο του χρόνου με επιπλέον δεδομένα εκπαίδευσης. Επιπλέον έρευνα σχετικά με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που μπορεί να έχει κάθε άτομο, έδειξε ότι η ηλικία, το φύλο, η πλευρίωση, η ζωηρότητα της οπτικής απεικόνισης, η ικανότητα της νοητικής περιστροφής δεν επηρέασαν την ακρίβεια του συστήματος. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι το EMOTIV EPOC λειτουργεί ως BCI με αποδεκτά επίπεδα ακρίβειας, προσφέροντας νέες δυνατότητες στην επικοινωνία ανθρώπου – υπολογιστή.

Ο Badcock και οι συνεργάτες του (2013) συνέκριναν την απόδοση του συστήματος EMOTIV EPOC με ένα ευρείας χρήσης ερευνητικό EEG σύστημα (Neuroscan) στη λήψη ακουστικών ERP. Υπολόγισαν τις ERP συνιστώσες με μεγάλο λανθάνοντα χρόνο (με κορυφές P1, N1, P2, N2 και P3) σε καταστάσεις ενεργητικής και παθητικής ακρόασης για κάθε συμμετέχοντα, και για τα δύο συστήματα. Η ανάλυση των σημάτων περιορίστηκε στις μετωπικές θέσεις ηλεκτροδίων, καθώς αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως στην έρευνα των ακουστικών ERP. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το EMOTIV EPOC μπορεί να αποδειχθεί μια έγκυρη εναλλακτική πρόταση των εργαστηριακών συστημάτων ERP, για καταγραφή ERP συνιστωσών με μεγάλο λανθάνοντα χρόνο στις μετωπικές περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού.



Ο Hairston και οι συνεργάτες του (2014) ερεύνησαν τη χρησιμότητα τριών ασύρματων EEG συστημάτων, των Advanced Brain Monitoring B-Alert X10, Emotiv EPOC και QUASAR Dry Sensor Interface 10–20 (έκδοση 2009). Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα αξιολογήθηκαν στους εξής πέντε τομείς: προσαρμοστικότητα του συστήματος σε διαφορετικά μεγέθη κεφαλιού, άνεση και προτίμηση του χρήστη, διακύμανση στις θέσεις ηλεκτροδίων στο κρανίο, σταθερότητα της ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ κρανίου και ηλεκτροδίων, και δυνατότητα χρονισμού μεταξύ του EEG συστήματος, του υπολογιστή που καταγράφονται τα ερεθίσματα και άλλων εξωτερικών γεγονότων. Το EMOTIV EPOC ανταποκρίθηκε με επιτυχία στις παραπάνω αξιολογήσεις, αν και δεν πρόωξε σε κανένα από τους πέντε τομείς. Τα υγροποιημένα σφουγγαράκια που βρίσκονται στις άκρες των ημι-άκαμπτων 'δακτύλων' είναι σχεδιασμένα για εύκολη εφαρμογή και τοποθέτηση, αν και τα ημι-άκαμπτα 'δάκτυλα' ασκούν αρκετή πίεση στις περιπτώσεις μεγάλων κεφαλιών. Παρότι σημειώνει σημαντική πρόοδο ως ασύρματο EEG σύστημα, ακόμη υπολείπεται ως προς την άνετη και μακράς διάρκειας εφαρμογή του σε διάφορα μεγέθη κεφαλιού και διαφορετικούς τύπους μαλλιών.

### 3.2. Περιγραφή συσκευών καταγραφής και των αντίστοιχων λογισμικών



Σχήμα 3.1. Απεικόνιση της συσκευής EMOTIV EPOC

### 3.2.1. Περιγραφή Emotiv Eroc

Το σύστημα EEG EMOTIV EROC είναι ένα ασύρματο περιφερειακό σετ ακουστικών που χρησιμοποιεί επιχρυσωμένους αισθητήρες επαφής, τοποθετημένους σε ελαστικούς πλαστικούς βραχίονες (Σχήμα 3.1). Δημιουργήθηκε το 2009, από την EMOTIV Systems σε συνεργασία με την IDEO Design. Χρησιμοποιεί μια σειρά από 16 ηλεκτρόδια, σύμφωνα με το Διεθνές Σύστημα 10-20: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, FC4, M1, και M2. Ο M1 αισθητήρας χρησιμοποιείται ως γείωση ενώ ο M2 βοηθά στην ελάττωση εξωτερικών ηλεκτρικών παρεμβολών. Το σύστημα EROC μπορεί να μετρήσει συνειδητές σκέψεις, επίπεδα συγκέντρωσης και εκφράσεις προσώπου σε ανάλογα λογισμικά της EMOTIV ή σε φυσικές συσκευές. Στην τιμή των 799\$, είναι η πρώτη EEG συσκευή που προσφέρει εκτενή χρήση και δυνατότητα παραμετροποίησης στον χρήστη, και είναι σημαντικά φθηνότερη των ερευνητικών EEG συστημάτων. Το EROC δεν απαιτεί βρεγμένο κασκέτο για τη βελτίωση της αγωγιμότητας. Ο ρυθμός δειγματοληψίας (128Hz) είναι αρκετά μικρότερος από τα υπάρχοντα ερευνητικά συστήματα (1000Hz).

### 3.2.2. Περιγραφή g.tec

Το ερευνητικό σύστημα της g.tec που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση του Παιδαγωγικού τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων αποτελείται από ένα αναλογικό ενισχυτή βιοσημάτων, μία κάσκα ηλεκτροδίων σύμφωνα με το Διεθνές σύστημα 10-20 και τους ανάλογους ηλεκτρονικούς υπολογιστές για την καταγραφή των σημάτων. Ο αναλογικός ενισχυτής βιοσημάτων εκτός της καταγραφής σημάτων χρησιμοποιείται και για την ανάλυσή τους σε πραγματικό χρόνο μέσω των λογισμικών των Matlab και Simulink. Τα πολυκαναλικά αρθρώματά του επιτρέπουν την ταυτόχρονη καταγραφή EEG, EMG, EOG και ECG σημάτων.



## Κεφάλαιο 4. Μεθοδολογία

---

- 4.1. Ερευνητικοί στόχοι
  - 4.2. Δείγμα
  - 4.3. Περιγραφή ερεθίσματος
  - 4.4. Τρόπος διεξαγωγής του πειράματος
    - 4.4.1. Συλλογή δεδομένων με το σύστημα Gtec
    - 4.4.2. Συλλογή δεδομένων με το με το σύστημα Emotiv Eroc Premium
  - 4.5. Τρόπος διεξαγωγής ανάλυσης
    - 4.5.1. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα g.tec
    - 4.5.2. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα Emotiv Eroc
- 

### 4.1. Ερευνητικοί στόχοι

Κύριος ερευνητικός στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί η σύγκριση των νευροφυσιολογικών μετρήσεων τις οποίες λάβαμε χρησιμοποιώντας τα συστήματα Emotiv και Gtec που διαθέτει το Εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση κατά τη μελέτη της ηλεκτρικής εγκεφαλικής δραστηριότητας νέων αρρένων εθελοντών. Η πειραματική διαδικασία, η οποία περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενη ενότητα, αφορά τη διαδικασία σημασιολογικής αναγνώρισης οπτικών ερεθισμάτων τα οποία σχετίζονται με τον τομέα της πρόληψης από φυσικές καταστροφές. Οι επιμέρους ερευνητικοί στόχοι που τέθηκαν είναι:

- α. Αναγνώριση των περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη σημασιολογική αναγνώριση των ερεθισμάτων από τις μετρήσεις του Gtec.
- β. Αναγνώριση των περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη σημασιολογική αναγνώριση των ερεθισμάτων από τις μετρήσεις του Emotiv.
- γ. Εκτίμηση του χρόνου που χρειάζεται για τη σημασιολογική αναγνώριση των ερεθισμάτων από τις μετρήσεις του Gtec.
- δ. Εκτίμηση του χρόνου που χρειάζεται για τη σημασιολογική αναγνώριση των ερεθισμάτων από τις μετρήσεις του Emotiv.
- ε. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο συστημάτων ως προς τις περιοχές που αναδείχθηκαν ως σημαντικές για τη σημασιολογική αναγνώριση.
- στ. Σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο συστημάτων ως προς τον χρόνο της σημασιολογικής αναγνώρισης.

## 4.2. Δείγμα

Δείγμα της εργασίας αποτέλεσαν επτά (7) νέοι ενήλικες, άρρενες εθελοντές ηλικίας από 28 μέχρι και 31 ετών. Οι συμμετέχοντες ήταν μόνο άντρες ώστε να αποφύγουμε πιθανές διαφορές στην εγκεφαλική δραστηριότητα των συμμετεχόντων λόγω φύλου (Πριοβόλου κ.α., 2010). Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν φυσιολογική όραση, ήταν δεξιόχειρες, είχαν ως μητρική τους γλώσσα την Ελληνική και δεν έχουν διαγνωστεί με κάποια μαθησιακή δυσκολία ή νοητική ασθένεια. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν έλαβε οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή ή άλλες ουσίες που επηρεάζουν τη λειτουργία του νευρικού συστήματος και δεν είχε καταναλώσει καφεΐνη ή αλκοόλ κατά τις τελευταίες 24 ώρες πριν από το πείραμα. Πριν την έναρξη του πειράματος, ο ρυθμός άλφα όλων των συμμετεχόντων ελέγχθηκε και βρέθηκε φυσιολογικός (8–12Hz, 10Hz peak).

## 4.3. Περιγραφή ερεθίσματος

Τα οπτικά ερεθίσματα που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα είναι δέκα (10) διαφορετικές ψηφιακές εικόνες που απεικονίζουν αντικείμενα τα οποία θα μπορούσαν να αποτελούν το περιεχόμενο ενός σακιδίου επιβίωσης σε περίπτωση σεισμού. Από αυτά τα αντικείμενα (Σχήμα 4.1), τα πέντε (5) έχουν χαρακτηριστεί ως χρήσιμα αντικείμενα (Useful Items) και τα υπόλοιπα πέντε (5) ως μη-χρήσιμα αντικείμενα (Non-Useful Items). Τα χρήσιμα αντικείμενα είναι μια μπάρα δημητριακών, ένας φακός, ένας σουγιάς, ένα μπουκάλι νερό και μια σφυρίχτρα, ενώ τα μη χρήσιμα αντικείμενα είναι ένα παγωτό χωνάκι, ένα χάμπουργκερ, ένας φορητός υπολογιστής, ένα μπουκάλι γάλα και μια εργαλειοθήκη.

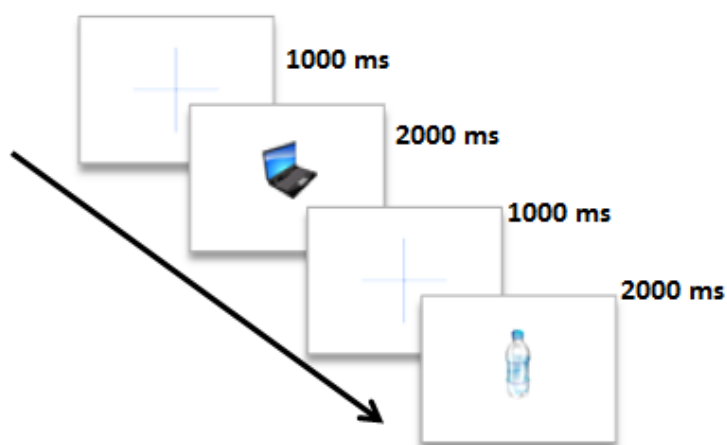


Σχήμα 4.1. Τα χρήσιμα (πάνω) και μη-χρήσιμα (κάτω) αντικείμενα

#### 4.4. Τρόπος διεξαγωγής καταγραφής –Συλλογή δεδομένων

Οι συμμετέχοντες ήταν καθισμένοι αναπαυτικά, εκατό (100) περίπου εκατοστά μακριά από μια TFT οθόνη διάστασης 17 ιντσών που ήταν τοποθετημένη στο ύψος των ματιών τους και έλαβαν την οδηγία να παρατηρούν παθητικά τις εικόνες που θα παρουσιαζόταν στην οθόνη. Πριν την έναρξη του πειράματος, δόθηκαν σε κάθε συμμετέχων είχε λίγα λεπτά ώστε να μπορέσει να προσαρμοστεί στις συνθήκες, να χαλαρώσει και να μειώσει τις κινήσεις των ματιών του. Πριν από την καταγραφή, ο ερευνητής έδωσε σύντομες οδηγίες σε κάθε συμμετέχοντα αναφορικά με τους σεισμούς και τα σχετικά μέτρα προφύλαξης. Σε κάθε συμμετέχων δόθηκαν στη συνέχεια λίγα λεπτά ώστε να μπορέσει να εξοικειωθεί με τα χρήσιμα και μη-χρήσιμα αντικείμενα που παρουσιάστηκαν από τον ερευνητή.

Το πείραμα ολοκληρώθηκε σε μία συνεδρία η οποία περιλάμβανε την προβολή τριακοσίων (300) εικόνων εκ των οποίων το 15% (45 εικόνες) απεικόνιζαν ένα χρήσιμο αντικείμενο Useful Item-UI (ερέθισμα στόχος) και το 85% (255 εικόνες) απεικόνιζαν ένα μη-χρήσιμο αντικείμενο Non-Useful Item-NUI (ερέθισμα που δεν αποτελεί στόχο). Τα υπό μελέτη οπτικά ερεθίσματα των δύο κατηγοριών (UI και NUI) εμφανίστηκαν με τυχαία σειρά, στο κέντρο της οθόνης, για διάρκεια 2000ms. Μεταξύ της διαδοχικής εμφάνισης δύο ερεθισμάτων, οποιασδήποτε κατηγορίας, προβαλλόταν στο κέντρο της οθόνης ένας μπλε σταυρός με διάρκεια εμφάνισης 1000ms. Η σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2. Σχηματική αναπαράσταση της πειραματικής διαδικασίας

Οι συμμετέχοντες έλαβαν την οδηγία να παρατηρούν τις εικόνες που προβάλλονται στην οθόνη και να ανταποκρίνονται νοητικά μόνο στα ερεθίσματα που απεικονίζουν κάποιο χρήσιμο αντικείμενο. Για κάθε συμμετέχοντα η

πειραματική διαδικασία διήρκεσε κατά μέσο όρο περίπου 30-40 λεπτά, ξεκινώντας από την τοποθέτηση της κάσας στο κεφάλι του συμμετέχοντα μέχρι την ολοκλήρωση της συνεδρίας. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε δύο φορές για κάθε συμμετέχοντα, μία για κάθε σύστημα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα κάποιου συστήματος από προηγούμενη εμπειρία των συμμετεχόντων, οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες όπου στη μια έγινε αρχικά καταγραφή με το g.tec και στη συνέχεια με το Etoitn και αντιστροφα πραγματοποιήθηκε η καταγραφή στη δεύτερη ομάδα. Μεταξύ των καταγραφών του ίδιου συμμετέχοντα παρεμβλήθηκε διάστημα τουλάχιστον δύο εβδομάδων.

#### 4.4.1. Συλλογή δεδομένων με το σύστημα Gtec

Η καταγραφή των σημάτων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό g.Recorder και τον ενισχυτή 36 καναλιών της g.tec, με ρυθμό δειγματοληψίας 512Hz. Το σύστημα καταγραφής των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων (EEG) εφαρμόζει ένα ζωνοπερατό φίλτρο (band pass) στην περιοχή συχνοτήτων 1-48Hz (φίλτρα notch στα 50Hz). Η EEG δραστηριότητα καταγράφηκε από 19 ηλεκτρόδια Ag / AgCl χρησιμοποιώντας μια κάσκα τοποθέτησης ηλεκτροδίων ακολουθώντας ως πρότυπο διάταξης το Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίου 10-20. Τα μη επεξεργασμένα δεδομένα (raw data) ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος καταγράφηκαν από τις θέσεις ηλεκτροδίων FP1, FP2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 και O2. Οι υπόλοιπες θέσεις ηλεκτροδίων που είναι διαθέσιμες από τον ενισχυτή του συστήματος δεν χρησιμοποιήθηκαν επειδή τα σημεία του τριχωτού της κεφαλής που ήταν σχετικά με το προς εξέταση θέμα, σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέξαμε από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, καλύφθηκαν από τις προαναφερθείσες θέσεις ηλεκτροδίων. Για όλα τα ηλεκτρόδια χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς ο λοβός των αυτιών ενώ ένα ηλεκτρόδιο γείωσης εφαρμόστηκε στο μέτωπο (θέση AFz σύμφωνα με το σύστημα 10-20). Οι οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις των ματιών καταγράφηκαν ταυτόχρονα με το σήμα, χρησιμοποιώντας τέσσερα ηλεκτρόδια γύρω από τα μάτια των συμμετεχόντων. Η αντίσταση των ηλεκτροδίων ελέγχθηκε σε κάθε περίπτωση ώστε να είναι μικρότερη των 5kΩ.

#### 4.4.2. Συλλογή δεδομένων με το σύστημα Emotiv Eroc

Η καταγραφή των σημάτων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το σύστημα Emotiv Eroc 14 καναλιών (AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4) φυσιολογικού ορού με ρυθμό δειγματοληψίας 128Hz. Το σύστημα καταγραφής των ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων (EEG) εφαρμόζει ένα ζωνοπερατό φίλτρο (band pass) στην περιοχή συχνοτήτων 0.2 – 43Hz, φίλτρα notch στα 50Hz και 60Hz. Η EEG δραστηριότητα καταγράφηκε από το σύνολο των διαθέσιμων ηλεκτροδίων ακολουθώντας ως πρότυπο διάταξης το Διεθνές Σύστημα Τοποθέτησης Ηλεκτροδίου 10-20 με τη βέλτιστη δυνατή τοποθέτηση και την ακρίβεια που προσφέρει το ασύρματο neuroheadset. Οι θέσεις CMS/DRL χρησιμοποιήθηκαν ως σημεία αναφοράς.

Το σύστημα παρέχει πρόσβαση σε πυκνής διάταξης και υψηλής ποιότητας μη επεξεργασμένα δεδομένα τα οποία στη συνέχεια μπορούν να αναλυθούν offline χρησιμοποιώντας λογισμικό που έχει γραφτεί από τον ερευνητή είτε εξειδικευμένες εργαλειοθήκες (toolboxes) της MATLAB όπως το eeglab. Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το σύστημα προβάλλει το μέγεθος αντίστασης των ηλεκτροδίων δηλ. την ποιότητας επαφής κάθε χρονική στιγμή χρησιμοποιώντας ένα πατενταρισμένο σύστημα.

#### 4.5. Τρόπος διεξαγωγής ανάλυσης των δεδομένων

Συνοπτικά, κατά τη διαδικασία της offline ανάλυσης του σήματος, τα παράσιτα που έχουν εισαχθεί στο σήμα είτε λόγω των κινήσεων των ματιών είτε από άλλους παράγοντες αφαιρούνται αρχικά με τη μέθοδο της οπτικής επιθεώρησης (visual inspection) και στη συνέχεια τα μη επεξεργασμένα EEG σήματα κάθε συμμετέχοντα φιλτράρονται εφαρμόζοντας ένα κατωπερατό ψηφιακό φίλτρο 30Hz και διαιρούνται σε τμήματα (epochs ή trials). Κάθε τμήμα ξεκινά 100ms πριν την εμφάνιση του ερεθίσματος και εκτείνεται για 600ms μετά το ερέθισμα. Τα τμήματα κάθε συμμετέχοντα (single trials) μεσοποιούνται ανά χρήσιμο και μη-χρήσιμο αντικείμενο καθώς και ανά συμμετέχοντα χρησιμοποιώντας ως τμήμα αναφοράς (baseline) τα 100ms πριν την εμφάνιση του ερεθίσματος. Τέλος, υπολογίζονται οι ολικοί μέσοι όροι (grand mean) για κάθε ομάδα αντικειμένων λαμβάνοντας υπόψη τα σήματα όλων των συμμετεχόντων. Παρακάτω περιγράφονται τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων που λάβαμε από κάθε σύστημα ξεχωριστά καθώς και τα βήματα που ακολουθήσαμε ώστε να παράγουμε τις γραφικές παραστάσεις που εμφανίζονται στο Κεφάλαιο 5.



#### 4.5.1. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα g.tec

Για την ανάλυση των σημάτων που καταγράψαμε με το σύστημα της Gtec χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό που παρέχει η ίδια εταιρεία, το g.BSanalyse.

1ο βήμα: Φόρτωση του αρχείου δεδομένων (με κατάληξη .hdf5)

Από το μενού File→Load Data, επιλέγω το αρχείο δεδομένων που θέλω να φορτώσω στο λογισμικό για ανάλυση. Αρχικά το αρχείο καταγραφής με κατάληξη .hdf5, αλλά και στη συνέχεια οποιοδήποτε άλλο αρχείο προκύπτει από την ανάλυση του αρχικού.

2ο βήμα: Προεπεξεργασία δεδομένων (preprocessing)

Πριν την επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόζουμε τις παρακάτω τεχνικές στο αρχικό σήμα. Μεταβαίνοντας στο μενού Pre-processing επιλέγουμε Down-Upsampling ώστε μειώσουμε τη δειγματοληψία από 512Hz σε 256Hz. Στη συνέχεια, από το ίδιο μενού, επιλέγουμε Filter και στην ενότητα Design filter επιλέγουμε P300/BP /0.1/30/ Butterworth/4.

Τα τμήματα του σήματος (trials) που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε ορίστηκαν με βάση το χρόνο εμφάνισης του ερεθίσματος. Για κάθε ερέθισμα ορίζουμε τον χρόνο εμφάνισης ως 0ms. Συγκεκριμένα, εξετάσαμε ένα μικρό κομμάτι διάρκειας 100ms πριν την εμφάνιση του ερεθίσματος, το οποίο θεωρείται baseline για το πείραμά μας, καθώς και ένα τμήμα του σήματος διάρκειας 600ms μετά την εμφάνιση του ερεθίσματος. Για να κόψουμε αυτά τα κομμάτια μεταβαίνουμε στο μενού Transform, στο Trigger ορίζουμε το διάστημα [-100,600]. Στο σήμα κατά την καταγραφή έχουν εισαχθεί χάρακες (markers) δύο διαφορετικών χρωμάτων ώστε να σημειώσουμε πάνω στην κυματομορφή τον χρόνο εμφάνισης του ερεθίσματος και τον τύπο του ερεθίσματος (χρήσιμα, μη-χρήσιμα). Στην περίπτωση μας οι χάρακες αυτοί ορίζονται ως D7 (για τα χρήσιμα-target) και D8 (για τα μη-χρήσιμα-nontarget). Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να αποθηκεύσουμε σε ξεχωριστά αρχεία τα τμήματα που αντιστοιχούν σε χρήσιμα και μη-χρήσιμα αντικείμενα.

Για την απομάκρυνση του θορύβου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της οπτικής επιθεώρησης (visual inspection). Τα τμήματα στα οποία εντοπίστηκε κάποιο είδος θορύβου (artifacts) επισημάνθηκαν με έναν επιπλέον χάρακα και αφαιρέθηκαν από το σήμα. Για την επισημάνση στο κάτω μέρος του

παραθύρου του λογισμικού επιλέγουμε το Marker/Attr. Στην ενότητα Edit επιλέγουμε Artifact και στη συνέχεια μαρκάρουμε τα trials που έχουν θόρυβο.

Για την περαιτέρω επεξεργασία των τμημάτων (trials or epochs) που κόψαμε, δημιουργήσαμε ένα αρχείο το οποίο φέρει την πληροφορία για την κατηγορία στην οποία ανήκει το κάθε τμήμα (target – non-target trial). Το αρχείο περιέχει έναν πίνακα διάστασης 2x300 ο οποίος έχει τον χαρακτήρα «1» στην πρώτη γραμμή και τον χαρακτήρα «0» στη δεύτερη για τα πρώτα 45 στοιχεία τα οποία αντιστοιχούν στα χρήσιμα αντικείμενα και η αντίθετη περίπτωση ισχύει για τα μη-χρήσιμα αντικείμενα. Για να φορτώσουμε στο λογισμικό αυτή την πληροφορία, από το μενού File, επιλέγουμε Load Class Information και από το Wizard γίνεται επιλογή ενός αρχείου με κατάληξη .mat (στην περίπτωση μας το class\_info\_final.mat). Για να υπάρχει σωστή αντιστοιχία σε αυτή τη φάση θα πρέπει να ελέγξουμε ότι τα trials που αντιστοιχούν σε χρήσιμα αντικείμενα έχουν εισαχθεί πρώτα και έπονται τα trials για τα μη-χρήσιμα.

Προαιρετικά, μπορούμε να εφαρμόσουμε την τεχνική DC-Correction από το μενού Pre-processing με την επιλογή mean/ trial by trial.

3ο βήμα: Υπολογισμός μέσων όρων για κάθε άτομο ξεχωριστά (single average)

Για τον υπολογισμό των ατομικών μέσων όρων, μεταβαίνουμε στο μενού Analyse →Average και ορίζουμε ως διάστημα διόρθωσης (baseline correction interval) το [1,100]. Επιλέγουμε χωριστά τα τμήματα για τα χρήσιμα/ μη-χρήσιμα αντικείμενα αν θέλω να δημιουργήσω διαφορετική γραφική παράσταση για το κάθε τύπο χωριστά ή αφού έχω πρώτα επιλέξει τα χρήσιμα επιλέγουμε «Compute separate average», ώστε να βγουν και οι δυο κυματομορφές μαζί στην ίδια γραφική παράσταση.

4ο βήμα: Υπολογισμός ολικών μέσων όρων (grand average)

Για τον υπολογισμό των ολικών μέσων όρων πρέπει να δημιουργηθούν δύο αρχεία για κάθε συμμετέχοντα. Το ένα περιλαμβάνει τα τμήματα που αντιστοιχούν στα χρήσιμα αντικείμενα και το άλλο θα συγκεντρώνει τα τμήματα που αντιστοιχούν στα μη-χρήσιμα αντικείμενα. Από το μενού Transform, επιλέγουμε Cut trial & channels για τη δημιουργία των αρχείων. Στη συνέχεια θα ενώσω τα τμήματα που αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία αντικειμένου χωριστά δημιουργώντας ένα αρχείο με τα χρήσιμα όλων των συμμετεχόντων και ένα αρχείο με τα μη-χρήσιμα όλων. Για να γίνει η ένωση των τμημάτων από μενού

Transform με τη επιλογή Merge, φορτώνουμε (load) το πρώτο αρχείο και τα υπόλοιπα τα συγχωνεύουμε με το πρώτο (merge). Τέλος, για τον υπολογισμό των ολικών μέσων όρων μεταβαίνουμε στο μενού Analyse και επιλέγουμε Average, με baseline correction interval [1,100]. Επιλέγουμε χωριστά τα τμήματα για τα χρήσιμα/ μη-χρήσιμα αντικείμενα αν θέλω να δημιουργήσω διαφορετική γραφική παράσταση για το κάθε τύπο χωριστά ή αφού έχω πρώτα επιλέξει τα χρήσιμα επιλέγουμε «Compute separate average», ώστε να βγουν και οι δυο κυματομορφές μαζί στην ίδια γραφική παράσταση.

#### 4.5.2. Ανάλυση καταγραφών με το σύστημα Emotiv Eroc

Για την ανάλυση των σημάτων που καταγράψαμε με το σύστημα Emotiv χρησιμοποιήσαμε την εργαλειοθήκη (toolbox) eeglab του λογισμικού MATLAB καθώς το Emotiv δεν παρέχει λογισμικό για την ανάλυση των μη επεξεργασμένων δεδομένων ούτε υπήρχε η δυνατότητα ανάλυση με το λογισμικό g.BSanalyse. Η εργαλειοθήκη eeglab διατίθεται δωρεάν από τη σελίδα <https://sccn.ucsd.edu/eeglab/>. Για να ενεργοποιήσω την εργαλειοθήκη, αφού ανοίξω τη MATLAB, πληκτρολογώ eeglab.

1ο βήμα: Φόρτωση του αρχείου δεδομένων (με κατάληξη .edf)

Από το μενού File, επιλέγουμε Import data, using EEGLAB functions and plugins, From .EDF files.

2ο βήμα: Προεπεξεργασία δεδομένων (preprocessing)

Αρχικά κάνουμε απόρριψη των καναλιών που δεν μας χρειάζονται για την ανάλυση και των καναλιών που έχουν πολύ θόρυβο (reject bad channels). Από το μενού Edit επιλέγουμε Select data. Από την ενότητα Channel range, επιλέγουμε τα 14 κανάλια που μας ενδιαφέρουν για ανάλυση. Συγκεκριμένα, στην δική μας περίπτωση επιλέγουμε τα κανάλια 3-16. Στη συνέχεια από το μενού Tools, εφαρμόζουμε φιλτράρισμα επιλέγοντας Filter the data, Basic FIR filter με τις ρυθμίσεις 0.1 Hz – 30 Hz & Notch.

Τα τμήματα του σήματος (trials or epochs) που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε ορίστηκαν με βάση το χρόνο εμφάνισης του ερεθίσματος. Για κάθε ερέθισμα ορίζουμε τον χρόνο εμφάνισης ως 0ms. Εξετάσαμε ένα μικρό κομμάτι διάρκειας 100ms πριν την εμφάνιση του ερεθίσματος, το οποίο θεωρείται baseline για το πείραμά μας, καθώς και ένα τμήμα του σήματος διάρκειας 600ms μετά την

εμφάνιση του ερεθίσματος. Για να κόψουμε αυτά τα κομμάτια μεταβαίνουμε στο μενού Tools, Extract epochs και εφαρμόζουμε τις ακόλουθες ρυθμίσεις. Στο Epoch limits [start, end] in secs πληκτρολογούμε -0.1 0.6 δηλ. το διάστημα -100ms μέχρι 600ms και στο Baseline latency range ([min max]) in ms πληκτρολογούμε -100.

Για την αλλαγή/ρύθμιση των ονομάτων των θέσεων των ηλεκτροδίων μεταβαίνουμε στο μενού Edit, Channel Locations.

Για την απομάκρυνση του θορύβου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της οπτικής επιθεώρησης (visual inspection). Από το μενού Tools, Reject data epochs επιλέγουμε ως μέθοδο απομάκρυνσης των τμημάτων που περιέχουν θόρυβο το Reject data by inspection. Για την εμφάνιση του σήματος μέσα από το παράθυρο του λογισμικού επιλέγουμε Plot, Channel data (scroll) και στη συνέχεια Display, Remove DC offset και από το μενού Setting επιλογή του Time Range.

Προαιρετικά, μπορούμε να εφαρμόσουμε και την τεχνική ICA από το μενού Tools, Run ICA.

Αποθηκεύουμε τα δεδομένα μεταβαίνοντας στο μενού File και επιλέγουμε Save dataset.

Για τον υπολογισμό των ατομικών μέσων όρων πρέπει να αποθηκεύσουμε χωριστά τα τμήματα που αντιστοιχούν σε χρήσιμα αντικείμενα (target epochs) από αυτά που αντιστοιχούν σε μη-χρήσιμα (non-target epochs). Μεταβαίνουμε στο μενού Edit, Select epochs or events (or Select data using events), στο type επιλέγουμε πρώτα το 64, αυτός ο αριθμός αντιστοιχεί στα χρήσιμα αντικείμενα (το αποθηκεύω με το όνομα\_συμμετεχοντα\_target). Αφού φορτώσω ξανά το αρχικό αρχείο επιλέγω τον αριθμό 128 ώστε να κρατήσω τα μη-χρήσιμα (το αποθηκεύω με το όνομα\_συμμετεχοντα\_nontarget).

3ο βήμα: Υπολογισμός μέσων όρων για κάθε άτομο ξεχωριστά (single average)

Από το μενού Plot, επιλέγουμε Channel ERP image. Θέτουμε τις παρακάτω τιμές για τον υπολογισμό των ατομικών μέσων όρων.

Channel 1 2 3 4 5 6... 14  
Event type 64 ή 128 (latency)

4ο βήμα: Υπολογισμός ολικών μέσων όρων (grand average)

Για να αποθηκεύσουμε όλα τα τμήματα που αντιστοιχούν σε χρήσιμα αντικείμενα από όλους τους συμμετέχοντες μαζί και ομοίως για τα μη-χρήσιμα, μεταβαίνουμε στο μενού File, Load dataset και φορτώνουμε όλα τα αρχεία που έχουν δημιουργηθεί από όλους τους συμμετέχοντες και περιέχουν τμήματα που αφορούν χρήσιμα αντικείμενα. Στη συνέχεια επιλέγω Edit, Append και το αποθηκεύουμε ως all\_target. Κλείνουμε τα dataset και από το μενού File, Load dataset φορτώνουμε όλα τα τμήματα που αφορούν μη-χρήσιμα αντικείμενα. Στη συνέχεια επιλέγουμε Edit→Append, το αποθηκεύουμε ως all\_nontarget. Αφού έχουμε δημιουργήσει με αυτόν τον τρόπο δύο αρχεία μεταβαίνουμε στο μενού Plot, επιλέγουμε Sum/Compare ERPs. Στη συνέχεια, με επιλογή [All ERPs] συγκρίνουμε τις δυο κατηγορίες αντικειμένων.

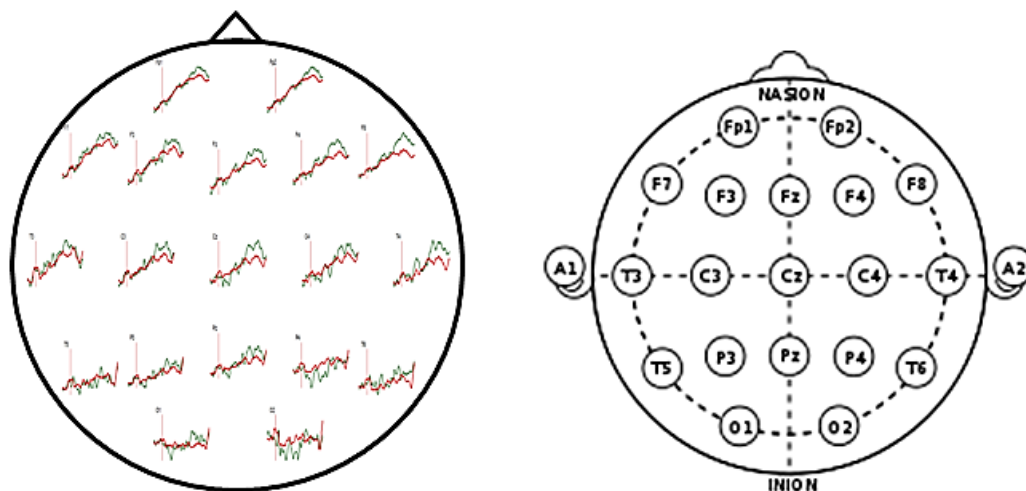
## Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα

5.1. Αποτελέσματα από το σύστημα g.tec

5.2. Αποτελέσματα από το σύστημα emotiv

### 5.1. Αποτελέσματα από το σύστημα g.tec

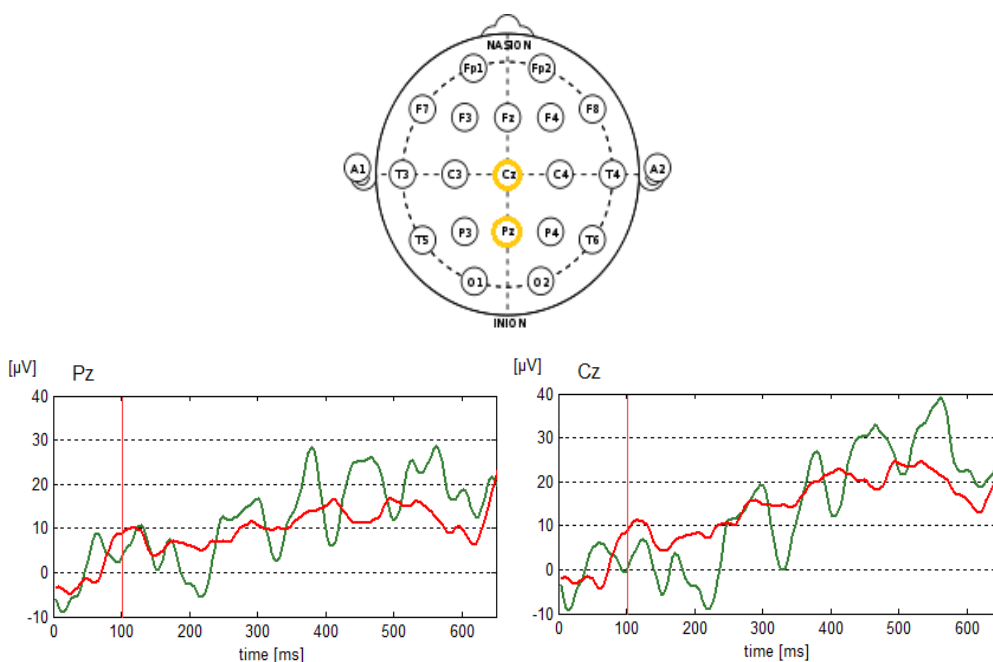
Για να εξάγουμε τα αποτελέσματα της έρευνάς μας υπολογίσαμε τις ERP κυματομορφές των ατομικών μέσων όρων (single average) και των ολικών μέσων όρων (grand average) χωριστά για τις δύο κατηγορίες ερεθισμάτων στις 19 θέσεις ηλεκτροδίων του κρανίου, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Με βάση τα στοιχεία που συλλέξαμε από την οπτική επιθεώρηση των ERP κυματομορφών των ολικών μέσων όρων αλλά και προηγούμενες μελέτες (Azizian et al., 2006; Gray et al., 2004; Olofsson et al., 2008), ορίσαμε τη συνιστώσα P300 ως το πιο μεγάλη θετική σημείο της ERP κυματομορφής των ολικών μέσων όρων στο διάστημα μεταξύ 250ms–600ms.



Σχήμα 5.1. Η διάταξη των θέσεων των ηλεκτροδίων για την οπτική επιθεώρηση των ERP κυματομορφών των ολικών μέσων όρων για κάθε κατηγορία ερεθίσματος (πράσινα σήματα: UI (χρήσιμα), κόκκινα σήματα: NUI (μη-χρήσιμα))

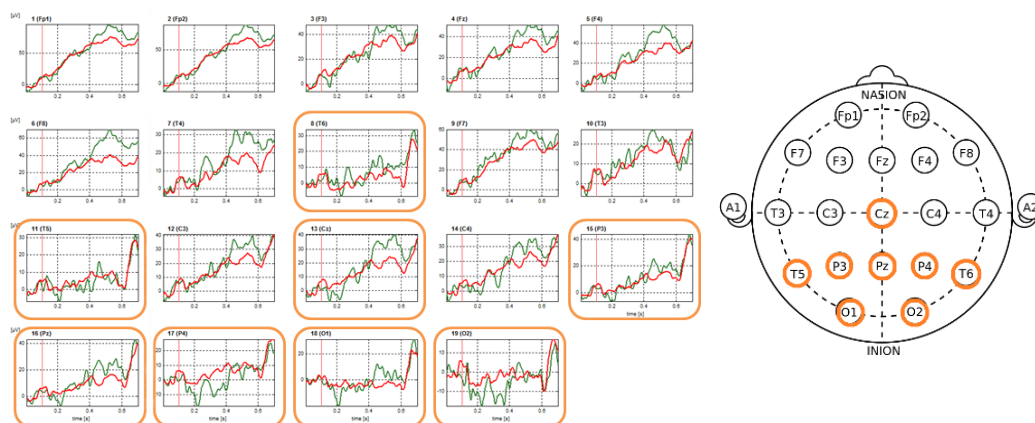
Από το Σχήμα 5.1 παρατηρούμε ότι τα ερεθίσματα που απεικόνιζαν χρήσιμα αντικείμενα (UI) φαίνεται να εκλύουν μια αρνητική συνιστώσα N200 μεταξύ 200ms και 250ms μετά την εμφάνιση του ερεθίσματος, καθώς και μια θετική συνιστώσα P300 μεταξύ 500ms και 600ms. Τα ερεθίσματα που απεικόνιζαν μη-χρήσιμα αντικείμενα (NUI) δεν προκάλεσαν την εμφάνιση καμίας από τις δύο προαναφερθείσες συνιστώσες. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συνιστώσα P300 εμφανίζεται έχοντας μεγαλύτερο πλάτος στη βρεγματο-

κεντρική περιοχή του κρανίου και ειδικότερα στα σημεία Cz και Pz. Ο λανθάνων χρόνος της συνιστώσας P300 και για τις δύο περιοχές Cz και Pz εμφανίζεται παρατεταμένος με το μέσο λανθάνοντα χρόνο για τα χρήσιμα αντικείμενα να είναι περίπου 550ms (Σχήμα 5.2). Τα πλάτη της συνιστώσας P300 στις περιοχές Cz και Pz είναι περίπου 40μV και 30μV αντίστοιχα.



Σχήμα 5.2. ERP κυματομορφές ολικών μέσων όρων που έχουν καταγραφεί στις θέσεις Pz και Cz για κάθε κατηγορία ερεθίσματος. Ο χρόνος 0 αντιστοιχεί στην εμφάνιση του ερεθίσματος (πράσινα σήματα: UI (χρήσιμα), κόκκινα σήματα: NUI (μη-χρήσιμα))

Το Σχήμα 5.3 δείχνει ότι η συνιστώσα N200 έχει οπίσθια κατανομή, εμφανίζοντας μεγαλύτερα πλάτη στη βρεγματική, κροταφική και ινιακή περιοχή του κρανίου (δηλ. στα Pz, P3, P4, T5, T6, O1, O2 και Cz).



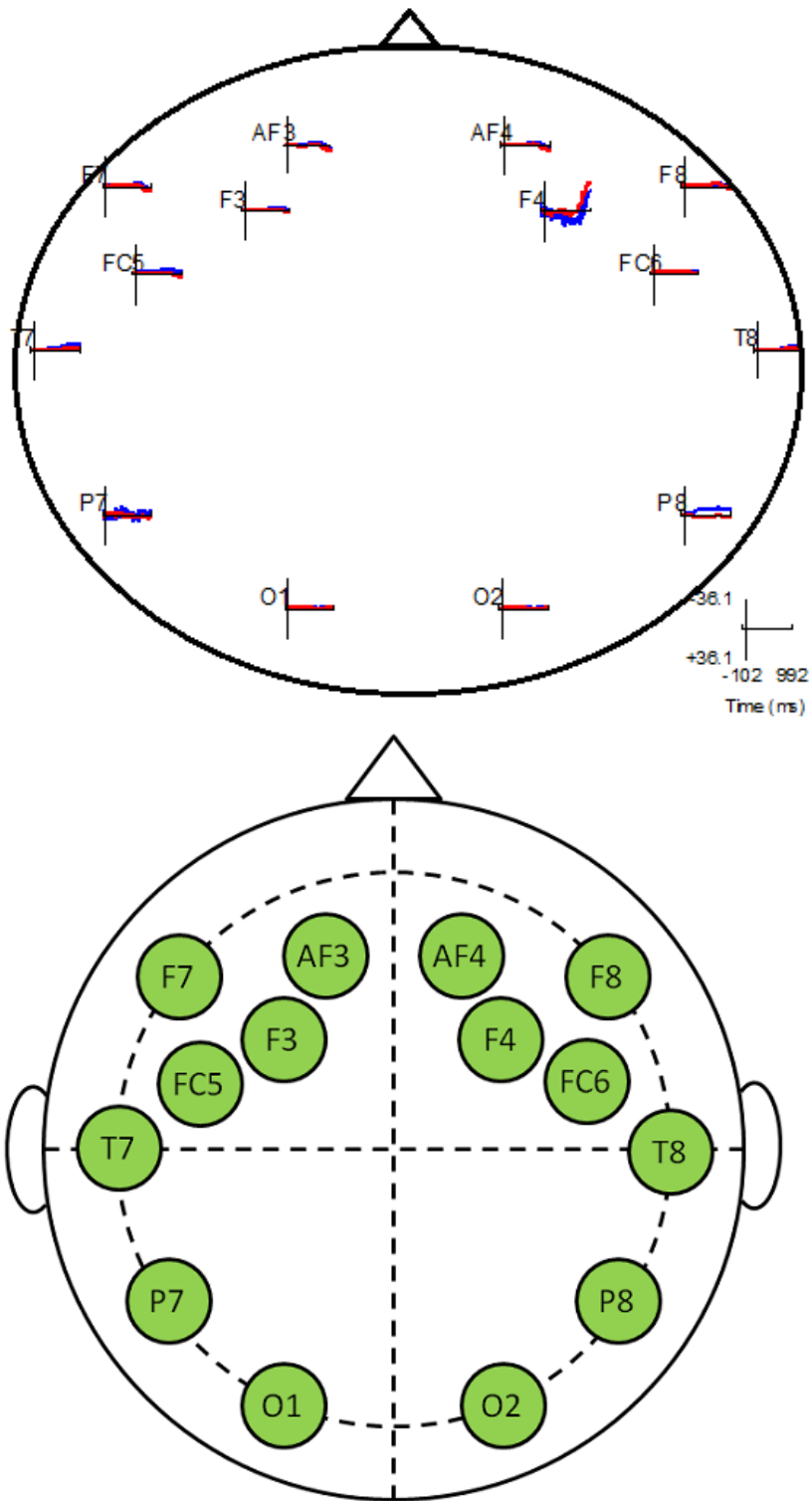
Σχήμα 5.3. Η συνιστώσα N200 εμφανίζεται να έχει οπίσθια κατανομή

## 5.2. Αποτελέσματα από το σύστημα Emotiv Eroc

Για να εξάγουμε τα αποτελέσματα της έρευνάς μας υπολογίσαμε τις ERP κυματομορφές των ατομικών μέσων όρων (single average) και των ολικών μέσων όρων (grand average) χωριστά για τις δύο κατηγορίες ερεθισμάτων στις 14 θέσεις ηλεκτροδίων του κρανίου, όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Στα αποτελέσματα που πήραμε με το σύστημα Emotiv EPOC Premium δεν ήταν ορατή η συνιστώσα P300 για καμία από τις δύο κατηγορίες ερεθισμάτων (Σχήμα 5.4). Ειδικότερα, οι περιοχές F4 και P7 είχαν σχεδόν για όλους τους συμμετέχοντες το περισσότερο θόρυβο και δεν λήφθηκαν υπόψη. Σύμφωνα με τη μελέτη του Ekanayake (2010) η συνιστώσα P300 εντοπίζεται και σε άλλες θέσεις ηλεκτροδίων, εκτός των Pz και Cz (που αναφέρονται εκτενώς στη βιβλιογραφία), όπως η P7 και η O1 ενώ σύμφωνα με τη μελέτη των Ries et al. (2014), το Emotiv EPOC μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα μόνο υπό την προϋπόθεση ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται από το σύστημα υποστούν σημαντικές διορθώσεις πριν την ανάλυση των σημάτων για τις έρευνες που αφορούν προκλητά δυναμικά.





Σχήμα 5.4. Η διάταξη των θέσεων των ηλεκτροδίων για την οπτική επιθεώρηση των ERP κυματομορφών των ολικών μέσων όρων για κάθε κατηγορία ερεθίσματος (μπλε σήματα: UI (χρήσιμα), κόκκινα σήματα: NUI (μη-χρήσιμα))

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα

---

6.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων

6.2. Συζήτηση - Μελλοντική έρευνα - Βελτιώσεις

---

### 6.1. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει τα αποτελέσματα των νευροφυσιολογικών μετρήσεων νεαρών αρρένων εθελοντών κατά τη διαδικασία παρατήρησης εικόνων με συγκεκριμένο σημασιολογικό περιεχόμενο. Οι εικόνες προβάλλονται σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον το οποίο αφορά την εκπαίδευση αναφορικά με τα μέτρα προστασίας από σεισμούς. Παρόλες τις ατομικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των αποτελεσμάτων των συμμετεχόντων στα δυναμικά που έχουν καταγραφεί, μια γενική κατανόηση για το πως το δίκτυο νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι δομημένο και το αν και πως μπορεί μεταβληθεί μέσω της εμπειρίας, μπορεί να οδηγήσει σε εκπαιδευτικές παρεμβάσεις οι οποίες έχουν τη δυναμική να επηρεάσουν τη γνωσιακή ανάπτυξη των παιδιών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν διατεθεί στην αγορά αρκετά συστήματα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας. Η κύρια διάκριση μεταξύ των συστημάτων αυτών γίνεται αναφορικά με τη χρήση τους. Αρχικά τα συστήματα αυτά προοριζόταν για ιατρικούς σκοπούς όπως διάγνωση νευρολογικών προβλημάτων. Με την εξέλιξη όμως των Νευροεπιστημών άρχισαν να αναπτύσσονται και συστήματα για πιο εμπορική χρήση και κατ' επέκταση πιο μαζική όπως τα συστήματα διεπαφής εγκεφάλου – υπολογιστή (Brain-Computer Interface - BCI), συστήματα για gaming κ.α. Στην παρούσα διατριβή συγκρίναμε τα αποτελέσματα ενός ιατρικού συστήματος (gtec) με τα αποτελέσματα ενός εμπορικού συστήματος (emotiv). Τα συμπεράσματα στα οποία οδηγηθήκαμε φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1. Σύγκριση συστημάτων

	g.tec	Emotiv Eporc
Κόστος αγοράς	Υπολογίζεται στις 20.000€	Η τιμή από την ιστοσελίδα της EMOTIV είναι 799\$
Άνεση χρήστη	Ο χρήστης μπορεί να ανταποκριθεί στα ερευνητικά πειράματα χωρίς κάποια δυσφορία με την πάροδο του χρόνου. Αρνητικό είναι το γεγονός ότι θα πρέπει να βρίσκεται ακινητοποιημένος κατά τη διαδικασία καταγραφής καθώς το κασκέτο είναι ενσύρματο	Η άνεση κρίνεται ικανοποιητική για διάστημα έως 40 λεπτά. Τα ημιάκαμπτα 'δάκτυλα' πιέζουν το κρανίο με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσφορία μετά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μερικής κίνησης καθώς το EPOC είναι ασύρματο (Bluetooth 4.0)
Προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά μεγέθη κεφαλιού	Παρέχονται διαφορετικά κασκέτα ανάλογα με τον μέγεθος κεφαλιού	Στα μεγάλα μεγέθη κεφαλιού είναι δύσκολη η προσαρμογή του EPOC
Διακύμανση των θέσεων ηλεκτροδίων για το κρανίο	Καλύπτονται όλες οι θέσεις των ηλεκτροδίων σύμφωνα με το Διεθνές σύστημα 10-20	Καλύπτονται 14 βασικές θέσεις στο Διεθνές σύστημα 10-20
Σταθερότητα ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ κρανίου και ηλεκτροδίων	Υπάρχει σταθερότητα ηλεκτρικής σύνδεσης	Η σταθερότητα αρχίζει να διαταράσσεται με την πάροδο του χρόνου καθώς και εξαρτάται από τη διάρκεια της μπαταρίας της συσκευής (περίπου 2 ώρες)
Δυνατότητα χρονισμού μεταξύ του EEG συστήματος, υπολογιστή και εξωτερικών γεγονότων	Πλήρης δυνατότητα χρονισμού	Ικανοποιητική δυνατότητα χρονισμού

<p>Ευχρηστία συστημάτων για τους ερευνητές</p>	<p>Εύχρηστο σύστημα αν και χρειάζεται η μεμονωμένη υγροποίηση όλων των ηλεκτροδίων</p>	<p>Εύχρηστο σύστημα που δυσκολεύει όμως τον ερευνητή στην τοποθέτηση της συσκευής στο κεφάλι του χρήστη και στην ποιοτική λήψη σημάτων</p>
<p>Ποιότητα σημάτων</p>	<p>Η ποιότητα σημάτων είναι πολύ καλή και συνιστάται για έρευνα σημάτων EEG κάθε μορφής. Δεν εμφανίζονται προβλήματα με την πάροδο του χρόνου.</p>	<p>Η ποιότητα των σημάτων είναι ικανοποιητική και δεν συνιστάται για ιατρική έρευνα σημάτων EEG. Με την πάροδο του χρόνου υπάρχει έλλειψη ποιότητας σήματος</p>
<p>Λογισμικό για ανάλυση σημάτων</p>	<p>Η g.tec παρέχει πλήρες λογισμικό για την ανάλυση των σημάτων.</p>	<p>Δεν παρέχεται λογισμικό για την ανάλυση σημάτων για αυτό ο ερευνητής θα πρέπει να το συνδέσει με λογισμικά τρίτων κατασκευαστών όπως η Simulink και η Matlab</p>

## 6.2. Συζήτηση - Μελλοντική έρευνα - Βελτιώσεις

Στις μέρες μας είναι ευρέως αποδεκτό ότι η εκπαίδευση έχει ένα κυρίαρχο ρόλο στη μείωση της τρωτότητας από την έκθεση σε κίνδυνο σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών. Ωστόσο, μια εκπαιδευτική παρέμβαση για να έχει το μέγιστο αντίκτυπο, θα πρέπει να είναι καλά σχεδιασμένη και ενδιαφέρουσα. Η Εκπαιδευτική Τεχνολογία αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο που έχει τη δύναμη να αυξήσει την ετοιμότητα των ατόμων με στόχο τη σωστή απόκριση σε επικίνδυνες συνθήκες μέσα από άκρως διαδραστικά και ενδιαφέροντα ψηφιακά περιβάλλοντα, όπως τα εικονικά περιβάλλοντα, τα σοβαρά παιχνίδια κ.α.

Αυτά τα τεχνολογικά μέσα όπως είναι γνωστό περιέχουν πληθώρα πολυμεσικών στοιχείων τα οποία γίνονται αντιληπτά από τους χρήστες ως αισθητηριακά ερεθίσματα (οπτικά, ακουστικά και απτικά). Για την αποτελεσματική εφαρμογή ενός περιβάλλοντος μάθησης, όλες οι αισθητηριακές αναπαραστάσεις πρέπει να είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συμβατές με την οπτική, ακουστική και απτική αντίληψη του χρήστη. Συνεπώς, παρουσιάζεται η ανάγκη χρήσης των συστημάτων εγκεφαλογραφίας και σε άλλα ερευνητικά πεδία πλην της ιατρικής.

Η παρούσα εργασία συγκρίνει τα αποτελέσματα των δύο συστημάτων (g.tec και Emotiv) στους άξονες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1. Με βάση αυτά τα δεδομένα υποστηρίζουμε ότι το σύστημα g.tec μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη γνωστικών διεργασιών σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα σε αντίθεση με το σύστημα Emotiv του οποίου τα αποτελέσματα υστερούν σε ποιότητα. Το σύστημα EMOTIV EPOC δύναται να χρησιμοποιηθεί σε συνεχείς καταγραφές EEG σε περιβάλλοντα παιχνιδιών και εκπαιδευτικού περιεχομένου.

## Βιβλιογραφία

---

- Badcock, N. A., Mousikou, P., Mahajan, Y., de Lissa, P., Thie, J., & McArthur, G. (2013). Validation of the Emotiv EPOC® EEG gaming system for measuring research quality auditory ERPs. *PeerJ*, 1, e38. <http://doi.org/10.7717/peerj.38>
- Briere, J., & Elliott, D. (2000). Prevalence, Characteristics, and Long-Term Sequelae of Natural Disaster Exposure in the General Population. *Journal of Traumatic Stress*, 13 (4), 661-679.
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain. A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4 – 16.
- Duncan-Johnson, C. C. & Donchin, E. (1977). On Quantifying Surprise: The Variation of Event-Related Potentials With Subjective Probability. *Psychophysiology*, 14, 456–467.
- Duvinage M, Castermans T, Petieau M, Hoellinger T, Cathy DS, Seetharaman K, Cheron G. Proceedings of the 9th IEEE/IASTED International Conference on Biomedical Engineering. Innsbruck, Austria: Acta press; 2012. A P300-based quantitative comparison between the Emotiv EPOC headset and a medical EEG device. <http://dx.doi.org/10.2316/P.2012.764-071>.
- Duvinage, M., Castermans, T., Petieau, M., Hoellinger, T., Cheron, G., & Dutoit, T. (2013). Performance of the Emotiv EPOC headset for P300-based applications. *BioMedical Engineering OnLine*, 12, 56. <http://doi.org/10.1186/1475-925X-12-56>.
- Ekanayake, H. (2010). P300 and EMOTIV EPOC: Does EMOTIV EPOC capture real EEG? Retrieved on 20 February 2016 from <http://neurofeedback.visaduma.info/EmotivResearch.pdf>.
- Farra, S. L., Miller, E. T., & Hodgson, E. (2015). Virtual reality disaster training: Translation to practice, *Nurse Education in Practice*, 15 (1), 53-57.
- Ferrari, M. (2011), What Can Neuroscience Bring to Education? *Educational Philosophy and Theory*, 43: 31–36.
- Fisch, B. J. (1999). Fisch & Spehlmann's EEG Primer (3rd Ed). Amsterdam: Elsevier.
- Haferkamp, N., Kraemer, N. C., Linehan, C., & Schembri, M. (2011). Training disaster communication by means of serious games in virtual environments. *Entertainment Computing*, 2 (2), 81-88.
- Jose, M. M., & Dufrene, C. (2014). Educational competencies and technologies for disaster preparedness in undergraduate nursing education: An integrative review, *Nurse Education Today*, 34 (4), 543-551.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2003). *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*, (3η έκδοση). Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Koizumi, H. (2011). Brain-Science Based Cohort Studies. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 48-55.

- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197(4305), 792-795.
- Liu, Y., Jiang, X., Cao, T., Wan, F., Un Mak, P., Mak, P.-I., Vai, M. I. (2012). Implementation of SSVEP based BCI with Emotiv EPOC. IEEE International Conference on Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems, 34-37.
- Natsis, A., Hormova, H., Mikropoulos, T. A. (2014). Students' views on different learning objects. In L. Gómez Chova, A. López Martínez, I. Candel Torres (eds.), *INTED 2014 Proceedings, 8th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 2363-2372), Valencia: IATED Academy.
- Savoy, R.L. (2001). History and future directions of human brain mapping and functional neuroimaging. *Acta Psychologica*, 107, 9 – 42.
- Shaw, R., & Kobayashi, M. (2001). Role of Schools in Creating Earthquake-Safer Environment. OECD Workshop, Thessaloniki, Greece. Retrieved 09 June 2016 from [http://www.preventionweb.net/files/5342\\_SesiRoleSchoolsEQSafety.pdf](http://www.preventionweb.net/files/5342_SesiRoleSchoolsEQSafety.pdf).
- Shaw, R., Shiwaku, K., & Takeuchi, Y. (2011). *Disaster Education*. UK: Emerald Bingley.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., John, E.R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150(3700), 1187-8.
- Tatebe, J., & Mutch, C. (2015). Perspectives on education, children and young people in disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 108-114.
- Πριοβόλου, Χ., Ζαχαρής, Γ., Τζίμας, Β., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2010), Γνωστικές διαφυλικές διαφορές σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», τόμος II, σ. 47-54, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Κόρινθος, 23-26 Σεπτεμβρίου 2010
- Τζίμας, Ε. (2010). Διερεύνηση γνωστικών διεργασιών σε εκπαιδευτικά εικονικά περιβάλλοντα. *Διδακτορική Διατριβή*, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τριανταφύλλου, Ν.Ι. (1994). *Χαρτογράφηση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και προκλητών δυναμικών*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη.