



ΠΡΟΣ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

19/7/2023

ΣΧΟΛΗ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΤΑΣΗ

ΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Του Ιωάννη Κάκκου

στο γνωστικό αντικείμενο «Συνδέσεις εγκεφαλικών δικτύων σε καταστάσεις κόπωσης λόγω στέρησης ύπνου σε νοητικές εργασίες λειτουργικής μνήμης και παρατεταμένης προσοχής.»

Προτεινόμενος Καθηγητής (επικεφαλής Μεταδιδακτορικής Έρευνας):

Ιωάννης Καλατζής

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

1. Εισαγωγή

Η στέρηση ύπνου θεωρείται είτε η πλήρη έλλειψη ύπνου κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου ή μια περιορισμένη, συγκριτικά με την βέλτιστη, περίοδος ύπνου. Η απώλεια ύπνου έχει αποκαλυφθεί ότι επηρεάζει διάφορες πτυχές των γνωστικών εργασιών μειώνοντας την απόδοση κατά την εκτέλεση τους. Ο βαθμός στον οποίο η στέρηση ύπνου επηρεάζει την εγκεφαλική επεξεργασία και απόδοση ποικίλλει ανάλογα με το γνωστική περιοχή που δοκιμάζεται. Κατά κύριο λόγο η στέρηση ύπνου προκαλεί νοητική κόπωση συμπεριλαμβάνοντας δυσκολία στην συγκέντρωση και έλλειψη εγρήγορσης. Επιπλέον, προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις σε εργασίες που εμπλέκουν την ενεργοποίηση των μετωπιαίων λοβών όπως η λειτουργική μνήμη. Στην παρούσα ερευνητική μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε δεδομένα που συλλέχθηκαν από πειραματικές εργασίες λειτουργικής μνήμης και παρατεταμένης προσοχής σε καταστάσεις στέρησης ύπνου. Για να αποκαλύψουμε τη σχέση μεταξύ των σημάτων εγκεφαλογραφήματος και καταστάσεων του εγκεφάλου, η κύρια υπόθεση μας είναι ότι οι διαφορετικές γνωστικές καταστάσεις παρουσιάζουν μοναδικό λειτουργικό πρότυπο συνδέσεων οι οποίες μπορούν να εκτιμηθούν ποσοτικά και ποιοτικά.



2. Στόχοι

Οι στόχοι της παρούσας ερευνητικής μελέτης περιγράφονται παρακάτω:

- Χαρακτηρισμός των μοτίβων λειτουργικής συνδεσιμότητας σε διαφορετικές καταστάσεις εργασιών λειτουργικής μνήμης και παρατεταμένης προσοχής.
- Ανάλυση των νευροφυσιολογικών διεργασιών στα πλαίσια συχνοτήτων και συστατικών των ηλεκτροεγκεφαλικών καταγραφών.
- Κατανόηση και αποκρυπτογράφηση των εγκεφαλικών μηχανισμών κατά την νοητική κόπωση με χρήση τεχνικών για μείωση διαστάσεων χωρίς να θυσιαστούν σημαντικές πληροφορίες για την εκτίμηση των διαφορετικών καταστάσεων

3. Δεδομένα

Η παρούσα έρευνα περιλαμβάνει ηλεκτροεγκεφαλικές καταγραφές και καταγραφές συμπεριφοράς κατά την εκτέλεση νοητικών εργασιών σε καταστάσεις νοητικής κόπωσης των γιατρών και νοσηλευτικού προσωπικού του 401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Αθηνών. Συνολικά η κάθε συνεδρία περιλαμβάνει 20 περίπου λεπτά ηλεκτροφυσιολογικών καταγράφων με χρήση ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (HEG), όπου εκτελούνται δυο εργασίες λειτουργικής μνήμης, μία εργασία επαγρύπνησης και επιπλέον μια καταγραφή κατάστασης ηρεμίας.

4. Τεχνική προσέγγιση

Στην παρούσα έρευνα προτείνεται μια μεθοδολογία επεξεργασίας των καταστάσεων του εγκεφάλου, η οποία περιλαμβάνει (1) φασματική αποσύνθεση, (2) εκτίμηση λειτουργικής συνδεσιμότητας και (3) τεχνικές μηχανικής μάθησης και μείωσης διαστάσεων, η οποία συνδυάζει τόσο την θεωρητική προσέγγιση όσο και τις τεχνικές πηγής προέλευσης σημάτων.

4.1 Φασματική αποσύνθεση

Μεγάλος αριθμός μελετών περιγράφει αυξήσεις στις χαμηλότερες ζώνες εγκεφαλικών κυμάτων (άλφα και θήτα) με την αύξηση του επιπέδου της κόπωσης [1]. Επιπλέον, αυξήσεις στο πλάτος των καταγραφών στη ζώνη 6-10 Hz έχουν συσχετιστεί με μειούμενη διέγερση και εγρήγορση [2], καθώς και με αποσυγχρονισμό στη ζώνη των άλφα συχνοτήτων, αντανακλώντας την εγρήγορση σε εργασίες όπου απαιτείται υψηλό επίπεδο προσοχής [3]. Με την φασματική αποσύνθεση των HEG καταγραφών μπορεί να γίνει μελέτη των καταστάσεων στέρησης ύπνου, βάσει των αλλαγών των συχνοτήτων των ηλεκτροφυσιολογικών καταγραφών.

4.2 Λειτουργική συνδεσιμότητα

Μετά την HEG καταγραφή εκτιμάται η λειτουργική σύνδεση του εγκεφαλικού δικτύου. Πολλές μέθοδοι έχουν εισαχθεί για τον υπολογισμό της λειτουργικής σύνδεσης βάσει σημάτων HEG. Θεωρείται ότι τα HEG κύματα αντανακλούν την δυναμική σύνδεση των κυτταρικών διατάξεων μέσω συγχρονισμού μεγάλου αριθμού των υποκειμένων νευρώνων κατά την πραγματοποίηση συγκεκριμένων διεργασιών [4]. Οι τιμές συνδεσιμότητας για κάθε ζεύγος αισθητήρων και πηγών υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τεχνικές Phase Locking Index (PLI) [4] Partial Directed Coherence (PDC) [6] και Directed Transfer Function (DTF) [7]. Η βέλτιστη λειτουργία του εγκεφάλου απαιτεί μια ισορροπία μεταξύ των τοπικών εξειδικεύσεων και της



γενικής ενσωμάτωσης, δείχνοντας ιδιότητες μικρού κόσμου (*small worldness*) [8]. Για κάθε συμμετέχοντα δημιουργείται μια χρονική σειρά των πινάκων του δικτύου, έτσι ώστε να υπολογιστούν οι διάφορες μετρικές του δικτύου (συντελεστής ομαδοποίησης, χαρακτηριστικό μήκος της διαδρομής και *small worldness*) και να εξεταστούν οι τάσεις τους στο χρόνο.

4.3 Μηχανική Μάθηση και Μείωση διαστάσεων

Με χρήση σύγχρονων τεχνικών βασισμένες σε μεθόδους μηχανικής μάθησης και αναγνώρισης προτύπων, μπορεί να ληφθεί υπόψη η μεταβλητότητα των ηλεκροφυσιολογικών σημάτων στην πάροδο του χρόνου (που μπορεί να κωδικοποιείται με την διακύμανση των τιμών ενός νευρωνικού πληθυσμού). Η παραμετροποίηση των χαρακτηριστικών και η απευθείας προσαρμογή των ταξινομητών επιτρέπει την μείωση των διαστάσεων και την παραμετρική εκτίμηση του επιπέδου κόπωσης με χρήση μειωμένου αριθμού καναλιών ΗΕΓ. [9]. Αυτές η μεθοδολογίες περιλαμβάνουν τεχνικές μάθησης χωρίς επίβλεψη, όπως ομαδοποίηση *k*-μέσων (*k-means clustering*), ιεραρχική ομαδοποίηση (*Hierarchical Cluster Analysis, HCA*), αυτό-οργανωμένους χάρτες (*Self-Organizing Map, SOM*), αλλά και εποπτευόμενες τεχνικές μάθησης, όπως αλγόριθμοι *k*-πλησιέστερων γειτόνων (*k-Nearest Neighbor, k-NN*), δέντρα αποφάσεων (*decision trees*) και μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (*Support Vector Machines, SVM*) [10].

6. Χρονοδιάγραμμα:

Το πλάνο σχεδιασμού των βημάτων υλοποίησης της έρευνας, σε μορφή διαγράμματος GANTT:

Προτεινόμενο χρονοδιάγραμμα ερευνητικών δραστηριοτήτων						
Περιγραφή ορόσημου (σε Μήνες)	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Προ-επεξεργασία δεδομένων						
Ανάλυση δεδομένων ΗΕΓ με χρήση φασματικής αποσύνθεσης.						
Ανάλυση των καταγραφών σε επίπεδα πηγών						
Δημιουργία εγκεφαλικών δικτύων						
Εφαρμογή τεχνικών μηχανικής μάθησης και μείωσης διαστάσεων						

Βιβλιογραφία

- 1) Craig, A., Tran Y., Wijesuriya, N., and Nguyen, H. (2012). Regional brain wave activity changes associated with fatigue. *Psychophysiology*, 49(4), 574-582.
- 2) Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2-3), 169-195.
- 3) Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russegger, H., Pachinger, T., and Schwaiger, J. (1998). Induced alpha band power changes in the human EEG and attention. *Neuroscience Letters*, 244(2), 73-76.
- 4) Fell, J., and Axmacher, N. (2011). The role of phase synchronization in memory processes. *Natural Reviews Neuroscience*, 12(2), 105-118
- 5) Stam, C. J., Nolte, G., & Daffertshofer, A. (2007). Phase lag index: assessment of functional connectivity from multi-channel EEG and MEG with diminished bias from common sources. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1178-1193.



- 6) Baccalá, L. A., & Sameshima, K. (2001). *Partial directed coherence: a new concept in neural structure determination. Biological Cybernetics, 84(6), 463-474.*
- 7) Kaminski, M., Blinowska, K. J. (1991). *A new method of the description of the information flow in brain structures. Biological Cybernetics, 65 (3): 203–210.*
- 8) Sun, Y., Lim, J., Kwok, K., & Bezerianos, A. (2014). *Functional cortical connectivity analysis of mental fatigue unmasks hemispheric asymmetry and changes in small-world networks. Brain and Cognition, 85, 220-230.*
- 9) Iacoviello D., Petracca A., Spezialetti M., Placidi G. (2015). *A real-time classification algorithm for EEG-based BCI driven by self-induced emotions, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Volume 122, Issue 3, Pages 293-303.*
- 10) Onder Aydemir, Temel Kayikcioglu. (2014). *Decision tree structure based classification of EEG signals recorded during two dimensional cursor movement imagery, Journal of Neuroscience Methods, Volume 229, Pages 68-75.*

Ο Επιβλέπων καθηγητής
(Υπογραφή)

Ιωάννης Καλατζής

Ο αιτών

(Υπογραφή)

Ιωάννης Κάκκος