



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

Ημερομηνία:

Αριθμ. Πρωτοκόλλου:

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΠΡΟΟΔΟΥ ΥΠΟΨΗΦΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ ΕΤΟΥΣ 2024

Όνομα/ Επώνυμο: **Μαρία-Νικολέττα Κολιαράκη**

Α.Μ. Υ.Δ.: **ΔΜΒ1907**

Ημερομηνία αποδοχής αίτησης από τη συνέλευση του Τμήματος/ Πράξη Συνέλευσης:

7-5-20, Πράξη συνέλευσης: 5/7-5-2020

Ημερομηνία ορισμού 3μελούς συμβουλευτικής επιτροπής & θέματος ΔΔ :

7-5-20, Πράξη συνέλευσης: 5/7-5-2020

Προβλεπόμενο έτος ολοκλήρωσης Δ.Δ.:

2026

Μέλη Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής:

Επιβλέπων: Βεντούρας Ερρίκος, Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής, ΠΑΔΑ

Μέλος: Ασβεστάς Παντελεήμων, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής, ΠΑΔΑ

Μέλος: Ματσόπουλος Γεώργιος, Καθηγητής, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, ΕΜΠ

Τίτλος Διδακτορικής Διατριβής (ΔΔ):

«Επεξεργασία Δεδομένων Σακκαδικών Οφθαλμικών Κινήσεων»

1. Περίληψη Αντικειμένου Δ.Δ. (έως 200 λέξεις)

Οι σακκαδικές οφθαλμικές κινήσεις έχουν μελετηθεί τόσο ως δείκτες των νοητικών διεργασιών όσο και ως προς τη σύνδεσή τους με ψυχοπαθολογικούς παράγοντες. Η παρούσα διατριβή αφορά την μελέτη ακολουθιών σακκαδικών κινήσεων των οφθαλμών, κατά τη διάρκεια ενεργούς οπτικής προσήλωσης, με βάση χαρακτηριστικές παραμέτρους κάθε σακκαδικής κίνησης, όπως η διάρκειά της, η

γωνιακή της απόκλιση, η μέγιστη ταχύτητα, η μέση ταχύτητα και το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο σακκαδικών (Inter Saccadic Interval-ISI). Σκοπός είναι να διερευνηθούν μηχανισμοί που ενεργοποιούνται, κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων δοκιμασιών προσήλωσης, τόσο σε υγιείς όσο και σε ασθενείς, με την εντόπιση χαρακτηριστικών των σακκαδικών κινήσεων που μπορούν να διαφοροποιήσουν τις τρεις πληθυσμούς. Στην μελέτη προβλεπόταν η χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης, ρηχών και βαθειών, για την διαφοροποίηση υγιών και ασθενών που έπασχαν από σχιζοφρένεια και ασθενών που έπασχαν από ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή (OCD). Χρησιμοποιούμε δεδομένα οφθαλμικών κινήσεων, που προέρχονται από τη βάση δεδομένων του Αιγινήτειου Νοσοκομείου, η οποία περιέχει σήματα διαφόρων οφθαλμικών διαδικασιών υγιείς μάρτυρες και άτομα που ανήκουν στις δύο παραπάνω κατηγορίες ασθενών, σε τρία διαφορετικά πειράματα/δοκιμασίες: (Π1) προσήλωση σε έναν οπτικό στόχο, (Π2) προσήλωση σε ένα οπτικό στόχο ενώ εμφανίζονταν περιφερειακά στόχοι «διάσπασης» σε τυχαία χρονικά διαστήματα και (Π3) προσήλωση χωρίς στόχο (σε λευκή οθόνη).

2. Περιγραφή προόδου τρέχουσας ακαδημαϊκής χρονιάς (έως 3 σελίδες)

Το προηγούμενο έτος επικεντρωθήκαμε στη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης (machine learning) για την ταξινόμηση δεδομένων σακκαδικών κινήσεων σε διαφορετικές ομάδες ατόμων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή νευρωνικών δικτύων αναγνώρισης μοτίβων (Pattern Recognition) του Deep Learning Toolbox του MATLAB, για τη δημιουργία νευρωνικών δικτύων ενός κρυφού επιπέδου.

Τα δεδομένα περιλαμβάνουν σακκαδικές κινήσεις κατά τη διάρκεια ενεργού προσήλωσης σε τρεις διαφορετικές ομάδες: υγιείς, ασθενείς με ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή (OCD) και ασθενείς με σχιζοφρένεια (SCZ), προέρχονται από βάση δεδομένων του Αιγινήτειου Νοσοκομείου και έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενη μελέτη [Damilou, A. et al, 2016¹]. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τρεις δοκιμασίες (Π1: προσήλωση σε στόχο, Π2: προσήλωση με διασπαστές, Π3: προσήλωση χωρίς στόχο). Η μεθοδολογία που ακολούθησαμε ήταν η εξής:

- Έγινε απαλοιφή σημάτων με ισχυρό θόρυβο και σημάτων που δεν παρουσίαζαν σακκαδικές με γωνιακή απόκλιση άνω των 0,5 deg. Με βάση την παραπάνω διαδικασία επιλέχθηκαν οι παρακάτω αριθμοί ατόμων: Π1 (VFU - Visual Fixation Undistracted): υγιείς (G1): 14, OCD (G2): 19, SCZ (G3): 28, Π2 (VFD - Visual Fixation Distracted): υγιείς (G1): 10, OCD (G2): 20, SCZ (G3): 30, Π3 (NTF - No Target Fixation): υγιείς (G1): 14, OCD (G2): 22, SCZ (G3): 31.
- Εξάχθηκαν 8 «αρχικά»/«πρωτογενή» χαρακτηριστικά από κάθε σακκαδική κάθε ατόμου σε κάθε δοκιμασία: διάρκεια (duration), ISI (inter-saccadic interval), γωνιακή απόκλιση (angular deviation), μέση και μέγιστη ταχύτητα (mean/max velocity) και οι απόλυτες τιμές των τριών τελευταίων. Για κάθε αρχικό χαρακτηριστικό υπολογίστηκαν 7 στατιστικές παράμετροι, οι οποίες αποτέλεσαν τα «τελικά» (56 το πλήθος) χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία ταξινόμησης: μέση

¹ Damilou, A., Apostolakis, S., Thrapsanioti, E., Theleritis, C. and Smyrnis, N. (2016), Shared and distinct oculomotor function deficits in schizophrenia and obsessive compulsive disorder. *Psychophysiol*, 53: 796-805. <https://doi.org/10.1111/psyp.12630>

τιμή (μ), τυπική απόκλιση (σ), λοξότητα (skewness), ενέργεια (energy), εντροπία (entropy), κυρτότητα (kurtosis) και μέγιστη τιμή (max). Στα επόμενα θα χρησιμοποιούμε τον όρο «χαρακτηριστικά» εννοώντας τα «τελικά» χαρακτηριστικά..

- Ακολουθήθηκε μια δομημένη μεθοδολογία επιλογής χαρακτηριστικών, από τα 56 διαθέσιμα, για να χρησιμοποιηθούν. Δημιουργήθηκαν τρία σύνολα/κατηγορίες χαρακτηριστικών (FC1-3) τα οποία επιλέχθηκαν ως εξής. Στην 1^η κατηγορία (FC1) ανήκουν (κανονικής κατανομής) χαρακτηριστικά για τα οποία η δοκιμασία ANOVA καθώς και ακόλουθες δοκιμασίες post-hoc (ανά δυάδες ομάδων ατόμων) έδειξαν σημαντικότητα και η κλασική στατιστική μέθοδος ταξινόμησης discriminant analysis (DA) έδωσε ποσοστά ταξινόμησης άνω του 60%. Στην 2^η κατηγορία (FC2) ανήκουν χαρακτηριστικά τα οποία, ενώ δεν είχαν σημαντικότητα κατά ANOVA, είχαν σημαντικότητα σε συγκρίσεις t-test δυάδων ομάδων ατόμων και η DA έδωσε επίσης ποσοστά άνω του 60%. Στην 3^η ομάδα (FC3) ανήκουν χαρακτηριστικά για τα οποία η μη παραμετρική δοκιμασία Kruskal-Wallis καθώς και ακόλουθες δοκιμασίες post-hoc (ανά δυάδες ομάδων ατόμων) έδειξαν σημαντικότητα. Στην ακόλουθη διαδικασία ταξινόμησης με τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) χρησιμοποιήθηκαν (i) τα χαρακτηριστικά που ανήκαν στις κατηγορίες FC1 και FC2 και (ii) τα χαρακτηριστικά όλων των τριών κατηγοριών μαζί..

Στη συνέχεια, η ταξινόμηση με ANN ακολούθησε την εξής μεθοδολογία:

- Αναπτύχθηκαν ρηγά ANN ενός κρυφού στρώματος, λαμβάνοντας ως είσοδο τα χαρακτηριστικά που ανήκαν στα σύνολα χαρακτηριστικών FC1 και FC2. για κάθε συμμετέχοντα, και ως στόχο την ομάδα στην οποία ανήκει ο κάθε συμμετέχοντας.
- Με κατάλληλη τροποποίηση του κώδικα έγινε έλεγχος ταξινόμησης με Leave-One-Out cross-validation.
- Δοκιμάστηκαν διάφοροι αριθμοί νευρώνων (2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30) του κρυφού στρώματος, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο αριθμός νευρώνων του στρώματος εισόδου μπορεί να είναι, θεωρητικά, από 1 έως 49 (7x7, όσο το μέγιστο πλήθος χαρακτηριστικών που εξάγονται), για να συγκριθούν οι επιδόσεις και να γίνει επιλογή εκείνου με τη βέλτιστη απόδοση.
- Δημιουργήθηκαν πίνακες σύγχυσης (confusion matrix) για την αξιολόγηση της απόδοσης ταξινόμησης. Υπολογίστηκαν η ακρίβεια (accuracy), ειδικότητα (specificity), ακρίβεια (precision), ανάκληση (recall) και F1-Score για κάθε μοντέλο.
- Στη συνέχεια, προστέθηκαν τα χαρακτηριστικά της 3^{ης} κατηγορίας (χαρακτηριστικά που έδειξαν σημαντική διαφοροποίηση με το Kruskal-Wallis test) και επαναλήφθηκε η διαδικασία ταξινόμησης. Τα νέα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αύξηση του πλήθους των παραμέτρων βελτίωσε σημαντικά την απόδοση ταξινόμησης.
- Ακολούθως, η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε και για την ταξινόμηση των τριών ομάδων μαζί, υπολογίζοντας αντίστοιχα μέτρα ταξινόμησης.

3. Σύνοψη νέων αποτελεσμάτων (έως 200 λέξεις)

- Η ακρίβεια ταξινόμησης ξεπερνά το 80% σε όλες τις περιπτώσεις μετά την προσθήκη των μεταβλητών που διαφοροποιούνται με Kruskal Wallis. Στις δοκιμασίες Π1 και Π3, η ακρίβεια ταξινόμησης για δυάδες ομάδων ξεπέρασε το 90% σε πολλές περιπτώσεις. Χαμηλότερες επιδόσεις ταξινόμησης σε κάθε

περίπτωση καταγράφηκαν στις δυάδες ασθενών G2/G3 για κάθε δοκιμασία. Μένει να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά που βελτιώνουν την απόδοση και να συσχετισθούν με υποκείμενους μηχανισμούς παραγωγής σακκαδικών κινήσεων, τόσο στην φυσιολογική λειτουργία, όσο και σε διαφοροποίηση με λειτουργίες σε παθολογικές καταστάσεις.

- Η τριπλή ταξινόμηση (όλες οι ομάδες μαζί) παρουσίασε μικρότερη ακρίβεια, αλλά παρείχε ενδείξεις για μελλοντική βελτιστοποίηση με βαθιά μάθηση. Συγκεκριμένα η τριπλή ταξινόμηση έδειξε συνολική ακρίβεια 90% στην Π1, 77% στην Π2 και 88% στην Π3.

4. Δημοσιεύσεις, συμμετοχή σε συνέδρια και ημερίδες

Δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Περιοδικά: -

Δημοσιεύσεις σε Επιστημονικά Συνέδρια: -

Υποβληθείσες εργασίες σε Επιστημονικά Περιοδικά: -

Υποβληθείσες Εργασίες σε Επιστημονικά Συνέδρια: -

Άλλες Εργασίες/Ανακοινώσεις/Παρουσιάσεις/ Λοιπό Έργο: -

5. Σύνομη αναφορά στον χρονικό προγραμματισμό και πιθανές καθυστερήσεις (έως 200 λέξεις)

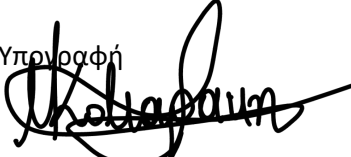
Στο επόμενο έτος 2025, στόχοι της έρευνας είναι:

(α) Η δημοσίευση των αποτελεσμάτων σε επιστημονικά περιοδικά.

(β) Διερεύνηση νευρωνικών δικτύων με περισσότερα κρυφά επίπεδα.

(γ) Διερεύνηση της βελτίωσης τριπλής ταξινόμησης.

(δ) Συνέχιση της ανάλυσης χαρακτηριστικών για εντοπισμό νέων δεικτών (biomarkers).

Υπογραφή

Μαρία-Νικολέττα Κολιάρακη