



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

Ημερομηνία:

Αριθμ. Πρωτοκόλλου:

## ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΠΡΟΟΔΟΥ ΥΠΟΨΗΦΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ ΕΤΟΥΣ 2023

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.:

**2025**

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. Στην μελέτη προβλεπόταν η χρήση Κρυφών Μαρκοβιανών Μοντέλων (Hidden Markov Model - HMM) και 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)

Στη διάρκεια του προηγούμενου έτους η βασική διαπίστωση αφορούσε ότι, μετά από εκτεταμένες δοκιμές των αλγοριθμικών μεθόδων HMM συμπεράναμε ότι τα δεδομένα που διαθέτουμε δεν επιτρέπουν την διερεύνηση των διαδικασιών ενεργούς προσήλωσης του βλέμματος με βάση τις σακκαδικές κινήσεις των οφθαλμών με χρήση HMM, που ήταν μέρος του αντικειμένου της παρούσας Δ.Δ.

Επειδή το σημείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, αναφέρουμε εδώ στοιχεία από την σχετική μεθοδολογία. Η μελέτη ξεκίνησε με τους υγιείς μάρτυρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, στην ομάδα υγιών μαρτύρων «ΕΚ» και στην ομάδα υγιών μαρτύρων «ΕΛ». Τα δεδομένα της ομάδας «ΕΚ» χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση των HMM και της ομάδας «ΕΛ» για τον έλεγχο των HMM. Για κάθε πείραμα εξάχθηκε το ολικά βέλτιστο μοντέλο, με την έννοια της καλύτερης ταξινόμησης. Η ταξινόμηση αφορούσε την διάκριση της πειραματικής συνθήκης (Π1, Π2, Π3) στην οποία ανήκαν τα δεδομένα σακκαδικών που δίνονταν στο εκπαιδευμένο HMM. Το επόμενο βήμα θα ήταν να υπολογίσουμε τα χαρακτηριστικά κάθε κατάστασης για κάθε πείραμα, υπολογίζοντας τις στατιστικές παραμέτρους της κατανομής των χαρακτηριστικών. Ξεκινήσαμε με την αρχική υπόθεση ότι οι καταστάσεις των ISI για κάθε πειραματική συνθήκη είναι δύο και υπολογίστηκαν τα αντίστοιχα μοντέλα. Στη συνέχεια, αυξάναμε σταδιακά τον αριθμό των καταστάσεων, με σκοπό να επιλέξουμε εκείνη την 3άδα μοντέλων HMM (ένα μοντέλο ανά πειραματική συνθήκη Π1, Π2, Π3) η οποία θα έχει επιτύχει το μέγιστο ποσοστό ορθής ταξινόμησης. Επιλέγοντας ένα μοντέλο, δηλ. τον (άγνωστο) αριθμό των καταστάσεων που υποθέτουμε ότι υπάρχουν όσον αφορά π.χ. τα ISIs των σακκαδικών, ελέγχθηκε, στο σύνολο ΕΚ, με leave-one-out bootstrapping, η παράμετρος λογαριθμικής πιθανοφάνειας, ώστε να επιλεγεί ο αριθμός καταστάσεων που την μεγιστοποιεί. Στις δοκιμές υπήρξε ευστάθεια της μεθόδου. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές που βελτιώνουν τις επιδόσεις των μοντέλων (κριτήρια AIC & BIC και επιπλέον βελτιωτικές τροποποιήσεις στην χρήση αυτών των κριτηρίων). Το βασικό πρόβλημα ήταν ότι όταν δοκιμάζονταν τα μοντέλα ως προς την δυνατότητά τους να κατηγοριοποιήσουν σακκαδικές από το σύνολο ΕΛ, η επίδοση ήταν μονίμως κάτω του 70%, κατά μέσο όρο (μέσος όρος επίδοσης ως προς πειραματική συνθήκη), συνήθως δε πολύ χαμηλότερη και, πιο σημαντικό, ακόμη και

στις περιπτώσεις που ο μέσος όρος ξεπερνούσε το 70%, υπήρχε πειραματική συνθήκη με ποσοστό αρκετά κάτω από 70%. Δοκιμάστηκαν δύο είδη τεχνικών εκμάθησης HMM, ο «βασικός» Baum Welch αλγόριθμος, όπου το μοντέλο για κάθε συνθήκη εκπαιδεύεται χωρίς αναφορά στις άλλες δύο συνθήκες και το μοντέλο Baum Welch για discriminative training, όπου το μοντέλο για κάθε συνθήκη εκπαιδεύεται με αναφορά στις άλλες δύο συνθήκες και διαμορφώνεται έτσι ώστε να μεγιστοποιεί την λογαριθμική πιθανοφάνεια για την συνθήκη που αυτό κατασκευάζεται και να την ελαχιστοποιεί για τις δύο άλλες πειραματικές συνθήκες. Σε όλα τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν, ελέγξαμε επίσης, σύμφωνα με τον αριθμό καταστάσεων, ποιες ήταν οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις της ISI των 2 έως 5 ομάδων/καταστάσεων σακκαδικών. Προέκυψε ότι, ξεκινώντας από δύο ομάδες, υπήρχε μεγάλη επικάλυψη. Σε μεγαλύτερο δε αριθμό ομάδων συχνά είχαμε «εκφυλισμένες» καταστάσεις, δηλ. καταστάσεις με ίδιο μέσο όρο και διαφορετική ή ακόμη και ίδια τυπική απόκλιση.

Για να ελέγξουμε αν εκτελούσαμε ορθά τις αλγοριθμικές υπολογιστικές διαδικασίες, μέρος των οποίων υπήρχε σε ανοικτό κώδικα και μέρος σε κώδικα που αναπτύξαμε, δημιουργήσαμε συνθετικά δεδομένα, στα οποία η διάκριση μεταξύ των καταστάσεων ήταν τέτοια που δεν υπήρχε επικάλυψη μεταξύ των ομάδων. Συγκεκριμένα δημιουργήσαμε συνθετικά δεδομένα με μικτή γκαουσιανή κατανομή, όπου διακρίνονται δύο καταστάσεις με συγκεκριμένες μέσες τιμές και διασπορά των ISIs ( $\mu_1=1,5$ ,  $\Sigma_1=1$ ,  $\mu_2=7,5$ ,  $\Sigma_2=1$ , μονάδες σε sec) και εμφανίζονται με διαφορετικές πιθανότητες μετάβασης. Η απόδοση τόσο του Baum Welch, όσο και του Extended Baum Welch για τα συνθετικά δεδομένα ήταν 85% έως 100%.

Επιπλέον, έγιναν τροποποιήσεις στον αλγόριθμο που χρησιμοποιήσαμε για τις δοκιμές του EBW («αλγόριθμός Moerland<sup>1,2</sup>). Καταρχάς, ο αλγόριθμός του Moerland θεωρεί ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) κάθε διαδικασίας/κατάστασης είναι ίδια (ορθό από την σκοπιά της δικής του ερευνητικής εφαρμογής<sup>3</sup>), αλλά αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση των οφθαλμικών κινήσεων, όπως έχει διαπιστωθεί και σε προηγούμενες μελέτες της κίνησης του βλέμματος σε άλλες γνωσιακές δοκιμασίες. Επομένως, έγιναν παρεμβάσεις στη διαδικασία εκπαίδευσης (training) προκειμένου να πάρουμε διαφορετικές τιμές για τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση κάθε κρυφής κατάστασης για τις τρεις διαφορετικές δοκιμασίες. Στη συνέχεια, επιχειρώντας να επιτευχθεί καλύτερη σύγκλιση, η τυχαία αρχικοποίηση καταστάσεων αντικαταστάθηκε με τις τελικές τιμές που υπολογίστηκαν στα μοντέλα που εκπαιδεύτηκαν με πραγματικά δεδομένα με Baum-Welch.

Παρακάτω παρατίθενται τα βήματα που έγιναν (περιλαμβάνεται εργασία και προηγούμενων ετών, στην παρούσα διάρκεια ολοκληρώθηκε το βήμα 3 και έγινε το βήμα 4):

---

<sup>1</sup> Moerland, T., Chandarr, A., Rudinac, M., & Jonker, P. (2016, February). Knowing what you don't know-novelty detection for action recognition in personal robots. In International Conference on Computer Vision Theory and Applications (Vol. 5, pp. 317-327). SciTePress.

<sup>2</sup> Υπενθυμίζεται ότι ο αλγόριθμος αυτός αποτελεί την μόνη προς το παρόν (ελεύθερα) διαθέσιμη στο διαδίκτυο υλοποίηση του EBW και για αυτό το λόγο επιλέξαμε να τον χρησιμοποιήσουμε. [<https://github.com/tmoer/Thesis>]

<sup>3</sup> Moerland T. (2015) *Knowing what you don't know Novelty detection for action recognition*. [Master's Thesis, Leiden University] <https://www.universiteitleiden.nl/binaries/content/assets/science/mi/scripties/mastermoerland.pdf>

(1) Χρησιμοποιήθηκε Baum Welch αλγόριθμος και ακολουθήσαμε διαδικασία ταξινόμησης με leave-one-out και με 2-fold training. Η απόδοση ταξινόμησης ήταν περίπου 51%-67%.

(2) Στη συνέχεια εφαρμόστηκε αλγόριθμος extended Baum Welch για discriminative training. Στην ταξινόμηση leave-one-out είχαμε επίσης πολύ χαμηλή απόδοση.

(3) Κατασκευάσαμε συνθετικά δεδομένα με μικτή γκαουσιανή κατανομή με διαφορετικούς πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης, επιχειρώντας να προσομοιώσουμε τρεις διαφορετικές δοκιμασίες. Τόσο ο αλγόριθμος Baum-Welch όσο και ο αλγόριθμος Extended Baum Welch είχαν πολύ καλή απόδοση ταξινόμησης, άνω του 85%, με τα συνθετικά δεδομένα.

(4) Έγινε επανάληψη εκτέλεσης των αλγορίθμων ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία με τα συνθετικά στα πραγματικά δεδομένα. Ωστόσο η απόδοση ταξινόμησης εξακολουθεί να είναι κακή.

- Συμπεραίνουμε ότι:
  - δεν υπάρχει εγγενές αλγοριθμικό πρόβλημα ή πρόβλημα στον κώδικα που συγγράψαμε, αλλά τα δεδομένα που διαθέτουμε δεν προσφέρονται για μελέτη με HMM, σύμφωνα με τους στόχους που θέσαμε αρχικά, διότι δεν υπάρχει σαφές όριο μεταξύ καταστάσεων, ειδικά όσον αφορά τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν ανάμεσα σε δύο σακκαδικές κινήσεις (ISI – Inter Saccadic Intervals).
  - απαιτείται πολύ μεγαλύτερη βάση δεδομένων για να αποφανθούμε με HMM σχετικά με τις διακριτές καταστάσεις της διάσπασης της προσήλωσης του βλέμματος και τον υφιστάμενο βιοφυσικό μηχανισμό.

Όσον αφορά το δεύτερο σημείο, δηλ. την μη επάρκεια της βάσης δεδομένων χρειάζεται η παραπέρα διευκρίνηση. Ενώ είχαμε βάση δεδομένων με πολλές εκατοντάδες άτομα, κάθε μοντέλο HMM έπρεπε να χρησιμοποιεί άτομα που είχαν ίδιο αριθμό σακκαδικών κινήσεων στην διάρκεια κάθε πειραματικής συνθήκης και μάλιστα αριθμό σακκαδικών μεγαλύτερο από 10 τουλάχιστον, ώστε να μπορεί να υπάρξει μια στοιχειώδης διαφοροποίηση μεταξύ των δύο καταστάσεων (π.χ. 15 σακκαδικές στην Π1, στην Π2 και στην Π3), για λόγους που σχετίζονται με την δομή των HMM. Έτσι ο αριθμός των ατόμων που μπορούσαν να συμπεριληφθούν σε κάθε μοντέλο ήταν περιορισμένος.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα έγινε αναπροσανατολισμός της Δ.Δ., εστιάζοντας στην χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης, όπως αναφέρονται και στην ενότητα 1 της παρούσας έκθεσης. Πρώτος στόχος αποτελεί η χρήση παραμέτρων που εξάγονται από τις σακκαδικές για να διαφοροποιήσουμε/ταξινομήσουμε τις τρεις ομάδες ατόμων που συμμετείχαν στις τρεις δοκιμασίες που σχετίζονται με ενεργό προσήλωση, δηλ. υγιείς μάρτυρες, ασθενείς που έπασχαν από σχιζοφρένεια (SCZ) και ασθενείς που έπασχαν από ιδεοψυχαναγκαστική διαταραχή (OCD). Χρησιμοποιούμε δεδομένα που προέρχονται από βάση δεδομένων του Αιγινήτειου Νοσοκομείου και έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενη μελέτη [Damilou, A. et al,

2016<sup>4</sup>]. Τα δεδομένα αφορούν τις τρεις δοκιμασίες ενεργούς προσήλωσης που αναφέρονται παραπάνω (Π1,Π2,Π3). Σκοπός είναι να διερευνήσουμε τη διαφοροποίηση των ομάδων και την αυτόματη αναγνώριση με διάφορες αλγοριθμικές μεθόδους ταξινόμησης. Απώτερος στόχος είναι, μέσω της ανεύρεσης εκείνων των χαρακτηριστικών των σακκαδικών που αποδίδουν βέλτιστα στις διαδικασίες ταξινόμησης, να δοθούν ενδείξεις για την μελέτη των μηχανισμών που διαφοροποιούν τους παραπάνω πληθυσμούς στις διαδικασίες ενεργούς προσήλωσης.

Αρχικά έγινε μια μελέτη των στατιστικών κατανομών των χαρακτηριστικών των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν. Στη συνέχεια θα γίνουν δοκιμές με μεθόδους τεχνητών νευρωνικών δικτύων και SVM.

- Επιλέξαμε δεδομένα από 24 άτομα που έχουν διαγνωστεί με OCD, 32 άτομα που έχουν διαγνωστεί με SCZ και 19 άτομα από την ομάδα των υγιών με αντιστοιχία ηλικίας (age-matched controls).
- Υπολογίζουμε για κάθε άτομο κάθε ομάδας (ομάδα 1: υγιείς, ομάδα 2: OCD, ομάδα 3 – SCZ και κάθε δοκιμασία (Π1,Π2,Π3), τα εξής χαρακτηριστικά: διάρκεια κάθε σακκαδικής (dur), το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο σακκαδικές (ISI), τη γωνιακή απόκλιση (angdev), τη μέση ταχύτητα (meanvel) και τη μέγιστη ταχύτητα (maxvel) και τις απόλυτες τιμές (μέτρα) της γωνιακής απόκλισης, της μέσης ταχύτητας και της μέγιστης ταχύτητας της κάθε σακκαδικής. Για κάθε άτομο (i) και για κάθε δοκιμασία (j=1,2,3) και για κάθε χαρακτηριστικό, πλην του ISI, προκύπτουν τόσες τιμές (έστω  $N(i,j)$ ) όσες οι σακκαδικές που εμφανίστηκαν για το άτομο στην κάθε δοκιμασία. Ειδικά για το ISI προκύπτουν  $N(i,j)-1$  τιμές.
- Για κάθε άτομο, για κάθε δοκιμασία και για κάθε χαρακτηριστικό υπολογίσαμε τις εξής στατιστικές παραμέτρους: τη μέση τιμή ( $\mu$ ), την τυπική απόκλιση (std), την λοξότητα (skewness), την ενέργεια (energy), την εντροπία (entropy), την κυρτότητα (kurtosis) και τη μέγιστη τιμή της κατανομής των  $N(i,j)$  (ή  $N(i,j)-1$  τιμών του).
- Στη συνέχεια ξεκινήσαμε με χρήση κλασικών τεχνικών στατιστικής για ταξινόμηση/διαφοροποίηση των ομάδων ατόμων, ανά δοκιμασία (Π1, Π2, Π3), ξεχωριστά ως προμελέτη για benchmark για τις τεχνικές μηχανικής μάθησης που θα ακολουθήσουν και για να στηριχθούμε στα αποτελέσματα αυτά για να επιλέξουμε παραμέτρους χαρακτηριστικών για τις τεχνικές μηχανικής μάθησης.
- Με το Kolmogorov – Smirnov test ελέγξαμε ποιες από τις κατανομές των παραμέτρων ακολουθούν κανονική κατανομή. Στις περιπτώσεις που κάποια παράμετρος από αυτές εμφάνισε κανονική κατανομή και για τις τρεις ομάδες ατόμων, στην ίδια δοκιμασία, κάναμε ANOVA. Στη συνέχεια, εφόσον προέκυπτε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση με την ANOVA, διακρίναμε εκείνες τις παραμέτρους που ανά δυάδες εμφανίζουν pos-hoc σημαντικότητα με το κριτήριο Bonferroni. Για αυτές τις περιπτώσεις προχωρήσαμε σε ταξινόμηση των δύο ομάδων ατόμων, στη συγκεκριμένη κάθε φορά δοκιμασία με την τεχνική discriminant analysis. Σημειωτέον ότι δεν υπήρξε περίπτωση όπου να υπάρξει Pos-hoc σημαντικότητα και για τις 3 δυάδες παραμέτρων σε μια δοκιμασία ANOVA (κάθε δυάδα αντιστοιχεί σε δύο Ομάδες ατόμων). Αυτό αποτέλεσε και έναυσμα για

---

<sup>4</sup> 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>

προχωρήσουμε αργότερα καταρχήν σε δοκιμές με τις τεχνικές μηχανικής μάθησης σε ταξινομήσεις ανά δυάδες ομάδων ατόμων. Επίσης ελέγξαμε με t-test την διαφοροποίηση μεταξύ δύο ομάδων ατόμων και για παραμέτρους που εμφάνισαν κανονική κατανομή σε δύο μόνον από τις τρεις ομάδες ατόμων. Σε αυτές τις δύο ομάδες εφαρμόσαμε επίσης discriminant analysis. Τα αποτελέσματα έδειξαν ποσοστά ταξινόμησης (ανά δυάδες ομάδων ατόμων), με discriminant analysis, που δεν ξεπερνούσαν το 76%.

- Για την επιλογή παραμέτρων χαρακτηριστικών, για την δημιουργία ταξινομητών, ανά δοκιμασία και δυάδα ομάδων ατόμων κινηθήκαμε ως εξής:
- Επιλέξαμε, για κάθε δοκιμασία και δυάδα ομάδων, την παράμετρο του χαρακτηριστικού που πέτυχε την καλύτερη επίδοση με discriminant analysis και από τις παραμέτρους του ίδιου ή άλλου χαρακτηριστικού, αυτές που πέτυχαν αμέσως χειρότερες επιδόσεις, αλλά όχι κάτω από 60%, εφόσον επίσης είχε δειχθεί στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση για την παράμετρο του χαρακτηριστικού ανάμεσα στις δύο ομάδες, με t-test.
- Στην συνέχεια προχωρήσαμε, με βάση τις παραπάνω επιλεγμένες παραμέτρους, ανά δοκιμασία και δυάδα ομάδων ατόμων, σε μια πρώτη διερευνητική εφαρμογή τεχνικής ANN που είναι σε εξέλιξη.

### 3. Σύνοψη νέων αποτελεσμάτων (έως 200 λέξεις)

1. Δημιουργήθηκαν συνθετικά δεδομένα με μικτή γκαουσιανή κατανομή ( $K1 \mu1, \text{Sigma}1 - K2 \mu2, \text{Sigma}2$ ) για τις 3 διαφορετικές δοκιμασίες με διαφορετικούς πίνακες πιθανοτήτων μετάβασης. Η απόδοση ταξινόμησης ήταν άνω του 85% τόσο για τον αλγόριθμο BW όσο και για τον αλγόριθμο EBW για discriminative training. Από τον έλεγχο των αλγοριθμικών μεθόδων με συνθετικά δεδομένα δεν προέκυψε κάποιο εγγενές πρόβλημα. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν βελτιώσεις στον EBW, αποβλέποντας στην καλύτερη σύγκλιση, αλλάζοντας την αρχικοποίηση και διαχωρίζοντας τη μέση τιμή και τυπική απόκλιση για κάθε δοκιμασία, ωστόσο η ταξινόμηση στα πραγματικά δεδομένα για τον BW και για τον EBW παρέμεινε κάτω του 70%. Καταλήγουμε, όπως αναλύσαμε και αιτιολογήσαμε παραπάνω, ότι δεν μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα με δεδομένα σακκαδικών κινήσεων για τις διαδικασίες ενεργού προσήλωσης του βλέμματος με Hidden Markov μοντέλα.
2. Υπολογίστηκαν χαρακτηριστικά των σακκαδικών (διάρκεια σακκαδικής, διάστημα μεταξύ σακκαδικών – ISI, γωνιακή απόκλιση, μέση ταχύτητα, μέγιστη ταχύτητα, απόλυτη τιμή γωνιακής απόκλισης, μέσης ταχύτητας και μέγιστης ταχύτητας) και παράμετροι της κατανομής των χαρακτηριστικών για τις εναρμονισμένες ηλικιακά τρεις ομάδες (υγιείς, ασθενείς με OCD και ασθενείς με SCZ).

Έγινε στατιστική ανάλυση των παραμέτρων των κατανομών των χαρακτηριστικών για κάθε εξεταζόμενη ομάδα και κάθε δοκιμασία (Π1,Π2,Π3) προκειμένου να διερευνηθεί η κανονικότητα των κατανομών και στη συνέχεια έγινε η δοκιμασία ANOVA, αλλά και μεμονωμένες δοκιμασίες (ανά δυάδες ομάδων και με discriminant analysis υπολογίστηκαν οι επιδόσεις διαφοροποίησης/ταξινόμησης ανά δυάδες ομάδων ατόμων και ανά δοκιμασία. Έτσι διαθέτουμε και ένα μέτρο σύγκρισης με επόμενες επιδόσεις που θα επιτευχθούν από τις τεχνικές μηχανικής μάθησης που ήδη δοκιμάζονται, αλλά και διαθέτουμε ενδείξεις για το ποιες παραμέτρους των χαρακτηριστικών να δοκιμάσουμε στους ταξινομητές μηχανικής μάθησης.

#### **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. Σύντομη αναφορά στον χρονικό προγραμματισμό και πιθανές καθυστερήσεις (έως 200 λέξεις)**

Στο επόμενο έτος 2024, στόχοι της έρευνας είναι:

(α) Η διερεύνηση της διαφοροποίηση ομάδων ασθενών και υγείων με τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (ANN) και Support Vector Machine (SVM).

(β) Σύγκριση απόδοσης σωστής ταξινόμησης διάφορων ταξινομητών.

Υπογραφή



Μαρία-Νικολέττα Κολιαράκη