



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ειδική Αγωγή, Εκπαίδευση και Αποκατάσταση»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναγνώριση οπτικών στοιχείων -γεωμετρικών σχημάτων, υφών και εικόνων- μέσα από τη χρήση της ηλεκτροστατικής οθόνης αφής Tanvas Touch σε ενήλικες με προβλήματα όρασης.

Μαλεγκάνου Μαρία Άννα

Θεσσαλονίκη (2023)



Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ειδική Αγωγή, Εκπαίδευση και Αποκατάσταση»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αναγνώριση οπτικών στοιχείων -γεωμετρικών σχημάτων, υφών και εικόνων- μέσα από τη χρήση της ηλεκτροστατικής οθόνης Tanvas Touch σε ενήλικες με προβλήματα όρασης»

“ Recognition of visual elements -geometrical objects, patterns and images- Using an Electrostatic Touchscreen System (Tanvas Touch) by Visually Impaired Grownups”

Μαλεγκάνου Μαρία Άννα

Εξεταστική Επιτροπή

Παπαδόπουλος Κωνσταντίνος

Κουστριάβα Ελένη

Παπακωνσταντίνου Δόξα

Θεσσαλονίκη 2023

Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Μαλεγκάνου Μαρία Άννα

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract.....	2
Πρόλογος.....	3
Εισαγωγή	4
1.Οπτική αναπηρία	9
1.1 Αίτια οπτικής αναπηρίας	10
2.Υποστηρικτική Τεχνολογία.....	10
3. Απτική τεχνολογία.....	12
3.1 Εφαρμογές απτικής τεχνολογίας.....	12
3.2 Εκπαίδευση	13
3.3 Χαρτογραφία.....	15
3.4 Πρόσβαση σε υπολογιστή.....	16
3.5 Μέθοδοι απτικής ανάδρασης	16
4. Παρόμοιες έρευνες	19
5. Σκοπός και διερευνητικά ερωτήματα της έρευνας.....	21
6. Μεθοδολογία	22
6.1 Συμμετέχοντες	22
6.2 Εργαλεία Έρευνας	23
6.2.1 Ερωτηματολόγια	23
6.2.2 Απτική συσκευή Tanvas Touch	23
6.3 Διαδικασία	24
6.4 Παρατηρήσεις.....	27
6.5 Η ανάλυση των δεδομένων.....	29
7.Αποτελέσματα της έρευνας.....	30
7.1 Δοκιμασία 1 ^η	30
7.2 Δοκιμασία 2 ^η	37

7.3 Δοκιμασία 3 ^η	40
8.Συμπεράσματα-Συζήτηση	43
8.1 Συμπεράσματα	43
8.2 Συζήτηση	46
8.3 Περιορισμοί της έρευνας	49
8.4 Μελλοντικές έρευνες	49
9. Βιβλιογραφία	50
10. Παράρτημα	58

Περίληψη

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μελετάται η αναγνώριση οπτικών στοιχείων – γεωμετρικών σχημάτων, υφών και εικόνων- μέσω της απτικής συσκευής ανάδρασης Tanvas Touch με απώτερο στόχο να ελέγξει τη χρηστικότητα και την αποδοτικότητα μιας τέτοιας ηλεκτροστατικής συσκευής σε άτομα με προβλήματα όρασης. Η αναγνώριση εικονικών στοιχείων μέσω τριβής μπορεί να αυξήσει την αίσθηση της πραγματικότητας και να μεταφέρει πληροφορίες για αυτά. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 26 άτομα με πρόβλημα όρασης, ηλικίας 18 έως 61. Διεξήχθησαν στατιστικές αναλύσεις. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι τα άτομα με προβλήματα όρασης είναι ικανά να κατανοήσουν και να αναγνωρίσουν γραφικά στοιχεία που παρουσιάζονται σε μία ηλεκτροστατική οθόνη αφής.

Λέξεις-κλειδιά: οπτική αναπηρία, απτική τεχνολογία, ηλεκτροστατική οθόνη αφής

Abstract

To the present research, the recognition of visual elements – geometrical objects, textures and images - is studied through the tactile feedback device Tanvas Touch with the ultimate goal of testing the usability and efficiency of such an electrostatic device for visually impaired people. Recognition of virtual elements through friction can increase the sense of reality and convey information about them. 26 people with visual impairment aged 18-61 took part in the research. Statistical analyses have been conducted. Our results show that visually impaired people are capable to understand and recognize graphic elements presented on an electrostatic touch screen.

Key words: visual impairment, haptic technology, electrostatic touchscreen

Πρόλογος

Η παρούσα ερευνητική προσπάθεια με τίτλο «Αναγνώριση οπτικών στοιχείων – σχημάτων, υφών και εικόνων- μέσα από τη χρήση της ηλεκτροστατικής οθόνης Tanvas Touch σε ενήλικες με οπτική αναπηρία» πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Ειδική Αγωγή, Εκπαίδευση και Αποκατάσταση. Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Παπαδόπουλο, Καθηγητή του Τμήματος Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής του Πανεπιστημίου Μακεδονίας, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία υλοποίησης ενός πραγματικά πολύ ενδιαφέροντος και πρωτοποριακού θέματος. Θα ήθελα ακόμη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Σάντρο που βοήθησε στον προγραμματισμό του Tanvas και σε όλους τους συμμετέχοντες - τον Μάκη, την Ραφαηλία, την Ρουντίνα, τον Ραφαήλ, τον Σάκη, τους δύο Νίκους, τον Θοδωρή, τη Στέλλα, τους δύο Ανδρέες, τον Μιχάλη, τους δύο Γιώργους, τον Χριστόφορο, την Χριστίνα, τον Νίκο, την Κατερίνα, την Ιωάννα, την Χαρά, τον Πασχάλη, την Σταθούλα, την Έφη, και ιδιαίτερα την κυρία Ειρήνη Χρηστάκη Πρόεδρο του Συλλόγου Τυφλών Δυτικής Μακεδονίας- οι οποίοι έλαβαν μέρος εθελοντικά στην έρευνα μου δείχνοντας την απαιτούμενη υπομονή και συνεργασία βοηθώντας με να την φέρω εις πέρας. Επιπλέον, ευχαριστώ το ΚΕΑΤ, τον κύριο Καρβελά Γιώργο και τη κυρία Σερμπέση Βάσω για την παροχή του απαραίτητου για την έρευνα χώρου. Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ προς την οικογένειά μου και τα αγαπημένα μου πρόσωπα για την αγάπη τους, την υπομονή τους και την υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια του παρόντος εγχειρήματος.

Εισαγωγή

Φανταστείτε έναν κόσμο όπου οι απτικές αισθήσεις σε μια οθόνη ζωντανεύουν τα σχήματα, τις υφές και τις εικόνες για όσους δεν μπορούν να δουν. Σε ένα ήσυχο δωμάτιο, ένα άτομο με πρόβλημα όρασης εξερευνά μια ηλεκτροστατική οθόνη αφής, καταφέροντας να αισθανθεί τα περιγράμματα ενός βουνού, τις περίπλοκες υφές ενός μοτίβου με λουλούδια και την έκφραση του πορτρέτου ενός αγαπημένου προσώπου - όλα μέσα από το απαλό άγγιγμα των άκρων των δακτύλων του.

Η οπτική αναπηρία παραμένει μια βαθιά πρόκληση που αντιμετωπίζουν εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο, επηρεάζοντας σημαντικά την ικανότητα τους να αντιλαμβάνονται και να αλληλεπιδρούν με τον οπτικό κόσμο. Εν μέσω αυτής της πρόκλησης, οι τεχνολογικές εξελίξεις υποσχονται την αναμόρφωση των εμπειριών των ατόμων με προβλήματα όρασης. Η διατριβή αυτή εμβαθύνει σε ένα καινοτόμο πεδίο, με στόχο να ενισχύσει την αναγνώριση οπτικών στοιχείων για ενήλικες με προβλήματα όρασης μέσω της πρωτοποριακής εφαρμογής ενός συστήματος ηλεκτροστατικής οθόνης αφής, και συγκεκριμένα της τεχνολογίας Tanvas Touch.

Η σημασία αυτής της μελέτης δεν έγκειται απλώς στην τεχνική καινοτομία της, αλλά στη δυνατότητά της να γεφυρώσει ένα κρίσιμο χάσμα στην προσβασιμότητα και την εκπαιδευτική ενδυνάμωση των ατόμων με πρόβλημα όρασης. Η εξερεύνηση των ηλεκτροστατικών οθονών αφής ως μέσου για τη μετάδοση οπτικών πληροφοριών έχει μετασημασιολογικές δυνατότητες, υποσχόμενη να μετατρέψει οπτικά στοιχεία σε απτικές εμπειρίες, εμπλουτίζοντας έτσι τη ζωή και την ανεξαρτησία των ατόμων με προβλήματα όρασης.

Η οπτική αναπηρία, που περιλαμβάνει καταστάσεις όπως η τύφλωση και η χαμηλή όραση, παρουσιάζει βαθιές προκλήσεις στα άτομα, εμποδίζοντας την ικανότητά τους να αλληλεπιδρούν πλήρως με τον οπτικό κόσμο, απαιτώντας έτσι καινοτόμες υποστηρικτικές τεχνολογίες για να γεφυρώσουν αυτό το χάσμα.

Οι τυφλοί αντιμετωπίζουν σοβαρούς κινδύνους που σχετίζονται με την προσωπική τους ασφάλεια, την υγιεινή και την ποιότητα ζωής τους (Darabont et al., 2020 & Abdolrahmani et al., 2016). Μια από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα άτομα με πρόβλημα όρασης είναι η πλοήγησή τους γι' αυτό και η ανάγκη για

βοηθητικές συσκευές για πλοήγηση και προσανατολισμό έχει αυξηθεί. Τα πιο απλά και οικονομικά εργαλεία πλοήγησης είναι τα εκπαιδευμένα σκυλιά και το λευκό μαστούνι (Baldwin, 2003) που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά εδώ και δεκαετίες. Ωστόσο αν και αυτά τα εργαλεία είναι πολύ δημοφιλή, δεν μπορούν να παρέχουν στους τυφλούς όλες τις πληροφορίες και τις δυνατότητες για ασφαλή μετακίνηση, οι οποίες είναι διαθέσιμες σε άτομα με όραση (Wiener et al., 2010), γι' αυτό και ήρθε να συνδράμει σημαντικά η υποστηρικτική τεχνολογία. Άλλες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα άτομα με πρόβλημα όρασης έχουν να κάνουν με τις ανάγκες τους για φαρμακευτική αγωγή, συνεργασία, κοινωνικοποίηση, ψώνια, εκπαίδευση, διατροφή και ιατρική φροντίδα (Khan & Khusro, 2020).

Η εξέλιξη των υποστηρικτικών τεχνολογιών και των μέσων που διατίθενται για άτομα με προβλήματα όρασης τα τελευταία χρόνια είναι αλματώδη ενώ συνάμα περίπλοκες πλατφόρμες υλικού σχεδιασμένες για τις ανάγκες των ατόμων με οπτική αναπηρία έχουν εισέλθει δυναμικά στην αγορά.

Η έννοια της αισθητηριακής υποκατάστασης για άτομα με προβλήματα όρασης συζητήθηκε αρχικά από τους Bach-y-Rita et al. (1969) σε μια μελέτη που δείχνει ότι ο εγκέφαλος των ενηλίκων έχει επαρκή νευροπλαστικότητα για να αντικαταστήσει τις οπτικές πληροφορίες με τα απτικά ερεθίσματα. Το Optophone ήταν η πρώτη συσκευή αισθητηριακής υποκατάστασης που αναπτύχθηκε το 1912, αρχικά για να επιτρέψει την ανεξάρτητη κινητικότητα των τυφλών και αργότερα ως βοήθημα ανάγνωσης με το οποίο ορισμένοι τυφλοί μπορούσαν να διαβάζουν με ρυθμό έως και 60 λέξεις το λεπτό (d'Albe, 1920). Στη συνέχεια ο Geldard (1957) ανέπτυξε μια συσκευή δόνησης που βασίζεται σε έναν κώδικα επικοινωνίας, όπως ο κώδικας Μορς, που μπορούσε να μεταδώσει μεμονωμένα γράμματα στον αναγνώστη. Το 1966, ο Bliss σχεδίασε ένα σύστημα δονητικών διεγερτών που αποτελούνταν από πιεζοηλεκτρικές ακίδες, οι οποίες επέτρεπαν στους τυφλούς να αντιλαμβάνονται τα έντυπα κείμενα. Αυτό το σύστημα έγινε εμπορικά διαθέσιμο τη δεκαετία του 1970 με το όνομα Optacon με το οποίο οι χρήστες μπορούσαν να αισθανθούν τις δονήσεις που αντιστοιχούν χωρικά στα γράμματα τοποθετώντας τον δείκτη τους στο πιεζοηλεκτρικό πλέγμα (Linville and Bliss, 1966). Το Tactile Vision Substitution System (TVSS) ανήκει στο ευρύτερο πεδίο της αισθητηριακής υποκατάστασης και έχει ως στόχο να μετατρέπει τις οπτικές πληροφορίες σε απτικές για να βοηθήσει άτομα που είναι τυφλά ή με προβλήματα όρασης να αντιληφθούν το περιβάλλον τους και να κατανοήσουν το οπτικό

περιεχόμενο (Kaczmarek et. al, 1985). Χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν συσκευές που είναι σε θέση να παρέχουν ολοένα και πιο ακριβή και ανταποκρινόμενη απτική ανάδραση (haptics) (Kahol, Tripathi, & Panchanathan, 2005). Μέχρι τώρα οι έννοιες των μαθηματικών και της επιστήμης αποτελούσαν τροχοπέδη για τους μαθητές με προβλήματα όρασης, καθώς απαρτίζονται από καθαρά οπτικοποιημένο υλικό όπως γραφήματα, διαγράμματα, πίνακες και γραφικές αναπαραστάσεις (Nam et al., 2012). Απτικά μοντέλα όπως ανάγλυφο χαρτί και πίνακες καρφίτσας με νήμα ήταν τα μέσα ώστε να παρουσιάσουν αυτές τις ιδέες παρ' όλα αυτά φάνηκε να χάνονται πληροφορίες στην μετάφραση από τον οπτικό στον απτικό τομέα (Smith and Smothers, 2012). Πιο πρόσφατα, η απτική ανάδραση, τα εικονικά περιβάλλοντα και οι πολυτροπικές προσαρμογές όπως οι οθόνες αφής, έχουν αυξηθεί, ώστε να είναι προσβάσιμες σε άτομα με προβλήματα όρασης (Kane, 2011, Yao & Leung, 2012). Οι έρευνες των Klatzky & Lederman (2003) εστιάζουν στην απτική αναγνώριση αντικειμένων μέσω της κιναισθητικής ανάδρασης με μέσα αφής έναντι της όρασης και έχουν συμβάλει σημαντικά σε μια ευρύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο γίνονται αντιληπτά τα μη οπτικά αισθητηριακά ερεθίσματα. Η αναγνώριση των αντικειμένων μέσω της αφής σύμφωνα με τους Rincon Gonzalez et al., (2012) πραγματοποιείται μέσω των υποδοχέων και ιδιοϋποδοχέων του δέρματος. Όσοι είναι τυφλοί βασίζονται ιδιαίτερα στην απτική αντίληψη για την επεξεργασία εξωτερικών ερεθισμάτων και χωρικών πληροφοριών. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα άτομα με συγγενή τύφλωση βιώνουν ενισχυμένη αντίληψη της δόνησης (Wan et al., 2010) και της χωρικής ανάλυσης, και ότι τα άτομα που είναι τυφλά είναι λιγότερο πιθανό να εμφανίσουν μείωση της απτικής οξύτητας που σχετίζεται με την ηλικία σε σχέση με τα άτομα με όραση (Legge, 2008). Έρευνα έχει δείξει επίσης ότι ακόμη και τα άτομα με συγγενή τύφλωση έχουν μια πλήρως ανεπτυγμένη ικανότητα να κατανοούν χωρικές πληροφορίες από την απτική εισαγωγή (Tinti et al., 2006; Guidice et al., 2011). Εκτός από την ενισχυμένη αισθητηριακή αντίληψη, η έρευνα των Withagen et al. (2013) προτείνει ότι τα παιδιά που είναι τυφλά τείνουν να έχουν καλύτερη βραχυπρόθεσμη μνήμη και λεκτική μνήμη εργασίας, που παίζουν ρόλο στην ακουστική και απτική επεξεργασία, από τα παιδιά που βλέπουν. Επομένως, οι βοηθητικές συσκευές παρέχουν συνήθως πολλαπλούς τρόπους ανάδρασης, όπως η αφή και ο ήχος, για τη μετάδοση πληροφοριών (Yu et al., 2003). Αυτό υποστηρίζεται από μια γενικότερη έρευνα για την πολυτροπικότητα, η οποία έχει δείξει ότι είναι συχνά πιο αποτελεσματική η επικοινωνία πληροφοριών μέσω περισσότερων του ενός αισθητηριακών μέσων (Turk, 2014).

Η απτική τεχνολογία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διαφορετικούς τύπους με βάση τις βασικές αρχές και μεθόδους παροχής απτικής ανάδρασης. Ορισμένες κοινές κατηγορίες απτικής τεχνολογίας είναι: η απτική δόνηση (Vibrotactile Haptics) που περιλαμβάνει τη χρήση μηχανικών δονήσεων για τη δημιουργία απτικών αισθήσεων, η δυναμική ανάδραση (Force Feedback) που είναι η ανατροφοδότηση με δύναμη, γνωστή και ως απτική ανάδραση που παρέχει στους χρήστες μια αίσθηση αντίστασης ή δύναμης ως απόκριση στις ενέργειές τους, οι απτικές οθόνες (Tactile Displays) που έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν απτικές αισθήσεις απευθείας σε μια επιφάνεια, η ηλεκτροστατική απτική τεχνολογία (Electrostatic Haptics) που χρησιμοποιεί ηλεκτροστατικές δυνάμεις για να δημιουργήσει απτικές αισθήσεις και η τεχνολογία απτικής υπερήχων (Ultrasonic Haptics) που χρησιμοποιεί υπερηχητικά κύματα για να δημιουργήσει κύματα πίεσης ή δυνάμεις ακουστικής ακτινοβολίας που μπορούν να γίνουν αντιληπτές ως απτικές αισθήσεις.

Οι Strong και Troxel πρωτοστάτησαν στην ανάπτυξη της ηλεκτροστατικής απτικής τεχνολογίας όταν δημιούργησαν μια απτική οθόνη εφαρμόζοντας διαφορετικές τάσεις σε μια σειρά ακίδων προκειμένου να παράγουν υφή (1970). Πρόσφατα, ερευνητές της Disney συνέχισαν αυτήν την εργασία αναπτύσσοντας την οθόνη αφής TeslaTouch (Bau et al., 2010), η οποία αναλύθηκε ως εργαλείο για να βοηθήσει τα άτομα με προβλήματα όρασης (Xu et al., 2011). Αυτή η συγκεκριμένη μελέτη περιελάμβανε τρεις συμμετέχοντες που ήταν εντελώς τυφλοί και έδειξαν ότι διάφορες αναπαραστάσεις σχημάτων έχουν διαφορετικά επίπεδα αποτελεσματικότητας στη μετάδοση πληροφοριών. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες μπόρεσαν να αναγνωρίσουν ένα συμπαγές σχήμα με σχεδόν διπλάσιο ρυθμό από τις αναπαραστάσεις μόνο από το περίγραμμα. Το σύστημα TeslaTouch είναι νέο, αλλά εγγενώς ανέφικτο για προσωπική χρήση, καθώς απαιτεί τη σύνδεση του χρήστη μέσω ενός μάντα καρπού και τη σύνδεση της συσκευής σε έναν προσωπικό υπολογιστή.

Το Tanvas Touch που μελετάμε σε αυτή την έρευνα ανήκει στην ηλεκτροστατική τεχνολογία. Στις ηλεκτροστατικές συσκευές, ο στατικός ηλεκτρισμός προκαλείται όταν το δάκτυλο κινείται πάνω από μια αγώγιμη επιφάνεια επικαλυμμένη με ένα λεπτό στρώμα μονωτή και συνδεδεμένη με μια πηγή τάσης (Klatzky et. al., 2019). Η τεχνολογία Tanvas έχει χρησιμοποιηθεί τα τελευταία έξι χρόνια σε πολύ λίγες έρευνες με άτομα με οπτική αναπηρία.

Εκτός από το να σχεδιάζονται και να δοκιμάζονται νέες συσκευές, είναι σημαντικό να περνάνε και από ένα στάδιο αξιολόγησης της αξιοπιστίας τους ώστε να προσδιοριστεί ποιες πλατφόρμες έχουν χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη επιτυχία, ποιες αρχές σχεδιασμού είναι οι πιο αποτελεσματικές και ποιες στρατηγικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συμπεριληφθούν στη διαδικασία άτομα με προβλήματα όρασης.

Θεωρητική θεμελίωση της έρευνας-Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

1.Οπτική αναπηρία

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (1990) ορίζει την οπτική αναπηρία ως λειτουργικό περιορισμό του οπτικού συστήματος που έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη οπτική οξύτητα (ευκρίνεια όρασης) ή/και οπτικό πεδίο (την έκταση της περιοχής που μπορεί να δει). Ο ορισμός του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για την οπτική αναπηρία περιλαμβάνει τόσο την τύφλωση όσο και τη μέτρια έως σοβαρή αναπηρία όρασης. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (2012) περίπου 285 εκατομμύρια άνθρωποι σε όλον τον κόσμο βρίσκονται αντιμέτωποι με κάποια μορφή οπτικής αναπηρίας. Ειδικότερα, 39 εκατομμύρια άτομα με οπτική αναπηρία είναι ολικά τυφλοί και ένα μεγάλο ποσοστό οπτικά ανάπηρων αντιμετωπίζει από μια μέτρια έως σοβαρή εξασθένιση της όρασης (Elsman et al., 2019). Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση του Association for Research in Vision and Ophthalmology από τον Ιούνιο του 2020, περίπου 299,1 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως εκτιμάται ότι έχουν προβλήματα όρασης, μεταξύ των οποίων 49,1 εκατομμύρια έχουν διαγνωστεί ως νομικά τυφλοί.

Συγκεκριμένα, η οπτική αναπηρία κατηγοριοποιείται στα ακόλουθα επίπεδα με βάση την καλύτερη διορθωμένη οπτική οξύτητα (με γυαλιά ή φακούς επαφής):

Κανονική όραση: Οπτική οξύτητα 6/6 (20/20) ή καλύτερη, που υποδηλώνει φυσιολογική ή βέλτιστη όραση.

Μέτρια όραση: Οπτική οξύτητα μεταξύ 6/18 (20/60) και 6/60 (20/200). Αυτό σημαίνει ότι ένα άτομο με μέτρια οπτική αναπηρία μπορεί να δει στα 6 μέτρα αυτό που μπορεί να δει ένα άτομο με φυσιολογική όραση στα 18 μέτρα.

Σοβαρή όραση: Οπτική οξύτητα μεταξύ 3/60 (10/200) και 6/60 (20/200). Αυτό υποδηλώνει σημαντικά μειωμένη όραση, όπου ένα άτομο με σοβαρή οπτική αναπηρία μπορεί να δει στα 3 μέτρα αυτό που μπορεί να δει ένα άτομο με φυσιολογική όραση στα 60 μέτρα.

Τύφλωση: Οπτική οξύτητα μικρότερη από 3/60 (10/200) ή οπτικό πεδίο μικρότερο από 10 μοίρες, ακόμη και με την καλύτερη δυνατή διόρθωση. Αναφέρεται στην πιο σοβαρή μορφή οπτικής αναπηρίας, όπου ένα άτομο έχει πολύ περιορισμένη ή καθόλου λειτουργική όραση.

Τέσσερα είναι τα γενικά αίτια τα οποία ευθύνονται για το φαινόμενο της οπτικής αναπηρίας: 1) Γενετικά αίτια στα οποία το κύριο είναι η κληρονομικότητα, 2) Προγεννητικά, τα οποία βασικά σχετίζονται με την ανάπτυξη του εμβρύου κατά τον τόκο, 3) Περιγεννητικά, τα οποία έχουν να κάνουν με προβλήματα κατά την γέννηση και τις πρώτες ημέρες ζωής του βρέφους και 4) Μεταγεννητικά, όπως ασθένειες, νευρολογικές διαταραχές και ατυχήματα (Ιωαννίδηw και Καρβέλας, 2018, Κατσούλης και Χαλικιά, 2007: 6-7).

1.1 Αίτια οπτικής αναπηρίας

Τα αίτια της οπτικής αναπηρίας διαφέρουν από τη μια χώρα στην άλλη. Τα μη διορθωμένα διαθλαστικά σφάλματα, ο καταρράκτης, η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδος, το γλαύκωμα και η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια αποτελούν βασικές αιτίες οπτικής αναπηρίας σε άτομα με μειωμένη – χαμηλή όραση (Pascolini & Mariotti, 2012 · Foster & Resnikoff, 2005). Ωστόσο, μεγάλο μέρος των παραγόντων που προκαλούν οπτική αναπηρία παραμένει άγνωστο (Pascolini & Mariotti, 2012). Επιπλέον, οι αιτίες που οδηγούν σε απώλεια της όρασης διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από περιοχή σε περιοχή και εξαρτώνται άμεσα από την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και τη διαθεσιμότητα και τη δυνατότητα πρόσβασης των πολιτών σε υπηρεσίες υγείας (Seland et al., 2011).

2.Υποστηρικτική Τεχνολογία

Η υποστηρικτική τεχνολογία λαμβάνει χώρα τόσο στην καθημερινή διαβίωση των ατόμων με αναπηρία, όσο και στην επαγγελματική τους εξέλιξη. Πλέον η τεχνολογία είναι προσβάσιμη σε όλους, προσφέρει ευελιξία και είναι δημοκρατική. Η συμβολή της υποστηρικτικής τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντική στα άτομα με αναπηρία όρασης καθώς η απώλεια της όρασης επηρεάζει σχεδόν κάθε δραστηριότητα της καθημερινής τους ζωής, όπως το περπάτημα, την οδήγηση, το διάβασμα, την αναγνώριση αντικειμένων, περιοχών και ανθρώπων (Manduchi & Coughlan, 2012). Ειδικότερα, με την χρήση της υποστηρικτικής τεχνολογίας επέρχονται θετικές αλλαγές στα άτομα με οπτική αναπηρία, βελτιώνοντας τόσο τις ευκαιρίες στην εκπαιδευτική διαδικασία, όσο και στην εργασιακή απασχόληση με στόχο να ενισχύσουν την κοινωνικότητά τους και

να γίνουν ανεξάρτητοι (Gerber, 2003). Η υποστηρικτική τεχνολογία αποτελεί ένα βοηθητικό εργαλείο που εξασφαλίζει την πρόσβαση στην πληροφορία και σε οποιαδήποτε δραστηριότητα το επιτρέπει. Για παράδειγμα τα άτομα μπορούν να «σχεδιάζουν» τον δικό τους χωρικό χάρτη σύμφωνα με τον περίγυρό τους και τα δικά τους ακούσματα και επιπλέον να γίνεται επαναπροσδιορισμός του χάρτη μέσω απτικών και ακουστικών στοιχείων βάση αλγορίθμων (Dascalu et al., 2017).

Διανύοντας αυτήν την εποχή της υπερπληροφορίας στην κοινωνία, πολλές από τις πληροφορίες είναι διαθέσιμες είτε αποκλειστικά σε εκτυπωμένη μορφή (εφημερίδες, βιβλία, περιοδικά) είτε με τη χρήση μέσων που είναι σε μεγάλο βαθμό οπτικοκεντρικά, όπως η τηλεόραση και οι ταινίες (Rice & Jacobson, 2005). Έτσι, ένα άτομο με πρόβλημα όρασης συχνά αποκτά πρόσβαση στην οπτική πληροφορία μέσω μιας διαδικασίας όπου ένας βλέπωντας μετατρέπει την οπτική εικόνα σε απτική ή λεκτική μορφή (Sjöström et al., 2003). Αυτό προφανώς δυσκολεύει το άτομο αυτό που θέλει να έχει πρόσβαση σε οπτικές πληροφορίες, περιορίζοντας έτσι την αυτονομία του (Sjöström et al., 2003). Προκειμένου να αντισταθμίσουν την απώλεια της όρασης, τα άτομα με οπτική αναπηρία χρησιμοποιούν ακουστικούς και απτικούς τρόπους για να αντιλαμβάνονται πληροφορίες από τον κόσμο (Yu & Brewster, 2003). Υποστηρικτικές συσκευές έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν αυτά τα άτομα, χρησιμοποιώντας αυτά τα δύο αισθητηριακά κανάλια (Yu & Brewster, 2003). Η τεχνολογία αυτή τους επιτρέπει να απολαύσουν καλύτερα την πρόσβασή τους στην πληροφορία, να διαβάσουν οι ίδιοι για τους εαυτούς τους και να βελτιώσουν τη μαθησιακή τους εγγραματοσύνη (Paradopoulos & Goudiras, 2005). Για πολλά από τα άτομα με οπτική αναπηρία, τα κύρια μέσα για την πρόσβαση τους σε εικονικές πληροφορίες είναι η χρήση ενός αναγνώστη οθόνης (Jay et al., 2008) ενώ ένας μεγάλος όγκος έρευνας έχει διεξαχθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών που να αποδίδουν τα αντικείμενα με ρεαλιστικό τρόπο (Kahol et al., 2006). Κάποιοι από τους τομείς όπου η υποστηρικτική τεχνολογία μπορεί να ωφελήσει άτομα με προβλήματα όρασης είναι η εκπαίδευση, πλοήγηση και η προσβασιμότητα στον υπολογιστή (Bajcsy et al., 2016).

Η ανάπτυξη της υποστηρικτικής τεχνολογίας με γνώμονα τον χρήστη πρέπει να διασφαλίζει όχι μόνο ότι μια συσκευή μπορεί να κατασκευαστεί για να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, αλλά και ότι είναι αισθητικά αποδεκτή και δεν έχει τόσο απότομη καμπύλη μάθησης που περιορίζει την υιοθέτησή της από τον τελικό χρήστη (Giudice and Legge, 2008). Για παράδειγμα, το μακρύ μπαστούνι έχει γίνει το χρυσό

πρότυπο της κινητικότητας των τυφλών, καθώς είναι φθηνό, εύκολο στη χρήση και λύνει ένα πραγματικό πρόβλημα. Οι ίδιες αρχές θα πρέπει να εφαρμόζονται στην ανάπτυξη μη οπτικών γραφικών οθονών. Ομοίως, το αλφάβητο μπράιγ και οι συσκευές ανάγνωσης οθόνης που βασίζονται σε ομιλία κειμένου πέτυχαν χάρη στον πλούτο πληροφοριών τους και την ευρεία πρόσβαση στο περιεχόμενο πληροφοριών κειμένου. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες για γραφική πρόσβαση θα πρέπει να βασίζονται σε αυτήν την παράδοση και να προσφέρουν κάτι όχι μόνο νέο, αλλά μετρήσιμα καλύτερο από αυτό που προηγήθηκε.

3. Απτική τεχνολογία

Ένας από τους θεμελιώδεις στόχους της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή είναι να επιτρέπουν αλληλεπιδράσεις με βάση την αφή ώστε να «βυθίζονται» τον άνθρωπο σε ένα αληθινό αισθητήριο περιβάλλον. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, έχουν προταθεί πολυτροπικές διεπαφές ανθρώπου-υπολογιστή που ονομάζονται απτικές διεπαφές, όπου σε πολλές εφαρμογές, η απτική διέγερση που δημιουργείται για ένα εικονικό αντικείμενο είναι ανάλογη με την αντίστοιχη του πραγματικού κόσμου. Για παράδειγμα, οι απτικές αισθήσεις που παρέχονται για μια εικονική σφαίρα μοιάζουν με τις απτικές αισθήσεις μιας πραγματικής σφαίρας.

Ο Revesz εισήγαγε για πρώτη φορά τον όρο «haptics» το 1931. Η προέλευση της λέξης μπορεί να ανιχνευθεί στις ελληνικές λέξεις «απτικός», που σημαίνει «ικανός να αγγίξει» και «άπτεσθαι» που σημαίνει «ικανός να κρατηθεί» (Revesz, 1950 & Katz, 1989). Σήμερα ο όρος, με την ευρεία του έννοια, περιλαμβάνει τη μελέτη της αφής και την ανθρώπινη αλληλεπίδραση με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω της αφής. Ο τομέας των «haptics» περιλαμβάνει έρευνα από τη μηχανική, τη ρομποτική, την αναπτυξιακή και πειραματική ψυχολογία, τη γνωστική επιστήμη, την επιστήμη των υπολογιστών και σε πολύ μικρότερο βαθμό, την εκπαιδευτική τεχνολογία.

3.1 Εφαρμογές απτικής τεχνολογίας

Η απτική τεχνολογία αποτελεί έναν διεπιστημονικό τομέα (Minogue & Jones, 2006) και θα ήταν ενδιαφέρον να δούμε τους πιο κοινούς τομείς όπου εφαρμόζεται αυτή η τεχνολογία και έτσι να γίνει αντιληπτή η χρησιμότητα αυτής στη σημερινή κοινωνία.

3.2 Εκπαίδευση

Στην εκπαίδευση τα τυφλά άτομα χρησιμοποιούν την αφή και την ακοή τους, ώστε να αντισταθμίσουν την απώλεια της όρασής τους, να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον τους και να κατακτήσουν τη γνώση. Αντίθετα, οι μαθητές με μειωμένη όραση χρησιμοποιούν την υπολειπόμενη όρασή τους, ώστε να ανταποκριθούν επαρκώς στα καθήκοντα και στις υποχρεώσεις του σχολείου (Χρηστάκης, 2006). Η τροποποίηση και η προσαρμογή των μεθόδων διδασκαλίας, του εκπαιδευτικού υλικού και του ευρύτερου μαθησιακού περιβάλλοντος κρίνονται απαραίτητες κατά την εκπαιδευτική διαδικασία (Παπαδόπουλος, 2007). Οι δάσκαλοι οφείλουν να λαμβάνουν υπόψη την ποικιλομορφία των χαρακτηριστικών των μαθητών με οπτική αναπηρία και να προσαρμόζουν ανάλογα το εκπαιδευτικό τους υλικό.

Η ανάπτυξη απτικών τεχνολογιών σχεδιασμένων να υποστηρίζουν μαθητές με προβλήματα όρασης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα συμβάλλοντας έτσι στην προώθηση της εκπαίδευσης χωρίς αποκλεισμούς αλλά ίσων ευκαιριών, γίνεται όλο και πιο ενεργή. Η αποτελεσματικότητα της απτικής, πολυτροπικής τεχνολογίας για μάθηση έχει επιβεβαιωθεί μέσω της εκπαιδευτικής και γνωστικής έρευνας (Sankey et. al., 2010).

Μια πρόσφατη και καινοτόμα έρευνα των Melfi, Müller, Schwarz, Jaworek, Stiefelhagen (2020) παρουσιάζει ένα κινητό ακουστικό-απτικό σύστημα που έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει μαθητές με προβλήματα όρασης στην κατανόηση των γραφικών που χρησιμοποιούνται στα σχολεία. Η ερευνητική ομάδα, που εδρεύει στο Κέντρο Μελέτης για άτομα με προβλήματα όρασης στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καρλσρούης στη Γερμανία, ανέπτυξε ένα σύστημα που παρέχει μια πολυαισθητηριακή προσέγγιση μάθησης μετατρέποντας οπτικά γραφικά όπως χάρτες, γραφήματα και διαγράμματα, μέσω της αφής και του ήχου σε ουσιαστικές ακουστικό-απτικές αναπαραστάσεις. Το απτικό εξάρτημα χρησιμοποιεί μια κινητή συσκευή εξοπλισμένη με οθόνη αφής και απτική επικάλυψη, επιτρέποντας στους μαθητές να αισθανθούν τις ανυψωμένες γραμμές και τις υφές που αντιστοιχούν στα γραφικά στοιχεία. Το ηχητικό στοιχείο του συστήματος παρέχει προφορικές περιγραφές και επεξηγήσεις του γραφικού περιεχομένου, συμπληρώνοντας την απτική ανάδραση. Συνδυάζοντας την αφή και τον ήχο, το σύστημα βοηθά τους μαθητές με προβλήματα όρασης να κατανοήσουν σύνθετες οπτικές πληροφορίες και προωθεί την ενεργό συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία.

Πολλές μελέτες κατέδειξαν τα οφέλη της παροχής πολυτροπικής παραγωγής (Plimme et al., 2011, Nam et al., 2012 & Gorlewicz et al., 2014). Οι Hansen, Shute, & Landau στην έρευνά τους το 2010 εξέτασαν ένα σύστημα αξιολόγησης για τα μαθηματικά σχεδιασμένο ειδικά για άτομα με προβλήματα όρασης στον τομέα των μαθηματικών με τη βοήθεια ακουστικό-απτικών γραφικών. Το σύστημα στοχεύει να παρέχει μια προσαρμοσμένη προσέγγιση για την αξιολόγηση και τη βελτίωση της μαθησιακής εμπειρίας των μαθητών με προβλήματα όρασης στα μαθηματικά καθώς και να διευκολύνει την καλύτερη κατανόηση και εμπλοκή τους στην εκπαίδευση των μαθηματικών.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα μελέτη των Meinel και Keifer (2021), διερευνά ένα σύστημα καθοδήγησης για την υποστήριξη της εκπαίδευσης σχεδιασμού και της συνεργασίας. Εμπνευσμένοι από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με πρόβλημα όρασης στην τάξη αλλά και οι σχεδιαστές με πρόβλημα όρασης ανέπτυξαν το PantoGuide, ένα νέο σύστημα που συνδυάζει την ανάδραση με τέντωμα του δέρματος στο ραχιαίο μέρος του χεριού με την ηχητική ανάδραση, καθώς ο χρήστης εξερευνά ένα απτικό γραφικό που επικαλύπτεται σε μια οθόνη αφής. Τα απτικά γραφικά θεωρούνται τα πιο βέλτιστα και κατάλληλα για την παρουσίαση χωρικών γραφικών σε μαθητές με πρόβλημα όρασης (Gorlewicz et al. 2018). Η ικανότητα αποτελεσματικής ανάγνωσης και ερμηνείας απτικών γραφικών και γραφημάτων από έναν μαθητή που χρησιμοποιεί την αφή είναι πολύ σημαντική για την κατάκτηση της εγγραματοσύνης. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες έχουν βρει ότι οι μαθητές με πρόβλημα όρασης δυσκολεύονται να δουλέψουν με απτικά γραφικά (Beal et al. 2018, Morash and Mckerracher 2014, Penny Rosenblum et al. 2020). Σε μια έρευνα μαθητών με πρόβλημα όρασης σε κανονικές τάξεις, το 50% των μαθητών ανέφερε ότι έλαβαν ανεπαρκείς οδηγίες σχετικά με τα γραφικά, τον τρόπο χρήσης και ερμηνείας τους (Zebehazy και Wilton 2014a). Πολλοί δάσκαλοι μαθητών με προβλήματα όρασης ανέφεραν επίσης ότι οι μαθητές τους βασίζονται συχνά σε εξατομικευμένη διδασκαλία και δεν είναι πάντα σε θέση να χρησιμοποιούν μαθηματικά γραφικά ανεξάρτητα (Zebehazy and Wilton 2014b). Απώτερος στόχος της έρευνας με το PantoGuide ήταν να εξετάσει την εφαρμογή προληπτικών παραγόντων που βοηθούν στην πολυτροπική διερευνητική εκμάθηση αστρονομικών φαινομένων. Η μελέτη επικεντρώνεται στη χρήση ευφών παραγόντων για να βοηθήσει τους μαθητές να ασχοληθούν και να κατανοήσουν πολύπλοκες αστρονομικές έννοιες, παρέχοντας προληπτική καθοδήγηση

και υποστήριξη, ώστε να ενισχύσουν τη μαθησιακή εμπειρία και να διευκολύνουν τη βαθύτερη κατανόηση των αστρονομικών θεμάτων μέσω μιας πολυτροπικής προσέγγισης (Sjostrom, Danielsson, Magnusson, & Rasmus-Grohn, 2003, Tuominen, Kangassalo, Hietala, Raisamo, & Peltola, 2008; Hansen, Shute, & Landau, 2010).

Μια πρόκληση για την αύξηση της πρόσβασης σε απτικά διαγράμματα δεν είναι μόνο η υποστήριξη της απτικής πρόσβασης αλλά και η υποστήριξη της διδασκαλίας μέσω της κατάλληλης καθοδήγησης. Η ανάγνωση απτικών είναι μια δεξιότητα που απαιτεί οδηγίες και εκπαίδευση. Οι δάσκαλοι πρέπει να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες ώστε να μπορούν να ερμηνεύσουν τα γραφικά, να τους καθοδηγούν στην εξερεύνησή τους και να του ενθαρρύνουν να κατανοούν χωρικά ένα γραφικό (Zebehazy and Wilton 2014a). Αυτή η διαδικασία απαιτεί ατομικές οδηγίες για την παροχή ανατροφοδότησης είτε μετακινώντας το χέρι του μαθητή ιχνηλατώντας μονοπάτια είτε ενθαρρύνοντας λεκτικά και καθοδηγώντας εξατομικευμένα το μαθητή ανάλογα με τις δεξιότητες του (Fusco and Morash, 2015, Muehlbradt et al. 2018, Penny Rosenblum et al., 2018).

3.3 Πλοήγηση

Από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα τυφλά άτομα είναι η ασφαλής και αποτελεσματική πλοήγηση (Colledge RG, 1993). Τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί διαφορετικές τεχνολογικές λύσεις για την αύξηση της αυτονομίας των τυφλών στο περπάτημα. Αυτά τα συστήματα αναφέρονται γενικά ως Ηλεκτρονικά Ταξιδιωτικά Βοηθήματα (ETAs) (Dakopoulos and Bourbakis, 2010). Μπορούν να υποκαθιστούν χωρικές πληροφορίες σχετικά με τη θέση του χρήστη και τα εμπόδια που βρίσκονται γύρω του μέσω αισθητηριακής υποκατάστασης, βασιζόμενοι σε ακουστικά ή απτικά σημάδια. Τα απτικά μοντέλα, σε κατόψεις ενός οικείου ή άγνωστου περιβάλλοντος, μπορούν να βοηθήσουν τα άτομα με προβλήματα όρασης να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν χωρικές πληροφορίες. Συνήθως όμως η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα και τα σχέδια δεν είναι διαδραστικά. Μία πολύ πρόσφατη έρευνα του 2022 από τους Feitl, Kreimeier και Gotzelmann προτείνει την παρουσίαση απτικών κατόψεων χρησιμοποιώντας απτική ανάδραση επιφάνειας σε ηλεκτροστατική οθόνη - Tanvas- σε συνδυασμό με την ακουστική και φωνητική εξερεύνηση απτικών κατόψεων.

3.4 Πρόσβαση σε υπολογιστή

Η προσβασιμότητα σε υπολογιστές είναι επίσης ένα αυξανόμενο πεδίο για την ανάπτυξη συσκευών. Μελέτες χρησιμοποίησαν παιχνίδια υπολογιστή για να δοκιμάσουν τις συσκευές τους, αντανακλώντας μια αυξανόμενη τάση παιχνιδιοποίησης στην έρευνα (Deterding et al., 2011). Άλλες μελέτες επικεντρώθηκαν στην πλοήγηση μέσω υπολογιστή (Edwards et al., 2005 & Jacko et al., 2005 & Yu et al., 2006). Η έρευνα δείχνει ότι με την προσθήκη δονητικής ή/και ακουστικής ανάδρασης, οι τυπικές οθόνες αφής μπορούν να προσαρμοστούν με επιτυχία για χρήση από άτομα με προβλήματα όρασης (Kane, 2011 & Gorlewicz et al., 2014). Η ανάγκη για έρευνα με επίκεντρο την οθόνη αφής και την προσβασιμότητα των υπολογιστών θα συνεχίσει να αυξάνεται ως αποτέλεσμα του να γίνονται οι υπολογιστές πιο συνηθισμένοι στην καθημερινή χρήση και στο επίκεντρο της κοινωνίας. Η ανάγκη αντιμετώπισης προκλήσεων στην εκπαίδευση, την πλοήγηση και την προσβασιμότητα στους υπολογιστές παραμένει επίκαιρη σήμερα, και η πρόσφατη έρευνα συνεχίζει να επικεντρώνεται σε όλα αυτά τα προβλήματα. Καθώς η έρευνα προσβασιμότητας προχωρά, πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών και να προσαρμόζεται στις νέες ανάγκες που προκύπτουν όσο η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται (Bateman et al., 2018).

Συνολικά, οι οθόνες αφής είναι απαραίτητες για την προώθηση της προσβασιμότητας, της ανεξαρτησίας και των ίσων ευκαιριών για άτομα με προβλήματα όρασης. Με την ενσωμάτωση της απτικής ανάδρασης σε διεπαφές που βασίζονται στην αφή, αυτές οι οθόνες αφής δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με ψηφιακές συσκευές, να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες και να αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία με πιο διαισθητικό και αποτελεσματικό τρόπο.

3.5 Μέθοδοι απτικής ανάδρασης

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια αυξάνεται ταχέως το ενδιαφέρον για σχεδιασμό και διερεύνηση απτικών διεπαφών για διαδραστικά συστήματα που βασίζονται στην αφή. Κάποια παραδείγματα της ανάδρασης σε απτικές επιφάνειες είναι να μπορεί κανείς να αισθανθεί την υφή του υφάσματος όταν αγοράζει ρούχα στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας ένα tablet, να αισθάνεται τις άκρες των κουμπιών σε ένα κινητό τηλέφωνο χωρίς να το κοιτάζει, να αντιμετωπίζει αντίσταση τριβής ενώ παίζει σκάκι σε μια διαδραστική επιφάνεια αφής, να ανιχνεύει χτυπήματα σε ένα ψηφιακό πόμολο σε ένα αυτοκίνητο, να παρέχει σε άτομα με προβλήματα όρασης

έναν απτικό χάρτη για πλοήγηση σε κτίρια χρησιμοποιώντας ένα tablet, να επιτρέπει στα παιδιά να αισθανθούν ένα εξωτικό ζώο μέσω μιας διαδραστικής οθόνης αφής σε μια τάξη.

Όλα αυτά επιτυγχάνονται μέσω των απτικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ανθρώπινων δακτύλων ή χεριών και των οθονών με την απτική επιφάνεια, μέσω των τριών πιο δημοφιλέστερων μεθόδων ανάδρασης: δονητική, ηλεκτροστατική και υπερηχητική.

Το φαινόμενο της ηλεκτρικής έλξης μεταξύ ανθρώπινου δέρματος και φορτισμένης επιφάνειας αναφέρθηκε αρχικά σε ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον Elisha Gray το 1875 και μεταγενέστερα από τους Johnsen και Rahbek το 1923. Ο Mallinckrodt 30 χρόνια μετά παρατήρησε την αυξημένη τριβή κατά την αφή όταν ένα στεγνό δάχτυλο σύρθηκε πάνω σε μια αγώγιμη επιφάνεια καλυμμένη με ένα λεπτό μονωτικό στρώμα παρουσία εναλλασσόμενης τάσης δημιουργώντας την αίσθηση ελαστικού. Εξήγησε αυτό το φαινόμενο με βάση την αρχή ενός πυκνωτή παράλληλης πλάκας. Αυτό το φαινόμενο ονομάστηκε «ηλεκτροκραδασμός» (Mallinckrodt et al., 1953). Ο όρος «ηλεκτροκραδασμός» (electrovibration) προτάθηκε και από τον Grimnes (1983) ο οποίος διαπίστωσε ότι η επιφανειακή τραχύτητα και η ξηρότητα του δέρματος των δακτύλων θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αντιληπτά απτικά αποτελέσματα. Οι Strong και Troxel (1970) ανέπτυξαν την πρώτη ηλεκτροαπτική οθόνη χρησιμοποιώντας μια σειρά από μονωμένα ηλεκτρόδια, δημιουργώντας αισθήσεις υφής μέσω ηλεκτροστατικής δύναμης έλξης στην επιφάνεια αφής. Νωρίτερα οι Beebe et al. (1545-1546) είχαν κατασκευάσει μια ηλεκτροστατική απτική οθόνη από πολυιμιδικό πυρίτιο, δημιουργώντας απτικές αισθήσεις με παλμούς τάσης.

Μεταγενέστερες μελέτες από τους Bau et al. (2010) και Linjama et al. (2009) κατέδειξαν την παροχή ηλεκτροδότησης μέσω εμπορικών χωρικών οθονών αφής, όπου μια εναλλασσόμενη τάση που εφαρμόζεται στο αγώγιμο στρώμα προκάλεσε μια ελκτική δύναμη μεταξύ του δακτύλου και της επιφάνειας αφής. Διερεύνησαν ηλεκτροδότηση σε μεγάλες επιφάνειες χρησιμοποιώντας χωρικές οθόνες αφής επικαλυμμένες με οξειδίο του κασσιτέρου ινδίου (ITO) ως αγώγιμο στρώμα και διοξειδίο του πυριτίου (SiO₂) ως μονωτικό στρώμα. Το Tesla Touch ήταν η πρώτη ενσωμάτωση του ηλεκτροκραδασμού σε μία οθόνη αφής (Bau et al., 2010). Οι Bau et al. δημιούργησαν μια εναλλακτική προσέγγιση για τη δημιουργία απτικών διεπαφών

για επιφάνειες αφής που δεν χρησιμοποιούν καμία μορφή μηχανικής ενεργοποίησης. Αντίθετα, χρησιμοποίησαν την ηλεκτροδότηση για να δημιουργήσουν ένα ευρύ φάσμα απτικών αισθήσεων ελέγχοντας την ηλεκτροστατική τριβή μεταξύ μιας επιφάνειας αφής και των δακτύλων του χρήστη. Το TeslaTouch ήταν η πρώτη ηλεκτροστατική απτική οθόνη σε οθόνη αφής που χρησιμοποιεί ένα χωρητικό πάνελ αφής (Microtouch, 3M, USA) ως βασικό στοιχείο. Το πάνελ είναι κατασκευασμένο από ένα παχύ γυάλινο στρώμα στο κάτω μέρος, ένα διαφανές ηλεκτρόδιο (οξειδίο κασσιτέρου ινδίου, ITO) στη μέση και ένα λεπτό στρώμα μόνωσης στο επάνω μέρος. Στη συνήθη ρύθμιση, το ηλεκτρόδιο είναι διεγερμένο με υψηλή εναλλασσόμενη τάση και το ανθρώπινο σώμα γειώνεται ηλεκτρικά.

Το REVEL, που προτάθηκε από τους Bau και Poupyrev (2012), χρησιμοποίησε αντίστροφη ηλεκτροδότηση (reverse electrovibration), εφαρμόζοντας τάση στο δάχτυλο του χρήστη αντί για το αγώγιμο στρώμα. Αυτό αύξησε την αίσθηση αφής των πραγματικών επιφανειών αφής με εικονικές απτικές υφές. Ηλεκτροστατικές ελκτικές δυνάμεις δημιουργήθηκαν επίσης μεταξύ ενός δακτύλου και ενός αντικειμένου που ολισθαίνει σε μια επιφάνεια αφής, όπως καταδεικνύεται από τους Yamamoto et al. (2016).

Μία από τις μοναδικές ιδιότητες της ηλεκτροστατικής τριβής είναι ότι δημιουργεί καθαρά αντιληπτά ερεθίσματα μόνο όταν η επιφάνεια σαρώνεται πλευρικά, αλλά όχι όταν το δάχτυλο είναι ακίνητο ή πιέζει πάνω στην επιφάνεια. Όσον αφορά την ηλεκτροστατική μέθοδο ανάδρασης, αυτή τη στιγμή υπάρχουν δύο εμπορικές λύσεις για ηλεκτροστατικές οθόνες. Το FeelScreen και το Tanvas. Το Feelscreen™ Developer Kit της Senseg είναι ένα από τα πρώτα εμπορικά κιτ ανάπτυξης ηλεκτροστατικών για tablet. Είναι ένα tablet Nexus 7 με λειτουργικό σύστημα Android KitKat, ενισχυμένο με ιδιόκτητα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και λογισμικό. Με αυτή την οθόνη έχουν γίνει έρευνες από τους Klatzky et al. (2017) και από τους Schmid et al. (2019). Οι Osgouei et al. (2016) πραγματοποίησαν ένα πείραμα με την ηλεκτροστατική οθόνη Feelscreen με δύο ερευνητικά ερωτήματα: αν μπορούν οι χρήστες να αναγνωρίσουν τρισδιάστατα χαρακτηριστικά, όπως προσκρούσεις και τρύπες, μόνο από ηλεκτροδότηση χωρίς καμία οπτικοποίηση και πόσο κοντά είναι η απόδοση αναγνώρισης σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιώντας μια ενεργή κιναισθητική διεπαφή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι εάν δεν παρέχεται καθοδήγηση ή πλαίσιο που να συνεπάγεται συσχέτιση με γεωμετρικά σχήματα οι συμμετέχοντες δεν μπορούν να

αναγνωρίσουν τα σχήματα μόνο από την ηλεκτροδότηση, ωστόσο, όταν τους δόθηκε αυτή η καθοδήγηση, οι συμμετέχοντες έδειξαν μια μέτρια προς υψηλή απόδοση αναγνώρισής τους.

Η οθόνη Tanvas χρησιμοποιεί παρόμοια τεχνολογία με το Feelscreen χρησιμοποιώντας ένα στατικό ηλεκτρικό πεδίο για να παράγει δυνάμεις τριβής χωρίς δόνηση και κινούμενα στοιχεία. Η διαμορφωμένη τριβή μπορεί να γίνει αντιληπτή όταν το δάχτυλο ολισθαίνει στην οθόνη αφής και έτσι επιτρέπει στον χρήστη να αισθάνεται διαφορετικές υφές στην ομαλή οθόνη. Η επιφάνεια αφής της οθόνης Tanvas είναι παρόμοια με τις υπάρχουσες λύσεις ενός γυαλιού (OGS) σε smartphone και tablet, οι οποίες ενσωματώνουν ένα λεπτό στρώμα μονωτικού υλικού και ένα αγωγίμο στρώμα οξειδίου του κασσιτέρου του ινδίου (ITO) για την αίσθηση της αφής. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την οθόνη μόνο με το ένα του δάχτυλο. Η συσκευή υποστηρίζει επίσης πολυτροπική έξοδο (απτική, οπτική και ακουστική).

Οι έρευνες που γίνονται μελετούν πόσο καλά οι άνθρωποι μπορούν να αισθανθούν αυτά τα μοτίβα και τις υφές που δημιουργούνται από αυτές τις συσκευές με τα δάχτυλά τους. Οι επιδράσεις στα άτομα αλλάζουν ανάλογα με το πόσο τραχιά ή ολισθηρή αισθάνονται την οθόνη αφής. Το δέρμα, το σώμα και η επιφάνεια της συσκευής συνεργάζονται για να δημιουργήσουν αυτή τη συγκολλητική επίδραση του ηλεκτροστατισμού (Shultz et al., 2018). Τα μέτρα της δύναμης, της επιτάχυνσης και της τριβής κατά τη χρήση τέτοιων συσκευών έχουν δείξει πολύπλοκες εξαρτήσεις από την ταχύτητα σάρωσης (Vardar et al., 2017).

Πρόσφατη εργασία των Xu et al., το 2011, επιβεβαίωσε πρώιμες ενδείξεις ότι η αντίληψη του μοτίβου δεν επιτυγχάνει υψηλή ακρίβεια με τις ηλεκτροστατικές οθόνες. Από τις δοκιμές με την συσκευή Tesla Touch διαπιστώθηκε ότι οι χρήστες χρειάστηκαν τη σειρά των 2 λεπτών για να εξερευνήσουν απλά σχήματα και πέτυχαν μόνο το 56% σωστής αναγνώρισης. Η μελέτη των Osgouei et al. (2017), βρήκε ακρίβεια 64% για τη διάκριση αναγκαστικής επιλογής επιφανειών με εξογκώματα και τρύπες και σημείωσε ότι τα ερεθίσματα δεν μεταφράστηκαν εύκολα σε γεωμετρικές περιγραφές.

4. Παρόμοιες έρευνες

Κατόπιν, βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αρκετά περιορισμένος είναι ο αριθμός των ερευνών που έχουν εστιάσει στην αναγνώριση υφών σε εικονικά περιβάλλοντα

μέσω της απτικής συσκευής Tanvas Touch. Ακολουθούν οι ελάχιστες έρευνες οι οποίες εντοπίστηκαν.

Η έρευνα των Klatzky, Nayak (2019) προσπάθησε να διερευνήσει τον εντοπισμό και την αναγνώριση πληροφοριών μοτίβου μέσω του λογισμικού Tanvas Touch kit. Η μελέτη περιελάμβανε τη διεξαγωγή πειραμάτων σε 12 προπτυχιακούς φοιτητές του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon για να εξεταστεί η ικανότητά τους να ανιχνεύουν και να αναγνωρίζουν διαφορετικά μοτίβα που παρουσιάζονται στην οθόνη ηλεκτροστατικής τριβής. Οι ερευνητές ανέλυσαν τις επιπτώσεις διαφόρων παραγόντων, όπως το μέγεθος και η απόσταση των μοτίβων στην απόδοση των συμμετεχόντων σε εργασίες ανίχνευσης και αναγνώρισης προτύπων. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να ανιχνεύσουν και να αναγνωρίσουν μοτίβα στην οθόνη ηλεκτροστατικής τριβής. Οι ερευνητές παρατήρησαν ότι η κλίμακα των εικόνων ερεθίσματος είναι απίθανο να αποτελεί πρόβλημα, επειδή ακόμη και το μικρότερο μέγεθος κύκλου ήταν πάνω από τη βασική χωρική τραχύτητα του άκρου του δακτύλου. Επιπλέον, η απόδοση των συμμετεχόντων βελτιώθηκε με την εξάσκηση, υποδεικνύοντας ένα αποτέλεσμα μάθησης που σχετίζεται με τη χρήση της οθόνης ηλεκτροστατικής τριβής.

Η μελέτη των Bateman et al.,(2018) στο University of Maryland επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη μιας τεχνολογίας που ενισχύει την εκπαιδευτική εμπειρία των μαθητών με προβλήματα όρασης παρέχοντας απτική ανατροφοδότηση μέσω του Tanvas. Η ερευνητική ομάδα εφάρμοσε μια διαδικασία σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη, και διεξήγαγε όσες σχεδιαστικές επαναλήψεις χρειαζόταν ώστε να βελτιώσει το σύστημα ηλεκτροστατικής απτικής οθόνης αφής για να καλύψει τις συγκεκριμένες ανάγκες και προτιμήσεις της ομάδας-στόχου των χρηστών. Οι ερευνητές διεξήγαγαν τεστ χρηστικότητας σε 12 μαθητές με προβλήματα όρασης και συγκέντρωσαν σχόλια για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα και τη χρηστικότητα του συστήματος. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι το σύστημα ηλεκτροστατικής απτικής οθόνης αφής επηρέασε θετικά την εκπαιδευτική εμπειρία των μαθητών με προβλήματα όρασης. Το σύστημα επέτρεψε την καλύτερη κατανόηση και αλληλεπίδραση με το γραφικό περιεχόμενο, βελτίωσε την πλοήγηση και τη συμμετοχή σε μαθησιακές δραστηριότητες. Οι μαθητές εξέφρασαν μια προτίμηση για την απτική ανάδραση που παρέχεται από το σύστημα έναντι των παραδοσιακών διεπαφών που χρησιμοποιούν μόνο ήχο.

Οι Feitl et al., το 2022 διερεύνησαν τη χρήση της ηλεκτροστατικής απτικής ανάδρασης για την ψηφιακή εμφάνιση κατόψεων σπιτιών και τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με έξυπνες οικιακές συσκευές για άτομα με προβλήματα όρασης, με στόχο τη βελτίωση της προσβασιμότητας και της εμπειρίας του χρήστη τόσο σε δημόσιες όσο και σε ιδιωτικές ρυθμίσεις. Μέχρι τότε μία από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους για τη δημιουργία απτικών κατόψεων είναι η εκτύπωση στο λεγόμενο «swell paper», το οποίο περιέχει μικροκάψουλες αλκοόλης στην επικάλυψή του. Όταν το χαρτί θερμαίνεται, οι μικροκάψουλες διαστέλλονται και δημιουργούν φουσκάλες στις ειδικά τυπωμένες γραμμές. Οι χάρτες ανυψωμένων γραμμών που προκύπτουν μπορούν να γίνουν αντιληπτοί με το άγγιγμα. Για το πείραμά τους χρησιμοποίησαν την ηλεκτροστατική οθόνη Tanvas. Οι συμμετέχοντες ήταν 8 άτομα με οπτική αναπηρία ηλικίας 19 έως 59. Η μελέτη τους περιελάμβανε δύο στάδια για να προσδιορίσουν πώς μπορούν να αναγνωριστούν μεμονωμένα δωμάτια και να αντιστοιχιστούν με ηλεκτροστατική απτική ανάδραση και ποιους νοητούς χάρτες δημιουργούν οι συμμετέχοντες όταν εξερευνούν μια διαδραστική λεπτομερή κάτοψη. Χρησιμοποίησαν τρεις διαφορετικές μεθόδους για να μετρήσουν ποια ήταν αποτελεσματικότερη: την απτική ανάδραση στην οθόνη Metec Hyperflat dot matrix για το περίγραμμα ενός δωματίου με υπερυψωμένες καρφίτσες, την απτική ανάδραση στην ηλεκτροστατική οθόνη Tanvas όπου οι άκρες ενός δωματίου υποδεικνύονται από αυξημένη τριβή και την ηλεκτροστατική οθόνη Tanvas αλλά αυτή τη φορά με ήχο στις άκρες της οθόνης όπου ένας σταθερός ήχος στα 250 Hz παίζεται όταν αγγίζεται το περίγραμμα ενός δωματίου. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ηλεκτροστατική-ηχοαπτική αλληλεπίδραση για την εξερεύνηση και τη δημιουργία ενός νοητικού μοντέλου ενός ολόκληρου ορόφου ήταν επιτυχημένη.

5. Σκοπός και διερευνητικά ερωτήματα της έρευνας

Αυτή η έρευνα στοχεύει να ελέγξει τη χρηστικότητα και την αποδοτικότητα μιας ηλεκτροστατικής οθόνης αφής στην αναγνώριση οπτικών στοιχείων –γεωμετρικών σχημάτων, υφών και εικόνων- σε ενήλικα άτομα με προβλήματα όρασης μέσω της απτικής μεθόδου. Οι συγκεκριμένοι στόχοι είναι:

1. Σε ποια κλίμακα μεγέθους τα σχήματα είναι πιο αναγνωρίσιμα από τους συμμετέχοντες (μικρά, μεσαία, μεγάλα) και ο χρόνος αναγνώρισης τους.

2. Αν οι συμμετέχοντες μπορούν να διακρίνουν τις ίδιες υφές από τις διαφορετικές υφές.

3. Ποιές εικόνες είναι πιο αναγνωρίσιμες και ποιές όχι.

6. Μεθοδολογία

6.1 Συμμετέχοντες

Ο συνολικός αριθμός των ατόμων της έρευνας είναι 26 ενήλικες με οπτική αναπηρία από το νομό Θεσσαλονίκης, Καστοριάς και Αθήνας. Οι συμμετέχοντες διακρίνονται σε 14 άντρες και 12 γυναίκες ηλικίας 18-60. Πρόκειται για δειγματοληψία χιονοστιβάδας. Βασικό κριτήριο συμμετοχής στην έρευνα ήταν ο συμμετέχων να είναι νεαρός ενήλικας χωρίς δερματικές ή κιναισθητικές αναπηρίες. Τα κοινά δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, πέραν του φύλου και της ηλικίας τα οποία αναφέρθηκαν, είναι το μορφωτικό επίπεδο, ο τρόπος ανάγνωσης και ο χρόνος χρήσης του υπολογιστή και του κινητού. Αναλυτικότερα, ως προς το μορφωτικό επίπεδο των ατόμων με οπτική αναπηρία, οι μισοί συμμετέχοντες, δηλαδή 13 είναι απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι 7 συμμετέχοντες είναι απόφοιτοι λυκείου, οι 3 είναι φοιτητές, και ισοκατανομή παρατηρείται στους αποφοίτους πρωτοβάθμιας (n=1), τους μαθητές λυκείου (n=1) και τους απόφοιτους γυμνασίου (n=1).

Οι 10 έχουν ολική τύφλωση, οι 13 βαριά οπτική αναπηρία και οι 3 μέτρια οπτική αναπηρία. Ειδικότερα, όσον αφορά στην οπτική οξύτητα του αριστερού ματιού, 6 από τους συμμετέχοντες έχουν ολική τύφλωση χωρίς αντίληψη του φωτός, 8 έχουν μόνο αντίληψη του φωτός, 9 διαθέτουν οπτική οξύτητα μικρότερη του 1/20, 11 συμμετέχοντες οπτική οξύτητα καλύτερη του 1/20 και χειρότερη του 1/10, και 1 με οπτική οξύτητα καλύτερη του 1/20 και χειρότερη του 1/10. Όσον αφορά στην οπτική οξύτητα στο δεξί μάτι, 7 άτομα έχουν ολική τύφλωση, χωρίς αντίληψη του φωτός, 8 έχουν μόνο αντίληψη του φωτός, 10 διαθέτουν οπτική οξύτητα μικρότερη του 1/20, 1 οπτική οξύτητα καλύτερη του 1/20 και χειρότερη του 1/10.

Από τους 26 συμμετέχοντες οι 12 χρησιμοποιούν την μέθοδο μπράιγ για ανάγνωση, 20 το λογισμικό ανάγνωσης οθόνης και 12 κείμενα βλεπόντων με τη χρήση βοηθημάτων χαμηλής όρασης. 11 συμμετέχοντες δεν διαβάζουν ποτέ απτικές εικόνες ή χάρτες αφής, 12 συμμετέχοντες σπάνια και 3 μερικές φορές. 10 συμμετέχοντες χρησιμοποιούν τον υπολογιστή πάνω από 20 ώρες τη βδομάδα, 5 συμμετέχοντες

περίπου 10 ώρες τη βδομάδα, ένας συμμετέχων τουλάχιστον 5 ώρες τη βδομάδα, 9 συμμετέχοντες λιγότερο από 4 ώρες και ένας συμμετέχων καθόλου. 14 άτομα χρησιμοποιούν το κινητό πάνω από 20 ώρες τη βδομάδα, 7 άτομα περίπου 10 ώρες τη βδομάδα, 1 άτομο λιγότερο από 4 ώρες και ένα άτομο καθόλου.

6.2 Εργαλεία Έρευνας

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την αποπεράτωση της έρευνας ήταν ένα φύλλο αξιολόγησης, ένα άτυπο ερωτηματολόγιο, ένα ερωτηματολόγιο πολλαπλής νοημοσύνης και η απτική συσκευή ανάδρασης Tanvas Touch.

6.2.1 Ερωτηματολόγια

Το πρώτο εργαλείο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή ατομικών πληροφοριών από τους συμμετέχοντες, είναι ένα άτυπο ερωτηματολόγιο 13 ερωτήσεων: φύλο, ηλικία, μορφωτικό επίπεδο, τόπος κατοικίας, ηλικία εμφάνισης οπτικής αναπηρίας, ηλικία απώλειας της όρασης, βαθμός αναπηρίας, μέσα ανάγνωσης, οπτική οξύτητα στο αριστερό μάτι, οπτική οξύτητα στο δεξί μάτι, οπτικό πεδίο, πάθηση-αίτιο οπτικής αναπηρίας, συχνότητα χρήσης-ανάγνωσης απτικών εικόνων, χαρτών, συχνότητα χρήσης υπολογιστή και κινητού τηλεφώνου.

Το δεύτερο εργαλείο ήταν από το ερωτηματολόγιο πολλαπλής νοημοσύνης οι κλίμακες της χωρικής νοημοσύνης και της σωματικο-κιναισθητικής νοημοσύνης.

Το τρίτο εργαλείο ήταν ένα φύλλο αξιολόγησης που ανέπτυξε η ερευνήτρια χωρισμένο σε τρεις ενότητες, όπου σημείωνε την επιτυχία/αποτυχία, τον χρόνο και τις παρατηρήσεις.

Το τέταρτο εργαλείο ήταν η συσκευή-λογισμικό Tanvas Touch.

6.2.2 Απτική συσκευή Tanvas Touch

Το TanvasTouch είναι ένας νέος τύπος απτικής τεχνολογίας πολλαπλής αφής. Το λογισμικό Tanvas χρησιμοποιείται σε επιφάνειες με δυνατότητα αφής όπως οθόνες αφής, trackpad και φυσικές επιφάνειες, δημιουργεί υφές και εφέ στην οθόνη βελτιώνοντας την εμπειρία του χρήστη, παρέχοντας ρεαλιστικές απτικές αισθήσεις. Η απτική επιφάνεια μπορεί να γίνει αισθητή με το γλίστρημα του δακτύλου του χρήστη στην οθόνη αφής.

Το TanvasTouch δεν έχει κινούμενα μέρη και δεν περιορίζεται στη δόνηση. Αντίθετα, η κίνηση του δακτύλου γίνεται αισθητή από έναν ενσωματωμένο αισθητήρα

πολλαπλής αφής και η τριβή της επιφάνειας μεταβάλλεται χρησιμοποιώντας ένα φυσικό φαινόμενο που ονομάζεται ηλεκτροσυγκόλληση. Αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιεί ηλεκτρικά πεδία για να αυξήσει την τριβή τοπικά καθώς τα δάχτυλα γλιστρούν σε ένα ομαλό επίπεδο δημιουργώντας την ψευδαίσθηση διαφορετικών απτικών αισθήσεων.

Το Tanvas Touch αποτελείται από το λογισμικό TanvasTouch SDK (Software Development Kit) και το υλικό (Hardware) :

Το TanvasTouch SDK παρέχει στους προγραμματιστές τα εργαλεία και τους πόρους για να προγραμματίσουν την εφαρμογή της απτικής ανάδρασης. Περιλαμβάνει βιβλιοθήκες, API και πληροφορίες που επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν διαδραστικές εμπειρίες αφής, να κατασκευάζουν και να ενσωματώνουν ένα ευρύ φάσμα απτικών εφέ, συμπεριλαμβανομένων των υφών που κυμαίνονται από λείες έως τραχιές, των κραδασμών, της αντίληψης των φυσικών κουμπιών και των ευκρινών ακρών.

Το υλικό TanvasTouch περιλαμβάνει το υλικό που μπορεί να ενσωματωθεί σε συσκευές ή επιφάνειες. Αυτή η μονάδα υλικού έχει ως στόχο τη δημιουργία απτικών εφέ μέσω αποκλειστικής τεχνολογίας και την παροχή τους μέσω αλληλεπιδράσεων αφής.

Οι υφές διαμορφώνονται ως εξής: Η οθόνη είναι μαύρη και λεία και τα αντικείμενα που απεικονίζονται είναι ένα ασπρόμαυρο μοτίβο. Η χρήση του μαύρου και του λευκού παράγει τη μέγιστη αντίθεση τριβής μεταξύ των περιοχών ,το μαύρο είναι η σταθερή τριβή στο γυαλί και το λευκό είναι η μέγιστη αύξηση της τριβής που προσφέρει η συσκευή.

Αυτή η τεχνολογία βρίσκει εφαρμογές σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αυτοκινητοβιομηχανίας, των τυχερών παιχνιδιών, των ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης, των βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου και άλλων.

6.3 Διαδικασία

Η ερευνητική διαδικασία έλαβε χώρα στη Θεσσαλονίκη και στην Καστοριά. Ειδικότερα, η διεξαγωγή της έρευνας πραγματοποιήθηκε στο κτίριο του KEAT αλλά και στα σπίτια των συμμετεχόντων. Η ερευνήτρια ήρθε σε επικοινωνία με την υπεύθυνη εκπαιδευτικών προγραμμάτων του KEAT, τον διευθυντή του KEAT στη Θεσσαλονίκη

και την Πρόεδρο Τυφλών Δυτικής Μακεδονίας στην Καστοριά και έτσι άρχισε η εύρεση των συμμετεχόντων. Η ενημέρωση των τελευταίων γίνονταν είτε από κοντά είτε τηλεφωνικά, δίνοντας την προφορική τους συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Η όλη διαδικασία έλαβε χώρα σε κάποιο δωμάτιο με απόλυτη ησυχία προκειμένου να μην υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να αποσπάσουν την προσοχή των συμμετεχόντων. Οι συναντήσεις ήταν ατομικές και η διάρκεια του πειράματος κυμαινόταν περίπου από 45 έως 90 λεπτά συν τον χρόνο που χρειαζόταν για τη συμπλήρωση των δημογραφικών στοιχείων των ερωτώμενων.

Αρχικά η συνάντηση ξεκινούσε με μία σύντομη παρουσίαση του σκοπού της έρευνας αλλά και της διαδικασίας της. Στα άτομα που είχαν υπολειπόμενη όραση υποδεικνυόταν να φορέσουν μία μάσκα στα μάτια τους, ώστε να τα καλύψουν. Αφού γινόταν η τοποθέτηση του Tanvas και του λάπτοπ στο τραπέζι, μπροστά από τον συμμετέχοντα σε ιδανική απόσταση, ακολουθούσε η διαδικασία των οδηγιών στον συμμετέχοντα. Η διαδικασία εξοικείωσης προηγήθηκε της έναρξης του πειράματος. Οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να κάνουν ένα τεστ εξοικείωσης μέγιστης διάρκειας 5 λεπτών, και να λάβουν ανατροφοδότηση. Οι οδηγίες ήταν οι εξής: «Πιάσε με το χέρι σου την οθόνη, μπορείς να χρησιμοποιήσεις τον δείκτη ή όποιο άλλο δάχτυλο σε βολεύει. Θέλω να «σκανάρεις»/εξερευνήσεις την οθόνη με κινήσεις πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά, διαγώνια και κυκλικά. Θέλω το δάχτυλό σου να μην πιέζει την οθόνη αλλά να γλιστράει πάνω σε αυτή. Οι κινήσεις σου δεν πρέπει να είναι πολύ γρήγορες. Το σημαντικό είναι να βρεις αυτό που απεικονίζεται παρά ο χρόνος που θα κάνεις». Εφόσον ολοκληρωνόταν η διαδικασία εξοικείωσης, το πείραμα ξεκινούσε. Το πείραμα αποτελούνταν από 3 δοκιμασίες αναγνώρισης σχημάτων, υφών και εικόνων. Σε όλες τις δοκιμασίες υπήρχε χρονομέτρηση χωρίς κάποιο όριο χρόνου. Σημειώνονταν από δίπλα η επιτυχία ή η αποτυχία στην αναγνώρισή τους. Η επιτυχία παίρνει σκορ =1 και η αποτυχία σκορ=0 προκειμένου να βοηθήσει στην στατιστική ανάλυση.

Στην πρώτη δοκιμασία ο συμμετέχοντας έπρεπε να αναγνωρίσει τα σχήματα που εμφανίζονταν στην οθόνη χωρίς να του έχει δοθεί λεκτικά ποια σχήματα είναι αυτά. Εμφανίζονταν στην οθόνη ένα σχήμα τη φορά. Τα σχήματα συνολικά ήταν πέντε: κύκλος, τρίγωνο, ορθογώνιο, τετράγωνο, ρόμβος. Πρώτα εμφανίζονταν τα σχήματα στην μικρή κλίμακα, μετά τα σχήματα στη μεσαία κλίμακα και τέλος τα σχήματα στην μεγάλη κλίμακα. Συγκεκριμένα οι διαστάσεις ήταν:

- Μικρά σχήματα

Τετράγωνο: $a=b=6$ cm

Ορθογώνιο: $a=6$ cm, $b=9,7$ cm

Τρίγωνο: $h=6$ cm, $a=b=c=6,9$ cm

Κύκλος: $d=6$ cm

Ρόμβος: $a=3,6$ cm, $d_1=6$ cm, $d_2=4$ cm

- Μεσαία σχήματα

Τετράγωνο: $a=b=9$ cm

Ορθογώνιο: $a=9$ cm, $b=14,55$ cm

Τρίγωνο: $h=9$ cm, $a=b=c=10,4$ cm

Κύκλος: $d=9$ cm

Ρόμβος: $a=5,4$ cm, $d_1=9$ cm, $d_2=6$ cm

- Μεγάλα σχήματα

Τετράγωνο: $a= b= 12$ cm

Ορθογώνιο: $a= 12$ cm, $b=19,4$ cm

Τρίγωνο: $h= 12$ cm, $a=b=c=13,85$ cm

Κύκλος: διάμετρος (d)= 12 cm

Ρόμβος: $a=7,2$, διαγώνιος $d_1=12$ cm, διαγώνιος $d_2=8$ cm

Ο συμμετέχοντας κλίθηκε να σκέφτεται μεγαλόφωνα και να δίνει μόνο μία απάντηση κάθε φορά που ήταν έτοιμος. Ο ερευνητής καθ' όλη τη διάρκεια σημείωνε τις παρατηρήσεις του συμμετέχοντα αλλά και τις δικές του.

Στη δεύτερη δοκιμασία παρουσιάζονταν στην οθόνη τέσσερις υφές από τις οποίες οι δύο είναι όμοιες μεταξύ τους και οι άλλες δύο διαφορετικές η μία από την άλλη. Ο συμμετέχοντας κλήθηκε να αναγνωρίσει ποιες επιφάνειες είναι όμοιες μεταξύ τους και ποιες διαφορετικές μεταξύ τους. Οι διαστάσεις για τις μεγάλες υφές ήταν $a=10,5\text{ cm}$, $b=6,5\text{ cm}$ και οι διαστάσεις για τις μικρές υφές ήταν $a=8\text{ cm}$, $b=5\text{ cm}$.

Στην τρίτη δοκιμασία ο συμμετέχοντας έπρεπε να αναγνωρίσει εικόνες. Παρουσιάζονταν στην οθόνη μία εικόνα τη φορά. Ο συμμετέχων είχε τρεις ευκαιρίες να απαντήσει σωστά. Αν δεν τα κατάφερνε του δινόταν η σωστή απάντηση και του ζητούνταν να πει τα στοιχεία που αναγνωρίζει τώρα που ξέρει τι ποια είναι η εικόνα. Οι εικόνες ήταν ένα λάστιχο ρόδας, ένα αεροπλάνο και ένας άνθρωπος. Δίνονταν σε όλους τους συμμετέχοντες με την ίδια σειρά. Για το λάστιχο ρόδας τα στοιχεία ήταν δύο: το σχήμα και το κενό στη μέση. Για το αεροπλάνο τα στοιχεία ήταν τέσσερα: το μπροστά, το πίσω, το κύριο κομμάτι και τα φτερά. Για τον άνθρωπο τα στοιχεία ήταν εξίσου τέσσερα: κεφάλι, κορμός, χέρια, πόδια.

6.4 Παρατηρήσεις

Η μέθοδος «σκέψου φωναχτά» μας βοήθησε να μαζέψουμε ποιοτική ανατροφοδότηση.

Οι συμμετέχοντες «σκάναραν» ή «εξερευνούσαν» την οθόνη κυρίως με το δεξί χέρι. Χρησιμοποιούσαν κατά κύριο λόγο τον δείκτη. Όταν κουράζονταν και αισθάνονταν ότι δεν καταλαβαίνουν καλά την τριβή άλλαζαν δάκτυλο, χρησιμοποιούσαν ή τον μέσο ή τον αντίχειρα για λίγη ώρα και ξαναγύριζαν στον δείκτη. Κατά τη διάρκεια του πειράματος μερικοί άλλαζαν και χέρι όταν κουραζόταν αυτό που χρησιμοποιούσαν. Αλλά σύντομα γύριζαν στο κύριο χέρι που τους βόλευε περισσότερο. Σχεδόν όλοι οι συμμετέχοντες εξέφρασαν τη δυσαρέσκειά τους στο ότι έπρεπε να χρησιμοποιούν μόνο το ένα χέρι, γιατί όποιοι διάβαζαν και με τη μπράιγ είχαν συνηθίσει να πιάνουν με δύο χέρια. Κάποιοι προσπαθούσαν με δύο χέρια αλλά έβλεπαν ότι δεν γινόταν. Οπότε τους φάνηκε δύσκολο και πολύ είπαν ότι δεν είναι εύχρηστο.

Ακόμη παρατηρήθηκε ότι κάποιοι συμμετέχοντες είχαν καλύτερη αφή από κάποιους άλλους. Σε κάποιους ίδρωναν τα χέρια τους οπότε έκαναν συχνά διαλλείματα. Σημαντικό ακόμη είναι να ειπωθεί ότι η κίνηση του δαχτύλου πάνω στην οθόνη και συγκεκριμένα στο ασπρόμαυρο σημείο προσθέτει θόρυβο ο οποίος βοηθά στην

κωδικοποίηση της χωρικής διάταξης των αντικειμένων. Επίσης, πολλοί από τους συμμετέχοντες «έχαναν» την τριβή κάποιες στιγμές. Μπορεί δηλαδή να ακολουθούσε το δάχτυλό τους μία γραμμή με σαγρέ υφή και να αισθάνονταν αυτή την τριβή στο δάχτυλό τους, αλλά να το άφηναν και να το ξαναέπαιρναν από την αρχή, το πιο πιθανό για να σιγουρευτούν. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποιοι από τους εκ γενετής συμμετέχοντες δεν άφησαν καθόλου την οθόνη αλλά ακολουθούσαν το μονοπάτι που ένιωθαν την τριβή και αξιοσημείωτα τα πήγαν πάρα πολύ καλά, ίσως γιατί είναι αυξημένη η δερματική τους αίσθηση περισσότερο από τους συμμετέχοντες με επίκτητη τύφλωση.

Ακολουθούν κάποιες προσωπικές παρατηρήσεις συμμετεχόντων για την εμπειρία τους και γνώμη τους για το Tanvas. Μία συμμετέχουσα είπε «θα ήταν δύσκολο να λειτουργήσει σε μικρές ηλικίες γιατί τα παιδιά θέλουν να πιάσουν και να εξερευνήσουν ενώ αυτή η οθόνη έχει τον περιορισμό του ενός χεριού», «μπορεί να βοηθήσει σε άτομα με αυτισμό στην αισθητηριακή ολοκλήρωση» , ένας άλλος συμμετέχων είπε «το tanvas θα βοηθούσε ένα τυφλό να μάθει πως μοιάζουν τα γράμματα και οι αριθμοί», και ένας άλλος συμμετέχων είπε « η τριβή πρέπει να έχει περισσότερη ένταση, να είναι πιο σαγρέ». Ένας συμμετέχων με επίκτητη τύφλωση όταν ερωτήθει ποια στρατηγική ακολουθεί για να αναγνωρίσει τα σχήματα καθώς τσημειώνει πολλές επιτυχίες είπε ότι επειδή παλιά έβλεπε και είχε μάθει τα σχήματα και ήξερε πως μοιάζουν βασιζόταν σε μία νοητή αναπαράσταση στο μυαλό του.

Όσον αφορά την αναγνώριση των σχημάτων ακολουθήθηκαν πολλές διαφορετικές στρατηγικές από τον καθένα. Οι κινήσεις των συμμετεχόντων με το δάχτυλο ήταν άλλες πιο αργές και άλλες πιο γρήγορες. «Σκάναραν» ή «εξερευνούσαν» την οθόνη οριζόντια από αριστερά προς τα δεξιά και μετά κάθετα από πάνω προς τα κάτω και διαγώνια, είτε έψαχναν και ακολουθούσαν μόνο τη διαδρομή τριβής δηλαδή το περίγραμμα των σχημάτων για να καταλάβουν τι σχήμα είναι. Έψαχναν να βρουν πλευρές, γωνίες, άκρες και εμβαδόν. Συγκεκριμένα για το τρίγωνο η αιτιολογία του μεγαλύτερου ποσοστού των συμμετεχόντων που έβρισκαν το σχήμα ήταν ότι έβρισκαν την πάνω γωνία και όσο πήγαιναν προς τα κάτω η απόσταση μεγάλωνε. Ανάλογα για τον ρόμβο έβρισκαν γωνία πάνω και γωνία κάτω και η απόσταση πάνω ήταν λεπτή και όσο συνεχίζουν χοντραίνει και ξαναλεπταίνει στο τέλος, ή έβρισκαν τις διαγώνιες πλευρές. Για τον κύκλο όσοι τον βρήκαν η αιτιολογία τους ήταν είτε ότι κάνουν κυκλικές κινήσεις με το δάχτυλο οπότε είναι κύκλος είτε ότι ψάχνουν να βρουν γωνίες

και αν δεν βρουν σημαίνει ότι είναι κύκλος. Επίσης, έλεγαν που ξεκινάει και που τελειώνει το σχήμα. Πολλοί παρατηρούσαν την αλλαγή στο μέγεθος του σχήματος και την ανέφεραν, άλλοι δεν την ανέφεραν. Κάποιους τους διευκόλυνε να πιάσουν την οθόνη που είχε ορθογώνιο σχήμα για να βρουν τα όρια της, ώστε να αναγνωρίσουν το μεγάλο ορθογώνιο καθώς απείχε λίγη απόσταση από αυτήν. Κάποιοι έκαναν τα σχήμα του σταυρού με τα δάκτυλά τους για να βρουν το σχήμα. Για να βρουν αν είναι ορθογώνιο ή το τετράγωνο μετρούσαν πόση ώρα κάνουν από την μία πλευρά στην άλλη ή αν οι αποστάσεις είναι ίδιες ή οι οριζόντιες είναι πιο μακριές από τις κάθετες. Επίσης, τους βοήθησε το γεγονός ότι η τριβή γινόταν διαθέσιμη μόνο σε κάποια σημεία, ενώ χανόταν όταν άγγιζαν τη μαύρη οθόνη.

Όσον αφορά τις στρατηγικές που ακολούθησαν για τις υφές ήταν περίπου οι ίδιες. «Σάρωναν» όλη την οθόνη και εκεί που έβρισκαν την «τραχιά» επιφάνεια έδιναν περισσότερη προσοχή. Τους βοήθησε το γεγονός ότι τους είπα ότι η οθόνη είναι χωρισμένοι σε τέσσερα ίσα κομμάτια.

6.5 Η ανάλυση των δεδομένων

Η ανάλυση της απόδοσης των συμμετεχόντων στις τρεις δοκιμασίες πραγματοποιήθηκε ως εξής:

- Δινόταν 1 μονάδα σε περίπτωση επιτυχούς αναγνώρισης του αντικειμένου και 0 μονάδες σε περίπτωση αποτυχίας αναγνώρισης του αντικειμένου.
- Στην τρίτη δοκιμασία με τις εικόνες ο συμμετέχων είχε τρεις προσπάθειες να βρει τι απεικονίζεται στην οθόνη. Σε περίπτωση επιτυχούς αναγνώρισης μέσα σε αυτές τις τρεις προσπάθειες δινόταν 1 μονάδα, ενώ σε περίπτωση αποτυχίας 0 μονάδες. Ωστόσο μετά το πέρας των προσπαθειών του δινόταν λεκτικά η σωστή απάντηση και καλούνταν να αναγνωρίσει τα στοιχεία της κάθε εικόνας. Για το λάστιχο ρόδας τα στοιχεία ήταν δύο: το σχήμα και το κενό στη μέση. Για το αεροπλάνο τα στοιχεία ήταν τέσσερα: το μπροστά, το πίσω, το κύριο κομμάτι και τα φτερά. Για τον άνθρωπο τα στοιχεία ήταν εξίσου τέσσερα: κεφάλι, κορμός, χέρια, πόδια. Ανάλογα με τον αριθμό των στοιχείων που έβρισε, του δινόταν και το ανάλογο σκορ.

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό The Jamovi project (2022) (Version 2.3). Χρησιμοποιήθηκε η περιγραφική

στατιστική στην οποία απεικονίζονται οι μέσοι όροι των σκορ και οι τυπικές αποκλίσεις και για τα τρία τεστ καθώς και οι αντίστοιχοι χρόνοι. Επίσης, εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (ANOVA) που επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα. Τέλος, δημιουργήθηκε πίνακας ενδοσυσχετίσεων (Correlation Matrix) ο οποίος περιλαμβάνει τους συντελεστές συσχέτισης καθεμιάς μεταβλητής με κάθε μία από τις υπόλοιπες.

7.Αποτελέσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα παρουσιαστούν ανά πείραμα, με τη σειρά που αναφέρθηκε στο μεθοδολογία έρευνας. Για κάθε μέτρηση, παρουσιάζουμε τον μέσο όρο (αριθμητικός μέσος όρος) και την τυπική απόκλιση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται σε κάθε πειραματική φάση. Αναλυτικότερα:

7.1 Δοκιμασία 1^η

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1 το συνολικό σκορ που έλαβαν οι συμμετέχοντες για τον μικρό κύκλο ήταν $M=0,57$. Ακολουθεί το συνολικό σκορ που έλαβαν οι συμμετέχοντες για τον μεσαίο κύκλο $M=0,53$. Το συνολικό σκορ που έλαβαν οι συμμετέχοντες για τον μεγάλο κύκλο ήταν $M=0,73$. Συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο σκορ το έχει ο μεγάλος κύκλος, ακολουθεί ο μικρός κύκλος, ενώ το χαμηλότερο σκορ το έχει ο μεσαίος κύκλος. Το μικρότερο μέσο χρόνο αναγνώρισης φαίνεται να έχει ο μεγάλος κύκλος $M=53,80$ δευτερόλεπτα, ενώ τον μεγαλύτερο μέσο χρόνο αναγνώρισης ο μικρός κύκλος $M=110$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 1 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση Βαθμολογίας-Χρόνου για Κύκλο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Κύκλος μικρός	0,577	0,504
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	110,769	86,196
Κύκλος μεσαίος	0,538	0,508
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	84,577	64,663
Κύκλος μεγάλος	0,731	0,452
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	53,808	37,975

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2 ο μεγαλύτερος μέσος όρος σκορ εντοπίζεται στο μεγάλο τρίγωνο ($M=0,92$). Ακολουθεί το συνολικό σκορ που έλαβαν οι συμμετέχοντες για το μικρό τρίγωνο ($M=0,84$). Ο χαμηλότερος μέσος όρος παρατηρείται στο μεσαίο

τρίγωνο ($M=0,80$). Το μικρότερο μέσο χρόνο αναγνώρισης φαίνεται να έχει το μεσαίο τρίγωνο $M=71,23$ δευτερόλεπτα, ενώ τον μεγαλύτερο μέσο όρο αναγνώρισης το μικρό τρίγωνο ($M=84,61$).

Πίνακας 2 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση Βαθμολογίας-Χρόνου για Τρίγωνο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Τρίγωνο μικρό	0,846	0,368
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	84,615	79,424
Τρίγωνο μεσαίο	0,808	0,402
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	71,231	56,797
Τρίγωνο μεγάλο	0,923	0,272
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	71,962	54,645

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3 ο μεγαλύτερος μέσος όρος σκορ εντοπίζεται στο μεγάλο τετράγωνο ($M=0,84$). Ακολουθούν οι μεταβλητές τετράγωνο μικρό και μεσαίο με όμοιους μέσους όρους σκορ ($M=0,65$). Το μικρότερο μέσο χρόνο αναγνώρισης φαίνεται να έχει το μεγάλο τετράγωνο ($M=69,88$) δευτερόλεπτα, ενώ τον μεγαλύτερο μέσο χρόνο αναγνώρισης το μικρό τετράγωνο $M=126$ δευτερόλεπτα .

Πίνακας 3 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση Βαθμολογίας-Χρόνου για Τετράγωνο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Τετράγωνο μικρό	0,654	0,485
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	126,077	91,854
Τετράγωνο μεσαίο	0,654	0,485
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	101,192	85,100
Τετράγωνο μεγάλο	0,846	0,368
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	69,885	68,085

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4 ο μεγαλύτερος μέσος όρος σκορ εντοπίζεται στη μεταβλητή ρόμβος μεγάλος ($M=0,88$). Ακολουθεί η μεταβλητή ρόμβος μεσαίος ($M=0,69$). Ο χαμηλότερος μέσος όρος παρατηρείται στη μεταβλητή ρόμβος μικρός ($M=0,53$). Το μικρότερο μέσο χρόνο αναγνώρισης φαίνεται να έχει ο μεγάλος ρόμβος ($M=57,46$) δευτερόλεπτα, ενώ τον μεγαλύτερο ο μικρός ρόμβος $M=145$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 4 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση Βαθμολογίας-Χρόνου για Ρόμβο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Ρόμβος μικρός	0,538	0,508
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	145,308	110,610
Ρόμβος μεσαίος	0,692	0,471
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	73,423	65,877
Ρόμβος μεγάλος	0,885	0,326
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	57,462	33,292

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5 ο μεγαλύτερος μέσος όρος σκορ εντοπίζεται στη μεταβλητή ορθογώνιο μεγάλο ($M=0,80$). Ακολουθεί η μεταβλητή ορθογώνιο μεσαίο ($M=0,84$). Ο χαμηλότερος μέσος όρος παρατηρείται στη μεταβλητή ορθογώνιο μικρό ($M=0,73$). Το μικρότερο μέσο χρόνο αναγνώρισης φαίνεται να έχει το μεσαίο ορθογώνιο ($M=53,30$) δευτερόλεπτα, ενώ τον μεγαλύτερο μέσο χρόνο το μικρό ορθογώνιο $M=67,61$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 5 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση Βαθμολογίας- Χρόνου για Ορθογώνιο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Ορθογώνιο μικρό	0,731	0,452
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	67,615	53,267
Ορθογώνιο μεσαίο	0,846	0,368
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	53,308	41,370
Ορθογώνιο μεγάλο	0,808	0,402
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	53,923	37,157

Επιπρόσθετες αναλύσεις

Πραγματοποιήθηκαν επιπρόσθετες αναλύσεις στις οποίες προσθέσαμε τις βαθμολογίες όλων των μεγεθών των σχημάτων ξεχωριστά. Για παράδειγμα η μεταβλητή ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ σημαίνει ότι προσθέσαμε τα σκορ του μικρού κύκλου, του μικρού τριγώνου, του μικρού ορθογωνίου, του μικρού τετραγώνου και του μικρού ρόμβου για να βγάλουμε μία συνολική βαθμολογία. Αντίστοιχα ενεργήσαμε και για τα μεσαία και τα μεγάλα σχήματα. Με τον ίδιο τρόπο λειτουργήσαμε και για τον χρόνο. Για παράδειγμα η μεταβλητή ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ σημαίνει το άθροισμα των χρόνων και για τα πέντε μικρά σχήματα και αντιστοίχως οι μεταβλητές ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ και ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ είναι το άθροισμα των

χρόνων για τα μεσαία και τα μεγάλα σχήματα αντίστοιχα. Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 6 ο μεγαλύτερος μέσος όρος εντοπίζεται στη βαθμολογία των μεγάλων σχημάτων (M=0,83). Ακολουθεί ο μέσος όρος της βαθμολογίας των μεσαίων σχημάτων (M=0,70). Ο χαμηλότερος μέσος όρος εντοπίζεται στη βαθμολογία των μικρών σχημάτων (M=0,66).

Ο μικρότερος μέσος όρος για τον χρόνο εντοπίζεται στα μεγάλα σχήματα (M=61,4 δευτερόλεπτα). Ακολουθεί ο μέσος όρος των μεσαίων σχημάτων (M=76,7 δευτερόλεπτα) και τέλος των μικρών σχημάτων (M= 106,9 δευτερόλεπτα). Απ'ότι φαίνεται πιο γρήγορα αναγνώρισαν τα μεγάλα γεωμετρικά σχήματα..

Πίνακας 6 Μέσοι Όροι και Τυπική Απόκλιση για Αθροιστικές Βαθμολογίες

	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	0,669	0,288	0,200	1,00
ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	0,708	0,254	0,000	1,00
ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	0,838	0,240	0,00	1,00

	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	106,9	54,1	21,6	212
ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	76,7	42,7	16,0	169
ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	61,4	33,3	11,	126

Ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων

Εφαρμόστηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και το αποτέλεσμα σύμφωνα με τον Πίνακα 7 [F(2)=4,94, p=0,011] έδειξε στατιστικώς σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Πίνακας 7 Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
RM	0,409	2	0,2046	4,94	0,011
Factor 1					
Residual	2,071	50	0,0414		

Note. Type 3 Sums of Squares

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν εκ των υστέρων κατά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων όρων των τριών συνθηκών χρησιμοποιώντας το κριτήριο Tukey και από τα αποτελέσματα του Πίνακα 8 προκύπτει ότι δύο αναλύσεις ήταν στατιστικώς σημαντικές. Συγκεκριμένα, κοιτάζοντας τη στήλη Mean Difference, η οποία παρουσιάζει τη διαφορά των μέσων όρων για κάθε ζεύγος συνθηκών, καθώς και την στήλη p_{tukey} , διαπιστώνουμε ότι στατιστικώς σημαντικές είναι οι διαφορές μεταξύ της ερευνητικής συνθήκης με το άθροισμα των βαθμολογιών των μικρών σχημάτων και της ερευνητικής συνθήκης με το άθροισμα των βαθμολογιών των μεγάλων σχημάτων (μέση διαφορά=0,16 με $p=0,025$), και της ερευνητικής συνθήκης με το άθροισμα των βαθμολογιών των μεσαίων σχημάτων και της ερευνητικής συνθήκης με το άθροισμα των βαθμολογιών των μεγάλων σχημάτων (μέση διαφορά=0,13, $p=0,036$).

Πίνακας 8 Post Hoc Comparisons - RM Factor 1

Comparison						
RM Factor 1	RM Factor 1	Mean Difference	SE	df	t	p_{tukey}
ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	- ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	-0,0385	0.0587	25,0	-0,655	0,791
	- ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	-0,1692	0.0605	25,0	-2,799	0.025
ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	- ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	-0,1308	0.0495	25,0	-2,640	0.036

Επίσης, για τον πίνακα με τον χρόνο εφαρμόστηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και το αποτέλεσμα σύμφωνα με τον Πίνακα 9 [$F(2)= 18,5$ με $p<,001$] έδειξε στατιστικώς σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Πίνακας 9 Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
RM Factor 1	27825	2	13913	18,5	<,001
Residual	37518	50	750		

Note. Type 3 Sums of Squares

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν εκ των υστέρων κατά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων όρων των τριών συνθηκών και από τα αποτελέσματα του Πίνακα 10 προκύπτει ότι δύο αναλύσεις ήταν στατιστικώς σημαντικές. Συγκεκριμένα, κοιτάζοντας τη στήλη Mean Difference, η οποία παρουσιάζει τη διαφορά των μέσων όρων για κάθε ζεύγος συνθηκών, καθώς και την στήλη ptukey, διαπιστώνουμε ότι στατιστικώς σημαντικές είναι οι διαφορές μεταξύ της ερευνητικής συνθήκης του χρόνου των μικρών σχημάτων και της ερευνητικής συνθήκης του χρόνου των μεσαίων σχημάτων (μέση διαφορά=30,1, με $p < ,001$), και της ερευνητικής συνθήκης του χρόνου των μικρών σχημάτων και του χρόνου των μεγάλων σχημάτων (μέση διαφορά=45,5, με $p < ,001$).

Πίνακας 10 Post Hoc Comparisons - RM Factor 1

Comparison							
RM Factor 1		RM Factor 1	Mean Difference	SE	df	t	P _{tukey}
ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	-	ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	30,1	7,06	25,0	4,27	<,001
	-	ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	45,5	8,85	25,0	5,14	<,001
ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	-	ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΧΡΟΝΟΣ	15,3	6,71	25,0	2,29	0,077

Από τον Πίνακα 11 προκύπτουν συσχετισμοί που υπογραμμίζουν ενδιαφέρουσες συσχετίσεις μεταξύ χρόνων αναγνώρισης και σκορ, σκορ και σχημάτων, χρόνου αναγνώρισης και σχημάτων.

Συσχέτιση μεταξύ χρόνου αναγνώρισης και βαθμολογίας

Οι συντελεστές συσχέτισης του Pearson υπολογίστηκαν για να διερευνηθούν τη σχέση μεταξύ του χρόνου που απαιτείται για την αναγνώριση σχημάτων και των αντίστοιχων σκορ που ελήφθησαν. Οι συντελεστές συσχέτισης έδειξαν ποικίλες συσχετίσεις μεταξύ του χρόνου αναγνώρισης και των σκορ σε διαφορετικά σχήματα και μεγέθη. Για τα σχήματα μικρού μεγέθους, παρατηρήθηκε ασθενής αρνητική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου αναγνώρισης και των σκορ ($r = -0,241$, $p > 0,05$). Ωστόσο, για τα μεσαίου μεγέθους σχήματα, βρέθηκε μια μέτρια αρνητική συσχέτιση ($r = -0,435$, $p <$

0,01). Από την άλλη πλευρά, η συσχέτιση μεταξύ του χρόνου αναγνώρισης και των σκορ για τα σχήματα μεγάλου μεγέθους ήταν επίσης ασθενής και αρνητική ($r = -0,351$, $p > 0,05$).

Συσχέτιση μεταξύ βαθμολογίας σε διαφορετικά μεγέθη σχημάτων

Η ανάλυση συσχέτισης διερεύνησε επίσης τη σχέση μεταξύ των σκορ που λήφθηκαν για διαφορετικά σχήματα σε όλα τα μεγέθη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ποικίλες συσχετίσεις μεταξύ των σκορ για μικρά, μεσαία και μεγάλα σχήματα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μια μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ των σκορ που λήφθηκαν για σχήματα μεσαίου μεγέθους και σχήματα μικρού μεγέθους ($r = 0,396$, $p < 0,05$). Επιπλέον, βρέθηκε μια μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ των σκορ για σχήματα μεσαίου μεγέθους και σχήματα μεγάλου μεγέθους ($r = 0,479$, $p < 0,05$).

Συσχέτιση μεταξύ χρόνου αναγνώρισης και μεγέθη σχημάτων

Επιπλέον, η ανάλυση διερεύνησε τη σχέση μεταξύ χρόνων αναγνώρισης και σχημάτων διαφορετικών μεγεθών, υποδηλώνοντας πιθανά μοτίβα στους χρόνους απόκρισης των συμμετεχόντων σε διαφορετικά σχήματα. Οι συντελεστές συσχέτισης του Pearson υπολογίστηκαν για να αξιολογήσουν τη συσχέτιση μεταξύ του χρόνου αναγνώρισης σε διάφορα μεγέθη: μικρό, μεσαίο και μεγάλο. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μια σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των χρόνων αναγνώρισης για τα μεγάλα σχήματα και τα μικρά σχήματα ($r=0,556$, $p<0,05$). Αυτό υποδηλώνει ότι οι αλλαγές στον χρόνο που απαιτούνται για την αναγνώριση των μεγάλων σχημάτων συσχετίζονται με παρόμοιες αλλαγές στο χρόνο που απαιτείται για την αναγνώριση των μικρών σχημάτων. Επιπλέον, βρέθηκε μια ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου αναγνώρισης για τα μεσαία σχήματα και τα μικρά σχήματα ($r = 0,748$, $p < 0,01$). Αυτό σημαίνει ότι οι διακυμάνσεις του χρόνου που απαιτούνται για την αναγνώριση των μεσαίων σχημάτων συσχετίζονται σταθερά με παρόμοιες αλλαγές στο χρόνο που απαιτείται για την αναγνώριση των μικρών σχημάτων. Τέλος, υπάρχει πολύ μεγάλη στατιστικώς σημαντική συσχέτιση του χρόνου των μεγάλων σχημάτων με τον χρόνο των μεσαίων σχημάτων της τάξης του 0,619.

Πίνακας 11 Συσχέτιση βαθμολογίας σχημάτων με χρόνο

	ΜΙΚΡΑ_ΟΛ Α_ΣΚΟΡ	ΜΙΚΡΑ_ ΟΛΑ_ΧΡ ΟΝΟΣ	ΜΕΣΑΙΑ_Ο ΛΑ_ΣΚΟΡ	ΜΕΣΑΙ Α_ΟΛΑ _ΧΡΟΝ ΟΣ	ΜΕΓΑΛΑ _ΟΛΑ_Σ ΚΟΡ	ΜΕΓΑΛ Α_ΟΛΑ _ΧΡΟΝ ΟΣ
ΜΙΚΡΑ_Ο ΛΑ_ΧΡΟ ΝΟΣ	-0.241	—				
ΜΕΣΑΙΑ_ ΟΛΑ_ΣΚ ΟΡ	0.396*	-0.240	—			
ΜΕΣΑΙΑ_ ΟΛΑ_ΧΡ ΟΝΟΣ	-0.435*	0.748**	-0.199	—		
ΜΕΓΑΛΑ _ΟΛΑ_ΣΚ ΟΡ	0.330	-0.124	0.479*	-0.150	—	
ΜΕΓΑΛΑ _ΟΛΑ_ΧΡ ΟΝΟΣ	-0.351	0.556**	-0.294	0.619**	-0.069	—

Note: * < 0.05, ** < 0.01

7.2 Δοκιμασία 2^η

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 12 ο μεγαλύτερος μέσος όρος βαθμολογίας εντοπίζεται στη μεταβλητή μεγάλες ίδιες υφές (M=0,92). Ο χαμηλότερος μέσος όρος παρατηρείται στη μεταβλητή μεγάλες διαφορετικές υφές (M=0,65).

Πίνακας 12 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση βαθμολογίας-χρόνου για μεγάλες υφές

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Μεγάλες ίδιες υφές	0,923	0,272
Μεγάλες διαφορετικές υφές	0,654	0,485
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	84,962	83,894

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 13 ο μεγαλύτερος μέσος όρος βαθμολογίας εντοπίζεται στη μεταβλητή μικρές ίδιες υφές (M=0,92). Ο χαμηλότερος μέσος όρος παρατηρείται στη μεταβλητή μικρές διαφορετικές υφές (M=0,69).

Πίνακας 13 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση βαθμολογίας- χρόνου για μικρές υφές

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Μικρές ίδιες υφές	0,923	0,272
Μικρές διαφορετικές υφές	0,692	0,471
Χρόνος σε δευτερόλεπτα	54,577	29,891

Οι μεταβλητές μεγάλες ίδιες υφές και οι μικρές ίδιες υφές έχουν ίδιους μέσους όρους σκορ (M=92,3 και SD=0,27).

Στα δεδομένα του Πίνακα 14 εφαρμόστηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και το αποτέλεσμα της [F(1)= 9.21, p=0,006<0.05] έδειξε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Πίνακας 14 Within Subjects Effects

Within Subjects Effects					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
RM	0.942	1	0.942	9.21	0.006
Factor 1					
Residual	2.558	25	0.102		

Note. Type 3 Sums of Squares

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν εκ των υστέρων κατά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων όρων των δύο συνθηκών και βρέθηκε ότι οι διαφορές ήταν στατιστικώς σημαντικές. Συγκεκριμένα, από τον Πίνακα 15 διαπιστώνουμε ότι διαφέρουν οι μεγάλες ίδιες υφές και οι μεγάλες διαφορετικές υφές (μέση διαφορά 0,26 με p=<0,05).

Πίνακας 15 Post Hoc Comparisons - RM Factor 1

Comparison

RM Factor 1		RM Factor 1	Mean Difference	SE	df	t	p _{Tukey}
ΜΕΓΑΛΕ Σ ΙΔΙΕΣ ΥΦΕΣ	-	ΜΕΓΑΛΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕ Σ ΥΦΕΣ	0,269	0,0887	25,0	3,03	0,006

Στα δεδομένα του Πίνακα 16 εφαρμόστηκε μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων και το αποτέλεσμα της [$F(1)= 9,21$, $p=0,01 < 0,05$] έδειξε στατιστικώς σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Πίνακας 16 Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
RM Factor 1	0,692	1	0,6923	7,50	0,011
Residual	2,308	25	0,0923		

Note. Type 3 Sums of Squares

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν εκ των υστέρων κατά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων όρων των δύο συνθηκών και βρέθηκε ότι οι διαφορές ήταν στατιστικώς σημαντικές. Συγκεκριμένα από τον Πίνακα 17 παρατηρούμε ότι διαφέρουν οι μικρές ίδιες υφές και οι μικρές διαφορετικές υφές (μέση διαφορά=0,23, $p=,011$).

Πίνακας 17 Post Hoc Comparisons - RM Factor 1

Comparison		RM Factor 1	Mean Difference	SE	df	t	p _{Tukey}
ΜΙΚΡΕΣ ΙΔΙΕΣ ΥΦΕΣ	-	ΜΙΚΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕ Σ ΥΦΕΣ	0,231	0,0843	25,0	2,74	0,011

Στον Πίνακα 18 παρατηρείται ότι υπάρχει ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της μεταβλητής ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ και της μεταβλητής ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ ($r = 0,660$, $p < 0,01$), υποδεικνύοντας ότι καθώς αυξάνεται η βαθμολογία στην αναγνώριση

μικρών υφών, η βαθμολογία στην αναγνώριση των μεγάλων υφών τείνει επίσης να αυξάνεται. Οι μεταβλητή ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ είναι το άθροισμα των βαθμολογιών των μικρών ίδιων και των διαφορετικών υφών και η μεταβλητή ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ είναι το άθροισμα των βαθμολογιών των μεγάλων ίδιων και διαφορετικών υφών.

Ακόμη, υπάρχει μια μέτρια αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ και ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΧΡΟΝΟΣ ($r = -0,346$, $p < 0,05$). Αυτό δείχνει ότι καθώς οι βαθμολογίες για τις μικρές υφές αυξάνονται, ο χρόνος που απαιτείται για την αναγνώριση των μεγάλων υφών τείνει να μειώνεται.

Πίνακας 18 Συσχέτιση Υφών

	ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ	ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΧΡΟΝΟΣ	ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ
ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ_ΧΡΟΝΟΣ	-0,060	—	
ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΟΛΑ	0,660**	-0,346	—
ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ_ΧΡΟΝΟΣ	-0,155	0,321	-0,171

7.3 Δοκιμασία 3^η

Από τον Πίνακα 19 συμπεραίνουμε ότι όλοι οι συμμετέχοντες απέτυχαν να αναγνωρίσουν την εικόνα με το λάστιχο ρόδας ($M=0$) στην πρώτη τους ευκαιρία. Όπως αναφέρθηκε και στη μεθοδολογία, οι συμμετέχοντες είχαν 3 ευκαιρίες για να αναγνωρίσουν την εικόνα και σε κάθε επιτυχία έπαιρναν 1 βαθμό και σε κάθε αποτυχία 0. Ωστόσο μετά το πέρας των τριών προσπαθειών τους δινόταν λεκτικά η σωστή απάντηση και έπρεπε να βρουν τα στοιχεία από τις εικόνες. Αν για παράδειγμα έβρισκαν 2 από τα 4 στοιχεία, η βαθμολογία τους ήταν 0.5. Ο μέσος όρος των βαθμολογιών του λάστιχου ρόδας είναι $M=0,60$ και ο μέσος όρος του χρόνου που χρειάστηκε για να το βρουν είναι $M=269,91$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 19 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση βαθμολογίας-χρόνου για λάστιχο ρόδας

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Λάστιχο ρόδας	0,0000	0,0000

Λάστιχο ρόδας χρόνος	269,9167	183,800
Λάστιχο ρόδας σκορ	0,6042	0,361

Από τον Πίνακα 20 συμπεραίνουμε ότι το 8% των συμμετεχόντων, δηλαδή 2 συμμετέχοντες αναγνώρισαν με επιτυχία την εικόνα με το αεροπλάνο με την πρώτη ευκαιρία, 23 από τους συμμετέχοντες απέτυχαν να αναγνωρίσουν την εικόνα του αεροπλάνου και 1 συμμετέχων δεν κατάφερε να ασχοληθεί με την εν λόγω εικόνα λόγω κούρασης. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας για το αεροπλάνο είναι $M=0,61$ και ο μέσος όρος του χρόνου αναγνώρισης $M=273,72$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 20 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση βαθμολογίας-χρόνου για αεροπλάνο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Αεροπλάνο	0,0800	0,277
Αεροπλάνο χρόνος	273,7200	146,571
Αεροπλάνο σκορ	0,6100	0,382

Από τον Πίνακα 21 συμπεραίνουμε ότι το 30,8% των συμμετεχόντων, δηλαδή 8 από τους 26 συμμετέχοντες αναγνώρισαν επιτυχώς την εικόνα με τον άνθρωπο κατά την πρώτη τους ευκαιρία. Ο μέσος όρος βαθμολογίας για τον άνθρωπο είναι $M=0,75$ και ο μέσος χρόνος αναγνώρισης $M=263$ δευτερόλεπτα.

Πίνακας 21 Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση βαθμολογίας-χρόνου για άνθρωπο

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Άνθρωπος	0,3077	0,471
Άνθρωπος χρόνος	263,0000	159,748
Άνθρωπος σκορ	0,7500	0,346

Στον Πίνακα 22 παρατηρείται ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των συνθηκών EIKONEΣ_ΣΚΟΡ_ΟΛΕΣ και EIKONEΣ_ΒΡΗΚΕ_ΟΛΕΣ ($r = 0,441$, $p < 0,05$), υπονοώντας ότι καθώς αυξάνονται τα σκορ αναγνώρισης για τις εικόνες, ο αριθμός των εικόνων που βρέθηκαν τείνει επίσης να αυξάνεται. Η μεταβλητή EIKONEΣ_ΧΡΟΝΟΣ_ΟΛΕΣ σημαίνει το άθροισμα των χρόνων και των τριών εικόνων, ενώ η μεταβλητή EIKONEΣ_ΣΚΟΡ_ΟΛΕΣ σημαίνει το άθροισμα των βαθμολογιών και των τριών εικόνων.

Πίνακας 22 Συσχέτιση βαθμολογιών εικόνων- χρόνου

	EIKONEΣ_BPHKE_ΟΛΕΣ	EIKONEΣ_ΧΡΟΝΟΣ_ΟΛΕΣ
EIKONEΣ_ΧΡΟΝΟΣ_ΟΛΕΣ	-0,211	—
EIKONEΣ_ΣΚΟΡ_ΟΛΕΣ	0,441*	0,145

Στον Πίνακα 23 παρατηρείται ότι υπάρχει μια σημαντική υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ των μικρών υφών και των βαθμολογιών των μεγάλων σχημάτων ($r = 0,728$, $p < 0,01$). Αυτή η ισχυρή συσχέτιση υπογραμμίζει μια ουσιαστική σχέση μεταξύ της απόδοσης αναγνώρισης των μικρών υφών και της ικανότητας αναγνώρισης μεγάλων σχημάτων. Επίσης παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ των μεγάλων υφών και των βαθμολογιών των μεγάλων σχημάτων ($r = 0,576$, $p < 0,01$), υποδεικνύοντας μια ισχυρή σχέση μεταξύ της απόδοσης αναγνώρισης στον εντοπισμό μεγάλων υφών και των βαθμολογιών που επιτυγχάνονται στην αναγνώριση των μεγάλων σχημάτων. Βάσει των αποτελεσμάτων κάποιοι συμμετέχοντες είχαν χαμηλότερη επίδοση και στις τρεις δοκιμασίες και άρα επηρεάζουν πιθανόν και ατομικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 23 Συσχέτιση σχημάτων-υφών-εικόνων

Correlation Matrix						
	ΜΙΚΡΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	ΜΕΓΑΛΕΣ_ΟΛΕΣ_ΥΦΕΣ	ΜΙΚΡΕΣ_ΟΛΕΣ_ΥΦΕΣ	EIKONEΣ_BPHKE_ΟΛΕΣ
ΜΕΣΑΙΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	0,396*	-	-	-	-	-
ΜΕΓΑΛΑ_ΟΛΑ_ΣΚΟΡ	0,330	0,479*	-	-	-	-
ΜΕΓΑΛΕΣ_ΟΛΕΣ_ΥΦΕΣ	0,294	0,143	0,576**	-	-	-
ΜΙΚΡΕΣ_ΟΛΕΣ_ΥΦΕΣ	0,151	0,315	0,728**	0,660*	-	-
EIKONEΣ_BPHKE_ΟΛΕΣ	0,172	0,254	0,238	0,025	0,017	-

8.Συμπεράσματα-Συζήτηση

8.1 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα θα συζητηθούν με τη σειρά που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Στην πρώτη δοκιμασία τα αποτελέσματα παρουσιάζουν διακυμάνσεις στις βαθμολογίες και τους χρόνους αναγνώρισης σε διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα και μεγέθη. Οι συμμετέχοντες πέτυχαν υψηλότερες βαθμολογίες στα μεγαλύτερα γεωμετρικά σχήματα, υποδεικνύοντας μια ευκολότερη διαδικασία αναγνώρισης όταν τα σχήματα «έπιαναν» περισσότερο χώρο στην οθόνη. Επίσης, παρατηρήθηκαν μεγαλύτεροι χρόνοι αναγνώρισης στα μικρότερα γεωμετρικά σχήματα, υποδηλώνοντας αυξημένη πολυπλοκότητα ή δυσκολία στην αναγνώριση όταν το αντικείμενο είναι σε μικρή κλίμακα.

Οι επιπρόσθετες αναλύσεις υποδηλώνουν ότι συνολικά, οι συμμετέχοντες είχαν καλύτερες επιδόσεις στα μεγάλα σχήματα παρά στα μικρότερα, τόσο ως προς τις βαθμολογίες όσο και ως προς τους χρόνους αναγνώρισης. Καλύτερες βαθμολογίες είχαν τα μεγάλα σχήματα, ακολουθούν τα μεσαία και τέλος τα μικρά σχήματα. Παράλληλα, οι μέσοι όροι των χρόνων συνάδουν με τους μέσους όρους των βαθμολογιών, καθώς βλέπουμε ότι καλύτερο χρόνο αναγνώρισης σημείωσαν τα μεγάλα σχήματα, ακολουθεί ο χρόνος των μεσαίων σχημάτων και τέλος ο χρόνος των μικρών σχημάτων. Συνολικά, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές σε βαθμολογίες και χρόνους μεταξύ διαφορετικών μεγεθών σχήματος, δίνοντας έμφαση στην επίδραση του μεγέθους στην απόδοση αναγνώρισης των συμμετεχόντων. Αν συγκρίνουμε τις βαθμολογίες των μεγάλων σχημάτων βλέπουμε ότι το τρίγωνο είχε υψηλότερη βαθμολογία αναγνώρισης ($M=0.923$), ακολουθεί ο ρόμβος με βαθμολογία $M=0.885$ και το τετράγωνο με βαθμολογία $M=0.846$. Τις χαμηλότερες βαθμολογίες είχαν το ορθογώνιο ($M= 0.808$) και ο κύκλος ($M=0.731$). Κάποια από αυτά τα ευρήματα συγκλίνουν και κάποια έρχονται σε αντιπαράθεση με το πείραμα των Tekli et al., (2018). Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι το τετράγωνο ήταν πιο εύκολα αναγνωρίσιμο απ' ότι το ορθογώνιο και ακολουθούσε το τρίγωνο και ο κύκλος. Οι οριζόντιες και κατακόρυφες γραμμές (του τετραγώνου και του ορθογωνίου) ήταν γενικότερα πιο εύκολο να αναγνωριστούν από τις κεκλιμένες γραμμές (του τριγώνου) και τις καμπυλωτές γραμμές (του κύκλου) που ήταν πιο δύσκολο να αναγνωριστούν.

Η ανάλυση συσχέτισης αποκάλυψε ενδιαφέρουσες συσχετίσεις μεταξύ χρόνων αναγνώρισης, βαθμολογιών και μεγεθών σχήματος. Συγκεκριμένα, ο χρόνος αναγνώρισης εμφάνισε συνεπείς συσχετίσεις τόσο με τις βαθμολογίες όσο και με τα μεγέθη σχημάτων, υποδεικνύοντας ένα πιθανό μοτίβο στους χρόνους απόκρισης των συμμετεχόντων που αντιστοιχεί σε διαφορετικά σχήματα. Συγκεκριμένα η ανάλυση έδειξε συσχέτιση μεταξύ των βαθμολογιών των μεσαίων σχημάτων και των βαθμολογιών των μικρών σχημάτων, καθώς και μεταξύ του χρόνου των μεσαίων σχημάτων και του χρόνου των μικρών σχημάτων. Ακόμη, φαίνεται να υπάρχει στατιστικώς σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου των μεγάλων σχημάτων και του χρόνου των μικρών σχημάτων καθώς και του χρόνου των μεγάλων σχημάτων με τον χρόνο των μεσαίων σχημάτων. Αυτές οι συσχετίσεις μας δείχνουν ότι κάποιοι συμμετέχοντες είχαν χαμηλότερη επίδοση και στα τρία μεγέθη από σχήματα και άρα επηρεάζουν πιθανόν ατομικά χαρακτηριστικά. Επίσης, υπάρχει μία στατιστικώς σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου των μεσαίων σχημάτων και των βαθμολογιών των μικρών σχημάτων.

Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία του μεγέθους του σχήματος στις εργασίες αναγνώρισης. Οι μέτριες έως ισχυρές συσχετίσεις υποδηλώνουν μια σχέση μεταξύ των ικανοτήτων αναγνώρισης των συμμετεχόντων, των χρόνων απόκρισης και της πολυπλοκότητας ή εξοικείωσης που σχετίζεται με συγκεκριμένα μεγέθη σχήματος.

Στη δεύτερη δοκιμασία, οι συμμετέχοντες έδειξαν διαφορετικές επιδόσεις με βάση την ομοιότητα υφής. Τόσο για τις μεγάλες όσο και για τις μικρές υφές, οι υψηλότερες μέσες βαθμολογίες παρατηρήθηκαν σε περιπτώσεις όπου οι υφές ήταν πανομοιότυπες. Αντίθετα, οι χαμηλότερες μέσες βαθμολογίες βρέθηκαν στις διαφορετικές υφές. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι ο χρόνος αναγνώρισης των συμμετεχόντων καθώς οι μικρές υφές αναγνωρίστηκαν πιο γρήγορα από τις μεγάλες υφές. Αυτό συνέβη ίσως γιατί υπήρχαν μεγαλύτερα κενά μεταξύ των τετραγώνων οπότε τα όρια ήταν πιο σαφή μεταξύ των υφών, ενώ οι μεγαλύτερες υφές συγχέονταν επειδή ήταν πολύ κοντά η μία στην άλλη και δεν υπήρχαν σαφή όρια.

Η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε σημαντικές επιπτώσεις της ομοιότητας υφής στην απόδοση των συμμετεχόντων. Στην περίπτωση μεγάλων υφών, η ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων έδειξε σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής [$F(1)=9,21$, $p=0,006<0,05$]. Οι post hoc συγκρίσεις ανά ζεύγη

επιβεβαίωσαν μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών αναγνώρισης για μεγάλες όμοιες υφές και μεγάλες διαφορετικές υφές (μέση διαφορά 0,26, $p < 0,05$).

Ομοίως, για μικρές υφές, η ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κατέδειξε σημαντική επίδραση της διακύμανσης της υφής [$F(1)=9,21$, $p=0,01 < 0,05$]. Οι συγκρίσεις *post hoc* αποκάλυψαν μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των βαθμολογιών αναγνώρισης για μικρές όμοιες υφές και μικρές διαφορετικές υφές (μέση διαφορά = 0,23, $p=0,011$).

Η ανάλυση συσχέτισης ανέδειξε περαιτέρω ενδιαφέρουσες σχέσεις μεταξύ διαφορετικών μεγεθών υφής και χρόνου αναγνώρισης. Παρατηρήθηκε ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ όλων των μικρών υφών και όλων των μεγάλων υφών ($r=0,660$, $p < 0,01$). Αυτό υποδηλώνει ότι μια αύξηση στις βαθμολογίες αναγνώρισης για μικρές υφές τείνει να αντιστοιχεί σε υψηλότερες βαθμολογίες αναγνώρισης για μεγάλες υφές.

Στην τρίτη δοκιμασία αναγνώρισης εικόνας, οι συμμετέχοντες αντιμετώπισαν προκλήσεις στην αναγνώριση ορισμένων εικόνων. Η εικόνα του λάστιχου ρόδας παρουσίασε τη μεγαλύτερη δυσκολία, με κανέναν από τους συμμετέχοντες να μην το αναγνωρίζει με επιτυχία. Παρόλα αυτά, οι συμμετέχοντες είχαν επόμενες ευκαιρίες να αναγνωρίσουν στοιχεία μέσα στις εικόνες, επηρεάζοντας τη μέση βαθμολογία του λάστιχου ρόδας ($M=0,60$) και τον μέσο χρόνο που χρειάστηκε για να ασχοληθούν με την εικόνα ($M=269,91$ δευτερόλεπτα).

Για την εικόνα του αεροπλάνου, παρατηρήθηκε ένα ελάχιστο ποσοστό επιτυχίας, με μόνο 2 από τους 26 συμμετέχοντες να το αναγνωρίζουν επιτυχώς. Η μέση βαθμολογία για την εικόνα του αεροπλάνου ήταν ελαφρώς υψηλότερη ($M=0,61$), με μέσο χρόνο αναγνώρισης $M=273,72$ δευτερόλεπτα.

Αντίθετα, η εικόνα με τον άνθρωπο είχε σχετικά υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας, με 8 από τους 26 συμμετέχοντες να την αναγνωρίζουν με επιτυχία. Η μέση βαθμολογία για αυτήν την εικόνα ήταν συγκριτικά υψηλότερη ($M=0,75$), με μέσο χρόνο αναγνώρισης $M=263$ δευτερόλεπτα.

Οι χρόνοι και των τριών εικόνων είναι κοντά μεταξύ τους, με τον άνθρωπο να σημειώνει λίγο καλύτερο χρόνο, να ακολουθεί το λάστιχο ρόδας και τέλος το αεροπλάνο με τον μεγαλύτερο χρόνο αναγνώρισης. Τα αποτελέσματά μας μπορούν να

έρθουν σε αντιστοιχία με την έρευνα των Osgouei et al. (2017) που βρήκαν ότι όταν δοθεί λεκτικά περιγραφή του τι απεικονίζεται στην οθόνη τότε οι συμμετέχοντες μπορούν να το αναγνωρίσουν ευκολότερα.

Η ανάλυση συσχέτισης αποκάλυψε ενδιαφέρουσες σχέσεις μεταξύ των βαθμολογιών αναγνώρισης σε διάφορα τεστ. Παρατηρήθηκε σημαντική υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ των μικρών υφών και των βαθμολογιών των μεγάλων σχημάτων ($r=0,728$, $p<0,01$). Αυτή η ισχυρή συσχέτιση υποδηλώνει μια ισχυρή σχέση μεταξύ της ικανότητας αναγνώρισης μικρών υφών και της απόδοσης στον εντοπισμό μεγάλων σχημάτων.

Επιπλέον, βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ μεγάλων υφών και βαθμολογιών μεγάλων σχημάτων ($r=0,576$, $p<0,01$), υποδεικνύοντας μια ουσιαστική σχέση μεταξύ της απόδοσης αναγνώρισης στην ανίχνευση μεγάλων υφών και των βαθμολογιών που επιτυγχάνονται στην αναγνώριση όλων των μεγάλων σχημάτων.

Επιρροή των Ατομικών Χαρακτηριστικών

Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι τα μεμονωμένα χαρακτηριστικά μπορεί να επηρέασαν την απόδοση των συμμετεχόντων και στα τρία τεστ. Μερικά άτομα παρουσίαζαν σταθερά χαμηλότερες επιδόσεις σε όλα τα σενάρια δοκιμών, υποδεικνύοντας την πιθανή επίδραση μεμονωμένων παραγόντων στα αποτελέσματα των δοκιμών.

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα του τεστ με τις υφές, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μικρών υφών και των μεγάλων υφών.

Τέλος, παρατηρείται συσχέτιση των μικρών υφών και των σκορ των μεγάλων σχημάτων. Βάσει των αποτελεσμάτων κάποιοι συμμετέχοντες είχαν χαμηλότερη επίδοση και στα τρία τεστ και άρα επηρεάζουν πιθανόν και ατομικά χαρακτηριστικά.

8.2 Συζήτηση

Σε αυτή την έρευνα, παρέχουμε κάποιες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται αντιληπτός ο τρόπος της ηλεκτροστατικής ανάδρασης από χρήστες με πρόβλημα όρασης για πρόσβαση σε απλά οπτικά γραφικά όπως γεωμετρικά σχήματα, υφές και εικόνες που παρουσιάζονται σε μια ηλεκτροστατική οθόνη αφής.

Τα αποτελέσματα τείνουν να υποστηρίζουν τις πειραματικές μας υποθέσεις και δείχνουν ότι οι τυφλοί χρήστες είναι γενικά ικανοί να αναγνωρίζουν γραφικά στοιχεία όπως γεωμετρικά αντικείμενα, υφές και εικόνες. Τα ευρήματά μας έρχονται σε αντιστοιχία με τα ερευνητικά δεδομένα που κατέδειξαν ότι η ηλεκτροστατική απτική ανάδραση επιτρέπει στα άτομα με προβλήματα όρασης να αναγνωρίζουν και να κατανοούν γραφικά στοιχεία όπως σχήματα δωματίων και κατόψεις (Feitl et al., 2022), μοτίβα (Klatzky et al. 2019) αλλά και από τα ερευνητικά δεδομένα μια δονητικής οθόνης αφής που κατέδειξε ότι οι τυφλοί χρήστες είναι γενικά ικανοί να χαρτογραφήσουν, να διακρίνουν και να αναγνωρίσουν βασικά σχήματα και γεωμετρικά αντικείμενα (Tekli et al., 2018).

Είναι πολύ σημαντικό, χρήσιμο και ελπιδοφόρο το γεγονός ότι αναπτύσσεται διαρκώς βοηθητικό υλικό για άτομα με πρόβλημα όρασης και εμπορευματοποιείται στην αγορά. Οι έρευνες πρέπει να συνεχιστούν για να υπάρξει ένα γενικευμένο και αξιόπιστο αποτέλεσμα που να βοηθάει πρακτικά τα άτομα με πρόβλημα όρασης στη διαβίωσή τους. Από επιστημονικής άποψης μπορεί τα λογισμικά αυτά να είναι κρίσιμα για την επιτυχία αυτών των εξελίξεων, ωστόσο πρέπει να δοθεί και η απαραίτητη προσοχή στις διαδικασίες με τις οποίες γίνεται η πρόσβαση, η εκπαίδευση και η εξαγωγή των πληροφοριών. Σκοπός είναι να καλύπτονται οι ανάγκες του χρήστη καθώς ο ίδιος χρησιμοποιεί αυτή τη τεχνολογία προς όφελός του (Siu et al., 2021). Αυτή η διαδικασία απαιτεί να υπάρχουν ατομικές οδηγίες για την παροχή ανατροφοδότησης είτε μετακινώντας το χέρι του χρήστη ιχνηλατώντας μονοπάτια ή να υπάρχει εξατομικευμένη λεκτική ενθάρρυνση και καθοδήγηση ανάλογα με τις δεξιότητες του χρήστη (Fusco and Morash 2015 & Muehlbradt et al., 2018 & Penny Rosenblum et al., 2018). Στη δική μας περίπτωση αν και υπήρχαν οδηγίες για το πώς να εξερευνήσουν την οθόνη, δεν μπορούσαμε να μετακινήσουμε το χέρι του συμμετέχοντα ούτε να του δώσουμε λεκτική ενθάρρυνση. Ίσως αν ακολουθούσαμε αυτό το σύστημα να υπήρχε μεγαλύτερο ποσοστό αναγνώρισης των στοιχείων. Ωστόσο, στην τελευταία δοκιμασία που προσθέσαμε το στοιχείο της λεκτικής ενθάρρυνσης, καθώς δώσαμε λεκτικά στον συμμετέχοντα το όνομα της εικόνας που απεικονίζεται στην οθόνη, τον βοήθησε να αυξήσει την βαθμολογία του. Αυτό έρχεται σε αντιστοιχία με πειραματικά αποτελέσματα που έδειξαν ότι οι χρήστες δεν είναι σε θέση να συσχετίσουν μοτίβα ηλεκτροδότησης με γεωμετρικά σχήματα με απόλυτο τρόπο χωρίς πληροφορίες που σχετίζονται με αυτά (Osguei et al., 2017).

Η ανάπτυξη με γνώμονα τον χρήστη πρέπει να διασφαλίζει όχι μόνο ότι μια συσκευή μπορεί να κατασκευαστεί για να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες, αλλά και ότι είναι αισθητηριακά αποδεκτή και δεν έχει τόσο απότομη καμπύλη μάθησης που να περιορίζει την υιοθέτησή της από τον τελικό χρήστη (Giudice and Legge, 2008). Αν και υπάρχει μεγάλη τεχνολογική πρόοδος από τους τεχνικούς ερευνητές με σχέδια και αλγόριθμους, με οθόνες ιδιαίτερα ελκυστικές από την άποψη ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε συσκευές πολλαπλών χρήσεων, όπως ψηφιακές συσκευές ανάγνωσης, smartphone ή tablet, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι υπάρχει θεμελιώδης και διαρκής ανάγκη για αυστηρή αξιολόγηση, εστιάζοντας όχι μόνο στη λειτουργικότητα του συστήματος αλλά και στον σχεδιασμό εκμάθησης και κατεύθυνσης από τον χρήστη (Klatzky et al., 2014). Το πείραμα μας ήταν κάτι πολύ καινοτόμο για τους συμμετέχοντες και δεν ήταν εξοικειωμένοι με τέτοιου είδους απτικές συσκευές. Τα ατομικά χαρακτηριστικά μέσα στα οποία συγκαταλέγεται και η εξοικείωση με ηλεκτροστατική απτική συσκευή, πιθανώς να αποτέλεσαν τροχοπέδη στην αναγνώριση των στοιχείων στην οθόνη. Μια ανησυχία που παρατηρήθηκε ήταν ότι παρουσιαζόταν μείωση της τριβής, πιθανώς γιατί οι συμμετέχοντες κινούσαν γρήγορα το δάχτυλό τους ή το κρατούσαν πιεσμένο πολύ ώρα πάνω στην οθόνη, κάτι που παρεμποδίζει την παραγωγή τριβής. Αντίστοιχα, τα ερευνητικά δεδομένα που διερευνούν την επίδραση της κυματομορφής της τάσης εισόδου στην απτική αντίληψη της ηλεκτροδόνησης, υπογραμμίζουν την σπουδαιότητα που κατέχει η ταχύτητα σάρωσης των δακτύλων. Οι δυνάμεις τριβής που διαμορφώνονται από τη διεπαφή και την ταχύτητα σάρωσης επηρεάζουν τους μηχανικούς κραδασμούς που μετρώνται στην άκρη του δακτύλου και, επομένως, ενδεχομένως την απτική μας αντίληψη (Vardar et al., 2017). Ακόμη, στην ανίχνευση πληροφοριών σε μία οθόνη αφής παίζει ρόλο η ύπαρξη διακριτών απτικών αισθήσεων που δημιουργούνται μέσω μορφής κυμάτων όπου το πλάτος των τάσεων για κάθε αίσθηση είναι τουλάχιστον 1,16 dB μεταξύ τους για να μπορεί ο χρήστης να τις διαφοροποιήσει (Bau et al., 2010). Όταν ένας τυφλός χρήστης εξερευνά ένα εικονικό σχήμα σε μια οθόνη αφής, οι άκρες του σχήματος μπορούν να μεταφερθούν με τετράγωνα κύματα χαμηλής συχνότητας, ενώ ένα ημιτονοειδές κύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πιο ομαλή αίσθηση στο εσωτερικό (Vardar et al., 2017). Στο πείραμά μας ρυθμίσαμε την οθόνη έτσι ώστε να είναι διακριτές οι διάφορες υφές ώστε να έχουμε ένα άρτιο αποτέλεσμα με σκοπό να διευκολύνει την εμπειρία του χρήστη.

8.3 Περιορισμοί της έρευνας

Αν και ένας μεγαλύτερος αριθμός συμμετεχόντων θα ενίσχυε την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων μας, το μέγεθος του δείγματος των 26 συμμετεχόντων ήταν αρκετό για να παράγει στατιστικά σημαντικά ευρήματα σχετικά με τη βελτίωση της ικανότητας των συμμετεχόντων να αναγνωρίζουν γεωμετρικά σχήματα, υφές και εικόνες. Παρόλα αυτά θα ήταν σημαντικό να διεξαχθούν κι άλλες έρευνες με μεγαλύτερο αριθμό δείγματος. Ένας ακόμα περιορισμός ήταν ότι το υλικό περιοριζόταν σε ένα μόνο σημείο επαφής και πολλοί συμμετέχοντες εξέφρασαν τη δυσαρέσκειά τους στο να χρησιμοποιούν μόνο το ένα τους δάχτυλο.

8.4 Μελλοντικές έρευνες

Θεωρούμε την τρέχουσα μελέτη ως ένα σκαλοπάτι προς πιο ολοκληρωμένες και γενικεύσιμες αξιολογήσεις για την παραγωγή βέλτιστων συνταγών για τη χρήση της ηλεκτροστατικής τεχνολογίας για άτομα με πρόβλημα όρασης, παρόλα αυτά προτείνεται να διεξαχθούν κι άλλες έρευνες με μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων και να ελεγχθεί εάν με την εξάσκηση οι συμμετέχοντες αυξάνουν την αποδοτικότητά τους. Επίσης να δοκιμαστεί η χρηστικότητα της συσκευής σε σχέση με όλο και πιο περίπλοκες γραφικές έννοιες. Πολύ σημαντική είναι η ενσωμάτωση της πολυτροπικής παραγωγής προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από άτομα με προβλήματα όρασης. Συγκεκριμένα, θα μπορούσε να προσδιοριστεί εάν η ακουστική ανάδραση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία αποτελεσματικών στρατηγικών στους χρήστες ή για τη διόρθωση συμπεριφορών όπως η αποτυχημένη συστηματική κίνηση σάρωσης. Ακόμη θα ήταν χρήσιμο να μετρηθούν και να αξιολογηθούν οι στρατηγικές απτικής εξερεύνησης των χρηστών που προσπαθούν να αντιληφθούν το αντικείμενο-στόχο και να συσχετιστούν με διαφορετικές διαστάσεις της επιθυμητής γνώσης σχετικά με τα γραφικά. Τέλος μια πολύ κρίσιμη κατεύθυνση που πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω είναι να ενεργοποιηθούν πολλαπλά σημεία επαφής στην οθόνη αφής. Με βελτιώσεις στο υλικό και το υλικολογισμικό για τη δυνατότητα πολλαπλής αφής, απαιτείται μελλοντική εργασία για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου της βελτιωμένης χωρικής επίγνωσης στην απόδοση πολύπλοκων απτικών εργασιών.

9. Βιβλιογραφία

- Abdolrahmani, A., Kuber, R., & Hurst, A. (2016, April). An empirical investigation of the situationally-induced impairments experienced by blind mobile device users. In *Proceedings of the 13th International Web for All Conference* (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1145/2899475.2899482>
- Bach-y-Rita, P., Collins, C. C., Saunders, F. A., White, B., & Scadden, L. (1969). Vision substitution by tactile image projection. *Nature*, 221(5184), 963-964. <https://doi.org/10.1038/221963a0>
- Bach-Y-Rita, P., & Hughes, B. (1985). A modified optacon: Towards an educational program. Paper presented at Discovery '84: Technology for Disabled Persons, Chicago, IL, USA. Retrieved from <http://eric.ed.gov/?id=ED286326>
- Baldwin, D. (2003). Wayfinding technology: A road map to the future. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 97(10), 612-620
<https://doi.org/10.1177/0145482X0309701006>
- Basdogan, C., Giraud, F., Levesque, V., & Choi, S. (2020). A review of surface haptics: Enabling tactile effects on touch surfaces. *IEEE transactions on haptics*, 13(3), 450-470. <https://doi.org/10.1109/TOH.2020.2990712>
- .Bateman, A., Zhao, O. K., Bajcsy, A. V., Jennings, M. C., Toth, B. N., Cohen, A. J., ... & Oliveira, M. A. (2018). A user-centered design and analysis of an electrostatic haptic touchscreen system for students with visual impairments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 109, 102-111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.09.004>
- Bau, O., Poupyrev, I., Israr, A., and Harrison, C., 2010. TeslaTouch: Electro-vibration for touch surfaces. Proceedings from UIST '10: ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 283-292. New York, NY: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1866029.1866074>
- Bau, O., Poupyrev, I., Israr, A., & Harrison, C. (2010, October). TeslaTouch: electrovibration for touch surfaces. In *Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology* (pp. 283-292). <https://doi.org/10.1145/1866029.1866074>

- Beal, C. R., & Penny Rosenblum, L. (2018). Evaluation of the effectiveness of a tablet computer application (app) in helping students with visual impairments solve mathematics problems. *Journal of visual impairment & blindness*, 112(1), 5–19. <http://dx.doi.org/10.1177/0145482X1811200102>
- Darabont, D. C., Badea, D. O., Trifu, A., & Fogarassy, P. (2020). The impact of new assistive technologies on specific occupational risks for blind and visual impaired peoples. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 305). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202030500079>
- Elmannai, W., & Elleithy, K. (2017). Sensor-based assistive devices for visually-impaired people: Current status, challenges, and future directions. *Sensors*, 17(3), 565. <https://doi.org/10.3390/s17030565>
- Feitl, S., Kreimeier, J., & Götzelmann, T. (2022, June). Accessible Electrostatic Surface Haptics: Towards an Interactive Audiotactile Map Interface for People With Visual Impairments. In *Proceedings of the 15th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 522-531). <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3529190.3534781#:~:text=https%3A//doi.org/10.1145/3529190.3534781>
- Giudice, N. A., Betty, M. R., & Loomis, J. M. (2011). Functional equivalence of spatial images from touch and vision: Evidence from spatial updating in blind and sighted individuals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(3), 621–634. <https://doi.org/10.1037/a0022331>
- Gorlewicz, J. L., Tennison, J. L., Palani, H. P., & Giudice, N. A. (2018). The graphical access challenge for people with visual impairments: Positions and pathways forward. In *Interactive Multimedia-Multimedia Production and Digital Storytelling*. IntechOpen <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82289>
- Gupta, R., Balakrishnan, M., & Rao, P. V. M. (2017). Tactile diagrams for the visually impaired. *IEEE Potentials*, 36(1), 14-18. <https://doi.org/10.1109/MPOT.2016.2614754>

- Hansen, E. G., Shute, V. J., & Landau, S. (2010). An assessment-for-learning system in mathematics for individuals with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 104(5), 275-286. <https://doi.org/10.1177/0145482X1010400503>
- Hayward, V., Astley, O.R., Cruz-Hernandez, M., Grant, D., & Robles-De-La-Torre, G. (2004). Haptic interfaces and devices. *Sensor Review*, 24 (1), 16-29. DOI:[10.1108/02602280410515770](https://doi.org/10.1108/02602280410515770)
- Horton, E. L., Renganathan, R., Toth, B. N., Cohen, A. J., Bajcsy, A. V., Bateman, A., ... & Oliveira, M. A. (2017). A review of principles in design and usability testing of tactile technology for individuals with visual impairments. *Assistive technology*, 29(1), 28-36. <https://doi.org/10.1080/10400435.2016.1176083>
- Horton, E.L., Renganathan, R., Toth, B.N., Cohen, A.J., Bajcsy, A.V., Bateman, A., Jennings, M.C., Khattar, A., Kuo, R.S., Lee, F.A., Lim, M.K., Migasiuk, L.W., Zhang, A., Zhao, O.K., and Oliveira, M.A., 2016. A review of principles in design and usability testing of tactile technology for individuals with visual impairments. Manuscript submitted for publication.
- Israr, A., Zhao, S., Schwalje, K., Klatzky, R., and Lehman, J., 2014. Feel effects: Enriching storytelling with haptic feedback. *ACM Transactions on Applied Perception*, 11(3). <https://doi.org/10.1145/2641570>
- Jay, C., Stevens, R., Hubbard, R., & Glencross, M. (2008). Using haptic cues to aid nonvisual structure recognition. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 5(2), 1-14. <https://doi.org/10.1145/1279920.1279922>
- Kaczmarek, K., Bach-Y-Rita, P., Tompkins, W. J., & Webster, J. G. (1985). A Tactile Vision-Substitution System for the Blind: Computer-Controlled Partial Image Sequencing. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-32(8), 602–608. <https://doi.org/10.1109/tbme.1985.325599>
- Kahol, K., Tripathi, P., & Panchanathan, S. (2005). Haptic User Interfaces: Design, testing and evaluation of haptic cueing systems to convey shape, material and texture information. In *International Conference on Human-Computer Interaction*.

- Kane, S. K. (2011). Understanding and creating accessible touch screen interactions for blind people (Doctoral dissertation). Retrieved from Dissertations and Theses database. (UMI No. 3485410)
- Khan, A., & Khusro, S. (2020). An insight into smartphone-based assistive solutions for visually impaired and blind people: issues, challenges and opportunities. *Universal Access in the Information Society*. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00733-8>
- Klatzky, R., & Lederman, S. (2003). Touch. In I. B. Weiner, A. F. Healy & R. Proctor (Eds.), *Experimental Psychology; Handbook of Psychology* (Vol. 4, pp. 147-176). New York: Wiley
- Klatzky, R. L., Nayak, A., Stephen, I., Dijour, D., & Tan, H. Z. (2019). Detection and identification of pattern information on an electrostatic friction display. *IEEE transactions on haptics*, 12(4), 665-670.
<https://doi.org/10.1109/TOH.2019.2940215>
- Legge, G. E., Madison, C., Vaughn, B. N., Cheong, A. M., & Miller, J. C. (2008). Retention of high tactile acuity throughout the life span in blindness. *Perception & Psychophysics*, 70(8), 1471-1488. <https://doi.org/10.3758/PP.70.8.1471>
- Manduchi, R., & Coughlan, J. (2012). (Computer) vision without sight. *Communications of the ACM*, 55(1), 96-104.
<https://doi.org/10.1145/2063176.2063200>
- Mallinckrodt, E., A. Hughes, and W. Sleator, Perception by the Skin of Electrically Induced Vibrations. *Science*, 1953. 118(3062): pp. 277-278.
<https://doi.org/10.1126/science.118.3062.277>
- Melfi, G., Müller, K., Schwarz, T., Jaworek, G., & Stiefelhagen, R. (2020, April). Understanding what you feel: A mobile audio-tactile system for graphics used at schools with students with visual impairment. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).
<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3313831.3376508#:~:text=https%3A//doi.org/10.1145/3313831.3376508>

- Morash, V., & Mckerracher, A. (2014). The relationship between tactile graphics and mathematics for students with visual impairments. *Terra Haptica*, 4, 13–22.
- Minogue, J., & Jones, M. G. (2006). Haptics in education: Exploring an untapped sensory modality. *Review of Educational Research*, 76(3), 317-348. <https://doi.org/10.3102/00346543076003317>
- Osgouei, R. H., Kim, J. R., & Choi, S. (2016). Identification of primitive geometrical shapes rendered using electrostatic friction display. 2016 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS). <https://doi.org/10.1109/HAPTICS.2016.7463177>
- Papadopoulos, K. S., & Goudiras, D. B. (2005). Accessibility assistance for visually-impaired people in digital texts. *British journal of visual impairment*, 23(2), 75-83. <https://doi.org/10.1177/0264619605054779>
- Pascolini, D., & Mariotti, S. P. (2012). Global estimates of visual impairment: 2010. *The British journal of ophthalmology*, 96(5), 614–618. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-300539>
- Penny Rosenblum, L., Cheng, L., Zebehazy, K., Emerson, R. W., & Beal, C. R. (2020). Teachers’ descriptions of mathematics graphics for students with visual impairments: A preliminary investigation. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 114(3), 231–236. <http://dx.doi.org/10.1177/0145482X20923442>
- Rincon-Gonzalez L, Naufel SN, Santos VJ, Helms Tillery S. Interactions between tactile and proprioceptive representations in haptics. *J Mot Behav*. 2012;44(6):391-401. <https://doi.org/10.1080/00222895.2012.746281>
- Ptito, M., Bleau, M., Djerourou, I., Paré, S., Schneider, F. C., & Chebat, D. R. (2021). Brain-machine interfaces to assist the blind. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 638887. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.638887>
- Sankey, M., Birch, D., & Gardiner, M. (2010). Engaging students through multimodal learning environments: The journey continues. In *Proceedings ASCILITE 2010: 27th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in 32 Tertiary Education: Curriculum, Technology and Transformation for an Unknown Future* (pp. 852-863). Sydney, Australia: ASCILITE. <http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney10/procs/Sankey-full.pdf>

- Schmid, P., Bader, M., & Maier, T. (2020). Tactile Information Coding by Electro-tactile Feedback. In CHIRA (pp. 37-43).
<http://dx.doi.org/10.5220/0010066300370043>
- Shultz, C. D., Peshkin, M. A., & Colgate, J. E. (2015, June). Surface haptics via electroadhesion: Expanding electrovibration with Johnsen and Rahbek. In 2015 IEEE World Haptics Conference (whc) (pp. 57-62). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/WHC.2015.7177691>
- Shultz, C. D., Peshkin, M. A., & Colgate, J. E. (2018, March). On the electrical characterization of electroadhesive displays and the prominent interfacial gap impedance associated with sliding fingertips. In *2018 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)* (pp.151-157).IEEE.
<https://doi.org/10.1109/HAPTICS.2018.8357168>
- Siu, A. F., Chase, E. D., Kim, G. S. H., Boadi-Agyemang, A., Gonzalez, E. J., & Follmer, S. (2021). Haptic guidance to support design education and collaboration for blind and visually impaired people. *Design Thinking Research: Translation, Prototyping, and Measurement*, 167-180.
<https://ideas.repec.org/b/spr/undinn/978-3-030-76324-4.html#:~:text=DOI%3A%2010.1007/978%2D3%2D030%2D76324%2D4>
- Sjöström, C., Danielsson, H., Magnusson, C., & Rasmus-Gröhn, K. (2003). Phantom-based haptic line graphics for blind persons. *Visual Impairment Research*, 5(1), 13-32. <https://doi.org/10.1076/vimr.5.1.13.15972>
- Strong, R.M. and Troxel, D.E., 1970. An electro-tactile display. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11(1), 72-79.
<https://doi.org/10.1109/TMMS.1970.299965>
- Tekli, J., Issa, Y. B., & Chbeir, R. (2018). Evaluating touch-screen vibration modality for blind users to access simple shapes and graphics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 110, 115-133.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.10.009>

- Tinti, C., Adenzato, M., Tamietto, M., & Cornoldi, C. (2006). Visual experience is not necessary for efficient survey spatial cognition: Evidence from blindness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(7), 1306–1328. <https://doi.org/10.1080/17470210500214275>
- Turk, M. (2014). Multimodal interaction: A review. *Pattern Recognition Letters*, 36, 189- 195. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2013.07.003>
- Vardar, Y., Güçlü, B., & Basdogan, C. (2017). Effect of waveform on tactile perception by electrovibration displayed on touch screens. *IEEE transactions on haptics*, 10(4), 488-499. <https://doi.org/10.1109/TOH.2017.2704603>
- Wan, C. Y., Wood, A. G., Reutens, D. C., & Wilson, S. J. (2010). Early but not late-blindness leads to enhanced auditory perception. *Neuropsychologia*, 48(1), 344-348. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.016>
- Wiener, W. R., Welsh, R. L., & Blasch, B. B. (2010). *Foundations of orientation and mobility* (Vol. 1). American Foundation for the Blind.
- Withagen, A., Kappers, A. M., Vervloed, M. P., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2013). Short term memory and working memory in blind versus sighted children. *Research in Developmental Disabilities*, 34(7), 2161-2172. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.03.028>
- Xu, C., Israr, A., Poupyrev, I., Bau, O., and Harrison, C., 2011. Tactile display for the visually impaired using TeslaTouch. *Proceedings from CHI '11: Conference on Human Factors in Computing Systems*, 317-322. Vancouver, BC, Canada: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1979742.1979705>
- Yao, Y.-T., & Leung, C.-Y. (2012). Research the mobile phone operation interfaces for vision-impairment. *Work*, 41, 4775–4781.
DOI: 10.3233/WOR-2012-0763-4775
- Yu, W., Kangas, K., & Brewster, S. (2003). Web-based haptic applications for blind people to create virtual graphs. In *Proceedings of the 11th Symposium on Haptic*

Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (pp. 318–325).
WashingtonD.C., USA: IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/HAPTIC.2003.1191301>

Γεωργούλα Ε.(2018). Αναγνώριση υφών μέσω απτικής συσκευής ανάδρασης –
Σύγκριση νεαρών ενηλίκων τυπικής όρασης και με οπτική αναπηρία.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Ειδική Αγωγή, Εκπαίδευση και
Αποκατάσταση, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
<http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/22346>

10. Παράρτημα

Φύλλο αξιολόγησης

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

Χρόνος:

ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ

	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ				

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 1^η –ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΚΥΚΛΟΣ ΜΙΚΡΟΣ				
ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΙΚΡΟ				
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΜΙΚΡΟ				
ΡΟΜΒΟΣ ΜΙΚΡΟΣ				

ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΜΙΚΡΟ				
--------------------	--	--	--	--

	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	Χ Ρ Ο Ν Ο Σ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΕΣΑΙΟ				
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΜΕΣΑΙΟ				
ΚΥΚΛΟΣ ΜΕΣΑΙΟΣ				
ΡΟΜΒΟΣ ΜΕΣΑΙΟΣ				
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΜΕΣΑΙΟ				

	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
				Σ

ΡΟΜΒΟΣ ΜΕΓΑΛΟΣ				
ΤΡΙΓΩΝΟ ΜΕΓΑΛΟ				
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΜΕΓΑΛΟ				
ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΜΕΓΑΛΟ				
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΜΕΓΑΛΟ				

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 2- ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΥΦΩΝ

ΜΙΚΡΕΣ ΥΦΕΣ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΙΔΙΕΣ ΥΦΕΣ				

ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΦΕΣ				
----------------------	--	--	--	--

ΜΕΓΑΛΕΣ ΥΦΕΣ	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΙΔΙΕΣ ΥΦΕΣ				
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΥΦΕΣ				

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ 3- ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

	ΕΠΙΤΥΧΙΑ	ΑΠΟΤΥΧΙΑ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΡΟΔΑ				
ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ				
ΑΝΘΡΩΠΟΣ				

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

1. Τόπος κατοικίας: _____

2. Φύλο:

(1) Άνδρας

(2) Γυναίκα

3. Ηλικία: _____

4. Μορφωτικό επίπεδο:

(1) Μαθητής δημοτικού

(2) Απόφοιτος πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

(3) Μαθητής γυμνασίου

(4) Απόφοιτος γυμνασίου

(5) Μαθητής λυκείου

(6) Απόφοιτος λυκείου

(7) Φοιτητής

(8) Απόφοιτος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης

5. Ηλικία εμφάνισης των προβλημάτων όρασης: _____

6. Ηλικία απώλειας της όρασης: _____

7. Βαθμός αναπηρίας:

(1) ολική τύφλωση

(2) βαριά οπτική αναπηρία

(3) μέτρια οπτική αναπηρία

8. Οπτική οξύτητα στο αριστερό μάτι:

(1) ολική τύφλωση, χωρίς αντίληψη του φωτός

(2) μόνο αντίληψη του φωτός

(3) μικρότερη του ενός εικοστού

(4) καλύτερη του ενός εικοστού και χειρότερη του ενός δεκάτου

(5) καλύτερη του ενός δεκάτου

9. Οπτική οξύτητα στο δεξί μάτι:

(1) ολική τύφλωση, χωρίς αντίληψη του φωτός

(2) μόνο αντίληψη του φωτός

(3) μικρότερη του ενός εικοστού

(4) καλύτερη του ενός εικοστού και χειρότερη του ενός δεκάτου

(5) καλύτερη του ενός δεκάτου

10. Οπτικό πεδίο:

(1) πλήρες οπτικό πεδίο

(2) απώλεια κεντρικής όρασης

(3) απώλεια περιφερειακής όρασης

11. Αναφέρετε τον τρόπο και μέσα που χρησιμοποιείτε για την ανάγνωση:

(1) μπράιγ

(2) λογισμικό ανάγνωσης οθόνης (ηχητική ανάγνωση με screen reader)

(3) κείμενα βλεπόντων με τη χρήση βοηθημάτων χαμηλής όρασης (φακοί, μεγεθυμένες εκτυπώσεις, κτλ)

12. Πόσο συχνά διαβάζετε απτικές εικόνες ή χάρτες αφής;

(1) ποτέ

(2) σπάνια

(3) μερικές φορές

(4) πολλές φορές

(5) καθημερινά

13. Πόσο συχνά χρησιμοποιείτε τον υπολογιστή;

(1) Πάνω από 20 ώρες την εβδομάδα

(2) Περίπου 10 ώρες την εβδομάδα

(3) Τουλάχιστον 5 ώρες την εβδομάδα

(4) Λιγότερο από 5 ώρες την εβδομάδα

Ερωτηματολόγιο Πολλαπλής Νοημοσύνης

Παρακαλώ απαντήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με τις παρακάτω δηλώσεις:

(καθόλου, λίγο, μέτρια, πολύ, απόλυτα)

Χωρική νοημοσύνη

1. Σκέφτομαι χρησιμοποιώντας χωρικές εικόνες και απεικονίσεις.
2. Γνωρίζω τι υπάρχει γύρω μου και σε ποια θέση βρίσκονται τα πράγματα (είμαι καλός σ' αυτό).
3. Μου αρέσουν τα παιχνίδια συναρμολόγησης ή/και να φτιάχνω τρισδιάστατες κατασκευές/γλυπτά (χρησιμοποιώντας πλαστελίνη, τουβλάκια, πηλό, και άλλα υλικά).
4. Όταν διαβάζω, σχηματίζω εικόνες ή σχέδια στο μυαλό μου.
5. Μπορώ να ανακαλέσω πράγματα σε νοητές εικόνες.

Σωματική-κιναισθητική νοημοσύνη

1. Μου αρέσουν οι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν κίνηση.
2. Μαθαίνω μια δεξιότητα κάνοντάς την.
3. Στο σχολείο είμαι/ήμουν καλός στις χειροτεχνίες/κατασκευές.
4. Μου αρέσουν τα παιχνίδια σε εξωτερικό χώρο.
5. Μου αρέσει να δουλεύω με εργαλεία.