



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΩΝ

Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Ειδική Αγωγή, Εκπαίδευση και Αποκατάσταση»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα μέσης ηλικίας
με οπτική αναπηρία**

Βαΐα Καλπία

Θεσσαλονίκη, 2018



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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα μέσης ηλικίας με οπτική αναπηρία.

The perception of texture in a virtual environment by middle-aged people with visual impairment

Βαΐα Καλπία

Εξεταστική επιτροπή

Κωνσταντίνος Παπαδόπουλος (Επόπτης)

Κουστριάβα Ελένη

Παπακωνσταντίνου Δόξα

Θεσσαλονίκη, 2018

Ο/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.

Βαΐα Καλπία

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Abstract	2
Πρόλογος	3
Εισαγωγή	4
Κεφάλαιο 1 ^ο : Θεωρητική θεμελίωση της έρευνας	7
1.1. Η συμβολή των αισθήσεων στην κατανόηση του περιβάλλοντος από άτομα με οπτική αναπηρία	7
1.2. Η σημαντικότητα και ο τρόπος λειτουργίας της αίσθησης της αφής.....	8
1.2.1. Δερματικό και Κινησθητικό σύστημα	9
1.2.2. Ενεργητική και παθητική αφή.....	10
1.2.3. Τρόπος αντίληψης αντικειμένων	11
1.3. Τι γίνεται αντιληπτό μέσω της αφής. Η έννοια της υφής.....	14
1.4. Ο όρος haptic -απτικό-	16
1.4.1. Απτική τεχνολογία	18
1.4.2 Απτικές συσκευές ή διεπαφές.....	20
1.4.3. Παραδείγματα απτικών συσκευών-διεπαφών	22
1.5. Η απτική τεχνολογία στη συμβολή των ατόμων με οπτική αναπηρία	29
1.5.1. ερευνητικά δεδομένα στον τομέα του προσανατολισμού και της κινητικότητας...	29
1.5.2. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα της εκπαίδευσης (φυσικές επιστήμες).....	33
1.5.3. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα της επεξεργασίας, αναγνώρισης και αντίληψης αντικειμένων	36
1.5.4. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα του διαδικτύου, της ψυχαγωγίας και της τέχνης	40
1.6. Διερευνητικά ερωτήματα.....	43
Κεφάλαιο 2 ^ο : Μεθοδολογία της έρευνας	44
2.1. Ερευνητική Στρατηγική.....	44
2.2. Συμμετέχοντες.....	45
2.3. Διαδικασίες και εργαλεία της έρευνας	48
2.3.1 Διαδικασία πειράματος.....	50
2.4. Ανάλυση των δεδομένων	51
Κεφάλαιο 3 ^ο : Αποτελέσματα της έρευνας.....	52
Κεφάλαιο 4 ^ο : Συζήτηση-Συμπεράσματα	56
4.1 Συζήτηση.....	56
4.2. Συμπεράσματα	62
4.1. Περιορισμοί της έρευνας	63
4.2. Προτάσεις	64
Βιβλιογραφικές Παραπομπές	67

Περίληψη

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει πως οι απτικές συσκευές δυναμικής ανάδρασης αποτελούν ένα σύγχρονο εργαλείο, άκρως σημαντικό και σχεδόν αναγκαίο για τους ανθρώπους με οπτική αναπηρία. Οι συσκευές αυτές, σε συνδυασμό με κατάλληλα λογισμικά προγράμματα, δίνουν τη δυνατότητα στα άτομα με οπτική αναπηρία να αντιληφθούν με ακρίβεια πολύπλοκα διδακτικά αντικείμενα, να γνωρίσουν και να έρθουν σε επαφή με γεγονότα και καταστάσεις που μέχρι τώρα ήταν αδύνατο και να μπορούν να δρουν αυτόνομα και προστατευμένα διατηρώντας την ιδιωτικότητά τους. Η παρούσα έρευνα μελετά την αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα μέσης ηλικίας με οπτική αναπηρία. Αποσκοπεί στο να διερευνήσει ποια είναι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που πρέπει να διαθέτει η υφή των εικόνων ώστε να επιτυγχάνεται η σωστή και ει δυνατόν εύκολη διάκρισή τους και ποια από τα επιμέρους απτικά χαρακτηριστικά *-υφή, τριβή, σκληρότητα, υπερύψωση-* γίνονται πιο εύκολα αντιληπτά. Για τους σκοπούς αυτούς δημιουργήθηκαν δεκαπέντε σύνολα εικόνων τα οποία εξετάστηκαν μέσω της απτικής συσκευής δυναμικής ανάδρασης Phantom. Οι συμμετέχοντες είναι δεκαπέντε άτομα με οπτική αναπηρία και δεκαπέντε βλέποντα. Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα της έρευνας είναι πως: α) μεταξύ των ιδιοτήτων της υφής, της τριβής, της σκληρότητας και της υπερύψωσης, η τριβή είναι εκείνη που γίνεται πιο σωστά και γρήγορα αντιληπτή από τα άτομα με οπτική αναπηρία και β) για να είναι αντιληπτή η υφή των εικόνων, χρειάζεται αυτές να έχουν έντονη τη μεταβλητή της αξίας, να αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία η κάθε μία και οι ίδιες εικόνες να έχουν οριζόντια ή και διαγώνια διάταξη.

Λέξεις κλειδιά: οπτική αναπηρία, απτικές συσκευές, υφή, τριβή, Phantom

Abstract

The literature review shows that haptic force feedback devices are a modern tool, extremely important and almost indispensable for people with visual impairment. These devices, coupled with the appropriate software programs, enable people with visual impairment to fully grasp complex teaching subjects, to familiarise themselves and come into contact with events and situations with which it was impossible to do so until now and to act autonomously and safely while maintaining their privacy. The present research studies the perception of texture in a virtual environment by middle-aged people with visual impairment. It aims at exploring the features that the texture of the images should have so that correct and, if possible, easy distinction between them can be attained as well as which of the individual characteristics -*texture, friction, stiffness, height*- are easier to perceive. For these purposes, fifteen sets of images were created and tested using the Phantom haptic force feedback device. The participants are fifteen middle-aged adults with visual impairment and fifteen middle-aged sighted adults (blindfolded). The most important findings of the research are: a) amongst the features of texture, friction, stiffness and height, friction is the feature that is most readily perceived by people with visual impairment and b) in order for the texture of the images to be perceived, they need to have a strong value variable, each of them needs to consist of different elements and the same images should be horizontally and/or diagonally arranged.

Key words: visual impairment, haptic devices, texture, friction, Phantom

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή προέκυψε ως ανάγκη μιας όσο το δυνατόν σύγχρονης προσέγγισης σε ζητήματα που αφορούν τα άτομα με οπτική αναπηρία και σε μία απόπειρα συμβολής στο ερευνητικό πεδίο της απτικής τεχνολογίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Παπαδόπουλο για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά του, τον Παναγιώτη Κουκουρίκο για την υποστήριξή του σε ζητήματα τεχνικής φύσεως και τον Γιάννη Καλογερόπουλο για την επιμέλεια του κειμένου. Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Αθλητικό Σύλλογο Τυφλών *Ήφαιστος* για τη φιλοξενία που μας παρείχε κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Τέλος, από καρδιάς, ευχαριστώ όλα τα άτομα που συμμετείχαν στο πείραμα για την ηθική υποστήριξή τους και την ενθουσιώδη ανταπόκρισή τους.

Εισαγωγή

Η κατανόηση και η γνώση του φυσικού περιβάλλοντος επιτυγχάνεται μέσω των αισθήσεων, των αισθητηριακών ερεθισμάτων και της αποκωδικοποίησης αυτών (Schacter, Gilbert & Wegner, 2012). Λόγω της ιδιαιτερότητάς τους, τα άτομα με οπτική αναπηρία, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν τα αντισταθμιστικά αισθητήρια κανάλια της αφής, της ακοής και της όσφρησης προκειμένου να αντιληφθούν και να κατανοήσουν τον κόσμο (Lahav & Mioduser, 2004). Η αίσθηση της αφής είναι η μόνη διαδραστική αίσθηση μιας που η απτική διαδικασία επιτρέπει τη διπλής κατεύθυνσης αλληλεπίδραση, μεταξύ ατόμου-αντικείμενου, τόσο με τα φυσικά όσο και με τα εικονικά και απομακρυσμένα αντικείμενα, στα ανάλογα περιβάλλοντα (Massie & Salisbury, 1994).

Οι άνθρωποι, προκειμένου να προσλάβουν μέσω της αφής πληροφορίες αλλά και για να αναγνωρίσουν συνήθη αντικείμενα, χρησιμοποιούν άκρως αποτελεσματικά τα χέρια τους (Lederman & Klatzky, 2009b). Ο Gibson (1962) ονομάζει την ενεργητική αφή *απτική σάρωση* (tactile scanning), κατά την *οπτική σάρωση*, και τη θεωρεί ιδιαίτερα σημαντική στην οπτική αναπηρία. Οι κινήσεις των δακτύλων παρομοιάζονται με τις κινήσεις των ματιών, ενώ δερματικά και κιναισθητικά ερεθίσματα συνδυάζονται ποικιλοτρόπως, ώστε να υποστηρίξουν τις διαφορετικές απτικές λειτουργίες (Gibson, 1962· Lederman & Klatzky, 2009a).

Μέσω της αφής γίνονται άμεσα αντιληπτές ιδιότητες και έννοιες όπως αυτές της υφής, της τραχύτητας, της θερμότητας, της προσαρμοστικότητας και του βάρους, για την αντίληψη των οποίων η όραση δεν είναι απαραίτητη, ενώ λιγότερο εύκολα προσλαμβάνονται οι πληροφορίες αναφορικά με το υλικό και το σχήμα (Burdea, 1999· Lederman & Klatzky, 2009b).

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία αύξηση στο πεδίο της έρευνας που αφορά τις απτικές διεργασίες με πλήθος ερευνητών, από διαφορετικά γνωστικά πεδία, όπως ψυχοφυσικοί και άλλοι πειραματικοί ψυχολόγοι, μηχανολόγοι μηχανικοί και επιστήμονες της πληροφορικής, να συμμετέχουν σε αυτές, με στόχο την ανάπτυξη αποτελεσματικών απτικών και πολυαισθητηριακών διεπαφών σε εικονικά και απομακρυσμένα περιβάλλοντα (Lederman & Klatzky, 2009a). Οι διεπαφές ή απτικές συσκευές (interfaces or haptic devices) υπολογίζουν τις κινήσεις των χεριών του χρήστη, διεγείρουν την αισθητηριακή δυνατότητα αυτών, επιτρέπουν την επικοινωνία ανθρώπων-μηχανών, μέσω της αφής και της απόκρισης στην κίνηση, και διαρκώς εξελίσσονται παρέχοντας ακρίβεια πληροφοριών και ευκολία χρήσης (Hayward, Astley, Cruz-Hernandez, Grant & Robles-De-La-Torre, 2004; Sharma, Uppal & Gupta, 2011).

Η παρούσα διπλωματική διατριβή αποτελείται από 4 κεφάλαια και μελετά την αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα μέσης ηλικίας με οπτική αναπηρία, σε μία προσπάθεια συμβολής στην έρευνα στον τομέα της απτικής τεχνολογίας η οποία επιδιώκει τη διάδραση του χρήστη με έναν νέο τρόπο όσον αφορά την πρόσληψη πληροφοριών και τη μετάδοση ιδεών (Sharma, Uppal & Gupta, 2011).

Το 1^ο κεφάλαιο αντιστοιχεί στη θεωρητική θεμελίωση της έρευνας και είναι χωρισμένο σε 6 μέρη. Στο 1^ο μέρος γίνεται λόγος για τη συμβολή των αισθήσεων στην κατανόηση του περιβάλλοντος, τον ρόλο της όρασης σε αυτό και το πώς τα άτομα με οπτική αναπηρία αντισταθμίζουν την απώλειά της. Στο 2^ο μέρος αναλύεται η σημαντικότητα της αίσθησης της αφής και ο τρόπος λειτουργίας της. Γίνεται αναφορά στο δερματικό και το κιναισθητικό σύστημα, τα οποία συνεργάζονται κατά την απτική

διαδικασία, και στους δύο διαφορετικούς τύπους αφής –ενεργητική και παθητική. Επίσης, αναλύεται ο τρόπος αντίληψης των αντικειμένων. Στο 3^ο μέρος ορίζεται τι γίνεται αντιληπτό μέσω της αφής και παρουσιάζεται η έννοια της υφής. Στο 4^ο μέρος γίνεται λόγος για τον όρο *haptic* –απτικό, παρατίθενται δεδομένα που αφορούν στην απτική τεχνολογία και αναλύονται οι απτικές συσκευές, ενώ στο 5^ο μέρος παρουσιάζονται ερευνητικά δεδομένα που αναδεικνύουν τη συμβολή της απτικής τεχνολογίας για τα άτομα με οπτική αναπηρία. Το 6^ο μέρος περιλαμβάνει το σκοπό της παρούσας έρευνας και τα διερευνητικά ερωτήματα που τίθενται.

Το 2^ο κεφάλαιο αφορά στη μεθοδολογία της έρευνας και αποτελείται από 4 μέρη. Σε αυτά παρουσιάζονται τόσο η ερευνητική στρατηγική όσο και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για τις ανάγκες της έρευνας, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν όπως επίσης αναλύονται τα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων,

Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από το πείραμα και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, ενώ στο 4^ο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα, οι περιορισμοί της έρευνας, οι προτάσεις και οι πιθανοί τρόποι αξιοποίησής της.

Κεφάλαιο 1^ο: Θεωρητική θεμελίωση της έρευνας

1.1. Η συμβολή των αισθήσεων στην κατανόηση του περιβάλλοντος από άτομα με οπτική αναπηρία

Η κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος και η γνώση αυτού είναι ανθρώπινη ανάγκη και επιτυγχάνεται μέσω των αισθήσεων, των αισθητηριακών ερεθισμάτων και της αποκωδικοποίησης αυτών (Schacter, Gilbert & Wegner, 2012). Οι άνθρωποι, παρόλο που διαφέρουν ως προς την ακρίβεια με την οποία προσλαμβάνουν τις χωρικές πληροφορίες και γνωρίζουν το περιβάλλον, συνήθως, τις προσλαμβάνουν μέσω της όρασης, μιας αναντίρρητα σημαντικής αίσθησης, η οποία παρέχει τη δυνατότητα συλλογής πλήθους πληροφοριών άμεσα και γρήγορα (Fritz & Barner, 1999· Papadopoulos, 2004· Spencer, Morsley, Ungar, Pike & Blades, 1992· Wolbers & Hegarty, 2010).

Στην περίπτωση της οπτικής αναπηρίας το άτομο στερείται της δυνατότητας να αντιληφθεί οπτικά σημαντικές ιδιότητες κάποιου αντικειμένου ή του περιβάλλοντα χώρου και αρκετές φορές αδυνατεί ακόμα και να αντιληφθεί την ύπαρξή τους (Jansson, 2000). Έτσι, λόγω της ιδιαιτερότητάς τους, τα άτομα με οπτική αναπηρία, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν τα αντισταθμιστικά αισθητήρια κανάλια της αφής, της ακοής και της όσφρησης προκειμένου να αντιληφθούν και να κατανοήσουν τον κόσμο (Lahav & Mioduser, 2004).

Μπορεί η νοητή αναπαράσταση των δεδομένων, διαδικασία μέσω της οποίας γίνεται αντιληπτός ο περιβάλλον χώρος, να σχετίζεται κυρίως με την οπτικοποίηση αυτών, όμως, η διαδικασία της εξερεύνησης και της πρόσληψης πληροφοριών μέσω της

αφής κρίνεται ως άκρως αποδοτική και απαραίτητη για την κατανόηση του περιβάλλοντος και των αντικειμένων του (Fritz & Barner, 1999· Iwata, 2008· Jansson & Billberger, 1999). Ενώ η όραση και η ακοή παρέχουν ακριβείς χωρικές και χρονικές πληροφορίες, η αφή, βασιζόμενη στην κίνηση για να διεγείρει την αντίληψη, είναι η μοναδική αίσθηση που παρέχει στους ανθρώπους, με ακρίβεια, πλήθος πληροφοριών, αναφορικά με τα φυσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των αντικειμένων και των επιφανειών με τα οποία έρχονται σε επαφή, καθιστώντας τους ικανούς να δομήσουν μία νοητή εικόνα αυτών (Lederman & Klatzky, 2009a· Sharma, Uppal & Gupta, 2011).

Οι άνθρωποι, προκειμένου να προσλάβουν μέσω της αφής πληροφορίες αλλά και για να αναγνωρίσουν συνήθη αντικείμενα, χρησιμοποιούν άκρως αποτελεσματικά τα χέρια τους (Lederman & Klatzky, 2009b). Ο Gibson (1962) ονομάζει την ενεργητική αφή *απτική σάρωση* (tactile scanning), κατά την *οπτική σάρωση*, και τη θεωρεί ιδιαίτερα σημαντική στην οπτική αναπηρία. Οι κινήσεις των δακτύλων παρομοιάζονται με τις κινήσεις των ματιών, ενώ δερματικά και κιναισθητικά ερεθίσματα συνδυάζονται ποικιλοτρόπως, ώστε να υποστηρίξουν τις διαφορετικές απτικές λειτουργίες (Gibson, 1962· Lederman & Klatzky, 2009a).

1.2. Η σημαντικότητα και ο τρόπος λειτουργίας της αίσθησης της αφής

Η αίσθηση της αφής είναι η μόνη διαδραστική αίσθηση μιας που η απτική διαδικασία επιτρέπει την διπλής κατεύθυνσης αλληλεπίδραση, μεταξύ ατόμου-αντικειμένου, τόσο με τα φυσικά όσο και με τα εικονικά και απομακρυσμένα αντικείμενα, στα ανάλογα περιβάλλοντα (Massie & Salisbury, 1994).

Το απτικό σύστημα, εν γένει, ορίζεται ως η δυνατότητα της αίσθησης όσων βρίσκονται κοντά στο σώμα του ατόμου, με τη χρήση του ίδιου του σώματος αυτού και περιλαμβάνει το σύνολο των αισθητηριακών, κινητικών και γνωστικών δομικών στοιχείων του συστήματος εγκέφαλος- σώμα (Brewster, 2005· Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Κατά την επεξεργασία ενός αντικειμένου μέσω της αίσθησης της αφής και της πρόσληψης πληροφοριών από αυτό, συνεργάζονται δύο διακριτά υποσυστήματα: το δερματικό και το κιναισθητικό (Loomis & Lederman, 1984). Τα δύο αυτά συστήματα, παρότι διαφέρουν, έχουν κοινό χαρακτηριστικό την ικανότητα να μεταδώσουν την αίσθηση της επαφής με ένα αντικείμενο, ενώ η διάκρισή τους είναι αναγκαία όσον αφορά σε θέματα που άπτονται της τεχνολογίας (Brewster, 2005).

1.2.1. Δερματικό και Κιναισθητικό σύστημα

Το δερματικό σύστημα (cutaneous) αναφέρεται στο δέρμα, αυτόνομα, ή στο δέρμα ως αισθητήριο όργανο, και συμπεριλαμβάνει την αίσθηση της πίεσης, της θερμοκρασίας και του πόνου (Oakley, McGee, Brewster & Gray, 2000). Το κιναισθητικό σύστημα -ή κιναισθηση- (kinesthetic) αναφέρεται στην ικανότητα της αντίληψης της θέσης και της κίνησης των άκρων και του κορμού, με τη συμβολή των περιφερικών αισθητήρων των μυϊκών ατράκτων και των υποδοχέων της τάσης του δέρματος (Oakley, McGee, Brewster & Gray, 2000· Proske & Gandevia, 2009). Τα κιναισθητικά ερεθίσματα και η κιναισθηση σχετίζονται με τις απτικές διεργασίες επεξεργασίας και αναπαράστασης των πληροφοριών με τέτοιο τρόπο που τόσο ένα αντικείμενο όσο και οι ιδιότητές του είναι δυνατόν να γίνουν αισθητές και αντιληπτές (Lederman & Klatzky, 2009a).

Το αισθητήριο σύστημα της αφής χρησιμοποιεί αισθητηριακές πληροφορίες προερχόμενες από μηχανοϋποδοχείς και θερμοϋποδοχείς, που βρίσκονται στο δέρμα (δερματικά ερεθίσματα) και από μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται στους μυς, τους τένοντες και τις αρθρώσεις (κιναισθητικά ερεθίσματα). Όπου, οι μηχανοϋποδοχείς ανιχνεύουν τις αλλαγές στην πίεση, στην κίνηση και στην τάση, ενώ οι θερμοϋποδοχείς ανιχνεύουν τις μεταβολές της θερμοκρασίας (Lederman & Klatzky, 2009a). Αλληλεπιδράσεις μέσω επαφής (mechanical events) που διεγείρουν το δέρμα και έχουν ως αποτέλεσμα την κατανόηση των αντικειμένων και των επιφανειών του περιβάλλοντος είναι τα ακόλουθα: Α) σύντομα γεγονότα: πίεση, σπρώξιμο, χτύπημα (ελαφρύ και δυνατό), τρύπημα. Β) παρατεταμένα γεγονότα χωρίς χωρική μεταβολή (displacement): δόνηση, διάταση, μάλαξη, τσίμπημα. Γ) παρατεταμένα γεγονότα με χωρική μεταβολή: ξύσιμο, γδάρισμα, τρίψιμο, γλίστρημα, βούρτσισμα, κύλισμα (Gibson, 1962).

1.2.2. Ενεργητική και παθητική αφή

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει πως υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι αφής. Ο Gibson (1962) τους ορίζει ως την ενεργητική και την παθητική αφή. Η ενεργητική αφή αναφέρεται στην έννοια του αγγίγματος (touching), έχει χαρακτήρα εξερευνητικό και όχι εκτελεστικό, και διαχωρίζεται από την παθητική αφή, που φέρει την έννοια του να σε αγγίζουν. Στην ενεργητική αφή, η αποτύπωση της δράσης στο δέρμα του ατόμου προέρχεται από την ενεργό δράση του ίδιου, ενώ στην παθητική, από εξωτερικό παράγοντα, με το άτομο να παραμένει ανενεργό. Η παθητική αφή περιλαμβάνει τη διέγερση μόνο των υποδοχέων του δέρματος, και του υποκείμενου ιστού του δέρματος,

στρέφοντας το άτομο σε μία παρατήρηση του εαυτού, ενώ η ενεργητική αφή περιλαμβάνει και τη διέγερση των υποδοχέων, των αρθρώσεων και των τενόντων, κατευθύνοντας το άτομο στην παρατήρηση του εξωτερικού κόσμου (Gibson, 1962).

Αποτελέσματα ερευνών σχετικών με την παθητική αφή κάνουν σαφές πως τα δερματικά ερεθίσματα είναι ικανά από μόνα τους να διεγείρουν τις αισθήσεις ενός ατόμου, όμως αποτυγχάνουν στο να αναδείξουν τη σημαντικότητα της αίσθησης της αφής όταν το άτομο εξερευνά ενεργητικά το περιβάλλον (Lederman & Klatzky, 2009a). Η σπουδαιότητα της ενεργητικής αφής, στην περίπτωση της απουσίας της όρασης, αναδεικνύεται από το γεγονός της παροχής μιας σαφούς αντίληψης του χώρου, καθώς μεταφέρει ένα μεγάλο εύρος πληροφοριών που αφορούν στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων και στον τρόπο δόμησης του ευρύτερου περιβάλλοντος (Gibson, 1962).

Ο Appele (2009) αναφέρει πως η επεξεργασία των αντικειμένων είναι αποκλειστικά ενεργητική ή παθητική και, επιπλέον, αποκλειστικά δερματική ή κιναισθητική. Αυτά τα δομικά χαρακτηριστικά της αφής είναι όλα παρόντα σε μία απτική επεξεργασία και για να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνονται αντιληπτά τα αντικείμενα πρέπει να εξετάσουμε τα παραπάνω δομικά συστατικά ως ενιαίο σύνολο (Appele, 2009).

1.2.3. Τρόπος αντίληψης αντικειμένων

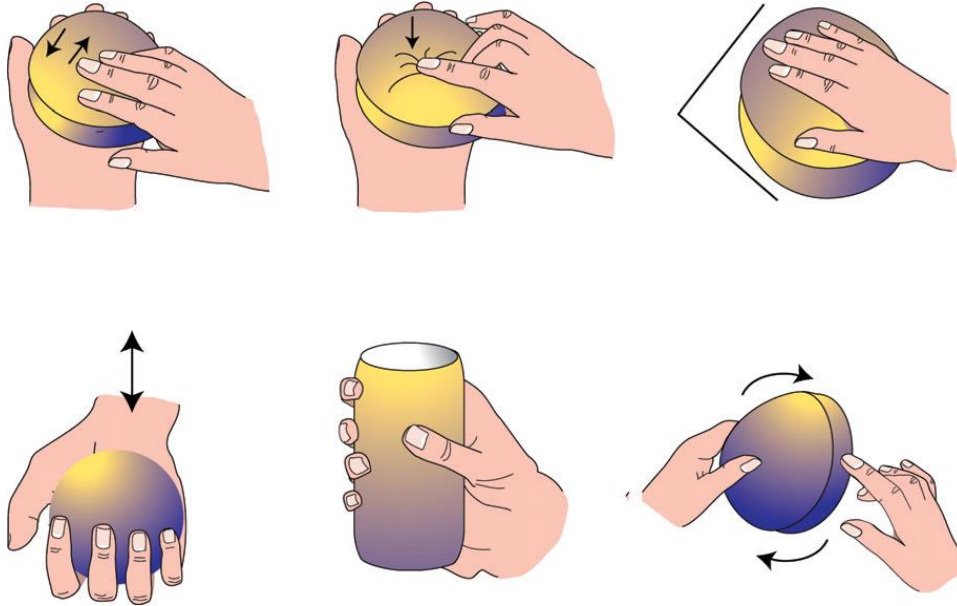
Στην επεξεργασία ενός αντικειμένου με την παλάμη συμμετέχουν ενεργά όλα τα μέλη του άκρου, από τις πρώτες φάλαγγες των δακτύλων, μέχρι τον ώμο και τη σπονδυλική στήλη, λαμβάνοντας διαρκώς πληροφορίες από τα ερεθίσματα που προκαλούνται στο δέρμα και στο αιθουσαίο σύστημα, καθιστώντας ικανή την αντίληψη

της θέσης των δακτύλων, ολόκληρου του άκρου, του σώματος και του κεφαλιού (Gibson, 1962).

Κατά την επεξεργασία ενός αντικειμένου τα δάχτυλα αλλάζουν θέση τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με το αντικείμενο, το οποίο μπορεί και να αλλάζει θέση στον χώρο, ενώ τα σημεία επαφής του χεριού με το αντικείμενο είναι πολλά (Jansson, 2000). Το τι συμβαίνει στα δάχτυλα ενός ατόμου εξαρτάται από το αντικείμενο που εκείνο επεξεργάζεται και από τις κινήσεις που κάνει, οι οποίες δεν τροποποιούν το περιβάλλον αλλά τα ερεθίσματα που προκύπτουν από την επαφή με αυτό (Gibson, 1962).

Ποικίλα δερματικά ερεθίσματα προκαλούνται από διαφορετικούς τύπους κινητικής δράσης (Gibson, 1962). Οι άνθρωποι εξερευνούν τα αντικείμενα με πολλές διερευνητικές διαδικασίες, προσλαμβάνοντας από την κάθε μία διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά, και αυτός είναι ένας πολύ βασικός λόγος που είναι τόσο καλοί στην αναγνώριση των συνηθισμένων αντικειμένων απτικά (Lederman & Klatzky, 2009b). Οι διερευνητικές αυτές διαδικασίες, σύμφωνα με τους Lederman και Klatzky, (2009b) είναι οι ακόλουθες: 1) πλάγια κίνηση -lateral motion: μία δεξιά-αριστερά κίνηση των δακτύλων που παρέχει τις πιο ακριβείς πληροφορίες για την υφή μιας επιφάνειας, 2) πίεση -pressure: η άσκηση δύναμης σε μία επιφάνεια που παρέχει πληροφορίες σχετικές με την προσαρμοστικότητα του αντικειμένου, 3) στατική επαφή -static contact: η τοποθέτηση του χεριού σε μία επιφάνεια που μεταφέρει πληροφορίες για τη θερμοκρασία του, 4) μη υποστηριζόμενο κράτημα -unsupported holding: όταν το άτομο σηκώνει ένα αντικείμενο από την επιφάνεια στήριξής του για να αντιληφθεί το βάρος του, 5) πλαισίωση -enclosure: όταν το χέρι περικλείει το αντικείμενο και με τον τρόπο αυτό γίνονται αντιληπτά το σχήμα και το μέγεθός του, 6) ακολουθία του περιγράμματος

-contour following: όταν τα δάχτυλα εξερευνούν το περίγραμμα του αντικειμένου για να γίνουν κατανοητές οι πιο λεπτομερείς ιδιότητές του.



Εικόνα 1. Διερευνητικές διεργασίες εξερεύνησης αντικειμένων (Lederman & Klatzky, 2009b).

Η κιναισθηση, το δερματικό σύστημα και η δύναμη, σε συνδυασμό με την κίνηση, επιτρέπουν τη διερεύνηση και την αντίληψη των πραγματικών αντικειμένων. Ακόμη και χωρίς την ύπαρξη της δερματικής επαφής -π.χ. ύπαρξη γαντιού ή εργαλείου- οι δυνάμεις που ασκούνται και αναπτύσσονται στους μύς και στους τένοντες και οι κινήσεις που γίνονται επιτρέπουν την αντίληψη του περιβάλλοντα χώρου και παρέχουν πληροφορίες σχετικές με το σχήμα, τη θέση και τα φυσικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως η επιφάνεια, η υφή, η μεταβλητότητα και η τραχύτητα (Massie & Salisbury, 1994).

1.3. Τι γίνεται αντιληπτό μέσω της αφής. Η έννοια της υφής

Μέσω της αφής γίνονται άμεσα αντιληπτές ιδιότητες και έννοιες όπως αυτές της υφής, της τραχύτητας, της θερμότητας, της προσαρμοστικότητας και του βάρους, για την αντίληψη των οποίων η όραση δεν είναι απαραίτητη, ενώ λιγότερο εύκολα προσλαμβάνονται οι πληροφορίες αναφορικά με το υλικό και το σχήμα (Burdea, 1999· Lederman & Klatzky, 2009b). Προκειμένου να γίνει αντιληπτή μία πληροφορία με βάση την αφή είναι σχεδόν αναγκαίο το μέγεθος της πληροφορίας να είναι μικρό (Pawluk, Adams & Kitada, 2015). Ήδη από το 1985, έρευνα, βλεπόντων με τα μάτια καλυμμένα, αποδεικνύει πως η απτική αναγνώριση αντικειμένων μπορεί να είναι τόσο ακριβής όσο και γρήγορη (Klatzky, Lederman & Metzger, 1985).

Οι βασικές ιδιότητες των υλικών αφορούν στην υφή των επιφανειών, στην ελαστικότητά τους και στην θερμική τους ποιότητα (Lederman & Klatzky, 2009a). Η υφή μεταφέρει χαρακτηριστικά όπως αυτά της τραχύτητας και της τριβής, είναι μία από τις πιο σημαντικές ιδιότητες ενός αντικειμένου και μία ιδιότητα που, μαζί με τα τρισδιάστατα σχήματα, είναι δυνατόν να εκτιμηθούν με ακρίβεια και ταχύτητα από την αφή (Jansson, 1998· Lederman & Klatzky, 2009a). Από τα πλέον σημαντικά χαρακτηριστικά της υφής είναι η επανάληψη ενός ή περισσότερων μοτίβων σε μία επιφάνεια, με τη διάκριση μεταξύ των υφών να προκύπτει από το πόσο διαφέρουν τα στοιχεία των μοτίβων ή και από την κατανομή τους στον χώρο (Al Abbadi, Dahir & Alkareem, 2008).

Οι περισσότερες έρευνες σχετικά με την αντίληψη της υφής και τις απτικές διεργασίες επικεντρώνονται στην τραχύτητα των επιφανειών (Lederman & Klatzky, 2009a). Οι δερματικές πληροφορίες είναι πολύ σημαντικές για την αντίληψη της

τραχύτητας η οποία γίνεται κατανοητή είτε όταν το χέρι κινείται πάνω στην επιφάνεια και η επιφάνεια παραμένει σταθερή είτε όταν συμβαίνει το αντίστροφο (Lederman & Klatzky, 2009b). Έρευνα των Taylor και Lederman το 1973 (στο: Lederman & Klatzky, 2009a) έδειξε πως ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την αντίληψη της έννοιας της τραχύτητας είναι το κενό μεταξύ των στοιχείων που συνθέτουν την επιφάνεια.

Παρότι τα αποτελέσματα των ερευνών αναφέρουν πως ο εγκέφαλος διαρκώς αντιστοιχεί οπτικά και κιναισθητικά ερεθίσματα κατά τη διάρκεια κινήσεων, για να συνδέσει αυτό που βλέπει με αυτό που αισθάνεται, και πως η αφή χάνει την αποτελεσματικότητά της απουσία της όρασης, σύμφωνα με τον Heller (1989) η οπτική κωδικοποίηση των απτικών ερεθισμάτων δεν είναι αναγκαία για την αντίληψη της υφής (Jansson, 1999b· Proske & Gandevia, 2009). Ο άνθρωπος, αντιλαμβάνεται το ίδιο επιφάνειες με τραχείς υφές είτε τις επεξεργάζεται μέσω της όρασης, είτε μέσω τη αφής, όμως η αίσθηση της αφής υπερτερεί κατά την επεξεργασία λείων επιφανειών (Heller, 1989).

Η αίσθηση της αφής απαντάται στον γενικό όρο haptics -απτικό- ο οποίος αναφέρεται, εκτός των άλλων, στη μελέτη της αίσθησης της αφής, και του δερματικού συστήματος, και στην αλληλεπίδραση του ατόμου με τον εξωτερικό κόσμο, μέσω αυτής (Brewster, 2005· Jones, Minogue, Oppewal, Cook, & Broadwell, 2006· Oakley, McGee, Brewster & Gray, 2000· Zelek, Bromley, Asmar & Thompson, 2003).

1.4. Ο όρος haptic -απτικό-

Ο όρος haptic -απτικό- αναφέρεται στην αίσθηση της αφής και εμπεριέχει την κιναισθηση και την ανάδραση, η οποία γίνεται αντιληπτή απτικά (Sharma, Urral & Gupta, 2011· Zelek, Bromley, Asmar & Thompson, 2003). Συναντάται τόσο στην επικοινωνία (haptic communication) και την απτική αντίληψη (haptic perception) όσο και στην τεχνολογία (haptic technology), δηλώνοντας δράσεις που διεξάγονται και γίνονται αντιληπτές μέσω της αίσθησης της αφής (Sharma, Urral & Gupta, 2011). Οι απτικές διεργασίες (haptics) αναφέρονται ως ένα αντιληπτικό σύστημα το οποίο δομείται από το δερματικό και το κιναισθητικό υποσύστημα (Lederman & Klatzky, 2009b).

Ο όρος haptics περιλαμβάνει α) τη δυναμική ανάδραση (force feedback) -που προσομοιώνει την τραχύτητα, το βάρος και την αδράνεια- β) την απτική ανάδραση (tactile feedback) -που προσομοιώνει την γεωμετρική επιφάνεια του εικονικού αντικειμένου, την ομαλότητά του, την ολισθηρότητά του και τη θερμοκρασία του- και γ) την ιδιοδεκτική ανάδραση (proprioceptive feedback) -που προσδιορίζει τη γνώση της θέσης και της στάσης του σώματος του ατόμου (Burdea, 1999). Το ιδιοδεκτικό σύστημα παρέχει αισθητήριες πληροφορίες για τη θέση του σώματος και περιλαμβάνει την κιναισθηση, το δερματικό σύστημα και το αιθουσαίο σύστημα, το οποίο σχετίζεται με την αντίληψη της θέσης του κεφαλιού και την κατανόηση της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης της κίνησης (Oakley, McGee, Brewster & Gray, 2000). Η δυναμική ανάδραση αφορά στην πληροφορία που παράγεται με μηχανικό τρόπο και γίνεται αντιληπτή από το κιναισθητικό σύστημα (Oakley, McGee, Brewster & Gray, 2000). Το βάρος είναι μια ιδιότητα που αντανακλά το υλικό των αντικειμένων (πυκνότητα) και τη

δομή τους (όγκος), ενώ οι γεωμετρικές ιδιότητες των αντικειμένων αφορούν στο σχήμα και στο μέγεθός τους (Lederman & Klatzky, 2009a).

Η παροχή των ανωτέρω πληροφοριών απαιτεί την ύπαρξη απτικών διεπαφών (haptic interfaces), συσκευές σταθερές ή φορητές, που λειτουργούν με ακρίβεια στην επεξεργασία των κινήσεων του χρήστη και άμεση-σχεδόν ταυτόχρονη- απόκριση σε αυτές. Τα αισθητήρια κανάλια που λειτουργούν ως τελικοί αποδέκτες των απτικών διεπαφών είναι αυτά της όρασης, της ακοής, της αφής, της όσφρησης και της γεύσης με τα δύο πρώτα να καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο κομμάτι της έρευνας και να ακολουθούν εκείνα της αφής, της γεύσης και της όσφρησης (Burdea, 1999).

Η όραση παρέχει τη δυνατότητα της αντίληψης ενός αντικειμένου στην ολότητά του, κάτι που, αντίστοιχα, δεν επιτυγχάνεται με την αφή μιας που η επεξεργασία ενός αντικειμένου απτικά είναι δυνατή σταδιακά και καθώς το άτομο εξερευνά το αντικείμενο με τα δάχτυλα ή την παλάμη (Jansson, 2000). Παρά τον ανωτέρω περιορισμό η αίσθηση της αφής λαμβάνει πλέον ενεργό δράση στον χώρο της πληροφορικής και τις τελευταίες δεκαετίες, με την άνοδο της χρήσης των συσκευών δυναμικής ανάδρασης, καθιστά τους χρήστες ικανούς να νιώσουν, σε μεγάλο βαθμό αληθοφάνειας, αντικείμενα σε εικονικά περιβάλλοντα (Brewster, 2005). Η απτική τεχνολογία, μετατρέποντας την ψηφιακή πληροφορία σε απτική, δημιουργεί ένα νέο μέσο επεξεργασίας, ανάλυσης και κατανόησης δεδομένων, γεγονός άκρως σημαντικό και αναγκαίο για τα άτομα με οπτική αναπηρία (Fritz & Barner, 1999).

1.4.1. Απτική τεχνολογία

Η απτική τεχνολογία επιδιώκει τη διάδραση του χρήστη με έναν νέο τρόπο όσον αφορά στην πρόσληψη πληροφοριών και στη μετάδοση ιδεών (Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία αύξηση στο πεδίο της έρευνας που αφορά στις απτικές διεργασίες με πλήθος ερευνητών, από διαφορετικά γνωστικά πεδία, όπως ψυχοφυσικοί και άλλοι πειραματικοί ψυχολόγοι, μηχανολόγοι μηχανικοί και επιστήμονες της πληροφορικής, να συμμετέχουν σε αυτές, με στόχο την ανάπτυξη αποτελεσματικών απτικών και πολυαισθητηριακών διεπαφών σε εικονικά και απομακρυσμένα περιβάλλοντα (Lederman & Klatzky, 2009a). Οι απτικές συσκευές ή διεπαφές (haptic devices or interfaces) υπολογίζουν τις κινήσεις των χεριών του χρήστη, διεγείρουν την αισθητηριακή δυνατότητα αυτών, επιτρέπουν την επικοινωνία ανθρώπων-μηχανών, μέσω της αφής και της απόκρισης στην κίνηση, και διαρκώς εξελίσσονται παρέχοντας ακρίβεια πληροφοριών και ευκολία χρήσης (Hayward, Astley, Cruz-Hernandez, Grant & Robles-De-La-Torre, 2004; Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Μέσω των νέων δυνατοτήτων της τεχνολογίας είναι εφικτό κάποιος να νιώθει το βάρος ενός εικονικού αντικειμένου, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο, την υφή της επιφάνειάς του, να το πιάνει και να το χειρίζεται, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται σε αυτόν η «αληθινή» αίσθηση της αφής (Brewster, 2005; Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Η απτική τεχνολογία απαντάται στην υποστηρικτική τεχνολογία (assistive technology) για άτομα με οπτική αναπηρία σε τομείς όπως η ανάγνωση της Braille (Braille reading), τα απτικά γραφικά (tactile graphics) και ο προσανατολισμός και η κινητικότητα (orientation and mobility) (Pawluk, Adams & Kitada, 2015).

Οι απτικές και πολυαισθητηριακές διεπαφές είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στον κλάδο της χειρουργικής, στο ηλεκτρονικό εμπόριο, σε ψυχαγωγικά παιχνίδια και σε εφαρμογές, με τελικό αποδέκτη τα άτομα με οπτική αναπηρία, παρέχοντας τη δυνατότητα χρήσης αυτών ακόμα και μέσω κινητού τηλεφώνου (Jansson, 1999a· Lederman & Klatzky, 2009a· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Η εικονική πραγματικότητα χρησιμοποιείται τόσο ως εκπαιδευτικό εργαλείο όσο και ως μέσο ψηφιακής διασκέδασης, καθιστώντας ένα εκπαιδευμένο άτομο ικανό ακόμη και στο να αλληλεπιδράσει με περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, για εκπαιδευτικούς σκοπούς, στην ιατρική και για πλοήγηση και δράση σε επικίνδυνα εργασιακά περιβάλλοντα (Bun, Wichniarek, Górski, Grajewski, Zawadzki, & Hamrol, 2017).

Οι απτικές διεπαφές χρησιμοποιούνται, κατά κύριο λόγο, ενισχυτικά της οπτικής επεξεργασίας και της λήψης πληροφοριών παραθέτοντας στον χρήστη επιπρόσθετα απτικά, πολλές φορές, και ακουστικά ερεθίσματα (Jansson & Billberger, 1999· Jansson, 2000). Επιπλέον, όπως αναφέρουν οι Pawluk, Adams και Kitada (2015), χωρίς την όραση η αντίληψη τρισδιάστατων σχημάτων, μέσω της απτικής ανάδρασης, γίνεται πολύ δύσκολη. Όμως η συμβολή των δερματικών και των κινητικών πληροφοριών στην απτική αντίληψη σχετίζεται άμεσα με τη χρησιμότητα των απτικών συσκευών δυναμικής ανάδρασης για τα άτομα με οπτική αναπηρία, καθώς είναι το μόνο μέσο με το οποίο είναι δυνατόν να λάβουν ακριβείς και πολύπλοκες τρισδιάστατες πληροφορίες (Jansson, 1998· Jansson, 2000).

1.4.2 Απτικές συσκευές ή διεπαφές

Οι δράσεις του χρήστη στα εικονικά περιβάλλοντα είναι αναγκαίο να μεταφέρονται άμεσα και να μεταφράζονται απόλυτα μέσω λογισμικών συστημάτων και συσκευών (Bun, Wichniarek, Górski, Grajewski, Zawadzki & Hamrol, 2017). Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται στα εικονικά περιβάλλοντα, και από τα άτομα με οπτική αναπηρία, είναι δυνατόν να κατηγοριοποιηθούν με βάση το αισθητήριο όργανο που επηρεάζουν (Brewster, 2005). Υπάρχουν οι ψηλαφητές συσκευές (tactile devices or displays) που διεγείρουν την επιφάνεια του δέρματος -π.χ. μέσω της δόνησης, της επιμήκυνσης ή της ηλεκτρικής διέγερσης, και οι απτικές συσκευές ή διεπαφές (haptic devices or interfaces) που είναι συσκευές εισόδου-εξόδου, ορίζουν πληροφορίες θέσης, και διεγείρουν την αίσθηση της αφής, μέσω των δυνάμεων που ασκούν στον χρήστη (Brewster, 2005; Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Οι έρευνες στον τομέα των ψηλαφητών συσκευών επικεντρώνονται στην επιλεκτική διέγερση των μηχανοϋποδοχέων του δέρματος, ενώ ο κύριος ρόλος των συγκεκριμένων συσκευών είναι να μεταφέρουν την αίσθηση της υφής της επιφάνειας των αντικειμένων (Iwata, 2008). Αυτές οι συσκευές δεν διεγείρουν το ιδιοδεκτικό σύστημα, μιας που, για αυτό, απαιτείται μια περαιτέρω παροχή δυνάμεων, κάτι που επιτυγχάνεται με τις απτικές διεπαφές (Iwata, 2008).

Οι απτικές διεπαφές επιτρέπουν στον χρήστη να πιάσει, να αισθανθεί, να επεξεργαστεί, να δημιουργήσει ή να μεταβάλλει διαστατά αντικείμενα (d-objects) σε ένα εικονικό περιβάλλον (Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Είναι συσκευές που παρέχουν: α) απτική ανάδραση (haptic feedback): έναν συνδυασμό ψηλαφητής ανάδρασης (tactile feedback) και δυναμικής ανάδρασης (force feedback) και β) απτική διάδραση με το μέσο,

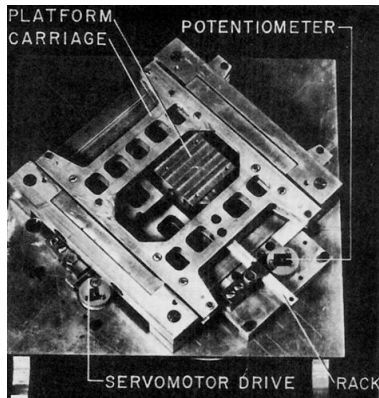
λειτουργίες υψίστης σημασίας για την μεγιστοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ χρήστη και υπολογιστή ή οποιουδήποτε άλλου περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας (Burdea, 1999· Ian & David, 2006· Laycock & Day, 2003· Massie & Salisbury, 1994). Η δυναμική ανάδραση (force feedback) είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει απτική ή και κιναισθητική ανατροφοδότηση και είναι ακριβώς αυτή η πληροφορία που χρειάζεται ένα άτομο όταν επεξεργάζεται ένα εικονικό αντικείμενο, για να το κατανοήσει (Sharma, Urral & Gupta, 2011). Οι συσκευές δυναμικής ανάδρασης ορίζονται ως εξαρτήματα του υπολογιστή (computer extensions), παρέχουν φυσική δύναμη και ροπή στον χρήστη και επιδρούν στο δάχτυλο, στο χέρι, στη θέση του σώματος και στην κίνηση (Brewster, 2005· Burdea, 1999· Jansson, Petrie, Colwell, Kornbrot, Fänger, König, et. al. 1998).

Στην απτική τεχνολογία χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα λογισμικά και λειτουργικά συστήματα ώστε να παρέχεται, μέσω ειδικών συσκευών, αισθητηριακή ανάδραση που προσομοιάζει τις πραγματικές φυσικές ιδιότητες και δυνάμεις (Sharma, Urral & Gupta, 2011). Οι απτικές συσκευές αποτελούν τη λύση στη μετάδοση γραφικών πληροφοριών 3διάστατων αντικειμένων ή πολύπλοκων εικόνων, στα άτομα με οπτική αναπηρία, ενώ υπάρχει μια πληθώρα απτικών συσκευών δυναμικής ανάδρασης που παρέχουν στον χρήστη τη δυνατότητα της αίσθησης της αφής μέσω της παροχής απτικών ερεθισμάτων (Jansson, 2000· Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005). Οι απτικές συσκευές μπορεί να είναι σταθερές ή φορητές και ποικίλουν στο μέγεθος, τον σχεδιασμό, την ποιότητα της ανάδρασης που ασκούν στον χρήστη, στην τιμή, στο βάρος, στο τελικό εξάρτημα που κρατά ο χρήστης, προκειμένου να τις χειριστεί, και στους βαθμούς ελευθερίας (DOF- Degree Of Freedom) -στον αριθμό δηλαδή των διαστάσεων στις οποίες

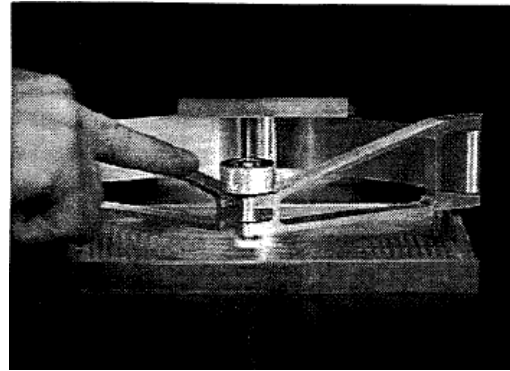
επιτρέπεται η κίνηση (Brewster, 2005· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Είναι συσκευές εισόδου-εξόδου, με την έννοια ότι αναγνωρίζουν τη φυσική δράση του χρήστη (είσοδος), τη συντονίζουν με τη δράση στην οθόνη και παρέχουν αληθινή αίσθηση της αφής, ως τελικό αποτέλεσμα (έξοδος) (Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Οι πιο απλές, χαμηλής ανάλυση και μικρού εύρους ανάδρασης, έχουν τη μορφή του τιμονιού και του joystick και χρησιμοποιούνται για παιχνίδια στον υπολογιστή και σε κονσόλες, ενώ οι πιο σύνθετες, και υψηλής ποιότητας, χρησιμοποιούνται στην ιατρική και στο πεδίο της έρευνας και αλληλεπιδρούν με τον χρήστη μέσω ενός ή πολλαπλών σημείων (Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005). Στις συσκευές ενός σημείου αλληλεπίδρασης ο χρήστης συνήθως κρατάει έναν μοχλό, μία σφαίρα, ή τοποθετεί μια δαχτυλήθρα στον δείκτη του, για να αισθανθεί την ανάδραση, ενώ οι συσκευές πολλαπλών σημείων επαφής συνδέονται με το χέρι και τα δάχτυλα του χρήστη (Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005). Ορισμένες από τις απτικές συσκευές είναι οι: Haptic Paddles, Haptic Knobs, Novint Falcon, Force Feedback Gaming Joystics, Logitech Wingman mouse, Sensable's Omni Phantom, Impulse Engine 3000 (Jansson, Petrie, Colwell, Kornbrot, Fänger, König, et. al. 1998· Laycock & Day, 2003· Sharma, Uppal & Gupta, 2011· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

1.4.3. Παραδείγματα απτικών συσκευών-διεπαφών

Οι απτικές διεπαφές εμφανίζονται τη δεκαετία του '90, με πρώτες τις GROPE-1 και iFeel MouseMan (Logitech) με τη δεύτερη να παρέχει τη δυνατότητα δόνησης όταν ο χρήστης εντοπίζει στην οθόνη κάποιο κουμπί, μενού ή εφαρμογή του λογισμικού και με καλή απόδοση στα παιχνίδια (Iwata, 2008· Laycock & Day, 2003).



Εικόνα 2. GROPE-1 Iwata, 2008



Εικόνα 3. Pantograph: Ramstein & Hayward, 1994

Μία απτική συσκευή που σχεδιάστηκε για να καλύψει τις ανάγκες ατόμων με οπτική αναπηρία είναι η συσκευή δυναμικής ανάδρασης Pantograph, με μεγάλο εύρος κίνησης και δύο βαθμούς ελευθερίας, που εκμεταλλεύεται στο έπακρο την κιναισθηση, τη δυναμική ανάδραση, τον ήχο και τα γραφικά για να βελτιώσει την αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμου και υπολογιστή. Ο χειρισμός του Pantograph γίνεται όπως ενός κοινού ποντικού και ο χρήστης είναι ικανός να αντιληφθεί τις διάφορες φυσικές ιδιότητες εικονικών αντικειμένων και το σχήμα τους (Ramstein & Hayward, 1994).

Άλλη απτική συσκευή με μερική δυνατότητα δυναμικής ανάδρασης είναι το FEELit Mouse (Immersion Corporation), ένα ποντίκι με 2 βαθμούς ελευθερίας στους x και y άξονες, που επιτρέπει στον χρήστη να αντιληφθεί επιφάνειες, περιγράμματα και υλικά εικονικών αντικειμένων (Burdea, 1999· Dennerlein & Yang, 2001).



Εικόνα 4. FEELit Mouse: Burdea, 1999

Με το Wingman Force Feedback Mouse (Logitech), ποντίκι δύο βαθμών ελευθερίας, ο χρήστης μπορεί να αντιληφθεί την ύπαρξη κουμπιών και αντικειμένων στην οθόνη και την μπάρα του αρχικού μενού, όπως επίσης μπορεί να δεχθεί δυναμική ανάδραση όταν αλλάζει μέγεθος σε ένα παράθυρο (Laycock & Day, 2003). Το Wingman Force Feedback Mouse δεν επιτρέπει την ελεύθερη εξερεύνηση τρισδιάστατων εικονικών αντικειμένων, αλλά επιτρέπει την αντίληψη επιφανειών και γνωρισμάτων όπως της τριβής και της τραχύτητας. (Brewster, 2005; Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

Ένα απτικό γάντι δυναμικής ανάδρασης διαθέσιμο στο εμπόριο είναι το CyberGrasp, αναβαθμισμένη εκδοχή του CyberGlove (Virtual Technologies) (Burdea, 1999). Το CyberGrasp είναι εξωσκελετικός μηχανισμός που εφαρμόζεται στο πίσω μέρος της παλάμης, επιτρέποντας ένα πλήρες κλείσιμο της γροθιάς, όμως το γεγονός πως οι αισθητήρες του, οι οποίοι βρίσκονται στα δάχτυλα του χρήστη, ενώνονται με καλώδια που καταλήγουν σε ένα κουτί ελέγχου, σε συνδυασμό με το βάρος του (450γρ) το καθιστούν αρκετά δύσχρηστο. Παρόλα αυτά, οι έρευνες συνεχίζονται με σκοπό τη βελτίωσή του και την εφαρμογή του σε άτομα με οπτική αναπηρία και όχι μόνο (Burdea, 1999).



Εικόνα 5. CyberGrasp: Burdea,1999



Εικόνα 6. Rutgers Master: Iwata, 2008

Ένα άλλο εξωσκελετικό γάντι είναι το Rutgers Master, ελαφρύ και φορητό που τοποθετείται στο εσωτερικό της παλάμης του χρήστη και λειτουργεί με κυλίνδρους με πεπιεσμένο αέρα τοποθετημένους στον αντίχειρα, τον δείκτη, τον μέσο και το μεσαίο δάχτυλο (Iwata, 2008). Είναι απαλλαγμένο από καλώδια, προσομοιώνει το πιάσιμο εικονικών αντικειμένων, όμως δεν δημιουργεί την αίσθηση της βαρύτητας και δεν επιτρέπει την πλήρη κάμψη των δακτύλων σε γροθιά (Iwata, 2008· Laycock & Day, 2003). Τα εξωσκελετικά συστήματα αποδείχθηκαν δύσκολα στον χειρισμό τους και στη χρήση τους και η έρευνα στράφηκε σε μοντέλα σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο που η επαφή τους με τον χρήστη να γίνεται μέσω ενός άκρου-στυλό, καθώς το ανθρώπινο χέρι έχει τη δυνατότητα κίνησης σε έξι βαθμούς ελευθερίας, στον τρισδιάστατο χώρο, και οι άνθρωποι είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση στυλό ή άλλων παρεμφερή αντικειμένων (Iwata, 2008). Αποτέλεσμα αυτών των ερευνών είναι και το Omni Phantom (SensAble Technologies), απτική συσκευή που χρησιμοποιείται πιο συχνά στην έρευνα και στην αλληλεπίδραση των ατόμων με οπτική αναπηρία με το διαδίκτυο (Brewster, 2005· Burdea, 1999· Iwata, 2008· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

Το PHANTOM (Personal Haptic Interface Mechanism) είναι μία σταθερή συσκευή υψηλής ανάλυσης που ασκεί δυναμική ανάδραση στον χρήστη (Brewster, 2005· Massie & Salisbury, 1994). Ο χρήστης αλληλεπιδρά με τη συσκευή είτε τοποθετώντας τον δείκτη του χεριού του σε μία δαχτυλήθρα είτε κρατώντας το τελευταίο άκρο αυτής, που έχει τη μορφή στυλό και κινείται χωρίς περιορισμούς (Burdea, 1999· Jansson, 1999· Massie & Salisbury, 1994). Και στις δύο περιπτώσεις επιτρέπεται η ελεύθερη κίνηση του καρπού (Massie & Salisbury, 1994). Έρευνα των Jansson και Billberger (1999) με τη χρήση του Phantom και με τους δύο τρόπους -δαχτυλήθρα και άκρο στυλό- έδειξε πως τα αποτελέσματα στην αναγνώριση τρισδιάστατων αντικειμένων ήταν παρόμοια, γεγονός που φανερώνει πως, παρά τους περιορισμούς της δαχτυλήθρας, η απτική διάδραση παραμένει η ίδια. Ο χειρισμός του Phantom γίνεται με τα δάχτυλα, αλλά ανάλογα με το μοντέλο η κινητική δράση του χρήστη επεκτείνεται από τον καρπό μέχρι τον ώμο (Burdea, 1999· Jansson 1999). Το Phantom έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας, αναφορικά με τη δυναμική ανάδραση και έξι αναφορικά με την κίνηση, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για τη διάδραση με ποικίλα περιβάλλοντα ιδίως αυτών των τριών διαστάσεων (Massie & Salisbury, 1994· Nikolakis, Tzovaras, Moustakidis & Strintzis, 2004· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Οι έξι βαθμοί ελευθερίας στην κίνηση επιτρέπουν την μετατόπιση στους άξονες x-y-z και την περιστροφή ως προς τους άξονες αυτούς (pitch, roll, yaw) (Brewster, 2005· Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Το Phantom ανιχνεύει την κίνηση του χρήστη και ασκεί σε αυτόν μία δύναμη αντίστοιχη εκείνης που δημιουργείται κατά την επεξεργασία πραγματικών αντικειμένων, επιτυγχάνοντας την αίσθηση της επαφής με τα εικονικά αντικείμενα, την αντίληψη της σύστασης της επιφάνειάς τους, της τριβής και της υφής (Massie & Salisbury, 1994).



Εικόνα 7. Omni Phantom:
Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011



Εικόνα 8. Novint Falcon:
Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011

Μία άλλη σταθερή, απτική συσκευή δυναμικής ανάδρασης είναι η Novint Falcon (Novint Technologies) που έχει τις προδιαγραφές για να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για τους μαθητές με οπτική αναπηρία, προκειμένου να αντιληφθούν και να κατανοήσουν φυσικά φαινόμενα (Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens & List, 2014). Το Falcon αντικαθιστά το ποντίκι του υπολογιστή, όταν ο χρήστης χρησιμοποιεί τον υπολογιστή για προσομοιώσεις ή παιχνίδια σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα, ενώ ο χρήστης το χειρίζεται κρατώντας στο χέρι του το τελειώμά του που έχει το σχήμα σφαίρας. Είναι συσκευή τριών βαθμών ελευθερίας επιτρέποντας την κίνηση στους x, y και z άξονες. (Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens & List, 2014) . Έχει μικρότερη ευκρίνεια από το Phantom και έχει χρησιμοποιηθεί, μεταξύ άλλων, στην πλοήγηση των ατόμων με οπτική αναπηρία σε εικονικά περιβάλλοντα, που προσομοιάζουν οικεία τους περιβάλλοντα (Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

Η μειονεξία των απτικών συσκευών έγκειται στο ένα σημείο επαφής που έχει ο χρήστης με το εικονικό αντικείμενο, ή τον εικονικό χώρο, και όχι σε περισσότερα όπως γίνεται στις πραγματικές συνθήκες (Jansson, Petrie, Colwell, Kornbrot, Fänger, König, et. al. 1998· Jansson, 1999a). Κατά την επεξεργασία των αντικειμένων του πραγματικού

κόσμου και την πρόσληψη απτικών πληροφοριών, χρησιμοποιούνται τα δάχτυλα ή ολόκληρη η παλάμη του χεριού ενώ κατά την επεξεργασία των εικονικών αντικειμένων με τη χρήση του Phantom οι πληροφορίες παρέχονται στο άτομο μόνο μέσω ενός σημείου επαφής -μέσω του στυλό ή της δαχτυλήθρας (Jansson & Billberger, 1999· Jansson, 1999b). Οι συσκευές έξι βαθμών ελευθερίας αμβλύνουν τις μειονεξίες που προκύπτουν από αυτή τη μικρή επαφή, όμως, η αίσθηση και η αντίληψη της εικονικής πραγματικότητας διαφοροποιείται της αντίληψης για τον φυσικό κόσμο (Jansson, 1999a· Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005). Υπάρχουν σκέψεις σχετικά με το πώς θα καταφέρει ο χρήστης να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον έχοντας μόνο ένα σημείο επαφής με αυτό, γεγονός που κάποιοι χρήστες το βρίσκουν δύσκολο και αποτρεπτικό, ενώ, άλλοι το δέχονται και εξοικειώνονται άμεσα (Massie & Salisbury, 1994).

Οι απτικές συσκευές, δρώντας ως διαμεσολαβητές, επιτρέπουν στον χρήστη να επικοινωνήσει ενεργά με τον υπολογιστή και τον καθιστούν ικανό να πιάσει, να αισθανθεί και να επεξεργαστεί τρισδιάστατα αντικείμενα, σε εικονικά ή απομακρυσμένα περιβάλλοντα (Sharma, Uppal & Gupta, 2011). Η απτική τεχνολογία χρησιμοποιείται για να αυξήσει την ακριβή και επιτυχή αλληλεπίδραση του χρήστη με τα γραφικά της διεπιφάνειας του υπολογιστή και χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο από άτομα με τύφλωση, με τη βοήθεια των περιφερειακών απτικών συσκευών (Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Σύμφωνα με τον Sjöström (2001) οι περισσότεροι χρήστες με τύφλωση πλοηγούνται στο διαδίκτυο με τη χρήση αναγνώστη οθόνης και Braille display. Τα μέσα αυτά τους παρέχουν πληροφορίες κειμένου, αλλά όχι πληροφορίες γραφικών, κάτι που πλέον καθίσταται δυνατό με τις απτικές συσκευές Phantom, FEELit και με τα

Joysticks δυναμικής ανάδρασης (Sjöström, 2001· Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

1.5. Η απτική τεχνολογία στη συμβολή των ατόμων με οπτική αναπηρία

1.5.1. ερευνητικά δεδομένα στον τομέα του προσανατολισμού και της κινητικότητας

Οι συσκευές δυναμικής ανάδρασης επιτρέπουν στους χρήστες να προσομοιώνουν ποικίλες καταστάσεις στον υπολογιστή και να τις αντιλαμβάνονται μέσω της αφής (Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens & List, 2014). Ήδη από το 1999 οι απτικές συσκευές κρίθηκαν ως το μέσο που θα επιτρέψει στα άτομα με οπτική αναπηρία να αντιληφθούν εικονικά τρισδιάστατα αντικείμενα αλλά και θέματα που άπτονται των φυσικών επιστημών προσπερνώντας τις παραδοσιακές τεχνικές που βασίζονται σε οπτικά μοντέλα μάθησης, όπως τα βιβλία και τα γραφικά (Jansson, 1999b· Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens & List, 2014).

Τα άτομα με οπτική αναπηρία αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες σε θέματα προσβασιμότητας και κινητικότητας, ενώ συχνά νιώθουν ανασφαλή στο περιβάλλον κυκλοφορίας (traffic environment) και τείνουν να αποφεύγουν συνθήκες που εκλαμβάνουν ως μη ασφαλείς, δυσνόητες και επικίνδυνες, γεγονός που οδηγεί στην μείωση της επισκεψιμότητάς τους σε πλήθος χώρων (Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005· Ramirez, da Silva, Cinelli & de Albornoz, 2012· Schinazi, Thrash, & Chebat, 2016). Τις τελευταίες δεκαετίες οι απτικές συσκευές, μέσω της διαρκούς έρευνας, ανάπτυξης και βελτίωσής τους, είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες του περιβάλλοντος

ως αρωγό για την πιο αποτελεσματική πλοήγηση των ατόμων με οπτική αναπηρία μέσα σε αυτό (Jansson, 2001· Ramirez, da Silva, Cinelli & de Albornoz, 2012).

Οι Magnusson και Rasmus-Gröhn (2005) δημιουργούν ένα εικονικό κυκλοφοριακό περιβάλλον στο οποίο ένας χρήστης με οπτική αναπηρία μπορεί με ασφάλεια να εξερευνήσει ποικίλες κυκλοφοριακές καταστάσεις. Η παρούσα έρευνα εξετάζει πώς τα άτομα με οπτική αναπηρία μπορούν να πλοηγηθούν και να κατανοήσουν ένα μεγάλο και πολύπλοκο απτικο-ακουστικό εικονικό περιβάλλον. Στη έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ReachIn API για την απτική αλληλεπίδραση και το 3DStudioMax για τη δημιουργία των σταθερών σημείων του περιβάλλοντος. Για τις ηχητικές πληροφορίες χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά, ενώ η πλοήγηση και η λήψη ακουστικών και απτικών πληροφοριών έγινε μέσω του Phantom stylus. Όλα τα σημαντικά σημεία αναφοράς του περιβάλλοντος είχαν επιφάνειες που έδιναν την αίσθηση της τριβής, ενώ οι τοίχοι που περιέβαλλαν τον εικονικό κόσμο είχαν επιφάνειες που γλιστρούσαν, για να διαφοροποιούνται. Επιπλέον στην οθόνη του υπολογιστή υπάρχει το άβαταρ του χρήστη ως ένας πολίτης που κινείται με τη χρήση μπαστουιού. Το 80% των συμμετεχόντων ήταν ικανοί να κατανοήσουν το πολύπλοκο αυτό περιβάλλον και να πλοηγηθούν σε αυτό. Με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο πλοηγήθηκαν εκείνοι που χρησιμοποιούσαν το μπαστούνι κατά την μετακίνησή τους στο πραγματικό περιβάλλον, αποτέλεσμα που επιτρέπει την ανάδειξη μιας σχέσης μεταξύ του λευκού μπαστουιού και του Phantom, καθώς και τα δύο έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό το ένα σημείο επαφής με το περιβάλλον.

Οι Zelek, Bromley, Asmar και Thompson (2003) θέτουν την απτική τεχνολογία στην υπηρεσία του προσανατολισμού και της κινητικότητας μέσω ενός απτικού γαντιού,

μιας κάμερας και ενός φορητού υπολογιστή, σε μία προσπάθεια σχεδόν απόλυτης αίσθησης της ελευθερίας για τα άτομα με οπτική αναπηρία, και με πρόθεση την αντικατάσταση των σκύλων οδηγών και του λευκού μαστουνιού. Η έρευνα επικεντρώνεται στον εντοπισμό και την αποφυγή εμποδίων μέσω της απτικής πληροφορίας που παρέχεται στον χρήστη. Ο χρήστης φοράει στο αριστερό του χέρι το γάντι, το οποίο τον προειδοποιεί απτικά αναφορικά με τα εμπόδια που βρίσκονται ακόμη και σε πολύπλοκα περιβάλλοντα, σε απόσταση δέκα μέτρων από τον ίδιο. Όσο πιο κοντά βρίσκεται στο εμπόδιο τόσο πιο έντονη γίνεται η δόνηση, από τους τρεις αισθητήρες διέγερσης: στον αντίχειρα: εμπόδιο στα δεξιά, στον δείκτη: εμπόδιο μπροστά, στο μικρό δάχτυλο: εμπόδιο αριστερά. Τα ακροδάχτυλα είναι ελεύθερα έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να τα χρησιμοποιεί για διάφορους άλλους λόγους, όπως ανάγνωση Braille ή χρήση τηλεφώνου. Η κάμερα (Videre Design) τοποθετείται στη μέση του χρήστη ενώ υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησής της στον στέρνο, με απώτερο σκοπό στο μέλλον να ενσωματωθεί σε γυαλιά. Τα αποτελέσματα των 9 συμμετεχόντων (25-72 χρόνων, με οπτική αναπηρία) έδειξαν πως δεν χρειάζεται η ύπαρξη του λευκού μαστουνιού όταν ο χρήστης πλοηγείται στον χώρο με το παρόν σύστημα.

Ενώ το τυπικό λευκό μαστούνι προειδοποιεί τον χρήστη για εμπόδια που βρίσκονται στην ακτίνα του και στο έδαφος, οι Ramirez, da Silva, Cinelli και de Albornoz (2012) δημιουργούν το ηλεκτρονικό μαστούνι (electronic long cane) με δυνατότητα προειδοποίησης εμποδίου σε απόσταση δέκα μέτρων από τον χρήστη και σε ύψος μεγαλύτερο της μέσης του. Το ηλεκτρονικό μαστούνι, βασίζεται στο Ultra Cane, έχει εργονομικό σχεδιασμό και ενσωματώνει στη λαβή του ένα ηλεκτρονικό σύστημα το οποίο παρέχει στον χρήστη απτικές και ακουστικές πληροφορίες για την ύπαρξη

εμποδίων που βρίσκονται σε ύψος μεγαλύτερο της μέσης του. Το ηλεκτρονικό μαστούνι λειτουργεί σε ένα πρώτο επίπεδο όπως το συμβατικό λευκό μαστούνι, όμως, με τη συσκευή που ενσωματώνει, ανιχνεύει εμπόδια που βρίσκονται ψηλότερα από το επίπεδο της μέσης του χρήστη, μέσω του ηχοεντοπισμού (eco detection), και προειδοποιεί το άτομο που το φέρει για αυτά ακουστικά -μέσω ήχου ή, και απτικά - μέσω δόνησης. Ενώ οι απτικές μόνο πληροφορίες για την ύπαρξη εμποδίου χαρακτηρίστηκαν ως απόλυτα επαρκείς, εξίσου αποτελεσματική κρίθηκε και η πλοήγησή τους με την ύπαρξη τόσο απτικού όσο και ακουστικού προειδοποιητικού σήματος, μιας που το δεύτερο φάνηκε ιδιαίτερα χρήσιμο σε άτομα με όχι και τόσο ανεπτυγμένη την αίσθηση τη αφής. Οι χρήστες, όλοι άτομα με οπτική αναπηρία, δήλωσαν πως εξοικειώθηκαν άμεσα με το ηλεκτρονικό μαστούνι και θα το χρησιμοποιούσαν νιώθοντας ασφάλεια.

Έχοντας υπόψη πως τα άτομα με οπτική αναπηρία αποκλείονται από πολλές δραστηριότητες και με απώτερο στόχο την αρτιότερη συμμετοχή τους στη δραστηριότητα του σκι, οι Aggravi, Salvietti και Prattichizzo (2016) αναπτύσσουν ένα καινοτόμο απτικό σύστημα που βοηθά στην καλύτερη επικοινωνία του σκιέρ με τον οδηγό-εκπαιδευτή του. Το πείραμα διεξήχθη με 7 άτομα με τύφλωση και η δοκιμασία ήταν να ακολουθήσουν τις οδηγίες του εκπαιδευτή τους για το πότε πρέπει να στρίψουν, ακολουθώντας την φυσική πορεία μιας πίστας σκι. Ο σκιέρ φοράει σε κάθε πήχη ένα βραχιόλι που δονείται όταν ο εκπαιδευτής τού μεταφέρει μια πληροφορία απτικά πατώντας ένα κουμπί που βρίσκεται στο μαστούνι του σκι. Η επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων εκπαιδευτή και σκιέρ γίνεται μέσω Bluetooth και για την επεξεργασία δεδομένων χρησιμοποιείται ένας φορητός υπολογιστής ή ένα smartphone. Δόνηση στο

δεξί βραχιόλι σηματοδοτεί στροφή δεξιά, δόνηση στο αριστερό, αριστερά. Το πείραμα ολοκληρώθηκε σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο δόθηκαν μόνο ακουστικές οδηγίες, στο δεύτερο μόνο απτικές και στο τρίτο συνδυασμός των δύο. Παρότι οι συμμετέχοντες σε ένα πρώτο επίπεδο δήλωσαν την προτίμησή τους για τον συνδυασμό ακουστικής και απτικής πληροφορίας, κάτι που οι ερευνητές το χαρακτήρισαν αναμενόμενο ως πιο οικείο στην μέχρι τώρα εμπειρία τους, η παροχή μόνο απτικής πληροφορίας χαρακτηρίστηκε ως διαδικασία που τους παρέχει πιο άμεσα κατανοητές πληροφορίες και ως η μόνη δοκιμασία που τους εξασφαλίζει την αίσθηση της αυτονομίας και της διακριτικότητας καθιστώντας τη νέα αυτή προσέγγιση ευρέως αποδεκτή, από τους συμμετέχοντες.

1.5.2. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα της εκπαίδευσης (φυσικές επιστήμες)

Η τυπική διδασκαλία των φυσικών επιστημών βασίζεται σε οπτικές αναπαραστάσεις αυτών μέσω εγχειριδίων, πολυμεσικών εφαρμογών, και παρουσιάσεων από τους εκπαιδευτικούς, παροχή γνώσης η οποία είναι αδύνατον να αφομοιωθεί από τους μαθητές με οπτική αναπηρία, και που οδηγεί τους τελευταίους σε μη ισότιμη πρόσληψη της γνώσης σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές (Jones, Minogue, Orpewal, Cook, & Broadwell, 2006).

Έρευνα, σε φοιτητές, με την χρήση συσκευών δυναμικής ανάδρασης, έδειξε πως η δυναμική ανάδραση τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα την πρωτεϊνική σύνθεση και μάλιστα τους απέτρεψε από το να σχηματίσουν λανθασμένη αντίληψη βασιζόμενοι μόνο στο οπτικό μοντέλο (Bivall, Ainsworth & Tibell, 2011). Επιπλέον, έχουν γίνει πειράματα για τη χρήση του Phantom στον σχεδιασμό σχημάτων και εννοιών που

απαντώνται στα μαθηματικά (π.χ. σφαίρα, τρίγωνο, τετράγωνο, γωνία, διαγώνια γραμμή) με τη συμβολή του απτικο-ακουστικού προγράμματος AHEAD, τα πρώτα ερευνητικά δεδομένα των οποίων δείχνουν πως κάτι τέτοιο είναι εφικτό, όμως χρειάζεται περεταίρω έρευνα (Magnusson, Rasmus-Grohn & Efring, 2007).

Οι Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens και List (2014) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα του Falcon στην κατανόηση ζητημάτων θερμοκρασίας και πίεσης, από μαθητές με οπτική αναπηρία, σε σχέση με την κίνηση του μορίου. Οι συμμετέχοντες (15 μαθητές δημοτικού και γυμνασίου, με οπτική αναπηρία) με τη χρήση του Falcon ήταν ικανοί να χειριστούν και να ελέγξουν, σε ένα κλειστό κύκλωμα, ένα αντικείμενο - κόκκος γύρης- ο οποίος ήταν συνεχώς εξαρτώμενος της τυχαίας κίνησης των σωματιδίων που το περιέβαλλαν. Η ένταση της δυναμικής ανάδρασης, που λάμβαναν, εξαρτιόταν από τις ρυθμίσεις της θερμοκρασίας και της πίεσης της προσομοίωσης. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες ήταν ικανοί να νιώσουν τον τυχαίο βομβαρδισμό αναρίθμητων σωματιδίων στο αντικείμενο, που έλεγχαν μέσω της προσομοίωσης, και να κατανοήσουν το πώς η μεταβολή της θερμοκρασίας και της πίεσης συμβάλλουν στη μεταβολή της κίνησης ενός μορίου. Η αντίληψη της κίνησης των σωματιδίων είναι πολύ σημαντική γιατί μέσω αυτής είναι δυνατόν κανείς να κατανοήσει ποικίλα ζητήματα της επιστήμης της φυσικής όπως τη θερμότητα, τον σχηματισμό και τη δομή των ιών και των πρωτεϊνών και διαδικασίες όπως αυτή της όσμωσης. Η πιλοτική αυτή έρευνα έδειξε πως η χρήση της απτικής συσκευής Novint Falcon, σε συνδυασμό με το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, λειτούργησε ως αρωγός σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο να μάθουν σχετικά με την κίνηση σωματιδίων, θερμοκρασίας και πίεσης.

Έρευνα των Jones, Minogue, Orpewal, Cook και Broadwell (2006) σε 21 μαθητές με οπτική αναπηρία (τύφλωση και ελάχιστη λειτουργική όραση, μέσου όρου ηλικίας 15,5 χρόνων) αναδεικνύει την αποτελεσματικότητα της απτικής τεχνολογίας στη διδασκαλία της μορφολογίας του κυττάρου. Οι μαθητές είχαν υψηλά ποσοστά αναγνώρισης των οργανιδίων που αποτελούν το κύτταρο και κρίνουν την απτική τεχνολογία ως ένα άκρως σημαντικό εκπαιδευτικό εργαλείο. Το πείραμα διεξήχθη με τη χρήση του Phantom και του λογισμικού προγράμματος Cell Exploration. Οι μαθητές μπορούσαν με το Phantom να επεξεργαστούν ένα τρισδιάστατο κύτταρο και να αντιληφθούν τη μορφολογία και τα δομικά στοιχεία του, μέσω της δυναμικής ανάδρασης. Το λογισμικό πρόγραμμα τους έδινε τη δυνατότητα να μεγεθύνουν και να περιστρέψουν την εικόνα, απεικονίζοντας το κύτταρο τόσο οπτικά όσο και απτικά, επιτρέποντας τους να αντιληφθούν το σχήμα, το μέγεθος, την υφή και την ελαστικότητα των δομικών στοιχείων του κυττάρου (π.χ. μεμβράνη, κυτταρόπλασμα, μιτοχόνδρια) με ταυτόχρονη ακουστική ανατροφοδότηση για το καθένα. Η προηγούμενη εμπειρία των συγκεκριμένων μαθητών με ενδεδειγμένες εκπαιδευτικές στρατηγικές, αναφορικά με την εκμάθηση του κυττάρου, περιελάμβαναν τρισδιάστατα μοντέλα, απτικά δισδιάστατα γραφικά και εικόνες, βιβλία με πληροφορίες σε Braille και προφορικές πληροφορίες από τον εκπαιδευτικό. Μετά το πείραμα, οι μαθητές ήταν σε θέση να ονομάσουν πολλά περισσότερα δομικά στοιχεία του κυττάρου, απ' ό,τι πριν από αυτό, μπορούσαν να δώσουν περισσότερες και πιο ακριβείς πληροφορίες για το κύτταρο, ως σύνολο, και στις περιγραφές τους χρησιμοποιούσαν περισσότερο λεξιλόγιο που σχετίζεται με τις απτικές έννοιες, όπως: υφή, τραχύτητα, γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Όλοι οι μαθητές βρήκαν άκρως ενδιαφέρουσα τη διαδικασία, στην οποία και ενεπλάκησαν ενεργά, και δήλωσαν την ανάγκη τους για

περισσότερα λογισμικά προγράμματα, αντίστοιχης τεχνολογίας, και τη χρήση απτικών συσκευών, για την εκμάθηση ζητημάτων των φυσικών επιστημών.

1.5.3. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα της επεξεργασίας, αναγνώρισης και αντίληψης αντικειμένων

Ήδη από το 1989 έρευνα του Heller έδειξε πως η χρήση των αισθήσεων της όρασης και της αφής έχουν παρόμοια αποτελέσματα στην αναγνώριση επιφανειών με τραχείς επιφάνειες, όμως η αφή υπερτερεί στην αναγνώριση πιο απαλών υφών. Ακόμη, στο συγκεκριμένο πείραμα, καμία διαφορά δεν σημειώθηκε στις επιδόσεις μεταξύ βλεπόντων και τυφλών (ανεξαρτήτως του χρόνου τύφλωσης), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως η οπτική εικόνα δεν είναι απαραίτητη για την αντίληψη της υφής, αλλά και στη μεγάλη δυναμική που έχει η αίσθηση της αφής, στην αντίληψη των υφών.

Οι Morrongiello, Humphrey, Timney, Choi και Rocca (1994) διεξήγαγαν έρευνα μεταξύ βλεπόντων παιδιών και παιδιών εκ γενετής τυφλών (14 στο σύνολο, 3 έως 8 χρόνων, ομαδοποιημένα σύμφωνα με το φύλο και την ηλικία τους) στην οποία εξετάστηκε η αναγνώριση αντικειμένων, με κριτήρια την ταχύτητα και την ορθότητα των απαντήσεων, η σχολαστικότητα στην εξερεύνηση των επιμέρους τμημάτων των αντικειμένων, η αναπαράσταση ολόκληρου του αντικειμένου έναντι των επιμέρους τμημάτων του, και ο πιθανός λόγος της ύπαρξης των επιμέρους τμημάτων του αντικειμένου, ως προς την αναγνώρισή του. Παρουσιάστηκαν αντικείμενα καθημερινής χρήσης σε 4 κατηγορίες: κανονικό μέγεθος, μεγάλο μέγεθος, μικρές μινιατούρες, μεγάλες μινιατούρες. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επεξεργαστούν τα αντικείμενα απτικά, χωρίς βοηθητικές ακουστικές πληροφορίες. Τα αποτελέσματα της έρευνας

έδειξαν πως εκ γενετής τυφλά παιδιά και βλέποντα είχαν την ίδια απόδοση κατά την εκτέλεση των πειραμάτων επεξεργασίας και αναγνώρισης αντικειμένων, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως η πρότερη οπτική εμπειρία δεν καθορίζει τις απτικές στρατηγικές επεξεργασίας των αντικειμένων και δεν είναι αναγκαία για την απτική τους αναγνώριση.

Έρευνα των Lai και Chen (2006) σε παιδιά με οπτική αναπηρία και βλέποντα έδειξε πως τα παιδιά με οπτική αναπηρία χρειάστηκαν πολύ λιγότερο χρόνο από την ομάδα των βλέπόντων για να διαχωρίσουν τραχείς από λείες επιφάνειες. Επίσης, ο μέσος όρος του χρόνου που χρειάστηκε η ομάδα των ατόμων με τύφλωση να ταξινομήσουν σε βάση την τραχύτητα 5 κυλίνδρους καλυμμένους με διαφορετικής τραχύτητας γυαλόχαρτα ήταν σχεδόν ο μισός αυτού των βλέπόντων -23,3", 43,1".

Έρευνα των Jansson & Billberger (1999) έδειξε πως τα φυσικά γεωμετρικά στερεά αναγνωρίζονται πιο γρήγορα, πιο εύκολα, και με μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ότι τα εικονικά, κάτι που αποδόθηκε στο ότι τα φυσικά αντικείμενα έχουν περισσότερα σημεία επαφής από τα εικονικά. Παρ' όλα αυτά, όπως οι ίδιοι αναφέρουν, με τη συχνή χρήση και την εξοικείωση με το Phantom είναι δυνατή η βελτίωση της ακρίβειας και της ταχύτητας με τις οποίες ο χρήστης αναγνωρίζει μικρά και απλά τρισδιάστατα σχήματα. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε το Phantom και έλαβαν μέρος 12 βλέποντες φοιτητές, με τα μάτια καλυμμένα (Μ.Ο. 24χρόνων).

Έρευνα των Jansson, Petrie, Colwell, Kornbrot, Fänger, König, et. al. (1998) δώδεκα βλέπόντων με τα μάτια καλυμμένα, και με τη χρήση του Phantom, έδειξε πως οι συμμετέχοντες αντιλήφθηκαν τόσο τα πραγματικά όσο και τα εικονικά γυαλόχαρτα με τον ίδιο τρόπο, γεγονός που σημαίνει πως η αντίληψη της υφής εικονικών αντικειμένων

είναι μία διαδικασία που προσομοιάζει σε σχεδόν απόλυτο βαθμό τη φυσική διαδικασία. Σε ένα δεύτερο πείραμα, που διεξήγαγαν οι ίδιοι, με την απτική συσκευή δυναμικής ανάδρασης Impulse Engine 3000 (Immersion Corporation), 3 βαθμών ελευθερίας, το άκρο της οποίας μοιάζει με στυλό, έδειξε πως τα άτομα με τύφλωση αντλήθηκαν τη συσχέτιση της διαφοράς στην τραχύτητα, των εικονικών αντικειμένων, αναφορικά με τη διαφορετική σύστασή της κάτι που μόνο η μειοψηφία των βλεπόντων αντλήθηκε εξίσου. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών έδειξαν επιπλέον πως παρότι οι απτικές συσκευές Phantom και Engine 3000 παρέχουν ένα σημείο επαφής κατά την αλληλεπίδραση του χρήστη με την απτική συσκευή, επικεντρώνοντας στις κινητικές δράσεις του χρήστη και όχι τόσο στο δερματικό σύστημα –όπως συμβαίνει στην εξερεύνηση αληθινών αντικειμένων, τόσο οι χρήστες με τύφλωση όσο και οι βλέποντες με τα μάτια καλυμμένα είναι σε θέση να προσλάβουν πληροφορίες για το σχήμα και την υφή εικονικών αντικειμένων.

Ο Jansson το 1998 διεξάγει δύο πειράματα, για να διερευνήσει τη χρησιμότητα της απτικής συσκευής δυναμικής ανάδρασης Phantom στη μετάδοση πληροφοριών χωρίς οπτική καθοδήγηση. Στο πρώτο, 12 βλέποντες (Μ.Ο. ηλικίας 25 χρόνων) με καλυμμένα τα μάτια έκριναν με σχετική ακρίβεια την τραχύτητα τόσο πραγματικών όσο και εικονικών γυαλόχαρτων. Στο δεύτερο πείραμα, 10 βλεπόντων (Μ.Ο. 22 χρόνων) με τα μάτια καλυμμένα, δόθηκαν στους συμμετέχοντες διαφορετικών διαστάσεων 3διάστατα εικονικά γεωμετρικά στερεά -σφαίρα, κύβος, κύλινδρος, κώνος-, και ζητήθηκε από αυτούς να τα αναγνωρίσουν όσο πιο γρήγορα, και με περισσότερη ακρίβεια μπορούσαν. Τα αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα: 1). Η χρήση του Phantom είναι δυνατόν να παρέχει στους συμμετέχοντες χρήσιμες πληροφορίες μόνο μέσω της αίσθησης της αφής. 2). Τα

επί τις 100 ποσοστά σωστών αποκρίσεων στην αναγνώριση των εικονικών γεωμετρικών σχημάτων ήταν υψηλά, με τη σφαίρα να γίνεται πάντα αντιληπτή ακόμα και στις μικρότερες διαστάσεις. 3). Οι χρήστες που αρχικά είχαν δυσκολία στη σωστή απόκριση, γρήγορα απάντησαν επιτυχώς, γεγονός που αποδεικνύει την ταχύτατη διαδικασία παροχής γνώσεων μέσω του 3διάστατου εικονικού περιβάλλοντος και της απτικής συσκευής.

Οι Nikolakis, Tzouvaras, Moustakidis και Strintzis (2004) συνδυάζουν τα Phantom, CyberGlove και CyberGrasp για την επίτευξη δυναμικής ανάδρασης και στα 5 δάχτυλα. Ο συνδυασμός των Phantom και CyberGrasp είχε σαν πιο σημαντικό θετικό αποτέλεσμα το γεγονός πως ο χρήστης μπορεί με τη δυναμική ανάδραση που δέχεται στον δείκτη του να εξερευνήσει τις λεπτομέρειες ενός αντικειμένου, ενώ με τη δυνατότητα της δυναμικής ανάδρασης που παρέχεται σε όλα του τα δάχτυλα μπορεί να πιάσει, να μετακινήσει και να αντιληφθεί τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του αντικειμένου ως σύνολο, και όσο πιο ρεαλιστικά γίνεται. Το αρνητικό συμπέρασμα που διεξήχθη είναι πως το εύρος δράσης του CyberGrasp είναι μικρότερο εκείνου του Phantom, γεγονός που δημιουργεί προβλήματα. Παρότι ο σχεδιασμός για ένα τέτοιο πείραμα, σε επίπεδο λογισμικού και λειτουργικού συστήματος είναι αρκετά δύσκολος, τα αποτελέσματα του πειράματος δείχνουν πως ο συνδυασμός των συσκευών μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τις επιδόσεις των χρηστών.

Οι Magnusson, Rasmus-Grohn, Sjostrom και Danielsson (2002) διεξάγουν έρευνα με 25 άτομα με τύφλωση και πραγματοποιούν τα ακόλουθα πειράματα, με τη χρήση εξειδικευμένων λογισμικών προγραμμάτων και του Phantom: α) αναγνώριση γεωμετρικών στερεών –π.χ. κύλινδρος κύβος, ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, β)

αναγνώριση εικονικών αντικειμένων και των ιδιοτήτων των επιφανειών αυτών – πχ. βάζο, πιάνο, γ) μαθηματικές επιφάνειες –mathematical surfaces: το λογισμικό καταφέρνει να αντιστοιχίσει μια εξίσωση με τη μαθηματική της απεικόνιση, και η τελευταία να γίνεται αντιληπτή απτικά, δ) πλοήγηση σε εικονικά περιβάλλοντα. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν δείχνουν πως τα άτομα με τύφλωση είναι ικανά να αντιληφθούν και να διαχειριστούν πολύπλοκα εικονικά αντικείμενα και να αντιληφθούν και να πλοηγηθούν σε πολύπλοκα εικονικά περιβάλλοντα. Επιπλέον, τα πιο ρεαλιστικά εικονικά περιβάλλοντα είναι πιο εύκολο να γίνουν αντιληπτά από τα πολύπλοκα και μη ρεαλιστικά. Τέλος, αναδεικνύεται η σημαντικότητα του περιεχομένου των πειραμάτων, της ακρίβειας της απτικής πληροφορίας και η σημαντικότητα των υπολοίπων αισθητηρίων οδών πλην της απτικής, όπως επίσης και η σημαντικότητα της ανάπτυξης απτικών στρατηγικών εξερεύνησης, επεξεργασίας, διαχείρισης και κατανόησης της απτικής πληροφορίας.

1.5.4. Ερευνητικά δεδομένα στον τομέα του διαδικτύου, της ψυχαγωγίας και της τέχνης

Τα άτομα με οπτική αναπηρία αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην αποτελεσματική πλοήγησή στο διαδίκτυο, εξαιτίας τόσο του τρόπου με τον οποίο είναι δομημένες και οργανωμένες οι περισσότερες ιστοσελίδες, όσο και της αδυναμίας που παρουσιάζουν οι αναγνώστες οθόνης στο να μεταφέρουν όλες τις υπάρχουσες πληροφορίες (Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011).

Οι Zhu, Kuber, Tretter και O'Modhrain (2011) σύγκριναν την επίδοση 12 βλεπόντων, με τα μάτια καλυμμένα, με τη χρήση των συσκευών Phantom, Falcon,

Wingman Mouse, σε πειράματα που εξέταζαν την αλληλεπίδρασή τους με: υπερσυνδέσμους (hyperlinks), εικόνες (images), κουμπιά (buttons) και πλαίσια πληκτρολόγησης κειμένων (textboxes-textareas). Μετά το πέρας των πειραμάτων οι χρήστες εξέφρασαν πως και οι τρεις συσκευές ήταν άνετες στη χρήση με το Wingman Mouse να είναι πρώτο στη σειρά προτίμησης, ως πιο εύχρηστο, και να ακολουθεί το Phantom, ενώ το Phantom έρχεται πρώτο στην ποιότητα της δυναμικής ανάδρασης και το Falcon πρώτο στην ταχύτητα εξεύρεσης των διαφόρων πεδίων, κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι βαθμοί ελευθερίας μιας συσκευής δεν σχετίζονται άμεσα με την επίδοση του χρήστη σε μία δράση. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι απτικές συσκευές δυναμικής ανάδρασης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την πλοήγηση στο διαδίκτυο, επιτρέποντας στον χρήστη να βρίσκει με ακρίβεια και ταχύτητα τα διάφορα πεδία σε μία ιστοσελίδα, χωρίς να χρειάζεται να μετακινείται διαρκώς ανάμεσα σε αυτά.

Στον τομέα της ψυχαγωγίας αξίζει να αναφερθούν οι κάτωθι δύο έρευνες, με πρώτη αυτή των Yuan και Folmer (2008) που δημιουργούν μία προσβάσιμη, στους ανθρώπους με οπτική αναπηρία, εκδοχή του Guitar Hero, το Blind Hero, καθιστώντας τους ικανούς να διασκεδάσουν αλλά και να έρθουν σε επαφή με τη μουσική. Η οπτική πληροφορία, που παρέχεται στην οθόνη, μεταφράζεται σε απτική και μέσω ενός γαντιού που φορά ο χρήστης λαμβάνει απτικά ερεθίσματα τα οποία τον καθοδηγούν ως προς το πώς να εκτελέσει στην κιθάρα μουσικά κομμάτια. Η δεύτερη έρευνα είναι των White, Fitzpatrick και McAllister (2008) και αφορά στην προσπάθεια χρήσης των Phantom και Falcon συσκευών με τέτοιο τρόπο ώστε τα άτομα με οπτική αναπηρία να μπορούν πιο

ενεργά να συμμετέχουν στο διαδικτυακό παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας Second Life.

Οι απτικές συσκευές μπορεί να έχουν μεγάλη χρησιμότητα σε μουσεία, καθιστώντας εύθραυστα αντικείμενα δυνατά στην επεξεργασία, παρέχοντας τη δυνατότητα απομακρυσμένης πλοήγησης, στους χώρους του μουσείου, και παρέχοντας μια πραγματική αίσθηση της αφής των εκθεμάτων από ανθρώπους που ζουν μακριά από το μουσείο, ή που δυσκολεύονται να έχουν πρόσβαση σε αυτά, καθώς και επιτρέποντας σε άτομα με οπτική αναπηρία να επεξεργαστούν εκθέματα που βρίσκονται πίσω από γυάλινες επιφάνειες (Brewster, 2005).

Όπως αναφέρει ο Brewster (2005) το University of Southern California Interactive Art Museum έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί το Phantom στην αλληλεπίδραση των χρηστών με τα εκθέματα, ενώ η απτική έκθεση Senses in Touch II, σύμπραξη των Computing Science Department και Hunterian Museum at Glasgow University, επιτρέπει σε άτομα με οπτική αναπηρία να αντιληφθούν εκθέματα του μουσείου μέσω του απτικού ποντικιού Wingman και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ιερογλυφικά, νομίσματα αρχαίων πολιτισμών, διαφορετικά είδη εργαλείων και ίχνη δεινοσαύρων παρουσιάστηκαν σε δύο διαστάσεις και οι συμμετέχοντες ήταν ικανοί να αντιληφθούν τις διαφορετικές υφές των επιφανειών και τα περιγράμματά τους, ενώ τα παιδιά που επισκέφτηκαν την έκθεση την χαρακτήρισαν ως άκρως σημαντική και ενδιαφέρουσα.

Οι απτικές συσκευές γνωρίζουν μεγάλη απήχηση τις τελευταίες δεκαετίες και εμφανίζονται σε καίριους τομείς στην υπηρεσία των ατόμων με οπτική αναπηρία. Η πλοήγηση των ατόμων αυτών καθίσταται εν δυνάμει πιο εύκολη, καθώς με τη συμβολή των απτικών συσκευών και μέσω κατάλληλων στρατηγικών είναι δυνατόν να

καλλιεργηθεί η ικανότητα της νοητικής απεικόνισης του περιβάλλοντα χώρου ακόμη και με τη χρήση περιορισμένων αισθητηριακών ερεθισμάτων (Magnusson & Rasmus-Gröhn, 2005). Οι μαθητές με οπτική αναπηρία, έχοντας τις ίδιες γνωστικές και ακαδημαϊκές δυνατότητες με τους βλέποντες μαθητές, με τη χρήση των απτικών συσκευών και με τροποποιημένη διδασκαλία, είναι σε θέση να κατανοήσουν, εξίσου με τους τελευταίους, ζητήματα υψηλού επιστημονικού ενδιαφέροντος (Jones, Minogue, Orpewal, Cook, & Broadwell, 2006), ενώ πλέον, τα έργα τέχνης είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτά στην τρισδιάστατη μορφή τους ως όλον, διατηρώντας τις διαφορετικές επιφάνειές τους και τα χαρακτηριστικά τους γνωρίσματα, εφόσον μέσω των απτικών συσκευών είναι δυνατόν να μοντελοποιηθούν και να παρουσιαστούν με σύγχρονους και ενδεδειγμένους τρόπους (Brewster, 2005).

1.6. Διερευνητικά ερωτήματα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει πως μέχρι τώρα η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στην σύγκριση εικονικών και πραγματικών αντικειμένων και τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την υφή ως μία ιδιότητα των αντικειμένων που, στο εικονικό περιβάλλον, μπορεί να γίνει αντιληπτή. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει ποια είναι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που πρέπει να έχει η υφή των εικόνων, που αναπαράγονται σε εικονικό περιβάλλον, ώστε να επιτυγχάνεται η εύκολη διάκρισή τους, από άτομα με οπτική αναπηρία. Επιπρόσθετα διερευνά ποιες από τις επιμέρους απτικές ιδιότητες: *υφή, τριβή, σκληρότητα, υπερύψωση*, γίνονται πιο εύκολα αντιληπτές.

Τα διερευνητικά ερωτήματα είναι τα ακόλουθα:

- i. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά απτικά γνωρίσματα των εικόνων που οδηγούν τα άτομα με οπτική αναπηρία σε σωστές αποκρίσεις;
- ii. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ατόμων με οπτική αναπηρία και των βλέπόντων (με τα μάτια καλυμμένα) αναφορικά με τις σωστές αποκρίσεις και τον χρόνο απόκρισής τους;
- iii. Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στους άντρες και τις γυναίκες με οπτική αναπηρία;
- iv. Σχετίζεται η ηλικία απώλειας της όρασης με τις επιδόσεις των ατόμων με οπτική αναπηρία;

Κεφάλαιο 2^ο: Μεθοδολογία της έρευνας

2.1. Ερευνητική Στρατηγική

Η παρούσα έρευνα είναι πειραματική και πραγματοποιήθηκε σε μία ομάδα ατόμων με οπτική αναπηρία και σε μία ομάδα βλέπόντων ατόμων (με τα μάτια καλυμμένα), η οποία λειτούργησε ως ομάδα ελέγχου. Οι συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία (15 άτομα) προέκυψαν από τις λίστες δύο συλλόγων ατόμων με οπτική αναπηρία, της Θεσσαλονίκης, ακολουθώντας τη μέθοδο δειγματοληψίας με πιθανότητες και με δειγματοληπτικό πλαίσιο, με μοναδικό κριτήριο το ηλικιακό εύρος. Εξαίρεση, σε αυτό, αποτελεί ένα άτομο το οποίο συμμετείχε στην έρευνα κατόπιν δικής του μεγάλης εκδήλωσης ενδιαφέροντος. Οι βλέποντες συμμετέχοντες (15 άτομα) προέκυψαν μέσω της μεθόδου της ευχέρειας, με κριτήριο την ίδια ηλικιακή κατανομή, με εκείνη των ατόμων με οπτική αναπηρία.

2.2. Συμμετέχοντες

Τα άτομα με οπτική αναπηρία έχουν ηλικιακό εύρος 37-56 έτη ($M=46$, $S.D=6.782$), οι 7 είναι γυναίκες ενώ οι 8 άντρες και κατοικούν στη Θεσσαλονίκη (86,7%), τη Μηχανιώνα (6,7%) και τον Εύοσμο (6,7%) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ηλικία ατόμων με Οπτική Αναπηρία

	N	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία	15	46.00	6.782

Έντεκα από τους συμμετέχοντες έχουν ολική απώλεια όρασης (73,3%), τρεις σοβαρό πρόβλημα όρασης (20%) και ένας μειωμένη όραση (6,7%). Η οπτική αναπηρία στους 8 από τους 15 συμμετέχοντες προέκυψε εκ γενετής (53,3%), ενώ για τους υπόλοιπους 7 η ηλικία εμφάνισης της οπτικής αναπηρίας απαντάται στην ηλικία του ενός έτους, των τριών, επτά, δέκα, δεκατριών, δεκαέξι και είκοσι δύο χρόνων, αντίστοιχα, σε ποσοστό 6,7% ανά περίπτωση (πίνακας 2). Για τα δύο από τα οχτώ άτομα, η εκ γενετής εμφάνιση της οπτικής αναπηρίας είναι ταυτόσημη με την εκ γενετής απώλεια της όρασής τους (13,3%). Για δύο άτομα η ηλικία απώλεια της όρασης ορίζεται στα δεκατέσσερά τους χρόνια (13,3%), για άλλα δύο στα τριάντα (13,3%), ενώ για τα υπόλοιπα εννιά άτομα οι ηλικίες είναι πέντε χρόνων, επτά, οχτώ, δέκα, δεκατριών, είκοσι, είκοσι δύο, είκοσι τριών και τριάντα έξι (6,7%) (πίνακας 3).

Πίνακας 2. Ηλικία Εμφάνισης Οπτικής Αναπηρίας

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Εκ γενετής	8	53.3	53.3
	1	1	6.7	60.0
	3	1	6.7	66.7
	7	1	6.7	73.3
	10	1	6.7	80.0

13	1	6.7	6.7	86.7
16	1	6.7	6.7	93.3
22	1	6.7	6.7	100.0
Total	15	100.0	100.0	

Πίνακας 3. Ηλικία Απώλειας της Όρασης

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Εκ γενετής	2	13.3	13.3	13.3
	5	1	6.7	6.7	20.0
	7	1	6.7	6.7	26.7
	8	1	6.7	6.7	33.3
	10	1	6.7	6.7	40.0
	13	1	6.7	6.7	46.7
	14	2	13.3	13.3	60.0
	20	1	6.7	6.7	66.7
	22	1	6.7	6.7	73.3
	23	1	6.7	6.7	80.0
	30	2	13.3	13.3	93.3
	36	1	6.7	6.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Τέσσερις από τους συμμετέχοντες μετακινούνται αποκλειστικά μόνοι (26,7%) και έντεκα (73,3%) κάποιες φορές μόνοι και κάποιες με τη βοήθεια συνοδού, ενώ έντεκα μετακινούνται μόνοι τις περισσότερες φορές (73,3%), τρεις πάντα (20%) και ένας μερικές φορές (6,7%). Εφτά από τους συμμετέχοντες είναι απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (46,7%), έξι απόφοιτοι Λυκείου (40%), ένας απόφοιτος Γυμνασίου (6,7%) και ένας απόφοιτος ΙΕΚ (6,7%). Δεκατέσσερις δηλώνουν ως μέσο ανάγνωσης την Μπράιγ, ή την ηχητική ανάγνωση (93.3%), ενώ μόνο ένας διαβάζει σε κείμενα των βλεπόντων με τη χρήση βοηθημάτων χαμηλής όρασης (6.7%). Τρία από τα άτομα με οπτική αναπηρία χρησιμοποιούν ή και διαβάζουν απτικό υλικό, πέραν της Μπράιγ· όπως απτικές εικόνες ή απτικούς χάρτες, κάποιες φορές τον χρόνο (20%), ένα κάποιες φορές τον μήνα (6.7%), δύο σπάνια (13,3%) και εννιά καθόλου (60%) (πίνακας 4), ενώ μόνο ένα από τα

δεκαπέντε άτομα έχει εκπαιδευτεί στη χρήση απτικού υλικού (6.7%), σε εκπαίδευση που διήρκησε 20 ώρες.

Πίνακας 4. Συχνότητα χρήσης/ανάγνωσης Απτικού υλικού

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Κάποιες φορές/μήνα	1	6.7	6.7	6.7
	Κάποιες φορές/χρόνο	3	20.0	20.0	26.7
	Σπάνια	2	13.3	13.3	40.0
	Καθόλου	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Τέλος, δύο από τους συμμετέχοντες είχαν προηγούμενη εμπειρία με τη χρήση συσκευών δυναμικής ανάδρασης (13,3%) και ο χρόνος της εμπειρίας τους αυτής είναι οι δύο και τριάντα δύο ώρες αντίστοιχα, για τον κάθε συμμετέχοντα.

Το δείγμα των βλεπόντων αποτελείται από 15 άτομα ηλικίας 37 έως 57 χρόνων ((M=44,27, S.D=5,548), αποτελούμενο από 8 γυναίκες (53,3%) και 7 άντρες (46,7%) (πίνακας 5).

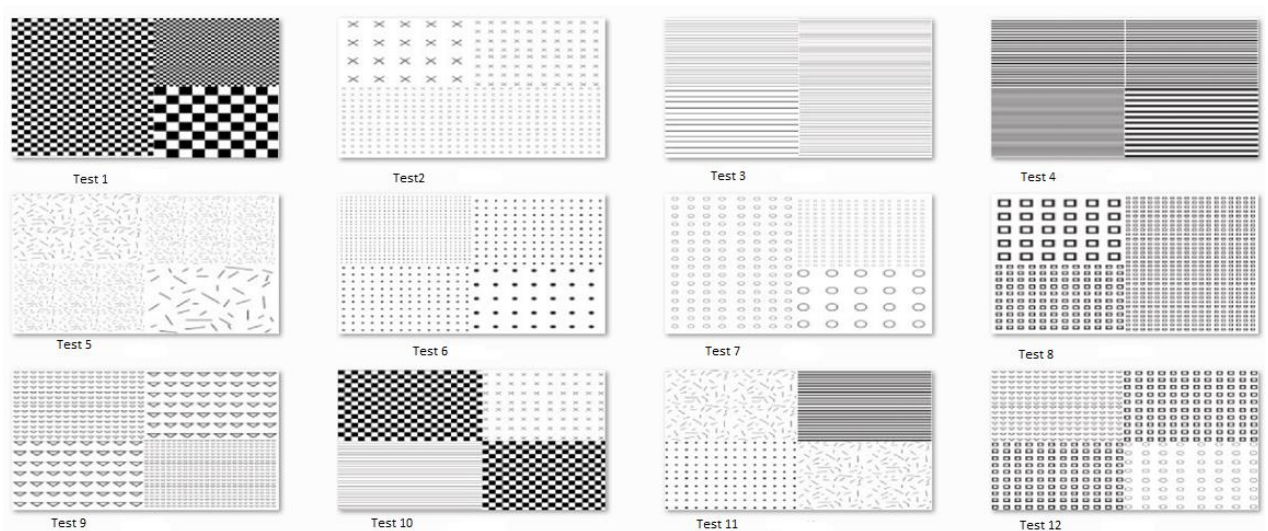
Πίνακας 5. Ηλικία Βλεπόντων

	N	M.O.	Τυπική Απόκλιση
Ηλικία	15	44.27	5.548

Δύο είναι απόφοιτοι λυκείου (13,3%), έξι είναι απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (40%), έξι είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (40%) και ένας διδακτορικού τίτλου (6,7%) (πίνακας 18). Δώδεκα κατοικούν στη Θεσσαλονίκη (80%), δύο στην Αθήνα (13,3%) και ένας στη Δράμα (6,7%), ενώ κανείς δεν έχει προηγούμενη εμπειρία με συσκευές δυναμικής ανάδρασης.

2.3. Διαδικασίες και εργαλεία της έρευνας

Για το πείραμα δημιουργήθηκαν 15 σύνολα εικόνων, τα οποία εφεξής θα καλούνται test, καθένα από τα οποία αποτελείται από 4 εικόνες (Πίνακας 10). Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τα 12 πρώτα test αποτελούνται από μοτίβα σχημάτων, γραμμών και συμβόλων (παραλληλόγραμμο, κύκλος, οβάλ, τρίγωνο, χι, συνεχόμενη γραμμή, διακεκομμένες γραμμές σε διάφορα μήκη και κατευθύνσεις), ενώ εφαρμόστηκαν οι απτικές μεταβλητές της μορφής, του μεγέθους, του προσανατολισμού και της αξίας (Paradopoulos & Karanikolas, 2009). Τα τρία τελευταία test αποτελούνται από εικόνες με διαφορετικές τιμές για τις ιδιότητες της τριβής, της σκληρότητας και της υπερύψωσης. Συγκεκριμένα οι τιμές που παίρνει το test της τριβής (test 13) είναι 0, 0,35, 0,7, της σκληρότητας (test 14) 0,35, 0,7, 1 και της υπερύψωσης (test 15) 0,007, 0,01, 0,013. Σε κάθε test δύο από τις εικόνες είναι ίδιες, ενώ οι υπόλοιπες διαφέρουν ως προς τις μεταβλητές και τις τιμές των ιδιοτήτων, όπως αυτές προαναφέρθηκαν.



Πίνακας 10: Το σύνολο των 10 test και οι εικόνες που τα απαρτίζουν.

Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία των test πραγματοποιήθηκε το πείραμα πιλοτικά σε 6 βλέποντες (με τα μάτια καλυμμένα ή χωρίς οπτική επαφή με την οθόνη του υπολογιστή) για να καθοριστούν ο ελάχιστος και ο μέγιστος χρόνος που οι συμμετέχοντες θα είχαν στη διάθεσή τους.

Το κάθε test ξεχωριστά προβαλλόταν μέσω του προγράμματος H3DARI, πρόγραμμα που απεικονίζει τρισδιάστατα μοντέλα, με τη χρήση ενός φορητού υπολογιστή.

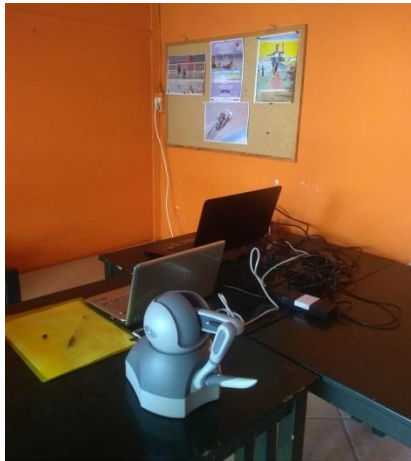
Η απτική συσκευή δυναμικής ανάδρασης που χρησιμοποιήθηκε για το παρόν πείραμα είναι η Omni Phantom, η οποία επιτρέπει την αναπαράσταση εικονικών αντικειμένων στα ακροδάχτυλα του χρήστη (Jones, Minogue, Orpewal, Cook, & Broadwell, 2006). Προκειμένου τα εικονικά αντικείμενα να προκαλέσουν απτικά αποτελέσματα είναι απαραίτητα τα ακόλουθα: α) να αναγνωρίσουν την κίνηση του χρήστη, β) να συνεχίσουν την κίνηση του χρήστη στο εικονικό αντικείμενο, μέσω του εξαρτήματος της συσκευής, γ) να υπολογίσουν τις δυνάμεις ανάδρασης που θα προκύψουν από την επαφή και κίνηση του χρήστη και δ) να αποδώσουν τις δυνάμεις στον χρήστη, δράσεις οι οποίες, πλην της τρίτης, εκτελούνται από το Phantom (Massie & Salisbury, 1994). Με το Phantom ο χρήστης μπορεί να εξερευνήσει αντικείμενα και καταστάσεις που δεν είναι ορατά, αλλά μπορεί να γίνουν αντιληπτά μέσω της αφής, μιας που τα εικονικά αντικείμενα ασκούν πίεση με τρόπο αντίστοιχο των αληθινών αντικειμένων (Jansson, 1999; Jansson, 1999a). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί πως η αντίληψη εικονικών υφών με τη χρήση του Phantom προσεγγίζει την αίσθηση της υφής κατά την επεξεργασία πραγματικών αντικειμένων (Jansson, 2001).

2.3.1 Διαδικασία πειράματος.

Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να επεξεργαστούν, κρατώντας το άκρο του Phantom που μοιάζει με στυλό, τις εικόνες που βρίσκονται σε κάθε test ανά ζεύγη και να απαντήσουν στο ερώτημα αν τα ζεύγη των εικόνων, που κάθε φορά επεξεργάζονται, είναι ίδια. Τα ζεύγη των εικόνων παρουσιάζονταν κάθε φορά με την ίδια σειρά και ήταν τα ακόλουθα: α) οι δύο πάνω εικόνες, β) οι δύο κάτω, γ) η πάνω και η κάτω δεξιά, δ) η πάνω και η κάτω αριστερά, ε) η πάνω αριστερά και η κάτω δεξιά και ζ) η πάνω δεξιά και η κάτω αριστερά. Ο ελάχιστος χρόνος που είχαν για να δώσουν απάντηση ήταν τα 30'', ενώ ο μέγιστος τα 60'', χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα να μην απαντήσουν, είτε γιατί ο χρόνος δεν τους φάνηκε αρκετός, είτε γιατί δεν ήταν σίγουροι για την απάντησή τους. Πρώτα, δόθηκαν τα test 1-12 και έπειτα τα 13-15, κυκλικά, δηλαδή ο πρώτος συμμετέχων ξεκίνησε από το 1^ο test και από το 13^ο, ο δεύτερος από το 2^ο και το 14^ο κ.ο.κ. Τα test 3 και 7 χρησιμοποιήθηκαν για την εξοικείωση των συμμετεχόντων με το Phantom, με τον διαφορετικό τρόπο προσέγγισης της αίσθησης της αφής, μέσω αυτού, και την όλη διαδικασία του πειράματος, με χρόνο 5' για κάθε test. Στη φάση αυτή του πειράματος οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να αντιληφθούν το εύρος κίνησης του Phantom, τον χώρο στον οποίο βρίσκονται οι 4 εικόνες και ποια είναι τα όριά τους, τις κινήσεις που μπορούν να κάνουν για να τις επεξεργαστούν και να εκφράσουν απορίες. Ο μέγιστος χρόνος διεξαγωγής του πειράματος ορίζεται στα 90'.

Μετά το πέρας του πειράματος οι συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία κλήθηκαν να απαντήσουν σε ένα ερωτηματολόγιο με τα ακόλουθα δημογραφικά στοιχεία: φύλο, ηλικία, ηλικία εμφάνισης της οπτικής αναπηρίας, ηλικία απώλειας της όρασης, βαθμός αναπηρίας, μέσο ανάγνωσης, οπτική οξύτητα σε αριστερό και δεξί μάτι, οπτικό πεδίο,

πάθηση-αίτιο της οπτικής αναπηρίας, μορφωτικό επίπεδο, πορεία αναπηρίας, συχνότητα χρήσης-ανάγνωσης απτικών εικόνων και χαρτών, εκπαίδευση στη χρήση απτικού υλικού εκτός της Μπράιγ, ώρες εκπαίδευσης σε αυτό, προηγούμενη εμπειρία χρήσης συσκευών δυναμικής ανάδρασης, αριθμός ωρών της εμπειρίας αυτής, τόπος κατοικίας, εάν το άτομο μετακινείται μόνο του ή με τη βοήθεια συνοδού και, τέλος, πόσο συχνά μετακινείται μόνο του. Αντίστοιχα, οι βλέποντες συμμετέχοντες έδωσαν στοιχεία που αφορούσαν στο φύλο, στην ηλικία, στο μορφωτικό επίπεδο, στον τόπο κατοικίας και στο αν είχαν προηγούμενη εμπειρία με συσκευές δυναμικής ανάδρασης.



Εικόνα 9. Γραφείο Α.Σ. Ηφαίστου: τόπος διεξαγωγής του πειράματος.

2.4. Ανάλυση των δεδομένων

Το πλήθος των στατιστικών αναλύσεων έγινε με το πρόγραμμα SPSS. Στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Κεφάλαιο 3^ο: Αποτελέσματα της έρευνας

Για την παραγωγή των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, αρχικά πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική για τις μεταβλητές της σωστής απόκρισης των συμμετεχόντων στο ερώτημα *εάν τα ζεύγη των εικόνων που επεξεργάζονται είναι ίδια και του χρόνου απόκρισής τους*, συνολικά, για κάθε ένα από τα 13 test στα οποία εξετάστηκαν. Το σύνολο των σωστών απαντήσεων, για κάθε test, είναι έξι, όσα και τα ζεύγη των τεσσάρων εικόνων, που κάθε τεστ περιλαμβάνει. Τα αποτελέσματα, για τα άτομα με οπτική αναπηρία, ανέδειξαν πως οι πιο σωστές και γρήγορες απαντήσεις δόθηκαν για το test 13 που εξετάζει την ιδιότητα της τριβής (με ελάχιστες 4/6 σωστές απαντήσεις). Ακολουθούν τα test 4, 10, 11, 12, 15 (3/6), 1,2,6,14 (2/6), 8, 9 (1/6) και 5 (1/5) (πίνακας 6). Αξίζει να σημειωθεί πως περισσότερο χρόνο χρειάστηκαν για να δώσουν απάντηση στο test 6, ενώ για κανένα από τα test δεν έδωσαν απόλυτα σωστές απαντήσεις (6/6).

Πίνακας 6. Σωστές αποκρίσεις/ Χρόνος απόκρισης (Ο.Α)

	M.O.	Τυπική Απόκλιση
1_ΒΡΗΚΕ	4.33	1.234
2_ΒΡΗΚΕ	4.20	1.207
4_ΒΡΗΚΕ	5.20	1.146
5_ΒΡΗΚΕ	4.13	1.302
6_ΒΡΗΚΕ	3.60	1.352
8_ΒΡΗΚΕ	4.07	1.328
9_ΒΡΗΚΕ	4.47	1.356
10_ΒΡΗΚΕ	4.60	.910
11_ΒΡΗΚΕ	4.93	.799
12_ΒΡΗΚΕ	4.33	.976
13_ΒΡΗΚΕ	5.50	.650
14_ΒΡΗΚΕ	3.93	1.207
15_ΒΡΗΚΕ	4.64	.929
1_ΧΡΟΝΟΣ	43.6000	7.01693

2_ΧΡΟΝΟΣ	40.2444	6.00789
4_ΧΡΟΝΟΣ	37.3778	5.66087
5_ΧΡΟΝΟΣ	44.8000	8.74965
6_ΧΡΟΝΟΣ	45.6333	9.91896
8_ΧΡΟΝΟΣ	44.0119	8.36851
9_ΧΡΟΝΟΣ	44.6222	6.15587
10_ΧΡΟΝΟΣ	39.1778	5.07189
11_ΧΡΟΝΟΣ	41.1444	6.25258
12_ΧΡΟΝΟΣ	39.2222	5.01097
13_ΧΡΟΝΟΣ	36.4167	4.84360
14_ΧΡΟΝΟΣ	39.0238	5.24969
15_ΧΡΟΝΟΣ	41.3571	4.14835

Αντίστοιχα, τα βλέποντα άτομα, έδωσαν τις πιο σωστές και γρήγορες απαντήσεις για τα test 4 και 13 (4/6) και ακολουθούν τα test 8,11,12 (3/6) και 1,2,9,14 (2/6). Οι λιγότερο σωστές απαντήσεις δόθηκαν για τα test 5,6,10,15 (1/6), με το test 6 να παρουσιάζει, και στην ομάδα αυτή, τον μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης, ενώ ούτε τα βλέποντα άτομα έδωσαν 6/6 σωστές απαντήσεις, για κάποιο από τα 13 test (πίνακας 7).

Πίνακας 7. Σωστές αποκρίσεις/ Χρόνος απόκρισης (βλέποντες)

	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
1_ΒΡΗΚΕ	4.00	1.069
2_ΒΡΗΚΕ	4.47	1.598
4_ΒΡΗΚΕ	5.60	.632
5_ΒΡΗΚΕ	4.00	1.254
6_ΒΡΗΚΕ	4.13	1.302
8_ΒΡΗΚΕ	4.53	1.060
9_ΒΡΗΚΕ	3.73	1.100
10_ΒΡΗΚΕ	4.53	1.302
11_ΒΡΗΚΕ	4.87	.834
12_ΒΡΗΚΕ	4.87	1.060
13_ΒΡΗΚΕ	5.53	.743
14_ΒΡΗΚΕ	4.07	1.223
15_ΒΡΗΚΕ	4.33	1.447
1_ΧΡΟΝΟΣ	39.9111	6.74562
2_ΧΡΟΝΟΣ	39.2222	7.20082
4_ΧΡΟΝΟΣ	33.7333	3.40797

5_ΧΡΟΝΟΣ	42.9667	8.95451
6_ΧΡΟΝΟΣ	45.8556	9.28556
8_ΧΡΟΝΟΣ	42.0778	7.90742
9_ΧΡΟΝΟΣ	40.8667	7.97446
10_ΧΡΟΝΟΣ	37.4333	4.56731
11_ΧΡΟΝΟΣ	39.0333	4.87999
12_ΧΡΟΝΟΣ	40.3222	7.77319
13_ΧΡΟΝΟΣ	34.1333	4.90756
14_ΧΡΟΝΟΣ	39.3222	5.63277
15_ΧΡΟΝΟΣ	36.9333	4.79988

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος t-test ανεξάρτητων δειγμάτων μεταξύ της ποιοτικής μεταβλητής των κατηγοριών των ατόμων με οπτική αναπηρία και των βλέπόντων, και α) της ποσοτικής μεταβλητής των σωστών αποκρίσεων, β) της ποσοτικής μεταβλητής του χρόνου απόκρισής τους, για το κάθε ένα από τα 13 test. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του χρόνου απόκρισης των δύο κατηγοριών (άτομα με οπτική αναπηρία-βλέποντες) στα test 4 ($T=2.136/df=28/ p=.042<.05$) και 15 ($T=2.647/df=27/ p=.013<.05$). Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις.

Πίνακας 8. T-test

	Κατηγορία	M.O.	Τυπική Απόκλιση
4_ΧΡΟΝΟΣ	Ο.Α.	37.3778	5.66087
	Βλέποντες	33.7333	3.40797
15_ΧΡΟΝΟΣ	Ο.Α.	41.3571	4.14835
	Βλέποντες	36.9333	4.79988

Ακολούθησε έλεγχος t-test ανεξάρτητων δειγμάτων μεταξύ της ποιοτικής μεταβλητής του φύλου, των ατόμων με οπτική αναπηρία, και της ποσοτικής μεταβλητής α) των σωστών απαντήσεων, β) του χρόνου απόκρισης, που δόθηκαν για τα 13 test. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική

διαφορά μεταξύ των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι άντρες συγκριτικά με τις γυναίκες, ατόμων με οπτική αναπηρία, στο test 15, με τις γυναίκες να εμφανίζουν καλύτερη απόδοση ($T= 2.333/ df=12/ p=.038<.05$). Επιπρόσθετα, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του χρόνου απόκριση των δύο φύλων, για το test 13, με τους άντρες να δίνουν πιο γρήγορες απαντήσεις ($T= 2.333/ df=12/p=.038<.05$) (πίνακας 9).

Πίνακας 9. **T-test**

	Φύλο	M.O.	Τυπική Απόκλιση
13_ΧΡΟΝΟΣ	Γυναίκες	39.0238	4.64721
	Άντρες	33.8095	3.65709
15_ΒΡΗΚΕ	Γυναίκες	5.14	.690
	Άντρες	4.14	.900

Τέλος, με τον συντελεστή συσχέτισης Pearson, ελέγχθηκαν οι σχέσεις μεταξύ της μεταβλητής των σωστών αποκρίσεων και των μεταβλητών: ηλικία, ηλικία εμφάνισης της οπτικής αναπηρίας, ηλικία απώλειας της όρασης, βαθμός αναπηρίας, τρόπος μετακίνησης, συχνότητα μετακίνησης μόνος. Επιπλέον, ελέγχθηκαν οι σχέσεις μεταξύ της μεταβλητής του χρόνου απόκρισης και των μεταβλητών: ηλικία, ηλικία εμφάνισης της οπτικής αναπηρίας, ηλικία απώλειας της όρασης, βαθμός αναπηρίας, τρόπος μετακίνησης, συχνότητα μετακίνησης μόνος. Από την ανάλυση προκύπτει υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου απόκρισης στο test 14 και την ηλικία της απώλειας της όρασης ($r=.570, p<.05$) (πίνακας 10).

Πίνακας 10. **Pearson**

	Απώλεια Όρασης
14_ΧΡΟΝΟΣ	.570*

*<.05

Κεφάλαιο 4^ο: Συζήτηση-Συμπεράσματα

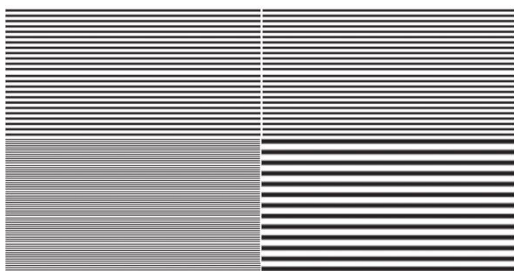
4.1 Συζήτηση

Βασικό διερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι να εντοπίσει ποιες είναι οι ιδιότητες των εικόνων που, κατά την πραγματοποίηση του πειράματος, οδήγησαν τα άτομα με οπτική αναπηρία σε σωστές απαντήσεις. Μέσω αυτού θα αναδειχθούν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που πρέπει να έχει η υφή των εικόνων ώστε να γίνεται αντιληπτή, σε εικονικό περιβάλλον. Επιπλέον διερευνά ποια από τις απτικές ιδιότητες: *υφή, τριβή, σκληρότητα, υπερύψωση* γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή.

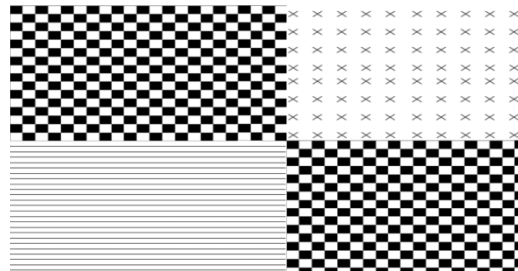
Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει πως οι περισσότερες σωστές και γρήγορες απαντήσεις δόθηκαν στο test 13, που εξετάζει την ιδιότητα της τριβής, ιδιότητα που, όπως αναφέρουν οι Massie & Salisbury (1994), γίνεται αντιληπτή μέσω του Phantom. Αυτό μας επιτρέπει μία πρώτη σύγκριση μεταξύ των απτικών χαρακτηριστικών από την οποία προκύπτει πως η τριβή είναι η πιο εύκολα αναγνωρίσιμη ιδιότητα των απτικών χαρακτηριστικών, επί του συνόλου των test που εξετάστηκαν.

Στο σύνολο των αμέσως επόμενων σωστών απαντήσεων που δόθηκαν από τους συμμετέχοντες συγκαταλέγονται τα test 4, 10, 11, 12 και 15. Από αυτό το εύρημα συμπεραίνουμε πως μεταξύ των ιδιοτήτων της τριβής, της σκληρότητας και της υπερύψωσης δεύτερη πιο εύκολα αναγνωρίσιμη ιδιότητα είναι αυτή της υπερύψωσης. Άρα, συγκεντρωτικά, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως, με τη σειρά, η ιδιότητα που αναγνωρίζεται πιο εύκολα είναι η τριβή και ακολουθούν η υπερύψωση και η σκληρότητα.

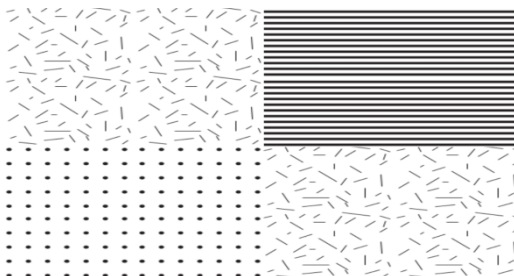
Αναφορικά με το σύνολο των τεσσάρων πιο εύκολα αναγνωρίσιμων test (4, 10, 11, 12· εικόνες 11-14) παρατηρείται πως πρόκειται για test, οι εικόνες των οποίων παρουσιάζουν έντονη τη μεταβλητή της αξίας. Συγκεκριμένα στο test 4 η μεταβλητή αυτή εμφανίζεται σε κάθε μία από τις επιμέρους εικόνες του και στα υπόλοιπα εμφανίζεται σε 2 από τις 4 εικόνες. Επομένως, για να επιτευχθεί η διάκριση εικόνων, σε εικονικό περιβάλλον και μέσω της απτικής συσκευής Phantom, χρειάζεται οι εικόνες να έχουν έντονη την αντίθεση ως προς τη μεταβλητή της αξίας.



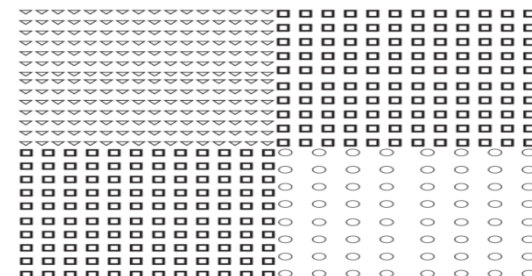
Εικόνα 11: test 4



Εικόνα 12: test 10



Εικόνα 13: test 11



Εικόνα 14: test 12

Μία άλλη παρατήρηση που προκύπτει από τα test 10 και 11 είναι πως περιλαμβάνουν εικόνες με συνεχόμενες γραμμές, σύμβολα και ευθύγραμμα τμήματα με διαφορετικούς προσανατολισμούς, ενώ στο test 12 περιλαμβάνονται εικόνες με διαφορετικά σχήματα. Θα μπορούσαμε να πούμε λοιπόν πως εκτός της μεταβλητής της

αξίας σημαντικό ρόλο στη σύγκριση των εικόνων διαδραματίζει και η έντονη διαφοροποίηση των στοιχείων που απαρτίζουν την κάθε εικόνα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως στα test 4, 13 (τριβή) και 15 (υπερύψωση) η διάταξη των ίδιων εικόνων ήταν οριζόντια, ενώ στα test 10, 11, 12 διαγώνια, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως η οριζόντια και διαγώνια διάταξη των ίδιων εικόνων οδηγεί σε περισσότερες σωστές αποκρίσεις.

Συμπερασματικά προκύπτει πως για να είναι αντιληπτή η υφή των εικόνων, σε εικονικό περιβάλλον, οι εικόνες χρειάζεται να έχουν έντονη τη μεταβλητή της αξίας, να αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία η κάθε μία και οι ίδιες εικόνες να έχουν οριζόντια ή και διαγώνια διάταξη.

Αναφορικά με το διερευνητικό ερώτημα της σύγκρισης των επιδόσεων των ατόμων με οπτική αναπηρία και των βλέπόντων προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του χρόνου απόκρισης των ατόμων των δύο ομάδων στα test 4 και 15 –υπερύψωση, (εικόνα 11), με τα βλέποντα άτομα να έχουν καλύτερες χρονικές επιδόσεις. Στο test 4 τα βλέποντα άτομα έδωσαν και τις περισσότερες σωστές απαντήσεις, όμως στο test 15 έδωσαν λιγότερες σωστές απαντήσεις συγκριτικά με τα άτομα με οπτική αναπηρία, γεγονός που σημαίνει πως η καλύτερη χρονική τους επίδοση δεν συνάδει και με τη σωστή εκτίμηση. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει πως η σύγκριση των επιδόσεων των ατόμων με τύφλωση και των βλέπόντων με τα μάτια καλυμμένα ποικίλουν ανάλογα με το πεδίο της έρευνας (Zhu, Kuber, Tretter & O'Modhrain, 2011). Ο Jansson (1998) αναφέρει πως τα άτομα που έχασαν την όρασή τους σε νεαρή ηλικία ή είναι εκ γενετής τυφλά ίσως έχουν μικρότερη χωρική εμπειρία και χωρική γνώση γεγονός που ενδεχομένως να οδηγεί

και τους συμμετέχοντες με οπτική αναπηρία, της παρούσας έρευνας, στα λιγότερα σωστά αποτελέσματα, αναφορικά με το test 4, όμως, η απώλεια της όρασής τους σε νεαρή ηλικία να είναι εκείνη που ενδεχομένως τους οδηγεί σε πιο σωστές αποκρίσεις εξαιτίας της μεγαλύτερης εξάσκησης τους και χρήσης της αφής, στο test 15. Επιπρόσθετα, μελέτες αναφέρουν πως η χωρική ανάλυση (spatial resolution) στα ακροδάχτυλα ατόμων που τυφλώθηκαν σε μικρή ηλικία και είναι αναγνώστες της Braille είναι καλύτερη εκείνης των βλεπόντων (Pawluk, Adams & Kitada, 2015).

Το πιο ασφαλές συμπέρασμα που θα μπορούσε να διεξαχθεί από τη συγκεκριμένη ανάλυση αφορά στα χαρακτηριστικά του test 4. Επομένως, θα μπορούσαμε να σχολιάσουμε πως εφόσον το 4^ο test έχει τις πιο σωστές αποκρίσεις και από τις δύο κατηγορίες ατόμων και με το δεδομένο του καλύτερου χρόνου, από τα βλέποντα άτομα, ο συνδυασμός των συνεχόμενων γραμμών και της έντονης μεταβλητής της αξίας αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον.

Όσον αφορά το 3^ο διερευνητικό ερώτημα και το ενδεχόμενο διαφοράς των αποκρίσεων μεταξύ των αντρών και των γυναικών, ατόμων με οπτική αναπηρία, προέκυψε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των φύλων και των σωστών απαντήσεών τους στο test 15, που εξετάζει την υπερύψωση, με τις γυναίκες να έχουν καλύτερες επιδόσεις. Επιπλέον, στατιστικά σημαντική διαφορά προέκυψε στο test 13 αναφορικά με τον χρόνο, όπου οι άντρες έδωσαν πιο γρήγορες απαντήσεις, χωρίς να υπάρχει διαφορά μεταξύ του πλήθους των σωστών αποκρίσεών τους. Παρότι από τις αναλύσεις δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιμέρους μεταβλητών *βαθμός αναπηρίας, τρόπος μετακίνησης και των σωστών απαντήσεων,*

παρατηρώντας τα δημογραφικά στοιχεία των δύο κατηγοριών στην ολότητά τους ανακύπτουν τα ακόλουθα: έξι στις επτά γυναίκες είναι άτομα με τύφλωση, και μετακινούνται με το λευκό μπαστούνι, εάν όχι πάντα, τις περισσότερες φορές μόνες τους, μία έχει εκπαιδευτεί στο σχολείο στη χρήση απτικού υλικού και δύο έχουν προηγούμενη εμπειρία με τη χρήση συσκευών δυναμικής ανάδρασης, με σύνολο ωρών εμπειρίας τις 2 και 32 ώρες. Οι άντρες είναι πέντε στους οχτώ άτομα με τύφλωση, ενώ κανείς δεν έχει εκπαιδευτεί στη χρήση απτικού υλικού ούτε είχε προηγούμενη εμπειρία με τη χρήση συσκευών δυναμικής ανάδρασης. Οι απτικές συσκευές, άρα και το Phantom, έχουν ένα σημείο επαφής με το περιβάλλον, όπως και το λευκό μπαστούνι (Massie & Salisbury, 1994). Έρευνα των Magnusson και Rasmus-Gröhn, (2005) ανέδειξε πως άτομα με τύφλωση, που χρησιμοποιούν λευκό μπαστούνι, έχουν καλύτερα αποτελέσματα έναντι άλλων υποομάδων ατόμων με οπτική αναπηρία. Επιπρόσθετα ο Jansson (1998) αναφέρει πως άτομα που είχαν δυσκολία στις σωστές αποκρίσεις κατά την αρχή διεξαγωγής ενός πειράματος, γρήγορα απάντησαν σωστά γεγονός που φανερώνει την άμεση εξοικείωση των ατόμων με τις απτικές συσκευές και την ταχύτατη διαδικασία παροχής γνώσης. Όλα αυτά, σε συνδυασμό με την δυναμική της εκπαίδευσης, μας επιτρέπουν να σκεφτούμε πως οι πιο σωστές αποκρίσεις των γυναικών θα μπορούσαν να οφείλονται στο γεγονός πως στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι άτομα με τύφλωση, που χρησιμοποιούν το λευκό μπαστούνι, κινούνται κυρίως μόνες τους και ορισμένες είχαν προηγούμενη εμπειρία με συσκευές δυναμικής ανάδρασης. Οι πιο γρήγορες αποκρίσεις των αντρών θα μπορούσαν να οφείλονται στο γεγονός του μικρότερου πληθυσμού ατόμων με τύφλωση και της μεγάλης απόκλισης ορισμένων μεταξύ της ηλικίας εμφάνισης της οπτικής αναπηρίας και

της απώλειας της όρασης (π.χ. ηλικία εμφάνισης εκ γενετής, ηλικία απώλειας 36, ηλικία κατά τη διάρκεια του πειράματος 39) και άρα στη μεγαλύτερη χωρική εμπειρία και γνώση, συγκριτικά με τις γυναίκες (Jansson, 1998), χωρίς όμως οι ανωτέρω συσχετίσεις να μπορούν να αποτελέσουν γενικευμένα συμπεράσματα.

Σε σχέση με το 4^ο διερευνητικό ερώτημα και τη συσχέτιση της ηλικίας απώλειας της όρασης συγκριτικά με τις επιδόσεις των ατόμων με οπτική αναπηρία, προέκυψε υψηλή θετική συσχέτιση των δύο αυτών μεταβλητών αναφορικά με τον χρόνο των απαντήσεων στο test 14. Όσο πιο νωρίς, στη ζωή των ατόμων, επήλθε η απώλεια της όρασής τους τόσο μικρότερος ήταν ο χρόνος απόκρισής τους για το test που εξετάζει την ιδιότητα της σκληρότητας. Μέσω του λευκού μαστουνιού οι άνθρωποι με τύφλωση αντιλαμβάνονται τις διαφορετικές επιφάνειες του εδάφους, με τις οποίες έρχονται σε επαφή, και επιπλέον τόσο το λευκό μαστούνι όσο και οι απτικές συσκευές έχουν ένα σημείο επαφής με το περιβάλλον (Pawluk, Adams & Kitada, 2015· Massie & Salisbury, 1994). Παρότι ο μικρός χρόνος απόκρισης δεν συνάδει με ένα υψηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων, εντούτοις από τη βιβλιογραφία διαφαίνεται μία σύνδεση μέσω της ιδιότητας της σκληρότητας ανάμεσα στον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο και θα μπορούσε να αποτελέσει το έναυσμα για περαιτέρω διερεύνηση.

Οι μέθοδοι της απτικής επεξεργασίας των φυσικών αντικειμένων και της επεξεργασίας των εικονικών αντικειμένων με τη χρήση του Phantom διαφέρουν, μιας και στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται συνήθως περισσότερα, του ενός, δάκτυλα, επιτρέποντας την επαφή του ατόμου με διάφορα τμήματα του αντικειμένου, ενώ στην δεύτερη περίπτωση η επαφή του ατόμου με το αντικείμενο γίνεται μέσω ενός σημείου την κάθε φορά (Jansson, 1999b). Όμως έρευνες δείχνουν (Jansson, 1999b) πως αυτό το

μειονέκτημα δεν αποτρέπει τους χρήστες από το να αντιληφθούν την υφή, σε εικονικό περιβάλλον, κάτι που επιβεβαιώνεται και στην παρούσα έρευνα.

4.2. Συμπεράσματα

Το πρώτο συμπέρασμα που ανακύπτει από την παρούσα έρευνα είναι πως μεταξύ των ιδιοτήτων της υφής, της τριβής, της σκληρότητας και της υπερύψωσης, η τριβή είναι εκείνη που γίνεται πιο σωστά και γρήγορα αντιληπτή από τα άτομα με οπτική αναπηρία, μέσης ηλικίας, σε εικονικό περιβάλλον.

Το δεύτερο συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως για να είναι αντιληπτή η υφή των εικόνων, σε εικονικό περιβάλλον, οι εικόνες χρειάζεται να έχουν έντονη τη μεταβλητή της αξίας, να αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία, η κάθε μία, και οι ίδιες εικόνες να έχουν οριζόντια ή και διαγώνια διάταξη.

Το τρίτο συμπέρασμα είναι πως ο συνδυασμός των συνεχόμενων γραμμών και της έντονης μεταβλητής της αξίας αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον.

Τέλος συμπεραίνεται πως όσο πιο νωρίς επήλθε η απώλεια της όρασης, στη ζωή των ατόμων, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος απόκρισής τους στο test που εξετάζει την ιδιότητα της σκληρότητας.

4.1. Περιορισμοί της έρευνας

Από την παρούσα έρευνα διεξήχθησαν κάποια αρκετά σημαντικά συμπεράσματα αναφορικά με την αντίληψη της υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα με οπτική αναπηρία. Παρόλα αυτά υπάρχουν περιορισμοί και προβλήματα που ανέκυψαν κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησής της.

Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας η οπτική συσκευή Phantom παρουσίασε μία απροσδόκητη συμπεριφορά η οποία εμφανιζόταν κυρίως κατά την επεξεργασία των test 1, 8, 9 και 15. Κύριο χαρακτηριστικό της απρόσμενης συμπεριφοράς της συσκευής ήταν η απορρύθμισή της σε σχέση με το εύρος κίνησής της αντίστοιχα με τα όρια της οθόνης του υπολογιστή (calibration). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου διεξαγωγής του πειράματος, αλλά σε καμία περίπτωση δεν επηρέασε τα τελικά αποτελέσματα.

Ένας από τους συμμετέχοντες ατόμων με οπτική αναπηρία δεν ολοκλήρωσε το πείραμα δηλώνοντας πως η όλη διαδικασία τον δυσκολεύει και η επαφή με το Phantom τον αποδιοργανώνει και του προκαλεί ταραχή. Εξαιτίας αυτού λήφθηκαν υπόψη στην έρευνα οι απαντήσεις του για τα εννιά από τα δεκατρία test, τα οποία και ολοκλήρωσε.

Τόσο το δείγμα των ατόμων με οπτική αναπηρία, όσο και των βλεπόντων θα μπορούσε να θεωρηθεί μικρό, αναφορικά με το αντίστοιχο δείγμα του γενικού πληθυσμού. Επιπρόσθετα, το δείγμα των ατόμων με οπτική αναπηρία αποτελείται κυρίως από άτομα με τύφλωση με τις υποομάδες των ατόμων με μερική όραση και σοβαρό πρόβλημα όρασης να μην αντιπροσωπεύονται ισάριθμα. Αυτό οδηγεί στον περιορισμό της μη εύκολης και γενικεύσιμης διεξαγωγής συμπερασμάτων μεταξύ των υποομάδων μιας που ανάλογα με τον χρόνο εκδήλωσης της οπτικής αναπηρίας τα άτομα

διαφοροποιούνται ως προς την αντίληψή τους σε δράσεις που λαμβάνουν χώρα σε εικονικό περιβάλλον (Pawluk, Adams & Kitada, 2015).

Τέλος, ως επιπρόσθετος περιορισμός, αναφέρεται η έλλειψη ακουστικής πληροφορίας αναφορικά με τα όρια των εικόνων σε κάθε test, γεγονός που δημιουργούσε στους συμμετέχοντες μία αίσθηση ανασφάλειας και συχνής ανάγκης επιβεβαίωσης των ορίων.

4.2. Προτάσεις

Η παρούσα έρευνα μελετά την αντίληψη τη υφής σε εικονικό περιβάλλον από άτομα μέσης ηλικίας με οπτική αναπηρία και αποπειράται να συμβάλει στο ευρύτερο ερευνητικό πεδίο της απτικής τεχνολογίας. Τα κύρια αποτελέσματα που προέκυψαν αναδεικνύουν την τριβή ως μία από τις απτικές ιδιότητες που γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή, από τα άτομα με οπτική αναπηρία, και, επιπλέον, πως για να είναι αναγνωρίσιμη η υφή σε εικονικό περιβάλλον χρειάζεται οι προβαλλόμενες εικόνες να έχουν έντονη τη μεταβλητή της αξίας ή και να αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία η κάθε μία.

Αυτά τα ερευνητικά αποτελέσματα μπορούν να λειτουργήσουν ως παράμετροι και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία μελλοντικών λογισμικών συστημάτων με εφαρμογή σε ποικίλους τομείς δράσεις, των ατόμων με οπτική αναπηρία, με το Phantom ως αναπόσπαστο εργαλείο. Επιπλέον, θα ήταν δυνατή η επανάληψη της παρούσας έρευνας με εστίαση στη μελέτη του χρόνου των σωστών αποκρίσεων, των συμμετεχόντων, τη διερεύνηση της σχέσης σωστών αποκρίσεων και κιναισθησης και την προσθήκη ακουστικών πληροφοριών .

Για να είναι αποτελεσματική η χρήση της νέας τεχνολογίας πρέπει ο χρήστης να είναι δεκτικός ως προς αυτή (Pawluk, Adams & Kitada, 2015). Χρειάζεται εξοικείωση και εκπαίδευση από την παιδική ηλικία ή αμέσως μόλις εμφανιστεί η απώλεια της όρασης στη ζωή ενός ανθρώπου. Τα παιδιά με οπτική αναπηρία είναι αναγκαίο να προσλαμβάνουν τις απτικές πληροφορίες με ακρίβεια όπως επίσης είναι σημαντικό να αναπτύσσουν από μικρή ηλικία τις κατάλληλες στρατηγικές επεξεργασίας αυτών (McLinden, 2012). Με την εξοικείωση των χρηστών θα επέλθει και η βελτίωση στην απόδοσή τους κατά τη χρήση του Phantom (Jansson, Petrie, Colwell, Kornbrot, Fänger, König, et. al. 1998).

Οι συμμετέχοντες του πειράματος δήλωσαν την ανάγκη τους για την ύπαρξη λογισμικών προγραμμάτων που θα προσομοιώνουν τους χώρους δημοσίων υπηρεσιών, τους χώρους μουσείων και τα εκθέματά τους καθώς επίσης εξέφρασαν την ανάγκη τους για την ύπαρξη παιχνιδιών με απτική και δυναμική ανάδραση, με την προσθήκη ακουστικών πληροφοριών σε κάθε εφαρμογή. Αντίστοιχα, μαθητές με οπτική αναπηρία σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Jones, Minogue, Orpewal, Cook, και Broadwell (2006) πρότειναν τη δημιουργία λογισμικών, με θέματα όπως: *ηφαίστεια- διαίρεση του κυττάρου- υποθαλάσσιοι χάρτες- τυφώνες- πλανήτες- αέρια- ανατομία- μουσικές νότες- προσομοίωση εικόνων από μικροσκόπιο*, μιας που τα ζητήματα που άπτονται των φυσικών επιστημών εν γένει είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνουν αντιληπτά από τους ίδιους, με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας. Τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί είναι αναγκαίο να εκπαιδευτούν στη χρήση του Phantom και των υπολοίπων απτικών συσκευών για να δομηθούν νέες στρατηγικές μάθησης, νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και να αναδειχθούν τα οφέλη των απτικών συσκευών

με τέτοιον τρόπο που θα καταστήσουν ικανούς τους μαθητές με οπτική αναπηρία να προσλάβουν πολυσύνθετες γνώσεις (Jones, Minogue, Orpewal, Cook, & Broadwell, 2006).

Η απτική τεχνολογία δεν προωθείται αρκετά στην εκπαίδευση λόγω του υψηλού κόστους των συσκευών και του χρόνου εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, όμως τα τελευταία χρόνια αυτή η εικόνα αλλάζει, τόσο λόγω της πτώσης των τιμών των απτικών συσκευών όσο και τις πιο συχνής και εύκολης πρόσβασης στη γνώση από τους εκπαιδευτικούς (Jones, Childers, Emig, Chevrier, Tan, Stevens & List, 2014). Ένα έργο τέχνης είναι δυνατόν να μοντελοποιηθεί και να αναπαραχθεί με τέτοιον τρόπο ώστε να μπορεί να γίνει αντιληπτό στην τρισδιάστατη μορφή του ως όλον, διατηρώντας τις διαφορετικές επιφάνειές του και τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα, μέσω των απτικών συσκευών (Brewster, 2005). Ορισμένα μουσεία παρέχουν ξεναγήσεις μόνο για άτομα με οπτική αναπηρία επιτρέποντας την αντίληψη των εκθεμάτων μέσω της απτικής αναπαράστασης, όμως, τόσο ο αριθμός των μουσείων όσο και των εκθεμάτων είναι ανεπαρκής (Brewster, 2005).

Όπως αναφέρουν οι Zhu, Kuber, Tretter και O'Modhrain (2011) οι χρήστες με τύφλωση πολλές φορές δεν είναι εξοικειωμένοι με τις απτικές συσκευές. Με τη συνεχή έρευνα, τη δημιουργία λογισμικών προγραμμάτων, κατάλληλων για τα άτομα με οπτική αναπηρία, και την εξέλιξη της απτικής τεχνολογίας αυτή η συνθήκη προβλέπεται να αλλάξει, επιτρέποντας σε ολοένα και περισσότερα άτομα με οπτική αναπηρία μια καθολική πρόσβαση σε κάθε πιθανό πεδίο δράσης.

Βιβλιογραφικές Παραπομπές

Aggravi, M., Salvietti, G., & Prattichizzo, D. (2016). Haptic Assistive Bracelets for Blind Skier Guidance. In proceedings of the 7th Augmented Human International Conference, Geneva, Switzerland. doi:10.1145/2875194.2875249

Al abbad, N. K., Dahir, N. S., & Alkareem, Z. A. (2008). Skin texture recognition using neural networks. In *Proceedings of ACIT 2008 : The International Arab Conference on Information Technology*. Hammamet, Tunisia.

Appelle, S. (2009). Haptic perception of form: activity and stimulus attributes. In M. A. Heller & W. Schiff (Eds.), *The psychology of touch*. New York: Psychology Press.

Bivall, P., Ainsworth, S., & Tibell, L. A. E. (2011). Do Haptic Representations Help Complex Molecular Learning? *Science Education*, 95 (4), 700-719.

Brewster, S., A. (2005). Impact of haptic 'touching' technology on cultural applications. In J. Hemsley, V. Cappellini, & G. Stanke (Eds.), *Digital Applications for Cultural Heritage Institutions* (pp. 273-284). Aldershot, England: Ashgate.

Bun, P. K., Wichniarek, R., Górski, F., Grajewski, D., Zawadzki, P., & Hamrol, A., (2017). Possibilities and Determinants of Using Low-Cost Devices in Virtual Education Applications, *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13 (2), 381-394.

Burdea, G. C. (1999). Haptic Feedback for Virtual Reality. In Proceedings of International Workshop on Virtual prototyping (pp. 87-96). Laval, France.

Dennerlein, J. T., & Yang, M. C. (2001). Haptic Force-feedback devices for the office computer: Performance and Musculoskeletal loading issues. *Human Factors*, 43 (2), 278-286.

Fritz, J. P., & Barner, K. E. (1999). Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 7 (3), 372 – 384.

Gibson, J. J. (1962). Observations on active touch. *Psychological Review*, 69 (6), 477-491.

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.

Heller, M. A. (1989). Texture perception in sighted and blind observers. *Perception and Psychophysics*, 45 (1), 49-54.

Ian, A., & David, F. (2006). The Range of Tactile & Haptic Interaction Techniques. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50 (5), 676-679.

Iwata, H. (2008). History of haptic interface. In M. Grunwald (Ed.), *Human Haptic Perception: Basics and Applications* (pp355-362), Germany, Birkhauser.

Jansson, G. (1998). Can a haptic force feedback display provide visually impaired people with useful information about texture roughness and 3D form of virtual objects? In P. Sharkey, D. Rose & J.I. Lindström (Eds.), *Proceedings of the 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies* (pp. 105-111). Skövde, Sweden: ECDVRAT & The University of Reading.

Jansson, G., Petrie, H., Colwell, C., Kornbrot, D., Fänger, J., König, H., et. al. (1998). Haptic virtual environments for blind people: Exploratory experiments with tow devices. *The international journal of virtual reality*, 3 (4), 8 -17.

Jansson, G. (1999a). A virtual haptic world for applied and basic research. In M. A. Grealy & J. A. Thomson (Eds.), *Tenth international conference in perception and action: Studies in perception and action*. Edinburg: Lawrence Erlbaum Associates Inc, Psychology Press.

Jansson, G. (1999b). Can a Haptic Display Rendering of Virtual Three-Dimensional Objects Be Useful for People with Visual Impairments? *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93(7), 426-429.

Jansson, G., & Billberger, K. (1999). The PHANToM Used without Visual Guidance. In Proceedings of The First PHANToM Users Research Symposium. Heidelberg, Germany.

Jansson, G. (2000). Basic issues concerning visually impaired peoples use of haptic displays. In P.Sharkey, A. Cesarani, L. Pugnetti & A. Rizzo (Eds.), *The 3rd International Conference in Disability, Virtual Reality and Associated Technologies* (pp. 33-38). Alghero, Sardinia, Italy.

Jansson, G. (2001). The potential usefulness of high-tech aids for visually impaired seniors. In H. W. Wahl & H. E. Schulze (Eds.), *On the special needs of blind and low vision seniors: Research and practice concepts* (pp. 231–238). Amsterdam: IOS Press.

Jones, M. G., Minogue, J., Oppewal, T., Cook, M. P., & Broadwell, B. (2006). Visualizing Without Vision at the Microscale: Students With Visual Impairments Explore Cells With Touch. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (5), 345-351.

Jones, M. G., Childers, G., Emig, B., Chevrier, J., Tan, H., Stevens, V., et al. (2014). The efficacy of haptic simulations to teach students with Visual Impairments about temperature and pressure. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108 (1), 55-61.

Klatzky, R. L., Lederman, S. L., & Metzger, V. A. (1985). Identifying objects by touch: An "expert system". *Perception & Psychophysics*, 37 (4), 299-302.

Lai, H. H., & Chen, Y. C. (2006). A study on the blind's sensory ability. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 565-570.

Lahav, O., & Mioduser, D. (2004). Exploration of Unknown Spaces by People Who are Blind Using a Multi-Sensory Virtual Environment. *Special Education Technology*, 19 (3): 15-23.

Laycock, S. D., & Day, A. M. (2003). Recent Developments and Applications of Haptic Devices. *COMPUTER GRAPHICS forum*, 22 (2), 117-132.

Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (2009a). Haptic perception: A tutorial. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71 (7): 1439-1459.

Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (2009b). Human Haptics. In: L. R. Squire (Ed.), *Encyclopedia of Neuroscience, volume 5* (pp. 11-18), Oxford: Academic Press.

Loomis, J. M., & Lederman, S. J. (1984). What utility is there in distinguishing between active and passive touch? Psychonomic Society meeting. San Antonio, Texas.

Magnusson, C., Rasmus-Grohn, K., Sjostrom, C., & Danielsson, H. (2002). Navigation and recognition in complex haptic virtual environments – reports from an extensive study with blind users. In : S. A. Wall, B. Riedel, A. Crossan & M. R. McGee (Eds.), *Proceedings of Eurohaptics*. Edinburgh, UK: University of Edinburgh and Edinburgh College of Art.

Magnusson, C., & Rasmus-Gröhn, K. (2005). A Virtual Traffic Environment for People with Visual Impairment. *Visual Impairment Research*, 7 (1), 1-12.

Magnusson, C., Rasmus-Grohn, K., & Efring, H., (2007). Drawing and guiding gestures in a mathematical task using the AHEAD application. In *Proceedings of the 4th International Conference on Enactive Interfaces*. Grenoble, France: Lund University.

Massie, T., & Salisbury, K. (1994). The PHANTOM Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects. *Dynamic Systems and Control*, 55(1), pp. 295-302.

McLinden, M. (2012). Mediating Haptic Exploratory Strategies in Children Who Have Visual Impairment and Intellectual Disabilities, *Journal of Intellectual Disability Research*, 56 (2), 129-139.

Miletic, G. (1994). Vibrotactile Perception: Perspective Taking by Children Who Are Visually Impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 88 (6), 550-563.

Morrongiello, B. A., Humphrey, G. K., Timney, B., Choi, J., & Rocca, P. T. (1994). Tactual Object Exploration and Recognition in Blind and Sighted Children. *Perception*, 23 (7), 833-848.

Nikolakis, G., Tzovaras, D., Moustakidis, S., & Strintzis, M. G. (2004). CyberGrasp and PHANTOM Integration: Enhanced Haptic Access for Visually Impaired Users. In *Proceedings of 9th Conference Speech and Computer*. St. Petersburg, Russia.

Oakley, I., McGee, M., Brewster, S.A. & Gray, P.D. (2000). Putting the feel in look and feel. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 415-422). The Hague, Netherlands. doi:10.1145/332040.332467

Papadopoulos, K. (2004). A school program contributes to the environmental knowledge of blind people. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 22 (3), 101-104.

Papadopoulos, K., & Karanikolas, N. (2009). Tactile maps provide location-based services for individuals with visual impairments. *Journal of Location Based Services*, 3 (3), 150-164.

Pawluk, D. T., Adams, R. J., & Kitada, R. (2015). Designing Haptic Assistive Technology for Individuals Who Are Blind or Visually Impaired. *IEEE Transactions on Haptics*, 8 (3), 258-278.

Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of Physiology*, 587 (17), 4139–4146.

Ramirez, A. R. G., da Silva, R. F. L., Cinelli, M. J., & de Albornoz, A. D. C. (2012). Evaluation of Electronic Haptic Device for Blind and Visually Impaired People: A Case Study. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 32(6): 423-428.

Ramstein, C., & Hayward, V. (1994). The PANTOGRAPH: a Large Workspace Haptic Device for a Multi-Modal Human-Computer Interaction. In C. Plaisant (Ed.), *Proceedings of Conference on human factors in computer systems* (pp. 57-58). Boston Massachusetts, USA.

Schacter, D. L., Gilbert, D. T., & Wegner, D. M. (2012). *Ψυχολογία*, Ε. Κοππάση, (μτφ), Σ. Βοσνιάδου, (επιμ.), Αθήνα, Gutenberg.

Sharma, N., Uppal, S., & Gupta, S. (2011). Technology Based On Touch: Haptics Technology. *International Journal of Computational Engineering & Management*, 12 (1), 34-38.

Sjöström, C. (2001). Using haptics in computer interfaces for blind people. In *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 245-246). Seattle, Washington.

Spencer, C., Morsley, K., Ungar, S., Pike, E., & Blades, M. (1992). Developing the blind child's cognition of the environment: the role of direct and map-given experience, *Geoforum*, 23 (2), 91–197.

White G. R., Fitzpatrick G., & McAllister G. (2008). Toward Accessible 3D Virtual Environments for the Blind and Visually Impaired. In *Proceedings of the 3rd international*

conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts (pp. 134-141). Athens, Greece. doi: 10.1145/1413634.1413663

Wolbers, T., & Hegarty, M. (2010). What determines our navigation abilities? *Trends in Cognitive Science*, 14, 138-146.

Yuan, B., & Folmer, E. (2008). Blind Hero: Enabling Guitar Hero for the Visually Impaired. In *Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on computers and accessibility* (pp 169-179). Nova Scotia, Canada. doi: 10.1145/1414471.1414503

Zelek, J. S., Bromley, S., Asmar, D., & Thompson, D. (2003). A Haptic Glove as a Tactile-Vision Sensory Substitution for Wayfinding. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 97 (10), 621-632.

Zhu, S., Kuber, R., Tretter, M., & O'Modhrain, S. (2011). Identifying the effectiveness of using three haptic devices for providing non-visual access to the web. *Interacting with Computers*, 23 (6), 565-581.