ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
School of Rural & Surveying Engineering
GEOINFORMATICS
POST-GRADUATE PROGRAMME

Απτικοί και πολυαισθητηριακοί χάρτες για άτομα με προβλήματα όρασης

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ζαχαρόγιωργα-Σούρδη Άλκηστη-Θεοδώρα

Αθήνα, Ιούνιος 2019

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
School of Rural & Surveying Engineering
GEOINFORMATICS
POST-GRADUATE PROGRAMME

Απτικοί και πολυαισθητηριακοί χάρτες για άτομα με προβλήματα όρασης

Μεταπτυχιακή Εργασία

Ζαχαρόγιωργα-Σούρδη Άλκηστη-Θεοδώρα

Επιβλέπουσα: **Κόκλα Μαργαρίτα**

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Κόκλα Μαργαρίτα Κάβουρας Μαρίνος Τομαή Ελένη

Αθήνα, Ιούνιος 2019

Προλογικό Σημείωμα

Με την ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Κόκλα Μ. για την ανάθεση της μεταπτυχιακής μου εργασίας και τη συνεχή καθοδήγηση της κατά την εκπόνηση της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τομαή Ε. και τον κ. Κάβουρα Μ. για τη βοήθεια και τη συμβολή τους, καθώς και τους κ. Χάρχαρο Χ. και Κατίκα Λ.. Ακόμα, ευχαριστώ θερμά τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς του Ειδικού Σχολείου Τυφλών Καλλιθέας και του ΚΕΑΤ, και ιδιαίτερα τον κ. Κατσούλη Φ. και την κ. Κορομηλή Σ.. Τέλος, ευχαριστώ τη μητέρα μου, τον παππού μου και τον Σταύρο για τη συνεχή στήριξη τους.

Ζαχαρόγιωργα Α.

Περιεχόμενα

Προλογικό Σημείωμα 3
Περιεχόμενα 4
Πίνακας εικόνων 6
Πίνακας πινάκων 8
Πίνακας γραφημάτων 9
Περίληψη 10
Abstract 10
Εισαγωγή 11
1. Ο ρόλος του ήχου και της αφής στη Χαρτογραφία και τους πολυαισθητηριακούς χάρτες 12
1.1 Ήχος 12
1.1.1 Ήχος και ακοή 12
1.1.2 Ακουστικό Φάσμα 13
1.1.3 Ακοή στα άτομα με μειωμένη όραση 14
1.1.4 Ήχος και αντίληψη του χώρου 15
1.1.5 Ήχος και προσανατολισμός 15
1.1.6 Ο ήχος ως μεταβλητή αναπαράστασης δεδομένων 16
1.1.7 Ήχος και χαρτογραφία 17
1.2 Απτικοί χάρτες και απτικά γραφικά 18
1.2.1 Απτικές μεταβλητές 18
1.2.2 Προβλήματα όρασης 20
1.2.3 Το σύστημα Braille 22
1.2.4 Από τον κώδικα Braille στην τυποποίηση απτικών συμβόλων 23
1.2.5 Οι πρώτοι απτικοί χάρτες 26
1.3 Δημιουργία απτικών χαρτών 29
1.3.1 Κατηγοριοποίηση απτικών χαρτών 29
1.3.2 Προδιαγραφές κατασκευής απτικών χαρτών 32
1.3.3 Τεχνικές κατασκευής απτικών χαρτών 34
1.3.4 3D εκτύπωση και απτικοί χάρτες 39
1.4 Αξιολόγηση απτικών και πολυαισθητηριακών χαρτών 40
2. Απτικοακουστικός Χάρτης της περιοχής του Θησείου με Στερεοαντιγραφική Μέθοδο ... 43
2.1 Σχεδιασμός απτικοακουστικού χάρτη της περιοχής του Θησείου 43

2.1.1 Περιοχή χαρτογράφησης 43
2.1.2 Χαρτογραφική πληροφορία 44
2.1.3 Κλίμακα χάρτη και επιλογή χαρτιού 45
2.1.4 Επιλογή συμβόλων 45
2.1.5 Σύνθεση χάρτη 47
2.1.6 Τίτλος- Υπόμνημα 49
2.1.7 Ηχητικά σύμβολα χάρτη 50
2.2 Υλοποίηση απτικοακουστικού χάρτη 50
2.2.1 Εκτύπωση απτικού χάρτη 51
2.2.2 Προσθήκη ήχου 51
3. Έρευνα σύγκρισης απτικών χαρτών 56
3.1 Υποκείμενα έρευνας 56
3.2 Υλικά και Μέθοδοι 56
3.2.1 3D Χάρτης 56
3.2.2 Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί 59
3.3 Διεξαγωγή έρευνας 62
3.3.1 Δημογραφικές ερωτήσεις 62
3.3.1.1 Αποτελέσματα 63
3.3.2 Χωρικές ερωτήσεις 63
3.3.2.1 Αποτελέσματα 64
3.3.2.2 Στατιστικός έλεγχος αποτελεσμάτων 68
3.3.2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων 84
3.3.3 Κλίμακα χρηστικότητας απτικής απεικόνισης 85
3.3.4 Ερωτήσεις κλίμακας χρηστικότητας 86
3.3.4.1 Αποτελέσματα 87
4. Συμπεράσματα και προτάσεις 88
Βιβλιογραφία 91
Παράρτημα Α 97
Ηχητικά σύμβολα απτικοακουστικού χάρτη της περιοχής του Θησείου σε μορφή QR code 97
Παράρτημα Β 100
Δημογραφικές ερωτήσεις έρευνας 100

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Διακύμανση ακοής 13
Εικόνα 2: Ενδεικτικές συχνότητες καθημερινών ήχων 14
Εικόνα 3: Καταλληλότητα μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε απτικούς χάρτες 19
Εικόνα *4*: Ποσοστά πληθυσμού με ολική τύφλωση (οπτική οξύτητα <3/60 στο μάτι με την καλύτερη όραση)..... 21
Εικόνα 5: Ποσοστά πληθυσμού με μερική τύφλωση (οπτική οξύτητα από 3/60 έως 6/18 στο μάτι με την καλύτερη όραση) 21
Εικόνα 6: Οι κουκίδες και το αλφάβητο Braille 22
Εικόνα 7: Κείμενο γραμμένο σε κώδικα Moon 23
Εικόνα 8: Το αλφάβητο του κώδικα New York Point 23
Εικόνα 9: Το αλφάβητο του Fishburne..... 24
Εικόνα 10: Tack-tiles 24
Εικόνα 11: Παραδείγματα απτικών συμβόλων και προτάσεων με αυτά 25
Εικόνα 12: Παραδείγματα απτικών συμβόλων που αντιπροσωπεύουν συναισθήματα 25
Εικόνα 13: Παραδείγματα απτικών συμβόλων που αντιπροσωπεύουν χρονικές έννοιες 26
Εικόνα 14: Σελίδες του απτικού Άτλαντα της Αμερικής 28
Εικόνα 15: Εικόνες από την απτική υδρόγειο σφαίρα του σχολείου τυφλών Perkins..... 28
Εικόνα 16: Απτικός χάρτης που απεικονίζει τα ταξίδια του Αγίου Παύλου, από το αρχείο του σχολείου τυφλών Perkins 29
Εικόνα 17: Απτικός χάρτης κέντρου αποκατάστασης 30
Εικόνα 18: Συμβατικός χάρτης αρχαιολογικού χώρου και ο αντίστοιχος απτικός του 30
Εικόνα 19: Απτικός χάρτης Θεσσαλονίκης που δείχνει τη θέση των δήμων και τους οδικούς άξονες εξόδου από την πόλη 31
Εικόνα 20: Χειροποίητος απτικός χάρτης της Ευρώπης και της ΕΕ με διαφορετικές υφές και ετικέτες Braille 34
Εικόνα 21: Χειροποίητος απτικός χάρτης Λονδίνου εκπαιδευτικού, με απεικόνιση διαδρομής και σημείων ενδιαφέροντος 35
Εικόνα 22: Προτεινόμενη τυποποίηση στοιχείων χάρτη 36
Εικόνα 23: Απτική εικόνα (παραχθείσα με τη στερεοαντιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί) των τμημάτων του εγκεφάλου συνοδευόμενη από κείμενο Braille..... 37
Εικόνα 24: Διαδικασία που ακολουθείται κατά τη στερεοαντιγραφική μέθοδο..... 37
Εικόνα 25:Κατασκευή ανάγλυφης εικόνας με τη θερμομορφική μέθοδο, με τη χρήση καθημερινών αντικειμένων ως μήτρα 38
Εικόνα 26: Οι δύο χάρτες προς σύγκριση στην έρευνα των Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla και Lloveras-Macia..... 39
Εικόνα 27: Περιοχή χάρτη 43
Εικόνα 28: Υπόβαθρο με (αριστερά) και χωρίς (δεξιά) κτίρια..... 44
Εικόνα 29: Επιλογή κλίμακας εξαγόμενου απτικού χάρτη 45
Εικόνα 30: Απτικά σύμβολα TaME 46
Εικόνα 31: Υπόβαθρο περιοχής που προέκυψε από το touch-mapper.org 47
Εικόνα 32: Πρώτη εκδοχή του χάρτη 48
Εικόνα 33: Αναθεωρημένος απτικός χάρτης 49
Εικόνα 34:Τελικός χάρτης με υπόμνημα..... 50
Εικόνα 35: Στυλό ανάγνωσης ετικέτας..... 52

Εικόνα 36: Στυλό ανάγνωσης κειμένου 52
Εικόνα 37: Κουμπιά εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου (“Talking-Point Recordable Buttons”) 53
Εικόνα 38: Η διάταξη του εργαλείου INRIA 54
Εικόνα 39: Χρήση του εργαλείου INRIA 55
Εικόνα 40: 3D Χάρτης 57
Εικόνα 41: Υπόμνημα 3D Χάρτη 58
Εικόνα 42: Λεπτομέρεια υπομνήματος 59
Εικόνα 43: Χάρτης 1 (χάρτης κουκίδων/ κατανομής πληθυσμού), εκτυπωμένος σε μικροκαψουλικό χαρτί 60
Εικόνα 44: Υπόμνημα Χάρτη 1 60
Εικόνα 45: Χάρτης 2 (χάρτης πυκνότητας πληθυσμού), εκτυπωμένος σε μικροκαψουλικό χαρτί 61
Εικόνα 46: Υπόμνημα Χάρτη 2 62
Εικόνα 47: Δομή θηκογράμματος 69
Εικόνα 52: Αναγωγή του αποτελέσματος SUS στις διάφορες κλίμακες αξιολόγησης 87

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1: Αποτελέσματα 10 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Α (3D χάρτης) 64
Πίνακας 2: Αποτελέσματα 10 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Β (Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί) 65
Πίνακας 3: Αποτελέσματα ομάδας Α ανά ερώτηση (Ερώτηση 1-5) 66
Πίνακας 4: Αποτελέσματα ομάδας Α ανά ερώτηση (Ερώτηση 6-10) 66
Πίνακας 5: Αποτελέσματα ομάδας Β ανά ερώτηση (Ερώτηση 1-5) 66
Πίνακας 6: Αποτελέσματα ομάδας Β ανά ερώτηση (Ερώτηση 6-10) 66
Πίνακας 7: Αποτελέσματα 9 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Α (3D χάρτης) 67
Πίνακας 8: Αποτελέσματα 9 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Β (Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί) 67
Πίνακας 9: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις) 75
Πίνακας 10: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις) 75
Πίνακας 11: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις) 76
Πίνακας 12: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις) 77
Πίνακας 13: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις) 78
Πίνακας 14: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις) 79
Πίνακας 15: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις) 80
Πίνακας 16: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (9ερωτήσεις) 81

Πίνακας γραφημάτων

Γράφημα 1: Μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων των 2 ομάδων (%) 65
Γράφημα 2: Μέσος χρόνος ολοκλήρωσης ερωτήσεων των 2 ομάδων (sec) 66
Γράφημα 3: Μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων των 2 ομάδων (%) 68
Γράφημα 4: Μέσος χρόνος ολοκλήρωσης ερωτήσεων των 2 ομάδων (sec) 68
Γράφημα 5: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (10 ερωτήσεις) Ομάδας Α 70
Γράφημα 6: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (10 ερωτήσεις) Ομάδας Β 70
Γράφημα 7: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (10 ερωτήσεις) Ομάδας Α 71
Γράφημα 8: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (10 ερωτήσεις) Ομάδας Β 71
Γράφημα 9: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (9 ερωτήσεις) Ομάδας Α 72
Γράφημα 10: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (9 ερωτήσεις) Ομάδας Β 72
Γράφημα 11: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (9 ερωτήσεις) Ομάδας Α 73
Γράφημα 12: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (9 ερωτήσεις) Ομάδας Β 73
Γράφημα 13: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις) 75
Γράφημα 14: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις) 76
Γράφημα 15: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις) 77
Γράφημα 16: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις) 78
Γράφημα 17: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις) 79
Γράφημα 18: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις) 80
Γράφημα 19: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις) 81
Γράφημα 20: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις) 82
Γράφημα 21: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των Ομάδων Α-Β (10 ερωτήσεις) 83
Γράφημα 22: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών των Ομάδων Α-Β (10 ερωτήσεις) 83
Γράφημα 23: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των Ομάδων Α-Β (9 ερωτήσεις) 84
Γράφημα 24: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών των Ομάδων Α-Β (9 ερωτήσεις) 84

Περίληψη

Στις αρχές του 19ου αι., ξεκίνησε η παραγωγή απτικών χαρτών για άτομα με προβλήματα όρασης, δίνοντας νέες προοπτικές στην επιστήμη της χαρτογραφίας, που μέχρι τότε ασχολούταν για την παραγωγή χαρτών αποκλειστικά για βλέποντες. Με την πάροδο του χρόνου η συνεχής έρευνα και η εξέλιξη της τεχνολογίας, οδήγησε στην προσθήκη και των υπόλοιπων αισθήσεων, εκτός της όρασης και της αφής, που είχε ως αποτέλεσμα την κατασκευή πολυαισθητηριακών χαρτών. Λόγω της πολυπλοκότητας αυτών των χαρτών και του γεγονότος ότι συχνά απευθύνονται σε άτομα με ειδικές ικανότητες, η κατασκευή τους είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο και απαιτείται συνεχής συνεργασία με τους τομείς της ψυχολογίας και της εκπαίδευσης. Πρώτο αντικείμενο της εργασίας είναι η κατασκευή ενός απτικοακουστικού χάρτη, με μελέτη σχετικά με τις τεχνικές σύνδεσης του ήχου σε έναν απτικό χάρτη. Γίνεται παρουσίαση του απτικού χάρτη που προέκυψε και των ηχητικών συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν. Δεύτερο αντικείμενο, είναι η διεξαγωγή έρευνας σύγκρισης απτικών χαρτών που αρχικά σχεδιάστηκαν και στη συνέχεια εκτυπώθηκαν σε 3D εκτυπωτή και σε μικροκαψουλικό χαρτί. Η έρευνα έγινε σε μαθητές με προβλήματα όρασης. Ακολούθησε η παρουσίαση και στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Abstract

In the beginning of the 19th century began the production of tactile maps for visually impaired people, bringing new perspectives on cartography science, which until then was concerned only with the production of maps for sighted users. Over the years, the continuous research and development of technology led to the addition of the remaining senses maps not only of sight and touch, which resulted in the construction of multi-sensory maps. Due to the complexity of multi-sensory maps and the fact that they are often addressed to people with disabilities, their construction is still at the experimental level and requires cooperation with the fields of psychology and education. The first target of the research was the construction of an audiovisual map, focusing on the techniques of connecting the sound to a tactile map. They are presented the tactile map that came up and the audio symbols that were used. The second target was to conduct a comparison of tactile maps that were initially designed and then printed on a 3D printer and on swell paper, followed by the presentation and statistical processing of results.

Εισαγωγή

Η έρευνα των πολυαιθητηριακών χαρτών, αποτελεί μία εν εξελίξει έρευνα που απασχολεί τη χαρτογραφική κοινότητα τις τελευταίες δεκαετίες. Με την εξέλιξη των τεχνολογικών εργαλείων, έχει διευκολυνθεί το έργο των ερευνητών, αλλά συνεχίζει να αποτελεί πρόκληση αφενός η κατασκευή τέτοιων χαρτών και αφετέρου η τυποποίηση των διαδικασιών κατασκευής τους. Οι πολυαισθητηριακοί χάρτες, απευθύνονται συνήθως σε άτομα με προβλήματα όρασης, και στοχεύουν στο να συμβάλλουν στην εκπαίδευση τους, αλλά και στην κάλυψη καθημερινών αναγκών τους, όπως π.χ. η πλοήγηση τους.

Η εργασία εκτείνεται σε δύο κατευθύνσεις: η πρώτη έχει ως στόχο την κατασκευή ενός απτικοακουστικού χάρτη, με διερεύνηση των τεχνικών προσθήκης ήχου, και η δεύτερη την έρευνα σύγκρισης απτικών χαρτών που προέρχονται από διαφορετική τεχνική εκτύπωσης.

Το κύριο μέρος της εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αρχικά μία επισκόπηση των ιδιοτήτων του ήχου και της χρήσης του ως μεταβλητή αναπαράστασης δεδομένων γενικά, και ειδικά στη χαρτογραφία, ακολουθεί η παρουσίαση θεωρητικών στοιχείων που αφορούν τους απτικούς χάρτες και τα απτικά γραφήματα, η οποία επικεντρώνεται σε πρώτο επίπεδο στην ιστορική εξέλιξη τους και στη συνέχεια στις προδιαγραφές σχεδίασης και τις τεχνικές κατασκευής τους. Το κεφάλαιο κλείνει με μία αναδρομή σε υπάρχουσες έρευνες αξιολόγησης πολυαισθητηριακών χαρτών.

Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην κατασκευή του απτικοακουστικού χάρτη της περιοχής του Θησείου. Αρχικά γίνεται καταγραφή της πληροφορίας που θα αποδοθεί στο χάρτη, στη συνέχεια επιλέγονται τα απτικά και ηχητικά σύμβολα του χάρτη, προκειμένου να σχεδιαστεί. Ακολουθεί ο σχεδιασμός του, σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού απτικών χαρτών που παρουσιάστηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, και τέλος, μετά από μία παρουσίαση ορισμένων τεχνικών σύνδεσης του ήχου με την απτική πληροφορία, επιλέγεται η καταλληλότερη διαθέσιμη τεχνική και υλοποιείται ο απτικοακουστικός χάρτης.

Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει την έρευνα που έγινε σε μαθητές με προβλήματα όρασης, η οποία στόχευε στη σύγκριση δύο τεχνικών κατασκευής απτικών χαρτών: αυτήν της τρισδιάστατης εκτύπωσης και τη στερεοαντιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί. Αρχικά παρατίθεται ο σχεδιασμός του πειράματος, και αναλύεται ο σχεδιασμός των χαρτών προς σύγκριση. Ακολουθεί η διεξαγωγή της έρευνας και τα αποτελέσματα των τριών τύπων ερωτήσεων που έγιναν στους συμμετέχοντες: των δημογραφικών, των χωρικών και των ερωτήσεων κλίμακας χρηστικότητας. Γίνεται επίσης, στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων και παρουσίαση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την επεξεργασία τους.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει γενικά συμπεράσματα, όπως αυτά προέκυψαν από την εργασία, και γίνεται σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα πορίσματα ερευνών που έχουν γίνει στους πολυαισθητηριακούς χάρτες. Τέλος, γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα επί του θέματος.

Ακολουθούν η βιβλιογραφία και τα παραρτήματα Α και Β.

1. Ο ρόλος του ήχου και της αφής στη Χαρτογραφία και τους πολυαισθητηριακούς χάρτες

Στα πλαίσια της έρευνας που διεξάγει η Χαρτογραφική κοινότητα σχετικά με τους απτικούς και πολυαισθητηριακούς χάρτες, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν οι ακόλουθοι χάρτες, με γνώμονα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άτομα με προβλήματα όρασης: ένας απτικοακουστικός χάρτης, που πρόκειται για έναν απτικό χάρτη που σχεδιάστηκε και εκτυπώθηκε, και στη συνέχεια προστέθηκαν τα ηχητικά ερεθίσματα σε αυτόν, ώστε να προκύψει τελικά ο απτικοακουστικός χάρτης, και δύο απτικοί χάρτες, που εκτυπώθηκαν με διαφορετική τεχνική, προκειμένου να ακολουθήσει η έρευνα σύγκρισης τους.

Το πρώτο κεφάλαιο, λοιπόν, τοποθετεί το θεωρητικό πλαίσιο, , βάσει του οποίου κατασκευάστηκαν εν συνεχεία οι χάρτες που περιγράφηκαν. προσεγγίζοντας τις ανθρώπινες αισθήσεις του ήχου και της αφής και τη λειτουργία τους στη Χαρτογραφία.

1.1 Ήχος

Όσον αφορά την κατασκευή του απτικοακουστικού χάρτη, προηγήθηκε η μελέτη της αίσθησης του ήχου, της σχέσης του ανθρώπου με αυτή και δόθηκε βαρύτητα στις ιδιότητες του ήχου σε συνδυασμό με τη χρήση του στην επιστήμη της χαρτογραφίας, για τη σωστή επιλογή και προσαρμογή της ηχητικής πληροφορίας του χάρτη.

1.1.1 Ήχος και ακοή

Ο ήχος είναι η ενέργεια που παράγεται από τη δόνηση των μορίων ενός μέσου, που επιτυγχάνεται με τη διάδοση των μηχανικών (ηχητικών) κυμάτων σε αυτό και έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της πίεσης των μορίων του μέσου διάδοσης (Seashore, 1967). Βασική ιδιότητα του ήχου είναι ότι γίνεται αντιληπτός από τον δέκτη, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο άνθρωπος. Το αφτί είναι το όργανο αντίληψης του ήχου που εισέρχεται σε αυτό με τη μορφή των ηχητικών κυμάτων και προκαλεί δονήσεις στο τύμπανο που πάλλεται αναλόγως του ήχου. Στη συνέχεια οι παλμοί μεταφέρονται στο υγρό του εσωτερικού του κοχλία μέσω των ακουστικών οσταρίων. Στο εσωτερικό του κοχλία υπάρχουν τα τριχοειδή κύτταρα που μετατρέπουν τις δονήσεις σε ηλεκτρικό σήμα που μεταφέρεται στον εγκέφαλο, διαμέσου του ακουστικού νεύρου, όπου τελικά αποκωδικοποιείται το σήμα και λαμβάνει ο δέκτης την πληροφορία ότι ακούει και το είδος του ήχου (Dangerousdecibels.org, n.d.).

Οι ιδιότητες του ήχου διαχωρίζονται σε κύριες και δευτερεύουσες. Στις κύριες κατατάσσονται η συχνότητα (οξύτητα), δηλαδή πόσο οξύς ή βαθύς είναι ο ήχος, η ακουστότητα (ένταση) που αφορά το πόσο δυνατός είναι ο ήχος, η καθαρότητα, που δείχνει το βαθμό ύπαρξης θορύβου (ήχος με μη σταθερή ή μη ομαλά μεταβαλλόμενη συχνότητα) και η χροιά, που αφορά το "χρώμα" του ήχου (ήχοι της ίδιας συχνότητας ακούγονται διαφορετικά όταν παράγονται από διαφορετικό πομπό λόγω της διαφορετικής χροιάς) (Ταμβάκης, n.d.).

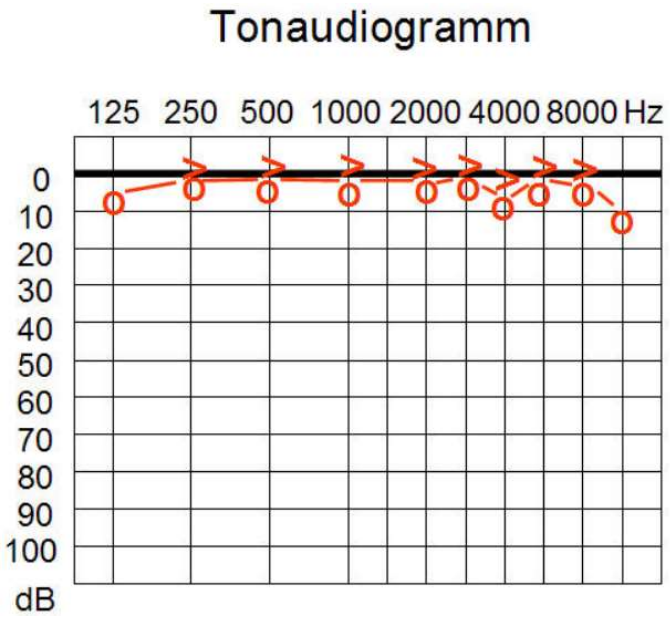
Δευτερεύουσες ιδιότητες των ήχων είναι η διάρκεια, η έκφραση και η συνήχηση. Η διάρκεια καθορίζεται από τον παράγοντα που προκαλεί τον ήχο, καθώς και από την αντήχηση του χώρου στον οποίο ακούγεται αυτός. Για παράδειγμα, ο ίδιος ήχος ακούγεται περισσότερο

χρόνο σε μία εκκλησία, παρά σε ένα δωμάτιο που είναι καλυμμένο με μονωτικά υλικά που απορροφούν τον ήχο. Η έκφραση προκύπτει από διαφοροποιήσεις στη χροιά, την ένταση και τη διάρκεια κατά την εκφορά του ήχου, οι οποίες κάνουν τον ήχο να ακούγεται διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Π.χ. το ίδιο τραγούδι, μπορεί να ακουστεί πιο μελαγχολικά ή ζωηρά, ανάλογα με την ερμηνεία του τραγουδιστή, αυτό οφείλεται στη διαφορετική έκφραση του καθενός. Τέλος, η συνήχηση αφορά την ανθρώπινη δυνατότητα, να ακούει και να αντιλαμβάνεται πολλούς και διαφορετικούς ήχους ταυτόχρονα. Π.χ. μπορεί κάποιος να ακούει τη μουσική σε ένα μαγαζί, παράλληλα με τη συνομιλία που έχει (Ταμβάκης, n.d.).

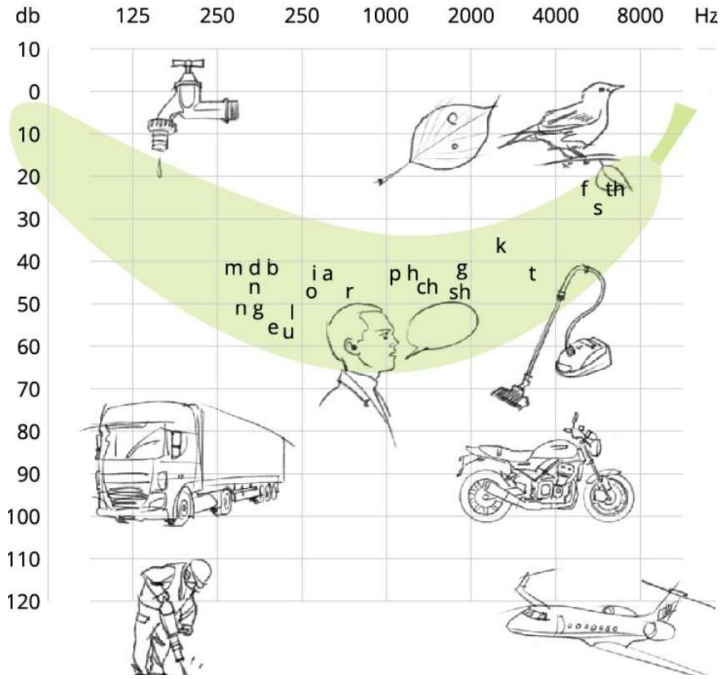
1.1.2 Ακουστικό Φάσμα

Το ανθρώπινο ακουστό φάσμα είναι η περιοχή των συχνοτήτων και της έντασης, στην οποία βρίσκονται οι ήχοι που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί. Θεωρητικά κυμαίνεται μεταξύ 20 Hz και 20000 Hz, πρακτικά όμως, ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ήχους μεταξύ 125 Hz και 16000 Hz. Συνηθέστερα συναντώνται οι συχνότητες κάτω των 10000 Hz (κατηγορία στην οποία εμπίπτει και η ανθρώπινη φωνή). Όσον αφορά την ένταση των ήχων, αντιληπτές χωρίς να δημιουργούν προβλήματα στο αυτί, είναι 0 έως 125 dB SPL ("Sound Pressure Level") (Sibelius Academy, n.d.).

Παρόλα αυτά, η ακοή διαφέρει από άτομο σε άτομο, αφού εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η ηλικία, η φυσιολογία του αυτιού, ακόμα και ο πολιτισμός. Για παράδειγμα, στο Δυτικό πολιτισμό, οι άνθρωποι είναι τόσο εξοικειωμένοι με τη διατονική κλίμακα στη μουσική που αδυνατούν να αντιληφθούν διαστήματα μικρότερα του τόνου, παρά μόνο μετά από εξάσκηση (Sibelius Academy, n.d.).



Εικόνα 1: Διακύμανση ακοής
Πηγή: dazugehoeren, (2019)



Εικόνα 2: Ενδεικτικές συχνότητες καθημερινών ήχων
Πηγή: dazugehoeren, (2019)

1.1.3 Ακοή στα άτομα με μειωμένη όραση

Υπάρχει παραδοσιακά η θεώρηση ότι τα άτομα με μειωμένη όραση έχουν καλύτερη ακοή. Πάνω στο ζήτημα έχουν διεξαχθεί διάφορες έρευνες, οι οποίες έχουν οδηγήσει σε διαφορετικά μεταξύ τους αποτελέσματα (Rokem και Ahissar, 2009).

Έρευνα που διεξήχθη στο Νευρολογικό Ινστιτούτο του Μόντρεαλ σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο McGill, απέδειξε ότι η ηλικία τύφλωσης επηρεάζει την ακοή των ατόμων με πρόβλημα όρασης. Έτσι, μετά από πείραμα, κατά το οποίο είχαν οριστεί 3 ομάδες (“earlyblind”, “lateblind”, “sighted”) συμπέραναν, πως τα άτομα που ήταν τυφλοί εκ γενετής ή τυφλώθηκαν μέχρι την ηλικία των 2 ετών, αναγνώριζαν μικρότερα διαστήματα μεταξύ των ήχων, που οι υπόλοιποι δεν αντιλαμβανόταν, και είχαν συνολικά καλύτερες επιδόσεις. Όσον αφορά τα άτομα που τυφλώθηκαν σε μεγαλύτερη ηλικία, δεν εντοπίστηκε κάποια διαφορά σε σχέση με τα άτομα που δεν είχαν προβλήματα όρασης (Gougoux et al.,2004).

Το γεγονός πιθανώς να οφείλεται στο ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αναπτύσσεται μέχρι την ηλικία των 12 ετών. Σύμφωνα με τους ερευνητές, τα κέντρα του εγκεφάλου που αφορούν τις αισθήσεις είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους κατά τη γέννηση του ατόμου και με την πάροδο του χρόνου αποσυνδέονται σταδιακά. Έτσι, θεωρούν, πως η έλλειψη όρασης, θα μπορούσε να οδηγήσει στο να διατηρηθούν περαιτέρω αυτές οι συνδέσεις και να λειτουργήσουν προς όφελος της εξέλιξης της ακοής στα πρόωρα τυφλά άτομα (Gougoux et al., 2004).

Από την άλλη, όπως επισημαίνεται στο άρθρο των Rokem και Ahissar (2009), υπάρχουν οι έρευνες των Agrawal και Singh (1988), Bliss et al. (2004), Morrongiello et al. (1995), Sholl και Easton (1986), Vecchi (1998) και των Wyver και Markham (1998) που δεν έχουν αποδείξει

κάποια ακουστική υπεροχή ή κάποια υπεροχή ως προς τη μνήμη των ατόμων με προβλήματα όρασης σε σύγκριση με αυτά με πλήρη όραση.

Άλλος παράγοντας, που θα μπορούσε να δικαιολογήσει τυχόν καλύτερες επιδόσεις στην ακοή των ατόμων με τύφλωση, είναι η επιλεκτική ακοή, που συχνά συντελείται σε άτομα με λειτουργική όραση. Συχνά, τα οπτικά ερεθίσματα είναι ισχυρότερα από τα ακουστικά, και έτσι ο δέκτης ακούει παθητικά, χωρίς να αποκωδικοποιεί την ηχητική -πληροφορία που δέχεται. Χαρακτηριστικό της σημαντικότητας της όρασης είναι ότι 80-85% της αντίληψης ενός βλέποντα και των γνώσεων του προσλαμβάνονται μέσω της όρασης (Ripley και Politzer, 2010).

1.1.4 Ήχος και αντίληψη του χώρου

Μεγάλος αριθμός ερευνών έχει επικεντρωθεί στο κατά πόσο οι ακροατές μπορούν να εξάγουν πληροφορίες για τις φυσικές ιδιότητες αντικειμένων, στηριζόμενοι αποκλειστικά στον ήχο που αυτά παράγουν.

Στα διάφορα πειράματα που διεξήχθησαν σε αυτή την κατεύθυνση, αποδείχθηκε ότι οι ακροατές υπολόγιζαν με μεγάλη ακρίβεια το μέγεθος και πιο συγκεκριμένα τις διαστάσεις των αντικειμένων (π.χ. μήκος ράβδων στο πείραμα των Carello, Anderson, και Kunkler-Peck, (1998), αλλά και το σχήμα των αντικειμένων που παρήγαγαν ήχο κατά την πτώση τους στο έδαφος (Kunkler-Peck και Turvey, 2000; Lakatos, McAdams, και Causse, 1997). Σύμφωνα με την έρευνα του Grassi (2005), μικρότερη επιτυχία υπήρχε στην αναγνώριση του υλικού, χαρακτηριστικά σε πείραμα με αντικείμενο πτώσης μεταλλικές μπάλες, που διεξήχθη κατά την έρευνα, κανένας ακροατής δεν αναγνώρισε το υλικό τους.

Κατά τον Grassi (2005), η ακουστική εκτίμηση δεν χρειάζεται να δίνει ακριβή αποτελέσματα για το μέγεθος του αντικειμένου, αλλά να παρέχει στον ακροατή μια πιο λειτουργική εκτίμηση για το συμβάν και το μέγεθός του (για παράδειγμα, βάσει της ακοής να αντιλαμβάνεται το συμβάν «ρίψη μπάλας σε πλάκα» ή ρίψη πολλαπλών αντικειμένων). Σε αυτή την κατεύθυνση, η ακουστική εκτίμηση του μεγέθους ενός συμβάντος, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την προειδοποίηση του ακροατή, ειδικά όταν είναι αδύνατο αυτός να δει το συμβάν. Ουσιαστικά, ενώ πρόκειται για μια ικανότητα που έχουν ήδη οι άνθρωποι, όταν υπερτερεί το οπτικό ερέθισμα, δεν μπαίνουν στη διαδικασία ανάλυσης του ακουστικού ερεθίσματος (Grassi, 2005).

1.1.5 Ήχος και προσανατολισμός

Παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα άτομα με προβλήματα όρασης σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας τους, ο προσανατολισμός δεν είναι ένα από αυτά, αφού έχουν αναπτύξει τεχνικές που τους βοηθούν σε αυτόν τον τομέα. Μία από αυτές είναι και ο ηχοεντοπισμός (echolocation), δηλαδή η δυνατότητα εντοπισμού της θέσης των αντικειμένων στον χώρο, βάσει της ηχούς που αντανακλούν, που στηρίζεται στην ακοή. Τα άτομα με χαμηλή όραση, συχνά χτυπούν τα δάχτυλα τους ή τα πόδια τους ή κάνουν ήχους με τη γλώσσα τους, περιμένοντας να ακούσουν την ηχώ που δημιουργείται. Αποκωδικοποιώντας αυτή την ηχώ, λαμβάνουν πληροφορίες για το περιβάλλον τους (Thaler και Goodale, 2016). Ανάλογα με τα ηχητικά κύματα που επιστρέφουν, αντιλαμβάνονται τι

είδους εμπόδιο και σε ποια απόσταση θα το συναντήσουν. Την τεχνική αυτή χρησιμοποιούν, εκτός από τους ανθρώπους, και άλλοι οργανισμοί, όπως οι νυχτερίδες και τα δελφίνια (Wiegrebe, 2008).

Ο ηχοεντοπισμός χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους στην καθημερινότητα των ατόμων με προβλήματα όρασης. Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια του ηχοεντοπισμού, παρατίθεται η μαρτυρία του Dave Janischak, ενός τυφλού εφήβου που προσανατολίζεται σε καθημερινή βάση, σχεδόν αποκλειστικά, με αυτή την τεχνική: *«Ακούω ότι υπάρχουν σπίτια στα αριστερά, ότι υπάρχουν πολλοί άνθρωποι στο δρόμο και ότι υπάρχουν σπίτια στα δεξιά μου, αλλά από τη δεξιά πλευρά υπάρχει μια μεγαλύτερη περιοχή μεταξύ τους, σαν δρόμος ή κάτι τέτοιο»* (Kuhn, 2013).

Ο ηχοεντοπισμός έχει το πλεονέκτημα ότι μαθαίνεται σχετικά εύκολα, και σύμφωνα με έρευνες μπορεί σε μεγάλο βαθμό να αντικαταστήσει την όραση των τυφλών ατόμων σε θέματα προσανατολισμού (Thaler και Goodale, 2016), αφού έρευνα απέδειξε ότι μετά από σύντομη εκπαίδευση, οι μαθητές μπορούσαν να προβλέψουν τα εμπόδια με ακρίβεια 30 cm (Wiegrebe, 2008).

Γίνεται επομένως σαφές, ότι ο ήχος μπορεί σε μεγάλο βαθμό να συμβάλλει στην αντίληψη του περιβάλλοντα χώρου.

1.1.6 Ο ήχος ως μεταβλητή αναπαράστασης δεδομένων

Ως ηχοποίηση (sonification) ορίζεται η χρήση του ήχου (μη λεκτικού) ως μέσο μετάδοσης πληροφοριών (Kramer et al., 2010).

Σύμφωνα με τον Hermann (2008), για να ορίζεται ως ηχοποίηση η μετάδοση δεδομένων με ηχητικά ερεθίσματα, πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Τα δεδομένα που αναπαρίστανται να έχουν αντικειμενικές ιδιότητες/ συσχετισμούς, η εναλλαγή στις ιδιότητες των δεδομένων να επιφέρει αλλαγή στον ήχο, να είναι δυνατή η επανάληψη της τεχνικής, δηλαδή ίδια δεδομένα να αναπαρίστανται πάντα με τον ίδιο ήχο *"το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικά δεδομένα, καθώς και κατ' επανάληψη με τα ίδια δεδομένα"*.

Στο ίδιο άρθρο, ο Hermann, συσχετίζοντας τις έννοιες της οπτικοποίησης ("visualization") και της ηχοποίησης, θεωρεί ότι, όπως ο όρος της «οπτικοποίησης» χρησιμοποιείται ευρέως για να ορίσει γενικά κάθε μορφή οπτικής απεικόνισης, έτσι, εξίσου γενικά, πρέπει να χρησιμοποιείται ο όρος της «ηχοποίησης», «*υποδεικνύοντας κάθε σύστημα που επιτελεί μια τέτοια λειτουργία, χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στα μέσα που χρησιμοποιούνται για την φυσική (ηχητική) έξοδό του»* (Κουρελή, 2016).

Υπάρχουν ορισμένες εγγενείς ιδιότητες του ήχου, που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μετάδοση πληροφοριών, έτσι οι Buxton (1990), Kramer (1994) και οι Walker και Kramer (2004) ταξινόμησαν τις λειτουργίες της ηχητικής αναπαράστασης σε 3 μεγάλες κατηγορίες:

1. Συναγερμοί, ειδοποιήσεις, προειδοποιητικοί ήχοι (alarms, alerts, warnings): Πρόκειται για ήχους απλούς και εύληπτους που δεν περιέχουν αναλυτική πληροφορία σχετικά με το συμβάν που αναπαριστούν, και σκοπό έχουν να προειδοποιήσουν τον χρήστη ότι κάτι έχει συμβεί ή πρόκειται να συμβεί και έχουν

ως στόχο να στρέψουν την προσοχή του χρήστη στο περιβάλλον του (π.χ. το κουδούνι της πόρτας, ο ήχος του φούρνου μικροκυμάτων όταν το φαγητό είναι έτοιμο και ο ήχος ενός περιπολικού).

2. Μηνύματα κατάστασης, διαδικασίας, παρακολούθησης (status, process, monitoring messages): Αυτή η κατηγορία ήχων, παρέχει περισσότερες πληροφορίες σε σχέση με την προηγούμενη, και αφορά ήχους που χρησιμεύουν στην παρακολούθηση της κατάστασης/ εξέλιξης ενός φαινομένου. Είναι δυναμικοί, εναλλασσόμενοι ήχοι που εκμεταλλεύονται την ικανότητα του ακροατή να αντιλαμβάνεται μικρές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια ενός ήχου (τέτοιος ήχος είναι π.χ. ο ήχος που δείχνει την αρτηριακή πίεση ενός ασθενή σε ένα νοσοκομείο).
3. Εξερεύνηση δεδομένων (data exploration): Είναι το πιο χαρακτηριστικό δείγμα ηχοποίησης, αφού συνήθως όταν μιλάμε για ηχοποίηση αναφερόμαστε στην κωδικοποίηση και μετάδοση πληροφοριών με αναπαράσταση δεικτών και δεδομένων. Πρόκειται για ήχους που δεν συμπυκνώνουν την πληροφορία που αναπαριστούν, αλλά προσπαθούν να παρέχουν μια λεπτομερή, ολοκληρωμένη εικόνα για το σύνολο των δεδομένων, σε μια συγκεκριμένη στιγμή («ηχητικό τοπίο»). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι τα ηχητικά γραφήματα (auditory graphs).
4. Ο Hermann (2011) εισάγει μία τέταρτη κατηγορία, τη λειτουργία των ήχων στην τέχνη, τα αθλήματα, την άσκηση και τη διασκέδαση. Στηρίχθηκε στο γεγονός ότι όλο και περισσότερα ακουστικά ερεθίσματα συμμορφώνονται σε πρότυπα, για τις ανάγκες χρήσης τους σε αυτούς τους τομείς. Πρόκειται για ήχους που δημιουργούνται είτε συμπληρωματικά είτε αυτόνομα σε υπάρχοντα παιχνίδια, έργα τέχνης κλπ. Χρησιμοποιούνται ευρέως από άτομα με προβλήματα όρασης. Παράδειγμα τέτοιου ήχου, είναι κάποια παιχνίδια ρόλων που παίζονται εξ' ολοκλήρου βασιζόμενα στον ήχο (Hermann et al., 2011).

1.1.7 Ήχος και χαρτογραφία

Η χρήση του ήχου στη χαρτογραφία δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη, αφού όταν πρόκειται για βλέποντες χρησιμοποιούνται ως επί των πλείστων οπτικές μεταβλητές. Παρόλα αυτά ο Kryiger (1994) υποστηρίζει πως ο ήχος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση γεωγραφικών δεδομένων και προτείνει πιθανές εφαρμογές. Ο Krygier (1994) θεωρεί ότι ο ήχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικότερα σε δυναμικά φαινόμενα. Για παράδειγμα, σε ένα χωροχρονικό χάρτη που δείχνει τα κρούσματα του AIDS, η αύξηση της μεταβλητής της έντασης αναπαριστά την αριθμητική αύξηση τους, ενώ η αύξηση της οξύτητας δείχνει ποσοστιαία αύξηση αυτών Krygier (1994). Αντίστοιχα χρησιμοποίησαν την οξύτητα του ήχου οι Wheless et al. (1996) σε ένα χάρτη ενός οικοσυστήματος, όπου η αλλαγή στην οξύτητα συμβόλιζε αλλαγή στα επίπεδα αλμυρότητας του νερού. Σύμφωνα με την ανάλυση των Caquard et al. (2005), ο ήχος έχει αρχίσει το τελευταίο διάστημα να είναι πιο διαδεδομένος στους διαδικτυακούς χάρτες.

Από τα σημαντικότερα προβλήματα που συναντά η χρήση ήχου σε χάρτες, είναι η πρακτική δυσκολία τοποθέτησης του σε συγκεκριμένη θέση στο χώρο (δισδιάστατο και τρισδιάστατο). Η χρήση του ήχου ως μεταβλητή αναπαράστασης δεδομένων, είναι όμως ένας τρόπος ώστε ο χάρτης να γίνει προσβάσιμος σε άτομα με προβλήματα όρασης και επεκτείνει ουσιαστικά

τις επιλογές του χαρτογράφου στην επιλογή εργαλείων για την αναπαράσταση δεδομένων (Krygier, 1994).

1.2 Απτικοί χάρτες και απτικά γραφικά

Αισθητικότητα είναι η ικανότητά μας να αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας το εξωτερικό μας περιβάλλον, το σώμα μας αλλά και τις μεταβολές που υφίστανται αυτά. Τα αισθητικά ερεθίσματα άγονται μέσω των υποδοχέων που υπάρχουν στο σώμα μας (δέρμα, τρίχες, τένοντες, μύες) αλλά και αισθητήρια όργανα στο κεντρικό νευρικό σύστημα με κατάληξη κυρίως στην περιοχή του αισθητικού φλοιού (βρεγματικός λοβός). Εκεί αντιλαμβανόμαστε τα ερεθίσματα, τα επεξεργαζόμαστε και ανταποκρινόμαστε ανάλογα με το είδος των ερεθισμάτων. Υποδοχείς αισθητικότητας υπάρχουν πολλών ειδών. Η λειτουργία τους είναι να μετατρέπουν τα ερεθίσματα σε ηλεκτρικά δυναμικά και να τα προωθούν στα αισθητικά κέντρα. Ανάλογα με το είδος των ερεθισμάτων οι υποδοχείς διακρίνονται σε υποδοχείς που ανιχνεύουν μηχανική κίνηση (π.χ. αφή, πίεση), άλλους που ανιχνεύουν βλάβες στους ιστούς (π.χ. πόνο, θερμοκρασία) και οι υποδοχείς που ανιχνεύουν τη θέση των μελών αλλά και ολόκληρου του σώματος. Οι υποδοχείς αυτοί εδράζουν κυρίως στους μύες, τις αρθρώσεις και τους τένοντες και είναι υπεύθυνοι για την κιναισθητική αντίληψη. Η κιναισθησία είναι η ικανότητα του ανθρώπου να αντιλαμβάνεται τη θέση των μελών και γενικά του σώματος του στο χώρο (Hale και Stanney, 2004).

1.2.1 Απτικές μεταβλητές

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που επιστρατεύονται στην προσπάθεια να μετατραπεί η πληροφορία, που φέρουν τα συμβατικά γραφικά και μεταφέρεται μέσω της όρασης στους βλέποντες, ώστε να είναι προσβάσιμη από άτομα με προβλήματα όρασης. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί αυτή η «μετάφραση» της πληροφορίας είναι η λεκτική περιγραφή, ο ήχος και η αφή. Ευρεία χρήση έχουν τα απτικά γραφικά (“tactile graphics”), επισημαίνεται ότι ο όρος απτικός χρησιμοποιείται όχι μόνο για την αφή, αλλά για οτιδήποτε παρέχει αισθητικά ερεθίσματα. Τα απτικά γραφικά περιλαμβάνουν απτικές αναπαραστάσεις, διαγράμματα, γραφήματα και χάρτες. Πρόκειται για εικόνες που χρησιμοποιούν υπερυψωμένες γραμμές και επιφάνειες προκειμένου να μεταφέρουν μη λεκτική πληροφορία μέσω της αφής. Τα απτικά γραφικά δεν αποτελούν πιστή αναπαράσταση των πρωτότυπων και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο απλά, χωρίς χρώμα ή άλλα οπτικά ερεθίσματα (Edman, 1992; Hasty, n.d.).

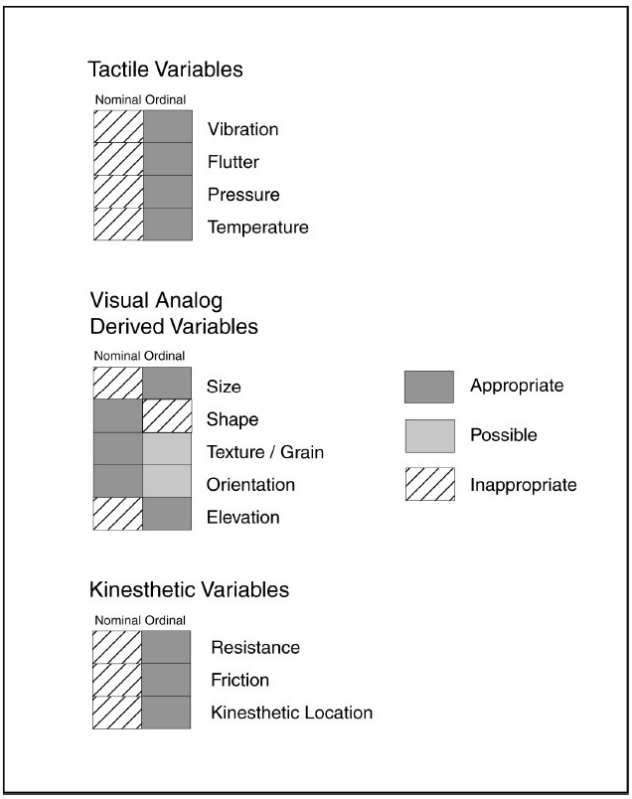
Η απτική αντίληψη (“haptic perception”) είναι αποτέλεσμα της απτικής διαδραστικότητας του χρήστη με ένα πραγματικό ή ψηφιακό περιβάλλον. Οι απτικές μεταβλητές προκύπτουν είτε από το περιβάλλον είτε από την κίνηση του χρήστη που αλληλεπιδρά απτικά με το περιβάλλον, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την απτική αντίληψη και είναι μέρος της απτικής διαδραστικότητας (Grunwald, 2008).

Αντίστοιχα με την κατηγοριοποίηση των οπτικών και τις ηχητικών μεταβλητών, υπάρχουν πολλές και διαφορετικές απτικές μεταβλητές. Σύμφωνα με την Griffin (2001), οι απτικές μεταβλητές κατατάσσονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, σε αυτές που προέρχονται από την αφή, σε όσες συνδέονται με τις οπτικές μεταβλητές και σε όσες σχετίζονται με την κιναισθησία.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν όσες μεταβλητές γίνονται αντιληπτές από το χρήστη μέσω της αφής: η δόνηση, ο πτερυγισμός, η πίεση και η θερμοκρασία. Η δόνηση αναφέρεται σε σταθερά επαναλαμβανόμενες μικροκινήσεις, ενώ ο πτερυγισμός σε γρήγορες, απρόβλεπτες κινήσεις, που δεν υπόκεινται σε κάποιο σταθερό μοτίβο κίνησης. Η πίεση αφορά μία συνεχόμενη αντίσταση που συναντά ο χρήστης και η θερμοκρασία, στη θερμοκρασία του αντικειμένου που αντιλαμβάνεται ο χρήστης δια της αφής. Για να γίνει αντιληπτή διακριτά μία από τις παραπάνω μεταβλητές, προτείνεται η χρήση μίας και μόνο τη φορά, διατηρώντας σταθερές τις υπόλοιπες. Για παράδειγμα, σε μια επιφάνεια με δονητικό ερέθισμα, ο χρήστης δεν θα μπορούσε να παρακολουθεί ταυτόχρονα την εναλλαγή θερμοκρασίας.

Το δεύτερο σύνολο περιέχει όσες μεταβλητές προκύπτουν βάσει των οπτικών μεταβλητών, με την έννοια ότι γίνονται αντιληπτές και ως οπτικά ερεθίσματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συμβατικούς χάρτες. Τέτοιες είναι η τοποθεσία, το μέγεθος, η υφή, το σχήμα, ο προσανατολισμός και η υπερύψωση.

Η τελευταία κατηγορία περιέχει μεταβλητές που δε συνδέονται αυστηρά με τη χαρτογραφική σχεδίαση, αλλά καθορίζονται από την αλληλεπίδρασή τους με το χρήστη. Τέτοιες είναι η τριβή, που γίνεται αντιληπτή κατά την κίνηση του χεριού σε μία επιφάνεια, η αντίσταση που προκύπτει όταν ο χρήστης ασκεί πίεση σε μία επιφάνεια και η αλλαγή κιναισθητικής θέσης που μπορεί να αξιοποιηθεί για να δείξει την αλλαγή στην τιμή των δεδομένων (Griffin, 2001).



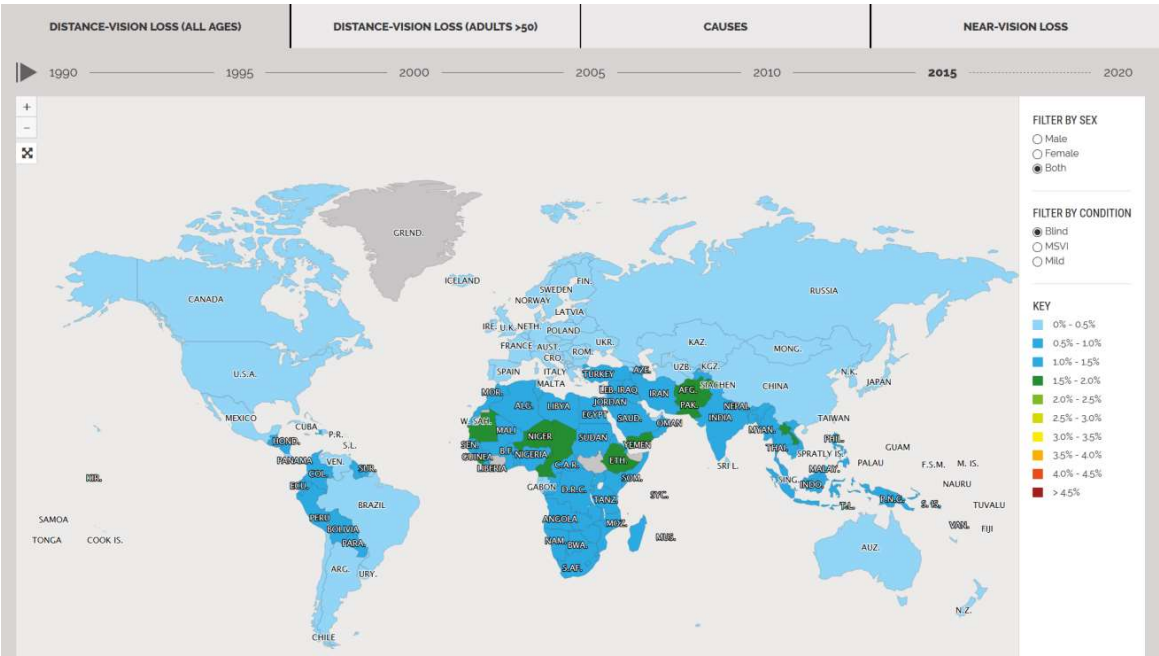
Εικόνα 3: Καταλληλότητα μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε απτικούς χάρτες
Πηγή: Griffin (2001)

Στην παραπάνω εικόνα, η Griffin (2001) παρουσιάζει την καταλληλότητα χρήσης των απτικών, των αντίστοιχων οπτικών που χρησιμοποιούνται και σε απτικούς χάρτες και των κιναισθητικών μεταβλητών για δεδομένα που κατατάσσονται σε ονομαστική κλίμακα ("nominal") και σε κλίμακα τάξης ("ordinal"). Έτσι, οι απτικές και οι κιναισθητικές μεταβλητές κρίνονται ακατάλληλες για ονομαστικής κλίμακας δεδομένα και κατάλληλες για την κλίμακα τάξης. Όσον αφορά τις οπτικές μεταβλητές που μπορούν να γίνουν αντιληπτές δια της αφής, το μέγεθος και το υψόμετρο θεωρούνται κατάλληλες για δεδομένα σε κλίμακα τάξης, αλλά όχι σε ονομαστική. Το σχήμα αντιθέτως, ενδείκνυται για την ονομαστική, αλλά κρίνεται ως ακατάλληλη μεταβλητή στην κλίμακα τάξης. Τέλος, η υφή και ο προσανατολισμός θεωρούνται κατάλληλες για την ονομαστική κλίμακα, και λιγότερο κατάλληλα, αλλά πιθανώς αποτελεσματικά για την κλίμακα τάξης.

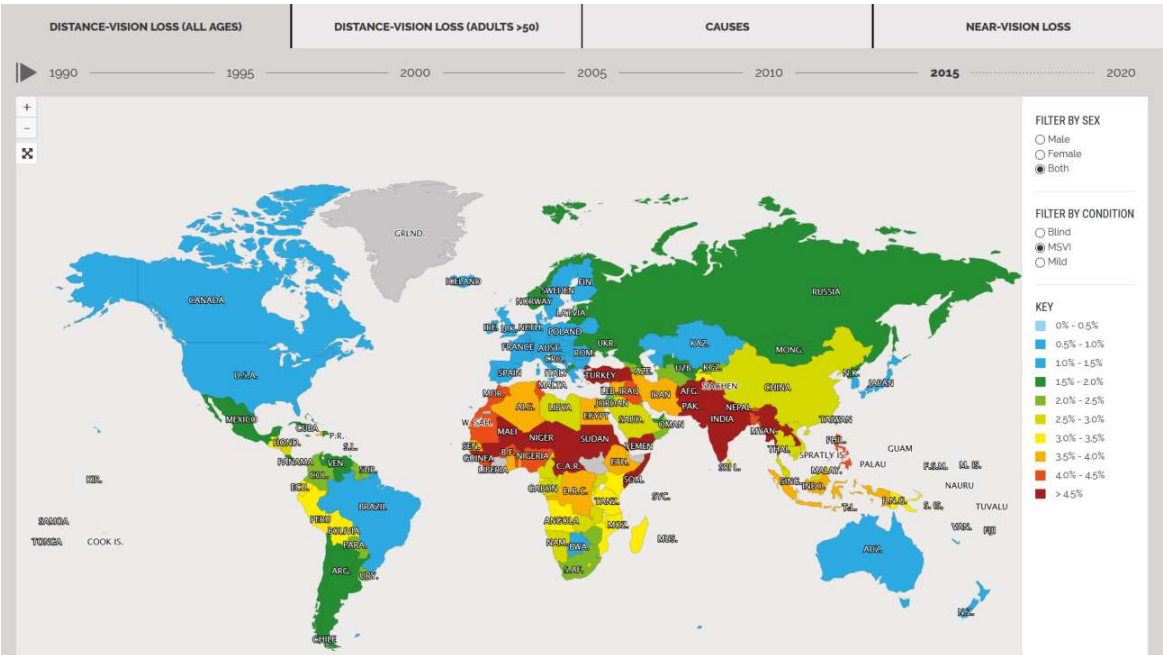
1.2.2 Προβλήματα όρασης

Ο νομικός ορισμός θεωρεί τυφλό κάποιον όταν η οπτική οξύτητα του ματιού με καλύτερη όραση, μετά από την καλύτερη δυνατή διόρθωση μέσω φακών, είναι μικρότερη ή ίση του δείκτη 20/200. Εναλλακτικός δείκτης είναι το οπτικό πεδίο του εξεταζόμενου, που πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο των 20 μοιρών για να θεωρηθεί κάποιος τυφλός. Όσον αφορά τα μερικώς βλέποντα άτομα με προβλήματα όρασης ("visually impaired"), και τις έννοιες χαμηλή όραση ("low vision") και απώλεια όρασης ("vision loss") δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής κοινώς αποδεκτοί ορισμοί (National Federation of the Blind, 2018).

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό για την πρόληψη της τύφλωσης (International Agency for the Prevention of Blindness- IAPB), 253 εκ. άτομα παγκοσμίως έχουν προβλήματα όρασης που δεν μπορούν να διορθωθούν με τη χρήση φακών, από τα οποία τα 36 εκ. είναι τυφλά. Το 90% ζει σε αναπτυσσόμενες χώρες, με πρώτη την Κίνα, όπου 720 εκ. άτομα έχουν χαμηλή όραση, και ακολουθούν η Ινδία με 477 εκ., η Νιγηρία (94,6 εκ.), η Ινδονησία (89,9 εκ.) και η Βραζιλία (79,4 εκ.) (IAPB, 2018).



Εικόνα *4*: Ποσοστά πληθυσμού με ολική τύφλωση (οπτική οξύτητα <3/60 στο μάτι με την καλύτερη όραση)
Πηγή: IAPB Vision Atlas (2016)



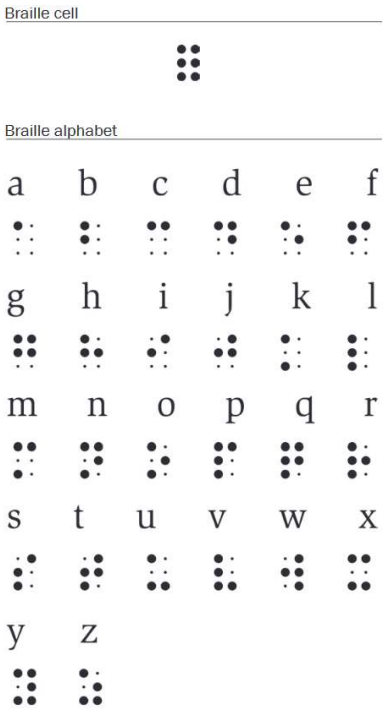
Εικόνα 5: Ποσοστά πληθυσμού με μερική τύφλωση (οπτική οξύτητα από 3/60 έως 6/18 στο μάτι με την καλύτερη όραση)
Πηγή: IAPB Vision Atlas (2016)

1.2.3 Το σύστημα Braille

Παρά τις όποιες μεμονωμένες προσπάθειες εκπαίδευσης ατόμων με προβλήματα όρασης, που είχαν γίνει κατά διαστήματα, το 1778 λειτούργησε το πρώτο σχολείο τυφλών στο Παρίσι. Την ίδια εποχή ακολούθησαν κι άλλα στην Ευρώπη και στις αρχές του 20ου αιώνα στις Η.Π.Α. (Rotatori, Obiakor και Bakken, 2011). Το 1854 ιδρύεται το πρώτο σχολείο τυφλών στη Βραζιλία, το Ινστιτούτο Benjamin Constant στο Ρίο, που συνεχίζει ως σήμερα τη λειτουργία του (Jordão, 2013). Στην Ελλάδα η εκπαίδευση τυφλών ξεκινά συστηματικά το 1906 (Κατσούλης και Χαλικιά, 2007).

Το 1836 ο Braille παρουσιάζει το δικό του σύστημα γραφής για τυφλούς. Πρόκειται για ένα σύστημα 6 κουκίδων (3 κατά μήκος και 2 κατά πλάτος) που συνολικά δημιουργούν 63 συνδυασμούς. Το σύστημα του στηρίχτηκε στον κώδικα “night writing” 12 κουκίδων του Barbier, που επινοήθηκε για να ανταλλάσσουν απόρρητες πληροφορίες οι στρατιώτες μεταξύ τους την ώρα της μάχης (Κατσούλης και Χαλικιά, 2007).

Αρχικά υπήρχαν αμφιβολίες σχετικά με την πρακτικότητα αυτού του συστήματος γραφής, αλλά από το 1860 ξεκίνησε η χρήση και εκμάθηση του σε τυφλούς μαθητές, το 1868 τυπώθηκαν τα πρώτα βιβλία σε Braille και σταδιακά έγινε κυρίαρχο. Μέχρι και σήμερα η γλώσσα Braille είναι το κύριο σύστημα γραφής και ανάγνωσης που μαθαίνουν τα άτομα με προβλήματα όρασης.



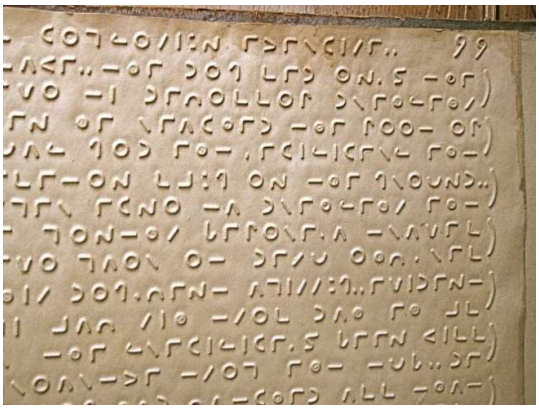
Εικόνα 6: Οι κουκίδες και το αλφάβητο Braille
Πηγή: NFB Jernigan Institute (2009)

Παρά την διαχρονικότητα και την κυριαρχία της Braille, έρευνες δείχνουν ότι οι οργανισμοί σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία, η Ισπανία, οι Η.Π.Α. και η Αυστραλία, έχουν επικεντρωθεί περισσότερο στην παραγωγή και διατήρηση των

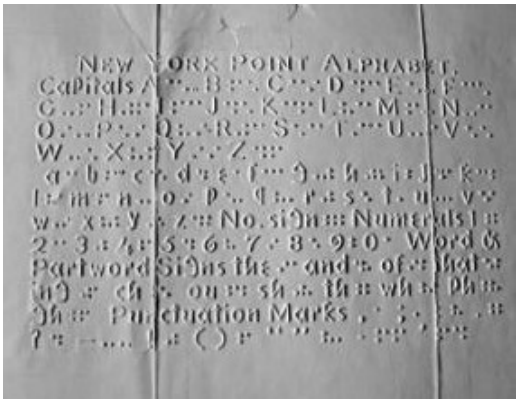
αρχείων Braille παρά στη διάδοση και εκμάθηση του κώδικα. Έτσι, παρότι συναντά κανείς όλο και περισσότερο τη γραφή Braille σε δημόσιους χώρους (π.χ. πινακίδες μετρό, μενού εστιατορίων) υπάρχει μεγάλο ποσοστό τυφλών που δεν γνωρίζουν τον κώδικα (Rose, 2012). Μόλις το 8.5% των μαθητών με προβλήματα όρασης μεταξύ 4-21 ετών μπορούν να διαβάσουν σε κώδικα Braille στις Η.Π.Α., ενώ στην Αγγλία το ποσοστό των τυφλών που μπορεί να χειριστεί τη Braille κυμαίνεται στο 1%. Το πιο εντυπωσιακό είναι, ότι το 1960 αυτό το ποσοστό κυμαινόταν στο 50% στις Η.Π.Α. (Sket, 2016; NFB Jernigan Institute, 2009; Rose, 2012).

1.2.4 Από τον κώδικα Braille στην τυποποίηση απτικών συμβόλων

Παρά την υπεροχή του κώδικα Braille, που κατάφερε να γίνει ο πλέον διαδεδομένος ανάμεσα στα άτομα με προβλήματα όρασης, υπήρξαν και άλλοι κώδικες που κατάφεραν να διαδοθούν και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως. Οι περισσότεροι εντοπίζονται σχεδόν την ίδια εποχή με τον Braille, στα μέσα του 19ου αι. Όλοι τους πρότειναν τη χρήση απτικών συμβόλων για τη δημιουργία ενός αλφάβητου, πλήρως αντιστοιχισμένου στο συμβατικό αλφάβητο. Έτσι, όλοι οι κώδικες στηρίχθηκαν είτε στην απλοποίηση των γραμμάτων, ώστε να είναι εύκολα αντιληπτά με την αφή, είτε στη χρήση κουκίδων.



Εικόνα 7: Κείμενο γραμμένο σε κώδικα Moon
Πηγή: Ruby Lane (n.d.)



Εικόνα 8: Το αλφάβητο του κώδικα New York Point
Πηγή: Cooper (2006)

Το 1972, το σύστημα Fishburne, εισάγει τη λογική των αντικειμένων. Το αλφάβητο δομείται από μαγνητικά αντικείμενα με παύλες, αρκετά μεγάλα, ώστε να διευκολύνονται όσοι δυσκολεύονται με τη γλώσσα Braille. Η λογική των αντικειμένων φαίνεται πως διευκόλυνε τα άτομα με προβλήματα όρασης, και το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για ετικετοποίηση ("labeling") αντικειμένων στην καθημερινότητα τους. Αντίστοιχη λογική ακολούθησαν και τα "Tack-tiles", που κυκλοφόρησαν το 1995, με βάση την ιδέα των Lego, κάθε τουβλάκι με την αντίστοιχη διάταξη κουκίδων (ταυτόσημη με αυτήν της Braille) αντιπροσώπευε κάποιο γράμμα. Χρησιμοποιείται κυρίως για να βοηθήσει παιδιά που δυσκολεύονται να μάθουν τον κώδικα Braille (Cooper, 2006 και Murphy, n.d.).

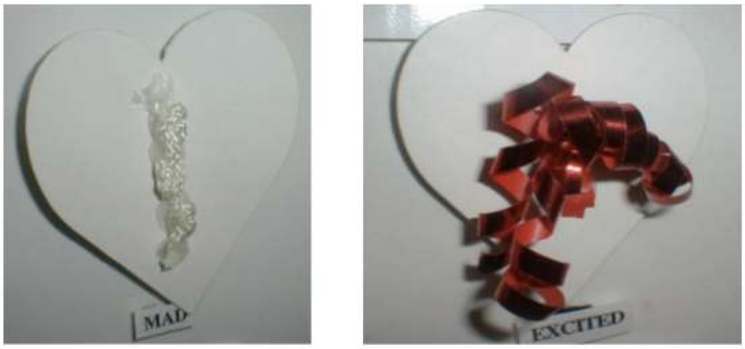
Εικόνα 9: Το αλφάβητο του Fishburne
Πηγή: Cooper (2006)

Εικόνα 10: Tack-tiles
Πηγή: Pathstoliteracy.org (2013)

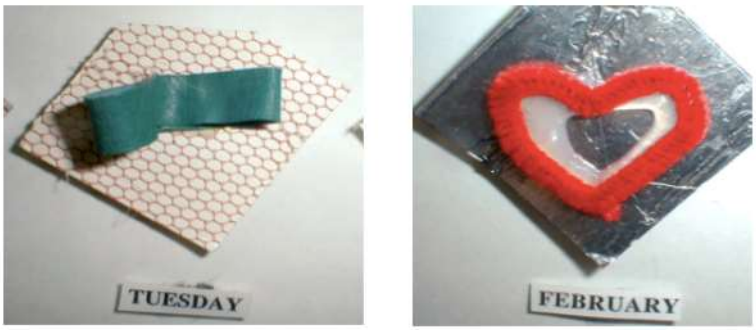
Ξεφεύγοντας από τη λογική του αλφάβητου, και αναπτύσσοντας την τεχνική των αντικειμένων, στις αρχές της δεκαετίας του 1990, αναπτύχθηκε στο Texas School for the Blind and Visually Impaired το σύστημα TSBVI, που αποσκοπούσε στη δημιουργία μιας γλώσσας που θα στηριζόταν σε απτικά σύμβολα, σε πρώτη φάση προοριζόταν για όσους δεν μπορούσαν να διαβάζουν Braille, αλλά στη συνέχεια ξεκίνησαν να τη χρησιμοποιούν και ως μέσο εκμάθησης της Braille. Το συνεχώς αναπτυσσόμενο αυτό σύστημα περιέχει τυποποιημένα σύμβολα, ταξινομημένα σε ένα «λεξικό» εικόνων (Hagood, 2016).

Εικόνα 11: Παραδείγματα απτικών συμβόλων και προτάσεων με αυτά
Πηγή: Hagood (2016)

Στη λογική της δημιουργίας ενός λεξικού «απτικών εικόνων», αξιοποιήθηκαν τόσο τα υλικά, το σχήμα των αντικειμένων αλλά και το φόντο τους. Για παράδειγμα τα συναισθήματα είχαν ως υπόβαθρο μία καρδιά, οι λέξεις που αναφέρονται σε χρόνο ένα σχήμα που πλησιάζει το ρόμβο, και αναλόγως σε τι βαθμίδα χρόνου αντιστοιχούν αλλάζει και το υλικό του φόντου (π.χ. οι μέρες έχουν ως υπόβαθρο δίχτυ, ενώ οι μήνες αλουμινόχαρτο).



Εικόνα 12: Παραδείγματα απτικών συμβόλων που αντιπροσωπεύουν συναισθήματα
Πηγή: Hagood (2016)



Εικόνα 13: Παραδείγματα απτικών συμβόλων που αντιπροσωπεύουν χρονικές έννοιες
Πηγή: Hagood (2016)

Παρά τις ενστάσεις που υπήρχαν για την τυποποίηση των απτικών συμβόλων, αφού πολλοί υποστήριζαν ότι τα σύμβολα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του κάθε χρήστη (Blaha, 2001; Rowland και Schweigert, 2000; Smith, 2012), το American Printing House for the Blind ανέπτυξε βάσει αυτού ένα εργαλείο που ονομάζεται "Tactile Connections" (απτικές συνδέσεις) και διαθέτει οδηγίες χρήσης και κατασκευής απτικών συμβόλων (Cooper, 2006).

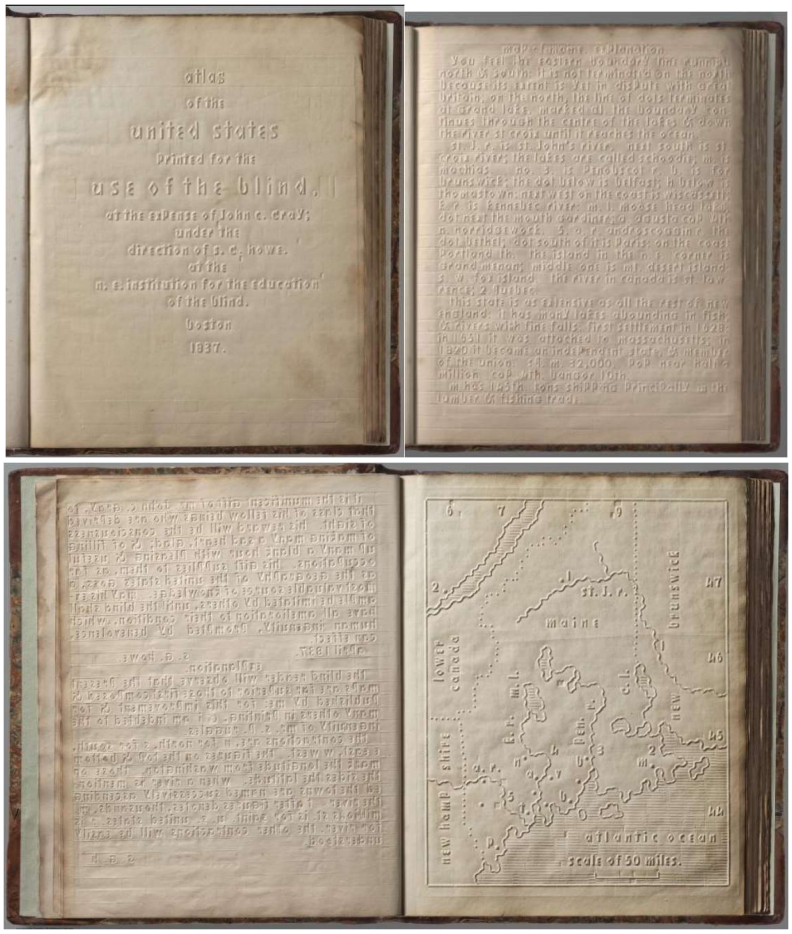
Η Hagood (2016), αξιολογεί θετικά τα αποτελέσματα της μεθόδου, η οποία όχι μόνο δεν εγκαταλείφτηκε, αλλά βελτιώνεται συνεχώς, θεωρώντας την συγκριτικά καλύτερη από τα πλήρως εξατομικευμένα σύμβολα που προτείνονται από κάποιους ερευνητές, όπως οι Rowland, C. και Schweigert, P. (2000). Εξετάζοντας τη μέθοδο ως λογοθεραπεύτρια, υποστηρίζει πως η χρήση τέτοιων απτικών συμβόλων, βοηθούν τόσο τους χρήστες, όσο και τους εκπαιδευτικούς που τα χρησιμοποιούν κατά τη διδασκαλία. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως οι εκπαιδευτικοί πλέον είχαν ένα πλαίσιο, μέσα στο οποίο ήταν σαφές τι λεξιλόγιο θα χρησιμοποιούσαν και αντίστοιχα θα περίμεναν από τους μαθητές να μάθουν να χρησιμοποιούν. Επίσης, το σύστημα απτικών εικόνων βοήθησε στην εκμάθηση της Braille και στην ανάπτυξη γλωσσικών δεξιοτήτων των χρηστών . Τέλος, λόγω της εύκολης κατασκευής των συμβόλων, άλλαξαν τα χρώματα του φόντου, ώστε να υπάρχει αυξημένη οπτική αντίθεση, κάνοντάς τα αποτελεσματικότερα για τους χρήστες με μερική όραση, που χρησιμοποιούν συνδυαστικά την αφή και την όραση (Hagood, 2016).

1.2.5 Οι πρώτοι απτικοί χάρτες

Μέχρι τη δεκαετία του 1830, τα άτομα με προβλήματα όρασης δεν είχαν εξειδικευμένο υλικό, δυσχεραίνοντας έτσι την πρόσβαση τους στην εκμάθηση Γεωγραφίας. Από τις πρώτες συντονισμένες προσπάθειες παραγωγής απτικών χαρτών ήταν αυτή του ινστιτούτου "New England Institute for the Education of the Blind" στη Βοστόνη (πρόκειται για το σημερινό Perkins School for the Blind). Το 1830 ο Stephen Preston Ruggles έφτιαξε από ξύλο ένα χάρτη της Βοστόνης (Εικόνα 14) αφαιρώντας τα κτίρια κράτησε τους δρόμους, τις γέφυρες και τις πλατείες της πόλης (Giaimo, 2017).

Εικόνα 14: Ξύλινος απτικός χάρτης του 1830
Πηγή: Flickr (2011)

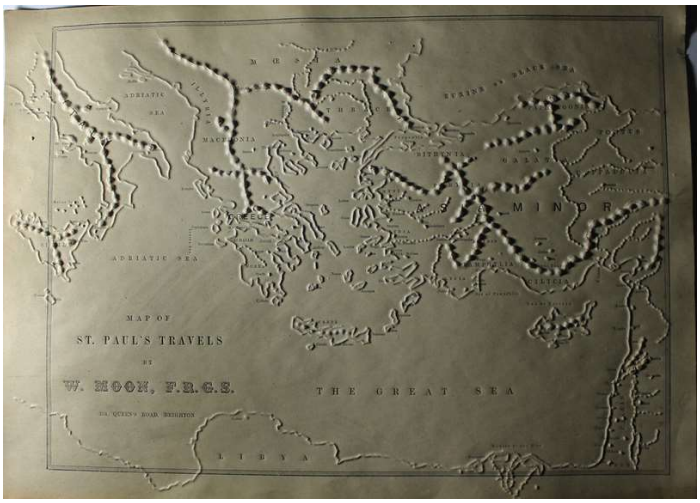
Το 1837 στο ίδιο ινστιτούτο εκδίδεται ο πρώτος απτικός Άτλας της Αμερικής (Εικόνα 15), σε κλίμακα 1:50 μίλια, που προοριζόταν για χρήση από άτομα με προβλήματα όρασης, χωρίς να απαιτείται βοήθεια από βλέποντες. Η εκτύπωση του έγινε ανάγλυφα, χωρίς καθόλου χρήση μελανιού, και εκτός από τους χάρτες, ο Άτλαντας περιείχε ακόμα πλήθος κειμένων, σε συμβατική γραφή, μιας και η γραφή Braille αν και είχε εφευρεθεί το 1825, δεν ήταν ακόμα διαδεδομένη (Rumsey, 2015; Davis, 2012).



Εικόνα 15: Σελίδες του απτικού Άτλαντα της Αμερικής
Πηγή: Flickr (2011)

Τον ίδιο χρόνο ο Ruggles κατασκευάζει και την απτική υδρόγειο σφαίρα, γνωστή ως “Perkins globe”, αποτελούμενη από 700 ξύλινα κομμάτια (Giaimo, 2017) (Εικόνα 16).

Εικόνα 16: Εικόνες από την απτική υδρόγειο σφαίρα του σχολείου τυφλών Perkins
Πηγή: Flickr (2011)



Εικόνα 17: Απτικός χάρτης που απεικονίζει τα ταξίδια του Αγίου Παύλου, από το αρχείο του σχολείου τυφλών Perkins
Πηγή: Flickr (2011)

1.3 Δημιουργία απτικών χαρτών

Στα πλαίσια μιας έρευνας που ξεκίνησε το 1989 στο πανεπιστήμιο του Sao Paolo με επικεφαλής την καθηγήτρια Regina Araújo Almeida, επισημάνθηκε η σημασία της χρήσης των απτικών χαρτών, από άτομα με προβλήματα όρασης, για την εκμάθηση της Γεωγραφίας και πυροδότησε σειρά ερευνών επί του θέματος. Έτσι, ξεκίνησαν να γίνονται έρευνες για τα υλικά και τους τρόπους κατασκευής τους και να γίνονται συζητήσεις και workshops επί του θέματος των απτικών χαρτών, που μέχρι τότε, κατασκευάζονταν σχεδόν αποκλειστικά από εκπαιδευτικούς μαθητών με προβλήματα όρασης και από σχετικά ιδρύματα υποστήριξης τυφλών (Oka και Sena, 2001).

Το 2003, το project TMAP (Tactile Map Automated Production) οδηγεί στο πρώτο διαδικτυακό εργαλείο απτικών χαρτών για οποιαδήποτε περιοχή των Η.Π.Α. Το TMAP αξιοποιώντας τα διαθέσιμα συστήματα GIS σε συνδυασμό με τεχνολογίες χάραξης, δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα να κατεβάζουν και να εκτυπώνουν απτικούς χάρτες των Η.Π.Α. εύκολα, χωρίς μεγάλο κόστος, στους οικιακούς εκτυπωτές Braille, που συνήθως διέθεταν, σε όποιο μέγεθος θέλουν. Έτσι, τα άτομα με προβλήματα όρασης δεν εξαρτώνται πια από τους δυσεύρετους και ακριβούς χάρτες και τουριστικούς οδηγούς που διέθεταν ορισμένες εκδόσεις. Το πρόγραμμα αποτέλεσε τομή, και στα 11 χρόνια λειτουργίας του συνέβαλλε σημαντικά στην εκπαίδευση και την κινητικότητα των χρηστών του (Miele, n.d.).

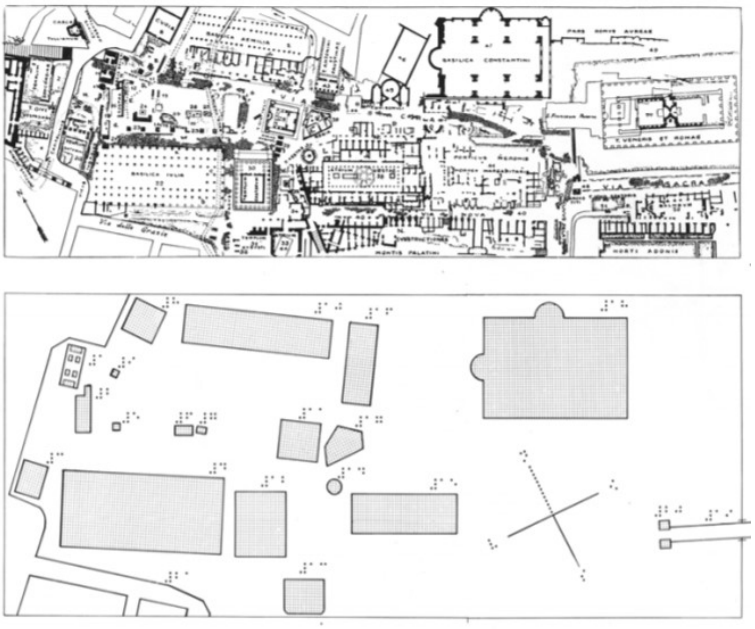
1.3.1 Κατηγοριοποίηση απτικών χαρτών

Στηριζόμενος στην κατηγοριοποίηση του Edmann (1992), ο Παπαδόπουλος (2000) διέκρινε τους χάρτες αφής σε τρεις γενικές κατηγορίες, ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ο καθένας : τους χάρτες κινητικότητας, τους χάρτες προσανατολισμού και τους χάρτες γενικής αναφοράς. Ως τέταρτη κατηγορία θεωρεί τους χάρτες ειδικών τύπων.

Πιο διαδεδομένοι, στην καθημερινότητα των ατόμων με προβλήματα όρασης, είναι οι χάρτες κινητικότητας, οι οποίοι βοηθούν τους χρήστες να κινούνται στον χώρο αυτόνομα, χωρίς

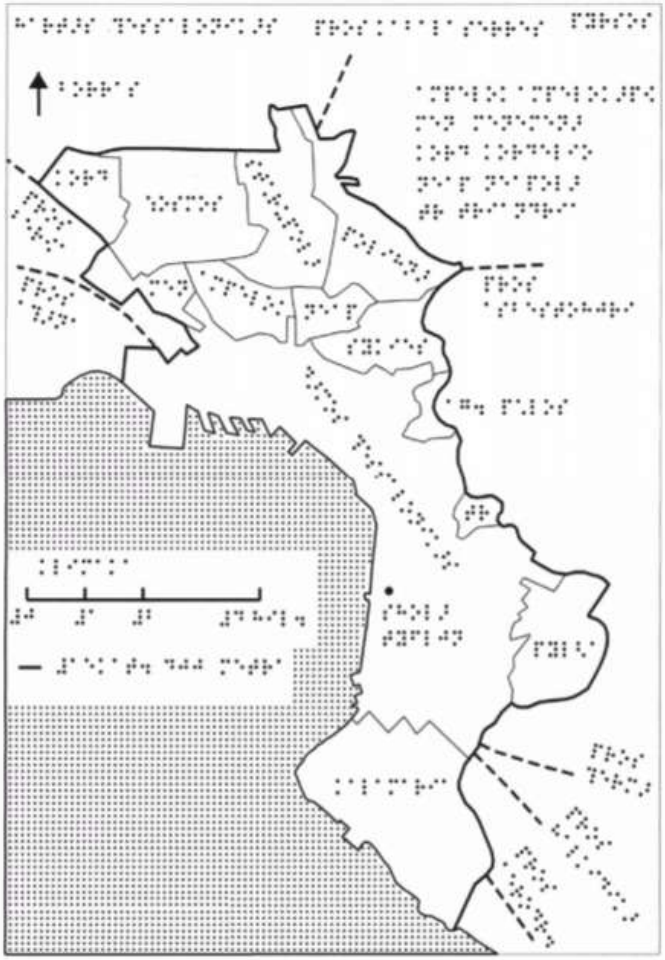
συνοδό. Οι χάρτες είναι μεγάλης κλίμακας, από 1:300 έως 1:1500, αφορούν συνήθως μικρούς χώρους στο εσωτερικό ή το εξωτερικό κτιρίων, δίνουν πληροφορίες για τα αντικείμενα και τη θέση τους, αλλά περιέχουν και πολλές λεπτομέρειες, που δε συναντά κανείς σε χάρτες για βλέποντες και βοηθούν στην ασφαλή κίνηση των χρηστών στον χώρο, όπως π.χ. η ένδειξη εμποδίων και σκαλιών (Εικόνα 18).

Εικόνα 18: Απτικός χάρτης κέντρου αποκατάστασης
Πηγή: Deltaceramica.it (2011)



Εικόνα 19: Συμβατικός χάρτης αρχαιολογικού χώρου και ο αντίστοιχος απτικός του
Πηγή: Eriksson και Strucel (1995)

Οι χάρτες προσανατολισμού αφορούν μικρότερης κλίμακας (μεταξύ 1:1500 και 1:10000) περιοχές και απεικονίζουν τα σημεία ενδιαφέροντος σε αυτές. Θεωρητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κίνηση, αλλά δεν έχουν πολλές λεπτομέρειες και δεν είναι αυτός ο κύριος σκοπός τους, αφού στοχεύουν κυρίως στη γενική εξερεύνηση μίας περιοχής και τον προσανατολισμό του χρήστη. Κατά τον Παπαδόπουλο (2000) *«απευθύνονται συνήθως σε μεγαλύτερες ομάδες τυφλών, παρά σε μεμονωμένα άτομα»*.



Εικόνα 20: Απτικός χάρτης Θεσσαλονίκης που δείχνει τη θέση των δήμων και τους οδικούς άξονες εξόδου από την πόλη
Πηγή: Παπαδόπουλος (2000)

Όσον αφορά τους χάρτες αφής γενικής αναφοράς, ανάλογα με τη θεματολογία τους, χωρίζονται σε πολιτικούς και γεωφυσικούς. Δεν περιέχουν λεπτομέρειες και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για την κίνηση στον χώρο, αλλά βοηθούν τους χρήστες να έχουν μία συνολική αντίληψη για τον γεωγραφικό χώρο. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην εκπαίδευση και έχουν κλίμακα μικρότερη του 1:10000.

Εκτός όμως από τις τρεις κύριες κατηγορίες χαρτών αφής που είναι και οι πιο συνηθισμένες, ο Παπαδόπουλος (2000) επισημαίνει την ύπαρξη των ειδικών τύπων χαρτών, κατηγορία στην οποία εμπίπτουν οι θεματικοί και τοπολογικοί χάρτες, οι οπτικοί και οπτικοί-απτικοί που απευθύνονται σε άτομα με χαμηλή όραση, και οι χάρτες για όσους δεν γνωρίζουν τη Braille. Η ιδιαιτερότητα των χαρτών αυτών, σχετίζεται με τον ειδικό τρόπο σχεδιασμού τους, που απορρέει *«από τις ειδικές πληροφορίες που περιέχουν ή από τις ειδικές ανάγκες των ατόμων που θα τους χρησιμοποιήσουν»* (Παπαδόπουλος, 2000).

1.3.2 Προδιαγραφές κατασκευής απτικών χαρτών

Είναι πολύ σημαντικό οι χρήστες τους να μπορούν να χρησιμοποιήσουν χωρίς δυσκολία τους απτικούς χάρτες, καθώς και να διαβάσουν και κατανοήσουν εύκολα τα απλά απτικά σύμβολα. Στην κατεύθυνση αυτή, της αποτελεσματικής απεικόνισης των απτικών γραφικών, βοηθάει η τήρηση κάποιων γενικών αρχών (Kwok, 2005).

Οι απτικοί χάρτες εξερευνώνται με την αφή, που εξ' ορισμού έχει περιορισμένες δυνατότητες σε σχέση με την όραση. Για παράδειγμα, απτικά δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές τόσες πολλές και διαφορετικές πληροφορίες, (όπως θα γινόταν με τη χρήση οπτικών μεταβλητών στους συμβατικούς χάρτες) επομένως βασικό στοιχείο των απτικών χαρτών πρέπει να είναι η απλότητα. Επίσης, μειώνεται σημαντικά η ακρίβεια της πληροφορίας, και είναι δύσκολο να μετρηθούν π.χ. αποστάσεις. Άλλη ιδιαιτερότητα που συναντάται είναι η γραφή επάνω στους χάρτες αφής, έτσι, ενώ θεωρητικά προτείνεται η χρήση της Braille, πρακτικά είναι αναλογικά λίγα τα άτομα με προβλήματα όρασης, που είναι σε θέση να την διαβάσουν (Brock, 2015). Συναντάται επίσης η περίπτωση, όπου άτομα που δεν ήταν τυφλά εκ γενετής ή δεν παρουσίασαν προβλήματα κατά την παιδική τους ηλικία, να έχουν διατηρήσει τη χρήση της συμβατικής γραφής.

Είναι, λοιπόν, κατανοητό πόσο σημαντικό είναι ο χαρτογράφος ή ο σχεδιαστής απτικών συμβόλων, να λαμβάνει υπόψιν του τις ιδιαιτερότητες των χρηστών που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν τον χάρτη.

Μετά από χρόνια ερευνών και προσπαθειών το 2010, ο οργανισμός BANA (Braille Authority of North America) εξέδωσε το εγχειρίδιο "Guidelines and Standards for Tactile Graphics" οδηγιών και προδιαγραφών για τα απτικά γραφικά. Πρόκειται για έναν αναλυτικό οδηγό, στον οποίο, μεταξύ άλλων, συμπεριλαμβάνεται και ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στους χάρτες κινητικότητας και προσανατολισμού.

Βασική αρχή είναι ο σχεδιασμός των απτικών γραφικών σύμφωνα με την ηλικία και την εμπειρία των χρηστών. Ζητούμενο, πάντως, ανεξαρτήτως επιπέδου, παραμένει η απλότητα, χωρίς όμως να χάνεται η επιθυμητή πληροφορία. Σε αυτό το πλαίσιο, προτείνονται μία σειρά τεχνικών που στοχεύουν στη βελτίωση της λειτουργικότητας τους, όπως π.χ. περιορισμένη χρήση 3D απεικονίσεων, εφόσον δεν απεικονίζονται σχετικές πληροφορίες, όπως το βάθος και η εξάλειψη διακοσμητικών στοιχείων που συναντώνται σε χάρτες για βλέποντες, όπως πλαισίων (Guidelines and standards for tactile graphics, 2010).

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην περίπτωση που ο χάρτης θα χρησιμοποιηθεί για εξαγωγή μετρητικής πληροφορίας. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ελέγχεται, όσον αφορά τα μήκη, ότι είναι μετρήσιμα με χάρακα Braille, και στις γωνίες να είναι αρκετά μεγάλο το μήκος των

ακτινών, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση των γωνιών (Guidelines and standards for tactile graphics, 2010).

Ως θεμελιώδη στοιχεία του σχεδιασμού, ορίζονται τα σημεία, οι ευθείες, οι επιφάνειες και οι ετικέτες (labels). Οι ετικέτες μπορεί να είναι κείμενο ή αριθμοί που συνοδεύουν και επεξηγούν κάποιο από τα άλλα δομικά στοιχεία (Guidelines and standards for tactile graphics, 2010).

Τα μεγέθη που προτείνονται από την BANA σε συνεργασία με το APH (American Printing House for the Blind) είναι ευρέως διαδεδομένα και προτείνονται από πολλούς φορείς (όπως π.χ. η Australian Braille Authority) ως πρότυπα, και αποτέλεσαν βάση για τη δημιουργία άλλων σετ προδιαγραφών δημιουργίας απτικών γραφικών και χαρτών (π.χ. τους κανόνες της Czech Authority on Tactile Maps) (Štampach και Mulíčková, 2016).

Τα ελάχιστα μεγέθη που προτείνονται από την BANA, σύμφωνα με το Guidelines and standards for tactile graphics (2010), για τα θεμελιώδη στοιχεία σχεδιασμού είναι τα εξής:

Σημεία: Πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον 6 mm και να διατηρείται ελάχιστη απόσταση 3 mm μεταξύ σημείου και οποιουδήποτε άλλου στοιχείου.
Γραμμές: Πρέπει να έχουν ελάχιστο μήκος 1.25 cm ώστε να είναι αντιληπτές ως γραμμικά στοιχεία.
Επιφάνειες: Πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 mm^2.

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για τους κανόνες σχεδιασμού και τις ελάχιστες αποστάσεις που πρέπει να διατηρούνται μεταξύ των στοιχείων, ώστε να είναι αντιληπτά τα απτικά γραφικά από τους χρήστες (Štampach και Mulíčková, 2016).

Έτσι, η Czech Authority on Tactile Maps ορίζει λίγο μικρότερες τιμές, σε σχέση με την BANA (Štampach και Mulíčková, 2016):

Σημεία και γραμμές: Ελάχιστο πλάτος τα 1.2 mm.
Ελάχιστη απόσταση μεταξύ 2 στοιχείων: Ομοίως, 1.2 mm.
Ύψος απτικών στοιχείων: Το ελάχιστο ύψος διαμορφώνεται στα 0.75 mm.

Το Teiresias Centre, έχει καταλήξει στις εξής τιμές (Teiresias, 2015):

Σημεία και γραμμές: Προτείνεται να έχουν πλάτος μεταξύ 3-5 mm (προτιμότερη τιμή τα 5 mm).
Ελάχιστη απόσταση μεταξύ 2 γραμμών: Ομοίως, 3-5 mm (προτιμότερη τιμή τα 5 mm).
Ελάχιστη απόσταση μεταξύ 2 γωνιών: Ομοίως, 3-5 mm.

Άλλες τιμές που έχουν προταθεί από τους ερευνητές Jehoel et al. (2006) είναι:

Ελάχιστη απόσταση μεταξύ 2 γραμμών: 1.3 mm.
Μέγιστο πάχος μονής γραμμής: 2.2 mm (όριο που αν ξεπεραστεί, ο χρήστης αρχίζει να αντιλαμβάνεται τη γραμμή ως διπλή).

Το κενό, που μπορεί να γίνει αντιληπτό με την αφή κυμαίνεται από 0.87 (Johnson και Phillips, 1981) έως 2.81 mm (Stevens et al., 1996).

Οι προδιαγραφές της BANA χρησιμοποιήθηκαν ως οδηγός στους χάρτες, που κατασκευάστηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

1.3.3 Τεχνικές κατασκευής απτικών χαρτών

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές, με τις οποίες μπορούν να κατασκευαστούν απτικοί χάρτες. Παρά την τεχνολογία που εξελίσσεται και βοηθάει τα άτομα με προβλήματα όρασης να έχουν πρόσβαση σε πολλές διαφορετικές τεχνικές και σε μεγάλη ποικιλία χαρτών, μειώνοντας ταυτόχρονα το απαγορευτικό άλλοτε κόστος τους, είναι αμφίβολο κατά πόσο οι νέες -ανεβασμένου επιπέδου- τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή περίπλοκων απτικών χαρτών ή αν γνωσιακά δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες του χρήστη (Nogueira et al., 2014).

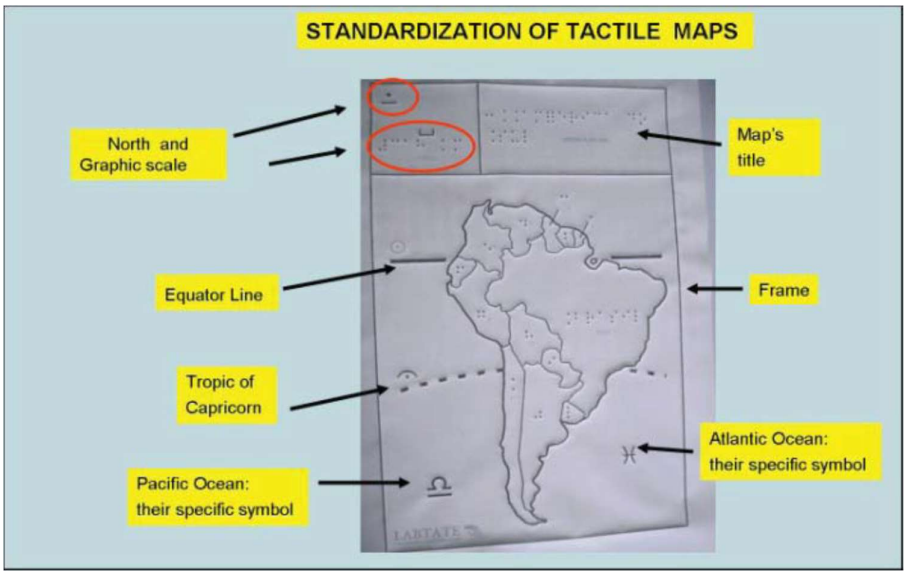
Σύμφωνα με τους Turner και Sherman (1986) «*οι μέθοδοι κατασκευής και αναπαραγωγής, μπορούν να ομαδοποιηθούν γενικά σε εκείνες που χρησιμοποιούν υπολογιστή, στις φωτομηχανικές και στις χειροποίητες*» (Παπαδόπουλος, 2000).

Πολύ συνηθισμένη είναι η χειροποίητη κατασκευή απτικών χαρτών, με απλά καθημερινά υλικά (Εικόνα 21), αλλά και με τη χρήση ενός ειδικού στυλό, που σχεδιάζει ανάγλυφα ("tactile pen") (Εικόνα 22).

Εικόνα 21: Χειροποίητος απτικός χάρτης της Ευρώπης και της ΕΕ με διαφορετικές υφές και ετικέτες Braille (Ειδικό Δημοτικό Σχολείο Τυφλών Καλλιθέας)

Εικόνα 22: Χειροποίητος απτικός χάρτης Λονδίνου εκπαιδευτικού, με απεικόνιση διαδρομής και σημείων ενδιαφέροντος

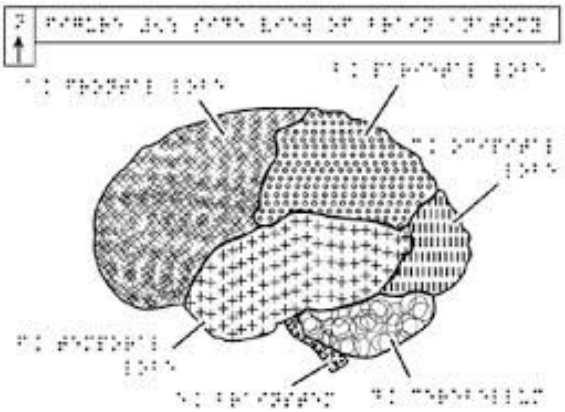
Ακόμα όμως και όταν πρόκειται για χειροποίητη κατασκευή, η χρήση γραφικών λογισμικών κατά το σχεδιασμό, μπορεί να συμβάλλει τόσο στην ταχύτητα όσο και στην αποτελεσματικότητα του χάρτη. Με τη χρήση τους μπορεί ο σχεδιαστής να τυποποιήσει το σχεδιασμό σε επίπεδο μεγέθους, διάταξης κ.ο.κ. και να αποθηκεύσει τα πρότυπα, ώστε να μπορεί να τα ανακαλέσει και να τα αναπαραγάγει ανά πάσα στιγμή (Nogueira et al., 2014). Στην Εικόνα 23, παρουσιάζεται ένα προτεινόμενο πρότυπο:



Εικόνα 23: Προτεινόμενη τυποποίηση στοιχείων χάρτη
Πηγή: Nogueira et al. (2014)

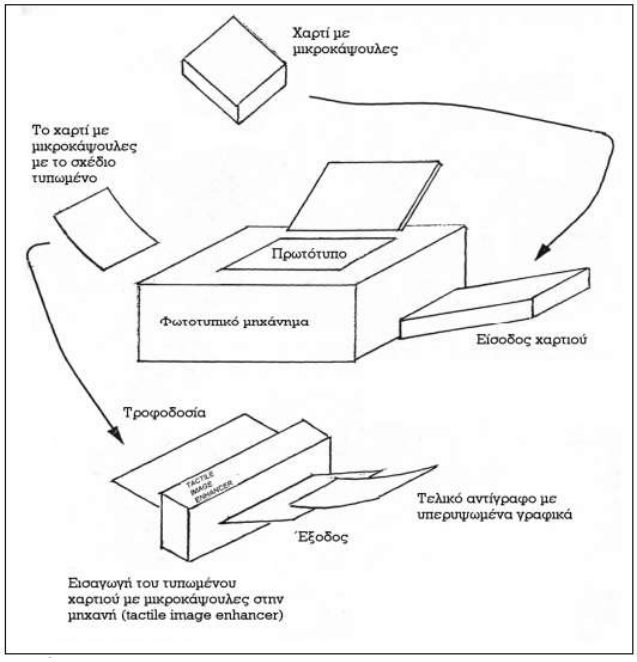
Σύμφωνα με τον Παπαδόπουλο (2000) οι 3 πιο διαδεδομένες μέθοδοι κατασκευής και αναπαραγωγής απτικών χαρτών είναι οι εξής:

Η στερεοαντιγραφική μέθοδος (stereo copying machine), στηρίζεται στο μικροκαψουλικό χαρτί. Πρόκειται για ένα χαρτί, με εκατομμύρια μικροκάψουλες (τάξης μεγέθους 10^{-3}mm), που δεν γίνονται αντιληπτές με γυμνό μάτι. Το χαρτί έχει πάχος 0.2mm και οι διαστάσεις του χαρτιού μπορεί να είναι A4 (210 x 297 mm), B4 (364 x 257 mm) ή A3 (420 x 297 mm). Ο χάρτης, αρχικά εκτυπώνεται από έναν απλό εκτυπωτή πάνω σε μικροκαψουλικό χαρτί και στη συνέχεια διέρχεται από το στερεοαντιγραφικό μηχάνημα, που θερμαίνει τις θερμικές αφρώδεις μικροκάψουλες του χαρτιού, οι οποίες διογκώνονται όταν απορροφούν ενέργεια. Το μαύρο χρώμα απορροφά περισσότερη θερμότητα ή ενέργεια φωτός, επομένως είναι μεγαλύτερη και η διόγκωση του χαρτιού στα σημεία με μαύρο μελάνι. Έτσι, δημιουργούνται οι ανυψώσεις του απτικού χάρτη. Ανάλογα με το ύψος που θέλει να δώσει ο χρήστης στα στοιχεία με μελάνι, επαναλαμβάνει τη διαδικασία (Παπαδόπουλος, 2000).
Το μέγιστο τελικό πάχος του χαρτιού, μετά την παραπάνω επεξεργασία, εξαρτάται από τη διάμετρο που έχουν οι μικροκάψουλες στο εκάστοτε χαρτί, αλλά συνήθως δεν ξεπερνά τα 0.46 mm, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Cryer et al. (2011). Στην Εικόνα 24 παρουσιάζεται ένα απτικό γράφημα του εγκεφάλου που έχει τυπωθεί με τη στερεονατιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί:



Εικόνα 24: Απτική εικόνα (παραχθείσα με τη στερεοαντιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί) των τμημάτων του εγκεφάλου συνοδευόμενη από κείμενο Braille
Πηγή: Amornchat (n.d.)

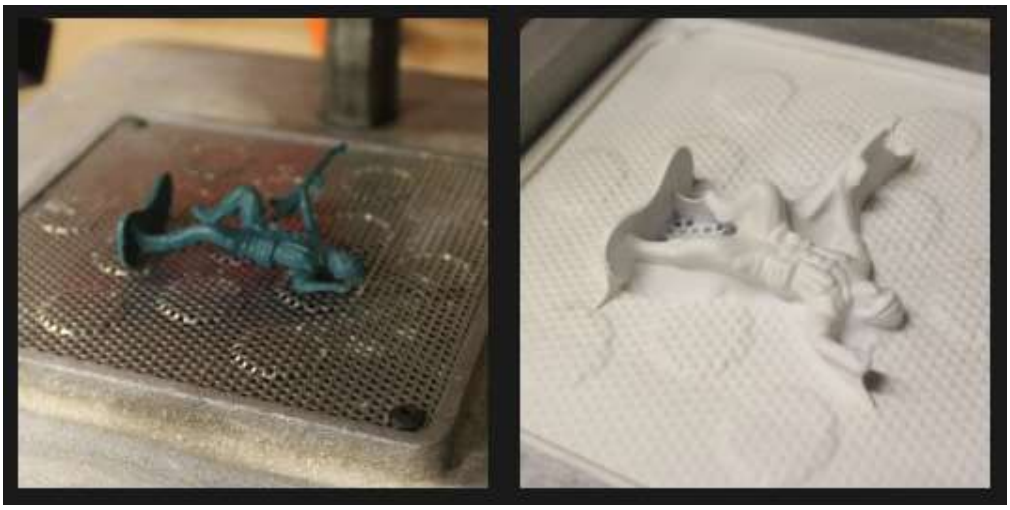
Πρόκειται για μία απλή και γρήγορη τεχνική, (όπως παρουσιάζεται διαγραμματικά στην Εικόνα 25) με σχετικά οικονομικό εξοπλισμό, που επιτρέπει στον χρήστη να κάνει διορθώσεις και να προσθέσει πληροφορία στο χάρτη, ακόμα και μετά την εκτύπωση, με μολύβι ή μελάνι (Παπαδόπουλος, 2000; Cryer et al., 2011). Το αρνητικό της μεθόδου του χαρτιού διόγκωσης, που αποτελεί σήμερα την πιο συνηθισμένη τεχνική, είναι ότι είναι δυνατόν να παράσχει μόνο ένα ανάγλυφο επίπεδο (Κατσούλης και Χαλικιά, 2007).



Εικόνα 25: Διαδικασία που ακολουθείται κατά τη στερεοαντιγραφική μέθοδο
Πηγή: Παπαδόπουλος (2000)

Άλλη διαδεδομένη τεχνική είναι η θερμομορφική μέθοδος (“thermoform”). Αρχικά, δημιουργείται μία μήτρα/καλούπι με άλλες τεχνικές ή χειροποίητες μεθόδους, και στη συνέχεια τοποθετείται πάνω από αυτή ένα πλαστικό χαρτί, που θερμαινόμενο στη θερμομορφική μηχανή, παίρνει το σχήμα της μήτρας και σταθεροποιείται μόλις κρυώσει, οπότε και αποκολλάται η ανάγλυφη εικόνα που προέκυψε από το καλούπι. Τα παραγόμενα γραφικά έχουν συνήθως διαστάσεις 279 x 292 mm και ύψος 12.7 mm, συναντώνται όμως και μεγαλύτερες μηχανές που εξάγουν μοντέλα 308 x 464 mm με ύψος 31.8 mm (Παπαδόπουλος, 2000; Κατσούλης και Χαλικιά, 2007).

Σε αντίθεση με την πρώτη τεχνική διόγκωσης του μικροκαψουλικού χαρτιού, με τη θερμομορφική μέθοδο, μπορούν να δημιουργηθούν πολλά επίπεδα διαφορετικού ύψους, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στον χρήστη των ανάγλυφων γραφικών να αναγνωρίζει τα αντικείμενα, όχι μόνο βάσει του σχήματος, αλλά και βάσει του ύψους τους. Άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ως καλούπι μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθημερινά αντικείμενα, όπως φαίνεται και στο παράδειγμα της Εικόνας 26, όπου χρησιμοποιείται ένα στρατιωτάκι ως καλούπι (Κατσούλης και Χαλικιά, 2007).



Εικόνα 26:Κατασκευή ανάγλυφης εικόνας με τη θερμομορφική μέθοδο, με τη χρήση καθημερινών αντικειμένων ως μήτρα
Πηγή: Baddeley (2016)

Η τρίτη μέθοδος είναι αυτή της μεταξοτυπίας και αφρώδους μελάνης (“silk screen and foam ink”). Στηρίζεται στην ίδια λογική με την πρώτη μέθοδο, αφού η αφρώδης μελάνη είναι θερμοευαίσθητη (διογκώνεται με τη θερμότητα), επάνω στην εκάστοτε επιφάνεια που χρησιμοποιείται κατά την εκτύπωση (συνήθως πρόκειται για ένα μεταξωτό ή ακρυλικό ύφασμα). Κάτω από το τεντωμένο ύφασμα, που τοποθετείται σε μία ξύλινη βάση, βρίσκεται το χαρτί, στο οποίο κατασκευάζεται το ανάγλυφο. Πάνω από τη βάση υπάρχει ένα διάτρητο πρότυπο (πρόκειται για ένα stencil που δημιουργείται κόβοντας τα σημεία που θέλουμε να αποτυπωθούν) του σχεδίου προς εκτύπωση, το οποίο επιτρέπει στην αφρώδη μελάνη να διαπερνάει το ενδιάμεσο ύφασμα μόνο σε αυτά τα κενά, αποτυπώνοντας έτσι το τελικό σχέδιο.

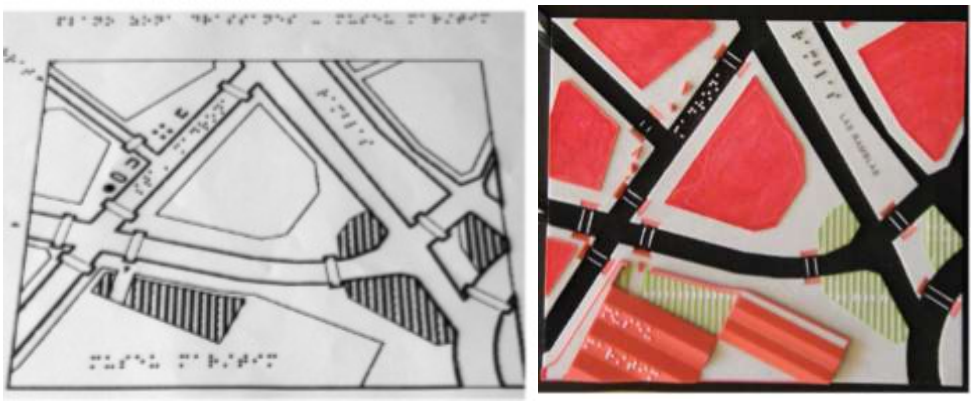
Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της μεθόδου, η οποία εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια για τη δημιουργία απτικών γραφικών και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην Ιαπωνία και την Αυστραλία. Παρότι μπορεί να είναι πιο περίπλοκη σε σχέση με τις 2 προηγούμενες, η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη χρήση χρωμάτων, την εκτύπωση και στις δύο όψεις του χαρτιού και με την ίδια πλάκα εκτύπωσης μπορούν να παραχθούν 500-1000 αντίτυπα (Παπαδόπουλος, 2000).

1.3.4 3D εκτύπωση και απτικοί χάρτες

Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη των 3D εκτυπωτών, χρησιμοποιείται η 3D τεχνολογία εκτύπωσης για την παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων που λειτουργούν ως απτικοί χάρτες. Το μοντέλο παράγεται από στρώσεις υλικού (συνηθέστερα πλαστικό ή ρητίνη) που σταθεροποιείται αφού λάβει το επιθυμητό σχήμα και συναρμολόγηση τμημάτων, σε περίπτωση που το απαιτεί το σχήμα του μοντέλου.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί στο σχήμα των αντικειμένων, παρά μόνο στο μέγεθος τους (ανάλογα με τον εκάστοτε εκτυπωτή). Βασικό μειονέκτημα είναι το αυξημένο κόστος της μεθόδου (το οποίο όμως τείνει να μειώνεται) και ο χρόνος κατασκευής του χάρτη (Voženílek και Vondráková, 2015). Παρότι οι 3D χάρτες είναι δύσκολο να μεταφερθούν, είναι ανθεκτικοί και ο ακριβής έλεγχος της γεωμετρίας τους κατά το σχεδιασμό, μπορεί να οδηγήσει σε ένα ακριβές αποτέλεσμα με πολύπλοκη γεωμετρία (Gual, Puyuelo και Lloveras, 2014).

Συγκρίνοντας έναν χάρτη με τρισδιάστατα σύμβολα, που εκτυπώθηκαν σε 3D εκτυπωτή, με έναν απτικό χάρτη με τις ίδιες πληροφορίες (Εικόνα 27), τυπωμένο σε μικροκαψουλικό χαρτί, οι Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla και Lloveras-Macia (2015) διαπίστωσαν ότι τα τρισδιάστατα αντικείμενα βελτίωναν το χρόνο απόκρισης των χρηστών στις ερωτήσεις και την εξερεύνηση του χάρτη, βοηθούσαν τα υποκείμενα της έρευνας στο να εντοπίσουν τα σύμβολα του χάρτη, αυτόνομα, χωρίς βοήθεια, και τη χωροθέτηση συγκεκριμένων στοιχείων στο χάρτη. Όπως υπογραμμίζεται, είχε θετική επίδραση και στην ψυχολογία τους, αφού οι χρήστες δεν βίωναν απογοήτευση χρησιμοποιώντας τον 3D χάρτη.



Εικόνα 27: Οι δύο χάρτες προς σύγκριση στην έρευνα των Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla και Lloveras-Macia
Πηγή: Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla και Lloveras-Macia (2015)

Συγκρινόμενη με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής απτικών χαρτών, τα υποκείμενα της έρευνας των Gual, Puyuelo και Lloveras (2014), ανταποκρίθηκαν καλύτερα στον 3D χάρτη σε σχέση με αυτόν που κατασκευάστηκε με τη στερεοαντιγραφική μέθοδο, αξιοποιώντας το πλεονέκτημα της σύνθετης γεωμετρίας και της μεγάλης διακύμανσης ύψους (παρότι δεν ελέγχτηκε στη συγκεκριμένη έρευνα, το μικροκαψουλικό χαρτί διαθέτει μόνο ένα επίπεδο ύψους, άρα υστερεί σε αυτή τη μεταβλητή σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους). Από την έρευνα προέκυψε επίσης, ότι ο χάρτης προερχόμενος από 3D εκτυπωτή, λειτουργεί θετικά στη διαδικασία απομνημόνευσης συμβόλων του χάρτη σε άτομα με προβλήματα όρασης, ειδικά στους χρήστες που είναι εξοικειωμένοι με τα απτικά γραφικά, και με την προϋπόθεση ότι ακολουθεί κάποια κριτήρια στην επιλογή του σχήματος και του ύψους των συμβόλων (Gual, Puyuelo και Lloveras, 2014).

1.4 Αξιολόγηση απτικών και πολυαισθητηριακών χαρτών

Παρότι οι απτικοί χάρτες είναι χρονοβόροι στην εξερεύνηση, αφού η απτική αντίληψη αποτελεί σειριακή διαδικασία, ενώ η οπτική είναι συνοπτική, αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της εκπαίδευσης ατόμων με προβλήματα όρασης (Brock et al. 2012).

Τα κύρια προβλήματα των απτικών χαρτών είναι η δυσκολία και το μεγάλος κόστος παραγωγής τους, η χαμηλή ανάλυση τους και το ότι δύσκολα μπορεί να παραχθεί απτικός χάρτης υψηλής ποιότητας και ακρίβειας. Προβλήματα συναντώνται και κατά το σχεδιασμό τους, αφού το γεγονός ότι πρέπει να είναι πλήρως διακριτά τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται, αποκλείει τη χρήση παρεμφερών συμβόλων, και επιβάλλει πολλούς περιορισμούς. Ακόμα όμως και αν ξεπεραστούν τα ζητήματα που προκύπτουν κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή τους, λόγω της φύσης τους, οι απτικοί χάρτες στερούνται διαδραστικότητας και έχουν περιορισμένες δυνατότητες διάδοσης, μιας και ο απτικός χάρτης προορίζεται για χρήση από έναν χρήστη τη φορά, σε συγκεκριμένο χώρο (Jacobson, 2007).

Παρά τις όποιες προσπάθειες γίνονται για μετατροπή των οπτικών αναπαραστάσεων σε απτικές, η ανάγνωση των απτικών χαρτών είναι αργή και δεν μπορεί να συγκριθεί με τη γρήγορη οπτική επεξεργασία ενός συμβατικού χάρτη. Λόγω της αυξημένης δυσκολίας που παρουσιάζεται κατά την επεξεργασία τους, δεν μπορούν εύκολα να γίνουν αντιληπτά πολλαπλά χαρτογραφικά στοιχεία. Παρόλα αυτά, εάν είναι αναγκαία η ταυτόχρονη παρουσίαση πολλών διαφορετικών στοιχείων, πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Στους απτικούς χάρτες πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η γενίκευση και η όσο το δυνατόν πιο απλοποιημένη μορφή των αντικειμένων που αποδίδονται, και παρότι μπορεί να δρουν κατά της σωστής απεικόνισης/αναπαράστασης, οδηγούν τον χρήστη να αναγνωρίζει καλύτερα τα σχήματα (“shape recognition”), που είναι και ένα από τα βασικά ζητούμενα των απτικών χαρτών (Clark και Clark, 1994).

Ανάλογα με την αίσθηση που χρησιμοποιεί ο χρήστης για την εξερεύνηση του χάρτη, προσαρμόζεται και η πληροφορία του χάρτη, αφού η κάθε μία χρησιμοποιείται για απόδοση διαφορετικών ερεθισμάτων. Επιλέγοντας τη σωστή αίσθηση, για τη βέλτιστη απόδοση του εκάστοτε φαινομένου, επιτυγχάνεται η μέγιστη αποδοτικότητα του χάρτη. Στους πολυαισθητηριακούς χάρτες είναι δυνατή η αύξηση της πληροφορίας, αφού μπορεί να περιλαμβάνει το σύνολο των πληροφοριών που μπορεί να γίνει αντιληπτός από τις αισθήσεις

που χρησιμοποιούνται κατά τη χρήση του. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά τη μετατροπή ερεθισμάτων, ώστε να είναι αντιληπτά από άλλη αίσθηση, καθώς είναι πολύ πιθανό να υπάρξει απώλεια βασικής πληροφορίας (π.χ. μετατροπή μίας εικόνας σε ήχο) (Jacobson, 2007).

Η προσθήκη ήχου στους χάρτες (ήχοι που έχουν ως πληροφορία λεκτικά στοιχεία των απτικών χαρτών) έχει ως στόχο να ξεπεραστεί η σειριακή διαδικασία εξερεύνησης του χάρτη και να βοηθήσει τον χρήστη στην καλύτερη εξερεύνηση του χώρου (Habel, Kerzel και Lohmann, 2010).

Στη λογική αυτή έγιναν πολλές προσπάθειες να συνδυαστεί ο ήχος με τους απτικούς χάρτες. Σε αυτά τα πλαίσια αναπτύχθηκε και το σύστημα BATS ("The Blind Audio Tactile Mapping System"). Είναι ένα απτικοακουστικό σύστημα που αναπτύχθηκε με ηλεκτρονικά μέσα, με σκοπό την εξοικείωση και εκμάθηση των χαρτών από άτομα με προβλήματα όρασης. Κάθε σημείο έχει το δικό του ηχητικό σήμα, το οποίο διαμορφώνεται ανάλογα με την κατεύθυνση και την απόσταση του από το εκάστοτε κέντρο παρατήρησης του χρήστη. Δημιουργείται έτσι, ένα εικονικό περιβάλλον, που ουσιαστικά προσομοιάζει τον πραγματικό κόσμο, και καθοδηγεί τον χρήστη με χαμηλή όραση, με τον ίδιο τρόπο που καθοδηγείται από τα ακουστικά ερεθίσματα και στην καθημερινότητα του. Για παράδειγμα, μια πόλη ανατολικά του σημείου εστίασης ακούγεται ως ένα ασθενές, αλλά σταθερό ρεύμα κυκλοφορίας που προέρχεται από τα δεξιά του χρήστη (Parente και Bishop, 2003).

Οι Brock et al. (2012) αξιολόγησαν αρχικά έναν διαδραστικό χάρτη και συμπέραναν τη μεγάλη ικανοποίηση που προσέφερε στους χρήστες του, η οποία χαρακτηρίζεται ως συστατικό της ευχρηστίας του χάρτη, χωρίς όμως να έχουν πιο απτές αποδείξεις για την επιδραστικότητα του. Στη συνέχεια οι Brock και Jouffrais (2015) σύγκριναν έναν απτικό (με ετικέτες Braille) με έναν απτικοακουστικό χάρτη (στον οποίο η γραφή Braille αντικαταστάθηκε από ηχητική πληροφορία. Όσον αφορά τη χωρική γνώση, δεν υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των δύο χαρτών, όμως η πλειοψηφία των υποκειμένων της έρευνας προτιμούσαν τον διαδραστικό χάρτη. Έτσι, οι Brock και Jouffrais (2015) κατέληξαν πως ο απτικοακουστικός χάρτης ήταν πιο εύχρηστος σε σύγκριση με τον απτικό χάρτη με τις Braille επιγραφές.

Άλλη σχετική έρευνα, για τους απτικοακουστικούς χάρτες, είναι αυτή των Delogu et al. (2010), όπου τα υποκείμενα κατάφεραν με μεγάλη επιτυχία να αντιστοιχίσουν τον ήχο με τον απτικό χάρτη που περιείχε απτικά τα ίδια μοτίβα με αυτά που άκουγαν. Η παραπάνω, καθώς και μία σειρά ερευνών, έδειξαν πως οι απτικοακουστικοί χάρτες είναι αποτελεσματικοί στην ανάπτυξη χωρικής σκέψης (Delogu et al., 2010).

Παρόλα αυτά, τα απτικά και ακουστικά ερεθίσματα που παρέχουν, απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία από τον χρήστη, σε σύγκριση με τους απτικούς χάρτες. Έτσι, απαιτούν αυξημένο χρόνο μέχρι ο χρήστης να διαβάσει και να κατανοήσει την πληροφορία (ειδικά συγκρινόμενος με τους κλασσικούς χάρτες που η οπτική σάρωση τους διαρκεί ελάχιστα), αλλά και μεγαλύτερες απαιτήσεις μνήμης, για την αποθήκευση του όγκου πληροφορίας που διαθέτουν. Γίνεται επομένως σαφές, ότι πρέπει να είναι πολύ προσεκτική και στοχευμένη η χρήση τους, αφού όχι μόνο συνεχίζουν να φέρουν τα μειονεκτήματα των απτικών χαρτών, αλλά συχνά εμφανίζουν ακόμα περισσότερες αδυναμίες (Delogu et al., 2010).

Εκτός από την αφή και τον ήχο, οι Brulé et al. (2018) χρησιμοποίησαν επιπλέον την όσφρηση και τη γεύση, για ενίσχυση της χωρικής σκέψης σε παιδιά δημοτικού με προβλήματα όρασης. Έτσι, δημιούργησαν διαδραστικούς, απτικοακουστικούς χάρτες, κάποια από τα απτικά στοιχεία των οποίων περιείχαν επίσης γευστικό ή οσμητικό ερέθισμα. Ο διαδραστικός χάρτης προτείνει μία εναλλακτική αντίληψη του χώρου, διαφορετική από την οπτική αναγνώριση που κυριαρχεί, αποτελεί σημείο αναφοράς και ο συνδυασμός των ερεθισμάτων πυροδοτεί σειρά συζητήσεων των μαθητών με τους εκπαιδευτικούς. Η αίσθηση της γεύσης και της όσφρησης συμβάλλει στην απόκτηση γεωγραφικών γνώσεων μέσω μίας πιο «προσωπικής» εμπειρίας του χρήστη, αφού συνδέονται με τις μνήμες και τα βιώματα των χρηστών (Brulé et al., 2018).

2. Απτικοακουστικός Χάρτης της περιοχής του Θησείου με Στερεοαντιγραφική Μέθοδο

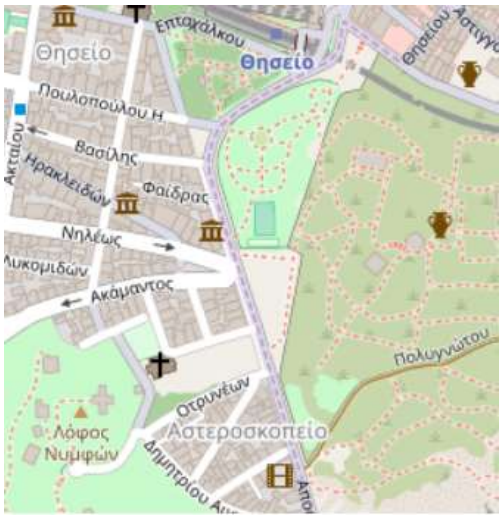
Στόχος της εφαρμογής που περιγράφεται στο κεφάλαιο, ήταν να διερευνηθεί η δυνατότητα σύνδεσης αφής και ακοής, ώστε να προκύψει ένας πολυαισθητηριακός χάρτης. Η ανάγκη προέκυψε στα πλαίσια μιας γενικευμένης προσπάθειας που γίνεται από χαρτογράφους, να διευρυνθούν οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στους χάρτες για άτομα με προβλήματα όρασης, σε μία κατεύθυνση συνδυασμού των ανθρωπίνων αισθήσεων ώστε να προκύψει το βέλτιστο αποτέλεσμα.

2.1 Σχεδιασμός απτικοακουστικού χάρτη της περιοχής του Θησείου

Οι απτικοακουστικοί χάρτες είναι συνήθως χάρτες πλοήγησης, που συνοδεύονται από φωνητικές εντολές. Στην παρούσα περίπτωση, θέλοντας να μελετηθούν και άλλες επιλογές, το ζητούμενο αποτέλεσμα, ήταν να γίνει είναι ένας χάρτης προσανατολισμού που θα εκτυπωνόταν σε μικροκαψουλικό χαρτί χρησιμοποιώντας τη στερεοαντιγραφική μέθοδο. Όσον αφορά τα ηχητικά σύμβολα, που συνήθως συναντώνται σε απτικοακουστικούς χάρτες, είναι λεκτικές περιγραφές, και αφηρημένοι ήχοι. Θέλοντας να διερευνηθεί μία ακόμα προοπτική, επιλέχθηκε να γίνει η χρήση φυσικών ήχων, οι οποίοι όμως ακολουθούνταν από λεκτικές περιγραφές, σε περίπτωση που δεν ήταν σαφής για κάποιον χρήστη η ερμηνεία του φυσικού ήχου. Οι φυσικοί ήχοι, που επιλέχθηκαν είχαν τη μορφή εικονιδίων ακοής ("earcons"), πρόκειται για μιμητικούς ήχους, που συνδέονται με βιωματικούς ήχους των χρηστών, όπως π.χ. ο ήχος του συρμού, που συμβολίζουν τις γραμμές του τρένου (Gaver, 1986).

2.1.1 Περιοχή χαρτογράφησης

Πρώτο βήμα ήταν η επιλογή της περιοχής χαρτογράφησης. Πρόκειται για τον πεζόδρομο Αποστόλου Παύλου (από το ύψος του Αστεροσκοπείου και του σινεμά "Θησείον" έως το σταθμό του ηλεκτρικού) στην περιοχή του Θησείου (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Περιοχή χάρτη

2.1.2 Χαρτογραφική πληροφορία

Στη συνέχεια επιλέχθηκαν η χαρτογραφική πληροφορία και τα σημεία ενδιαφέροντος που θα υπήρχαν στο χάρτη.

Όσον αφορά το υπόβαθρο, για λόγους γενίκευσης, αρχικά, αφαιρέθηκαν τα κτίρια, αφού ήταν μεγάλος όγκος πληροφορίας που δεν εξυπηρετούσε τους σκοπούς του χάρτη, που ήταν η γενική εκμάθηση της περιοχής ενδιαφέροντος και ο προσανατολισμός σε αυτήν. Αποφασίστηκε να διατηρηθούν οι δρόμοι και τα μονοπάτια της περιοχής, αφού όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1.3.1 Κατηγοριοποίηση απτικών χαρτών, οι χάρτες προσανατολισμού μπορούν να έχουν και πρακτικό χαρακτήρα ώστε να καθοδηγούν την κίνηση του χρήστη στο χώρο.

Εικόνα 29: Υπόβαθρο με (αριστερά) και χωρίς (δεξιά) κτίρια

Αρχικά, τα σημεία και οι περιοχές ενδιαφέροντος που επιλέχθηκαν να συμπεριληφθούν στο χάρτη και να υπάρχουν και ως ακουστικά ερεθίσματα στον απτικοακουστικό χάρτη είναι τα εξής:

- **Αρχαία αγορά** (ως σημειακή οντότητα)
- **Αστεροσκοπείο** (ως σημειακή οντότητα)
- **Γήπεδο** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Γραμμές του τρένου** (ως γραμμική οντότητα)
- **Εκκλησία Αγίας Μαρίνας** (ως σημειακή οντότητα)
- **Κινηματογράφος "Θησείον"** (ως σημειακή οντότητα)
- **Λόφος των Νυμφών** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Ναός του Ηφαίστου** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Παιδική χαρά** (ως σημειακή οντότητα)
- **Πάρκο** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Περιοχή με καφέ, μπαρ, μεζεδοπωλεία** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Σταθμός ΗΣΑΠ Θησείου** (ως επιφανειακή οντότητα)
- **Υπαίθρια αγορά** (ως γραμμική οντότητα)

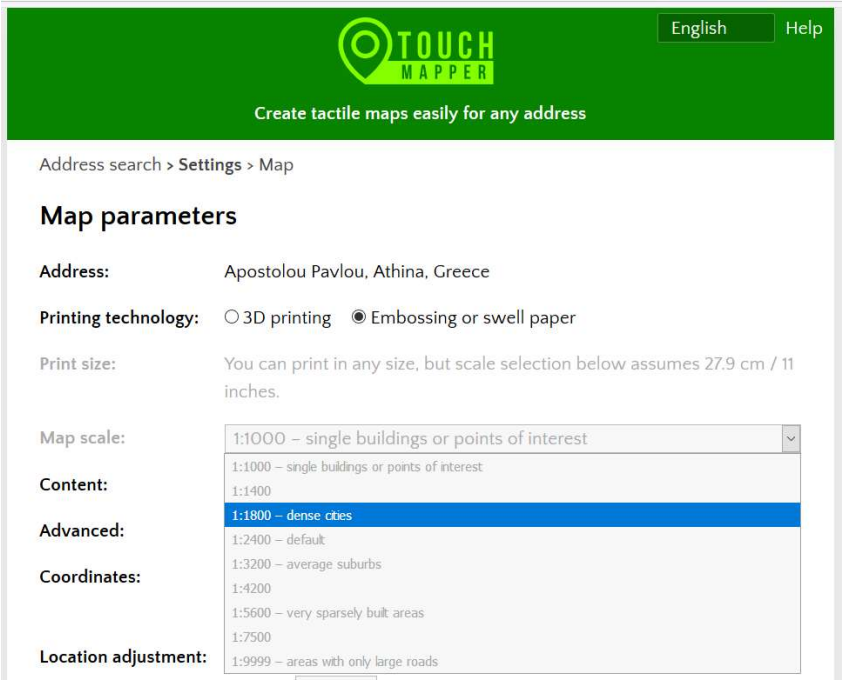
Κατά την κατασκευή του, σε αυτά προστέθηκαν τα ακόλουθα δύο στον απτικό χάρτη, για λόγους ευκολίας κατά την κίνηση του χρήστη, τα οποία όμως δεν συνοδεύονταν από ηχητικά αρχεία:

- **Πεζόδρομος Αποστόλου Παύλου- κύριο μονοπάτι** (ως γραμμική οντότητα)
- **Πλατεία** (ως επιφανειακή οντότητα)

2.1.3 Κλίμακα χάρτη και επιλογή χαρτιού

Οι χάρτες προσανατολισμού κυμαίνονται σε ένα μεγάλο εύρος κλίμακας 1:1500 έως 1:10.000. Επειδή σκοπός του χάρτη ήταν μία λεπτομερή καταγραφή της περιοχής, που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και από κάποιον που σκοπεύει να κινηθεί σε αυτήν, επιλέχθηκε να έχει μεγάλη κλίμακα, ώστε να διατηρηθεί όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία. Με τη βοήθεια και των προτεινόμενων επιλογών της σελίδας touch-mapper.org, η οποία προσφέρει τη δωρεάν λήψη χαρτών σε μορφή άμεσα εκτυπώσιμη σε μικροκαψουλικό χαρτί ή 3D εκτυπωτή, επιλέχθηκε η κλίμακα 1:1800.

Η κλίμακα, σε συνδυασμό με την περιοχή χαρτογράφησης, καθόρισε και την επιλογή του μεγέθους του μικροκαψουλικού χαρτιού, που είναι το μέγεθος Α3 (ώστε να υπάρχει χώρος και για το υπόμνημα του χάρτη).



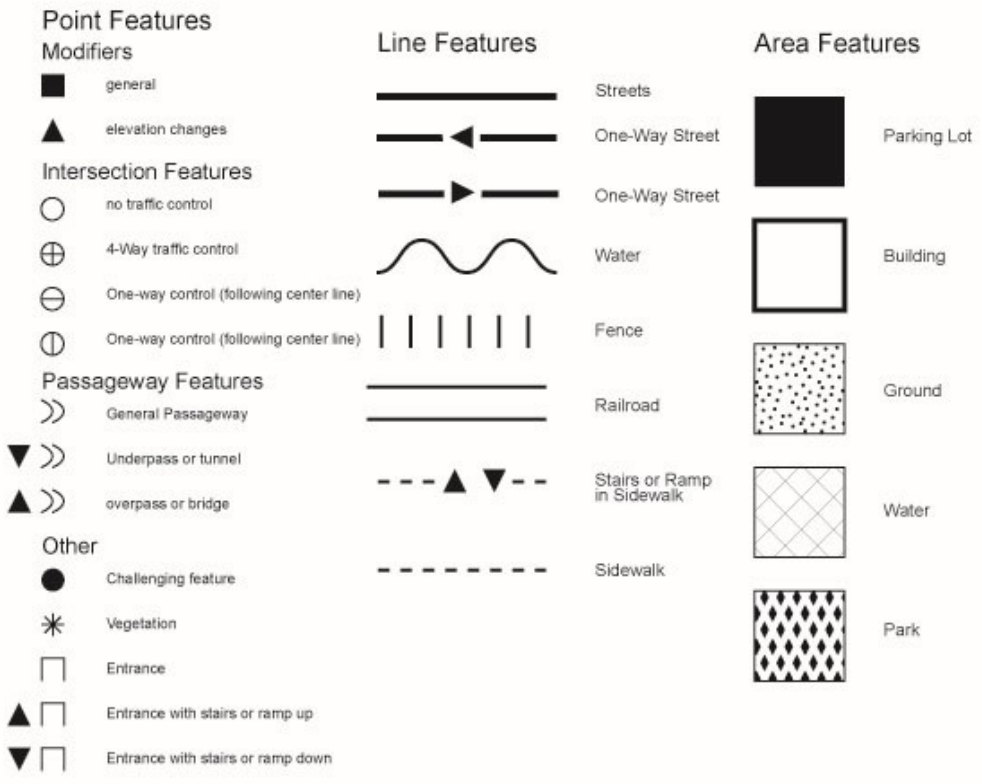
Εικόνα 30: Επιλογή κλίμακας εξαγόμενου απτικού χάρτη

2.1.4 Επιλογή συμβόλων

Ανάμεσα στους κανόνες σχεδιασμού των απτικών χαρτών, που προτείνει η Kwok (2005), είναι ότι τα απτικά γραφικά πρέπει να είναι αναγνωρίσιμα ανεξάρτητα από τη βοήθεια των ακουστικών στοιχείων. Έτσι, ακόμα και όταν πρόκειται για έναν απτικοακουστικό χάρτη, τα

απτικά σύμβολα πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο που ο απτικός χάρτης να μπορεί να είναι κατανοητός ακόμα και όταν απομονωθεί από το ακουστικό τμήμα του.

Σε αυτή την κατεύθυνση, και με τη λογική, ότι τα ακουστικά στοιχεία θα λειτουργούν υποστηρικτικά στον απτικό χάρτη προσανατολισμού, καθώς και για λόγους χαρτογραφικού πλεονασμού (cartographic redundancy), αφού πολύ συχνά, ειδικά σε χρήστες μικρής ηλικίας, είναι αναγκαία η βοήθεια κάποιου βλέποντα κατά την ανάγνωση του χάρτη) έγινε η επιλογή των συμβόλων.
Επιλέχθηκαν έτσι σύμβολα που συναντώνται και σε χάρτες για βλέποντες, όπως π.χ. εικονογραφικά σύμβολα για τις σημειακές οντότητες, που έχουν διττό ρόλο: αφενός να διαβάζονται εύκολα από τους βλέποντες και αφετέρου να είναι μοναδικά και να συνδέονται με κάποια απλή απτική εικόνα που ο χρήστης ήδη γνωρίζει, καθιστώντας τα αναγνωρίσιμα ανεξάρτητα από την ακουστική πληροφορία.
Με εξαίρεση τα σημειακά σύμβολα, που επιλέχθηκαν όπως περιγράφεται παραπάνω, τα γραμμικά και τα επιφανειακά σύμβολα επιλέχθηκαν σύμφωνα με τις βιβλιοθήκες συμβόλων των ερευνητικών προγραμμάτων "Καθορισμός συμβόλων που χρησιμοπούνται σε Απτικο-Ακουστικούς (ΑΑ) χάρτες για Άτομα με τύφλωση" (ATMAPS), με επικεφαλής εταίρο το Πανεπιστήμιο Μακεδονίας και το πρόγραμμα "Tactile Map Editor" (TaME) του πανεπιστημίου του Όρεγκον (University of Oregon). Το ATMAPS, έχει ως στόχο τον καθορισμό συμβόλων που χρησιμοποιούνται σε απτικοακουστικούς χάρτες ενώ το TaME, την ανάπτυξη λογισμικού για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας σχεδιασμού απτικών χαρτών.



Εικόνα 31: Απτικά σύμβολα TaME
Πηγή: Blogs.uoregon.edu (n.d.)

2.1.5 Σύνθεση χάρτη

Για τη δημιουργία του χάρτη, πρώτο βήμα ήταν η εύρεση του υποβάθρου. Από την ιστοσελίδα touch-mapper.org ορίστηκε η περιοχή ενδιαφέροντος πάνω σε χάρτες OpenStreetMap, και με τη δυνατότητα που δίνει η σελίδα, ο χάρτης μετατράπηκε αυτόματα σε χάρτη αφής, με την απαιτούμενη γενίκευση, ανάλογα και με την επιθυμητή κλίμακα που όρισε ο χρήστης. Επίσης, δίνεται η επιλογή της εμφάνισης ή όχι των κτιρίων της περιοχής (στην περίπτωση μας αφαιρέθηκαν τα κτίρια).

Εικόνα 32: Υπόβαθρο περιοχής που προέκυψε από το touch-mapper.org

Στη συνέχεια, λήφθηκε το υπόβαθρο, που παρήγαγε το touch-mapper, σε μορφή διανυσματικής εικόνας (αρχείο svg), ώστε να μπορεί να γίνει η επεξεργασία της και να προκύψει ο τελικός χάρτης. Έτσι, άλλαξαν όσα γραμμικά σύμβολα χρειαζόταν, έγιναν τα απαραίτητα "γεμίσματα" στις επιφάνειες και προστέθηκαν τα σημειακά εικονογραφικά σύμβολα. Σημειώνεται εδώ, ότι κατά τη επιλογή και επεξεργασία των εικονογραφικών συμβόλων, αλλά και κατά την επιλογή και χρήση των γραμμικών και επιφανειακών συμβόλων, έγινε έλεγχος, ώστε να τηρούνται οι προδιαγραφές της BANA (Braille Authority of North America) για την κατασκευή απτικών γραφικών, σύμφωνα με τα πρότυπα που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 1.3.2 Προδιαγραφές κατασκευής απτικών χαρτών .

Προέκυψε έτσι ο ακόλουθος χάρτης:

Εικόνα 33: Πρώτη εκδοχή του χάρτη

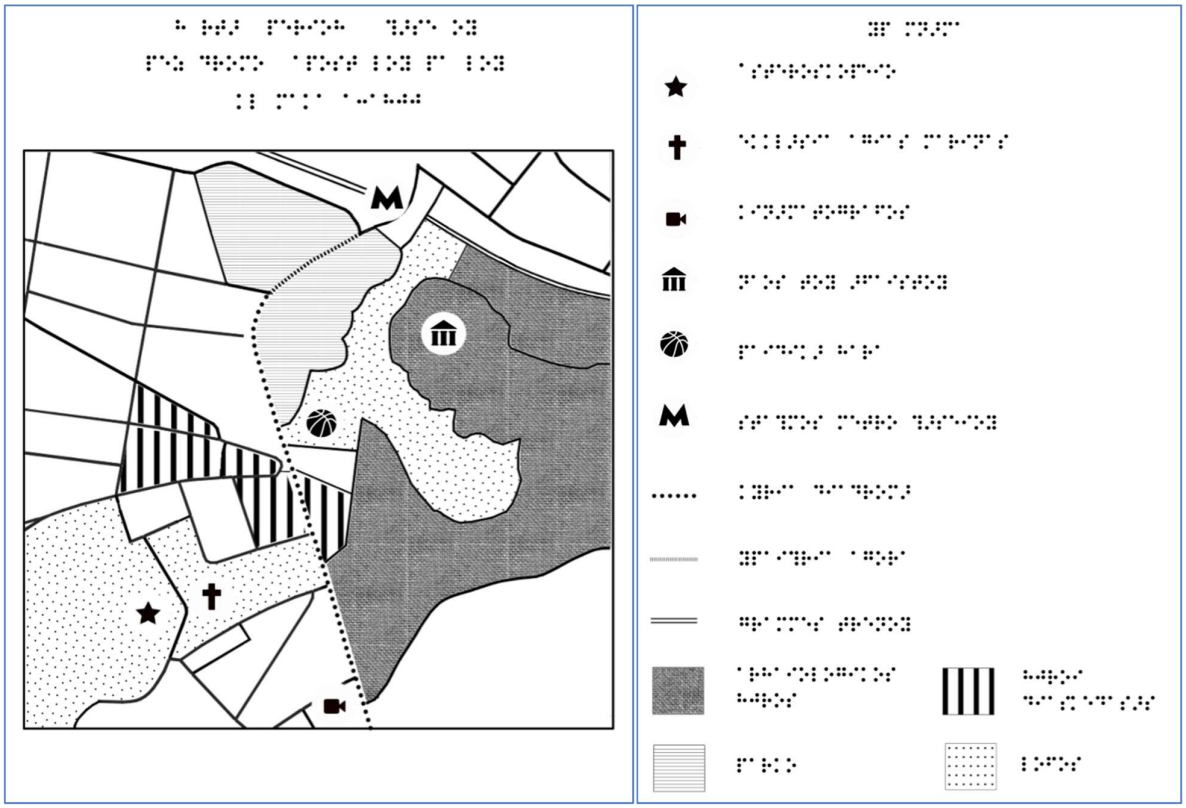
Μετά τη σύνδεση του χάρτη με τα ηχητικά ερεθίσματα και τη χρήση του από εκπαιδευτικούς με προβλήματα όρασης, προέκυψαν ορισμένες αλλαγές, όπως η αφαίρεση των πλαισίων στα σημειακά σύμβολα, η μετατροπή του σταθμού ΗΣΑΠ, του γηπέδου και του ναού του Ηφαίστου από επιφανειακά σε σημειακά σύμβολα και η αλλαγή της υφής ορισμένων επιφανειακών στοιχείων, ώστε να είναι ευκολότερος ο διαχωρισμός τους από τα υπόλοιπα.

Ακολουθεί ο χάρτης που προέκυψε τελικά:

Εικόνα 34: Αναθεωρημένος απτικός χάρτης

2.1.6 Τίτλος- Υπόμνημα

Τελευταίο βήμα του σχεδιασμού, ήταν η εισαγωγή τίτλου και η σύνταξη του υπομνήματος., Αρχικά υπήρχε η σκέψη, οι ετικέτες να γραφτούν σε συμβατική γραφή και σε Braille ώστε να μπορούν τόσο άτομα με προβλήματα όρασης που δεν γνωρίζουν Braille, καθώς και βλέποντες που ίσως βοηθούν τους χρήστες του χάρτη να διαβάσουν το υπόμνημα και να χρησιμοποιήσουν το τελικό προϊόν. Λόγω όμως της ιδιαιτερότητας του μικροκαψουλικού χαρτιού, που διογκώνει τα σημεία με μελάνι, προκειμένου να μην γίνει ανάγλυφη και η συμβατική γραμματοσειρά μαζί με τις ετικέτες Braille, επιλέχθηκε τελικά κατά το σχεδιασμό να γραφεί το υπόμνημα μόνο σε Braille, αφήνοντας την επιλογή στους χρήστες να τυπώσουν εκ των υστέρων τη συμβατική γραφή.



Εικόνα 35:Τελικός χάρτης με υπόμνημα

2.1.7 Ηχητικά σύμβολα χάρτη

Μιας και σκοπός ήταν η δημιουργία ενός απτικοακουστικού χάρτη, αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή του χάρτη αφής, ακολούθησε η επιλογή των ηχητικών ετικετών που θα προστίθενται στο χάρτη. Οι ήχοι που επιλέχθηκαν για τα σημεία/περιοχές ενδιαφέροντος, που θα συνοδεύονταν από ηχητική πληροφορία (όπως αυτές παρουσιάστηκαν στην ενότητα 2.1.2 Χαρτογραφική πληροφορία), ήταν φυσικοί ήχοι, που αντλήθηκαν από ηχητικές βιβλιοθήκες του διαδικτύου, οι οποίοι συνοδεύονταν από τη λεκτική περιγραφή του αντικειμένου. Παρά τη μικρή διάρκεια των ήχων (που κυμαίνεται μαζί με την περιγραφή στα 5 έως 8 sec, με εξαίρεση το σταθμό ΗΣΑΠ Θησείου, που είναι 12 sec), σε κάποιες περιπτώσεις (π.χ. κινηματογράφος) συνδυάστηκαν δύο ήχοι, ώστε να είναι πιθανότερο να γίνει αντιληπτό το στοιχείο από το χρήστη, πριν ακούσει την περιγραφή του. Η επεξεργασία των ήχων και η ηχογράφηση των περιγραφών έγινε στο πρόγραμμα Cubase, όπως και τα τελικά αρχεία mp3 που προέκυψαν.

2.2 Υλοποίηση απτικοακουστικού χάρτη

Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του χάρτη, σειρά είχε η κατασκευή και υλοποίηση του. Όπως και ο σχεδιασμός, η υλοποίηση έγινε τμηματικά. Αρχικά, εκτυπώθηκε με τη στερεοαντιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί, ο απτικός χάρτης, και στη συνέχεια

έγινε η προσθήκη του ήχου, αφού εξετάστηκαν οι επιλογές που υπήρχαν για τη σύνδεση του ήχου με τον απτικό χάρτη.

2.2.1 Εκτύπωση απτικού χάρτη

Αφού ολοκληρώθηκε η σχεδίαση του χάρτη και προέκυψε η τελική ψηφιακή μορφή του, εκτυπώθηκε σε μικροκαψουλικό χαρτί. Στη συνέχεια, το χαρτί περάστηκε στο στερεοαντιγραφικό μηχάνημα, ώστε να προκύψει η ανάγλυφη υφή του. Το χαρτί χρειάστηκε τελικά να περαστεί ακόμα δύο φορές, σύνολο τρεις, ώστε να προκύψει το επιθυμητό πάχος, ώστε να είναι αντιληπτά με την αφή όλα τα στοιχεία του χάρτη.

2.2.2 Προσθήκη ήχου

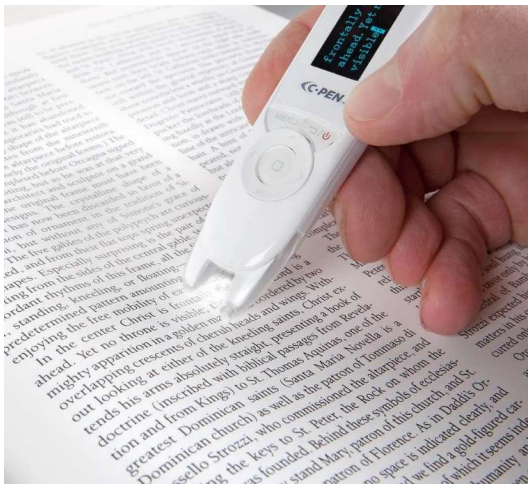
Για να προστεθούν τα ηχητικά σύμβολα στον απτικό χάρτη, εξετάστηκαν ορισμένες τεχνικές, προκειμένου να βρεθεί η καταλληλότερη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Παρά την πληθώρα των συσκευών ήχου που κυκλοφορούν, λίγες είναι αυτές που μέχρι στιγμής έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν στους πολυαισθητηριακούς χάρτες. Έχοντας ως γνώμονα τη φορητότητα του χάρτη, έγινε αρχικά η σκέψη, να κολληθούν σειριακοί κωδικοί (“barcodes”) στα σημεία του χάρτη που έπρεπε να συνδεθούν με ήχο, και να διαβάζονται από το ειδικό στυλό- αναγνώστη. Η λύση αυτή, παρότι θεωρητικά φαινόταν να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του χάρτη, αφού μεταφέρεται εύκολα (ένας χάρτης και ένα στυλό) και στο ειδικό στυλό μπορούσαν να ηχογραφηθούν ή να περαστούν οι επιθυμητοί ήχοι, τελικά παρουσίαζε αρκετά μειονεκτήματα. Βασικότερο μειονέκτημα είναι η σημειακή φύση των ετικετών ήχου. Έτσι, παρότι μπορούσαν να επικολληθούν στα σημειακά σύμβολα, δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα γραμμικά, και όσον αφορά τα επιφανειακά, τα μετέτρεπε αναγκαστικά σε σημειακά, αφού το προκαθορισμένο μέγεθος της ετικέτας δεν επιδεχόταν αλλαγές. Άλλο αρνητικό της μεθόδου, ήταν ότι για να εντοπίσει ο χρήστης την ετικέτα που πρέπει να σαρώσει για να ακούσει το αντίστοιχο ηχητικό σύμβολο, έπρεπε αυτή να διαθέτει απτικά στοιχεία. Έτσι, η επικόλληση του κωδικού πάνω στο χάρτη, επικάλυπτε τα υπάρχοντα απτικά σύμβολα, υποβιβάζοντας την απτική χρήση του.

Εικόνα 36: Στυλό ανάγνωσης ετικέτας
Πηγή: Maxiaids.com (2019)

Σημειώνεται, πως είναι σε ερευνητικό στάδιο η δημιουργία ενός "στυλό που μιλάει" ("talking pen"), που μπορεί να διαβάσει ακόμα και πολύ μικρά barcodes, το οποίο πιθανώς θα δώσει λύση σε κάποια από τα παραπάνω προβλήματα που υπάρχουν ως σήμερα.

Επόμενη λύση, ήταν το στυλό ανάγνωσης κειμένου. Πρόκειται για εξειδικευμένο στυλό, με ενσωματωμένο ηχείο, το οποίο εξάγει ως λεκτική περιγραφή τη λέξη πάνω στην οποία σύρεται. Η χρήση του καθιστά πολύ εύκολη τη σύνδεση του χάρτη με ήχο, υπάρχει όμως ο περιορισμός στο είδος του ηχητικού συμβόλου, που μπορούν να είναι αποκλειστικά περιγραφικά. Αποκλείεται έτσι η χρήση φυσικών ήχων, που είναι και το ζητούμενο στην παρούσα εφαρμογή.



Εικόνα 37: Στυλό ανάγνωσης κειμένου
Πηγή: C-Pen Reader (2019)

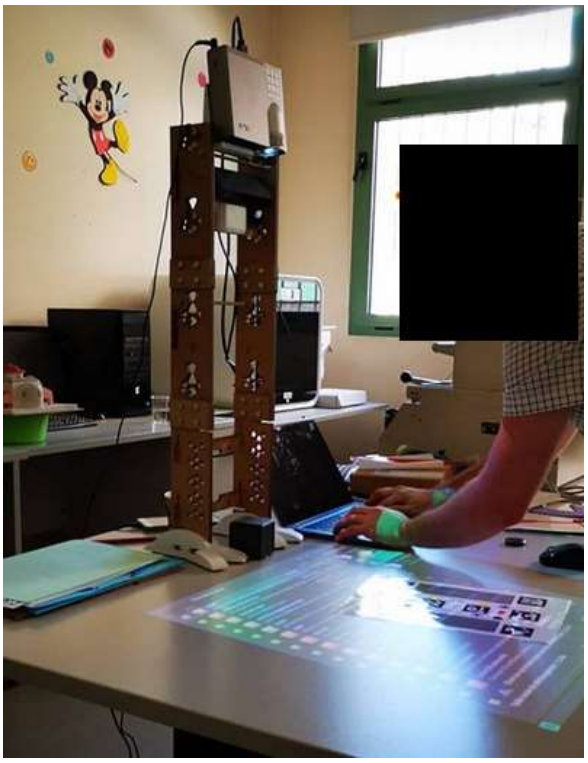
Άλλη λύση που εξετάστηκε, ήταν η χρήση κουμπιών εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου (“Talking-Point Recordable Buttons”), με ενσωματωμένο ηχείο, στα οποία μπορούν να αποθηκευτούν οι αντίστοιχοι ήχοι. Πρόκειται για μία πολύ εύχρηστη τεχνική, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και από παιδιά, αφού δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη εξοικείωση για τη χρήση του, όπως π.χ. χρειαζόταν η λύση της ανάγνωσης κωδικών με το εξειδικευμένο στυλό. Παρόλα αυτά, συνεχίζει να υπάρχει τα πρόβλημα με τα γραμμικά κυρίως σύμβολα, και πρόκειται για μία διάταξη που δεν μπορεί εύκολα να μεταφερθεί.

Εικόνα 38: Κουμπιά εγγραφής και αναπαραγωγής ήχου (“Talking-Point Recordable Buttons”)
Πηγή: Tts-international.com (n.d.)

Τελικά, η προσθήκη ήχου έγινε με ένα εργαλείο που έχει αναπτύξει το ερευνητικό ινστιτούτο INRIA. Παρότι η λύση που επιλέχθηκε δεν πληροί το κριτήριο της φορητότητας του χάρτη, υπερτερεί των υπολοίπων στη συγκεκριμένη εφαρμογή, διότι ανταποκρίνεται εξίσου καλά στα σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά σύμβολα, χωρίς να χάνεται πληροφορία. Ακολουθεί επεξήγηση της λειτουργίας του και της διαδικασίας που ακολουθήθηκε:

Αρχικά συνδέθηκαν τα mp3 αρχεία (ήχοι) με τα αντίστοιχα svg (διανυσματικά αρχεία εικόνων). Αυτό έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Inkscape, όπου δίνεται η δυνατότητα αυτής της σύνδεσης, με την προσθήκη της αντίστοιχης εντολής γραμμένης σε προγραμματιστικό κώδικα. Μετά το πρώτο αυτό βήμα, ο χρήστης είναι δυνατόν να επιλέγει το στοιχείο που θέλει στον ψηφιακό χάρτη στο πρόγραμμα Inkscape, και εφόσον αυτό έχει συνδεθεί με κάποιο ηχητικό αρχείο, μπορεί πατώντας το με το ποντίκι, να ακούσει την ακουστική πληροφορία που το συνοδεύει.

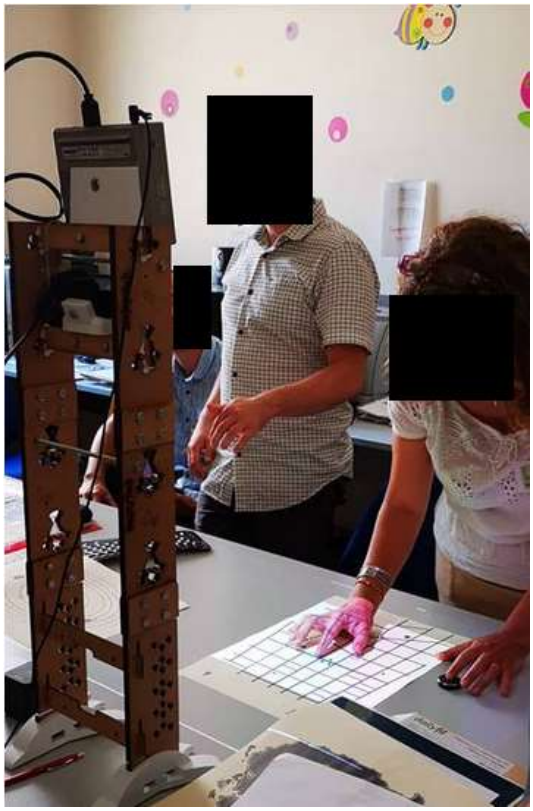
Το ζητούμενο όμως, παραμένει η σύνδεση του ήχου με τον αναλογικό χάρτη αφής. Αυτό γίνεται χάρη σε μία διάταξη που αποτελείται από έναν προτζέκτορα και μία συσκευή ανίχνευσης κίνησης δαχτύλων τοποθετημένα πάνω σε μία ξύλινη βάση.



Εικόνα 39: Η διάταξη του εργαλείου INRIA

Αφού σταθεροποιηθεί σε μία θέση ο αναλογικός απτικός χάρτης, προβάλλεται πάνω του το ψηφιακό αρχείο. Σε περίπτωση που κάποιος δεν επιθυμεί να βλέπει την προβαλλόμενη εικόνα, μπορεί να την απενεργοποιήσει από τις ρυθμίσεις του υπολογιστή, μόνο όμως μετά την ολοκλήρωση της σωστής προβολής του ψηφιακού αρχείου πάνω στο αναλογικό. Αυτό συμβαίνει, γιατί ο ανιχνευτής κίνησης είναι με τρόπο τέτοιον τοποθετημένος, ώστε να συγχρονίζεται με το πεδίο προβολής του προτζέκτορα. Τέλος, για να αποδεσμευτεί πλήρως το σύστημα από τη χρήση του υπολογιστή, χρησιμοποιείται ένα κουμπί συνδεδεμένο με τον υπολογιστή μέσω Bluetooth, το οποίο παίζει το ρόλο του ποντικιού κατά την επιλογή του αντικειμένου.

Έτσι, ο χρήστης τελικά, ανιχνεύει δια της αφής πάνω στον αναλογικό χάρτη, την οντότητα για την οποία θέλει να ακούσει το ηχητικό ερέθισμα, στη συνέχεια σταθεροποιεί εκεί το δάχτυλο του και πατάει το κουμπί ώστε να ακούσει τελικά τον ήχο.



Εικόνα 40: Χρήση του εργαλείου INRIA

Ο ανιχνευτής κίνησης σε συνδυασμό με το κουμπί Bluetooth αντικαθιστούν το ποντίκι του υπολογιστή. Ο ανιχνευτής κίνησης ορίζει τη θέση του κέρσορα και το κουμπί λειτουργεί ως το κλικ, ώστε να ακούσει ο χρήστης τον ήχο mp3 που έχει συνδεθεί με την οντότητα svg μέσω του προγράμματος Inkscape.

3. Έρευνα σύγκρισης απτικών χαρτών

Στο κεφάλαιο αναλύεται αρχικά ο σχεδιασμός και η εκτύπωση απτικών χαρτών, που απεικονίζουν τα ίδια φαινόμενα, με τη μέθοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης και με τη στεροαντιγραφική μέθοδο σε μικροκαψουλικό χαρτί. Στη συνέχεια, οι χάρτες που προέκυψαν, αξιολογήθηκαν μέσω μίας έρευνας που διεξήχθη, στην οποία συμμετείχαν μαθητές με προβλήματα όρασης. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να απαντήσουν σε μία σειρά από χωρικές ερώτησεις, κσθώς και ερωτήσεις που αφορούσαν τη χρηστικότητα των χαρτών, προκειμένου να επιτευχθεί η σύγκριση των δύο τεχνικών εκτύπωσης που χρησιμοποιήθηκαν.

3.1 Υποκείμενα έρευνας

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 22 άτομα. Όλα τα υποκείμενα που συμμετείχαν, ήταν μαθητές με προβλήματα όρασης.

Από τους 22 συμμετέχοντες στην έρευνα, έγιναν αποδεκτοί για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων οι 20, οι οποίοι ολοκλήρωσαν το ερωτηματολόγιο. Από αυτούς οι 15 (f=75%) ήταν γυναίκες και οι 5 άνδρες (m=25%), εκ των οποίων 50% ήταν μερικώς βλέποντες και 50% είχαν ολική τύφλωση. Το ηλικιακό φάσμα τους ήταν 8.5-20 ετών και το επίπεδο εκπαίδευσης τους κυμαινόταν από 2^{α} Δημοτικού έως 3^{η} Λυκείου, με το 75% να κυμαίνεται μεταξύ 1^{ης} Γυμνασίου έως 3^{ης} Λυκείου.

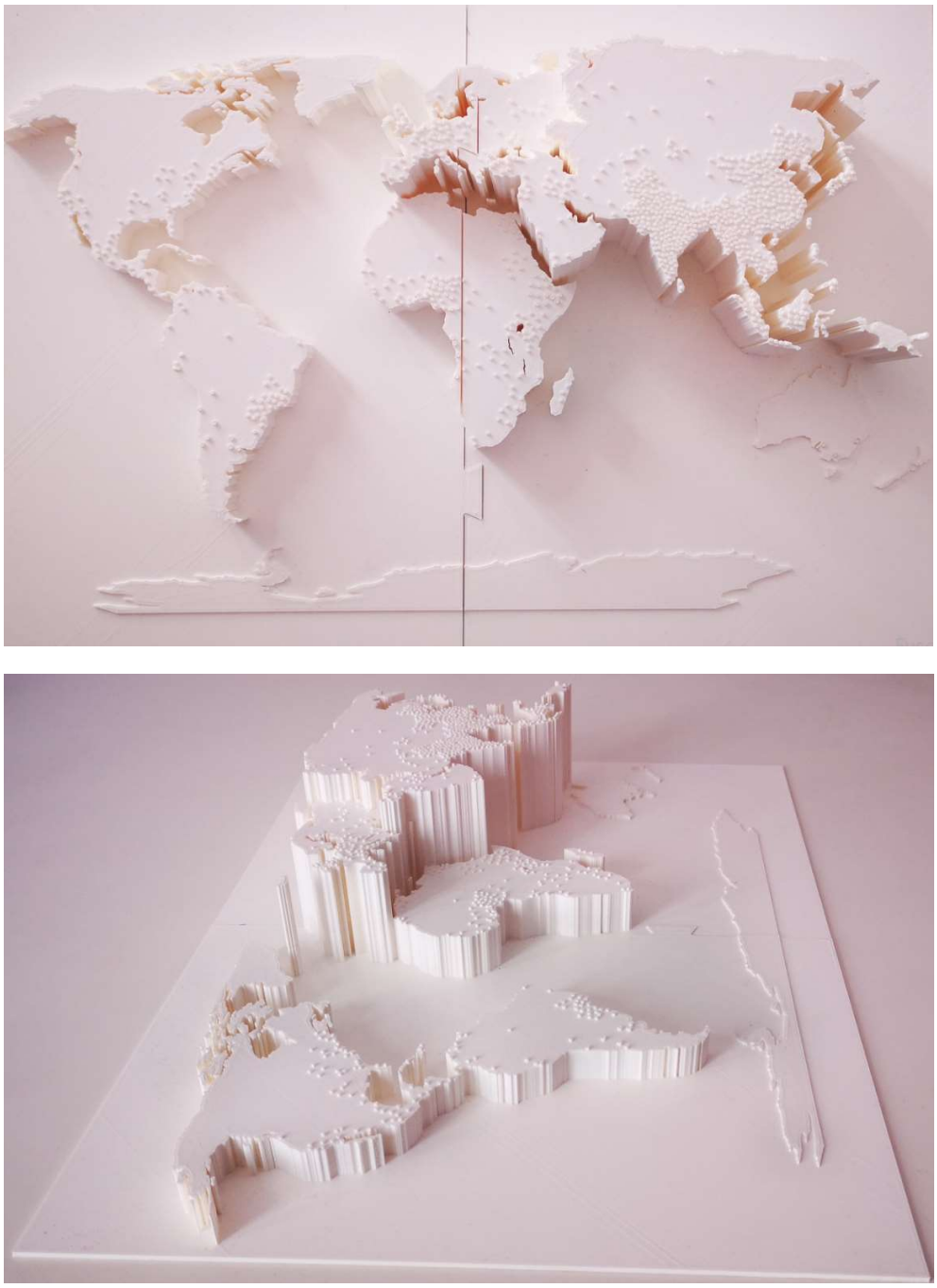
Το δείγμα χωρίστηκε σε 2 ισάριθμες ομάδες, την Α και τη Β. Η ομάδα Α αποτελούταν 70% γυναίκες και 30% άνδρες, ενώ η αναλογία στην ομάδα Β ήταν 80% γυναίκες και 20% άνδρες.

3.2 Υλικά και Μέθοδοι

Κατασκευάστηκαν συνολικά 3 χάρτες για την διεξαγωγή της έρευνας. Και οι 3 είχαν το ίδιο υπόβαθρο, τις 6 ηπείρους (Ανταρκτική, Ασία, Αφρική, Β. Αμερική, Ευρώπη, Ν. Αμερική, Ωκεανία) και την ίδια κλίμακα 1:70.000.000. Για την κατασκευή των χαρτών, χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία πληθυσμού ανά χώρα των Ηνωμένων Εθνών για το έτος 2017 καθώς και πληροφορία για κατανομή πληθυσμού εντός των ηπείρων.

3.2.1 3D Χάρτης

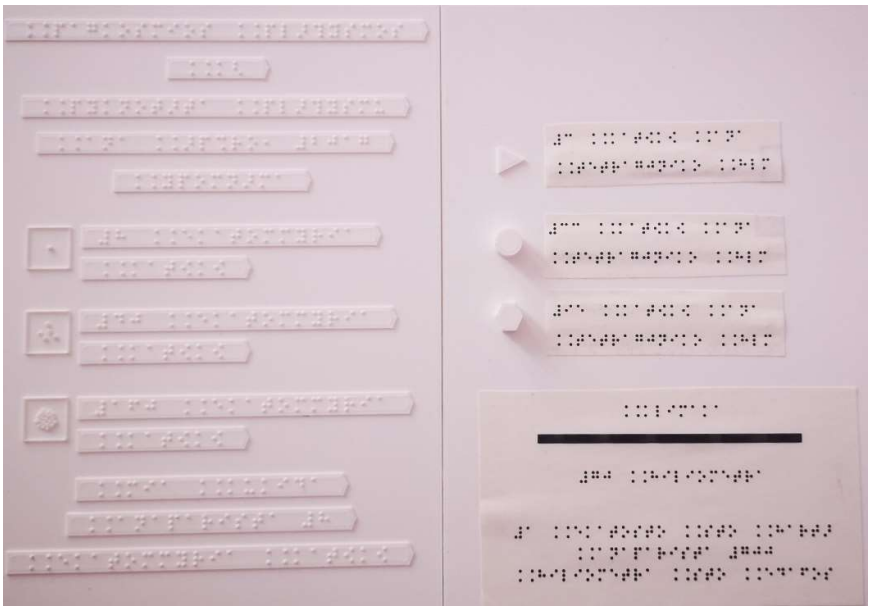
Ο πρώτος ήταν ένας παγκόσμιος χάρτης, μεγέθους A3 (297 x 420 mm), εκτυπωμένος σε 3D εκτυπωτή. Οι ήπειροι ήταν ενσωματωμένοι σε μία βάση 2 mm. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πλαστικό. Τα γεωγραφικά φαινόμενα που απεικόνιζε ήταν η πυκνότητα πληθυσμού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο και ο πληθυσμός ανά ήπειρο (απόλυτη τιμή και συγκέντρωση πληθυσμού). Κάθε ήπειρος είχε διαφορετικό ύψος, ανάλογα με την πυκνότητα πληθυσμού της, με ελάχιστο ύψος 1 mm (παρότι έχει μηδενική πυκνότητα πληθυσμού, δόθηκε η τιμή 1 mm στην Ανταρκτική, ώστε να είναι αντιληπτή απτικά- η τιμή είναι το ½ της τιμής της ηπείρου με τη μικρότερη, μη μηδενική πυκνότητα, δηλαδή την Ωκεανία, που έχει ύψος 2 mm) και μέγιστο 60 mm. Στην επιφάνεια των πρισμάτων προστέθηκαν κουκίδες, διαμέτρου 1,5 mm και ύψους 1 mm, οι οποίες αναπαρίσταναν την απόλυτη τιμή του πληθυσμού, αφού κάθε κουκίδα αντιστοιχούσε σε 8 εκατομμύρια κατοίκους. Έτσι, το τελικό μέγιστο ύψος του μοντέλου ανήλθε στα 61 mm χωρίς τη βάση και προσθέτοντας την στα 63 mm).



Εικόνα 41: 3D Χάρτης

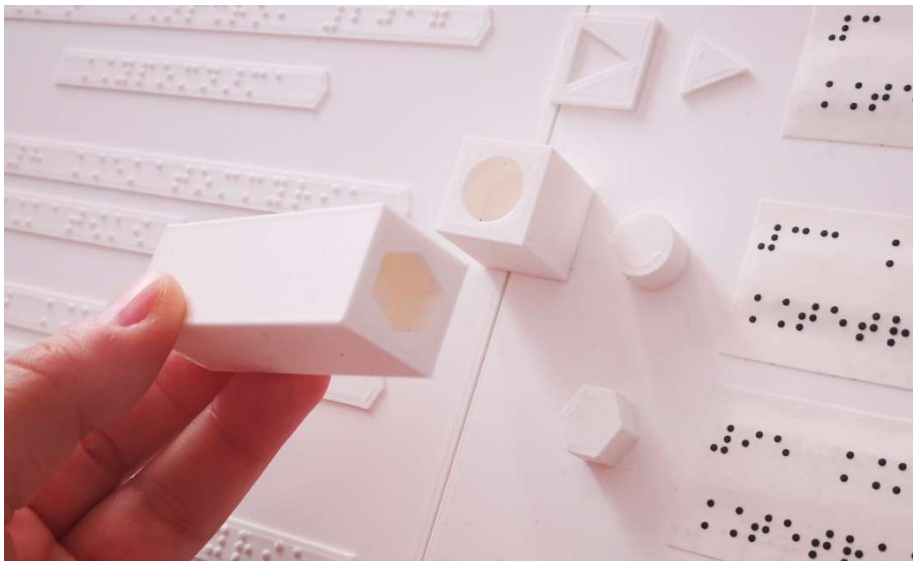
Τον τρισδιάστατο χάρτη συνόδευε το υπόμνημα. Πρόκειται για ξεχωριστό μοντέλο, το οποίο απαρτιζόταν από 2 σελίδες μεγέθους Α4 (210 x 297 mm). Το υπόμνημα προσαρμοζόταν επίσης πάνω σε μία βάση 2 mm, και ήταν γραμμένο σε κώδικα Braille, όπου οι κουκίδες του (με μορφή σφαίρας), είχαν διάμετρο 2 mm και ύψος 1 mm. Η γραφή Braille ήταν τοποθετημένη πάνω σε ετικέτες, ύψους 0,7 mm. Στην πρώτη σελίδα του υπομνήματος περιγράφονται τα γενικά στοιχεία του χάρτη και επεξηγείται η χρήση των κουκίδων στο

χάρτη (δηλαδή το γεωγραφικό φαινόμενο της απόλυτης τιμής πληθυσμού). Στην επόμενη σελίδα υπάρχει λεκτικά και γραφικά η κλίμακα του χάρτη και επεξηγείται το ύψος των πρισμάτων, που συνδέεται με την πυκνότητα πληθυσμού ανά ήπειρο.



Εικόνα 42: Υπόμνημα 3D Χάρτη

Θεωρώντας, ότι ο χρήστης πρέπει να μπορεί να συγκρίνει τα πρίσματα του υπομνήματος με τον χάρτη, ώστε να εξάγει συμπεράσματα, προέκυψε η ανάγκη τα πρίσματα του υπομνήματος να πρέπει να μπορούν να μετακινηθούν. Έτσι, κατασκευάστηκαν 3 μικρές βάσεις, ύψους 1,6 mm η πρώτη, λόγω του πολύ μικρού ύψους του πρώτου πρίσματος (2 mm) και 9 mm οι 2 επόμενες στις οποίες εφάρμοζαν τα πρίσματα, για τα τρία πρίσματα του υπομνήματος που αντιπροσώπευαν την ελάχιστη, τη μεσαία και τη μέγιστη τιμή της πυκνότητας. Οι βάσεις αυτές είχαν διαφορετικό σχήμα, ώστε να μπορεί ο χρήστης να επανατοποθετεί εύκολα τα πρίσματα στη σωστή θέση, μετά τη χρήση τους.



Εικόνα 43: Λεπτομέρεια υπομνήματος

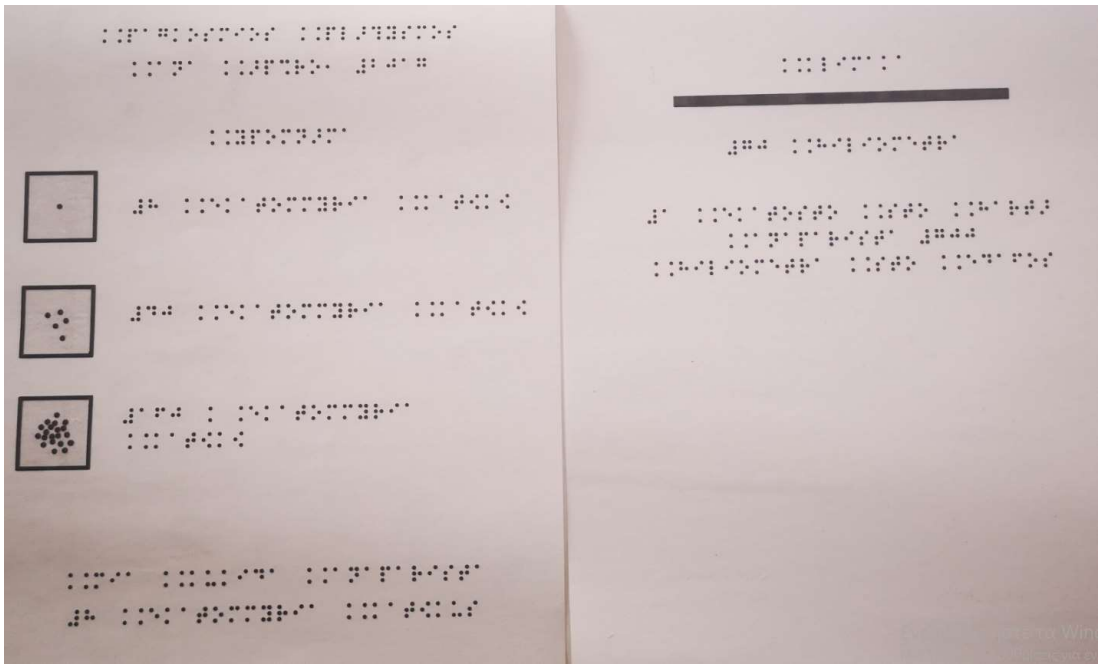
3.2.2 Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί

Όπως αναλύθηκε και στην ενότητα 1.3.3 Τεχνικές κατασκευής απτικών χαρτών, το μικροκαψουλικό χαρτί, ναι μεν έχει ύψος, και προσθέτει έτσι τρίτη διάσταση στον χάρτη, όμως δεν επιδέχεται διακύμανση στο ύψους του, οπότε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ουσιαστικά η διάσταση αυτή ως μεταβλητή για την απόδοση φαινομένων. Με αυτή την έννοια η εκτύπωση σε μικροκαψουλικό χαρτί πρόκειται για μία 2,5D εκτύπωση.

Προκειμένου να αποδοθούν λοιπόν, τα γεωγραφικά φαινόμενα του τρισδιάστατου χάρτη που εκτυπώθηκε σε 3D εκτυπωτή, σε ένα 2,5D χάρτη, εκτυπωμένο σε μικροκαψουλικό χαρτί, χρειάστηκε να γίνουν 2 ξεχωριστοί χάρτες, ένας για την απόδοση κάθε φαινομένου.

Ο πρώτος χάρτης παρουσίαζε την απόλυτη τιμή του πληθυσμού με κουκίδες, διαμέτρου 1,5 mm, ακριβώς όπως και στον 3D χάρτη. Ο χάρτης συνοδευόταν από το αντίστοιχο υπόμνημα, στο οποίο εμφανιζόταν ο τίτλος, η κλίμακα (λεκτικά και γραφικά) του χάρτη, η περιγραφική επεξήγηση της σημασίας των κουκίδων και 3 περιπτώσεις πυκνότητας κουκίδων.

Εικόνα 44: Χάρτης 1 (χάρτης κουκίδων/ κατανομής πληθυσμού), εκτυπωμένος σε μικροκαψουλικό χαρτί



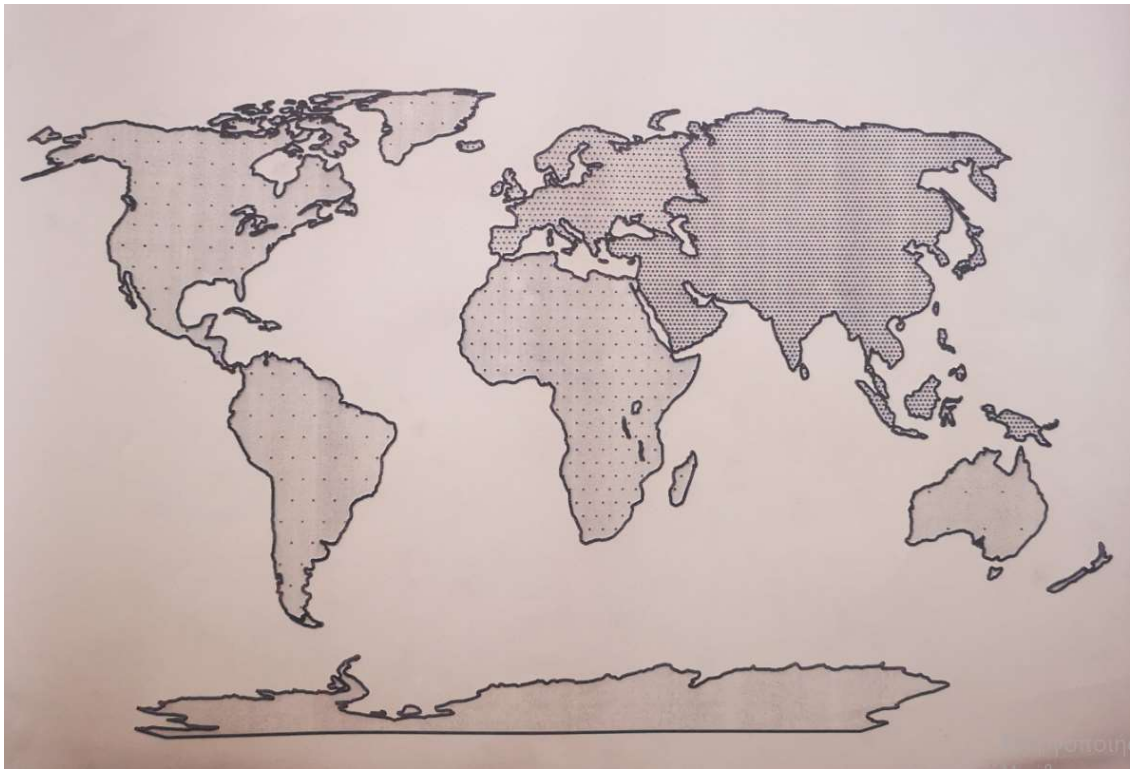
Εικόνα 45: Υπόμνημα Χάρτη 1

Ο δεύτερος χάρτης απεικόνιζε την πυκνότητα πληθυσμού των ηπείρων. Ως σύμβολο χρησιμοποιήθηκαν κανονικά διατεταγμένες σε πλέγμα κουκίδες και η οπτική μεταβλητή που χρησιμοποιήθηκε ήταν η υφή. Η πυκνότητα πληθυσμού είναι ένα συνεχές φαινόμενο, και ανάλογα με την τιμή κάθε ηπείρου επηρεαζόταν αντιστρόφως ανάλογα η απόσταση μεταξύ

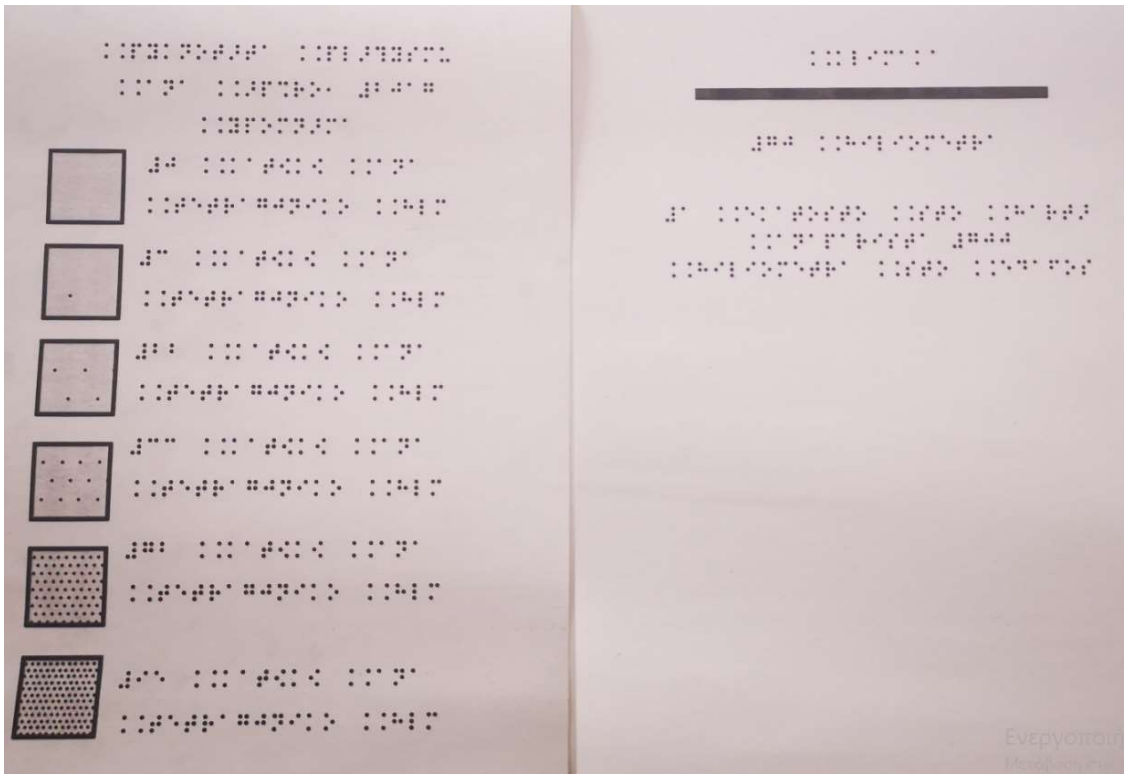
των κουκίδων του πλέγματος. Έτσι, π.χ. στην Ασία που έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού, η απόσταση μεταξύ των κουκίδων του συμβόλου είναι η μικρότερη μεταξύ των ηπείρων.

Αρχικά, σχεδιάστηκαν τα μοτίβα, διατηρώντας με ακρίβεια τις αναλογίες που προέκυπταν σύμφωνα με την αριθμητική τιμή του πληθυσμού της κάθε ηπείρου. επειδή όμως, δεν ήταν απτικά διακριτή η διαφορά μεταξύ κάποιων μοτίβων που προέκυψαν, επιλέχθηκε να αλλάξουν λίγο οι αποστάσεις μεταξύ των κουκίδων, προκειμένου να είναι σαφής η κατάταξη των ηπείρων, που ήταν και αυτό που ενδιέφερε στα πλαίσια της έρευνας.

Προέκυψε έτσι ο παρακάτω χάρτης και ξεχωριστά το υπόμνημα του, στο οποίο αναφερόταν ο τίτλος, η γραφική και λεκτική κλίμακα και οι 6 περιπτώσεις πυκνότητας του πλέγματος με την επεξήγηση τους:



Εικόνα 46: Χάρτης 2 (χάρτης πυκνότητας πληθυσμού), εκτυπωμένος σε μικροκαψουλικό χαρτί



Εικόνα 47: Υπόμνημα Χάρτη 2

3.3 Διεξαγωγή έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη αυτοπροσώπως, με βάση ερωτηματολόγια. Αφού χωρίστηκε το δείγμα σε δύο ομάδες, η ομάδα Α εξέτασε τον πρώτο χάρτη, που προήλθε από εκτύπωση σε 3D εκτυπωτή, και η ομάδα Β έλεγξε τους δύο χάρτες που εκτυπώθηκαν σε μικροκαψουλικό χαρτί.

Κάθε παιδί της ομάδας Α είχε στη διάθεση του 20 λεπτά για να εξερευνήσει τον τρισδιάστατο χάρτη και το υπόμνημα του, και αντίστοιχα κάθε παιδί της Β ομάδας είχε στη διάθεση του 10 λεπτά για καθέναν από τους δύο χάρτες με τα υπομνήματα τους. Λόγω της αδυναμίας ορισμένων υποκειμένων αναγνώρισης των ηπείρων, όπου ήταν απαραίτητο αυτός ο χρόνος συμπεριελάμβανε και την καθοδήγηση τους, ώστε να είναι δυνατόν να προσδιορίσουν τη θέση τους.

Στη συνέχεια, μόλις έληγε ο χρόνος, ξεκινούσε το ερωτηματολόγιο, που απαρτίζονταν από τριών ειδών ερωτήσεις: τις δημογραφικές, τις χωρικές και τις ερωτήσεις κλίμακας χρησιμότητας. Για τις χωρικές ερωτήσεις το ανώτατο χρονικό όριο, μέσα στο οποίο γινόταν αποδεκτή η απάντηση ήταν τα δύο λεπτά, ενώ για τις δημογραφικές και τις ερωτήσεις που αφορούσαν τη χρησιμότητα του χάρτη δεν υπήρχε περιορισμένο χρονικό περιθώριο.

3.3.1 Δημογραφικές ερωτήσεις

Η πρώτη σειρά ερωτήσεων αφορούσε το προφίλ των υποκειμένων της έρευνας. Πέρα από τις καθαρά δημογραφικές ερωτήσεις, το σετ περιείχε επιπλέον ερωτήσεις για τη σχέση του ατόμου με τον κώδικα Braille και το βαθμό εξοικείωσης του με απτικές απεικονίσεις.

Πιο συγκεκριμένα οι 3 πρώτες ερωτήσεις αφορούσαν το φύλο, την ηλικία και το επίπεδο εκπαίδευσης του κάθε μαθητή, οι επόμενες 3 το βαθμό οπτικής αντίληψης του και οι ερωτήσεις 7 και 8 διερευνούσαν το αν είναι γνώστης του κώδικα Braille και αν ναι με τι συχνότητα τον χρησιμοποιεί. Οι επόμενες 3 ερωτήσεις αφορούσαν την εξοικείωση του υποκειμένου με τις απτικές εικόνες: αν έχει χρησιμοποιήσει ξανά απτικές εικόνες, αν ναι με τι συχνότητα χρησιμοποιεί και αν θεωρεί ότι έχει ευκολία στην εξερεύνηση και ανάγνωση τους. Η τελευταία ερώτηση ήταν αν έχει ξανασυμμετάσχει σε παρόμοια έρευνα.

Οι δημογραφικές ερωτήσεις παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα Β.

3.3.1.1 Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 3.1 Υποκείμενα έρευνας, που παρουσιάζεται το δείγμα της έρευνας, 75% των συμμετεχόντων ήταν γυναίκες και 25% άνδρες. Το ηλικιακό φάσμα τους ήταν 8.5-20 ετών και το επίπεδο εκπαίδευσης τους κυμαινόταν από 2^{α} Δημοτικού έως 3^{η} Λυκείου, με το 75% να κυμαίνεται μεταξύ 1^{ης} Γυμνασίου έως 3^{ης} Λυκείου.

Από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα προέκυψε ότι το 80% του δείγματος γνώριζε Braille, όλοι εκ των οποίων χρησιμοποιούν τον κώδικα σε καθημερινή βάση (απάντηση «πολύ συχνά»). Σχετικά με τις απτικές εικόνες, 90% είχαν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν απτικές εικόνες πριν την έρευνα, κανένας τους όμως δεν τις χρησιμοποιεί πολύ συχνά, αφού οι απαντήσεις στη συχνότητα χρήσης απτικών εικόνων ήταν μοιρασμένες σε «σπάνια» (22%), «καμιά φορά» (28%), «μέτρια» (22%) και «συχνά» (28%).

Όσον αφορά την εξοικείωση όσων υποκειμένων είχαν ξαναέρθει σε επαφή με απτικές εικόνες, το 83,5% απάντησε ότι έχει «μεγάλη» ή «πολύ μεγάλη» ευκολία στην εξερεύνηση και ανάγνωση τους, το 11% «μέτρια» και το 5,5% «πολύ μικρή».

Σχετικά με το αν έχουν λάβει ξανά μέρος σε αντίστοιχη έρευνα με απτικές εικόνες, το 35% απάντησε «ναι» και το 65% «όχι».

3.3.2 Χωρικές ερωτήσεις

Το δεύτερο σετ ήταν οι χωρικές ερωτήσεις. Πρόκειται ουσιαστικά για ερωτήσεις, από τα αποτελέσματα των οποίων προκύπτουν συμπεράσματα για την κατανόηση των χαρτών από τους χρήστες.

Οι χωρικές ερωτήσεις που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

1. Ποιες Ήπειροι έχουν την ίδια πυκνότητα πληθυσμού;

2. Ποια Ήπειρος έχει τη μικρότερη πυκνότητα πληθυσμού;

3. Η Ευρώπη έχει μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού από τη Ν. Αμερική;

4. Ταξινόμησε την Ευρώπη, την Ωκεανία και τη Β. Αμερική σύμφωνα με την πυκνότητα πληθυσμού τους, από αυτήν με τη μικρότερη σε αυτήν με τη μεγαλύτερη.

5. Πόση είναι η πυκνότητα πληθυσμού της Αφρικής; (από το υπόμνημα)

6. Πόσους κατοίκους έχει η Αυστραλία; (από το υπόμνημα)

7. Σε ποιο τμήμα της Ασίας υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού; Στο Νότιο ή το Βόρειο;

8. Ποια Ήπειρος έχει τον μεγαλύτερο αριθμό κατοίκων;

9. Ποια Ήπειρος δεν έχει καθόλου πληθυσμό;

10. Ποια Ήπειρος έχει περισσότερους κατοίκους, η Αφρική ή η Νότιος Αμερική;

Οι πρώτες 5 ερωτήσεις αφορούν το φαινόμενο της πυκνότητας πληθυσμού, ενώ οι επόμενες 5 αναφέρονται στην απόλυτη τιμή του πληθυσμού. Έτσι, η ομάδα Α κλήθηκε να απαντήσει σε αυτές με βάση τον τρισδιάστατα εκτυπωμένο χάρτη, ενώ η ομάδα Β απάντησε τις πρώτες 5 ερωτήσεις βάσει της μελέτης του Χάρτη 1, και τις ερωτήσεις 6 έως 10 χρησιμοποιώντας τον Χάρτη 2.

3.3.2.1 Αποτελέσματα

Η επεξεργασία των απαντήσεων, για την εξαγωγή συμπερασμάτων, έγινε ανά υποκείμενο, από όπου προέκυψε η ακρίβεια (“accuracy”) από τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων κάθε υποκειμένου και ο χρόνος που απαιτήθηκε για την απάντηση του ερωτηματολογίου. Σύμφωνα με τους Coltekin et al. (2009), η ακρίβεια των απαντήσεων είναι μέτρο ποιότητας (“quality measure”), ενώ ο χρόνος απόκρισης μετρά την αποδοτικότητα του χάρτη (“efficiency measure”).

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται για καθένα από τα δύο είδη χαρτών, τα ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά υποκείμενο της έρευνας και ο χρόνος ολοκλήρωσης των 10 χωρικών ερωτήσεων.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα 10 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Α (3D χάρτης)

Υποκείμενο	Ποσοστό Σωστών Απαντήσεων (%)	Χρόνος Ολοκλήρωσης Ερωτήσεων (sec)
1	100	200
2	70	352
3	100	137
4	100	127
5	70	332
6	100	139
7	100	331
8	80	155
9	60	144
10	60	197

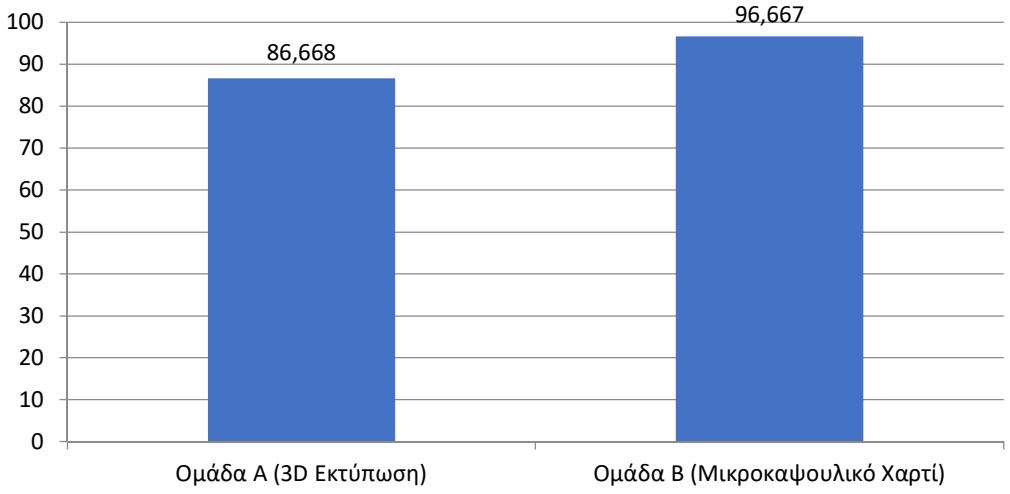
Πίνακας 2: Αποτελέσματα 10 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Β (Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί)

Υποκείμενο	Ποσοστό Σωστών Απαντήσεων (%)	Χρόνος Ολοκλήρωσης Ερωτήσεων (sec)
1	80	-
2	80	-
3	90	-
4	90	-
5	90	-
6	80	268
7	88,89	168
8	90	130
9	90	168
10	90	231

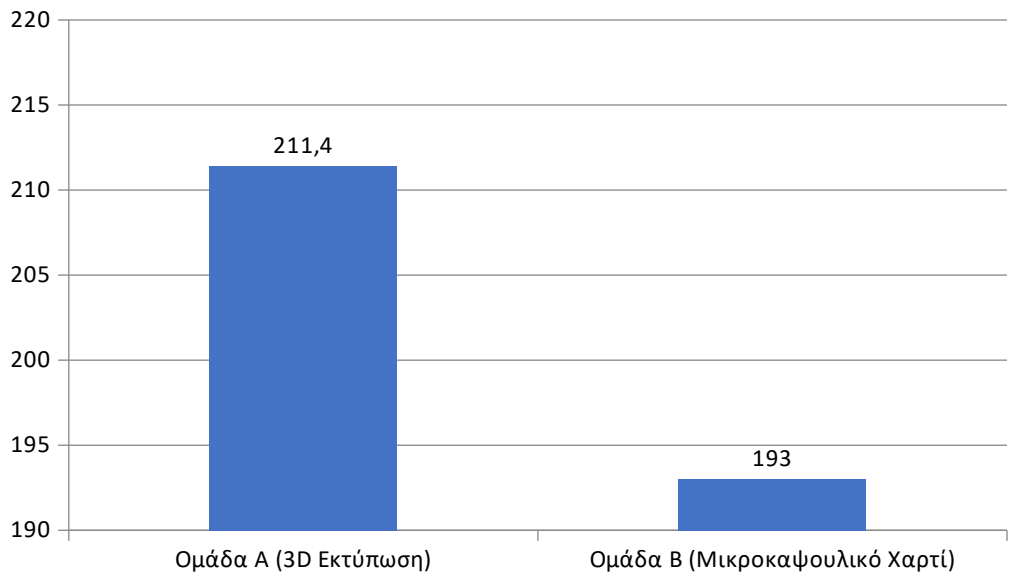
Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά υποκείμενο της ομάδας Α (τρισδιάστατος χάρτης) κυμαίνονται μεταξύ 60% και 100%, ενώ της ομάδας Β (χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί) μεταξύ 80% και 90%.

Ο ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης των ερωτήσεων από τα υποκείμενα της ομάδας Α είναι 127 sec και ο μέγιστος 352 sec. Οι αντίστοιχοι χρόνοι για την ομάδα Β είναι 130 sec και 268 sec.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται συγκριτικά τα μέσα ποσοστά σωστών απαντήσεων και οι μέσοι χρόνοι απάντησης των 10 ερωτήσεων των 2 ομάδων:



Γράφημα 1: Μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων των 2 ομάδων (%)



Γράφημα 2: Μέσος χρόνος ολοκλήρωσης ερωτήσεων των 2 ομάδων (sec)

Παρατίθενται επίσης, τα αποτελέσματα της ομάδας Α και Β ανά ερώτηση:
(Ως επίδοση παρουσιάζεται το ποσοστό σωστών απαντήσεων ανά ερώτηση).

Πίνακας 3: Αποτελέσματα ομάδας Α ανά ερώτηση (Ερώτηση 1-5)

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Ερώτηση 3	Ερώτηση 4	Ερώτηση 5
Χρόνος (sec)	24.4	21.2	12.1	20.5	37.3
Επίδοση	80%	80%	90%	90%	90%

Πίνακας 4: Αποτελέσματα ομάδας Α ανά ερώτηση (Ερώτηση 6-10)

	Ερώτηση 6	Ερώτηση 7	Ερώτηση 8	Ερώτηση 9	Ερώτηση 10
Χρόνος (sec)	44.3	10.6	13.3	13.1	10
Επίδοση	60%	60%	90%	100%	90%

Πίνακας 5: Αποτελέσματα ομάδας Β ανά ερώτηση (Ερώτηση 1-5)

	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Ερώτηση 3	Ερώτηση 4	Ερώτηση 5
Χρόνος (sec)	19.4	41.5	14.2	17.4	26.4
Επίδοση	100%	89%	100%	100%	90%

Πίνακας 6: Αποτελέσματα ομάδας Β ανά ερώτηση (Ερώτηση 6-10)

	Ερώτηση 6	Ερώτηση 7	Ερώτηση 8	Ερώτηση 9	Ερώτηση 10
Χρόνος (sec)	27.2	11.8	17	6.8	15.2
Επίδοση	0%	100%	90%	100%	100%

Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, εντοπίστηκε ένα λάθος στο σχεδιασμό, που οφειλόταν στη χρήση ακριβώς του ίδιου αρχείου για εκτύπωση σε μικροκαψουλικό χαρτί και σε τρισδιάστατο μοντέλο. Έτσι, διαπιστώθηκε, ότι κάποιες κουκίδες ήταν εφαπτόμενες με την ακτογραμμή, και δεν μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές ως ξεχωριστές οντότητες, δια της αφής, στο μικροκαψουλικό χαρτί, όπου η ακτογραμμή είχε το ίδιο ύψος με τις κουκίδες. Θεωρήθηκε λοιπόν, ότι θα ήταν σωστότερο να αφαιρεθεί η ερώτηση 6, αφού το ποσοστό 0% των σωστών απαντήσεων, οφείλεται πιθανώς στη σχεδιαστική αστοχία και όχι στη λανθασμένη χρήση και κατανόηση του χάρτη.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται για καθένα από τα δύο είδη χαρτών, τα ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά υποκείμενο της έρευνας και ο χρόνος ολοκλήρωσης στο σύνολο των 9 χωρικών ερωτήσεων, μετά την αφαίρεση της ερώτησης 6:

Πίνακας 7: Αποτελέσματα 9 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Α (3D χάρτης)

Υποκείμενο	Ποσοστό Σωστών Απαντήσεων (%)	Χρόνος Ολοκλήρωσης Ερωτήσεων (sec)
1	100	110
2	77,78	232
3	100	99
4	100	109
5	77,78	292
6	100	136
7	100	294
8	77,78	135
9	66,67	119
10	66,67	145

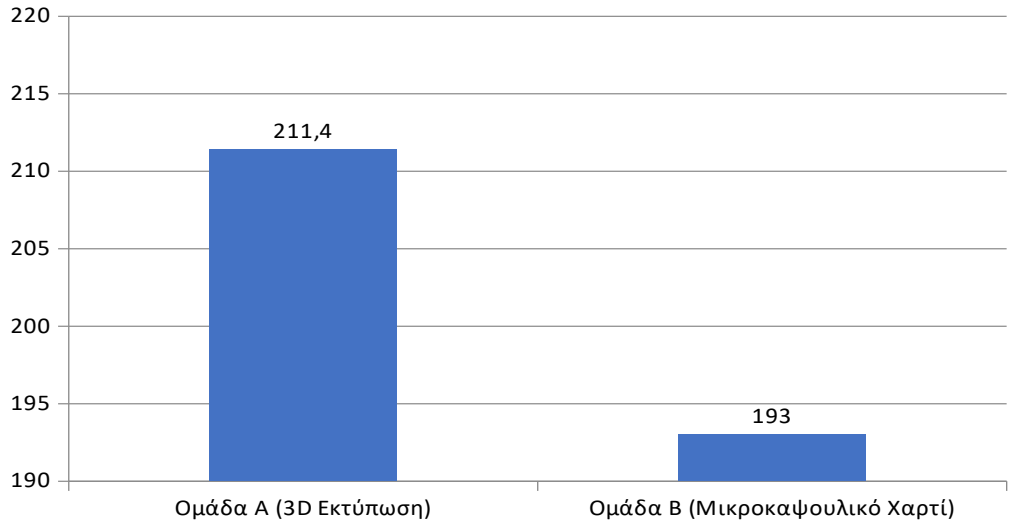
Πίνακας 8: Αποτελέσματα 9 ερωτήσεων ανά υποκείμενο ομάδας Β (Χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί)

Υποκείμενο	Ποσοστό Σωστών Απαντήσεων (%)	Χρόνος Ολοκλήρωσης Ερωτήσεων (sec)
1	88,89	-
2	88,89	-
3	100	-
4	100	-
5	100	-
6	88,89	242
7	100	140
8	100	102
9	100	126
10	100	219

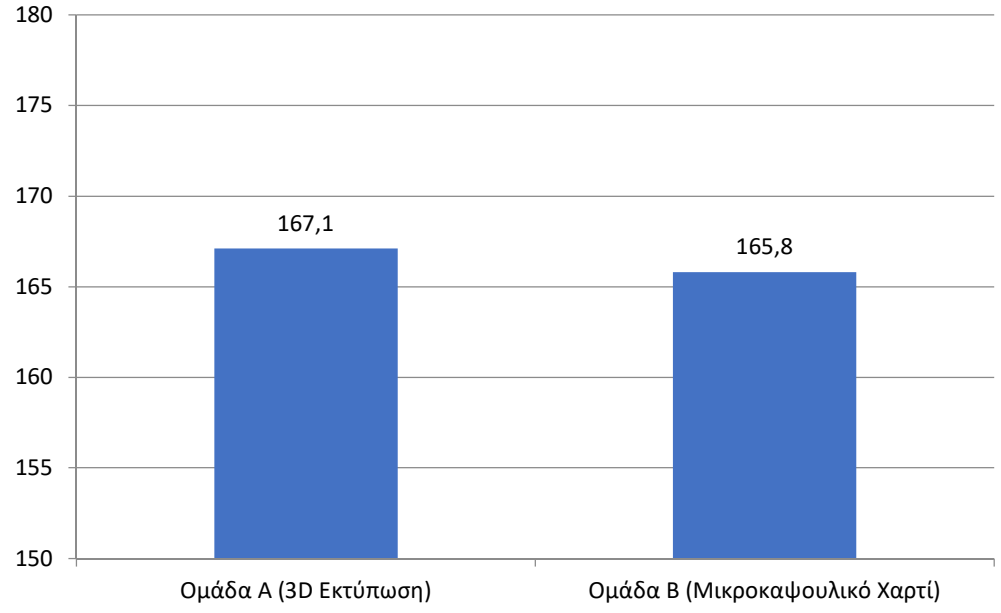
Μετά την εξαίρεση της έκτης ερώτησης, τα ποσοστά σωστών απαντήσεων ανά υποκείμενο διαμορφώθηκαν ως εξής: για την ομάδα Α το ελάχιστο ποσοστό είναι 66,67% και το μέγιστο 100%, ενώ οι αντίστοιχες τιμές της ομάδας Β είναι 88,89% και 100%.

Ο ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης των 9 ερωτήσεων από τα υποκείμενα της ομάδας Α είναι 99 sec και ο μέγιστος 294 sec. Οι αντίστοιχοι χρόνοι για την ομάδα Β είναι 102 sec και 242 sec.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται συγκριτικά ανά ομάδα, τα μέσα ποσοστά σωστών απαντήσεων και οι μέσοι χρόνοι απάντησης των 9 ερωτήσεων:



Γράφημα 3: Μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων των 2 ομάδων (%)



Γράφημα 4: Μέσος χρόνος ολοκλήρωσης ερωτήσεων των 2 ομάδων (sec)

3.3.2.2 Στατιστικός έλεγχος αποτελεσμάτων

Εξετάζοντας ποιοτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρατηρείται μία μικρή υπεροχή των χαρτών σε μικροκαψουλικό χαρτί έναντι του 3D χάρτη, της τάξης του 10%, όσον αφορά

το μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων. Όσον αφορά το χρόνο ολοκλήρωσης των ερωτήσεων, η ομάδα Β έχει λίγο καλύτερη απόδοση, με τη διαφορά να κυμαίνεται σε λιγότερο από 1%.

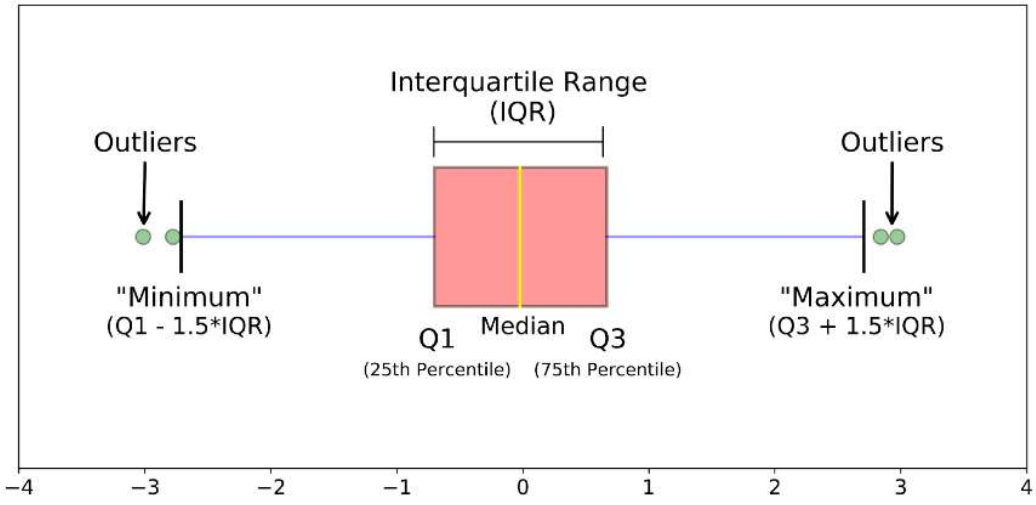
Το ερώτημα που τίθεται είναι εάν μπορεί να ληφθεί υπόψιν η διαφορά που προέκυψε ή εάν στατιστικά δεν μπορεί να θεωρηθεί επαρκής.

Έλεγχος δείγματος για ακραίες τιμές

Πριν ξεκινήσει η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, ελέγχθηκε το δείγμα για ακραίες τιμές. Αφού ταξινομηθούν οι τιμές των αποτελεσμάτων κατά αύξουσα σειρά, κατανέμονται σε 4 ισάριθμα τμήματα, τα ονομαζόμενα τεταρτημόρια. Το πρώτο τεταρτημόριο είναι το διάστημα από την ελάχιστη τιμή έως την τιμή Q1, το δεύτερο είναι το διάστημα Q1-διάμεσος δείγματος, το τρίτο από τη διάμεσο έως Q3 και το τέταρτο κυμαίνεται από την τιμή Q3 έως τη μέγιστη τιμή του δείγματος. Ουσιαστικά, χωρίζεται αρχικά το δείγμα σε δύο τμήματα, με όριο τη διάμεσο, και στη συνέχεια το καθένα από αυτά τα δύο τμήματα χωρίζεται σε άλλα δύο τμήματα, το πρώτο χωρίζεται στην τιμή Q1 και το δεύτερο στην τιμή Q3.

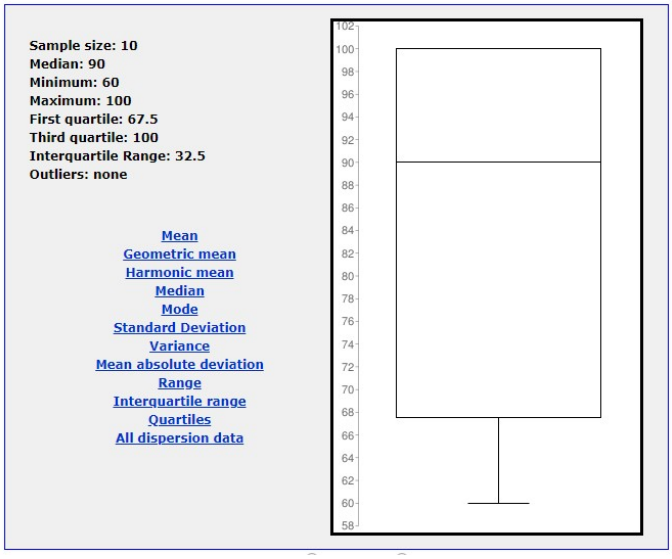
Ως ακραίες ορίζονται οι τιμές που έχουν απόκλιση μεγαλύτερη του 1,5 ενδοτεταρτιμοριακού εύρους (“IQR”), που ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των τιμών Q3-Q1, δηλαδή είναι μικρότερες του Q1 – 1,5×IQR ή μεγαλύτερες του Q3 + 1,5×IQR (Galarnyk, 2018).

Η εξέταση του δείγματος για ακραίες τιμές έγινε με τη χρήση θηκογράμματος (“Box Plot”). Πρόκειται για μία γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων της κατανομής του δείγματος, στην οποία ανιχνεύονται και επισημαίνονται πιθανές ακραίες τιμές, που μπορεί να εμπεριέχονται στα αποτέλεσμα.

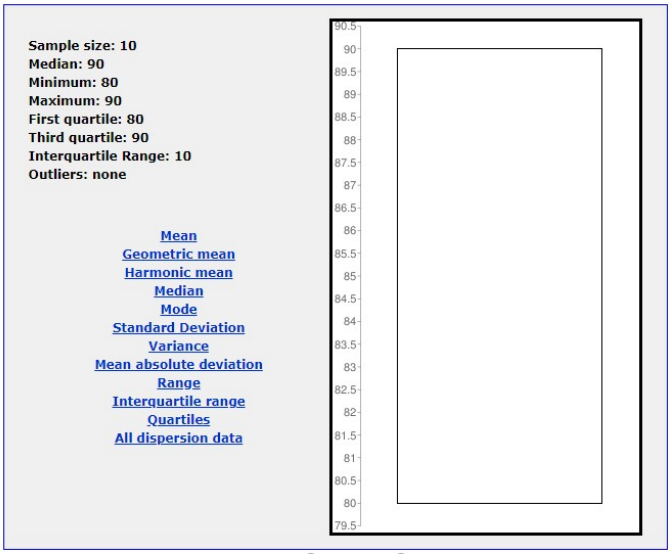


Εικόνα 48: Δομή θηκογράμματος
Πηγή: Galarnyk (2018).

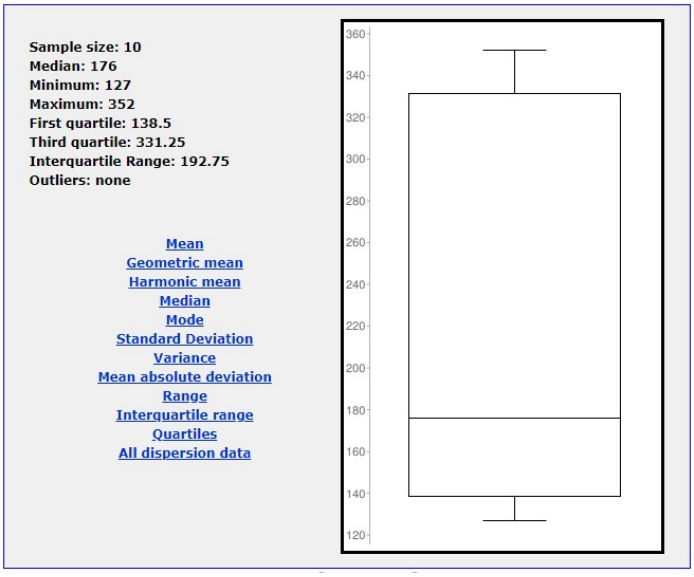
Από τα αποτελέσματα προέκυψαν τα ακόλουθα θηκογράμματα, σύμφωνα με τα οποία δεν προέκυψαν ακραίες τιμές:



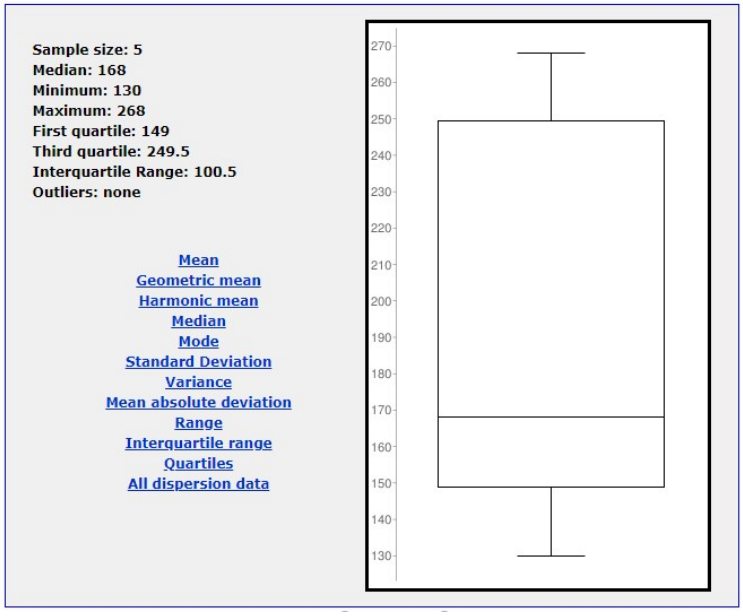
Γράφημα 5: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (10 ερωτήσεις) Ομάδας Α



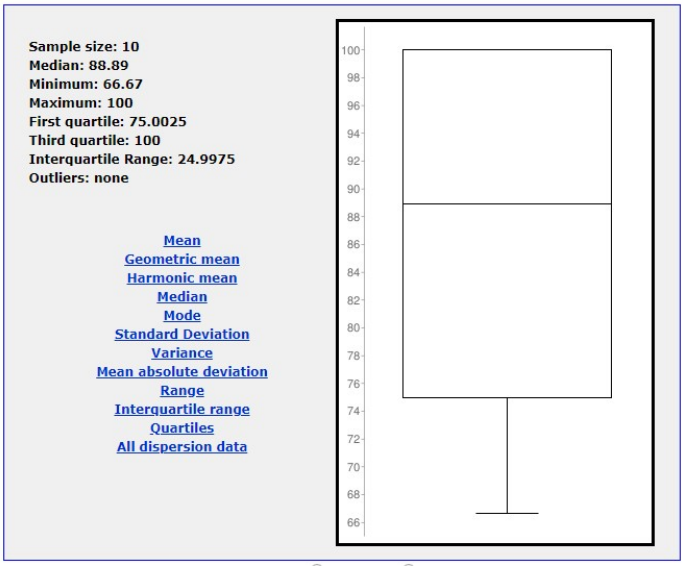
Γράφημα 6: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (10 ερωτήσεις) Ομάδας Β



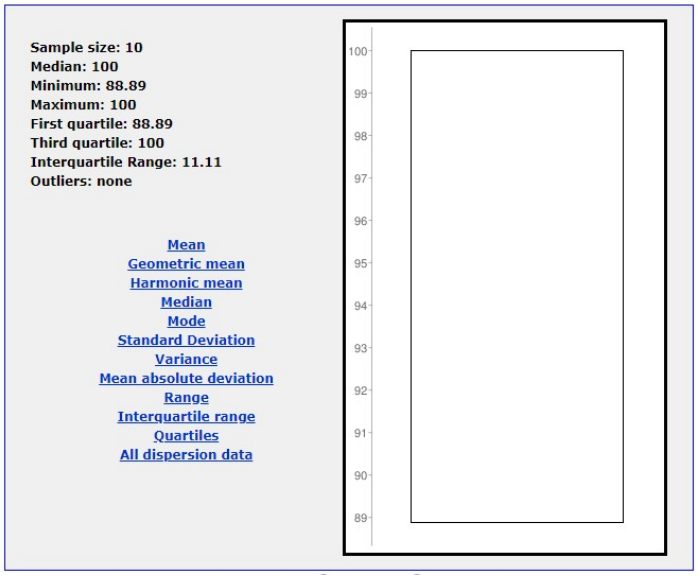
Γράφημα 7: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (10 ερωτήσεις) Ομάδας Α



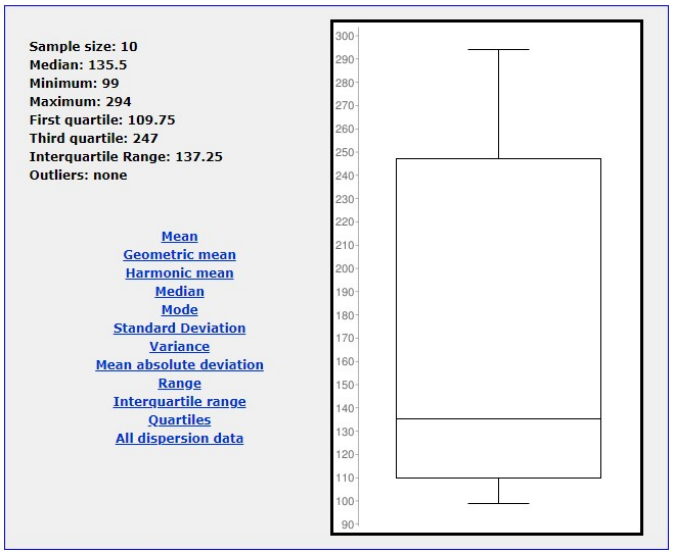
Γράφημα 8: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (10 ερωτήσεις) Ομάδας Β



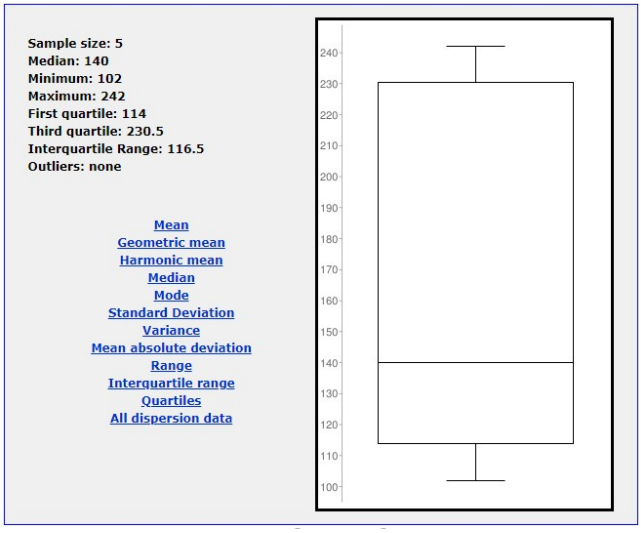
Γράφημα 9: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (9 ερωτήσεις) Ομάδας Α



Γράφημα 10: Θηκόγραμμα ποσοστών σωστών απαντήσεων (9 ερωτήσεις) Ομάδας Β



Γράφημα 11: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (9 ερωτήσεις) Ομάδας Α



Γράφημα 12: Θηκόγραμμα χρόνου απόκρισης (9 ερωτήσεις) Ομάδας Β

Ανεξαρτησία δειγμάτων

Επόμενο βήμα ήταν να εξεταστεί αν τα δύο δείγματα της έρευνας (εδώ πρόκειται για τις δύο ομάδες Α και Β), που συγκρίνονται τα αποτελέσματα τους, είναι στατιστικά ανεξάρτητα. Αυτό προκύπτει από το σχεδιασμό της έρευνας και τα υποκείμενα που έλαβαν μέρος. Για να θεωρηθούν ανεξάρτητα τα δείγματα, πρέπει η κάθε ομάδα να απαρτίζεται από υποκείμενα που προέρχονται από διαφορετικούς πληθυσμούς ή από τον ίδιο πληθυσμό, αλλά είναι διαφορετικά μεταξύ τους (Χαλικιάς, Λάλου και Μανωλέσου, 2015).

Στην παρούσα έρευνα, τα υποκείμενα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό, αφού πρόκειται για μαθητές με προβλήματα όρασης, επιλέχθηκαν όμως διαφορετικά παιδιά στην κάθε ομάδα, δηλαδή κανένας μαθητής δεν άνηκε και στις 2 ομάδες. Πληρείται λοιπόν, το δεύτερο

κριτήριο και μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι τα δείγματα υπό εξέταση είναι ανεξάρτητα.

Έλεγχος καλής προσαρμογής αποτελεσμάτων

Ακολούθησε η εξέταση των δεδομένων με τη χρήση του τεστ καλής προσαρμογής "Shapiro-Wilk", προκειμένου να διαπιστωθεί εάν τα αποτελέσματα ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Η στατιστική υπόθεση που ελέγχθηκε είναι η μηδενική υπόθεση H_0: η κατανομή του δείγματος δεν απέχει πολύ από την κανονική κατανομή, ενώ ως εναλλακτική υπόθεση ορίστηκε η H_1: η κατανομή του δείγματος απέχει πολύ από την κανονική κατανομή.

Ο έλεγχος που γίνεται για την αποδοχή ή απόρριψη της αρχικής υπόθεσης είναι χρησιμοποιώντας την τιμή p-value. Η p-value είναι το επίπεδο σημαντικότητας του δείγματος και δείχνει την πιθανότητα να υπάρχει λάθος τύπου 1, δηλαδή να απορριφθεί λανθασμένα η υπόθεση H_0. Πρόκειται για ποσοστό, π.χ. η τιμή p-value= 0,011 δείχνει ότι η πιθανότητα απόρριψης μίας σωστής H_0 είναι 1,1%.

Όσο μικραίνει η τιμή p-value, τόσο πιθανότερο είναι να ισχύει η H_1. Το τελικό συμπέρασμα προκύπτει από τη σύγκριση της p-value που προέκυψε με το επίπεδο σημαντικότητας α που ορίστηκε ως ανεκτό. Ο έλεγχος καλής προσαρμογής των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε με οριζόμενο επίπεδο σημαντικότητας α=0,05. Επιπλέον, όταν το Shapiro-Wilk W στατιστικό, μεταβλητή που προτάθηκε από τους δημιουργούς του τεστ, έχει τιμή κοντά στη μονάδα, τότε το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή, ενώ στην περίπτωση που το W είναι αρκετά μικρότερο δεν ακολουθείται η κανονική κατανομή (Χαλικιάς, Λάλου και Μανωλέσου, 2015).

Παρακάτω παρουσιάζονται αρχικά για κάθε δείγμα τα εξής:

N: αριθμός συμμετεχόντων

Mean: μέσος όρος

SD: τυπική απόκλιση

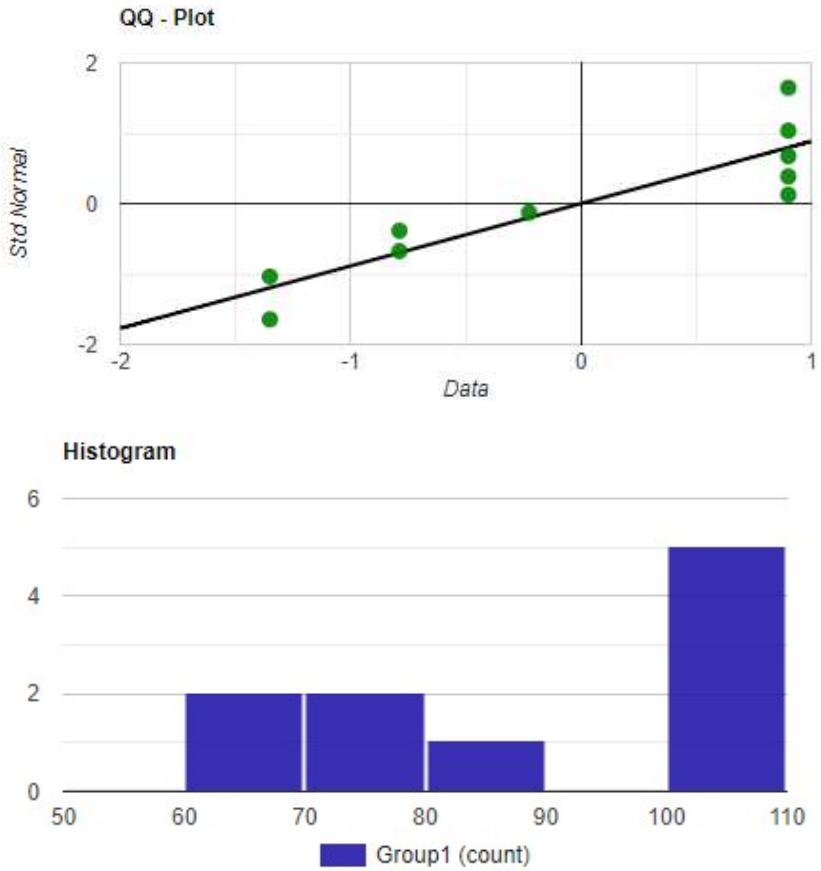
W: Shapiro-Wilk W στατιστικό

p-value: πιθανότητα λάθους τύπου 1

Επίσης, παρουσιάζεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων που δείχνει τη συχνότητα καταγραφής των τιμών και το γράφημα Q-Q ("quantile-quantile"). Το τελευταίο αποτελεί και την κύρια γραφική αναπαράσταση που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κανονικότητας, και δείχνει την απόκλιση των τιμών του δείγματος από την κανονική κατανομή, η οποία αναπαρίσταται ως συνεχόμενη ευθεία γραμμή. Όσο πιο κοντά είναι τα σημεία του δείγματος σε αυτή τη γραμμή, τόσο πιθανότερο είναι να ακολουθούν την κανονική κατανομή (Χαλικιάς, Λάλου και Μανωλέσου, 2015).

Πίνακας 9: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις)

Ομάδα Α (10 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	84
SD	17.764
W	0.778
p-value	0.011



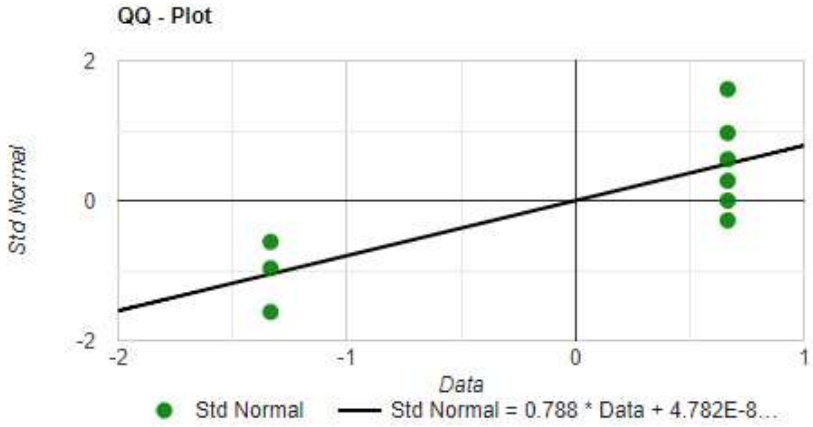
Γράφημα 13: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις)

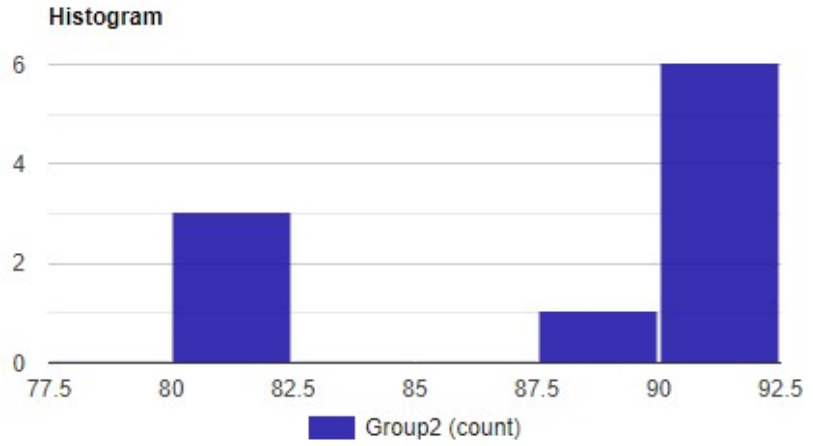
Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 10: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις)

Ομάδα Β (10 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	86.889

SD	4.766
W	0.625
p-value	0.0004



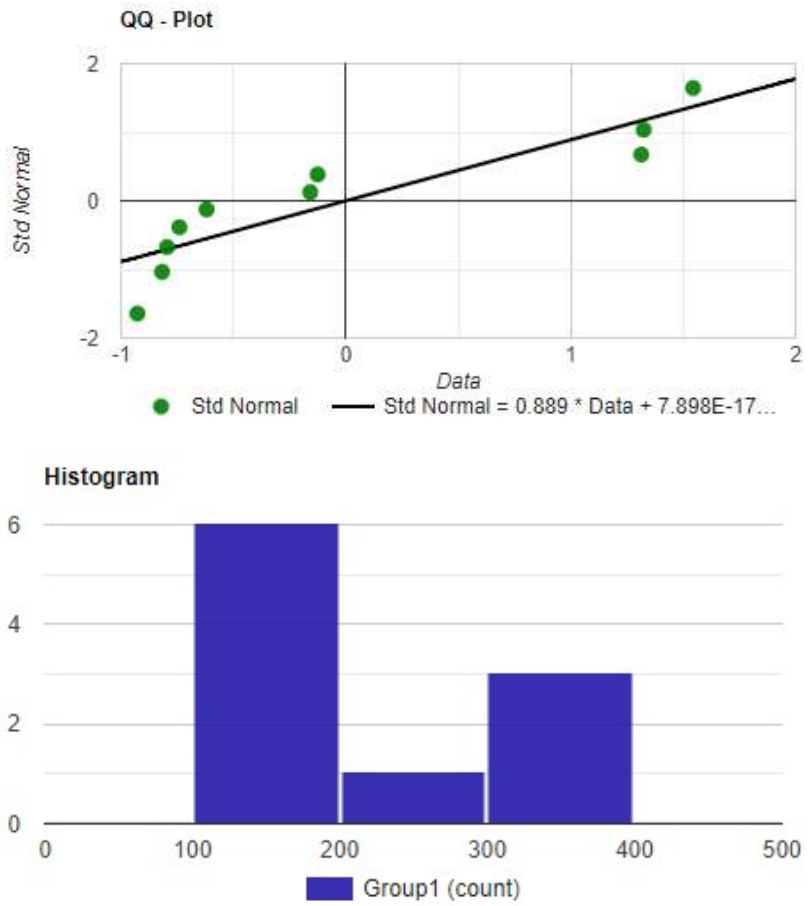


Γράφημα 14: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 11: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις)

Ομάδα Α (10 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	211.4
SD	91.030
W	0.791
p-value	0.014

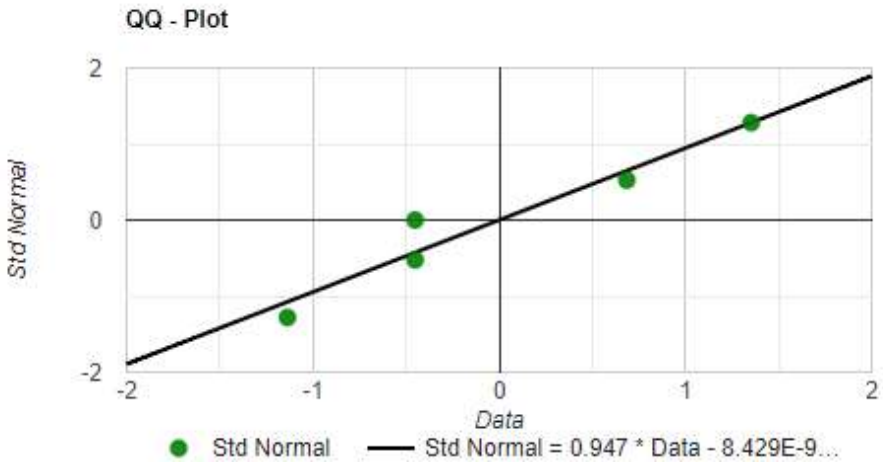


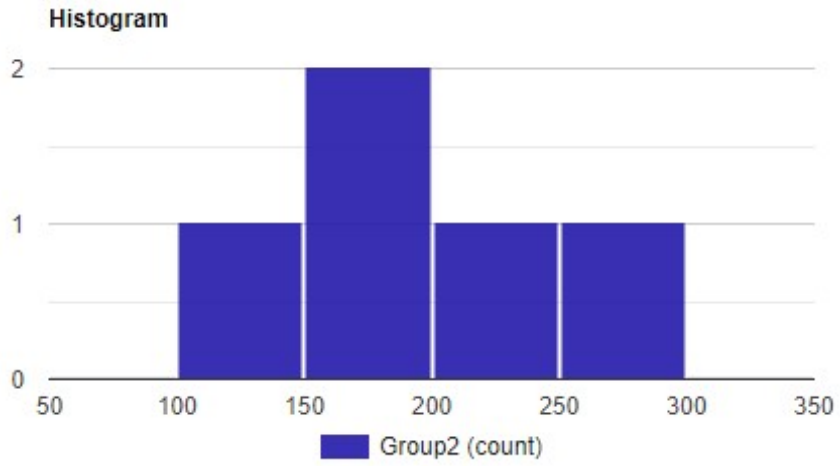
Γράφημα 15: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (10 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 12: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις)

Ομάδα Β (10 ερωτήσεις)	
N	5
Mean	193
SD	55.426
W	0.930
p-value	0.755



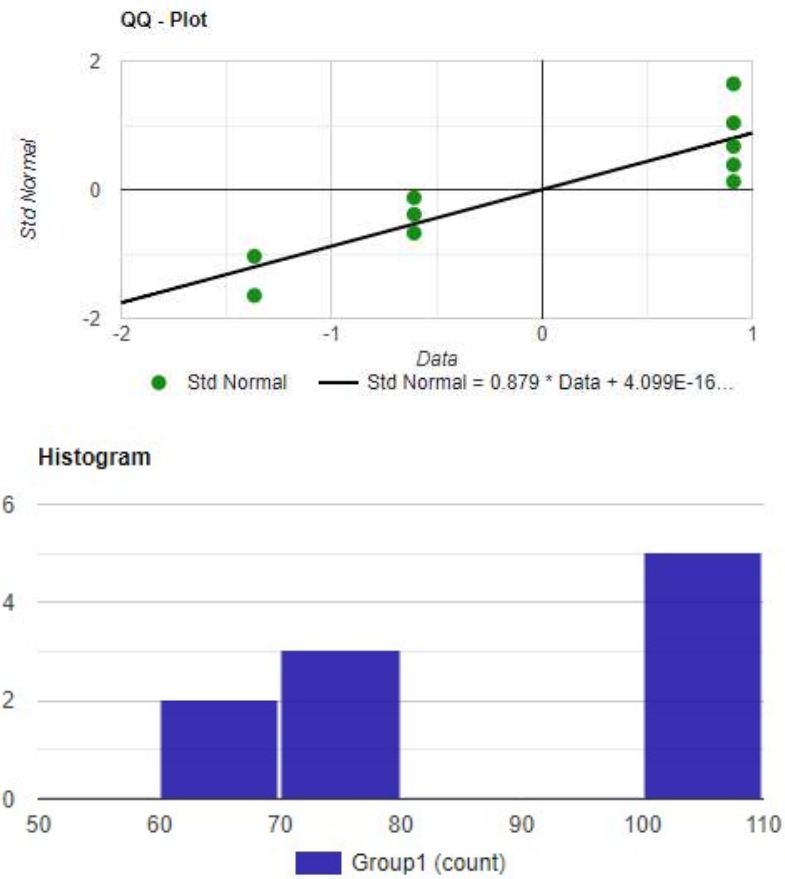


Γράφημα 16: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (10 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value>α, άρα επιβεβαιώνεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 13: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις)

Ομάδα Α (9 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	86.668
SD	14.627
W	0.768
p-value	0.009

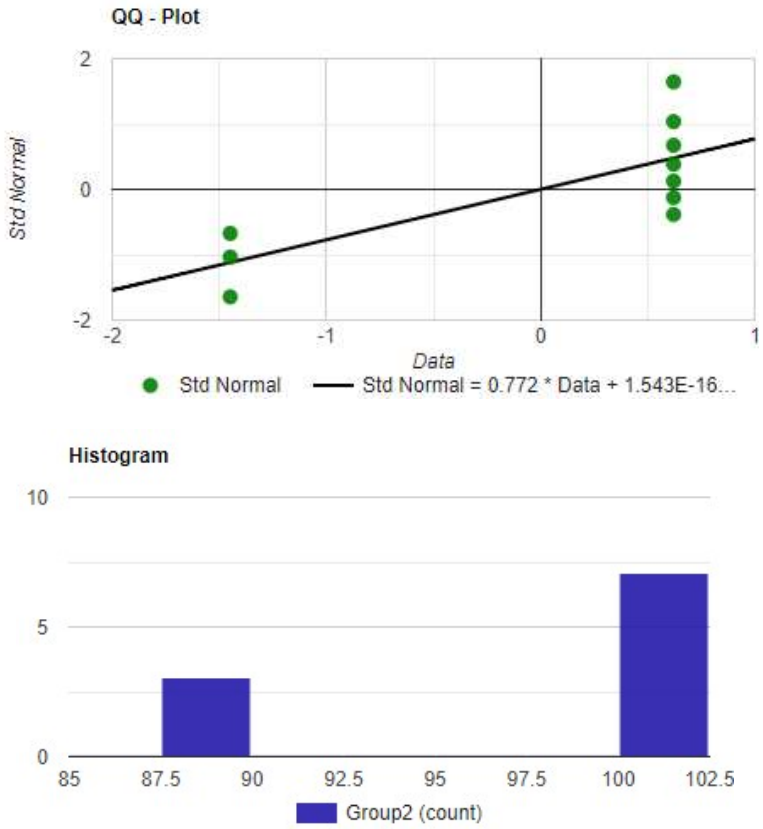


Γράφημα 17: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 14: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις)

Ομάδα Β (9 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	96.667
SD	5.367
W	0.594
p-value	0.003

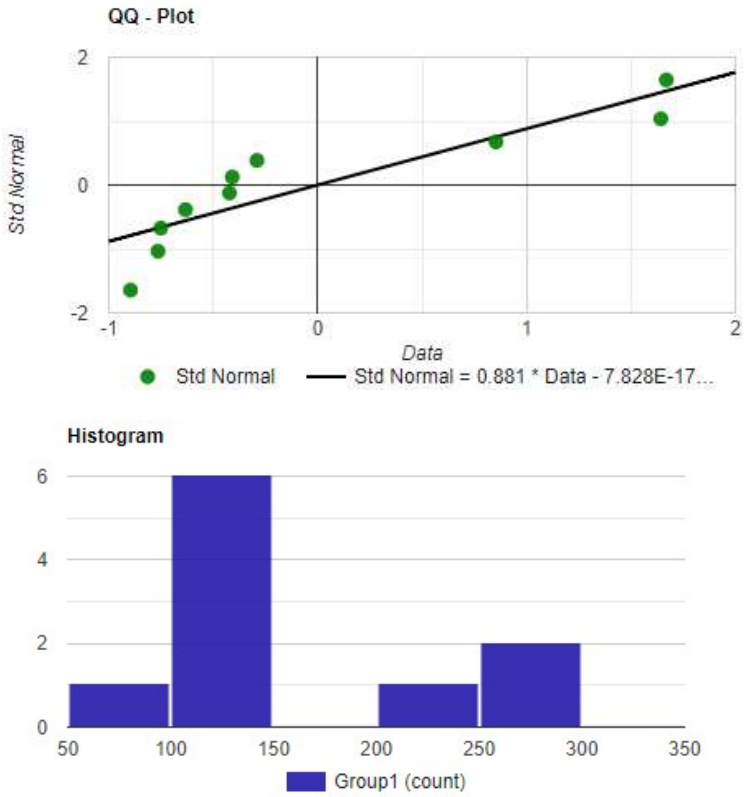


Γράφημα 18: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) ποσοστών σωστών απαντήσεων της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 15: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις)

Ομάδα Α (9 ερωτήσεις)	
N	10
Mean	167.1
SD	76.004
W	0.781
p-value	0.012

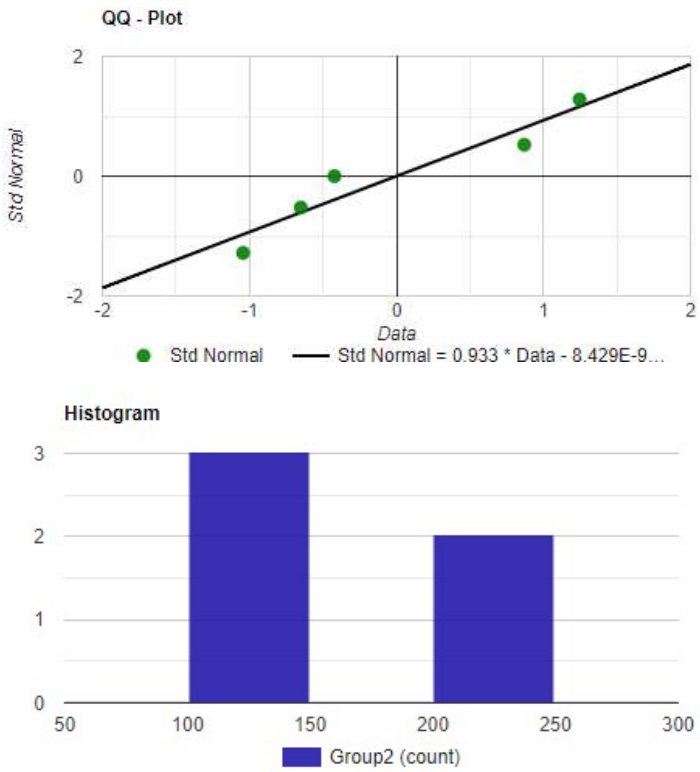


Γράφημα 19: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Α (9 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value<α, άρα απορρίπτεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή.

Πίνακας 16: Στατιστικά μεγέθη του τεστ Shapiro-Wilk για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (9ερωτήσεις)

Ομάδα Β (9 ερωτήσεις)	
N	5
Mean	165.8
SD	61.149
W	0.892
p-value	0.453



Γράφημα 20: Γράφημα Q-Q (επάνω) και ιστόγραμμα κατανομής συχνοτήτων (κάτω) χρόνων απόκρισης των χρηστών της Ομάδας Β (9 ερωτήσεις)

Αποτέλεσμα: p-value>α, άρα επιβεβαιώνεται η υπόθεση H_0 και το δείγμα ακολουθεί την κανονική κατανομή.

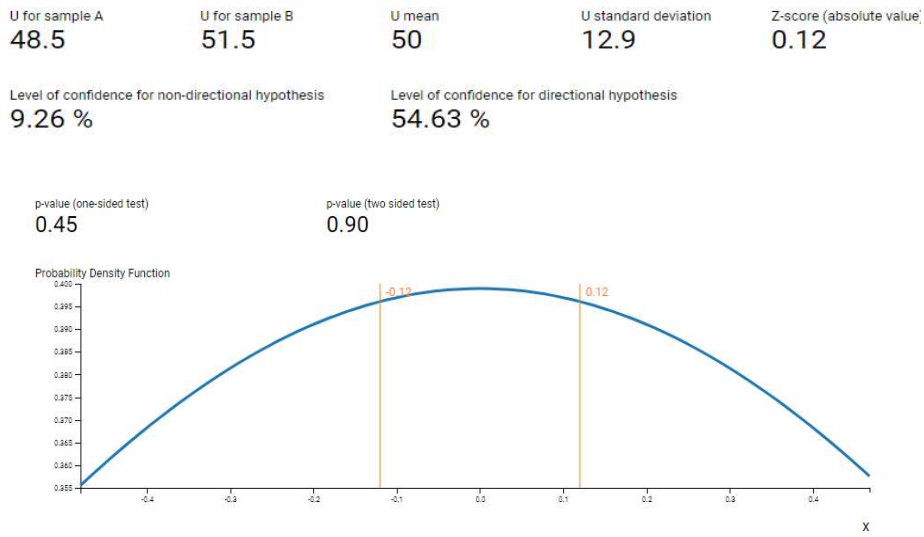
Μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U

Εφόσον από τον έλεγχο προέκυψε ότι δεν ακολουθούν όλα τα δεδομένα την κανονική κατανομή, επιλέχθηκε το μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U. Προϋπόθεση για να χρησιμοποιηθεί είναι η ανεξαρτησία των δύο δειγμάτων, που πληρείται όπως αναλύθηκε παραπάνω. Σημαντικό πλεονέκτημα του τεστ Mann-Whitney U, είναι ότι τα σετ δεδομένων που ελέγχονται δε χρειάζεται να είναι ισάριθμα. Έτσι, μπορεί να εφαρμοστεί για τον έλεγχο των δεδομένων χρόνου απόκρισης της παρούσας έρευνας, παρότι έχουν διαφορετικό αριθμό παρατηρήσεων (Creswell, 2011).

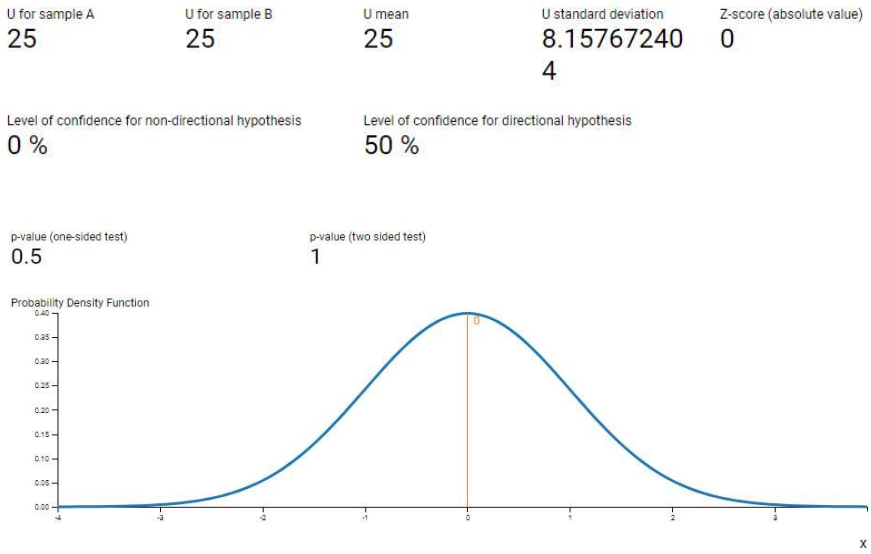
Ως μηδενική υπόθεση ορίζεται η H_0: δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ ως εναλλακτική H_1: υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η επαλήθευση της μηδενικής ή της εναλλακτικής υπόθεσης μπορεί να γίνει από το στατιστικό U ή την προσεγγιστική τιμή Z, όπου για επίπεδο σημαντικότητας α=0,05, επίπεδο σημαντικότητας που ορίστηκε στην παρούσα επεξεργασία, επαληθεύει τη μηδενική υπόθεση όταν έχει τιμή μικρότερη του 1,96 (Χαλικιάς, Λάλου και Μανωλέσου, 2015).

Από την προσεγγιστική τιμή Z, μπορεί να υπολογιστεί και η p-value, που επίσης αποτελεί δείκτη επαλήθευσης ή απόρριψης της H_0, και χρησιμοποιήθηκε για την τελική εξαγωγή συμπερασμάτων.

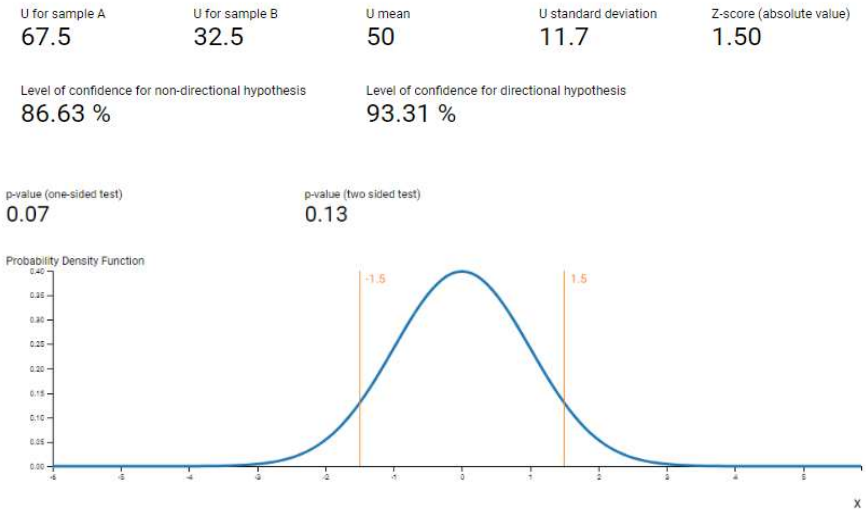
Ακολουθούν αναλυτικά τα αποτελέσματα, στα οποία η τιμή p σε όλες τις περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερη του 0,05:



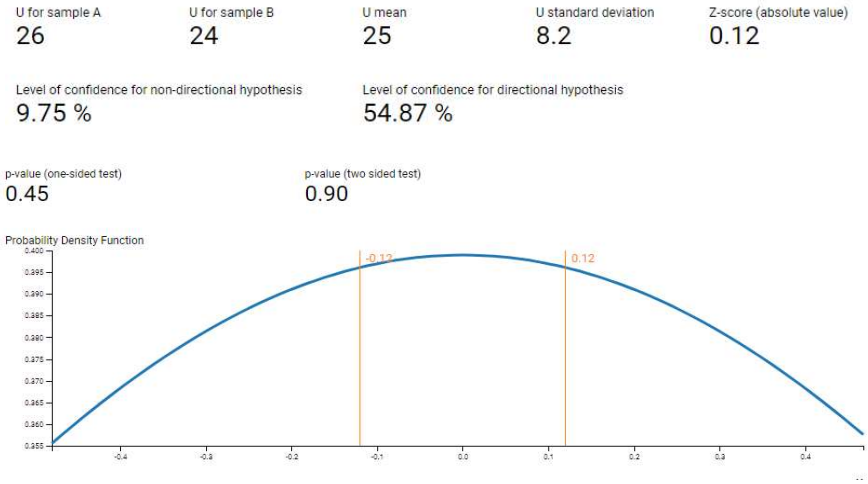
Γράφημα 21: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των Ομάδων A-B (10 ερωτήσεις)



Γράφημα 22: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών των Ομάδων A-B (10 ερωτήσεις)



Γράφημα 23: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των Ομάδων Α-Β (9 ερωτήσεις)



Γράφημα 24: Αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney U για τους χρόνους απόκρισης των χρηστών των Ομάδων Α-Β (9 ερωτήσεις)

3.3.2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Σε όλες τις περιπτώσεις η τιμή p που προέκυψε ήταν μεγαλύτερη του επιπέδου σημαντικότητας που ορίστηκε (0,05), επομένως επαληθεύεται η μηδενική υπόθεση H_0 και η διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων δεν είναι στατιστικά σημαντική. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να οφείλεται στην τυχαιότητα του δείγματος ή σε άλλους τυχαίους παράγοντες και όχι σε ουσιαστική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων.

Συμπεραίνεται λοιπόν, ότι παρά τη μικρή υπεροχή που φάνηκε αρχικά να έχουν οι χάρτες που εκτυπώθηκαν σε μικροκαψουλικό χαρτί έναντι του τρισδιάστατου χάρτη, στατιστικά δεν μπορεί να ληφθεί υπόψιν, και τελικά οι χρήστες αντιλήφθηκαν εξίσου καλά τα γεωγραφικά

φαινόμενα που απεικονίστηκαν στις δύο κατηγορίες χαρτών. Στην περίπτωση που εξετάστηκε, το δείγμα δεν είναι μεγάλο, αλλά με βάση αυτό το δείγμα, η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι μικρές διαφορές που υπήρχαν δεν είναι αρκετές για να υπερισχύσει τελικά το μικροκαψουλικό χαρτί, αλλά οι δύο ομάδες είχαν αντίστοιχα αποτελέσματα.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι, παρότι ο τρισδιάστατος χάρτης απεικόνιζε δύο φαινόμενα, άρα εμπεριέχει μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας, ήταν τελικά εξίσου κατανοητός με τους χάρτες που παρουσιάστηκαν σε μικροκαψουλικό χαρτί.

Εξετάζοντας εμπειρικά το αποτέλεσμα, με βάση και τις μαρτυρίες των συμμετεχόντων στο πείραμα, φάνηκε πως ο τρισδιάστατος χάρτης ήταν κάτι πρωτόγνωρο για αυτούς και εντυπωσίασε τους μαθητές, βοηθώντας τους να αντιληφθούν τα φαινόμενα που απεικόνιζε. Πιθανώς λόγω της περιέργειας που προκάλεσε στους μαθητές, να είχαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και συγκέντρωση κατά την εξερεύνηση του, που οδήγησε σε καλές επιδόσεις. Από την άλλη, ήταν εμφανής η εξοικείωση που είχαν οι περισσότεροι συμμετέχοντες με το μικροκαψουλικό χαρτί. Η συχνή επαφή τους με το υλικό και η εμπειρική γνώση που έχουν αποκτήσει, κάνει ευκολότερη την εξερεύνηση του και λογικά οδηγεί επίσης σε πολύ καλά αποτελέσματα.

3.3.3 Κλίμακα χρηστικότητας απτικής απεικόνισης

Ως χρηστικότητα ορίζεται σύμφωνα με το ISO 9241-11 (1998) «*Ο βαθμός στον οποίο ένα προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συγκεκριμένους χρήστες για την επίτευξη καθορισμένων στόχων με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση σε συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης*».

Ο Brooke (1996) εντοπίζει το πρόβλημα μέτρησης της χρηστικότητας, αφενός στη φύση της έννοιας, που δεν είναι απόλυτη και αντικειμενικά μετρήσιμη, και αφετέρου στους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία των δεικτών αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας, που εξαρτώνται από την ακρίβεια και την ταχύτητα αντίστοιχα, και της ικανοποίησης, που ορίζεται σύμφωνα με το ISO 9241-11 (1998) ως «*η απαλλαγή από δυσφορία (κατά τη χρήση) και οι θετικές αντιδράσεις απέναντι στη χρήση του προϊόντος*». Για παράδειγμα, μία ερώτηση στην οποία απάντησαν λάθος οι χρήστες και επηρεάζει τα αποτελέσματα και άρα τον δείκτη της αποτελεσματικότητας, μπορεί να μην ήταν σαφώς διατυπωμένη.

Στην τελευταία αναθεώρηση του ISO 9241-11 (2015) γίνεται προσπάθεια να μεταφερθεί το βάρος της χρηστικότητας από το σχεδιασμό διεπαφής (“interface”) και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος, στην αλληλεπίδραση του χρήστη με το προϊόν (Bevan et al., 2015).

Οι διαφορετικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την εξαγωγή της χρηστικότητας ενός προϊόντος, οδηγούν σε αυξημένη πολυπλοκότητα και αυξημένο χρόνο κατά τον υπολογισμό της. Στην προσπάθεια του να αντιμετωπίσει το παραπάνω πρόβλημα, ο Brooke (1996), ανέπτυξε το σύστημα κλίμακας χρηστικότητας “System Usability Scale” (SUS).

Το σύστημα SUS είναι μία απλή ψυχομετρική κλίμακα Likert, που αποτελείται από 10 ερωτήσεις κλειστού τύπου, με 5 (ή 7 κατά περίπτωση) απαντήσεις που κυμαίνονται από την

απόλυτη διαφωνία μέχρι την απόλυτη συμφωνία. Πρόκειται για μία σχετικά απλή και κυρίως γρήγορη τεχνική, η οποία στηρίζεται στη χρήση εκφράσεων και ερωτήσεων που οδηγούν σε ακραίες εκφράσεις της συμπεριφοράς που καταγράφεται (Brooke, 1996).

3.3.4 Ερωτήσεις κλίμακας χρηστικότητας

Όπως αναφέρθηκε, το SUS βασίζεται στην καταγραφή ακραίων εκφράσεων συμπεριφοράς του υποκειμένου, έτσι οι ερωτήσεις αξιολόγησης της χρηστικότητας του συστήματος που διερευνάται είναι συγκεκριμένες προκειμένου να εξυπηρετούν την τεχνική. Επομένως, η επιλογή τους πρέπει να γίνει από μία δεξαμενή 50 ερωτήσεων που προτείνονται (Brooke, 1996). Οι ερωτήσεις εκφράζουν θετικές ή αρνητικές απόψεις για το σύστημα που εξετάζεται, και για να γίνει η επεξεργασία των αποτελεσμάτων και να προκύψει ο ζητούμενος δείκτης χρηστικότητας, πρέπει να επιλέγονται με τρόπο ώστε οι μονές να έχουν θετική χροιά και οι ζυγές αρνητική.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος, επιλέχθηκαν με τον παραπάνω τρόπο 10 ερωτήσεις, στις οποίες μπορούσαν να απαντήσουν οι συμμετέχοντες, με τις εξής 5 κλιμακωτές επιλογές:

1. (διαφωνώ απόλυτα)

2. (διαφωνώ)

3. (ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ)

4. (συμφωνώ)

5. (συμφωνώ απόλυτα)

Έτσι, έγιναν οι παρακάτω ερωτήσεις:

1. Νομίζω ότι θα ήθελα να χρησιμοποιώ συχνά έναν χάρτη σαν και αυτόν.

2. Βρήκα αυτόν τον χάρτη περιττά περίπλοκο.

3. Νομίζω ότι αυτός ο τύπος χάρτη είναι εύκολος στη χρήση.

4.Νομίζω ότι θα χρειαζόμουν την υποστήριξη ενός έμπειρου προσώπου για να μπορέσω να χρησιμοποιήσω έναν χάρτη σαν κι αυτόν.

5. Διαπίστωσα ότι η απόδοση των χωρικών φαινομένων σε αυτόν τον χάρτη ήταν καλή.

6. Διαπίστωσα ότι αυτό ο χάρτης είχε σημαντικό αριθμό ασυνεπειών.

7. Νομίζω ότι οι περισσότεροι άνθρωποι με προβλήματα όρασης θα μπορούσαν εύκολα ή γρήγορα να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν έναν χάρτη σαν κι αυτόν.

8. Βρήκα αυτού του είδους τον χάρτη αυτόν τον τύπο χάρτη πολύ δύσχρηστο.

9. Ένιωσα πολύ σίγουρος/η χρησιμοποιώντας αυτόν τον χάρτη.

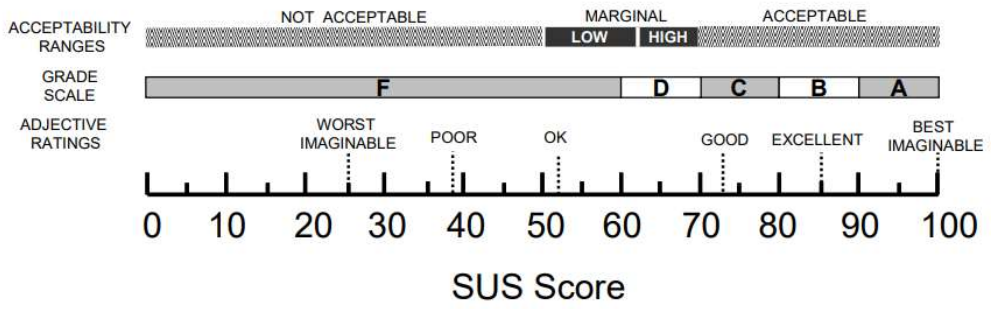
10. Χρειάστηκε πολύς χρόνος προσαρμογής ώστε να νιώσω άνετα με αυτό το είδος χάρτη.

3.3.4.1 Αποτελέσματα

Το σύστημα SUS καταλήγει σε μία βαθμολογία (“*SUS score*”), από την οποία αξιολογείται η χρηστικότητα του χάρτη.

Κάθε απάντηση λαμβάνει μία τιμή από 0 (διαφωνώ απόλυτα) μέχρι 4 (συμφωνώ απόλυτα). Για τον υπολογισμό της τελικής βαθμολογίας, αφαιρείται 1 βαθμός από τις μονές ερωτήσεις και για τις ζυγές, αφαιρείται η τιμή τους από το 5. Πολλαπλασιάζοντας με το 2,5 το άθροισμα των τελικών βαθμών που προκύπτουν μετά την προσαρμογή τους, προκύπτει η βαθμολογία κάθε συμμετέχοντα. Από το μέσο όρο των συμμετεχόντων εξάγεται το τελικό “*SUS score*” του συστήματος που εξετάζεται.

Όσο μεγαλύτερη είναι η βαθμολογία, τόσο καλύτερο το αποτέλεσμα του δείκτη χρηστικότητας της έρευνας. Συγκρίνοντας τις τιμές του SUS με τις κλασσικές κλίμακες αξιολόγησης προκύπτει ότι για να θεωρηθεί επιτυχημένο το αποτέλεσμα του, πρέπει να είναι πάνω από 68, τιμή η οποία λειτουργεί ως βάση. Έτσι, κάτω από 51 θεωρείται πολύ κακό αποτέλεσμα, από 51 έως 68 κακό, το 68 θεωρείται αποδεκτό (“ok”), από 68-80.3 το αποτέλεσμα είναι καλό και όταν η τιμή του ξεπερνάει το 80.3 είναι άριστο (Bangor, Kortum και Miller, 2009).



Εικόνα 49: Αναγωγή του αποτελέσματος SUS στις διάφορες κλίμακες αξιολόγησης
Πηγή: Bangor, Kortum και Miller (2009)

Ακολουθώντας την παραπάνω μεθοδολογία, τα τελικά αποτελέσματα που προέκυψαν για τους χάρτες της έρευνας είναι 71,5 για τον τρισδιάστατο χάρτη και 70 για τους 2 χάρτες που τυπώθηκαν σε μικροκαψουλικό χαρτί.

Παρατηρείται λοιπόν, πως οι δύο χάρτες εμπίπτουν στην ίδια κατηγορία, αυτή του καλού αποτελέσματος. Εντοπίζεται μία μικρή διαφορά της τάξης της 1,5 μονάδας, υπέρ του 3D χάρτη, αλλά δεν μπορεί να θεωρηθεί τόσο σημαντική, ώστε να εξαχθεί συμπέρασμα υπεροχής του έναντι των χαρτών σε μικροκαψουλικό χαρτί. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί πως, σύμφωνα πάντα με το συγκεκριμένο δείγμα που εξετάζεται, τα δύο είδη χαρτών που ελέγχονται, έχουν την ίδια αποδοχή και χρηστικότητα, σύμφωνα με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων.

4. Συμπεράσματα και προτάσεις

Παρά τα βήματα που έχουν γίνει τις τελευταίες δεκαετίες, οι απτικοί και οι πολυαισθητηριακοί χάρτες συνεχίζουν να αποτελούν έναν τομέα της Χαρτογραφίας, που χρήζει να ερευνηθεί περαιτέρω. Συνηθέστερα, συναντάται η κατηγορία των απτικών χαρτών, που απευθύνονται κυρίως σε άτομα με προβλήματα όρασης. Ακόμα όμως και σε αυτούς, παρότι ξεκίνησαν να παράγονται ήδη από τη δεκαετία του 1830, δεν έχει επιτευχθεί η τυποποίηση του σχεδιασμού τους, παρά τις συνεχείς προσπάθειες της χαρτογραφικής κοινότητας. Το γεγονός οφείλεται, αφενός σε πρακτικές δυσκολίες κατασκευής των χαρτών, αλλά κυρίως στις ανάγκες των χρηστών, για την κατανόηση των οποίων απαιτείται εκτός από το χαρτογραφικό πλαίσιο, στενή συνεργασία με τους τομείς της ιατρικής, της ψυχολογίας και της εκπαίδευσης.

Αντιλαμβάνεται κανείς, λοιπόν, ότι αν είναι τόσο δύσκολος ο σχεδιασμός και η κατασκευή απτικών χαρτών, κατηγορία που μελετάται για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα, πόσο δύσκολη γίνεται η χαρτογραφική διαδικασία όταν προστίθενται και άλλες μεταβλητές, όπως ακουστικά ή γευστικά ερεθίσματα.

Το πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας, επικεντρώθηκε στην κατασκευή ενός απτικοακουστικού χάρτη και κυρίως στη σύνδεση του ήχου στον απτικό χάρτη. Όπως προέκυψε, αν και υπήρχε μία σειρά επιλογών για τη σύνδεση των ηχητικών συμβόλων, οι τεχνικές αυτές είτε δυσχεραίναν τη μεταφορά του χάρτη και τη χρήση του εν κινήσει, είτε απαιτούσαν ειδικό εξοπλισμό και κάποια εξοικείωση των ατόμων με αυτές για την αναπαραγωγή του ήχου, όπως π.χ. η εύρεση και σάρωση των σειριακών κωδικών με κάποιο ειδικό στυλό.

Στα πλαίσια της εργασίας, εστιάζοντας στη σύνδεση του ήχου, δεν έγινε κάποια συστηματική έρευνα αξιολόγησης του χάρτη με ερωτηματολόγια, αλλά από την άτυπη αξιολόγηση που δέχτηκε από εκπαιδευτικούς, που είτε είχαν οι ίδιοι, είτε δίδασκαν μαθητές με προβλήματα όρασης, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: Όσον αφορά την πληροφορία του απτικού χάρτη, έπρεπε να γίνει διαλογή των σημείων ενδιαφέροντος και των κατηγοριών που θα υπήρχαν σε αυτόν. Η προσεκτική επιλογή της πληροφορίας ήταν αναγκαία, γιατί σε σύγκριση με τους συμβατικούς χάρτες, οι απτικοί πρέπει να έχουν πολύ λιγότερα στοιχεία, προκειμένου να είναι σαφώς διακριτά και αντιληπτά από το χρήστη. Τα περισσότερα εικονογραφικά σύμβολα που επιλέχθηκαν για λόγους χαρτογραφικού πλεονασμού, ήταν αναγνωρίσιμα δια της αφής, και όσον αφορά την παρουσία του ήχου, φάνηκε να βοηθάει τους χρήστες στην εμπέδωση του χάρτη και την απομνημόνευση κάποιων στοιχείων του. Επίσης, ορισμένοι εκπαιδευτικοί σχολίασαν, ότι τα ηχητικά σύμβολα, θα έκαναν τα παιδιά να δώσουν περισσότερη προσοχή στο χάρτη, άρα δυνητικά ο ήχος θα βοηθούσε στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην ανάπτυξη χωρικής αντίληψης.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας εστιάζει στη διεξαγωγή έρευνας σύγκρισης τριών απτικών χαρτών, δύο εκ των οποίων εκτυπώθηκαν σε μικροκαψουλικό χαρτί και ο τρίτος, που περιείχε την πληροφορία και των δύο προηγουμένων, προέκυψε από τρισδιάστατη εκτύπωση. Ο σχεδιασμός και η εκτύπωση των χαρτών προηγήθηκαν της έρευνας, και

επιβεβαίωσαν τις δυσκολίες που επισημάνθηκαν και στην ενότητα 1.4 «Αξιολόγηση απτικών και πολυαισθητηριακών χαρτών»: Ο σχεδιασμός τους ήταν μία χρονοβόρα διαδικασία, με αρκετές αναθεωρήσεις, που χρειάστηκαν προκειμένου να είναι απλοί, διατηρώντας όμως ταυτόχρονα τη βέλτιστη δυνατή ακρίβεια των δεδομένων που παρουσίαζαν. Οι χάρτες σε μικροκαψουλικό χαρτί, λόγω της 2,5D φύσης τους, που δεν επιτρέπουν διακυμάνσεις στο ύψος των στοιχείων, ήταν απλούστερο να σχεδιαστούν και να εκτυπωθούν. Αντιθέτως, ο 3D χάρτης, έπρεπε να είναι σαφώς κατανοητός σε όλες τις διαστάσεις του, γεγονός που οδήγησε σε αλλεπάλληλες εκτυπώσεις, μέχρι να «κλειδώσουν» οι αναλογίες του. Επιπλέον, ο 3D χάρτης είχε μερικούς ακόμα περιορισμούς για το σχήμα και το μέγεθος των στοιχείων, προκειμένου να εκτυπωθεί σωστά, π.χ. στην πρώτη εκτύπωση ορισμένα νησιά, έσπασαν λόγω του ύψους και του μικρού μεγέθους τους, που τα κατέστησαν εύθραυστα. Η τρισδιάστατη εκτύπωση, επίσης, είχε μεγάλο κόστος και η εκτύπωση διαρκούσε αρκετές ώρες. Άλλα σοβαρά μειονέκτημα των απτικών χαρτών, που διαπιστώθηκαν, είναι η φθορά τους, που είναι αναπόφευκτη λόγω των χρήσεων και των μετακινήσεων στις οποίες υπόκεινται, (αφού δεν μπορούν να διαδοθούν π.χ. ηλεκτρονικά, αλλά μόνο ως φυσικά αντικείμενα) και το γεγονός ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από έναν και μόνο χρήστη κάθε φορά, σε αντίθεση με τους συμβατικούς που μπορούν να διαβάζονται από πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη, όταν οι χάρτες χρησιμοποιούνται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, οι εκπαιδευτικοί να εκτυπώνουν πολλαπλά αντίτυπα, με ότι χρόνο και κόστος αυτό συνεπάγεται, προκειμένου να έχει ο κάθε μαθητής το χάρτη του στο μάθημα, είτε να χρησιμοποιείται ο ίδιος χάρτης από όλους, μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία.

Η έρευνα που ακολούθησε διεξήχθη σε μαθητές με προβλήματα όρασης, ο αριθμός συμμετεχόντων ήταν 20 παιδιά. Παρότι το δείγμα είναι μικρότερο σε σύγκριση με έρευνες, που γίνονται πάνω σε συμβατικούς χάρτες, όταν πρόκειται για απτικούς και πολυαισθητηριακούς χάρτες, λόγω της δυσκολίας που υπάρχει στη συγκέντρωση πολλών συμμετεχόντων, είναι συχνό φαινόμενο ο περιορισμένος αριθμός υποκειμένων. Έτσι, τα ευρήματα της έρευνας, που προέκυψαν από το συγκεκριμένο δείγμα, έδειξαν ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των αποδόσεων των χρηστών μεταξύ του τρισδιάστατου και των χαρτών σε μικροκαψουλικό χαρτί. Αντίστοιχο αποτέλεσμα υπήρξε για την κλίμακα χρηστικότητας των χαρτών, οι οποίες βαθμολογήθηκαν εξίσου καλά. Πέρα από το στατιστικό έλεγχο, ενδιαφέρον έχουν και οι αντιδράσεις των μαθητών, που φαίνεται να είναι σε αντιστοιχία με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Οι μαθητές εντυπωσιάζονταν από τον τρισδιάστατο χάρτη και τους κινούσε το ενδιαφέρον ως κάτι νέο, γεγονός που φαίνεται να αντισταθμίζει την οικειότητα που είχαν με τους χάρτες του μικροκαψουλικού χαρτιού.

Όπως προαναφέρθηκε, οι απτικοί και πολυαισθητηριακοί χάρτες ανήκουν σε έναν τομέα της Χαρτογραφίας με πολλά περιθώρια βελτίωσης και εξερεύνησης. Βασική ανάγκη, που θα δώσει ώθηση στην περαιτέρω έρευνα, είναι η καθιέρωση προτύπων και τυποποίηση του σχεδιασμού τους. Για παράδειγμα, ένα εγχειρίδιο απτικών ή και ακουστικών συμβόλων, θα βοηθούσε σε μεγάλο βαθμό τη μαζική παραγωγή απτικών και απτικοακουστικών χαρτών. Άλλο ζήτημα προς έρευνα που προκύπτει, είναι η αξιολόγηση των διαφόρων τεχνολογικών μέσων χρήσης του ήχου σε χάρτες, με άξονες τη χρηστικότητα και την αποτελεσματικότητα τους. Θα μπορούσαν έτσι, να προκύψουν κάποιες κατευθυντήριες που να συνδέουν τις τεχνικές με την κατηγορία και την κλίμακα του χάρτη, όπως π.χ. τη χρήση στυλό ήχου στους

χάρτες πλοήγησης. Αντίστοιχη μελέτη που θα συνδέει την κατάλληλη τεχνική εκτύπωσης για κάθε είδος χάρτη, θα μπορούσε να γίνει και για τους απτικούς χάρτες, αφού κάθε τεχνική εκτύπωσης έχει τα θετικά και τα αρνητικά της, και μπορεί εξυπηρετεί ή όχι το χάρτη, ανάλογα με τη λεπτομέρεια, το χρόνο κ.λπ. που απαιτείται από το χρήστη.

Βιβλιογραφία

Agrawal, R. και Singh, M. P. (1988). Primacy and recency effects among the blind. Journal of Psychological Researches, 32, σελ.26–30.

Amornchat, S. (n.d.). *Complex Images for All Learners*. Portland: Portland Community College.

Baddeley, B. (2016). *Tools Of The Trade – Thermoforming*. [online] Hackaday. Available at: https://hackaday.com/2016/12/22/tools-of-the-trade-thermoforming/ [Πρόσβαση στις 4 Jan. 2019].

Bangor, A., Kortum, P. και Miller, J. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), σελ.114-123.

Bevan, N., Carter, J., Harker, S. (2015): ISO 9241-11 revised: What have we learnt about usability since 1998? M. Kurosu (ed.): Human Computer Interaction, Part 1, HCII 2015, LNCS 9169, σελ. 143-151

Bliss, I., Kujala, T. και Hamalainen, H. (2004). Comparison of blind and sighted participants' performance in a letter recognition working memory task. Cognitive Brain Research, 18, σελ.273–277.

Blogs.uoregon.edu. (n.d.). *Tactile Symbol Set | Spatial and Map Cognition Research Labratory*. [online] Available at: https://blogs.uoregon.edu/smcrl/resources/tactile-symbol-set/ [Πρόσβαση στις 11 Jan. 2019].

Brock, A. και Jouffrais, C. (2015). Interactive audio-tactile maps for visually impaired people. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, (113), σελ.3-12.

Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., and A.L. McClelland (eds), Usability Evaluation in Industry, 1st ed. σελ. 189-94. London, U.K.: Taylor and Francis.

Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Gentès, A. και Jouffrais, C. (2018). An Exploratory Study of the Uses of a Multisensory Map—With Visually Impaired Children. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(3), σελ.36.

Carello, C., Anderson, K. και Kunkler-Peck, A. (1998). Perception of Object Length by Sound. *Psychological Science*, 9(3), σελ.211-214.

Clark, J. και Clark, D. (1994). Creating tactile maps for the blind using a GIS. *ASPRSI ACSM Annual Convention and Exposition. ASPR S Technical Papers, Reno, Nevada*, σελ.283-288.

Çöltekin, A., Heil, B., Garlandini, S. και Fabrikant, S. (2009). Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 36(1), σελ.5-17.

Cooper, H. (2006). A Brief History of Tactile Writing Systems for Readers With Blindness and Visual Impairments. *SEE/HEAR*, 11(2).

Creswell, J. (2011). Η έρευνα στην εκπαίδευση: σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας (μτφ. Ν. Κουβαράκου & Χ. Τσορμπατζούδης). Αθήνα: Ίων/Έλλην, σελ. 220-230.

C-Pen Reader. (2019). *C-Pen Reader*. [online] Available at: http://www.readerpen.com/ [Πρόσβαση στις 5 Apr. 2019].

Dangerousdecibels.org. (n.d.). *DdB: How do we hear?*. [online] Available at: http://www.dangerousdecibels.org/virtualexhibit/2howdowehear.html [Πρόσβαση στις 4 Apr. 2018].

Davis, L. (2012). *Tactile maps from an 1830s atlas for the blind*. [online] Io9 Gizmodo. Available at: https://io9.gizmodo.com/5928022/tactile-maps-from-an-1830s-atlas-for-the-blind [Πρόσβαση στις 14 Aug. 2018].

dazugehoeren. (2019). *Hörverlust messen - dazugehoeren*. [online] Available at: http://einfach-dazugehoeren.de/hoerverlust-messen/ [Πρόσβαση στις 17 May 2019].

Delogu, F., Palmiero, M., Federici, S., Plaisant, C., Zhao, H. και Belardinelli, O. (2010). Non-visual exploration of geographic maps: Does sonification help?. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 5(3), σελ.164-174.

Deltaceramica.it. (2011). *deltaceramica*. [online] Available at: http://www.deltaceramica.it [Πρόσβαση στις 17 Apr. 2019].

Flickr. (2011). *Perkins School for the Blind Archives*. [online] Available at: https://www.flickr.com/photos/perkinsarchive/ [Πρόσβαση στις 12 Aug. 2018].

Gaver, W. (1986) “Auditory Icons: Using Sound in Computer Interfaces,” Human-Computer Interaction, Vol. 2 (2), σελ.167-177

Galarnyk, M. (2018). *Understanding Boxplots*. [online] Towards Data Science. Available at: https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51 [Πρόσβαση στις 19 May 2019].

Giaimo, C. (2017). *How to Learn Geography With Your Hands*. [online] Atlas Obscura. Available at: https://www.atlasobscura.com/articles/tactile-maps-blind-geography [Πρόσβαση στις 14 Aug. 2018].

Gómez Solórzano, L., Sancho Comíns, J. και Bosque Sendra, J. (2017). Atlas Design: A Usability Approach for the Development and Evaluation of Cartographic Products. *The Cartographic Journal*, 54(4), σελ.343-357.

Gougoux, F., Lepore, F., Lassonde, M., Voss, P., Zatorre, R. και Belin, P. (2004). Pitch discrimination in the early blind. *Nature*, 430(6997), σελ.309-309.

Grassi, M. (2005). Do we hear size or sound? Balls dropped on plates. *Perception & Psychophysics*, 67(2), σελ.274-284.

Griffin, A. (2001). Feeling It Out: The Use of Haptic Visualization for Exploratory Geographic Analysis. *Cartographic Perspectives*, (39), σελ.12-29.

Grunwald, M. (2008). *Human haptic perception*. Basel: Birkhäuser, σελ.364-365.

Gual, J., Puyuelo, M. και Lloveras, J. (2014). Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key. *British Journal of Visual Impairment*, 32(3), σελ.263-278.

Gual-Ortí, J., Puyuelo-Cazorla, M. και Lloveras-Macia, J. (2015). Improving Tactile Map Usability through 3D Printing Techniques: An Experiment with New Tactile Symbols. *The Cartographic Journal*, 52(1), σελ.51-57.

Guidelines and standards for tactile graphics. (2010). Louisville, KY: American Printing House for the Blind.

Hagood, L. (2016). *The Question of Symbol Standardization: An Invitation to Discussion*. [online] Pathstoliteracy.org. Available at: http://www.pathstoliteracy.org/blog/question-symbol-standardization-invitation-discussion [Πρόσβαση στις 7 Oct. 2018].

Hale, K. και Stanney, K. (2004). Haptic rendering - beyond visual computing - Deriving haptic design guidelines from human physiological, psychophysical, and neurological foundations. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(2), σελ.33-39.

Hasty, L. (n.d.). *Professional Development for Teachers of the Visually Impaired*. [online] Perkinselearning.org. Available at: http://www.perkinselearning.org [Πρόσβαση στις 13 Sep. 2018].

Hermann, T., Hunt, A. και Neuhoff, J. (2011). *The Sonification handbook*. Berlin: Logos-Verl, σελ.12-26.

IAPB Vision Atlas. (2016). *IAPB Vision Atlas*. [online] Available at: http://atlas.iapb.org/ [Πρόσβαση στις 17 Feb. 2019].

IAPB. (2018). *World Sight Day - IAPB*. [online] Available at: https://www.iapb.org/advocacy/world-sight-day/ [Πρόσβαση στις 15 Sep. 2018].

Inkscape.org. (n.d.). *Inkscape tutorial: Τα βασικά | Inkscape*. [online] Available at: https://inkscape.org/doc/basic/tutorial-basic.el.html [Πρόσβαση στις 21 Dec. 2018].

ISO 9241-11 (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11 Guidance on usability.

ISO DIS 9241-11 (2015). Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts.

Jacobson, R. (2007). THE FUTURE OF TACTILE CARTOGRAPHY: FROM STATIC RAISED LINES TO MULTIMODAL DYNAMIC PORTABLE COMPUTER INTERFACES. In: *XXIII International Cartographic Conference*. Calgary: University of Calgary.

Jordão, B. (2013). Tactile Cartography: The Adapted Globe Experience on Social Inclusion. *São Paulo State University*. [online] Available at: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/6_proceeding.pdf.

Kuhn, G. (2013). *Orientierung bei Blinden: Hören wie die Fledermaus | BR.de*. [online] Br.de. Available at: https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/iq-wissenschaft-und-forschung/mensch/blind-echoortung-100.html [Πρόσβαση στις 16 Apr. 2018].

Kunkler-Peck, A. J. και Turvey, M. T. (2000). Hearing shape. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 26*(1), σελ.279-294.

Kwok, M. (2005). Guideline for Tactile Figures and Maps. *Keio University, University of Yamanashi*.

Lakatos, S., McAdams, S. και Caussé, R. (1997). The representation of auditory source characteristics: Simple geometric form. *Perception & Psychophysics*, 59(8), σελ.1180-1190.

Laviole, J. και Hachet, M. (2012). PapARt: Interactive 3D graphics and multi-touch augmented paper for artistic creation. *2012 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*.

Maxiaids.com. (2019). *MaxiAids | Low Vision Products | Blind Store | Low Vision Aids*. [online] Available at: https://www.maxiaids.com/low-vision-products [Πρόσβαση στις 30 Jan. 2019].

Miele, J. (n.d.). *Tactile Map Automated Production (TMAP) | Smith-Kettlewell*. [online] Ski.org. Available at: https://www.ski.org/project/tactile-map-automated-production-tmap [Πρόσβαση στις 14 Oct. 2018].

Morrongiello, B. A., Timney, B., Humphrey, G. K., Anderson, S., και Skory, C. (1995). Spatial knowledge in blind and sighted children. Journal of Experimental Child Psychology, 59, σελ.211–233.

Murphy, K. (n.d.). *A parent's late coming to Braille (History_file)*. [online] Tack-tiles.com. Available at: http://tack-tiles.com/HTMs/History.htm [Πρόσβαση στις 5 Oct. 2018].

National Federation of the Blind. (2018). *Blindness Statistics*. [online] Available at: https://nfb.org/blindness-statistics [Πρόσβαση στις 29 Aug. 2018].

NFB Jernigan Institute (2009). *The Braille Literacy Crisis in America*. Baltimore: National Federation of the Blind Jernigan Institute.

Oka, C. και Sena, C. (2001). The production and use of tactile graphics in São Paulo, Brazil. *ICC Proceedings*. [online] Available at: https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f21007.pdf [Πρόσβαση στις 10 Oct. 2018].

Parente, P. και Bishop, G. (2003). BATS: The Blind Audio Tactile Mapping System. Proc. ACM Southeast Regional Conf..

Pathstoliteracy.org. (2013). *A Case Study of Tack Tiles Literacy Instruction for a Student with Multiple Disabilities Including Congenital Blindness*. [online] Available at: http://www.pathstoliteracy.org/research/case-study-tack-tiles-literacy-instruction-student-multiple-disabilities-including [Πρόσβαση στις 7 Oct. 2018].

Project.inria.fr. (n.d.). *PapARt: Paper Augmented Reality Toolkit – A Processing library*. [online] Available at: https://project.inria.fr/papart/ [Πρόσβαση στις 19 Dec. 2018].

Ripley, D. L. και Politzer, T. (2010). Vision disturbance after TBI. *NeuroRehabilitation*, *27*(3), σελ.215-216. https://doi.org/10.3233/NRE-2010-0599

Rokem, A. και Ahissar, M. (2009). Interactions of cognitive and auditory abilities in congenitally blind individuals. *Neuropsychologia*, 47(3), σελ.843-848.

Rose, D. (2012). *Braille is spreading but who's using it?*. [online] BBC News. Available at: https://www.bbc.com/news/magazine-16984742 [Πρόσβαση στις 25 Sep. 2018].

Rotatori, A., Obiakor, F. και Bakken, J. (2011). *History of special education*. Emerald Group Publishing Limited, σελ.221.

Ruby Lane. (n.d.). *William Moon Braille Book C1850*. [online] Available at: https://www.rubylane.com/item/1132736-165/William-Moon-Braille-Book-C1850 [Πρόσβαση στις 16 Oct. 2018].

Rumsey, D. (2015). *Atlas for the Blind, 1837*. [online] Cartographic Perspectives. Available at: http://cartographicperspectives.org/carto/index.php/journal/article/view/cp80-rumsey/1416 [Πρόσβαση στις 12 Aug. 2018].

Seashore, C. (1967). *Psychology of music*.

Sholl, M. J., και Easton, R. D. (1986). Effect of referent object familiarity on verbal learning in the sighted and the blind.Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 12(2), σελ.190–200.

Sibelius Academy. (n.d.). *Basics of Acoustics; Hearing range, the concept of the octave and diatonics*. [online] Available at: http://www2.siba.fi/akustiikka/index.php?id=37&la=en [Πρόσβαση στις 6 Apr. 2018].

Sket, C. (2016). *Braille Literacy Statistics and How They Relate to Equality*. [online] Braille Works. Available at: https://brailleworks.com/braille-literacy-statistics/ [Πρόσβαση στις 23 Sep. 2018].

Štampach, R. και Mulíčková, E. (2016). Automated generation of tactile maps. *Journal of Maps*, 12(sup1), σελ.532-540.

Thaler, L. και Goodale, M. (2016). Echolocation in humans: an overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 7(6), σελ.382-393.

Tts-international.com. (n.d.). *TTS | School Supplies for Primary, Secondary & Early Years*. [online] Available at: https://www.tts-international.com [Πρόσβαση στις 1 Feb. 2019].

Vecchi, T. (1998). Visuo-spatial imagery in congenitally totally blind people. Memory and Cognition, 6(1), σελ.91–102.

Voženílek, V. και Vondráková, A. (2015). TACTILE MAPS BASED ON 3D PRINTING TECHNOLOGY. *SOCIETY, INTEGRATION, EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference*, 3, σελ.193.

Wyver, S. R., και Markham, R. (1998). Do children with visual impairment demonstrate superior short-term memory, memory strategies and metamemory? Journal of Visual Impairment and Blindness, 92, σελ.799–811.

Αλεβιζάκης, Α. (2014). Διπλωματική Εργασία: Διαδραστικός ηχητικός χάρτης σε περιβάλλον διαδικτύου - Εφαρμογή: Χάρτης θορύβου της πόλης της Βέροιας. *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*, σελ.15-16.

Κατσούλης, Φ. και Χαλικιά, Ι. (2007). *Εισαγωγή στην εκπαίδευση των μαθητών με μερική ή ολική απώλεια όρασης*. Αθήνα: ΕΠΕΑΕΚ, σελ.26-27, 34-37.

Νικήτας, Π. (2013). *Εισαγωγή στη στατιστική ανάλυση πειραματικών δεδομένων*. 1st ed. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΣΙΜΩΝΗ, σελ.25-30.

Παπαδόπουλος, Κ. (2000). *Χαρτογραφία και Χάρτες Αφής*. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ, σελ.56-112.

Ταμβάκης, Κ. (n.d.). [online] Available at: http://users.sch.gr/tamvakis/elessons_a_a5.html#kiries [Πρόσβαση στις 9 Apr. 2018].

Χαλικιάς, Μ., Λάλου, Π., Μανωλέσου, Α. 2015. *Μεθοδολογία έρευνας και εισαγωγή στη Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων με το IBM SPSS STATISTICS*. [ηλεκτρ. βιβλ.]

Παράρτημα Α

Ηχητικά σύμβολα απτικοακουστικού χάρτη της περιοχής του Θησείου σε μορφή QR code

Αρχαία αγορά:

Αστεροσκοπείο:

Εκκλησία Αγίας Μαρίνας:

Γραμμές του τρένου:

Γήπεδο:

Χώροι διασκέδασης:

Κινηματογράφος:

Λόφος των Νυμφών:

Υπαίθρια αγορά:

Πάρκο:

Παιδική χαρά:

Σταθμός ΗΣΑΠ Θησείου:

Ναός του Ηφαίστου:

Παράρτημα Β

Δημογραφικές ερωτήσεις έρευνας

1. Φύλο

☐ Άνδρας

☐ Γυναίκα

2. Ηλικία:

3. Επίπεδο εκπαίδευσης:

4. Έχετε κάποιο βαθμό αντίληψης του φωτός ή των μορφών για παράδειγμα;

☐ Ναι

☐ Όχι

Braille

5. Είστε αναγνώστης του συστήματος Braille;

☐ Ναι

☐ Όχι

6. Με τι συχνότητα χρησιμοποιείτε Braille;

1 (σπάνια) 2 (καμιά φορά) 3 (μέτρια) 4 (συχνά) 5 (πολύ συχνά)

Απτικές εικόνες

Υπάρχουν διάφορα είδη ανάγλυφων εικόνων οι οποίες ονομάζονται απτικές, για παράδειγμα: γραφήματα, σχέδια, χάρτες. Αλλά υπάρχουν και άλλες που ίσως ήδη γνωρίζετε.

7. Είχατε την ευκαιρία να χρησιμοποιήσετε απτικές εικόνες;

☐ Ναι

☐ Όχι

8. Με τι συχνότητα χρησιμοποιείτε απτικές εικόνες;

1 (σπάνια) 2 (καμιά φορά) 3 (μέτρια) 4 (συχνά) 5 (πολύ συχνά)

9. Έχετε ευκολία στην εξερεύνηση και ανάγνωση απτικών εικόνων;

1 (πολύ μικρή) 2 (μικρή) 3 (μέτρια) 4(μεγάλη) 5 (πολύ μεγάλη)

10. Έχετε συμμετάσχει άλλη φορά σε παρόμοια μελέτη/ έρευνα;

☐ Ναι

☐ Όχι