



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ & ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Τομέας Τοπογραφίας – Εργαστήριο Χαρτογραφίας

**Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών
μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε
τοπογραφικό χάρτη**

Διπλωματική Εργασία

Λόκκα Ισμήνη – Ελένη

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης:

Νάκος Β.
Κάβουρας Μ.
Κόκλα Μ.

Ιούλιος, 2013

© 2013 Ι. Ε. Λόκκα (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος)

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή του παρόντος κειμένου, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτού, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Προλογικό Σημείωμα

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Β. Νάκο, αρχικά για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και στη συνέχεια, για την ενεργή και άμεση βοήθεια και επιστημονική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η ιδέα της διπλωματικής εργασίας ήταν του Β. Κρασανάκη, τον οποίο ευχαριστώ τόσο για την επιστημονική του προσφορά με συμβουλές και επισημάνσεις, όσο και για την ψυχολογική υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας. Χωρίς την άψογη συνεργασία με την αγαπημένη μου φίλη Α. Λέλλη, δε θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για την υποστήριξη όλο αυτό το διάστημα και όλους εκείνους που συμμετείχαν στο πείραμα.

Λόκκα Ισμήνη – Ελένη

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Εισαγωγή.....	2
1. Οπτική αναζήτηση και ψυχολογική έρευνα.....	5
1.1. Μοντέλα οπτικής αναζήτησης.....	5
1.2. Οπτική αναζήτηση και μέθοδοι καταγραφής της.....	6
1.3. Προγνωστικό και γνωσιακό στάδιο προσοχής.....	7
1.3.1. Στάδιο προ-προσοχής.....	7
1.3.2. Γνωσιακές διαδικασίες.....	8
1.4. Χαρακτηριστικά που προσελκύουν την προσοχή.....	8
2. Η όραση – μέθοδοι καταγραφής της κίνησης του ματιού..	11
2.1. Λειτουργία του οφθαλμού.....	11
2.2. Ο οφθαλμός.....	12
2.3. Κινήσεις του οφθαλμού.....	13
2.3.1. Σακκαδικές κινήσεις (saccadic movements).....	13
2.3.2. Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης (smooth pursuits).....	13
2.3.3. Κινήσεις σύγκλισης (vergence eye movements).....	13
2.3.4. Εστιάσεις – προσηλώσεις (fixations).....	14
2.3.5. Οπτικοκινητικός νυσταγμός (optokinetic nystagmus).....	14
2.3.6. Περιστροφικές κινήσεις (torsional movements).....	14
2.4. Μέθοδοι καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων (eye tracking) ...	15
3. Δυναμικός χάρτης - δυναμικές μεταβλητές.....	19
3.1. Δυναμικές μεταβλητές.....	19
3.2. Κατηγορίες δυναμικών χαρτών	21
3.2.1. Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών ως προς το βαθμό διαδραστικότητας.....	21
3.2.2. Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών ως προς την κατεύθυνση εστίασης.....	22
3.2.3. Κατηγοριοποίηση βάση χρονολογικής σειράς παρουσίασης της αλλαγής.....	23
4. Χάρτες προσοχής (saliency maps)	25
4.1. Το μοντέλο του Itti.....	25
4.2. Το μοντέλο υπογραφής εικόνας (image signature)	28
4.3. Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency)	30
5. Μεθοδολογία Πειράματος.....	33
5.1. Εξωτερικές Μεταβλητές Πειράματος.....	33
5.2. Παράμετροι του Πειράματος.....	34
5.2.1. Χαρτογραφικό υπόβαθρο.....	34
5.2.2. Στόχος.....	36
5.2.3. Μετακινήσεις.....	38
5.2.4. Χρόνοι.....	41
5.2.5. Υποκείμενα Πειράματος.....	43
5.3. Βαθμονόμηση-Αλγόριθμος Βαθμονόμησης.....	43
5.3.1. Αυτό-βαθμονόμηση Συστήματος – Παράμετροι.....	44
5.3.2. Έλεγχος Βαθμονόμησης – Παράμετροι.....	45
5.3.3. Έλεγχος αποτελεσμάτων βαθμονόμησης-Αλγόριθμος k-means clustering.....	46
5.4. Πειραματική Διαδικασία.....	47
6. Αποτελέσματα-συζήτηση.....	53
6.1 Υποκείμενα πειράματος.....	53

6.1.1.	Δεδομένα τελικών υποκειμένων πειράματος.....	54
6.1.2.	Δεδομένα υποκειμένων που αποκλείστηκαν.....	58
6.2.	Τελικές επιτευχθείσες ακρίβειες.....	61
6.3.	Ανάλυση αποτελεσμάτων στο λογισμικό του OGAMA.....	61
6.3.1.	Παράμετροι λογισμικού OGAMA.....	62
6.3.2.	Αρχεία προσηλώσεων (fixations)	62
6.3.3.	Θερμικοί χάρτες (heatmaps)	64
6.4.	Τελικά σημεία προσήλωσης και γραφική παράσταση αποτελεσμάτων.....	65
6.5.	Σύγκριση με προσηλώσεις στο λευκό υπόβαθρο.....	69
6.6.	Σύγκριση αποτελεσμάτων με χάρτες προσοχής (saliency maps)	71
6.6.1.	Το μοντέλο του Itti.....	72
6.6.2.	Το μοντέλο υπογραφής εικόνας (image signature).....	76
6.6.3.	Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency).....	79
6.6.4.	Συμπεράσματα από τα τρία μοντέλα.....	83
6.7.	Εξαγωγή χαρακτηριστικών που προεξέχουν πέρα από την κίνηση	84
7.	Συμπεράσματα.....	89
7.1.	Έλεγχος βαθμονόμησης.....	89
7.2.	Σημεία προσήλωσης που αφορούν στην παρατήρηση του κινούμενου συμβόλου.....	90
7.2.1.	Εύρος περιοχής ορίου βάση του διαγράμματος ανίχνευσης του στόχου.....	90
7.2.2.	Σύγκριση με προσηλώσεις στο λευκό υπόβαθρο.....	90
7.3.	Μοντέλα χαρτών προσοχής.....	91
7.3.1.	Μοντέλο του Itti.....	92
7.3.2.	Μοντέλο της υπογραφής εικόνας (image signature).....	92
7.3.3.	Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency).....	92
7.4.	Μεταβλητές που προεξέχουν πέρα από την κίνηση.....	92
7.5.	Περαιτέρω έρευνα και μελέτη.....	93
	Βιβλιογραφία.....	95
	Παράρτημα Α.....	99
	Παράρτημα Β.....	109
	Παράρτημα Γ.....	119

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1 :	Γραφική παρουσίαση του βαθμού δυσκολίας της οπτικής αναζήτησης με βάση την ομοιότητα του στόχου με περισπαστές και των περισπαστών μεταξύ τους.....	6
Εικόνα 2.1 :	Ο οφθαλμικός βολβός.....	12
Εικόνα 2.2 :	Εξοπλισμός μεθοδολογίας ηλεκτρο-οφθαλμολογίας.....	16
Εικόνα 2.3 :	Διαδικασία τοποθέτησης του φακού επαφής με ενσωματωμένο καλώδιο.....	16
Εικόνα 2.4 :	Καταγραφή με (α) ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου, (β) ακινητοποίηση του υποκειμένου και (γ) ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου εφόσον είναι ενσωματωμένο ολόκληρο το σύστημα..	17
Εικόνα 3.1 :	Ρυθμός αλλαγής για μέγεθος, κατεύθυνση και απόχρωση.....	20
Εικόνα 4.1 :	Διαδικασία επεξεργασίας εικόνας.....	26
Εικόνα 4.2 :	Από την αρχική εικόνα παράγονται οι τρεις χάρτες χρώματος, έντασης και προσανατολισμού απ' όπου προκύπτει ο τελικός στον οποίο εντοπίζεται σε τέσσερις διαφορετικές χρονικές φάσεις (92, 145, 206 και 260 msec) το σημείο όπου εστιάζει η προσοχή.....	27
Εικόνα 4.3 :	α) Αρχική τεχνητή εικόνα, (β) ανασυγκροτημένη εικόνα και (γ) χάρτης προσοχής.....	29
Εικόνα 4.4 :	Διαδικασία εξαγωγής χαρτών προσοχής.....	29
Εικόνα 4.5 :	Αρχική εικόνα με σημεία εστίασης ανθρώπινου ματιού.....	31
Εικόνα 4.6 :	Χάρτες προσοχής με διαφορετικές παραμέτρους.....	31
Εικόνα 5.1 :	Αίθουσα πειράματος.....	34
Εικόνα 5.2 :	Σύστημα σταθεροποίησης υποκειμένου.....	34
Εικόνα 5.3 :	Τμήμα του χαρτογραφικού υπόβαθρου του πειράματος.....	36
Εικόνα 5.4 :	Μικρή Μετακίνηση 80 pixels.....	39
Εικόνα 5.5 :	Μεσαία Μετακίνηση 700 pixels.....	40
Εικόνα 5.6 :	Μεγάλη Μετακίνηση 1160 pixels.....	40
Εικόνα 5.7 :	Επιτυχής Βαθμονόμηση.....	44
Εικόνα 5.8 :	Αποτυχημένη Βαθμονόμηση.....	44
Εικόνα 5.9 :	Θέσεις Στόχων Ελέγχου Βαθμονόμησης.....	46
Εικόνα 5.10 :	Στόχοι Βαθμονόμησης Συστήματος.....	48
Εικόνα 5.11 :	Πρώτος Στόχος.....	49
Εικόνα 5.12 :	Δεύτερος Στόχος.....	49
Εικόνα 5.13 :	Τρίτος Στόχος.....	49
Εικόνα 5.14 :	Τέταρτος Στόχος.....	49
Εικόνα 5.15 :	Πέμπτος Στόχος.....	50
Εικόνα 5.16 :	Υπόβαθρο με τις 49 θέσεις του στόχου.....	51
Εικόνα 6.1 :	Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας).	56
Εικόνα 6.2 :	Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)	56
Εικόνα 6.3 :	Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας).	57
Εικόνα 6.4 :	Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)	57
Εικόνα 6.5 :	Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας).	58
Εικόνα 6.6 :	Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)	58
Εικόνα 6.7 :	Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας).	60
Εικόνα 6.8 :	Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)	60

Εικόνα 6.9 :	Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας).	60
Εικόνα 6.10 :	Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)	60
Εικόνα 6.11 :	Οπτική σκηνή που ο στόχος εντοπίστηκε και πραγματοποιήθηκε προσήλωση.....	65
Εικόνα 6.12 :	Οπτική σκηνή που ο στόχος δεν εντοπίστηκε και η προσήλωση έγινε σε προηγούμενη θέση στόχου.....	65
Εικόνα 6.13 :	Οπτική σκηνή που εντοπίστηκε ο στόχος μετά από προσήλωση στον προϋπάρχον στόχο.....	65
Εικόνα 6.14 :	Οπτική σκηνή που ο στόχος τελικά εντοπίστηκε μετά από προσήλωση σε διαφορετικά άλλα σημεία.....	65
Εικόνα 6.15 :	Διάγραμμα με παρουσίαση στόχων που ανιχνεύθηκαν και όχι, από όλα τα υποκείμενα, συναρτήσει του χρόνου έκθεσης της οπτικής σκηνής και της μετακίνησης του στόχου.....	68
Εικόνα 6.16 :	Διάγραμμα με παρουσίαση στόχων που ανιχνεύθηκαν και όχι, από όλα τα υποκείμενα, συναρτήσει του χρόνου έκθεσης της οπτικής σκηνής και της μετακίνησης για το κενό υπόβαθρο.....	68
Εικόνα 6.17 :	Χάρτης προσοχής μοντέλου Itti για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος.....	72
Εικόνα 6.18 :	Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti.....	73
Εικόνα 6.19 :	Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti.....	74
Εικόνα 6.20 :	Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti	75
Εικόνα 6.21 :	Χάρτης προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος.....	76
Εικόνα 6.22 :	Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας.....	77
Εικόνα 6.23 :	Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας.....	78
Εικόνα 6.24 :	Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας.....	79
Εικόνα 6.25 :	Χάρτης προσοχής μοντέλου GBVS για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος.....	80
Εικόνα 6.26 :	Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS.....	81
Εικόνα 6.27 :	Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS.....	81
Εικόνα 6.28 :	Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS.....	82
Εικόνα 6.29 :	Περιοχές που προεξέχουν με βάση τα τρία μοντέλα στο χαρτογραφικό υπόβαθρο.....	84
Εικόνα 6.30 :	Η οπτική σκηνή 1 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων.....	85
Εικόνα 6.31 :	Η οπτική σκηνή 12 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων.....	85
Εικόνα 6.32 :	Η οπτική 43 σκηνή σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων.....	85
Εικόνα 6.33 :	Η οπτική σκηνή 45 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων.....	86
Εικόνα B.1-49:	Οπτική σκηνή 1 - 49.....	109

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1.1 :	Κατηγοριοποίηση χαρακτηριστικών ως προς τη βεβαιότητα καθοδήγησης της προσοχής.....	9
Πίνακας 5.1 :	Συντεταγμένες στόχου σε κάθε οπτική σκηνή.....	37
Πίνακας 5.2 :	Επιτευχθείσες μετακινήσεις στο πείραμα.....	38
Πίνακας 5.3 :	Κατηγορίες χρονικών διαρκειών.....	41
Πίνακας 5.4 :	Παράθεση των εικόνων με τα στοιχεία τους.....	41
Πίνακας 5.5 :	Συντεταγμένες Στόχων.....	46
Πίνακας 5.6 :	Συνολικός πίνακας με όλους τους χρόνους.....	52
Πίνακας 6.1 :	Συνολικές αβεβαιότητες για 1 ^ο σετ πειράματος.....	54
Πίνακας 6.2 :	Συνολικές αβεβαιότητες για 2 ^ο σετ πειράματος.....	55
Πίνακας 6.3 :	Στατιστικά στοιχεία αβεβαιότητας του πειράματος.....	56
Πίνακας 6.4 :	Συνολικές αβεβαιότητες για 1 ^ο σετ πειράματος.....	59
Πίνακας 6.5 :	Συνολικές αβεβαιότητες για 2 ^ο σετ πειράματος.....	59
Πίνακας 6.6 :	Αριθμός σημείων εστίασης OGAMA.....	63
Πίνακας 6.7 :	Αναλυτική περιγραφή ανίχνευσης στόχου συναρτήσει χρόνου και απόστασης.....	66
Πίνακας 6.8 :	Αναλυτική περιγραφή ανίχνευσης στόχου συναρτήσει χρόνου και απόστασης για λευκό υπόβαθρο και υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη.....	69
Πίνακας 6.9 :	Σημεία που παρατηρήθηκαν στις διαφορετικές χρονικές κατηγορίες.....	86
Πίνακας Γ.1 :	Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για α' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη.....	119
Πίνακας Γ.2 :	Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη.....	120
Πίνακας Γ.3 :	Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για α' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο.....	121
Πίνακας Γ.4 :	Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο.....	123

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αποτελεί τμήμα μιας εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μελέτη του συνδυασμού των δυναμικών μεταβλητών της διάρκειας και του ρυθμού αλλαγής, ως παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική αναζήτηση. Η διάρκεια αναφέρεται στο χρόνο έκθεσης των οπτικών σκηνών του πειράματος, ενώ ο ρυθμός αλλαγής, αφορά στο είδος της μετακίνησης ενός κινούμενου συμβόλου στο σταθερό υπόβαθρο. Προκύπτει έτσι, ένα κινούμενο σύμβολο-στόχος, το οποίο εξετάζεται ως προς τη δυνατότητα παρατήρησής του σε σταθερό υπόβαθρο. Η οπτική αυτή αναζήτηση ερευνάται τόσο σε λευκό υπόβαθρο, όσο και σε υπόβαθρο με τοπογραφικό χάρτη προκειμένου να εντοπιστεί η διαφοροποίηση που υπεισέρχεται. Το αντικείμενο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση της οπτικής αναζήτησης στην περίπτωση που στις οπτικές σκηνές προβάλλεται ένας τοπογραφικός χάρτης ως υπόβαθρο. Τα αποτελέσματα των προσηλώσεων δίνουν χρήσιμα συμπεράσματα για το σχεδιασμό δυναμικών χαρτών και ενισχύεται η ανάγκη εφαρμογής της παρακολούθησης της κίνησης του ματιού για εξαγωγή αποτελεσμάτων που αφορούν στις προσηλώσεις των υποκειμένων. Τα αποτελέσματα που αφορούν στις προσηλώσεις πέραν του κινούμενου συμβόλου, συγκρίνονται με μοντέλα που εξάγουν χάρτες προσοχής για στατικές εικόνες, προκειμένου να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των μοντέλων στο συγκεκριμένο δυναμικό χάρτη. Επίσης, με βάση τις προσηλώσεις πέραν του κινούμενου συμβόλου, αναλύονται τα χαρακτηριστικά του υποβάθρου που προεξέχουν αμέσως μετά την κίνηση. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, προσφέρουν χρήσιμες παρατηρήσεις για περαιτέρω έρευνα στους δυναμικούς χάρτες.

Abstract

The diploma thesis is a of an empirical study which has been conducted to investigate the dynamic variables using eye movement analysis. The study focuses on the investigation of the optimal range of values in the dynamic variable of the rate of change, when the magnitude of change is held constant while the variable of duration changes. The study is tested using two backgrounds with different level of abstraction (a topographic map and a blank background). This diploma thesis examines the reaction of subjects on the topographic background is examined. The results of the fixations reveal useful conclusions for the creation of dynamic maps-animations and also that the use of eye movement recordings analysis is essential. The fixations which do not refer to the moving target are compared to three different saliency models of static images, to examine the effectiveness of the models. These fixations are also examined to check the attributes that stand out apart from the motion. Through the findings of the study, many useful critical comments may arise for the use of dynamic maps-animations.

Εισαγωγή

Η λειτουργία και ο τρόπος με τον οποίο οι δυναμικοί χάρτες γίνονται αντιληπτοί και παρατηρούνται από τους χρήστες αποτελεί αντικείμενο έρευνας και μελέτης των χαρτογράφων. Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που αφορούν στα βασικά εργαλεία για το σχεδιασμό δυναμικών χαρτών (animation maps), όπου και διατυπώνεται η ανάγκη να εντοπιστεί ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν τη γνωσιακή διαδικασία (Fabrikant 2005, Harrower & Fabrikant 2008). Η ταυτόχρονη ανάπτυξη μηχανισμών και συστημάτων ικανών να παρακολουθούν και να καταγράφουν τις οφθαλμικές κινήσεις, έχει ενισχύσει ιδιαίτερα το έργο των μελετητών, με την παράθεση αποτελεσμάτων που αφορούν στις κινήσεις του οφθαλμού. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατό να είναι γνωστά και αξιοποιήσιμα τόσο ο ακριβής χρόνος όσο και οι θέσεις που έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις και σακκαδικές κινήσεις του οφθαλμού, μετά από μια διαδικασία βαθμονόμησης του συστήματος. Με τη γνώση των στοιχείων αυτών, μπορεί ν' αποφανθεί κανείς για την παρατήρηση ή μη ορισμένων χαρακτηριστικών που παρουσιάζονται στα υποκείμενα των ερευνών.

Στο πλαίσιο αυτό κινείται η μελέτη της διπλωματικής εργασίας, η οποία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο ο συνδυασμός δύο δυναμικών μεταβλητών ενός δυναμικού χάρτη (animation map), επηρεάζει την οπτική αναζήτηση. Οι παραπάνω δυναμικές μεταβλητές που μελετώνται είναι η διάρκεια και ο ρυθμός αλλαγής. Ερευνάται το κατάλληλο εύρος των τιμών των δυναμικών μεταβλητών όπου το μέγεθος της αλλαγής σε μια οπτική σκηνή παραμένει σταθερό (μια μετακίνηση σε κάθε οπτική σκηνή) ενώ η διάρκεια μεταβάλλεται. Το πείραμα περιλαμβάνει δύο υπόβαθρα με διαφορετικά επίπεδα περισπαστών (ένα λευκό υπόβαθρο και έναν τοπογραφικό χάρτη). Μετράται η αντίδραση των υποκειμένων, μέσω καταγραφών των κινήσεων των ματιών, τα οποία παρατηρούν τις οπτικές σκηνές σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης. Τα υποκείμενα αντιλαμβάνονται τη μεταβολή της θέσης ενός συμβόλου, ως ένα κινούμενο αντικείμενο σε σταθερό υπόβαθρο (λευκό υπόβαθρο, είτε τοπογραφικό χάρτη). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αντίληψη του κινούμενου συμβόλου σε στάδιο προ-προσοχής.

Το πρώτο κεφάλαιο εστιάζει στην ψυχολογική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί γύρω από την οπτική αναζήτηση, εξηγώντας τα μοντέλα της οπτικής αναζήτησης που έχουν αναπτυχθεί. Περιγράφει την οπτική αναζήτηση και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της, ενώ παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά που τραβούν την προσοχή σε στάδιο προ-προσοχής.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην όραση. Αναλύει τόσο τα μέρη τα οποία λειτουργούν προκειμένου να υλοποιηθεί η όραση όσο και τη λειτουργία του οφθαλμού. Περιγράφονται τα επιμέρους τμήματα του οφθαλμού και τα διαφορετικά είδη οφθαλμικών κινήσεων που υπάρχουν. Τέλος, περιγράφονται οι διάφορες τεχνικές που καλύπτουν την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι δυναμικοί χάρτες. Περιγράφεται πως μια εικόνα που περιέχει γεωγραφικά δεδομένα μπορεί να αποτελεί στατική αναπαράσταση (η οποία παραμένει αμετάβλητη), ή να μεταβάλλονται στοιχεία σε αυτή, αποτελώντας έτσι έναν δυναμικό χάρτη κινούμενων εικόνων (animation map). Ορίζονται όλες οι δυναμικές μεταβλητές αλλά και ορισμένες κατηγοριοποιήσεις των δυναμικών χαρτών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι χάρτες προσοχής. Περιγράφεται τι ακριβώς είναι ο χάρτης προσοχής και αναλύονται τρία διαφορετικά μοντέλα που παράγουν χάρτες προσοχής καθώς και ο τρόπος με τον οποίο τους δημιουργούν.

Το πέμπτο κεφάλαιο αποτελεί την περιγραφή της μεθοδολογίας του πειράματος. Αναλύονται όλες οι εξωτερικές μεταβλητές του πειράματος, οι παράμετροί του, η βαθμονόμηση του συστήματος, που πραγματοποιείται προκειμένου να καταγράφονται οι οφθαλμικές κινήσεις και ο έλεγχος της βαθμονόμησης προκειμένου να προκύψει η ακρίβεια της καταγραφής. Τέλος, περιγράφεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία σε βήματα.

Με την παρουσίαση του πειράματος, ακολουθεί το έκτο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την πειραματική πορεία. Τα αποτελέσματα αφορούν στον τελικό αριθμό των υποκειμένων που έλαβαν μέρος στην πειραματική διαδικασία, μετά τον έλεγχο της βαθμονόμησης και την αξιολόγηση των τιμών που προέκυψαν. Περιγράφεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού του OGAMA, καθώς και η μετέπειτα επεξεργασία και παρουσίαση των τελικών προσηλώσεων που αφορούν στο κινούμενο σύμβολο. Τα αποτελέσματα αυτά συγκρίνονται με εκείνα του λευκού υποβάθρου όπως προκύπτουν από την ανάλογη μελέτη (Λέλλη 2013). Οι προσηλώσεις που δεν αφορούσαν στο κινούμενο σύμβολο εξετάζονται συγκριτικά με τους χάρτες προσοχής των τριών μοντέλων που αναλύθηκαν προηγουμένως. Τα σημεία προσήλωσης που δεν αφορούν στο κινούμενο σύμβολο, παρουσιάστηκαν τελικά, προκειμένου να προκύψουν πιθανά άλλα χαρακτηριστικά που προεξέχουν πέρα από την κίνηση.

Με την ανάλυση των αποτελεσμάτων, προκύπτουν και τα συμπεράσματα που περιέχονται στο έβδομο κεφάλαιο. Τα συμπεράσματα αφορούν στο σύνολο των διαδικασιών της εμπειρικής έρευνας, όπως ο έλεγχος της βαθμονόμησης, τα σημεία προσήλωσης που αφορούν στο στόχο, τους χάρτες προσοχής και τα χαρακτηριστικά που προεξέχουν πέρα από την κίνηση. Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παραπάνω παράγοντες παρουσιάζονται ορισμένες ιδέες για μελλοντική έρευνα και μελέτη.

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές και διαδικτυακές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή της έρευνας.

Στο Παράρτημα Α, παρουσιάζεται το αρχείο ρυθμίσεων του πειράματος που συντάχθηκε για αυτοματοποίηση της παρουσίασης των οπτικών σκηνών του. Το Παράρτημα Β περιλαμβάνει το σύνολο των οπτικών σκηνών με τη σειρά που προβλήθηκαν το οποίο αποτελεί το χαρτογραφικό πείραμα. Τέλος, το Παράρτημα Γ, περιλαμβάνει τους πίνακες που προέκυψαν από το λογισμικό που ανέπτυξε μέλος του Εργαστηρίου Χαρτογραφίας (Κρασανάκης 2013), για το διαχωρισμό των προσηλώσεων που αφορούν στο κινούμενο σύμβολο.

Κεφάλαιο 1

1. Οπτική αναζήτηση και ψυχολογική έρευνα

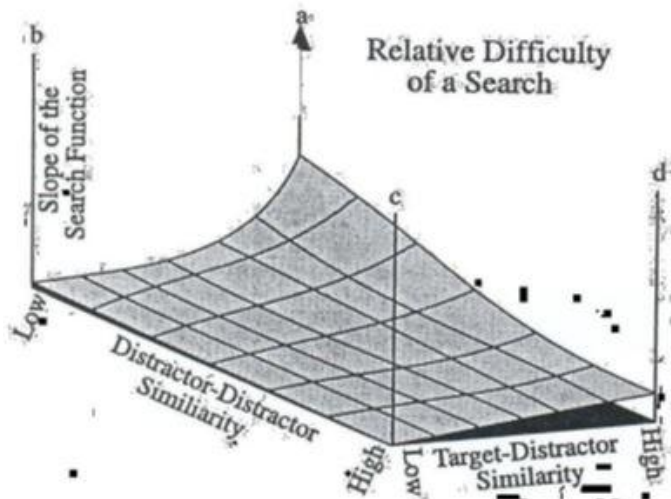
Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η οπτική αναζήτηση σε μια οπτική σκηνή, το τι δηλαδή παρατηρεί ο ανθρώπινος οφθαλμός πριν και μετά την πραγματοποίηση γνωσιακών διαδικασιών από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, αποτελούν αντικείμενο έρευνας ψυχολόγων και άλλων μελετητών.

1.1. Μοντέλα οπτικής αναζήτησης

Σκοπός των μοντέλων είναι η ερμηνεία των πρώτων σταδίων της οπτικής επεξεργασίας, δηλαδή, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η αφομοίωση της οπτικής πληροφορίας, η έρευνα του χώρου και η άσκηση της οπτικής αναζήτησης σε μια εικόνα. Όλα τα μοντέλα θεωρούν πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των γνώσεων, της από πάνω προς τα κάτω διαδικασίας και της από κάτω προς τα πάνω πληροφορίας. Ο βαθμός όμως, της αλληλεπίδρασης αυτής αποτελεί και τη βασική διαφοροποίηση των μοντέλων.

Η **Θεωρία της Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory)** η οποία εισήχθη από τους Treisman & Gelade (1980) βασίζεται στην υπόθεση του αρχικού διαχωρισμού της εικόνας σε χάρτες χαρακτηριστικών και έναν κύριο χάρτη θέσεων. Με βάση την πληροφορία που δίνει η εικόνα (διαδικασία από κάτω προς τα πάνω) και τη γνώση που έχει ο παρατηρητής (διαδικασία από πάνω προς τα κάτω), μπορεί να προσδιοριστεί ο στόχος. Σε περίπτωση που ο στόχος έχει μοναδικό χαρακτηριστικό, ο χάρτης του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού πραγματοποιεί αυτόματα τον εντοπισμό του μόνο με παράλληλη διαδικασία. Σε περίπτωση όμως, που δεν έχει μοναδικό χαρακτηριστικό, απαιτείται εστίαση της προσοχής (σειριακή αναζήτηση). Οι παράλληλες με τις σειριακές αναζητήσεις είναι απόλυτα διαχωρισμένες σε πρώτη φάση, ενώ σε επέκταση της θεωρίας καταργείται η διχοτόμηση και ο βαθμός εμφάνισης κάθε επεξεργασίας εξαρτάται από τη δυσκολία της αναζήτησης.

Η **Θεωρία της Δεσμευμένης Προσοχής (Attention Engagement Theory)** η οποία αναπτύχθηκε από τους Duncan & Humphreys (1989) θεωρεί πως η αλληλεπίδραση μεταξύ των χαρακτηριστικών των ερεθισμάτων της εικόνας, έχει καθοριστική σημασία για την ενεργοποίηση παράλληλης ή σειριακής διαδικασίας. Θεωρεί ότι οι παράλληλες και σειριακές αναζητήσεις αποτελούν τα δύο άκρα ενός συνεχούς. Επίσης, θεωρεί ότι το κρίσιμο ζήτημα για το χαρακτηρισμό μιας αναζήτησης ως εύκολης ή δύσκολης είναι η ομοιότητα του στόχου με τους περισπαστές και η ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους. Με βάση αυτούς τους παράγοντες δημιουργείται μια τρισδιάστατη απεικόνιση στην οποία οι επίπεδες κλίσεις έχουν μικρό βαθμό δυσκολίας στην αναζήτηση, ενώ οι απότομες κλίσεις είναι πιο δύσκολες. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζεται ο τρισδιάστατος χώρος για προσδιορισμό του βαθμού δυσκολίας με παραμέτρους τις προαναφερθείσες.



Εικόνα 1.1: Γραφική παρουσίαση του βαθμού δυσκολίας της οπτικής αναζήτησης με βάση την ομοιότητα του στόχου με περισπαστές και των περισπαστών μεταξύ τους (Πηγή: Lloyd 1997)

Η **Θεωρία της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης (Guided Search Theory)** που αναπτύχθηκε από τους Cave & Wolfe (1990), Wolfe et al. (1989), Wolfe (1994), Chun & Wolfe (1996) βασίζεται στη Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών και αποτελεί μια παραλλαγή της. Υπάρχει το παράλληλο στάδιο επεξεργασίας, όπου αναλύεται η οπτική σκηνή σε αντικείμενα (τα προ-προσεκτικά αντικείμενα με βάση τον Treisman) το οποίο ακολουθείται από το σειριακό πάντοτε. Μια θέση ενεργοποιείται με βάση την ομοιότητά του αντικειμένου στη θέση αυτή με τον στόχο. Θεωρεί βέβαια, πως καμία απόφαση δε μπορεί να ληφθεί στο στάδιο προ-προσοχής, παρά μόνο στη σειριακή επεξεργασία. Η ταχύτητα λήψης μιας απόφασης εξαρτάται από το θόρυβο της οπτικής σκηνής. Εξετάζει επίσης, και τις συνδυαστικές αναζητήσεις εντός του ίδιου χαρακτηριστικού και δείχνει πως αυτές έχουν σειριακούς χρόνους, σε αντίθεση με τις αναζητήσεις μεταξύ διαφορετικών χαρακτηριστικών.

1.2. Οπτική αναζήτηση και μέθοδοι καταγραφής της

“Ο όρος οπτική αναζήτηση αναφέρεται στη συγκέντρωση οπτικών διαδικασιών που επιτρέπουν τον εντοπισμό αυτού που αναζητείται, χρησιμοποιώντας τη χωρική προσοχή για τη σύνδεση των χαρακτηριστικών των αντικειμένων” (Vecera 2000 σελ. 355). Για τη σάρωση μιας οπτικής σκηνής απαιτούνται ορισμένες οπτικές και γνωσιακές διαδικασίες. Προκειμένου να ελεγχθούν και να μελετηθούν αυτές οι διαδικασίες, απαιτείται η εφαρμογή ορισμένων μεθόδων, όπως:

- ❖ **Η καταγραφή της κίνησης των ματιών:** Είναι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους για τον έλεγχο των γνωσιακών και οπτικών διαδικασιών, λόγω του ότι μπορεί να θεωρηθεί ως αντικειμενική αναλυτική μέθοδος. Ειδικά όσον αφορά τη χαρτογραφία, έχει τη δυνατότητα να υποδεικνύει τις επιδράσεις των συμβόλων και των μεταβλητών που επέλεξαν οι χαρτογράφοι. Υπάρχουν, βέβαια, και απόψεις που αντικρούουν τη θεώρηση αυτή, εφόσον θεωρούν πως είναι δύσκολη η εφαρμογή τους

και δεν είναι δυνατόν να διερευνηθεί αν στη θέση που επικεντρώνεται το βλέμμα, πραγματοποιείται και προσεκτική παρατήρηση (MacEachren 1995).

- ❖ **Οι μετρήσεις της ταχύτητας και της ακρίβειας:** στη μέθοδο αυτή, μετράται η ταχύτητα του παρατηρητή με την οποία αντιλαμβάνεται την παρουσία ή απουσία ενός στόχου από την οπτική σκηνή. Μεταφράζεται σε υπολογισμό του χρόνου αντίδρασης-ΧΑ (reaction time-RT), ο οποίος είναι διαφορετικός σε περίπτωση παρουσίας και απουσίας του στόχου και εξαρτάται από το μέγεθος του συνόλου της πληροφορίας της οπτικής σκηνής. Αναλόγως προκύπτει μια γραφική παράσταση από την οποία εκτιμώνται οι διαδικασίες αναζήτησης που εφαρμόστηκαν (παράλληλη ή σειριακή) και προσδιορίζεται το κόστος της εισαγωγής ενός νέου ερεθίσματος. Επίσης, ταξινομούνται οι αναζητήσεις βάση της γραφικής παράστασης ανάλογα με το βαθμό αποτελεσματικότητάς τους. Παράλληλα, μελετάται ο αριθμός των σωστών και λανθασμένων απαντήσεων για να προκύψει η ορθότητα του αποτελέσματος. Το ερέθισμα παρουσιάζεται στην αρχή για λίγο και μετά ακολουθεί μια μάσκα που τερματίζει την αναζήτηση. Ανάλογα με το αν τα αντικείμενα μπορούν να επεξεργαστούν όλα μαζί σε ένα βήμα, ή απαιτείται η μελέτη του καθενός ξεχωριστά, αυξάνεται το χρονικό διάστημα ανίχνευσης του στόχου.

1.3. Προγνωσιακό και γνωσιακό στάδιο προσοχής

Ένας από τους πιο απλούς διαχωρισμούς της οπτικής αναζήτησης, σύμφωνα με τον Sternberg (1969) εντοπίζεται σε δύο κατηγορίες.

- τις *παράλληλες* αναζητήσεις, στις οποίες όλα τα σύμβολα του χάρτη σαρώνονται ταυτόχρονα και
- τις *σειριακές* αναζητήσεις, στις οποίες εξετάζεται κάθε σύμβολο ξεχωριστά και στη συνέχεια όλα μαζί τα σύμβολα προκειμένου να οδηγηθεί σε συμπέρασμα ο παρατηρητής

Η διάκριση μεταξύ των παράλληλων και σειριακών αναζητήσεων πραγματοποιείται λόγω του διαχωρισμού των διαδικασιών επεξεργασίας των εικόνων. Η διχοτόμηση των δύο αναζητήσεων υποστηρίζεται από διάφορους επιστήμονες, οι οποίοι βασίζονται στις θεωρίες τους σε αυτή (Neisser 1967, Kinchla 1974, αναφέρεται σε Wolfe 1998, Treisman & Gelade 1980). Υπάρχουν όμως και εκείνοι που υποστηρίζουν ότι δεν είναι δυνατόν να ταξινομηθούν όλες οι αναζητήσεις σε μια από τις δύο κατηγορίες, καθώς τα δύο στάδια δεν είναι εντελώς ανεξάρτητα μεταξύ τους και ότι το ένα καθοδηγεί το άλλο (Wolfe & Horowitz 2004). Μια ακόμη άποψη αποτελεί εκείνη της διάκρισης των διαδικασιών σε προσεκτικές, προ-προσεκτικές και μη-προσεκτικές/απρόσεκτες διαδικασίες (Mack et al. 1992).

1.3.1. Στάδιο προ-προσοχής

Ως στάδιο προ-γνωσιακό ή προ-προσοχής (preattentive stage) χαρακτηρίζεται το στάδιο στο οποίο παρατηρείται η πραγματοποίηση ασυνείδητων διαδικασιών. Αποτελεί το πρωταρχικό

στάδιο επεξεργασίας, στο οποίο κυριαρχούν οι από κάτω προς τα πάνω, παράλληλες διαδικασίες, στις οποίες τα στοιχεία μιας εικόνας επεξεργάζονται ταυτόχρονα και αυτόματα, με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Το στάδιο αυτής της επεξεργασίας εκτελείται στην περιφερειακή όραση και έχει ως αποτέλεσμα είτε την αντιληπτική οργάνωση των στοιχείων της εικόνας (ενιαία ολιστική επεξεργασία της οπτικής σκηνής με αυτόματη ομαδοποίηση στοιχείων της και διαχωρισμός εικόνας-υποβάθρου) κατά τους ψυχολόγους της σχολής Gestalt, ή το ξεπέταγμα (pop out effect) μεμονωμένων χαρακτηριστικών (ικανότητα να προεξέχουν και να διακρίνονται ορισμένα χαρακτηριστικά περισσότερο από άλλα και ανεξάρτητα από το μέγεθος της πληροφορίας) (MacEachren 1995, Treisman & Gelade 1980, Dunkan & Hymphreys 1989, Wolfe et al. 1989, Wolfe & Cave 1989). Η δεύτερη άποψη φαίνεται να επικρατεί περισσότερο στις ιδέες που κυριαρχούν σήμερα και που προτείνονται από την επιστήμη της νευροφυσιολογίας και από τις υπολογιστικές θεωρίες, όπως η θεωρία του Marr (1982) (αναφέρεται σε Κασιδώνη 2005), οι οποίες υποστηρίζουν πως η αρχική εικόνα μεταφέρεται διασπασμένη σε στοιχειώδη χαρακτηριστικά όπως ακμές και άμορφες επιφάνειες και σε επόμενο στάδιο οργανώνονται και προσδιορίζονται οι μεταξύ τους σχέσεις. Εκείνο δηλαδή που γίνεται αντιληπτό είναι η δομή των επιφανειών και των σχημάτων.

1.3.2. Γνωσιακές διαδικασίες

Το στάδιο αυτό αποτελεί το μεταγενέστερο από τις απρόσεκτες διαδικασίες. Είναι πιο αργές, συνειδητές διαδικασίες οι οποίες χαρακτηρίζονται κι ως από “πάνω προς τα κάτω” (top-down). Εδώ γίνεται επεξεργασία της πληροφορίας που προέκυψε από το στάδιο προ-προσοχής και είχε αποθηκευθεί στη μικρής διάρκειας οπτική μνήμη, συνδυασμός και αλληλεπίδραση με υπάρχουσα γνώση του παρατηρητή, προκειμένου να προκύψει νέα πληροφορία. Αναγνωρίζονται και προσδιορίζονται χαρακτηριστικά που μπορεί να είχαν γίνει ασυνείδητα αντιληπτά σε προηγούμενο στάδιο. Πραγματοποιείται η παρατήρηση της οπτικής σκηνής από το βόθριο, το οποίο αποτελεί το κεντρικό τμήμα του αμφιβληστροειδή, όπου πραγματοποιείται η συγκέντρωση της προσοχής και υπάρχει μεγαλύτερη οπτική οξύτητα. Εφόσον η προσεκτική αυτή επεξεργασία λαμβάνει χώρα στην κεντρική όραση, είναι χωρικά περιορισμένη (Mack et. al 1992).

1.4. Χαρακτηριστικά που προσελκύουν την προσοχή

Από τις διαθέσιμες εναλλακτικές με χαρακτηριστικά των οπτικών σκηνών, έχει παρατηρηθεί ότι τα πιο απλά είναι αυτά που καθοδηγούν την οπτική αναζήτηση. Για την ακρίβεια αυτά τα χαρακτηριστικά εξάγονται σε στάδιο προ-προσοχής. Μάλιστα, ορισμένα χαρακτηριστικά που έχει αποδειχθεί πως καθοδηγούν την οπτική αναζήτηση όπως το χρώμα και ο προσανατολισμός, σε περίπτωση που συνδυαστούν, μπορούν να αποτελέσουν καθοδηγητές της προσοχής. Τα πιο πολύπλοκα χαρακτηριστικά με τις περισσότερες ιδιότητες απαιτούν προσοχή. Οι Wolfe & Horowitz (2004) κατηγοριοποίησαν τα γνωστά χαρακτηριστικά με βάση το βαθμό βεβαιότητας ως προς την καθοδήγηση της προσοχής και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1:

Πίνακας 1.1: Κατηγοριοποίηση χαρακτηριστικών ως προς τη βεβαιότητα καθοδήγησης της προσοχής
(Πηγή: Wolfe & Horowitz 2004)

Βαθμός Βεβαιότητας	Χαρακτηριστικά
Αναμφισβήτητα	Χρώμα, κίνηση, προσανατολισμός, μέγεθος (συνιστώσες της χωρικής συχνότητας και χωρικής κλίμακας)
Πιθανά	Τρεμοπαίξιμο, πολωμένη φωτεινότητα, vernier offset, στερεοσκοπικό βάθος και κλίση, εικονογραφικά συνθήματα βάθους, σχήμα, γραμμικές απολίξεις, κλείσιμο, τοπολογία, καμπυλότητα
Ενδεχόμενα	Διεύθυνση φωτισμού (σκίαση), λάμψη, διαστολή, αριθμός, αναλογία διαστάσεων
Αβέβαια	Καινούρια χαρακτηριστικά, γράμματα, αλφαριθμητική κατηγορία
Πιθανά μη χαρακτηριστικά	Τομές-διασταυρώσεις, οπτική ροή, αλλαγή χρώματος, τρισδιάστατοι όγκοι, πρόσωπα (οικία, αναποδογυρισμένα, θυμωμένα), όνομα παρατηρητή, σημασιολογική κατηγορία (ζώα, τρομακτικά θέματα)

Η *κίνηση* ορίζεται από την αλλαγή στη φωτεινότητα, στη θέση, στο μέγεθος και στον προσανατολισμό. Ο χώρος του χαρακτηριστικού της κίνησης περιλαμβάνει τρεις άξονες-διαστάσεις, την κίνηση, τη ταχύτητα και την κατεύθυνση. Σε περίπτωση που σε μια εικόνα περισπαστές κινούνται με διαφορετικές κατευθύνσεις, είναι δύσκολο να εντοπιστεί ένας στόχος που κινείται με συγκεκριμένη ταχύτητα. Το αντίστροφο όμως, δεν ισχύει εφόσον στην περίπτωση διαφορετικών ταχυτήτων των περισπαστών, η αναζήτηση του στόχου που έχει διαφορετική κατεύθυνση, δεν είναι δύσκολη. Έτσι, γίνεται αντιληπτή η περιπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διαστάσεων της.

Η ασυμμετρία είναι μια ακόμη ιδιαιτερότητα που χαρακτηρίζει την κίνηση, εφόσον σε περίπτωση κινούμενου στόχου μεταξύ ακίνητων περισπαστών, η αναζήτηση είναι εύκολη, σε αντίθεση με αναζήτηση ακίνητου στόχου μεταξύ κινούμενων περισπαστών (Κασιδώνη, 2005).

Κεφάλαιο 2

2. Η όραση – μέθοδοι καταγραφής της κίνησης του ματιού

Η όραση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αισθήσεις του ανθρώπου. Μέσω της αίσθησης αυτής ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί το χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται.

Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η όραση, δεν είναι απολύτως γνωστός και γίνεται διαρκής προσπάθεια για μελέτη και ανάλυση. Το οπτικό σύστημα, χωρίζεται σε ορισμένα μέρη μέχρι να γίνει αντιληπτή μια οπτική πληροφορία (Σκορδάς & Αναστασόπουλος 2003). Αυτά είναι:

- ❖ ο οφθαλμός, στον οποίο πραγματοποιείται το είδωλο,
- ❖ το οπτικό νεύρο που μεταδίδει το ερέθισμα στον εγκέφαλο και
- ❖ ο εγκέφαλος, σε συγκεκριμένο τμήμα του οποίου γίνεται η επεξεργασία και η τελική κατανόηση του ερεθίσματος.

2.1. Λειτουργία του οφθαλμού

Ο οφθαλμός, σε μια απλουστευμένη έκδοση, μπορεί να θεωρηθεί ότι λειτουργεί, όπως μια φωτογραφική μηχανή. Δέχεται το ανακλώμενο φως, το οποίο περνάει μέσα από έναν φακό για να καταλήξει σε ένα είδωλο της παρατηρούμενης πληροφορίας. Οι διαστάσεις του ειδώλου εξαρτώνται τόσο από το πραγματικό μέγεθος του αντικειμένου στο χώρο, όσο και από την απόσταση που παρατηρείται.

Μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ευρυγώνιος φακός, εφόσον καλύπτει ένα τόξο της τάξης των 60° από το κέντρο παρατήρησης (MacEachren 2004).

Παρ' όλα αυτά, το ανθρώπινο μάτι, θεωρείται από ορισμένους ως η χειρότερη μηχανή στον κόσμο (Duchowski 2007), καθώς υπάρχει μεγάλος αριθμός ατελειών, όπως:

- ❖ Σφαιρικές εκτροπές, πρισματική εκτροπή σε περιφερειακά μέρη του φακού.
- ❖ Χρωματικές εκτροπές, όπου χαμηλότερα μήκη κύματος (μπλε χρώμα) διαθλώνται περισσότερο από υψηλότερα (κόκκινο χρώμα).
- ❖ Καμπυλότητα του τοπίου, όπου ένα επίπεδο αντικείμενο μπορεί να προβάλλεται ως καμπύλο είδωλο.

Οι ατέλειες αυτές βέβαια, είναι δυνατόν να μειωθούν μέσω διαφόρων μηχανισμών του ματιού (Duchowski 2007). Συγκεκριμένα:

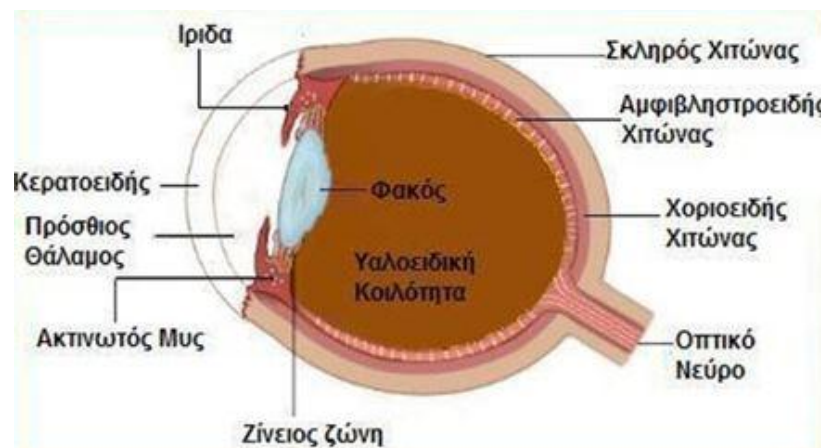
- ❖ Η μείωση της σφαιρικής εκτροπής επιτυγχάνεται με τη λειτουργία της ίριδας του ματιού, η οποία περιορίζει την είσοδο φωτεινών ακτινών από την περιφέρεια.

- ❖ Για να ξεπεραστεί η χρωματική εκτροπή, ο οφθαλμός παράγει αυστηρές φωτογραφίες με ενδιάμεσα μήκη κύματος.
- ❖ Για την αντιμετώπιση της καμπυλότητας στο τοπίο, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι κυρτός προκειμένου να αντισταθμίσει αυτό το φαινόμενο.

2.2. Ο οφθαλμός

Ο οφθαλμός αποτελεί το αισθητήριο όργανο του οπτικού συστήματος των οργανισμών. Διαχωρίζεται σε επιμέρους τμήματα που τον συνθέτουν, όπως:

- ❖ τον *οφθαλμικό βολβό* (Εικόνα 2.1) που έχει σφαιρικό σχήμα και αποτελείται από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα (όπου γίνεται η μετατροπή των φωτεινών εικόνων σε ηλεκτρικές νευρώσεις), τον αγγειώδη χιτώνα (όπου πραγματοποιείται συστολή της κόρης σε συνθήκες έντονου φωτισμού) και τον ινώδη/σκληροκερατοειδή χιτώνα (για τη λειτουργία προστασίας του ματιού και διατήρησης του σχήματός του).



Εικόνα 2.1: Ο οφθαλμικός βολβός (<http://www.drneos.gr>)

- ❖ Τα *βλέφαρα* που λειτουργούν ως καλύμματα προστασίας του οφθαλμικού βολβού.
- ❖ Τη *δακρυϊκή συσκευή* στην οποία παράγονται τα δάκρυα.
- ❖ Τους *εξωβολθικούς μυες*, οι οποίοι είναι έξι σε κάθε μάτι και λειτουργούν ανά ζεύγη, προκειμένου να επιτρέψουν την κίνηση του οφθαλμικού βολβού στο χώρο (δύο ζεύγη για τις πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά κινήσεις, καθώς και ένα για την περιστροφή).

Με το συνδυασμό και των δύο οφθαλμών επιτυγχάνεται η στερεοσκοπική παρατήρηση και η ανάπλαση της τρισδιάστατης απεικόνισης, η οποία δεν είναι εφικτή με τη μονόφθαλμη παρατήρηση. Λεπτομερέστερη παρουσίαση για τη λειτουργία του οφθαλμού γίνεται σε σχετική εργασία (Κρασανάκης 2009).

2.3. Κινήσεις του οφθαλμού

Για την παρακολούθηση και καταγραφή των κινήσεων του ματιού, πρέπει να είναι σαφώς ορισμένα τα διαφορετικά είδη κινήσεων που πραγματοποιεί το ανθρώπινο μάτι. Οι κινήσεις του ματιού θεωρούνται ως περιστροφές γύρω από δύο οριζόντιους κάθετους μεταξύ των άξονες και έναν κατακόρυφο άξονα. Επιπλέον, το κέντρο περιστροφής του ματιού δεν είναι σταθερό. Υπάρχουν ορισμένοι βασικοί τύποι οφθαλμικών κινήσεων που εφαρμόζονται σε συνδυασμούς για όλες σχεδόν τις κανονικές πρωταρχικές κινήσεις προκειμένου να μεταβληθεί η θέση του βοθρίου. Είναι οι σακκαδικές, οι ομαλές κινήσεις παρακολούθησης, οι κινήσεις σύγκλισης, οι εστιάσεις-προσηλώσεις, ο οπτικοκινητικός νυσταγμός, ο διαδρομικός νυσταγμός (vestibular nystagmus), ο αυθόρμητος νυσταγμός και οι στροφικές κινήσεις.

2.3.1. Σακκαδικές κινήσεις (saccadic movements)

Οι σακκαδικές κινήσεις είναι ταχύτερες κινήσεις που πραγματοποιούν οι οφθαλμοί προκειμένου να μεταβάλλουν τη θέση του βοθρίου, που αποτελεί το κέντρο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, σε μια νέα τοποθεσία στο οπτικό πεδίο (Duchowski 2007). Αποτελούν αυθόρμητες κινήσεις και αντανακλαστικές. Η διάρκειά τους κυμαίνεται από 10 msec μέχρι 100 msec. Η ταχύτητά τους εξαρτάται από την εκκεντρότητα του στόχου, η οποία προσεγγίζει τις $700^\circ/\text{sec}$. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει στόχος, μπορεί και πάλι να παρουσιάζονται όταν επικρατεί σκοτάδι (Κρασανάκης 2009).

2.3.2. Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης (smooth pursuits)

Οι κινήσεις αυτές εκτελούνται κατά την οπτική παρακολούθηση ενός κινούμενου στόχου. Χαρακτηρίζονται από την προσπάθειά τους να σταθεροποιήσουν την εικόνα του κινούμενου στόχου. Γενικότερα οι κινήσεις αυτές δεν είναι εκούσιες και απαιτούν την παρουσία ενός οπτικού πεδίου που κινείται για την πραγματοποίησή τους (Robinson 1965 και Westheimer 1954, που αναφέρονται σε Young & Sheena 1975). Ανάλογα με το ρυθμό κίνησης του στόχου, οι οφθαλμοί έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής στη ταχύτητά του (Duchowski 2007). Η μέγιστη ταχύτητά τους ανέρχεται στις $100^\circ/\text{sec}$, πολύ μικρότερη από την κίνηση των σακκαδικών κινήσεων (Κρασανάκης 2009). Στην κατηγορία αυτή των κινήσεων μπορούν να περιληφθούν και οι κινήσεις αντιστάθμισης (compensatory movements), οι οποίες χαρακτηρίζονται από τη σταθεροποίηση του ειδώλου με την κίνηση του κεφαλιού. Σχετίζονται άμεσα και με τις κινήσεις του διαδρομικού νυσταγμού.

2.3.3. Κινήσεις σύγκλισης (vergence eye movements)

Οι κινήσεις σύγκλισης είναι οι κινήσεις και των δύο οφθαλμών προς αντίθετες κατευθύνσεις προκειμένου να συγχωνεύσουν την εικόνα ενός μακρινού ή κοντινού αντικειμένου. Είναι πολύ

πιο αργές και ομαλές απ' ότi οι συζυγείς κινήσεις ενώ δε μπορούν να προβλεφτούν. Οι μέγιστες ταχύτητές τους είναι 10°/sec (Young & Sheena 1975).

2.3.4. Εστιάσεις – προσηλώσεις (fixations)

Οι εστιάσεις ή αλλιώς προσηλώσεις του ματιού (fixations), είναι οι κινήσεις οι οποίες σταθεροποιούν τη θέση του αμφιβληστροειδή χιτώνα σε ένα ακίνητο αντικείμενο το οποίο έλκει την προσοχή. Χαρακτηρίζονται από πολύ μικρές κινήσεις (miniature eye movements) οι οποίες αναλύονται περαιτέρω σε τρέμουλο (tremor), σε κινήσεις διολίσθησης (drift) και σε μικροσακκαδικές κινήσεις (flicks-microsaccades). Όλες αυτές οι πολύ μικρές κινήσεις του ματιού που συνοδεύουν τις προσηλώσεις, θεωρούνται θόρυβος στο σύστημα ελέγχου που χρησιμοποιείται (Duchowski 2007).

Ο χρόνος που αντιστοιχεί στις προσηλώσεις κυμαίνεται από 100 μέχρι 1000 msec (Brodersen et al. 2001). Ο Irwin (1992), αναφερόμενος σε Duchowski (2007), ορίζει ως χρονική διάρκεια τα 150-600 msec.

2.3.5. Οπτικοκινητικός νυσταγμός (optokinetic nystagmus)

Ο οπτικοκινητικός νυσταγμός αποτελεί συζυγή κίνηση του ματιού η οποία διακρίνεται από χρονικές σειρές οι οποίες παρουσιάζονται οδοντωτές. Χαρακτηρίζεται και ως νυσταγμός τρένου (train nystagmus) και είναι ένα είδος ομαλής κίνησης παρακολούθησης που προκαλείται από ένα κινούμενο οπτικό πεδίο το οποίο περιέχει επαναλαμβανόμενα σχέδια. Χαρακτηρίζεται από μια αργή φάση στην οποία το μάτι προσηλώνεται σε ένα τμήμα του κινούμενου οπτικού πεδίου και το παρακολουθεί με ομαλές κινήσεις παρακολούθησης, καθώς και από μια γρήγορη φάση στην οποία μεταπηδά με μια σακκαδική κίνηση σε ένα άλλο τμήμα του οπτικού πεδίου. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ των δύο φάσεων ανέρχεται σε 0,2 sec με μέγιστη συχνότητα τα 5 Hz. Το γωνιακό πλάτος των κινήσεων αυτών κυμαίνεται από 1° έως 10° (Young & Sheena 1975). Παρόμοια κίνηση αποτελεί και ο διαδρομικός νυσταγμός, η οποία χαρακτηρίζεται από αργή και γρήγορη φάση.

Τέλος, ο αυθόρμητος νυσταγμός (spontaneous-gaze nystagmus) αποτελεί μια ανώμαλη μορφή νυσταγμού με νευρολογικές διαταραχές. Μπορεί να παρατηρηθεί είτε απευθείας, όταν η κίνηση είναι αρκετά μεγάλη, ή με τη βοήθεια μηχανισμού καταγραφής.

2.3.6. Περιστροφικές κινήσεις (torsional movements)

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει περιστροφικές κινήσεις του ματιού, της γραμμής του βλέμματος. Περιορίζονται σε γωνίες μικρότερες των 10°. Οι κινήσεις αυτές μπορεί να διεγείρονται από περιστροφικό οπτικοκινητικό νυσταγμό. Ο παράγοντας της περιστροφής

παρουσιάζεται λόγω της περιστροφής της κεφαλής και είναι παρόμοιος με οριζόντιο και κατακόρυφο διαδρομικό νυσταγμό (Young & Sheena 1975).

2.4. Μέθοδοι καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων (eye tracking)

Η παρακολούθηση των οφθαλμικών κινήσεων πραγματοποιείται με τη χρήση μιας συσκευής η οποία καταγράφει τις κινήσεις που πραγματοποιούν οι οφθαλμοί. Οι συσκευές παρακολούθησης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την τεχνική που εφαρμόζουν για τη μέτρηση. Σύμφωνα με τους Young & Sheena (1975) οι παραπάνω καταγραφές μπορεί να αφορούν σε:

- ❖ Μέτρηση της απόστασης του οφθαλμού σε σχέση με το κεφάλι.
- ❖ Μέτρηση του προσανατολισμού του οφθαλμού στο χώρο.

Μια άλλη κατηγοριοποίηση αφορά στα όργανα που χρησιμοποιούνται για να καταγραφούν κινήσεις, όπου, τα ίδια τα όργανα διαφοροποιούν και τη μεθοδολογία καταγραφής. Οι διαφορετικές εναλλακτικές καταγραφές είναι:

- ❖ Ηλεκτρο-οφθαλμολογία
- ❖ Σκληροί φακοί επαφής
- ❖ Καταγραφή με κάμερες οι οποίες αναλύουν εικόνες
- ❖ Καταγραφή βίντεο της αντανάκλασης της φωτεινής πηγής

Η **ηλεκτρο-οφθαλμολογία** (Electro-oculography EOG) αποτέλεσε μια από τις πρώτες πιο διαδεδομένες καταγραφές των κινήσεων του ματιού εδώ και 40 χρόνια. Οι Mowrer et al. (1936) (αναφέρονται σε Young & Sheena 1975), διαπίστωσαν ότι η θέση του ματιού ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων γύρω από το μάτι, μετρώντας τα δυναμικά που δημιουργούνται με την κίνηση των οφθαλμών. Ανάλογα με την τοποθεσία των ηλεκτροδίων μετρώνται τόσο οι οριζόντιες συζυγείς κινήσεις όσο και οι κινήσεις σύγκλισης. Με την τεχνική αυτή, είναι δυνατόν να μετρηθούν οι γρήγορες και αργές κινήσεις του φυσιολογικού νυσταγμού. Οι δυνατότητες καταγραφής κυμαίνονται μεταξύ 15-200 μV , με ονομαστική ευαισθησία της τάξης των 20 $\mu\text{V}/\text{deg}$ της κίνησης του ματιού. Επειδή με την τεχνική αυτή μετρώνται οι κινήσεις των οφθαλμών σε σχέση με το κεφάλι, για μέτρηση σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς θα πρέπει να είναι προσδιορισμένη η θέση του κεφαλιού με έναν ανιχνευτή κεφαλής (head tracker) (Duchowski 2007). Στην Εικόνα 2.2, παρουσιάζεται η συσκευή για την ηλεκτρο-οφθαλμολογική καταγραφή.



Εικόνα 2.2: Εξοπλισμός μεθοδολογίας ηλεκτρο-οφθαλμολογίας (Πηγή: <http://www.metrovision.fr>)

Η χρήση **φακών επαφής** αποτελεί μια από τις πιο ακριβείς μεθόδους καταγραφής της κίνησης του ματιού. Βασίζεται στην ενσωμάτωση ενός μηχανισμού ή μιας οπτικής αναφοράς επάνω στον φακό επαφής, ο οποίος τοποθετείται απευθείας στον οφθαλμό. Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι φώσφορος, ο οποίος έχει την ιδιότητα να αντανακλά το φως και σπείρα από καλώδιο. Ο πλέον συνήθης μηχανισμός χρησιμοποιεί ένα καλώδιο, το οποίο μετρά την κίνηση μέσω ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (Duchowski 2007). Υποχρεωτικά ο φακός έχει μεγάλο μέγεθος προκειμένου να καλύπτει τον κερατοειδή και το σκληρό χιτώνα, έτσι ώστε να μην ολισθαίνει. Η μέθοδος αυτή με το καλώδιο παρουσιάζεται ως ιδιαίτερα ακριβής στον προσδιορισμό της κίνησης του ματιού. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι βολική η εφαρμογή της στο μάτι.

Όμοια με την προηγούμενη μέθοδο καταγραφής, παρουσιάζει μετρήσεις σε σχέση με το κεφάλι του υποκειμένου, οπότε δεν ενδείκνυται για μέτρηση σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς. Στην Εικόνα 2.3, παρουσιάζεται η διαδικασία τοποθέτησης φακού επαφής με ενσωματωμένο καλώδιο.

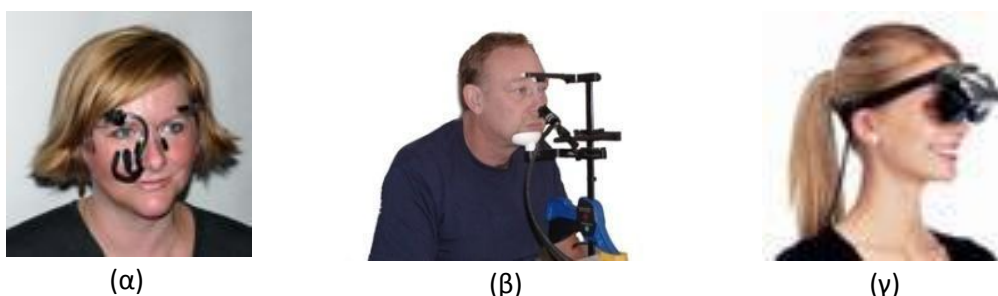


Εικόνα 2.3: Διαδικασία τοποθέτησης του φακού επαφής με ενσωματωμένο καλώδιο (Πηγή: <http://www.skalar.com>)

Η μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμών που χρησιμοποιεί **κάμερες καταγραφής**, εμπεριέχει διαφορετικές τεχνικές οι οποίες προκύπτουν από ορισμένα χαρακτηριστικά του οφθαλμού κατά την περιστροφή και μετάθεσή του, όπως το σχήμα της κόρης, η θέση του σκληρού χιτώνα και τις αντανάκλασεις στον κερατοειδή χιτώνα από φωτεινή πηγή-υπέρυθρη ακτινοβολία. Από τα χαρακτηριστικά αυτά και με διαχωρισμό της καταγραφής σε ξεχωριστά καρέ (frames), προκύπτει το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Σημειώνεται ότι με το διαχωρισμό αυτό είναι αυξημένη η πιθανότητα λάθους ενώ η διαδικασία γίνεται επίπονη. Και αυτές οι περιπτώσεις δεν προτείνονται για μέτρηση σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς.

Η καταγραφή της **αντανάκλασης της φωτεινής πηγής** αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα περιπτώσεων στις οποίες ενδιαφέρον παρουσιάζει η μέτρηση σε σχέση με ένα σημείο

αναφοράς. Αποτελεί μια οικονομική λύση, εφόσον ο εξοπλισμός είναι μια απλή κάμερα παρακολούθησης και ένα λογισμικό που να υποστηρίζει την επεξεργασία εικόνων. Επιτυγχάνεται με την ακινητοποίηση του κεφαλιού ώστε να διατηρείται σταθερή η σχέση οφθαλμών-κεφαλιού, ή με τη μέτρηση πολλαπλών οφθαλμικών χαρακτηριστικών προκειμένου να διαχωριστεί η κίνηση του κεφαλιού με τις κινήσεις των ματιών. Στην Εικόνα 2.4, παρουσιάζονται τρεις περιπτώσεις καταγραφής: (α) με ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου, (β) με ακινητοποίηση του υποκειμένου και (γ) με ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου στην περίπτωση που είναι ενσωματωμένο ολόκληρο το σύστημα καταγραφής στη συσκευή.



Εικόνα 2.4: Καταγραφή με (α) ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου, (β) ακινητοποίηση του υποκειμένου και (γ) ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου εφόσον είναι ενσωματωμένο ολόκληρο το σύστημα (Πηγή: ViewPoint Eye Tracker)

Για την καταγραφή της κίνησης με χρήση φωτεινής πηγής, οι Glenstrup & Engell-Nielsen (1995) αναφέρουν τις ακόλουθες τεχνικές:

- ❖ Ανίχνευση της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα (limbus tracking), η οποία βασίζεται σε ανακλάσεις της ίριδας και του σκληρού χιτώνα του ματιού.
- ❖ Ανίχνευση της κόρης του οφθαλμού (pupil tracking), όπου διαχωρίζεται η κόρη από την ίριδα του ματιού με τη βοήθεια της υπέρυθρης ακτινοβολίας.
- ❖ Συσχέτιση της ανάκλασης από την κόρη και τον κερατοειδή χιτώνα (video-based combined pupil-corneal reflection), κατά την οποία μετράται η απόσταση των ανακλάσεων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα και του πρώτου ειδώλου Purkinje με την πρόσπτωση του υπέρυθρου φωτός πάνω στον οφθαλμό.
- ❖ Διπλή απεικόνιση ειδώλων Purkinje (Dual-Purkinje-Imaging), στην οποία εντοπίζεται ο οφθαλμός με τον εντοπισμό της σχετικής θέσης πρώτου και τέταρτου ειδώλου Purkinje με την πρόσπτωση του υπέρυθρου φωτός στον οφθαλμό.
- ❖ Ανάκλαση από τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και απεικόνισή του με χρήση τεχνητού νευρωνικού δικτύου, όπου μια κάμερα παρακολουθεί ολόκληρο το κεφάλι του παρατηρητή και ο οφθαλμός του παρατηρητή εξάγεται με τη βοήθεια του νευρωνικού δικτύου.

Μια μεγαλύτερη ανάλυση των παραπάνω τεχνικών βρίσκεται σε σχετική εργασία (Κρασανάκης 2009).

3. Δυναμικός χάρτης - δυναμικές μεταβλητές

Ο συμβολισμός στους στατικούς χάρτες βασίζεται στις οπτικές μεταβλητές. Για την αντίληψή τους απαιτείται και η έννοια του χρόνου, που όμως δεν αποδίδεται δυναμικά στους στατικούς χάρτες. Η κατασκευή δυναμικών χαρτών όμως εμπεριέχει και την απόδοση της χρονικής διάστασης. Έτσι, δυναμικός θεωρείται ο χάρτης (animation map) ο οποίος χαρακτηρίζεται από μια διαρκή μεταβολή κατά τη θέασή του. Η μεταβολή μπορεί να αφορά στην αλλαγή σε γεωμετρικές διαστάσεις, σε μια ακτογραμμή, σε όρια κρατών, σε καιρικά φαινόμενα, ακόμη και σε κυκλοφοριακά ζητήματα. Οποιοσδήποτε θεματικός χάρτης έχει τη δυνατότητα να παρουσιαστεί σαν δυναμικός (Slocum et al. 2009).

Ο δυναμικός χάρτης έχει τρία διαφορετικά μοντέλα χαρτογραφικής έκφρασης, που δεν είναι διαθέσιμα στους στατικούς χάρτες. Τα μοντέλα αυτά είναι:

- ❖ Η κινούμενη εικόνα (animation), η αίσθηση δηλαδή, της κίνησης που δίνεται στον παρατηρητή από μια αλληλουχία σταθερών οπτικών σκηνών (frame).
- ❖ Το “sonification”, η παρουσίαση δηλαδή, των δεδομένων με μουσική υπόκρουση.
- ❖ Η διαδραστικότητα (interaction), η δυνατότητα του παρατηρητή-χειριστή να μεταβάλλει τα δεδομένα που παρουσιάζονται.

3.1. Δυναμικές μεταβλητές

Ο χαρτογραφικός συμβολισμός αποτελεί ουσιαστικά, θέμα καταλληλότητας και δημιουργικότητας, το οποίο και επιλύεται με τη χρήση των οπτικών μεταβλητών στους στατικούς χάρτες. Η επιλογή των κατάλληλων γραφικών συμβόλων για την παρουσίαση δεδομένων είναι απαιτητικό ζήτημα στην οπτικοποίηση (DiBiase et al. 1992).

Για τη δημιουργία μιας εικονογραφικής αναπαράστασης, χρησιμοποιούνται σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά σύμβολα. Αυτά αποτελούν τα θεμελιώδη γραφικά στοιχεία καθώς με τη χρήση τους, συνθέτουν όλες τις οπτικές αναπαραστάσεις. Για τη διάκριση των συμβόλων στο χάρτη, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια διαφοροποίηση ως προς τη θέση, το μέγεθος, την ένταση, την υφή, την απόχρωση, τον προσανατολισμό και το σχήμα. Όλες αυτές οι διαφοροποιήσεις, αποτελούν τις οπτικές μεταβλητές σε έναν στατικό χάρτη (Robinson et al. 2002). Η λίστα με τις οπτικές μεταβλητές, την οποία πρώτος εισήγαγε ο Bertin (1967), εμπλουτίστηκε αργότερα με τον κορεσμό, τη διάταξη, και την εστίαση από τον McCleary (1983) (αναφέρεται σε DiBiase et al. 1992).

Όπως οι οπτικές μεταβλητές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία στατικών χαρτογραφικών υποβάθρων, οι δυναμικοί χάρτες μπορούν να δημιουργηθούν από τις δυναμικές μεταβλητές.

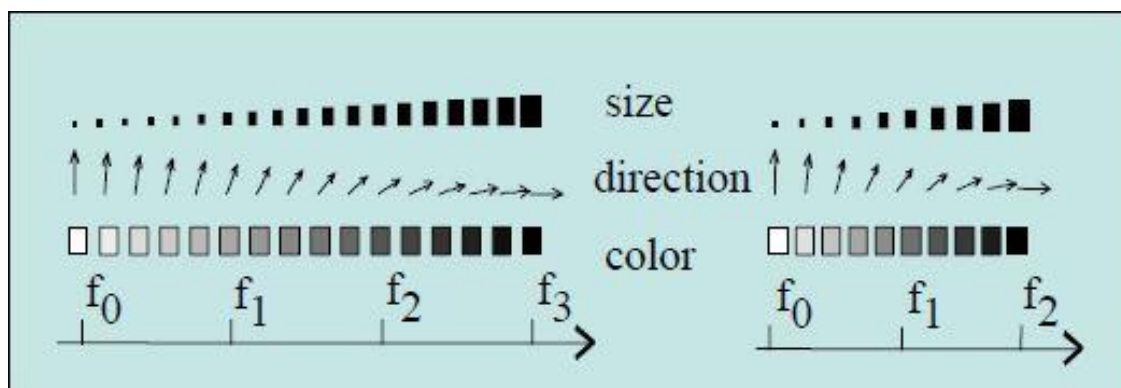
Οι δυναμικές αυτές μεταβλητές για τους δυναμικούς χάρτες, όπως τις εισήγαγαν οι DiBiase et al. (1992), είναι η **διάρκεια**, ο **ρυθμός αλλαγής** και η **διάταξη**. Μεταγενέστερα ο MacEachren (1995) πρόσθεσε ορισμένες ακόμη: το **χρόνο έκθεσης**, τη **συχνότητα** και το **συγχρονισμό**. Από τις δυναμικές αυτές μεταβλητές, η διάρκεια και η σειρά-διάταξη θεωρούνται ως οι πιο σημαντικές (Kraak & Ormeling 2003).

Διάρκεια (duration)

Η αναπαράσταση μιας κατάστασης με όρους κινούμενης εικόνας (animation) αποκαλείται οπτική σκηνή (scene-frame). Η οπτική σκηνή έχει ουσιαστικά τη μορφή ενός στατικού χάρτη. Ο συσχετισμός της οπτικής σκηνής με τις δυναμικές μεταβλητές γίνεται μέσω της διάρκειας. Ως διάρκεια ορίζεται ο χρόνος για τον οποίο προβάλλεται η οπτική σκηνή. Στον χρόνο αυτό, δεν πραγματοποιείται καμία μεταβολή στην προβαλλόμενη οπτική σκηνή (Kraak & Ormeling 2003). Η διάρκεια μετράται σε μονάδες χρόνου (sec ή msec) και ως εκ τούτου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση ποσοτικών δεδομένων. Με τη μεταβολή της διάρκειας μιας οπτικής σκηνής μεταβάλλεται ο ρυθμός που έχει η κινούμενη εικόνα, δηλαδή όσο μεγαλύτερη διάρκεια έχει μια οπτική σκηνή, τόσο πιο αργός είναι ο ρυθμός της.

Ρυθμός αλλαγής (rate of change)

Ως ρυθμός αλλαγής ορίζεται ο λόγος του μεγέθους της αλλαγής των οπτικών σκηνών προς τη διάρκεια προβολής τους. Με το μέγεθος της αλλαγής να αυξάνεται και τη διάρκεια προβολής να παραμένει σταθερή, ο ρυθμός αλλαγής των κινούμενων εικόνων αυξάνει και συνεπώς δίνεται η αίσθηση στον παρατηρητή μιας λιγότερο ομαλής και μάλλον απότομης κίνησης. Το μέγεθος της αλλαγής των οπτικών σκηνών, μπορεί να αναφέρεται σε οποιαδήποτε οπτική μεταβλητή όπως το μέγεθος, η θέση, ή το χρώμα. Οι Xiaofang et al. (2005) συμπληρώνουν και τον προσανατολισμό (κατεύθυνση-direction). Παρακάτω παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1 παραδείγματα που αφορούν το ρυθμό αλλαγής του μεγέθους, της κατεύθυνσης και της απόχρωσης.



Εικόνα 3.1: Ρυθμός αλλαγής για μέγεθος, κατεύθυνση και απόχρωση (Πηγή: Xiaofang et a. 2005)

Διάταξη (order)

Η διάταξη αποτελεί την ακολουθία με την οποία εμφανίζονται οι οπτικές σκηνές (frames, scenes). Η ακολουθία αυτή εν γένει έχει χαρακτήρα χρονολογικής σειράς, όμως, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητη η διάταξη των οπτικών σκηνών να είναι διαφορετική από αυτή. Για παράδειγμα σε παρουσίαση δυναμικών ισοθερμικών χαρτών, η αναδιάταξη των οπτικών σκηνών από τις υψηλότερες θερμοκρασίες σε χαμηλότερες είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμη απ' ό,τι η χρονολογική διάταξή τους.

Χρόνος έκθεσης (display date)

Ο χρόνος έκθεσης αναφέρεται ως ο χρόνος στον οποίο πραγματοποιείται κάποια μεταβολή στην προβαλλόμενη σκηνή. Συνδέεται άμεσα με τη χρονολογική σειρά για τον προσδιορισμό μιας θέσης σε σχέση με το χρόνο. Μπορεί για παράδειγμα να είναι η στιγμή που παρουσιάζεται ένα σύμβολο.

Συχνότητα (frequency)

Η συχνότητα αναφέρεται στον αριθμό των διαχωρισμένων καταστάσεων ανά μονάδα χρόνου. Συνδέεται άμεσα με τη δυναμική μεταβλητή της διάρκειας, αλλά θεωρείται σκόπιμο να διαχωρίζεται και να θεωρείται ανεξάρτητη μεταβλητή.

Συγχρονισμός (synchronization)

Ο συγχρονισμός αναφέρεται στη χρονική ανταπόκριση από δύο και περισσότερες σειρές. Μπορεί να θεωρηθεί ως η ακριβής ταύτιση δύο και περισσότερων σειρών. Ο MacEachren (1995) αναφέρει ότι σε περίπτωση που οι κορυφές και τα κοίλα δύο χρονοσειρών ταυτίζονται πλήρως, οι σειρές θεωρούνται πως είναι σε ίδια φάση, ή αλλιώς συγχρονισμένες.

3.2. Κατηγορίες δυναμικών χαρτών

Η κατηγοριοποίηση των δυναμικών χαρτών αφορά ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του δυναμικού χάρτη. Στην προκειμένη περίπτωση, αφορά:

- ❖ στο βαθμό στον οποίο είναι διαδραστικοί οι χάρτες, δηλαδή, το βαθμό παρέμβασης του χρήστη στις λειτουργίες του και
- ❖ στην κατεύθυνση στην οποία εστιάζει ο δυναμικός χάρτης, δηλαδή, τι αφορά η μεταβολή που πραγματοποιείται στο χάρτη
- ❖ στη χρονολογική σειρά παρουσίασης της αλλαγής

Παρακάτω αναλύονται λεπτομερέστερα οι τρεις διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις.

3.2.1. Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών ως προς το βαθμό διαδραστικότητας

Οι δυναμικοί χάρτες διακρίνονται ανάλογα με το βαθμό διαδραστικότητάς τους. Χαρακτηρίζονται δηλαδή, από το βαθμό που μπορεί ο χρήστης να παρέμβει και να επηρεάσει

την εκκίνησή τους, το παρουσιαστικό τους, τα σύμβολά τους και γενικότερα ολόκληρο τον χαρακτήρα τους. Η διάκριση αυτή περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες.

- ❖ *Ελάχιστα έως καθόλου διαδραστικοί* είναι οι χάρτες, όπου ο χρήστης δε μπορεί να παρέμβει καθόλου και παρακολουθεί τις μεταβολές που πραγματοποιούνται σαν μια ταινία.
- ❖ *Χάρτες με μικρή παρέμβαση*, όπου ο χρήστης μπορεί να τους εκκινήσει, να τους σταματήσει, ή να μεταβεί σε οποιαδήποτε οπτική σκηνή.
- ❖ *Με ουσιαστική παρέμβαση*, είναι οι χάρτες όπου ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει διάφορα υποσύνολα των πληροφοριών που απεικονίζουν. Δίνεται η δυνατότητα για διαδραστικότητα με την εικονιζόμενη πληροφορία, προκειμένου να αποσπαστεί η ζητούμενη πληροφορία.

3.2.2. Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών ως προς την κατεύθυνση εστίασης

Ένας άλλος διαχωρισμός των δυναμικών χαρτών γίνεται με βάση το πού εστιάζει σε κάθε περίπτωση το δυναμικό κομμάτι του χάρτη, όπου πραγματοποιείται η μεταβολή. Έτσι, η διάκριση αφορά σε τρεις κατηγορίες.

Δυναμικοί χάρτες που εστιάζουν στην τοποθεσία

Ένας στατικός χάρτης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να υποδηλώσει τοποθεσία. Ο δυναμικός όμως, χάρτης, βοηθάει στο να δώσει έμφαση στην περιοχή. Ο πιο απλός δυναμικός χάρτης είναι εκείνος που μπορεί να αντικατασταθεί από ένα μεμονωμένο στατικό γραφικό σύμβολο, του οποίου τα οπτικά χαρακτηριστικά μπορεί να μεταβάλλονται αισθητά και τακτικά, όπως το αναβόσβημα ενός συμβόλου, για να δώσει έμφαση στην περιοχή παρουσίασης ενός φαινομένου (Slocum et al. 2009). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επισήμανση των επίκεντρων όπου έχουν εμφανιστεί σεισμικές δραστηριότητες.

Δυναμικοί χάρτες που εστιάζουν στην αλλαγή

Οι DiBiase et al. (1992) έδωσαν έμφαση σε δύο πτυχές της αλλαγής, στην αλλαγή της *θέσης* και στην αλλαγή του *χαρακτηριστικού*, με περεταίρω εξέλιξη στην αλλαγή του σχήματος, μεγέθους ή έκτασης ενός φαινομένου. Ο βασικός όμως διαχωρισμός που πρότεινε για την οπτικοποίηση της αλλαγής στους δυναμικούς χάρτες, αφορούσε σε τρεις κατηγορίες:

❖ *Χωρική αλλαγή (fly-by)*

Καλύπτει μια αλληλουχία οπτικών σκηνών από στατικές επιφάνειες, όπου το οπτικό κέντρο παρακολούθησης μεταβάλλεται σταδιακά. Ο χρήστης έχει την αίσθηση ότι πετάει πάνω από μια τρισδιάστατη επιφάνεια. Αν και η χωρική αλλαγή (fly-by) δημιουργεί πολύ ευδιάκριτα γραφικά, έχει και ένα πλήθος αρνητικών χαρακτηριστικών, όπως είναι η πλάγια θέαση, η εστίασή τους στην πραγματικότητα με αποτέλεσμα υπερβολικό όγκο πληροφορίας, αποπροσανατολισμό και οπτικό περιορισμό.

❖ *Χρονολογική αλλαγή (χρονικές σειρές - time series)*

Ο δυναμικός χάρτης - ο οποίος εστιάζει στην αλλαγή μέσω του χρόνου είτε της θέσης είτε ενός χαρακτηριστικού από κάποιο γεωγραφικό φαινόμενο - είναι το πιο συνηθισμένο είδος τόσο για κοινωνικές όσο και για φυσικές σκηνές. Οι χρονικές αυτές σειρές, μπορεί να δημιουργούνται από σκηνές οι οποίες αντιπροσωπεύουν χρονικά σύνολα που αντιστοιχούν σε μια ώρα, μια βδομάδα, έναν μήνα.

❖ *Αλλαγή χαρακτηριστικού (επανεκφράσεις - re-expressions)*

Η αλλαγή χαρακτηριστικού αποτελεί 'μια εναλλακτική γραφική απεικόνιση ενός φαινομένου, του οποίου η δομή έχει μεταβληθεί μέσω ενός μετασχηματισμού των αρχικών δεδομένων' όπως επισημαίνουν οι DiBiase et al. (1992 p. 209). Οι επανεκφράσεις μπορεί να αποτελούν την επιλογή υποσυνόλων από χρονικές σειρές (brushing), αναδιάταξη μιας χρονοσειράς, ή και αλλαγή της διάρκειας προβολής μεμονωμένων οπτικών σκηνών στις χρονοσειρές (δηλαδή, του ρυθμού της).

Δυναμικοί χάρτες που εστιάζουν στη χωρική διανομή ενός χαρακτηριστικού

Στην περίπτωση της χωρικής διανομής ενός χαρακτηριστικού, οι δυναμικές και οπτικές μεταβλητές μπορούν να συνδυαστούν για να δώσουν έμφαση στα χαρακτηριστικά ή στις σχέσεις των χαρακτηριστικών των χαρτογραφικών συμβόλων, όπως για παράδειγμα προκύπτει από την αλληλουχία των διαφορετικών κομματιών που συνθέτουν ένα χάρτη.

3.2.3. Κατηγοριοποίηση βάση χρονολογικής σειράς παρουσίασης της αλλαγής

Οι δυναμικοί χάρτες μπορεί να φανούν ιδιαίτερος χρήσιμοι για κατανόηση και εξήγηση των χωρικών σχέσεων σε σχέση με τον παράγοντα του χρόνου. Οι αλλαγές μπορεί να πραγματοποιούνται με χρονολογική σειρά ή και όχι (Kraak & Ormeling 2003).

Δυναμικοί χάρτες με χρονολογική σειρά (temporal maps)

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι δυναμικοί χάρτες στους οποίους ο χρόνος έκθεσης σχετίζεται άμεσα με τον παγκόσμιο χρόνο. Η χρονική κλίμακα της αλλαγής προκύπτει από το μερίδιο του χρόνου έκθεσης σε σχέση με τον παγκόσμιο χρόνο. Μονάδα μέτρησης μπορεί να είναι δευτερόλεπτα, χρόνια, ακόμη και χιλιετίες. Παράδειγμα αποτελεί η μεταβολή των χωρικών συνόρων (λόγω πολέμων) και των ακτογραμμών.

Δυναμικοί χάρτες χωρίς χρονολογική σειρά (non-temporal maps)

Η κατηγορία των δυναμικών χαρτών που δεν εστιάζουν στη χρονολογική σειρά, δε συνδέονται άμεσα με τον παγκόσμιο χρόνο. Ο δυναμικός χαρακτήρας των χαρτών αυτών εστιάζει στην παρουσίαση χωρικών σχέσεων και φαινομένων, καθώς και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Χρησιμοποιούνται για να επιλύσουν απορίες για το πώς ήταν η απεικονιζόμενη έκταση. Οι δυναμικοί αυτοί χάρτες μπορούν να χωριστούν σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

- ❖ Τους δυναμικούς χάρτες στους οποίους απεικονίζεται ένα φαινόμενο που αναπτύσσεται σταδιακά (build-up). Παράδειγμα αποτελεί ο χάρτης τριών διαστάσεων,

στον οποίο παρατηρείται σταδιακή αύξηση της πληροφορίας προκειμένου να γίνει καλύτερα αντιληπτός.

- ❖ Τους δυναμικούς χάρτες στους οποίους παρουσιάζονται οι διαφορετικές εκφράσεις του ίδιου φαινομένου (changing representations). Παράδειγμα αποτελεί η συνεχής μεγέθυνση και σμίκρυνση μιας περιοχής παρουσιάζοντας τις επιπτώσεις αυτής της μεταβολής στο μέγεθος.

4. Χάρτες προσοχής (saliency maps)

Η ικανότητα που έχουν οι ζωντανοί οργανισμοί να κινούν τα μάτια τους για να παρακολουθούν τον περιβάλλοντα χώρο έχει ιδιαίτερη αξία, ιδίως το γεγονός ότι μπορούν μέσα σε πραγματικό χρόνο να ερμηνεύσουν περίπλοκες σκηνές. Η διαδικασία η οποία ακολουθείται για την ερμηνεία μιας οπτικής σκηνής, είναι να επιλέγεται ένα υποσύνολο από τη διαθέσιμη πληροφορία πριν την ανάλυση, προκειμένου η πολυπλοκότητα της οπτικής ανάλυσης να μειωθεί. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή σαν ικανότητα διαχωρισμού εικόνας-υποβάθρου (Hou et al. 2012). Η διάκριση εικόνας-υποβάθρου πραγματοποιείται σε μια συγκεκριμένη περιοχή του οπτικού πεδίου που ορίζεται ως “εστίαση της προσοχής” (focus of attention). Μέσα στην περιοχή αυτή, μπορούν να πραγματοποιηθούν δύο ειδών έλεγχοι,

- ❖ ένας γρήγορος έλεγχος με διαδικασίες από κάτω προς τα πάνω (bottom-up, τα ερεθίσματα δημιουργούνται από παρατήρηση της οπτικής σκηνής), καθοδηγούμενα από τα προεξέχοντα χαρακτηριστικά (saliency-driven), και *task-independent*.
- ❖ ένας πιο αργός έλεγχος με διαδικασίες από πάνω προς τα κάτω (top-down, τα ερεθίσματα προέρχονται από γνώσεις και εμπειρία παρατηρητή), ελεγχόμενης βούλησης (volition-controlled) και *task-dependent* τρόπο (Niebur & Koch 1998).

Πολλά υπολογιστικά μοντέλα οπτικής αναζήτησης έχουν υιοθετήσει την ιδέα των χαρτών προσοχής (saliency maps) προκειμένου να μπορέσουν να εξηγήσουν την επιλεκτικότητα στο στάδιο της προ-προσοχής (Ramirez-Moreno et al. 2013) και να καταφέρουν να προβλέψουν που μπορεί το ανθρώπινο μάτι να πραγματοποιήσει μια εστίαση σε συγκεκριμένη εικόνα.

4.1. Το μοντέλο του Itti

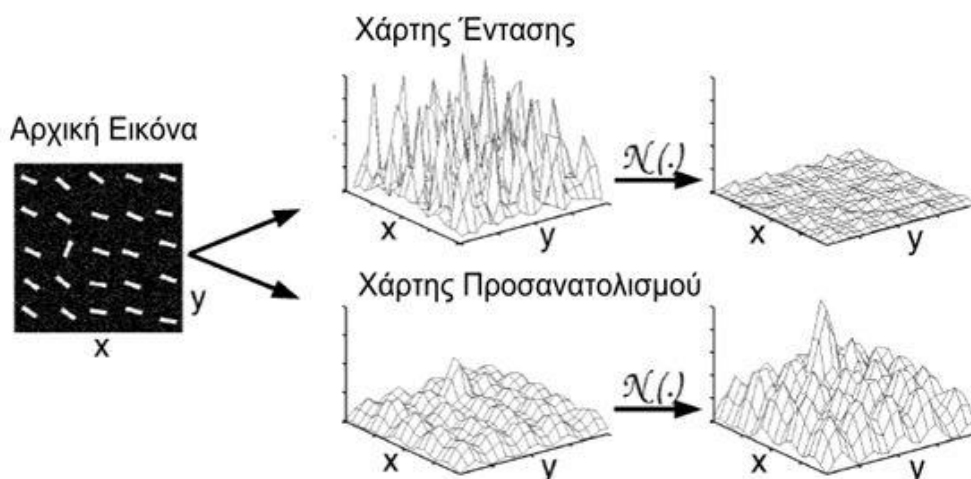
Το μοντέλο αυτό (Itti et al. 1998), σχετίζεται άμεσα με τη Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών, η οποία και εξηγεί την ανθρώπινη στρατηγική που ακολουθείται κατά τη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης. Το μοντέλο αυτό, βασίζεται πρωταρχικά, στον διαχωρισμό της αρχικής εικόνας σε διάφορα επίπεδα με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, και στη συνέχεια, στον εντοπισμό σημείων που ενδέχεται να προεξέχουν σε σχέση με τα γειτονικά τους, σε κάθε ένα από τα επίπεδα που έχουν δημιουργηθεί. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, δημιουργείται ένας χάρτης προσοχής λαμβάνοντας υπόψη τα σημεία που εξείχαν σε όλα τα διαφορετικά επίπεδα και τα οποία ακολουθούν μια από «κάτω προς τα πάνω» προσέγγιση.

Το μοντέλο αυτό ακολουθεί μια παράλληλη μέθοδο για άμεσο και γρήγορο εντοπισμό λιγοστών αρχικά περιοχών που να εξείχουν, προκειμένου αυτές να αναλυθούν σε μεγαλύτερο εύρος και με πιο πολύπλοκους και χρονοβόρους υπολογισμούς στη συνέχεια.

Από την αρχική εικόνα δημιουργείται μια εικόνα έντασης, η οποία περιλαμβάνει τις μέσες τιμές του κόκκινου, πράσινου και μπλε. Η εικόνα αυτή, διαχωρίζεται σε τέσσερα κανάλια (κόκκινο, πράσινο, μπλε, κίτρινο), τα οποία συνδυάζονται ανά δύο και δημιουργούν νέους χάρτες. Παράλληλα, εξάγονται και πληροφορίες σχετικά με τον προσανατολισμό χαρακτηριστικών από την αρχική εικόνα της έντασης, και όλα αυτά μαζί, δημιουργούν ένα πλήθος από χάρτες ενδιάμεσους που αναφέρονται στην ένταση, το χρώμα και τον προσανατολισμό.

Ο συνδυασμός των χαρτών με τα διαφορετικά χαρακτηριστικά, παρέχει από δεδομένα εισόδου «από πάνω προς τα κάτω» τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών προσοχής, βασισμένους σε δυναμικά νευρονικά δίκτυα.

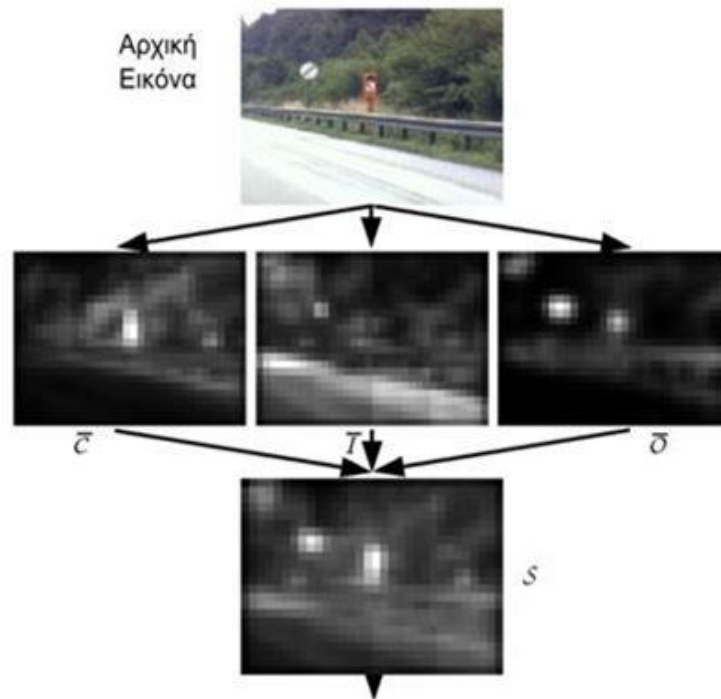
Στην περίπτωση αυτή, όμως, υπάρχει η δυσκολία σύγκρισης ανόμοιων χαρτών (κίνδυνος να μην αναδειχθεί μια σημαντική περιοχή λόγω σύγχυσης κατά τις συγκρίσεις). Ο τρόπος που αντιμετωπίζεται, είναι με την εφαρμογή μιας διαδικασίας κανονικοποίησης των δεδομένων αλλά και διαχωρισμού της μέγιστης διαφοράς όσον αφορά τον προσανατολισμό. Με τον τρόπο αυτό, οι ομοιογενείς περιοχές ομαλοποιούνται και γίνεται σύγκριση των μεγίστων, απ' όπου ενισχύεται η περιοχή που προεξέχει περισσότερο. Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται σχηματικά η εφαρμογή διαχωρισμού και κανονικοποίησης.



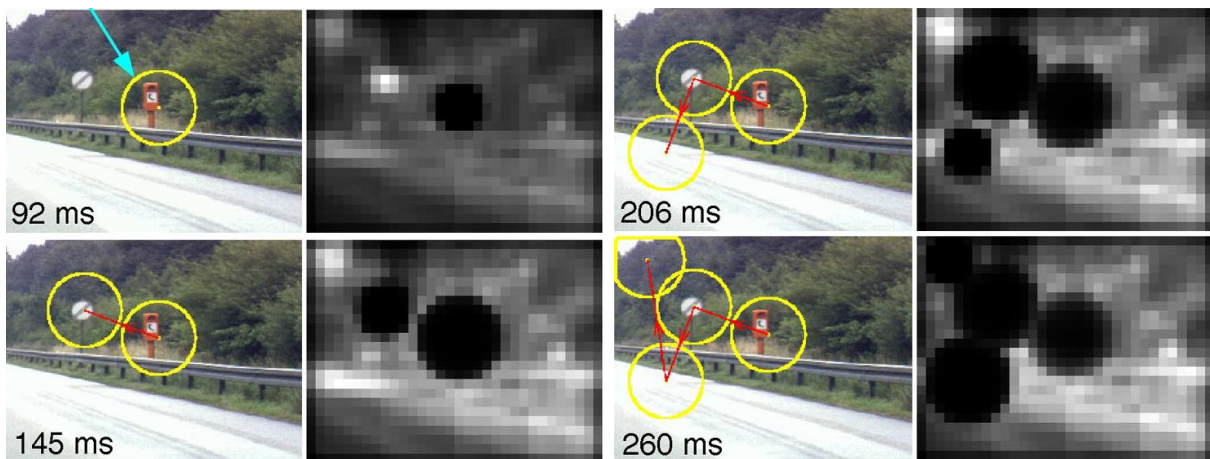
Εικόνα 4.1: Διαδικασία επεξεργασίας εικόνας (Πηγή: Itti et al. 1998)

Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να καθοριστεί ανά πάσα στιγμή η περιοχή που προεξέχει περισσότερο στην εικόνα και όπου θα πρέπει να στραφεί η προσοχή του παρατηρητή. Σε μια εύλογη νευρωνική εφαρμογή ο χάρτης προσοχής μοντελοποιείται σαν ένα δισδιάστατο νευρωνικό δίκτυο. Το καθένα μοντελοποιημένο νευρώνιο έχει ένα όριο τάσης που όταν ξεπεραστεί ενεργοποιείται και θεωρείται ως πιθανός «νικητής που τα παίρνει όλα» (winner-take-all WTA). Με τον τρόπο αυτό, παραμένουν μονάχα οι σημαντικές πλέον περιοχές. Από όλα τα υποψήφια νευρώνια νικητές τελικά επιλέγεται το ισχυρότερο απ' όλα και το σημείο εστίασης της προσοχής (focus of attention - FOA) μεταφέρεται στο σημείο που βρίσκεται ο συγκεκριμένος νευρώνας. Όλοι οι υπόλοιποι υποψήφιοι νευρώνες νικητές αναστέλλονται. Με την πάροδο του χρόνου και με τον καθορισμό μιας συγκεκριμένης απόστασης (1/6 της μικρότερης διάστασης της εικόνας), το σημείο εστίασης μεταπηδά από τη μια προεξέχουσα

τοποθεσία, στην άλλη. Ο χρόνος μεταπήδησης διαρκεί 30-70 msec και ο χρόνος αναστολής μιας περιοχής είναι περίπου 500 με 900 msec. Στην Εικόνα 4.2, παρουσιάζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του μοντέλου.



FOA



Εικόνα 4.2: Από την αρχική εικόνα παράγονται οι τρεις χάρτες χρώματος, έντασης και προσανατολισμού απ' όπου προκύπτει ο τελικός στον οποίο εντοπίζεται σε τέσσερις διαφορετικές χρονικές φάσεις (92, 145, 206 και 260 msec) το σημείο όπου εστιάζει η προσοχή (Πηγή: Itti et al. 1998)

Το μοντέλο αυτό έχει δοκιμαστεί αρχικά σε τεχνητές εικόνες, όπου διαπιστώθηκε πως όταν ο στόχος διέφερε από τα υπόλοιπα αντικείμενα λόγω ενός μοναδικού του χαρακτηριστικού (ήταν ο μόνος στόχος που είχε διαφορετικό προσανατολισμό από τους υπόλοιπους), αποτελούσε το πρώτο πιο προεξέχον σημείο της εικόνας. Σε περίπτωση που ήταν μοναδικός λόγω συνδυασμού χαρακτηριστικών (ήταν ο μοναδικός στόχος συγκεκριμένου χρώματος και κατεύθυνσης), η αναζήτηση αυξάνονταν γραμμικά σε σχέση με το πλήθος των περισπαστών.

Σε σχέση με πραγματικές εικόνες που εξετάστηκε, διαπιστώθηκε πως όπως και το ανθρώπινο μάτι προσελκύεται από εικόνες με μεγαλύτερο φασματικό περιεχόμενο, έτσι οι περιοχές του μοντέλου που αναδεικνύονταν ήταν εκείνες με το μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας. Σύμβολα, όπως πινακίδες στους δρόμους προεξείχαν έντονα.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται πως το συγκεκριμένο μοντέλο λειτουργεί σωστά και εξαγει κατευθείαν περιοχές που προεξέχουν με την προϋπόθεση ότι αυτές προεξέχουν σε ένα από τους διαφορετικούς χαρακτηριστικούς χάρτες προσοχής που δημιουργούνται. Προεξέχει δηλαδή κατευθείαν ένας στόχος που έχει μοναδικότητα ως προς μέγεθος, ένταση, χρώμα και προσανατολισμό, που παρ' όλα αυτά, μειονεκτεί στην ανίχνευση μη εφαρμοσμένων χαρακτηριστικών τύπων, όπως απολήξεις ή διασταυρώσεις της μορφής «T».

4.2. Το μοντέλο υπογραφής εικόνας (image signature)

Το μοντέλο αυτό (Hou et al. 2012), προσεγγίζει ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, αυτό του διαχωρισμού της εικόνας από το υπόβαθρο (figure-ground). Ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει τη δυνατότητα να διαχωρίσει γρήγορα διάφορα αντικείμενα σε μια οπτική σκηνή από το υπόβαθρο. Η εκτέλεση αυτής της διανοητικής εργασίας ως υπολογιστική διαδικασία, όμως, καθίσταται δυσχερής.

Το μοντέλο της υπογραφής εικόνας χρησιμοποιεί ένα δυαδικό, ολιστικό τρόπο περιγραφής των εικόνων. Στο μοντέλο αυτό, ουσιαστικά περιγράφονται πληροφορίες σχετικά με το υπόβαθρο της εικόνας, που το κάνει να διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα μοντέλα και να προσφέρει ουσιαστική βοήθεια για τον εντοπισμό των περιοχών που εξέχουν σε ένα υπόβαθρο.

Σε πρώτη φάση, για το διαχωρισμό της εικόνας, χρησιμοποιείται ο αντίστροφος διακριτός συνημιτονοειδής μετασχηματισμός. Με τη χρήση του μετασχηματισμού αυτού σε εικόνες που ακολουθούν ένα συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο, ο αλγόριθμος μπορεί να εφαρμοστεί προκειμένου να προκύψουν οι περιοχές που ανήκουν στο υπόβαθρο.

Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει τη μορφή της Σχέσης 1

$$ImageSignature(x) = sign(DCT(x)) \quad (\text{Σχέση 1})$$

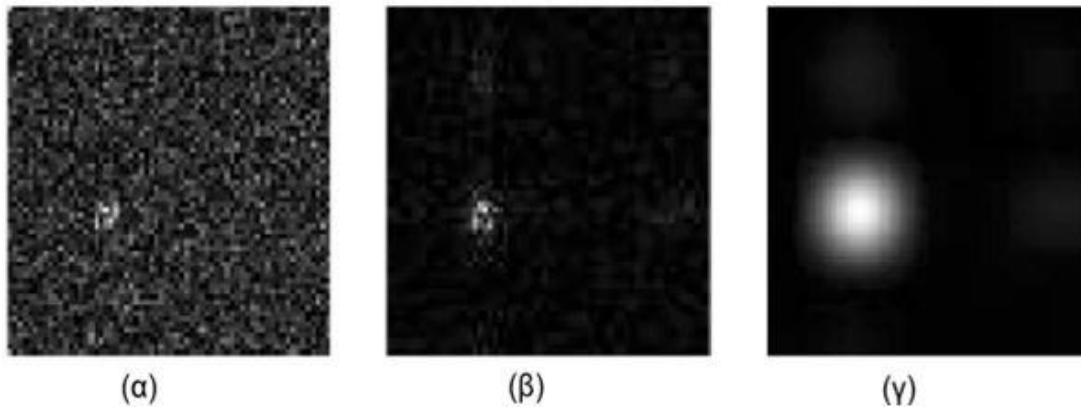
Σε περίπτωση που το προσκήνιο μιας εικόνας είναι εύκολα διαχωρίσιμο από το παρασκήνιο της, μπορεί να δημιουργηθεί ένας χάρτης προσοχής m , από ομαλοποίηση της αρχικής εικόνας με βάση τη Σχέση 2:

$$m = g * (\bar{x} \circ \bar{x}) \quad (\text{Σχέση 2})$$

Εφαρμογή του μοντέλου σε τεχνητές εικόνες

Αρκετά πειράματα έχουν εφαρμοστεί πρωταρχικά σε τεχνητές εικόνες. Με τον όρο τεχνητές, νοούνται οι δυσδιάστατες εικόνες οι οποίες έχουν προκύψει από υπολογιστικά μοντέλα μέσω μιας διαδικασίας απόδοσης ανάλογης της φωτογραφίας.

Η τεχνητή εικόνα υφίσταται πρώτα ένα φίλτρο εξομάλυνσης Gauss προκειμένου να επαλειφθεί ο θόρυβος και στη συνέχεια προκύπτει ο χάρτης προσοχής (Εικόνα 4.3).



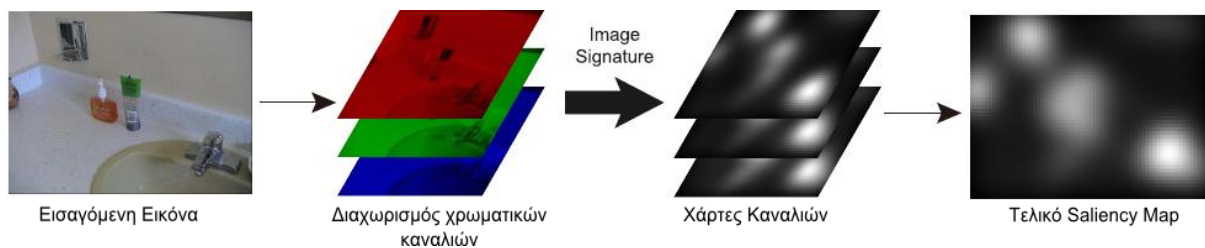
Εικόνα 4.3: (α) Αρχική τεχνητή εικόνα, (β) ανασυγκροτημένη εικόνα και (γ) χάρτης προσοχής (Πηγή: Hou et al. 2012)

Παραγωγή εικόνας χάρτη προσοχής

Στη φάση αυτή, πραγματοποιείται η εφαρμογή του αλγορίθμου και σε πραγματικές εικόνες. Εφαρμόζονται τα χρωματικά κανάλια RGB και CIELAB και στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία που περιγράφεται. Πρώτα, η αρχική εικόνα που εισάγεται στο σύστημα διαχωρίζεται στα τρία κανάλια RGB. Με την εφαρμογή του αλγορίθμου, προκύπτει ένας χάρτης προσοχής για κάθε ένα κανάλι. Στη συνέχεια οι τρεις χάρτες προσοχής συντίθενται σε έναν ως μέσος όρος (Εικόνα 4.4).

Για καθένα από τα διαφορετικά χρωματικά κανάλια, ο χάρτης προσοχής προκύπτει από τη Σχέση 3:

$$m = g * \sum_i (\bar{x}^i \circ \bar{x}^i) \quad (\text{Σχέση 3})$$



Εικόνα 4.4: Διαδικασία εξαγωγής χαρτών προσοχής (Hou et al. 2012)

Από τη σύγκριση των χαρτών προσοχής που προκύπτουν από τις ανασυγκροτημένες εικόνες αναδεικνύονται περιοχές στις οποίες έχουν πραγματοποιηθεί εστιάσεις του ανθρώπινου ματιού.

Ο αλγόριθμος αυτός ενισχύει με την εφαρμογή του στο φαινόμενο «αλλαγή τυφλής περιοχής» (“change blindness”). Το φαινόμενο «αλλαγή τυφλής περιοχής» αναφέρεται στην αδυναμία του υποκειμένου να αντιληφθεί μια μεταβολή στην προβολή ενός σετ από δύο εικόνες, στις οποίες παρεμβάλλεται μια εικόνα-μάσκα, που σε φυσιολογικές συνθήκες θα είχε γίνει αντιληπτή. Ο χρόνος προκειμένου να γίνει αντιληπτή η αλλαγή μπορεί να ξεπεράσει και το ένα λεπτό.

Τελικά, αποδεικνύεται πως οι χάρτες προσοχής που προκύπτουν από το μοντέλο αυτό, υπερτερούν έναντι άλλων αντίστοιχων αλγορίθμων σύμφωνα με τα αρχεία καταγραφής σημείων εστίασης του ανθρώπινου οφθαλμού. Είναι δηλαδή σε θέση να προβλέψουν καλύτερα τα σημεία εστίασης από άλλα μοντέλα.

4.3. Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency)

Σκοπός αυτού του μοντέλου (Harel J. et al. 2007) είναι να εξάγει περιοχές οι οποίες θεωρούνται σημαντικές και έχουν πληροφορία σύμφωνα με το κριτήριο των εστιάσεων που πραγματοποιεί το ανθρώπινο μάτι. Αυτό πραγματοποιείται με χρήση γραμμικών και στη συνέχεια, βασικών μη-γραμμικών φίλτρων.

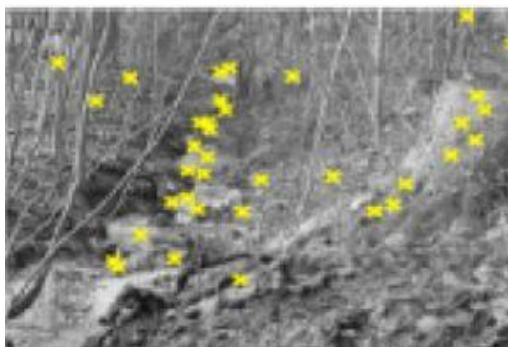
Το μοντέλο αυτό εστιάζει στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου από «κάτω προς τα πάνω» (bottom-up) μοντέλου προσοχής (saliency) το οποίο να βασίζεται σε γραφικούς υπολογισμούς (GBVS) και περιλαμβάνει ένα πλαίσιο ενεργοποίησης (activation) και κανονικοποίησης/συνδυασμού (normalization/combination).

Τα στάδια του μοντέλου για δημιουργία χαρτών προσοχής είναι τρία:

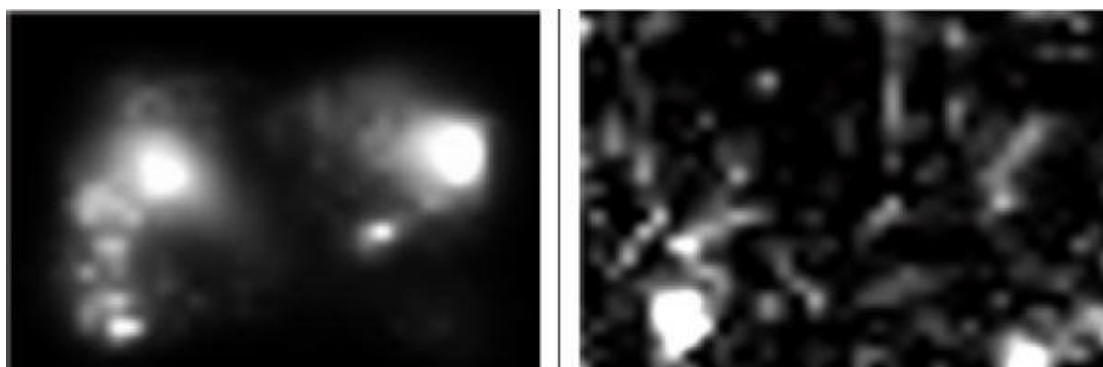
- ❖ Η *εξαγωγή* (extraction): όπου γίνεται η εξαγωγή διανυσματικών χαρακτηριστικών σε τοποθεσίες σε ολόκληρη την περιφέρεια της εικόνας
- ❖ Η *ενεργοποίηση* (activation): όπου δημιουργείται ένας ενεργός χάρτης χρησιμοποιώντας τα διανυσματικά χαρακτηριστικά
- ❖ Η *κανονικοποίηση/συνδυασμός* (normalization/combination): όπου πραγματοποιείται κανονικοποίηση του παραπάνω ενεργού χάρτη και ο μετέπειτα συνδυασμός του για την παραγωγή ενός τελικού χάρτη

Για τη δημιουργία ενός ενεργού χάρτη, απαιτείται η εξαγωγή ασυνήθιστων περιοχών. Μια από τις μεθόδους που εφαρμόζεται είναι η επιλογή ενός τοπικού κέντρου και η σύγκριση του με τις ευρύτερες περιβάλλουσες περιοχές εφαρμόζοντας ορισμένα μαθηματικά μοντέλα (αλυσίδες Markov).

Τελικά, με τη δημιουργία του χάρτη προσοχής, τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αρχεία από σημεία εστίασης του ανθρώπινου ματιού. Η σύγκριση πραγματοποιείται με χρήση των καμπυλών λειτουργικού χαρακτηριστικού δέκτη (ROC), που αποτελούν στατιστικό εργαλείο, όπου μετράται το πώς προβλέπει τελικά ο χάρτης προσοχής τα σημεία εστίασης του ματιού. Ένα παράγωγο που δημιουργείται με χρήση του συγκεκριμένου αλγόριθμου αλλά με εφαρμογή διαφορετικών παραμέτρων παρουσιάζεται στις Εικόνες 4.5 & 4.6.



Εικόνα 4.5: Αρχική εικόνα με σημεία εστίασης ανθρώπινου ματιού (Πηγή: Harel J. et al. 2007)



Εικόνα 4.6: Χάρτες προσοχής με διαφορετικές παραμέτρους (Πηγή: Harel J. et al. 2007)

Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου, δείχνουν πως τα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με τα σημεία εστίασης του ανθρώπινου οφθαλμού αγγίζουν το επίπεδο του 98%. Ο λόγος για τον οποίο επιτυγχάνεται τόσο υψηλό επίπεδο επιτυχίας, οφείλεται στο γεγονός ότι ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εξάγει σημεία προσοχής κυρίως στο κέντρο της εικόνας, εφόσον θεωρεί πως οι κόμβοι που τραβούν την προσοχή βρίσκονται πιο κοντά σε κεντρικούς κόμβους. Η θεωρία πάνω στην οποία στηρίζεται ο αλγόριθμος, βασίζεται στο γεγονός ότι οι εικόνες στις οποίες εφαρμόζεται, έχουν προκύψει από φωτογραφίες, στις οποίες το αντικείμενο βρίσκεται στο κέντρο τους, όπως συμβαίνει και με την καθημερινότητα, όπου ο άνθρωπος τοποθετεί στο κέντρο του οπτικού του πεδίου το θέμα του.

Ένας δεύτερος λόγος επιτυχίας του αλγορίθμου ανάγεται στο ότι δε χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο "c-s" (center-surround), ο οποίος είναι ευρέως διαδεδομένος στα άλλα μοντέλα για τη δημιουργία χαρτών προσοχής. Ο αλγόριθμος αυτός, αντιμετωπίζει δυσκολία στο να εντοπίζει περιοχές που προεξέχουν, όταν βρίσκονται μακριά από τα όρια των αντικειμένων. Για τον λόγο αυτό, προλαμβάνεται αυτό το πρόβλημα με τη δυνατότητα του μοντέλου να εντοπίζει απομακρυσμένα σημεία που προεξέχουν εν των προτέρων.

5. Μεθοδολογία Πειράματος

Για τον έλεγχο του τρόπου λειτουργίας του συνδυασμού των δυναμικών μεταβλητών της διάρκειας και του ρυθμού αλλαγής, σχεδιάστηκε μια εμπειρική μελέτη-πείραμα. Στο πείραμα, ο ρυθμός αλλαγής παρέμεινε σταθερός, ενώ ο παράγοντας της διάρκειας ήταν εκείνος που μεταβάλλονταν. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε δύο ξεχωριστά στάδια, που αφορούσαν δύο διαφορετικά υπόβαθρα. Το πρώτο υπόβαθρο ήταν κενό και το δεύτερο απεικονίζει έναν χάρτη. Η παρούσα εργασία εξετάζει το χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Για την εκτέλεση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανίχνευσης της κίνησης του ματιού με χρήση του συστήματος καταγραφής Viewpoint Eye Tracker® της Arrington Research.

5.1. Εξωτερικές Μεταβλητές Πειράματος

Οι εξωτερικοί παράγοντες του πειράματος δε θα πρέπει να επηρεάσουν την ομαλή διεκπεραίωση του πειράματος, οπότε επιβάλλεται να παραμένουν αμετάβλητες καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραμάτων στα υποκείμενα. Οι εξωτερικοί αυτοί παράγοντες είναι οι εξής:

- ❖ Ο χώρος πραγματοποίησης του πειράματος
- ❖ Ο φωτισμός του χώρου
- ❖ Η οθόνη προβολής του πειράματος
- ❖ Η απόσταση θέασης της οθόνης
- ❖ Το ύψος του οπτικού κέντρου της οθόνης
- ❖ Η σταθεροποίηση του υποκειμένου

Για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών το πείραμα επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί σε κλειστό και ήσυχο χώρο, χωρίς την παρουσία επιπλέον κόσμου που θα μπορούσε να προκαλέσει τη διάσπαση της προσοχής του υποκειμένου της έρευνας. Ο φωτισμός του χώρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν φυσικός, εφόσον το πείραμα πραγματοποιούνταν τις πρωινές ώρες, προκειμένου να μην προκαλείται θόρυβος στην ανίχνευση του οφθαλμού από την υπεριώδη ακτινοβολία (Holmqvist et al. 2011). Η οθόνη παρουσίασης του πειράματος δε μεταβλήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης των πειραμάτων. Η απόσταση θέασης της οθόνης του υπολογιστή είναι 60 cm από το υποκείμενο της έρευνας (Jenny et al. 2008), ενώ ακινητοποιήθηκε ολόκληρη η βάση πάνω στην οποία ήταν τοποθετημένη η οθόνη. Το ύψος του οπτικού κέντρου της οθόνης ήταν σταθερό στα 50,25 cm και αντίστοιχα η θέση του υποκειμένου ρυθμιζόταν πάντοτε ώστε οι οφθαλμοί του να ευθυγραμμίζονται σε οριζόντια παρατήρηση με το οπτικό κέντρο της οθόνης. Για τις καλύτερες δυνατών συνθήκες,

απομακρύνθηκε οποιαδήποτε κατασκευή και συσκευή θα μπορούσε να αποσπάσει την προσήλωση του υποκειμένου.

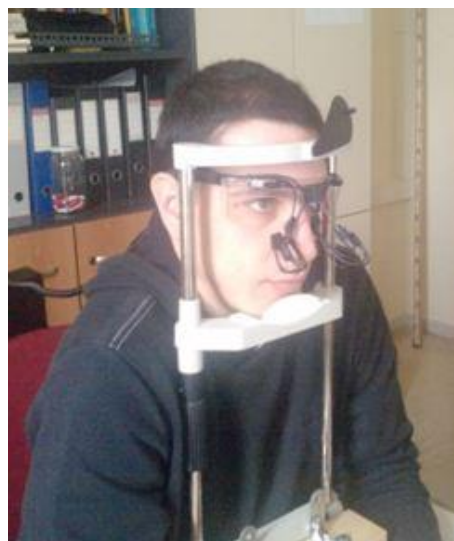
Η σταθεροποίηση του υποκειμένου αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες για την ομαλή διεκπεραίωση του πειράματος. Μάλιστα, αποτελεί και τον κυριότερο λόγο αποκλεισμού ορισμένων υποκειμένων για την τελική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Θα πρέπει να διατηρείται σταθερή η σχετική θέση του οφθαλμού με την κάμερα καταγραφής της κίνησής του, καθώς υπάρχει κίνδυνος να μεταβληθεί η αρχή του συστήματος συντεταγμένων του οπτικού κέντρου με αποτέλεσμα η μαθηματική συνάρτηση που έχει υπολογιστεί κατά τη βαθμονόμηση να μην υποδεικνύει σωστές συντεταγμένες θέασης λόγω μεταβολής της γεωμετρίας. Η σταθεροποίηση αυτή, επιτυγχάνεται με χρήση του συστήματος πρόσδεσης του Eye Tracker, που έχει τη μορφή γυαλιών με προσαρμοσμένες τις κάμερες παρακολούθησης και καταγραφής (Κρασανάκης 2009).

Επίσης, η σχετική θέση του υποκειμένου με την οθόνη του υπολογιστή δε θα πρέπει να μεταβάλλεται. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκε ειδική βάση η οποία προσαρμόζεται ανάλογα με το ύψος και σταθεροποιεί ολόκληρο το κρανίο σε οριζόντια θέση ούτως ώστε το υποκείμενο να είναι ακριβώς έναντι της οθόνης του υπολογιστή. Στις Εικόνες 5.1 & 5.2 παρουσιάζεται ο χώρος πραγματοποίησης του πειράματος και το σύστημα ακινητοποίησης του υποκειμένου.



Εικόνα 5.1: Αίθουσα πειράματος



Εικόνα 5.2: Σύστημα σταθεροποίησης υποκειμένου

5.2. Παράμετροι του Πειράματος

Αντίστοιχα με τις εξωτερικές μεταβλητές, είναι αναγκαία η εξασφάλιση της ομαλότητας στις παραμέτρους του πειράματος.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση του πειράματος αποτελούνταν από έναν υπολογιστή με εγκατεστημένο το πρόγραμμα ViewPoint έκδοσης 2.8.6.21. Ο υπολογιστής διαθέτει δύο κάρτες γραφικών για να υποστηρίξει δύο οθόνες. Η οθόνη όπου εκτελείται το πείραμα είναι οθόνη 19 ιντσών με ανάλυση οθόνης 1280x1024 εικονοστοιχεία (pixels).

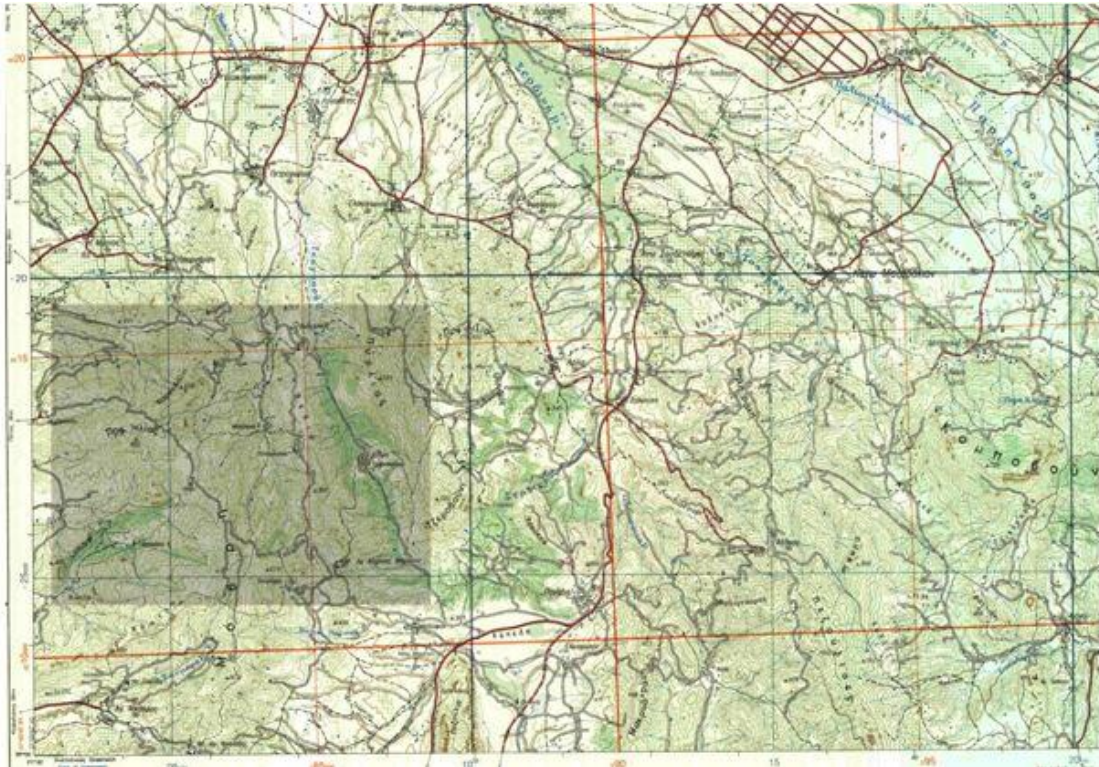
Για την εκτέλεση του πειράματος, επιλέχθηκε τα δεδομένα να καταγράφονται σε υψηλή συχνότητα (high speed accuracy), δηλαδή με συχνότητα 60 Hz (δηλαδή, η κάθε καταγραφή να γίνεται ανά 16,67 msec) προκειμένου να αυξηθεί το πλήθος των καταγραφών για όσο το δυνατόν πληρέστερη καταγραφή σε πολύ μικρούς χρόνους.

Η γωνιακή ακρίβεια του συστήματος, όπως δίνεται από το λογισμικό, βρίσκεται μεταξύ 0,25-1,00 μοίρες του οπτικού τόξου. Αναλυτικότερα για το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε αναλύονται στους Krassanakis et al. (2011).

5.2.1. Χαρτογραφικό υπόβαθρο

Ο χάρτης που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί προέκυψε από απόσπασμα ενός τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ. που αναπαριστά την περιοχή της Πάτρας. Το τμήμα που χρησιμοποιήθηκε, επιλέχθηκε ούτως ώστε να παρουσιάζει μια ομοιομορφία, χωρίς να τραβούν την προσοχή ιδιαίτερα τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά που απεικονίζονται. Οι διαστάσεις του χάρτη που αποτελεί την οπτική σκηνή είναι 1280x1024 pixels, όσο και η ανάλυση της οθόνης, προκειμένου να την καλύπτει εξ ολοκλήρου. Η ανάλυσή είναι 72 dpi και η μορφή της οπτικής σκηνής είναι ψηφιακό αρχείο Εικόνας 5(bitmap) -δηλαδή αρχείο τύπου .bmp. Με την απομόνωση της περιοχής ενδιαφέροντος, εφαρμόστηκε και μείωση της αντίθεσης και αύξηση της φωτεινότητας, για βελτίωση του οπτικού αποτελέσματος.

Το τμήμα αυτό του χάρτη που αποτελεί την οπτική σκηνή, παρουσιάζει μια ποικιλία ως προς τη γεωγραφική πληροφορία που απεικονίζει, καθώς περιέχει εκκλησίες, οικισμούς, τριγωνομετρικά σημεία, ισοϋψείς καμπύλες, κορυφογραμμές, ονοματολογία, τμήμα ορθογώνιου καννάβου, υδρογραφικό δίκτυο και οδικές αρτηρίες. Όλες αυτές οι πληροφορίες αυξάνουν το βαθμό απόσπασης του υποκειμένου σε σύγκριση και με το κενό υπόβαθρο που εξετάζεται παράλληλα. Στην Εικόνα 5.3 παρουσιάζεται το τμήμα της περιοχής που απεικονίζεται στο υπόβαθρο.



Εικόνα 5.3: Τμήμα του χαρτογραφικού υπόβαθρου του πειράματος

5.2.2. Στόχος

Λαμβάνοντας υπόψη πως η απόσταση θέασης της οθόνης του υπολογιστή είναι 60 cm (Jenny et al. 2008), ο στόχος θα έπρεπε να ξεπερνάει το μέγεθος των 0,7 mm (3pixels στη συγκεκριμένη οθόνη ανάλυσης 1280x1024) που αποτελούν τη διακριτική ικανότητα του ματιού. Παράλληλα, εξετάστηκε το γεγονός πως ο στόχος δε θα έπρεπε από μόνος του να εξέχει (pop out effect), οπότε θεωρήθηκε σκόπιμο να έχει μέγεθος όσο και τα υπόλοιπα σύμβολα που απεικονίζονταν στο χάρτη (εκκλησίες, οικισμοί, τριγωνομετρικά σημεία), οπότε επιλέχθηκε τελικά το μέγεθος των 15 pixels.

Το χρώμα του στόχου επιλέχθηκε να είναι μαύρο, εφόσον το κόκκινο ως τυπική εναλλακτική σε χαρτογραφικά πειράματα αποτελεί χρώμα περισπαστή και από μόνο του εξέχει (pop out effect). Επίσης, με τη χρήση μαύρου στόχου, είναι πιο εύκολο να ενσωματωθεί στα υπόλοιπα σύμβολα του χάρτη και να μη διαχωρίζεται από αυτά.

Το σχήμα του στόχου επιλέχθηκε να είναι κυκλικό, προκειμένου να μην έχει απολήξεις. Οι απολήξεις εν γένει τραβούν περισσότερο την προσοχή, σε αντίθεση με την επιθυμία ο στόχος να μην προεξέχει από μόνος του (Wolfe & Horowitz 2004).

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 49 συνολικά εικόνες, οι οποίες έχουν κοινό υπόβαθρο και η διαφοροποίησή τους έγκειται στη θέση της κουκίδας που λειτουργεί σαν στόχος. Έτσι, το υποκείμενο αντιλαμβάνεται την αλλαγή της θέσης που βρίσκεται ο στόχος, σαν ένα κινούμενο στόχο. Οι θέσεις του στόχου επιλέχθηκαν ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις μετακινήσεων, που αναλύονται παρακάτω, και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 αναλυτικά οι συντεταγμένες

τους στο σύστημα αναφοράς της εικόνας. Το σύστημα αυτό, έχει σαν αρχή του την πάνω αριστερή γωνία της εικόνας και η ανάλυση των αποτελεσμάτων για εξαγωγή της ακρίβειας με την οποία παρατηρήθηκαν οι στόχοι έχει υλοποιηθεί με χρήση του λογισμικού του Matlab.

Πίνακας 5.1.: Συντεταγμένες στόχου σε κάθε οπτική σκηνή

Στόχος	X (pixels)	Y (pixels)
T1	73	101
T2	1039	743
T3	270	873
T4	1245	86
T5	932	78
T6	465	455
T7	606	566
T8	1198	941
T9	1242	1008
T10	49	38
T11	156	568
T12	1200	220
T13	861	250
T14	288	864
T15	1221	47
T16	1252	155
T17	74	911
T18	634	915
T19	610	56
T20	1029	898
T21	753	389
T22	324	489
T23	125	501
T24	1223	18
T25	335	224
T26	531	395
T27	212	950
T28	1137	318
T29	89	943
T30	159	432
T31	810	741
T32	1224	836
T33	79	179
T34	329	53
T35	1000	974
T36	543	392
T37	619	599
T38	448	938
T39	1233	57
T40	122	972
T41	41	176
T42	1244	612

Πίνακας 5.1: Συντεταγμένες στόχου σε κάθε οπτική σκηνή (συνέχεια)

Στόχος	X (pixels)	Y (pixels)
T43	77	39
T44	490	580
T45	1144	666
T46	1025	678
T47	1004	644
T48	1198	785
T49	102	14

5.2.3. Μετακινήσεις

Το συγκεκριμένο πείραμα, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, εξετάζει το συνδυασμό των δυναμικών μεταβλητών της διάρκειας και του ρυθμού αλλαγής. Ως ρυθμός αλλαγής ορίζεται η κίνηση του στόχου, η οποία είναι σταθερή σαν παράγοντας/μεταβλητή. Η κίνηση επομένως ανάγεται στη μετακίνηση του συγκεκριμένου στόχου. Οι μετακινήσεις οι οποίες μπορεί να πραγματοποιηθούν στον χάρτη ποικίλουν ως προς το μέγεθός τους. Ως αφετηρία για τον διαχωρισμό τους, επιλέχθηκε η διαγώνιος της οθόνης. Με δεδομένο ότι η ανάλυση της οθόνης που πραγματοποιείται το πείραμα είναι 1280x1024 pixels, η διαγώνιος που προκύπτει για αυτές τις διαστάσεις είναι 1640 pixels. Η διαγώνιος αυτή, θεωρείται ως η μεγαλύτερη μετακίνηση που μπορεί να πραγματοποιηθεί στην οθόνη του υπολογιστή. Με βάση το μήκος αυτό, προκύπτουν οι κατηγοριοποιήσεις των μετακινήσεων οι οποίες είναι αναλογικά:

- Μικρές 0-500 pixels
- Μεσαίες 501-1000 pixels
- Μεγάλες 1001-1560 pixels

Η κάθε μετακίνηση παρουσιάζεται με την εναλλαγή δύο εικόνων. Δηλαδή, μεταφράζεται σε διαφορετική θέση του στόχου, η οποία επιτυγχάνεται με εναλλαγή της ίδιας εικόνας-υποβάθρου, τοποθετώντας σε διαφορετική θέση το στόχο. Συνολικά παρουσιάζονται 48 διαφορετικές μετακινήσεις, όπως αναλύεται και παρακάτω, οπότε σε κάθε παραπάνω κατηγορία αντιστοιχούν συνολικά 16 διαφορετικές μετακινήσεις. Για διακριτές μεταβολές του εύρους των μετακινήσεων, οι 16 μετακινήσεις της κάθε κατηγορίας ήταν διαφορετικές και παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2:

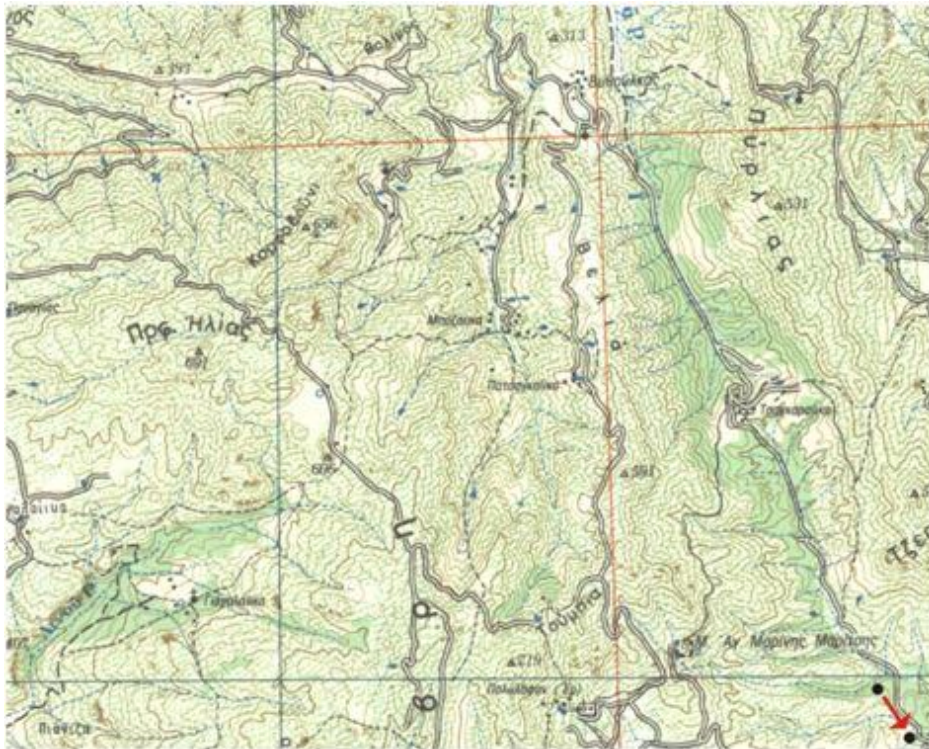
Πίνακας 5.2: Επιτευχθείσες μετακινήσεις στο πείραμα

Μικρές Μετακινήσεις S (pixels)	Μεσαίες Μετακινήσεις M (pixels)	Μεγάλες Μετακινήσεις L (pixels)
40	540	1100
80	560	1120
100	580	1140
120	600	1160
180	640	1180
200	660	1200
220	680	1220

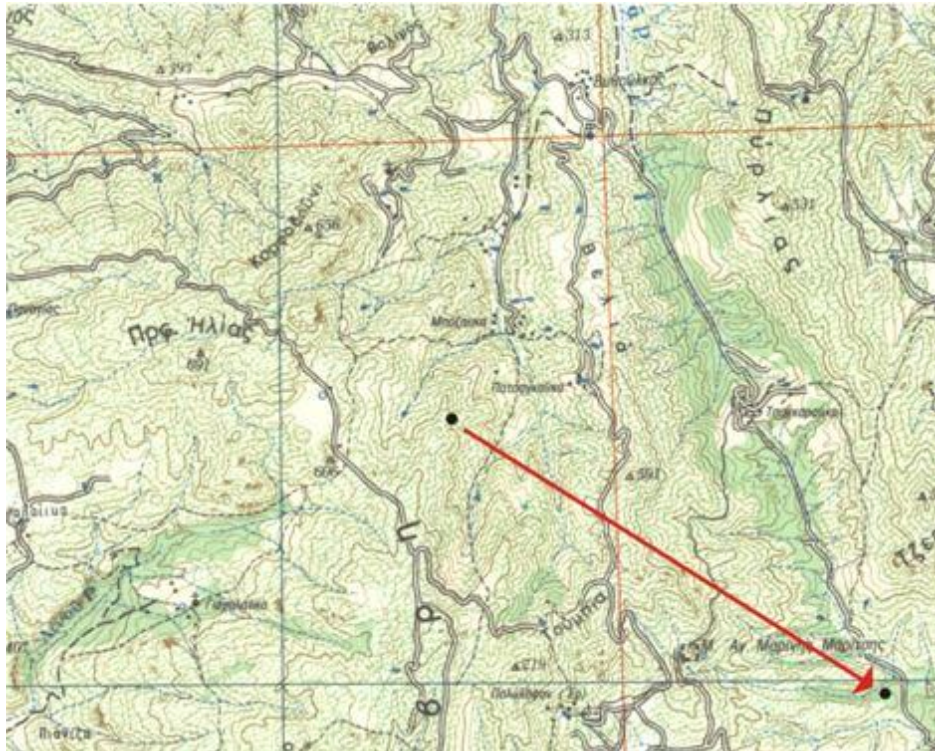
Πίνακας 5.2: Επιτευχθείσες μετακινήσεις στο πείραμα (συνέχεια)

Μικρές Μετακινήσεις S (pixels)	Μεσαίες Μετακινήσεις M (pixels)	Μεγάλες Μετακινήσεις L (pixels)
240	700	1240
260	720	1260
280	740	1280
300	780	1300
340	800	1320
380	840	1340
420	860	1400
440	920	1440
500	940	1540

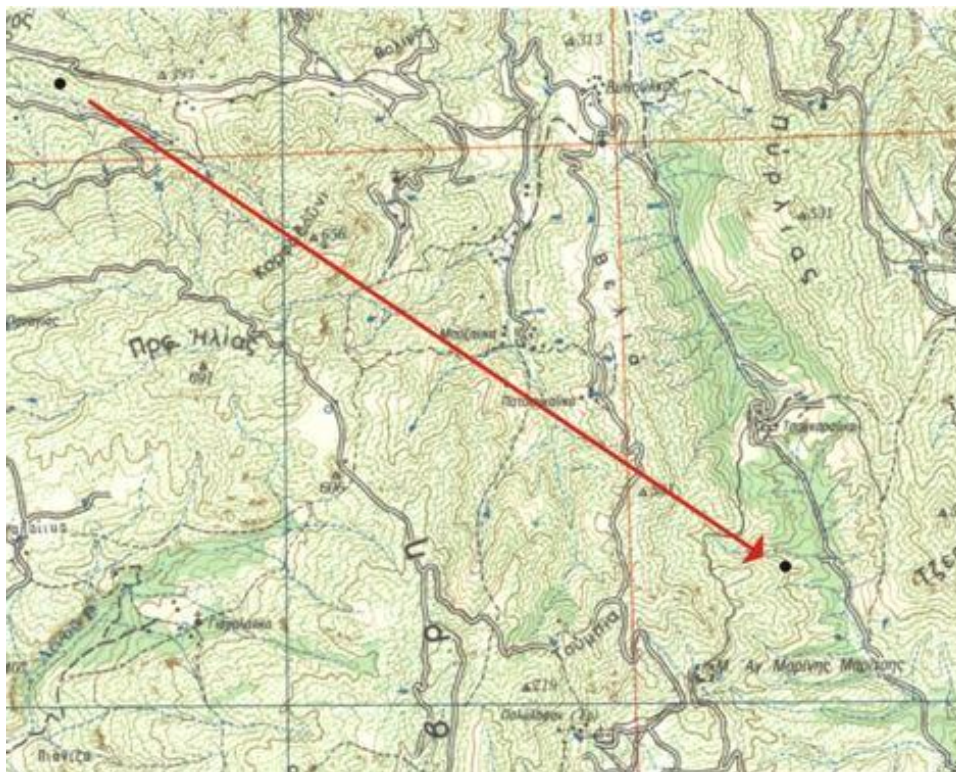
Στις Εικόνες 5.4, 5.5 & 5.6, παρουσιάζονται παραδείγματα μιας μικρής, μεσαίας και μεγάλης μετακίνησης, από τη μετάβαση από το προηγούμενο σημείο που βρισκόταν ο στόχος, στο επόμενο.



Εικόνα 5.4: Μικρή Μετακίνηση 80 pixels



Εικόνα 5.5: Μεσαία Μετακίνηση 700 pixels



Εικόνα 5.6: Μεγάλη Μετακίνηση 1160 pixels

5.2.4. Χρόνοι

Από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, διαπιστώθηκε πως η διάρκεια του πειράματος θα έπρεπε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, προκειμένου να μην επέλθει η φυσική κόπωση του υποκειμένου. Αυτό, θα είχε ως αντίκτυπο τη διάσπαση της προσοχής και την ακούσια κίνηση του υποκειμένου, με αποτέλεσμα τη μείωση της ακρίβειας καταγραφής. Ο χρόνος αυτός περιορίστηκε προσεγγιστικά στα 3-4 λεπτά. Με βάση τον χρονικό αυτόν περιορισμό, ορίστηκαν δύο σετ πειραμάτων για κάλυψη ολόκληρου του εύρους των επιθυμητών χρονικών διαρκειών καταγραφής και μελέτης. Οι επιθυμητές χρονικές διάρκειες έχουν χωριστεί ώστε να είναι πυκνή η καταγραφή στους μικρούς χρόνους και να αραιώνει το εύρος στους μεγαλύτερους. Ως ελάχιστη χρονική διάρκεια ορίστηκε όσο ο ελάχιστος χρόνος που μπορεί να διαρκέσει μια εστίαση ο οποίος και είναι 100 msec (Brodersen et al. 2001). Ο μέγιστος χρόνος καθορίστηκε στα 3 sec, προκειμένου να υπάρχει και η δυνατότητα παρατήρησης και πραγματοποίησης εστίασης σε σημεία που προεξέχουν του υποβάθρου, προκειμένου να εξεταστούν και τα μοντέλα παραγωγής χαρτών προσοχής. Οι χρόνοι μελέτης της κίνησης του στόχου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3:

Πίνακας 5.3: Κατηγορίες χρονικών διαρκειών

Κατηγορίες Χρονικών Διαρκειών (sec)		
Κατηγορία	1 ^ο σετ πειράματος	2 ^ο σετ πειράματος
1 ^η	3	0,9
2 ^η	2	0,7
3 ^η	1	0,5
4 ^η	0,8	0,45
5 ^η	0,6	0,35
6 ^η	0,4	0,3
7 ^η	0,2	0,25
8 ^η	0,1	0,15

Η κάθε κατηγορία χρόνου χρησιμοποιήθηκε συνολικά έξι φορές για τα 3 διαφορετικά είδη των μετακινήσεων που αναλύονται παραπάνω, οπότε συνολικά προέκυψαν 48 διαφορετικές μετακινήσεις, οι οποίες μεταφράζονται σε 49 οπτικές σκηνές (6 δοκιμές για τις μετακινήσεις x 8 κατηγορίες χρόνων). Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζεται η σειρά παράθεσης των εικόνων με το είδος της μετακίνησης και τη χρονική διάρκεια προβολής της.

Πίνακας 5.4: Παράθεση των εικόνων με τα στοιχεία τους

Εικόνα	Μετακίνηση (pixels)	Χαρακτηρισμός Μετακίνησης	Χρονική Διάρκεια Παρουσίασης (sec)	
p1	-	-	2	0,7
p2-1160	1160	L	0,8	0,45
p3-780	780	M	0,4	0,3
p4-1260	1260	L	0,2	0,25
p5-300	300	S	2	0,7
p6-600	600	M	0,6	0,35
p7-180	180	S	0,4	0,3

Πίνακας 5.4: Παράθεση των εικόνων με τα στοιχεία τους (συνέχεια)

Εικόνα	Μετακίνηση (pixels)	Χαρακτηρισμός Μετακίνησης	Χρονική Διάρκεια Παρουσίασης (sec)	
p8-700	700	M	0,8	0,45
p9-80	80	S	0,6	0,35
p10-1540	1540	L	0,2	0,25
p11-540	540	M	0,1	0,15
p12-1100	1100	L	2	0,7
p13-340	340	S	3	0,9
p14-840	840	M	0,6	0,35
p15-1240	1240	L	1	0,5
p16-100	100	S	0,8	0,45
p17-1400	1400	L	0,1	0,15
p18-560	560	M	1	0,5
p19-860	860	M	0,4	0,3
p20-940	940	M	2	0,7
p21-580	580	M	0,4	0,3
p22-440	440	S	0,8	0,45
p23-200	200	S	0,4	0,3
p24-1200	1200	L	0,6	0,35
p25-920	920	M	3	0,9
p26-260	260	S	0,8	0,45
p27-640	640	M	3	0,9
p28-1120	1120	L	0,2	0,25
p29-1220	1220	L	0,1	0,15
p30-500	500	S	0,6	0,35
p31-720	720	M	2	0,7
p32-420	420	S	0,1	0,15
p33-1320	1320	L	0,4	0,3
p34-280	280	S	1	0,5
p35-1140	1140	L	1	0,5
p36-740	740	M	0,2	0,25
p37-220	220	S	0,6	0,35
p38-380	380	S	3	0,9
p39-1180	1180	L	0,8	0,45
p40-1440	1440	L	0,1	0,15
p41-800	800	M	2	0,7
p42-1280	1280	L	0,2	0,25
p43-1300	1300	L	3	0,9
p44-680	680	M	0,2	0,25
p45-660	660	M	1	0,5
p46-120	120	S	0,1	0,15
p47-40	40	S	3	0,9
p48-240	240	S	1	0,5
p49-1340	1340	L	2	0,7

Σημειώνεται πως στην πρώτη εικόνα δεν αναφέρεται η μετακίνηση, εφόσον αποτελεί την αφητηρία, όπως επίσης ο χρόνος προβολής της δεν ενδιαφέρει και πάλι, και τυχαία δόθηκε ίδιος με τον χρόνο προβολής της τελευταίας εικόνας. Επίσης, στα δύο σετ πειραμάτων, διατηρήθηκαν ακριβώς οι ίδιες μετακινήσεις και μόνο ο χρονικός παράγοντας ήταν αυτός που διαφοροποιήθηκε.

5.2.5. Υποκείμενα Πειράματος

Στο πείραμα, συμμετείχαν συνολικά 42 υποκείμενα. Οι 21 συμμετείχαν στο πρώτο σετ πειράματος με τους αρχικούς χρόνους, ενώ οι υπόλοιποι 21 στο δεύτερο σετ. Το πρώτο σετ αποτελούνταν από 14 άνδρες και 7 γυναίκες, ενώ το δεύτερο από 12 άνδρες και 9 γυναίκες. Οι ηλικίες των υποκειμένων κυμαίνονται από 19-60 ετών. Κανένα από τα υποκείμενα δε γνώριζε τη διαδικασία και πραγματοποιούσε το πείραμα μονάχα μια φορά. Σημειώνεται πως κάθε υποκείμενο πραγματοποιούσε το πείραμα τόσο με το χαρτογραφικό όσο και με το κενό υπόβαθρο. Οι 21 πραγματοποίησαν πρώτα το πείραμα με το χαρτογραφικό υπόβαθρο και στη συνέχεια το πείραμα με το κενό υπόβαθρο, ενώ οι υπόλοιποι 21 με την αντίστροφη σειρά.

5.3. Βαθμονόμηση-Αλγόριθμος Βαθμονόμησης

Η βαθμονόμηση, όπως ορίζεται στην επιστήμη της ανίχνευσης της κίνησης του ματιού, είναι η ίδρυση ενός μαθηματικού μοντέλου ανάμεσα στη θέση της κόρης του ματιού και της θέσης του στόχου που παρατηρείται στην προκειμένη φάση. Ενέχει ορισμένες δυσκολίες, όπως η εύρεση ενός καλού μαθηματικού μοντέλου για τη γεωμετρία του οφθαλμού και στη συνέχεια, μια συνάρτηση από τα χαρακτηριστικά του οφθαλμού, μέχρι και τη θέση του σημείου που κοιτάει (Hammond & Mulligan 2008). Λόγω του γεγονότος ότι το ανθρώπινο μάτι δεν είναι απολύτως σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια θέασης του στόχου, βασικό πρόβλημα αποτελεί η επιλογή της κατάλληλης χρονικής στιγμής για την εύρεση των συντεταγμένων της θέσης του ματιού (Nyström et al. 2012).

Σύμφωνα με τον Nyström et al. (2012), η βαθμονόμηση μπορεί να ελέγχεται:

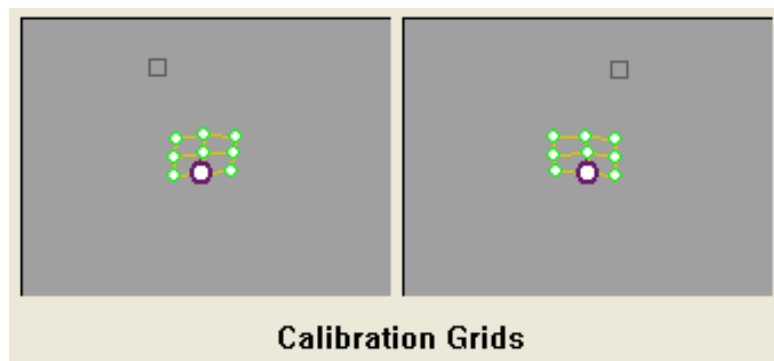
- ❖ από το σύστημα
- ❖ από τον χρήστη
- ❖ από το υποκείμενο

Κατά τη βαθμονόμηση που ελέγχεται από το σύστημα, η διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, εφόσον μέσω του αλγορίθμου καθορίζεται εάν το υποκείμενο έχει δει το στόχο και είναι σε θέση να προχωρήσει στον επόμενο. Έχει ως πλεονέκτημα την ταχύτητα και την ευκολία χειρισμού, με αποτέλεσμα να εισάγει το υποκείμενο ομαλά στη διαδικασία της ανίχνευσης του ματιού, χωρίς να αποσπάται πλήρως η προσοχή του από το κυρίως πείραμα που πρόκειται να ακολουθήσει.

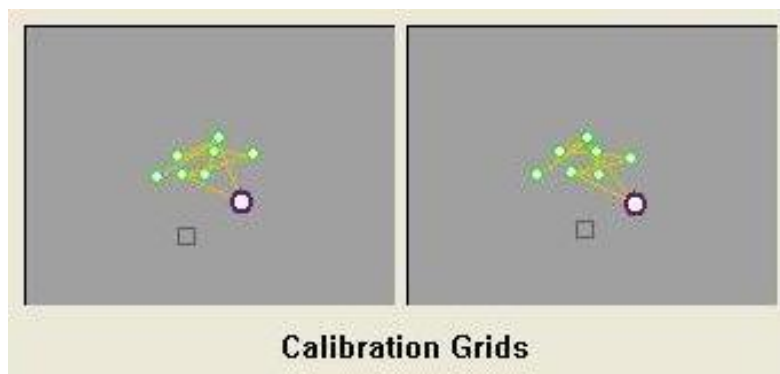
5.3.1. Αυτό-βαθμονόμηση Συστήματος – Παράμετροι

Το λογισμικό του ViewPoint, πραγματοποιεί τη διαδικασία της βαθμονόμησης, επιτρέποντας στον χρήστη να καθορίσει το πλήθος των στόχων που θα παρουσιάσει προκειμένου να επιλύσει τις παραμέτρους της γεωμετρίας μεταξύ οθόνης και ματιού και αναλόγως να αυξήσει ή να μειώσει την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης του ματιού. Λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της ακρίβειας, καθώς και της κόπωσης του υποκειμένου, επιλέχθηκε τελικά να παρουσιαστούν 9 στόχοι, ομοιόμορφα καταναμημένοι στην οθόνη του υπολογιστή προκειμένου να καλύπτεται όλο το εύρος της οθόνης.

Το συγκεκριμένο λογισμικό ViewPoint δε δίνει μια τάξη μεγέθους της ακρίβειας η οποία έχει επιτευχθεί, παρά μόνον έναν κάρναβο ο οποίος αποτελείται από 9 σημεία, 3x3 (ίδια με τη διάταξη παρουσίασης των στόχων στην οθόνη) και ανάλογα με το σχήμα του καννάβου (όσο το δυνατόν πιο τετραγωνικός), γίνεται ένας γρήγορος και επί τόπου έλεγχος του αν έχει επιλυθεί σωστά η βαθμονόμηση. Σε περίπτωση προβολής ενός κανονικού ορθογώνιου καννάβου, συνεχίζεται η διαδικασία, αλλιώς πραγματοποιείται εκ νέου αυτό-βαθμονόμηση του συστήματος. Στις Εικόνες 5.7 & 5.8, παρουσιάζονται αντίστοιχα οι κάρναβοι που έχουν προκύψει από μια βαθμονόμηση με αρκετά μεγάλη ακρίβεια και από μια με κακή ακρίβεια.



Εικόνα 5.7: Επιτυχής Βαθμονόμηση



Εικόνα 5.8: Αποτυχημένη Βαθμονόμηση

5.3.2. Έλεγχος Βαθμονόμησης - Παράμετροι

Μετά την πραγματοποίηση της αυτό-βαθμονόμησης του συστήματος, έχει επιτευχθεί η παρακολούθηση του ματιού του υποκειμένου χωρίς βέβαια να υπάρχει ποσοτική εκτίμηση της ακρίβειας του αποτελέσματος της βαθμονόμησης. Για τον λόγο αυτό, σχεδιάστηκε ένας έλεγχος της ακρίβειας με την οποία έχει επιλυθεί το σύστημα οθόνη-μάτι παρατηρητή.

Πραγματοποιήθηκαν διαφόρων ειδών δοκιμές ως προς το είδος των στόχων που θα χρησιμοποιηθούν. Οι δοκιμές αφορούσαν:

- ❖ το μέγεθος
- ❖ το σχήμα
- ❖ την απόχρωση

Το μέγεθος που θα είχε ο στόχος, ήταν άμεσα συνδεδεμένο με το όριο της οπτικής αντίληψης και την απόσταση θέασης της οθόνης του υπολογιστή. Το όριο της οπτικής αντίληψης για ένα συμπαγές τετράγωνο είναι 0,4mm για απόσταση ανάγνωσης 34 cm (Roulaeu 1984). Λαμβάνοντας υπόψη πως η απόσταση θέασης της οθόνης του υπολογιστή είναι 60 cm (Jenny et al. 2008), ο στόχος θα έπρεπε να ξεπερνάει τα 0,7 mm (3pixels στη συγκεκριμένη οθόνη ανάλυσης 1280x1024). Ύστερα από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για διαφορετικά μεγέθη στόχων, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ως ελάχιστο μέγεθος στόχου τα 10 pixels, εφόσον όσο μικρότεροι ήταν οι στόχοι, δε μπορούσε να πραγματοποιηθεί εστίαση σε τόσο μικρό σύμβολο και άρα να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη ακρίβεια. Για να γίνουν όμως άμεσα αντιληπτοί, χρησιμοποιήθηκε και ένα τετράγωνο πλαίσιο με πλευρά 30 pixels προκειμένου να καθοδηγεί το υποκείμενο προς τα πού να κοιτάξει.

Όσον αφορά το σχήμα του στόχου, να είναι δηλαδή κυκλικός ή τετράγωνος, επιλέχθηκε τελικά, ο τετράγωνος στόχος.

Η επιλογή της κατάλληλης απόχρωσης, αφορά τόσο τον στόχο, όσο το πλαίσιο του στόχου που αναφέρθηκε προηγουμένως καθώς και το υπόβαθρο. Μετά από δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί υπόβαθρο χρώματος γκρι, κόκκινο πλαίσιο που θα περιείχε τον άσπρο στόχο. Ο συνδυασμός αυτός των χρωμάτων κρίθηκε βέλτιστος εφόσον η αντίθεση του κόκκινου με το γκρι, καθώς και του κόκκινου με το άσπρο ήταν μέγιστη.

Τελικό θέμα, αποτέλεσε η επιλογή της θέσης για τον έλεγχο της βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση του συστήματος αφορά ολόκληρη την οθόνη προβολής, οπότε θα έπρεπε να καλύπτει όσο το δυνατόν το μεγαλύτερο εύρος της. Παράλληλα, θα έπρεπε να αποτελέσει και μια σύντομη διαδικασία, η οποία να μην επιβαρύνει χρονικά το συνολικό πείραμα. Για τον λόγο αυτό, ορίστηκαν συνολικά 5 στόχοι. Οι 4 από αυτούς τοποθετήθηκαν στις τέσσερις γωνίες της οθόνης και ο πέμπτος στο κέντρο της. Με τον τρόπο αυτό, καλύπτεται όλο το εύρος της. Οι συντεταγμένες των στόχων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Συντεταγμένες Στόχων

Στόχος	X (pixels)	Y (pixels)
1	128	922
2	1152	922
3	640	512
4	128	102
5	1152	102

Με την επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού χρωμάτων, μεγέθους και τοποθεσίας των στόχων, σειρά είχε η επιλογή του χρόνου προβολής του κάθε στόχου. Ο κάθε στόχος επιλέχθηκε να προβάλλεται για 3 δευτερόλεπτα, προκειμένου να παρθούν επαρκή δεδομένα εστίασης στον στόχο αλλά και να μην επιβαρύνουν χρονικά την εκτέλεση του πειράματος. Στην Εικόνα 5.9 παρουσιάζεται η θέση των 5 στόχων.



Εικόνα 5.9: Θέσεις Στόχων Ελέγχου Βαθμονόμησης

5.3.3. Έλεγχος αποτελεσμάτων βαθμονόμησης-Αλγόριθμος k-means clustering

Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της βαθμονόμησης, εφαρμόζεται αλγόριθμος ομαδοποίησης στοιχείων k-means clustering. Ο αλγόριθμος αυτός ομαδοποιεί ένα σετ δεδομένων με τέτοιο τρόπο, ώστε τα δεδομένα που βρίσκονται στην ίδια ομάδα, να εμφανίζουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό, έναντι των δεδομένων κάθε άλλης ομάδας. Στην προκειμένη περίπτωση, η ομαδοποίηση αφορά το πόσο κοντά βρίσκεται μια παρατήρηση ως προς τον επιδιωκόμενο στόχο. Χρησιμοποιείται ευρέως για στατιστική ανάλυση δεδομένων.

Αλγόριθμος Ελέγχου Βαθμονόμησης

Για τον έλεγχο της βαθμονόμησης του συστήματος, συντάχθηκε κώδικας στο περιβάλλον του Matlab στο οποίο εισήχθησαν τα δεδομένα που προέκυψαν από το πρόγραμμα ViewPoint. Ο κώδικας συντάχθηκε στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής του Κρασανάκη Βασιλείου που βρίσκεται σε εξέλιξη. Συνοπτικά παρουσιάζεται η λειτουργία του.

Με βάση τον κώδικα, γίνεται εισαγωγή των καινούριων αρχείων .txt που αφορούν τα δεδομένα καταγραφής για κάθε στόχο. Εισάγονται και οι συντεταγμένες των θέσεων των πέντε στόχων, όπου για κάθε έναν από τους πέντε στόχους, επιλέγεται η δημιουργία πέντε κλάσεων για ομαδοποίηση των καταγραφών. Στη συνέχεια, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει για ποιόν από τους δύο οφθαλμούς θέλει να εξετάσει την ακρίβεια καταγραφής. Γίνεται τροποποίηση των συντεταγμένων, έτσι ώστε από συντεταγμένες εκφρασμένες σε pixels να αναχθούν στο σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί το λογισμικό και ξεκαθάρισμα τυχόν περιττών καταγραφών που βρίσκονται εκτός πεδίου μελέτης. Στη συνέχεια, υπολογίζεται ο μέσος όρος κατά x, y και η απόσταση κάθε σημείου από το στόχο μαζί με την τυπική απόκλιση. Με χρήση συνάρτησης του λογισμικού, γίνεται η εφαρμογή του k-means αλγόριθμου, με δεδομένα εισόδου το αρχείο καταγραφής των δεδομένων καθώς και τον αριθμό των κλάσεων που πρόκειται να δημιουργηθούν (πέντε για κάθε στόχο). Με βάση τον αλγόριθμο, υπολογίζονται οι πέντε κλάσεις για κάθε στόχο, και προσδιορίζονται οι συντεταγμένες της κλάσης με τα περισσότερα δεδομένα. Η θέση αυτή αποτελεί το νέο κέντρο, με βάση το οποίο προσδιορίζονται οι σχετικές αποστάσεις των δεδομένων της κλάσης μαζί με τα τυπικά σφάλματά τους.

5.4. Πειραματική Διαδικασία

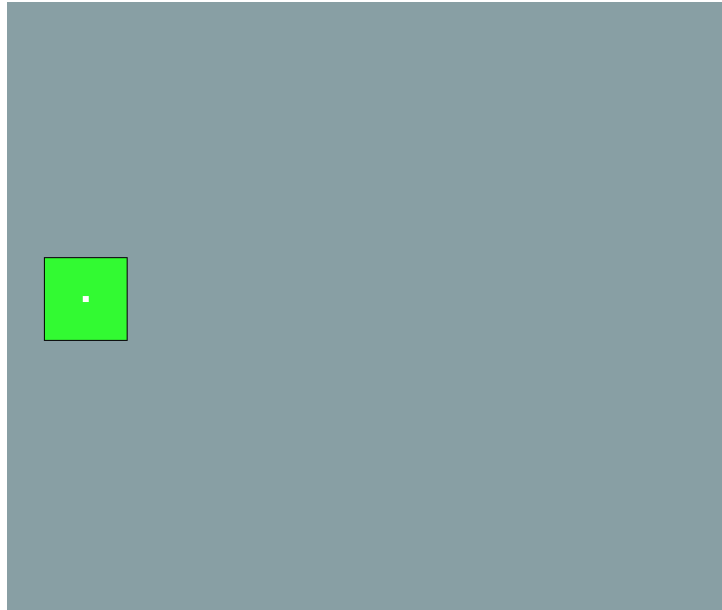
Η συνολική διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος συνοψίζεται σε 6 βήματα.

1^ο βήμα- Σταθεροποίηση Υποκειμένου

Στο υποκείμενο τοποθετούνται τα ειδικά γυαλιά με ενσωματωμένα δύο κάμερες και προσαρμόζονται ώστε να παρακολουθεί η κάθε κάμερα την κίνηση της κόρης των ματιών του υποκειμένου σε οποιαδήποτε θέση κι εάν βρίσκεται. Παράλληλα, σταθεροποιείται το υποκείμενο στον ειδικό εξοπλισμό ακινητοποίησης του κρανίου.

2^ο βήμα- Βαθμονόμηση του Συστήματος

Κατά τη διαδικασία αυτή, γίνονται ορισμένες ρυθμίσεις στο σύστημα, όπως η επιλογή του Binocular Mode για καταγραφή και των δύο οφθαλμών ώστε τελικά να επιλεγεί ο οφθαλμός που έχει επιτύχει την καλύτερη ακρίβεια, η ρύθμιση της οθόνης προβολής στη δεύτερη οθόνη και ο καθορισμός 9 σημείων για τη βαθμονόμηση. Με τη ρύθμιση των παραπάνω παραμέτρων, ξεκινά η διαδικασία της βαθμονόμησης η οποία διαρκεί 25 sec και έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 5.10.



Εικόνα 5.10: Στόχοι Βαθμονόμησης Συστήματος

3^ο βήμα- Αρχείο Ρυθμίσεων Παραμέτρων Πειράματος

Με το πέρας του 2^{ου} βήματος και εφόσον ελεγχθεί και εγκριθεί επί τόπου το πλέγμα-κάνναβος που έχει δημιουργηθεί και αναπαριστά την επιτυχή διεκπεραίωση της βαθμονόμησης, φορτώνεται το αρχείο που δημιουργήθηκε με σκοπό να αυτοματοποιηθεί η διαδικασία του πειράματος.

Προκειμένου να παραμείνουν σταθερές οι συνθήκες σε όλα τα υποκείμενα, η αυτοματοποίηση της διαδικασίας αφορά και στις παραμέτρους για το κυρίως πείραμα. Έτσι, σύμφωνα και με τον κώδικα-αρχείο που φορτώνεται, πραγματοποιούνται αυτόματα η ρύθμιση που αφορά τις παρακάτω παραμέτρους:

- ❖ την οθόνη προβολής να είναι στη δεύτερη οθόνη που είναι τοποθετημένο το υποκείμενο
- ❖ το είδος της καταγραφής να είναι υψηλής ακρίβειας high accuracy mode(60 Hz), δηλαδή χρονική διάρκεια ανάμεσα σε δύο διαδοχικές καταγραφές να είναι 16,67 msec
- ❖ η ανίχνευση του οπτικού κέντρου του οφθαλμού να πραγματοποιείται με τη μέθοδο Pupil Location Method
- ❖ την απενεργοποίηση της εμφάνισης περιοχών ενδιαφέροντος (Region of Interest-ROI)
- ❖ την απενεργοποίηση της εμφάνισης του σημείου όπου στρέφεται το βλέμμα
- ❖ τη δημιουργία του ατομικού αρχείου καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων που έχει κωδικοποιημένη ονοματολογία με βάση την ημερομηνία και ώρα. Σημειώνεται πως μετά την περάτωση της διαδικασίας του πειράματος δίνεται το όνομα του υποκειμένου προκειμένου να μην αργοπορεί η διαδικασία. Η ονοματολογία έχει τη μορφή [Έτος-Μήνας-Ημέρα ;Ωρα-Λεπτά-Δευτερόλεπτα].
- ❖ τη σειρά προβολής των οπτικών σκηνών

- ❖ το χρόνο προβολής της κάθε οπτικής σκηνής και την εναλλαγή της με την αμέσως επόμενη
- ❖ την αποθήκευση και το κλείσιμο του αρχείου που έχει δημιουργηθεί
- ❖ τον τερματισμό της όλης διαδικασίας

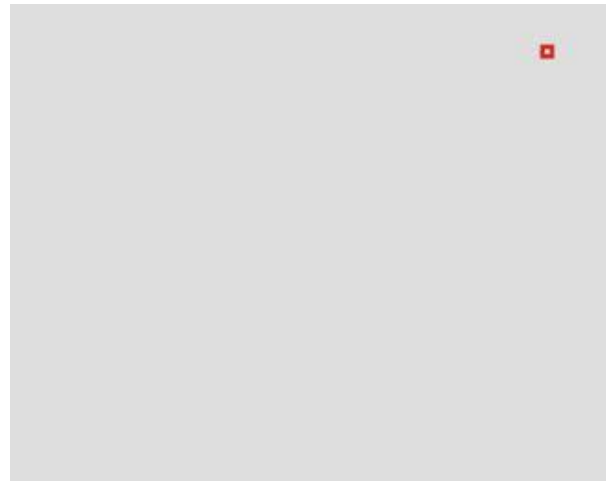
Ο κώδικας αυτός έχει γραφτεί σε γλώσσα συμβατή με το λογισμικό του View Point και λειτουργεί καλώντας τις συγκεκριμένες συναρτήσεις με τις επιθυμητές τιμές (βλέπε Παράρτημα Α).

4^ο βήμα- Έλεγχος Βαθμονόμησης Συστήματος

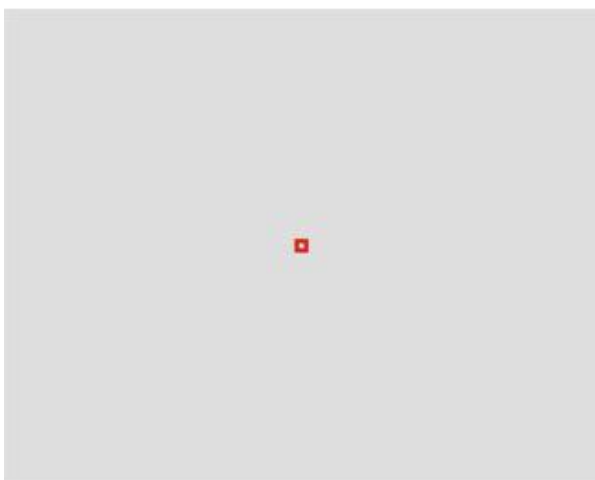
Στο στάδιο αυτό, η βαθμονόμηση που έχει πραγματοποιηθεί σε προηγούμενο στάδιο, ελέγχεται με την προβολή των 5 στόχων που έχουν αναλυθεί προηγουμένως. Προβάλλονται με τη σειρά που φαίνεται στις εικόνες οι πέντε στόχοι (Εικόνες 5.11, 5.12, 5.13, 5.14 & 5.15), για τρία δευτερόλεπτα ο καθένας και με βάση το αρχείο καταγραφής, αργότερα θα προκύψει η γεωμετρική ακρίβεια του συστήματος που έχει επιτευχθεί.



Εικόνα 5.11: Πρώτος Στόχος



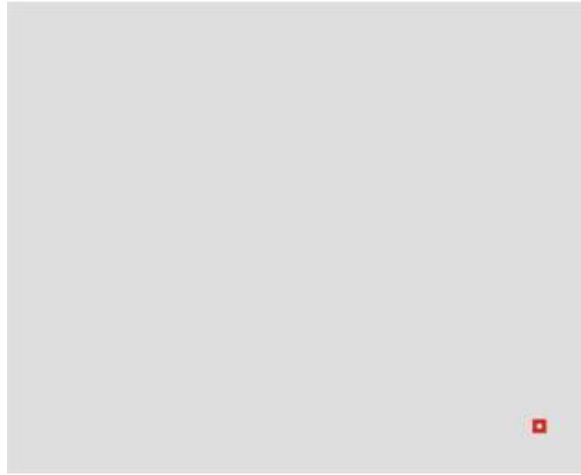
Εικόνα 5.12: Δεύτερος Στόχος



Εικόνα 5.13: Τρίτος Στόχος



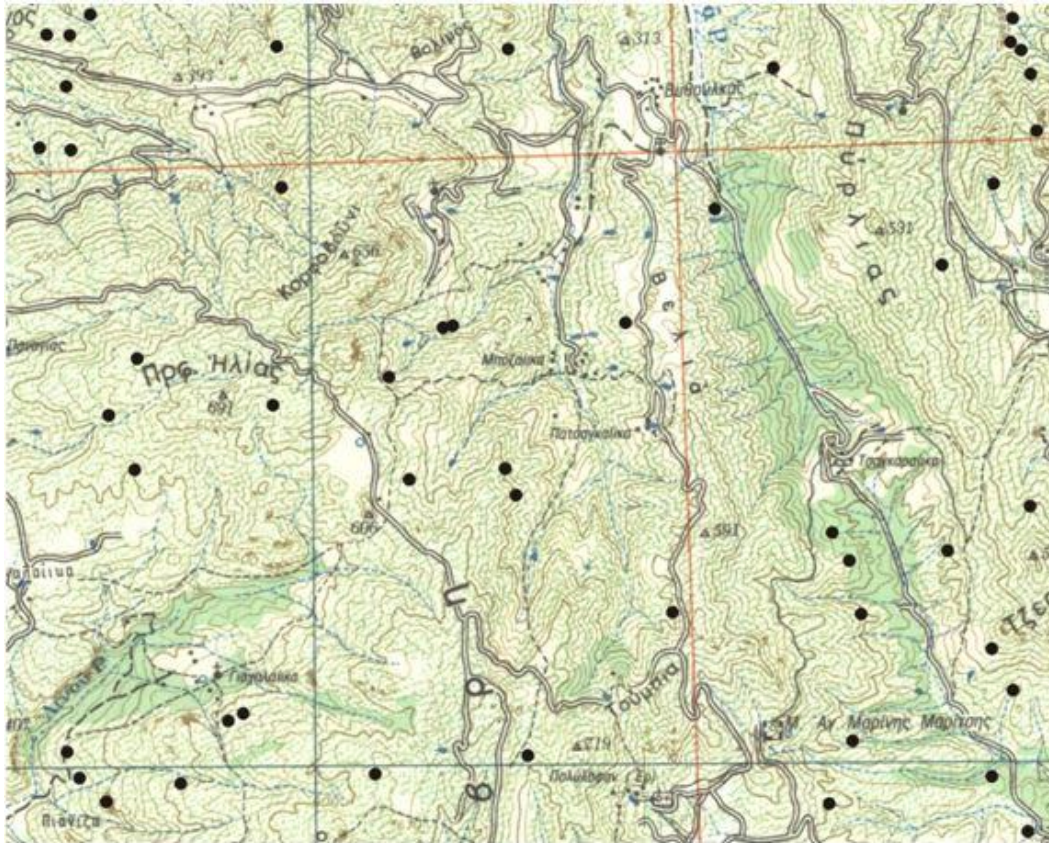
Εικόνα 5.14: Τέταρτος Στόχος



Εικόνα 5.15: Πέμπτος Στόχος

5^ο βήμα- Κυρίως Πείραμα

Το στάδιο αυτό, αποτελεί το κυρίως πείραμα όπου και πραγματοποιείται η μελέτη της αντίληψης της κίνησης του στόχου, με την εστίαση του ματιού στο σημείο που κάθε φορά βρίσκεται ο στόχος. Αποτελείται συνολικά από 49 οπτικές σκηνές, δηλαδή 48 διαφορετικές κινήσεις με διαφορετικές εναλλαγές στους χρόνους και στο είδος της μετακίνησης. Η κατανομή του στόχου, επιδιώχθηκε να είναι όσο το δυνατόν πιο διασκορπισμένη σε όλο το εύρος του χάρτη. Καλύφθηκε η περιφέρεια του χάρτη κυρίως στις τέσσερις γωνίες του προκειμένου να επιτευχθούν οι μεγάλες κινήσεις του στόχου. Στο μέσο και στο κεντρικό τμήμα του χάρτη τοποθετήθηκε ο στόχος για να εξυπηρετεί μεσαίες κινήσεις, ενώ οι μικρές κινήσεις επιτυγχάνονταν σε όλες τις περιοχές του χάρτη. Συνολικά οι 49 θέσεις του στόχου παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.16 και αναλυτικά οι 48 διαφορετικές μετακινήσεις (49 οπτικές σκηνές) ακολουθούν στο Παράρτημα Β.



Εικόνα 5.16: Υπόβαθρο με τις 49 θέσεις του στόχου

6^ο βήμα- Έλεγχος Ακρίβειας-Τέλος διαδικασίας

Μετά το πέρας του κυρίως πειράματος, ακολουθεί και πάλι ένας έλεγχος της ακρίβειας που επιτυγχάνεται, προκειμένου να διαπιστωθεί τυχόν μεταβολή στη γεωμετρία του συστήματος οθόνης-οφθαλμού σε σχέση με τον έλεγχο της ακρίβειας που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη βαθμονόμηση του συστήματος. Σε περίπτωση μεταβολής της γεωμετρίας υπάρχει υποψία για πιθανή κίνηση του υποκειμένου κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος, που συνεπάγεται την αδυναμία χρησιμοποίησης των δεδομένων αυτών.

Με το πέρας και του τελικού ελέγχου, ολοκληρώνεται συνολικά το πείραμα, τερματίζεται αυτόματα η καταγραφή και αποθηκεύονται τα δεδομένα στο ατομικό αρχείο που έχει δημιουργηθεί.

Σημειώνεται πως το υποκείμενο πληροφορείται για τη διαδικασία που επρόκειτο να ακολουθήσει αναλυτικά όσον αφορά τη βαθμονόμηση του συστήματος, τη μορφή των στόχων, τον έλεγχο της ακρίβειας που ακολουθεί πριν και μετά το πέρας του πειράματος. Δεν γίνεται καμία αναφορά στην έρευνα που διεξάγεται, μιας και πρόκειται για πείραμα όπου μας ενδιαφέρει να καταγραφεί η αυθόρμητη αντίδραση του υποκειμένου, χωρίς να είναι προϋποθέσιμα για το τι πρόκειται να ακολουθήσει (task independent), δηλαδή σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης (free viewing conditions).

Η συνολική χρονική διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος, μαζί με τη βαθμονόμηση, τους ελέγχους ακρίβειας και το κυρίως πείραμα, συνοψίζεται στον Πίνακα 5.6 για τα δύο ξεχωριστά χρονικά στάδια του πειράματος.

Πίνακας 5.6: Συνολικός πίνακας με όλους τους χρόνους

Τμήμα πειράματος		Χρονική διάρκεια (sec)			
		1 ^ο σετ πειράματος		2 ^ο σετ πειράματος	
Βαθμονόμηση		28		28	
Έλεγχος ακρίβειας	x5 Στόχοι	3		3	
Λευκή εικόνα		2		2	
Κυρίως Πείραμα	Πρώτη εικόνα	2		0,7	
	x6 Μετακινήσεις σε κάθε κατηγορία χρόνου	3	x6 Μετακινήσεις σε κάθε κατηγορία χρόνου	0,9	x6 Μετακινήσεις σε κάθε κατηγορία χρόνου
		2		0,7	
		1		0,5	
		0,8		0,45	
		0,6		0,35	
		0,4		0,3	
		0,2		0,25	
		0,1		0,15	
Λευκή εικόνα		2		2	
Έλεγχος ακρίβειας	x5 Στόχοι	3		3	
Λευκή εικόνα		1		1	
Συνολικός χρόνος		333,6		298,8	

6. Αποτελέσματα-συζήτηση

Με την ολοκλήρωση του χαρτογραφικού πειράματος, γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για κάθε ένα από τα υποκείμενα της μελέτης. Η ανάλυση αυτή, αφορά στην εξαγωγή της ακρίβειας από τον έλεγχο της βαθμονόμησης, με απόρριψη των απόρριψη ορισμένων υποκειμένων από την εξαγωγή συμπερασμάτων. Μετά τον καθορισμό του τελικού αριθμού των υποκειμένων, εισάγονται τα δεδομένα τους σε λογισμικό επεξεργασίας, από το οποίο προκύπτουν τα ζητούμενα αρχεία προσηλώσεων. Τα αρχεία αυτά, στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται για την τελική ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν τόσο στον προσδιορισμό του τρόπου λειτουργίας του συνδυασμού των δυναμικών μεταβλητών διάρκειας και ρυθμού αλλαγής, όσο και στον έλεγχο της αξιοπιστίας τριών μοντέλων προσοχής. Τέλος, πραγματοποιείται εκτενέστερος έλεγχος των οπτικών σκηνών με τα σημεία που έχουν γίνει εστιάσεις, προκειμένου να διαπιστωθεί ποια άλλα χαρακτηριστικά του χαρτογραφικού υποβάθρου τραβούν την προσοχή, αμέσως μετά την κίνηση του στόχου.

6.1. Υποκείμενα πειράματος

Για κάθε υποκείμενο ξεχωριστά, ελέγχθηκε η ακρίβεια που επιτεύχθηκε, μετά το πέρας του πειράματος. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε με χρήση του αλγορίθμου k-means που συντάχθηκε στο περιβάλλον του Matlab και που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ο αλγόριθμος εφαρμόστηκε για κάθε υποκείμενο συνολικά τέσσερις φορές (2 φορές που πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος, μια στην αρχή και μια στο τέλος της διαδικασίας του πειράματος, για κάθε οφθαλμό). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν απέδωσαν την ακρίβεια σε: εικονοστοιχεία (pixels), χιλιοστά, μονάδες του λογισμικού και μοίρες. Επίσης, παράλληλα με τα αριθμητικά δεδομένα, τα αποτελέσματα συνοδεύτηκαν και από μια οπτική παρουσίαση της κατανομής των σημείων εστίασης κατά τον έλεγχο της βαθμονόμησης. Η οπτική αυτή παρουσίαση σε συνδυασμό με τα αριθμητικά δεδομένα, χρησιμοποιείται για τον τελικό αποκλεισμό ή μη ενός υποκειμένου στην τελική επεξεργασία.

Από το συνολικό αριθμό των 42 υποκειμένων που πήραν μέρος στο πείραμα, ο οριστικός αριθμός των υποκειμένων που λήφθηκαν υπόψη ήταν 32. Οι 17 συμμετείχαν στο πρώτο σετ και οι 15 στο δεύτερο. Στο πρώτο σετ πήραν μέρος συνολικά 6 γυναίκες και 11 άνδρες ενώ στο δεύτερο 8 γυναίκες και 7 άνδρες.

Τα κριτήρια για τελική αποδοχή ή απόρριψη των υποκειμένων αποτέλεσαν:

- ❖ η μετατόπιση των καταγραφών από τους στόχους που αναφέρονταν σε κάθε περίπτωση
- ❖ η όσο το δυνατόν ταύτιση της γεωμετρίας των καταγραφών πριν την εκτέλεση του πειράματος με τα αποτελέσματα της γεωμετρίας αμέσως μετά το πείραμα

❖ η γενικότερη κατανομή των καταγραφών ανά τους πέντε στόχους της εικόνας

6.1.1. Δεδομένα τελικών υποκειμένων πειράματος

Όλα τα δεδομένα των υποκειμένων ελέγχθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα αριθμητικά δεδομένα, που είναι η τελική ακρίβεια σε μια σειρά διαφορετικών μονάδων μέτρησης, όσο και την εποπτική ακρίβεια, η οποία παρουσιάζει στην πραγματική εικόνα με τους στόχους, την ακριβή θέση που το υποκείμενο παρατηρούσε.

Αριθμητικά Δεδομένα

Τα δεδομένα των τελικών υποκειμένων με τα αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία της αβεβαιότητάς τους (μέγιστο, ελάχιστο, μέσος όρος) για τα δύο σετ πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1 & 6.2.

Πίνακας 6.1: Συνολικές αβεβαιότητες για 1^ο σετ πειράματος

Χαρτογραφικό πείραμα Α									
Α/Α Υποκ.	Σφάλματα πρώτου ελέγχου				Σφάλματα δεύτερου ελέγχου				Μάτι
	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	
S1	23	6,7	0,022	0,3	32	9,4	0,031	0,41	Δ
S2	20	5,8	0,019	0,27	18	5,2	0,017	0,22	Δ
S3	26	7,8	0,026	0,32	56	16,6	0,055	0,77	Δ
S4	23	6,8	0,022	0,27	70	20,6	0,068	0,82	Α
S5	21	6,2	0,021	0,02	18	5,4	0,018	0,26	Δ
S6	25	7,2	0,024	0,09	38	11,3	0,037	0,6	Δ
S7	35	10,2	0,034	0,74	37	10,9	0,036	0,36	Δ
S8	19	5,5	0,018	0,33	32	9,5	0,031	0,26	Α
S9	27	7,9	0,026	0,31	23	6,7	0,022	0,19	Δ
S10	20	5,9	0,02	0,16	24	7,2	0,024	0,29	Δ
S11	22	6,4	0,021	0,53	35	10,2	0,034	0,63	Α
S13	13	3,7	0,012	0,21	46	13,4	0,044	0,55	Δ
S14	19	5,6	0,019	0,34	45	13,3	0,044	0,83	Δ
S16	23	6,8	0,023	0,34	20	5,9	0,02	0,18	Α
S18	17	5	0,017	0,26	11	3,3	0,011	0,23	Δ
S19	22	6,4	0,021	0,29	26	7,8	0,026	0,25	Α
S21	23	6,8	0,023	0,6	18	5,3	0,017	0,59	Δ
min	13	3,7	0,012	0,02	11	3,3	0,011	0,18	
max	35	10,2	0,034	0,74	70	20,6	0,068	0,83	
M.O.	22,235	6,512	0,022	0,316	32,294	9,529	0,031	0,438	

Πίνακας 6.2: Συνολικές αβεβαιότητες για 2^ο σετ πειράματος

Χαρτογραφικό πείραμα Β									
Α/Α Υποκ.	Σφάλματα πρώτου ελέγχου				Σφάλματα δεύτερου ελέγχου				Μάτι
	ρχι	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	ρχι	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	
S1	22	6,5	0,022	0,35	26	7,7	0,025	0,38	Δ
S2	17	5,1	0,017	0,04	24	7,1	0,024	0,41	Α
S3	14	4	0,013	0,12	13	3,8	0,013	0,23	Δ
S4	28	8,2	0,027	0,19	28	8,4	0,028	0,2	Α
S5	22	6,3	0,021	0,19	21	6,1	0,02	0,19	Δ
S7	16	4,6	0,015	0,38	19	5,6	0,019	0,24	Α
S8	23	6,8	0,022	0,49	20	5,8	0,019	0,39	Δ
S9	17	5,1	0,017	0,15	20	5,8	0,019	0,17	Δ
S10	14	4	0,013	0,39	21	6,3	0,021	0,47	Δ
S12	41	12,2	0,04	0,47	21	6,2	0,021	0,18	Δ
S13	18	5,4	0,018	0,21	30	8,9	0,03	0,37	Δ
S16	17	5	0,017	0,35	19	5,6	0,019	0,48	Δ
S18	13	3,9	0,013	0,17	16	4,7	0,016	0,04	Δ
S19	27	7,9	0,026	0,33	34	10,1	0,033	0,34	Α
S20	47	13,8	0,046	1,08	56	16,5	0,055	0,9	Δ
min	13	3,9	0,013	0,04	13	3,8	0,013	0,04	
max	47	13,8	0,046	1,08	56	16,5	0,055	0,9	
M.O.	22,4	6,58	0,0218	0,327	24,5	7,24	0,0241	0,332	

Συγκεντρωτικά και για τα δύο σεντ του πειράματος προέκυψαν τα μέγιστα και ελάχιστα σφάλματα και ο μέσος όρος των σφαλμάτων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3: Στατιστικά στοιχεία αβεβαιότητας του πειράματος

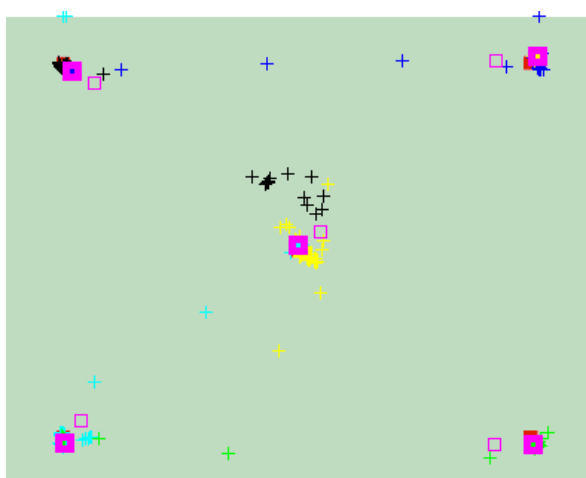
Χαρτογραφικό πείραμα								
Στατιστικό δεδομένο	Σφάλματα πρώτου ελέγχου				Σφάλματα δεύτερου ελέγχου			
	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες
min	13	3,7	0,012	0,02	11	3,3	0,011	0,04
max	47	13,8	0,046	1,08	70	20,6	0,068	0,9
M.O.	22,3	6,54	0,0217	0,321	28,6	8,45	0,0280	0,388

Οπτικοποίηση καταγραφών βαθμονόμησης

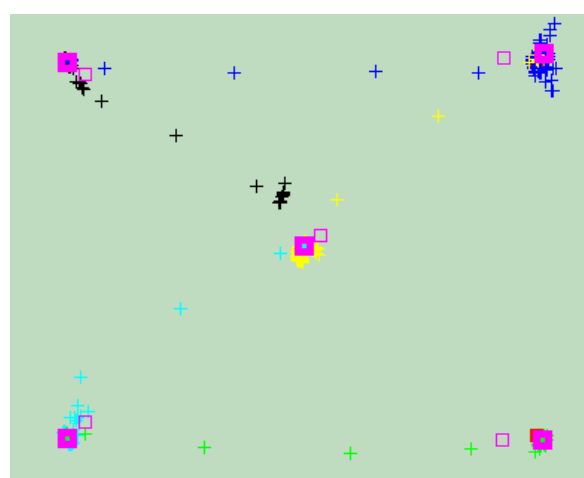
Η αξιολόγηση των υποκειμένων, πραγματοποιήθηκε παράλληλα και με μια οπτική εικόνα, η οποία παρουσιάζει τις θέσεις των σημείων όπου έχει γίνει προσήλωση κατά τον έλεγχο της ακρίβειας. Στον αλγόριθμο, πραγματοποιήθηκε ένας υπολογισμός της μέσης τιμής των συντεταγμένων που αφορούν την παρατήρηση του καθένα από τους πέντε στόχους που προβλήθηκαν, πριν και μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου k-means. Από τις τιμές αυτές, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για να διαπιστωθεί κατά πόσο η θέση του μέσου όρου των σημείων εστίασης, μετά την εφαρμογή του k-means, βρισκόταν κοντά στην πραγματική θέση του στόχου.

❖ Επιτυχής έλεγχος

Επιτυχής θεωρείται ο έλεγχος όταν, τόσο πριν, όσο και μετά την πειραματική διαδικασία, οι συνθήκες του πειράματος και η γεωμετρία του έχουν παραμείνει αμετάβλητες και η κατανομή των πέντε στόχων στην εικόνα είναι ικανοποιητική (Εικόνες 6.1 & 6.2). Έτσι, μπορούν τα δεδομένα του συγκεκριμένου υποκειμένου να θεωρηθούν αξιόπιστα.

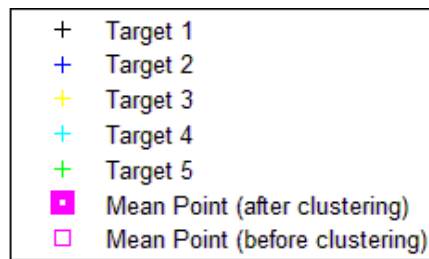


Εικόνα 6.1: Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας)



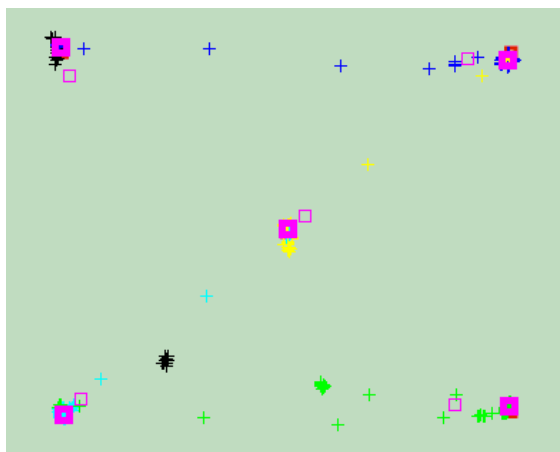
Εικόνα 6.2: Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)

Η θέση του μέσου όρου των σημείων εστίασης, μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου, και στις δύο περιπτώσεις βρίσκεται μέσα στα όρια του στόχου, οπότε και γίνεται αποδεκτό το αποτέλεσμα.

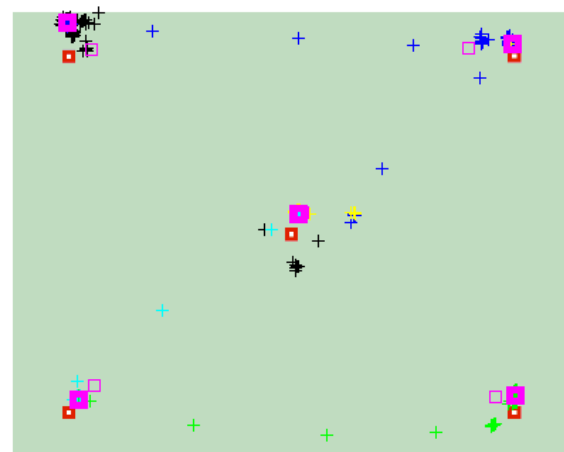


❖ Επιτυχής έλεγχος με μικρή μετακίνηση μετά την πειραματική διαδικασία

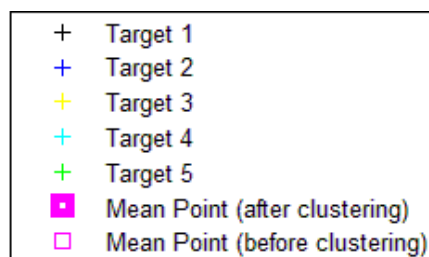
Αποτελέσματα επιτυχούς ελέγχου, όπου υπήρξε μικρή μετακίνηση μετά τη διαδικασία. Στην περίπτωση αυτή, ενώ ο αρχικός έλεγχος δείχνει ότι η εστίαση έχει πραγματοποιηθεί εντός των ορίων των στόχων (Εικόνα 6.3), με το δεύτερο έλεγχο, μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας, παρατηρείται μια μικρή μετακίνηση (shift) στη θέση όλων των στόχων (Εικόνα 6.4). Αυτή η μετακίνηση οφείλεται πιθανόν σε αλλαγή της γεωμετρίας που έχει σχηματιστεί.



Εικόνα 6.3: Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας)



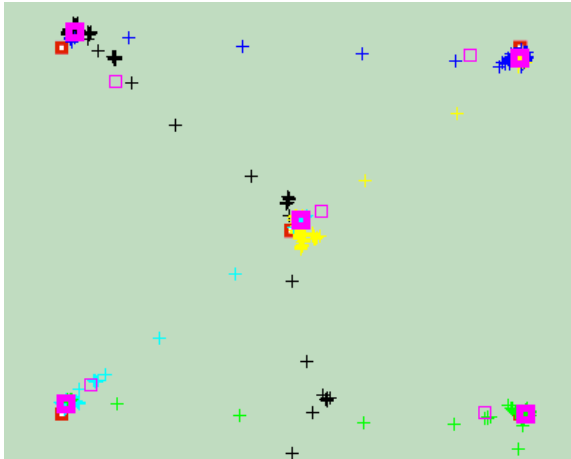
Εικόνα 6.4: Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)



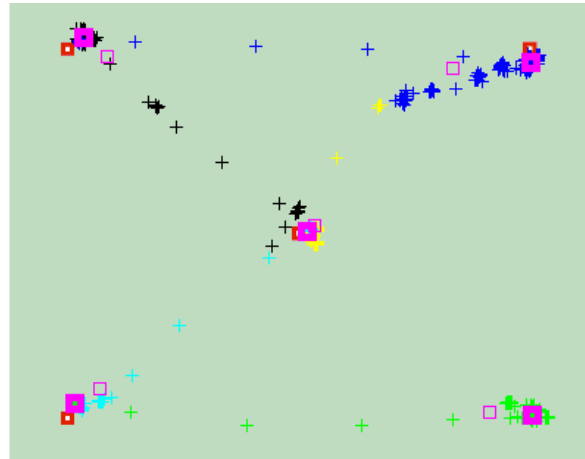
❖ Επιτυχής έλεγχος με μικρή μετακίνηση από την αρχή της πειραματικής διαδικασίας

Αποτελέσματα επιτυχούς ελέγχου, όπου υπήρξε μικρή μετακίνηση από την αρχή της διαδικασίας. Στην περίπτωση αυτή, παρουσιάζεται μια μετακίνηση (shift), τόσο πριν (Εικόνα 6.5) όσο και μετά το πέρας της πειραματικής πορείας (Εικόνα 6.6), που όμως δε θεωρείται

σημαντική και εφόσον είναι όμοια, πριν και μετά, η γεωμετρία δε θεωρείται πως έχει μεταβληθεί. Με παράλληλη μελέτη των αριθμητικών δεδομένων της συγκεκριμένης περίπτωσης, μπορούν να γίνουν αποδεκτές οι τιμές αυτές. Εφόσον υπάρχει στον αρχικό και στον τελικό έλεγχο, δε θεωρείται ότι έχει πραγματοποιηθεί κάποια μεταβολή στη γεωμετρία, οπότε τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή συμπερασμάτων.



Εικόνα 6.5: Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας)



Εικόνα 6.6: Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)

+	Target 1
+	Target 2
+	Target 3
+	Target 4
+	Target 5
■	Mean Point (after clustering)
□	Mean Point (before clustering)

6.1.2. Δεδομένα υποκειμένων που αποκλείστηκαν

Από τα δύο σετ πειράματος, υπήρξαν συνολικά 9 υποκείμενα που αποκλείστηκαν από την περαιτέρω διαδικασία ανάλυσης (4 από το πρώτο σετ πειράματος και 5 από το δεύτερο). Οι αβεβαιότητες που συνοδεύουν τις μετρήσεις τους παρουσιάζονται στους Πίνακες 4 & 5. Όπως και προηγουμένως, ο αποκλεισμός πραγματοποιήθηκε τόσο λόγω των μεγάλων αβεβαιοτήτων των δεδομένων, όσο και λόγω της οπτικής παρουσίασης των θέσεων εστίαση.

Αριθμητικά Δεδομένα

Στους Πίνακες 6.4 & 6.5 παρουσιάζονται οι μειωμένες ακρίβειες που κατάφεραν ορισμένα υποκείμενα στο πρώτο και δεύτερο σετ πειράματος αντίστοιχα.

Πίνακας 6.4: Συνολικές αβεβαιότητες για 1^ο σετ πειράματος

Χαρτογραφικό πείραμα Α									
Α/Α Υποκ.	Σφάλματα πρώτου ελέγχου				Σφάλματα δεύτερου ελέγχου				Μάτι
	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	
S12	63	18,6	0,062	1,14	41	12,2	0,04	0,91	Δ
S15	31	9,2	0,031	0,62	48	14	0,046	0,61	Δ
S17	85	25	0,083	2,16	121	35,6	0,118	1,83	Α
S20	17	5	0,017	0,47	50	14,8	0,049	0,83	Α

Πίνακας 6.5: Συνολικές αβεβαιότητες για 2^ο σετ πειράματος

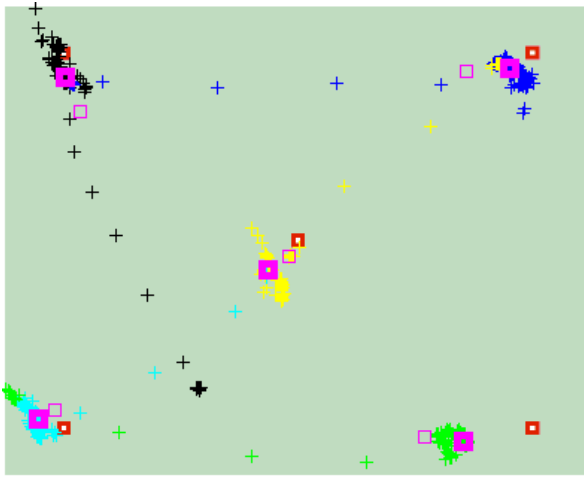
Χαρτογραφικό πείραμα Β									
Α/Α Υποκ.	Σφάλματα πρώτου ελέγχου				Σφάλματα δεύτερου ελέγχου				Μάτι
	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	pxl	mm	μονάδες λογισμ.	μοίρες	
S6	44	13	0,043	0,18	36	10,6	0,035	0,98	Δ
S11	34	9,9	0,033	0,23	44	13	0,043	0,52	Δ
S14	31	9,1	0,03	0,37	41	12,2	0,04	0,08	Α
S15	25	7,4	0,025	0,68	359	105,5	0,35	8,46	Α
S17	29	8,5	0,028	0,92	72	21,1	0,07	1,57	Δ
S21	41	11,9	0,04	0,23	26	7,7	0,026	0,28	Δ

Οπτικοποίηση καταγραφών βαθμονόμησης

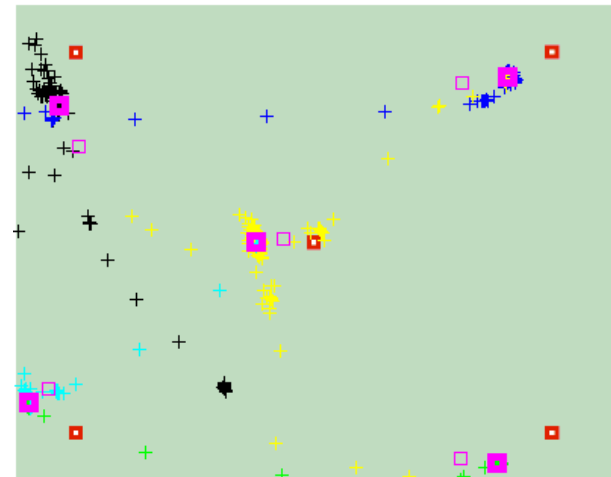
Στην περίπτωση των υποκειμένων που αποκλείστηκαν, τα οπτικά δεδομένα ήταν εκείνα που κατά κύριο λόγο απέτρεψαν τη χρήση τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δε θα υπήρχαν καταγραφές για κάποιο στόχο, ή η θέση καταγραφής θα ήταν τόσο μετατοπισμένη από την πραγματική θέση του στόχου, που σε συνδυασμό με τα αριθμητικά δεδομένα δε θα μπορούσε να ληφθεί υπόψη λόγω της μειωμένης αβεβαιότητας των μετρήσεων.

❖ Πρώτος έλεγχος

Σε ορισμένες περιπτώσεις από τον πρώτο έλεγχο ήταν φανερό πως δεν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα για το πείραμα. Παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης παρουσιάζεται στις Εικόνες 6.7 & 6.8, όπου η γεωμετρία είναι διαστρεβλωμένη από την αρχή και δεν υπάρχει ικανοποιητική κατανομή των καταγραφών ανά τους στόχους της οπτικής σκηνής.



Εικόνα 6.7: Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας)

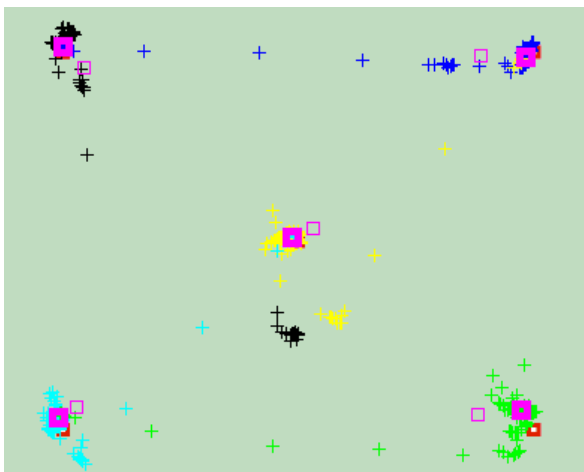


Εικόνα 6.8: Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)

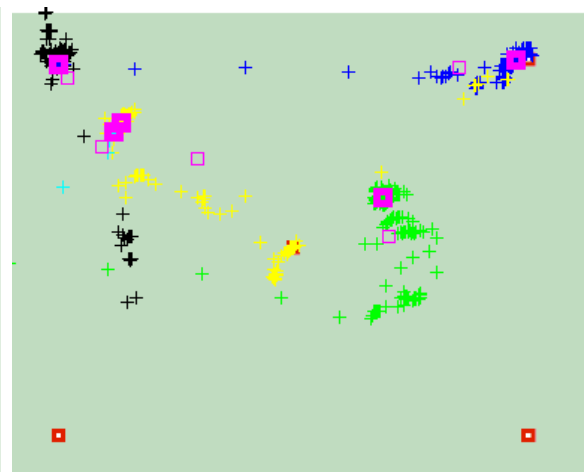
+	Target 1
+	Target 2
+	Target 3
+	Target 4
+	Target 5
■	Mean Point (after clustering)
□	Mean Point (before clustering)

❖ Έλεγχος μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας

Σε ορισμένες άλλες περιπτώσεις, ενώ ο αρχικός έλεγχος δεν απορρίπτονταν (Εικόνα 6.9), ο τελικός έδειχνε ότι η γεωμετρία είχε υποστεί τέτοια μεταβολή σε κάποια φάση του πειράματος, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει καμία εγγύτητα του πριν με το μετά (Εικόνα 6.10). Το γεγονός αυτό, απέτρεπε τη χρησιμοποίηση των δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση του πειράματος.



Εικόνα 6.9: Πρώτος έλεγχος βαθμονόμησης (αρχή πειραματικής διαδικασίας)



Εικόνα 6.10: Δεύτερος έλεγχος βαθμονόμησης (τέλος πειραματικής διαδικασίας)

+	Target 1
+	Target 2
+	Target 3
+	Target 4
+	Target 5
■	Mean Point (after clustering)
□	Mean Point (before clustering)

6.2. Τελικές επιτευχθείσες ακρίβειες

Από τα δεδομένα, παρατηρείται ότι η ακρίβεια που έχει επιτευχθεί, μόνο για τα υποκείμενα που έχουν ληφθεί υπόψη στη διαδικασία, τόσο στον πρώτο όσο και στον δεύτερο έλεγχο είναι της τάξης των 20-30 pixels. Αυτή η τάξη μεγέθους αποτελεί και την ακρίβεια με την οποία καταγράφονται και οι οφθαλμικές κινήσεις και αποτελεί το αποδεκτό όριο για να θεωρηθεί ότι έχει παρατηρηθεί ένας στόχος.

Τελικά, για κάθε υποκείμενο που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία, επιλέχθηκε ο οφθαλμός ο οποίος είχε επιτύχει την καλύτερη ακρίβεια.

6.3. Ανάλυση αποτελεσμάτων στο λογισμικό του OGAMA

Η ανάλυση των αρχείων των καταγραφών πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του ελεύθερου λογισμικού του OGAMA (Voßkübler et al. 2008). Στο πρόγραμμα αυτό, εισάγονται τα αρχικά ανεπεξέργαστα δεδομένα (raw data) όπως έχουν προκύψει από το λογισμικό του ViewPoint και με κατάλληλη επεξεργασία δίνουν ως αποτέλεσμα, αρχεία με περιεχόμενο το πλήθος και τη θέση που έχει πραγματοποιηθεί προσήλωση σε κάθε οπτική σκηνή, καθώς και θερμικούς χάρτες (heatmaps) με εικονική αναπαράσταση περιοχών εστίασης.

Το λογισμικό αυτό εντοπίζει σημεία όπου έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις αναζητώντας διαδοχικές καταγραφές από τα δεδομένα, οι οποίες βρίσκονται πολύ κοντά ή μια στην άλλη. Σε περίπτωση που ένα νέο σημείο βρίσκεται σε μια περιοχή γύρω από το μέσο ενός σημείου προσήλωσης, θεωρείται ότι ανήκει στη συγκεκριμένη προσήλωση και η περιοχή προσήλωσης διευρύνεται. Η ακτίνα ορισμού της περιοχής καθορίζεται από το χρήστη. Σε περίπτωση που ένα σημείο θέασης υπερβαίνει το κατώφλι που έχει οριστεί, θεωρείται ότι ανήκει στην περιοχή προσήλωσης μόνο αν το μεταγενέστερο σημείο θέασης επιστρέφει στην περιοχή όπου είχε γίνει η αρχική εστίαση.

Σε περίπτωση που πραγματοποιείται ένα ανοιγόκλειμα του ματιού και χάνεται το σημείο θέασης, η προσήλωση μπορεί να επεκταθεί εάν το αμέσως επόμενο σημείο θέασης εμπίπτει μέσα στην περιοχή προσήλωσης και υπάρχουν λιγότερα από τα απαιτούμενα δείγματα για διαδοχικά άστοχα σημεία θέασης. Σε αντίθετη περίπτωση, η αρχική προσήλωση θεωρείται ότι λήγει στο τελευταίο αποδεκτό σημείο θέασης.

6.3.1. Παράμετροι λογισμικού OGAMA

Ορισμένες παράμετροι ορίστηκαν στο λογισμικό προκειμένου να παράγει αρχεία με δεδομένα την τοποθεσία και το πλήθος των προσηλώσεων. Οι παράμετροι αυτοί είχαν να κάνουν με τα εξής στοιχεία:

- ❖ η μέγιστη απόσταση από την πραγματική θέση του στόχου με ένα σημείο που έχει πραγματοποιηθεί προσήλωση, έτσι ώστε το σημείο αυτό να θεωρείται ότι ανήκει στην προσήλωση που αφορά το συγκεκριμένο στόχο, να είναι 20 pixels
- ❖ το ελάχιστο πλήθος των προσηλώσεων που έχουν πραγματοποιηθεί από το συγκεκριμένο δείγμα, προκειμένου να μπορεί να θεωρηθεί ότι ο στόχος σε μια οπτική σκηνή έχει παρατηρηθεί, να είναι 5
- ❖ το “μέγεθος του δαχτυλιδιού” (ring size) που θεωρείται απαραίτητο ώστε το λογισμικό να ανιχνεύει προσηλώσεις, να είναι σε 31 pixels όπως ήταν και η προεπιλογή του λογισμικού

Επιλέχθηκε να πραγματοποιείται συγχώνευση των διαδοχικών προσηλώσεων μέσα στη μέγιστη απόσταση και η διάμετρος παρουσίασης των προσηλώσεων να εξαρτάται από το πλήθος των προσηλώσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στη συγκεκριμένη οπτική σκηνή.

6.3.2. Αρχεία προσηλώσεων (fixations)

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε προκειμένου να προκύψει για κάθε μια οπτική σκηνή ένα αρχείο που να περιέχει τα σημεία στα οποία πραγματοποιήθηκαν προσηλώσεις αναλύεται παρακάτω.

Για κάθε ένα υποκείμενο που συμμετείχε τελικά στην πειραματική διαδικασία συγκεντρώθηκαν και εισήχθησαν στο περιβάλλον του λογισμικού OGAMA τα ακόλουθα αρχεία με τη συγκεκριμένη σειρά και καθορίστηκαν ορισμένες επιπλέον παράμετροι:

- ❖ Από το αρχικό αρχείο με τα πρωτογενή δεδομένα όπως δημιουργήθηκε από το λογισμικό του ViewPoint και αναφέρεται σε ένα υποκείμενο με όλες τις οπτικές σκηνές που προβλήθηκαν, πραγματοποιήθηκε η εξαγωγή ορισμένων μόνο στηλών, τόσο για τον αριστερό όσο και για τον δεξιό οφθαλμό, που αφορούσαν το χρόνο καταγραφής και τις συντεταγμένες του οφθαλμού για κάθε χρονική στιγμή.
- ❖ Καθορίστηκε ποιος από τους δύο οφθαλμούς θα χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των δεδομένων, όπως προέκυψε από τον έλεγχο της βαθμονόμησης και δόθηκε ονομασία στο υποκείμενο ανάλογα με τη σειρά που κατείχε στην πειραματική διαδικασία.
- ❖ Εισήχθηκε αρχείο που περιείχε το χρόνο που εισήχθη στο λογισμικό η κάθε οπτική σκηνή και ο αύξων αριθμός που αντιστοιχεί στην κάθε οπτική σκηνή.
- ❖ Εισήχθηκε το αρχείο που περιείχε τον αύξοντα αριθμό της κάθε οπτικής σκηνής και την ονομασία του φακέλου και της ίδιας της οπτικής σκηνής, όπως αυτή ήταν αποθηκευμένη στον φάκελο αυτό.

Με την επανάληψη της παραπάνω διαδικασίας και για τα 32 υποκείμενα, δημιουργήθηκε ένα ενιαίο αρχείο που περιείχε για κάθε οπτική σκηνή, συγκεντρωτικά τα σημεία προσήλωσης και των 32 υποκειμένων. Τελικά, πραγματοποιήθηκε εξαγωγή 49 αρχείων (ένα για κάθε οπτική σκηνή) που περιέχουν τα σημεία προσήλωσης και των 32 υποκειμένων για το πρώτο σετ του πειράματος και άλλα 49 αρχεία για το δεύτερο σετ του πειράματος.

Το μέγεθος του κάθε αρχείου διαφέρει, ανάλογα με τον χρόνο έκθεσης της κάθε οπτικής σκηνής. Ο αριθμός δηλαδή, των προσηλώσεων που υπάρχει σε κάθε οπτική σκηνή εξαρτάται από τον χρόνο έκθεσής της και παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.6.

Πίνακας 6.6: Αριθμός σημείων εστίασης OGAMA

Οπτική σκηνή	1ο σετ πειράματος		2ο σετ πειράματος	
	Χρόνος έκθεσης (sec)	Αριθμός εστιάσεων	Χρόνος έκθεσης (sec)	Αριθμός εστιάσεων
1	2	124	0,7	43
2	0,8	59	0,45	34
3	0,4	28	0,3	17
4	0,2	17	0,25	20
5	2	97	0,7	43
6	0,6	54	0,35	29
7	0,4	33	0,3	20
8	0,8	55	0,45	31
9	0,6	40	0,35	18
10	0,2	17	0,25	18
11	0,1	1	0,15	9
12	2	101	0,7	40
13	3	81	0,9	52
14	0,6	47	0,35	25
15	1	62	0,5	30
16	0,8	45	0,45	31
17	0,1	9	0,15	15
18	1	72	0,5	29
19	0,4	26	0,3	20
20	2	79	0,7	42
21	0,4	31	0,3	18
22	0,8	46	0,45	33
23	0,4	34	0,3	19
24	0,6	42	0,35	18
25	3	70	0,9	47
26	0,8	52	0,45	30
27	3	90	0,9	49
28	0,2	17	0,25	17
29	0,1	2	0,15	12
30	0,6	51	0,35	25

Πίνακας 6.6: Αριθμός σημείων εστίασης OGAMA (συνέχεια)

Οπτική Σκηνή	1ο σετ πειράματος		2ο σετ πειράματος	
	Χρόνος Έκθεσης (sec)	Αριθμός Εστιάσεων	Χρόνος Έκθεσης (sec)	Αριθμός Εστιάσεων
31	2	90	0,7	52
32	0,1	8	0,15	15
33	0,4	28	0,3	18
34	1	56	0,5	30
35	1	63	0,5	35
36	0,2	16	0,25	16
37	0,6	44	0,35	22
38	3	82	0,9	49
39	0,8	58	0,45	30
40	0,1	11	0,15	13
41	2	84	0,7	40
42	0,2	17	0,25	19
43	3	135	0,9	58
44	0,2	16	0,25	17
45	1	66	0,5	35
46	0,1	8	0,15	14
47	3	72	0,9	39
48	1	49	0,5	31
49	2	92	0,7	43

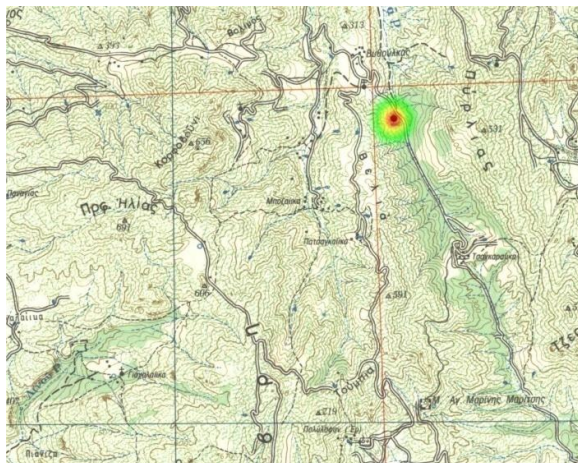
6.3.3. Θερμικοί χάρτες (heatmaps)

Με χρήση των σημείων προσήλωσης, το λογισμικό του OGAMA δίνει τη δυνατότητα οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων. Από τις διαθέσιμες εναλλακτικές οπτικοποιήσεις οι χάρτες προσοχής (attention maps) παρουσιάζουν τα σημεία προσήλωσης ως χρωματιστούς θερμικούς χάρτες (heatmaps). Το μέγεθος του πυρήνα παρεμβολής στο θερμικό χάρτη ακολουθεί την κανονική κατανομή και έχει τη δυνατότητα μεταβολής των τιμών του (Voßkühler et al. 2008).

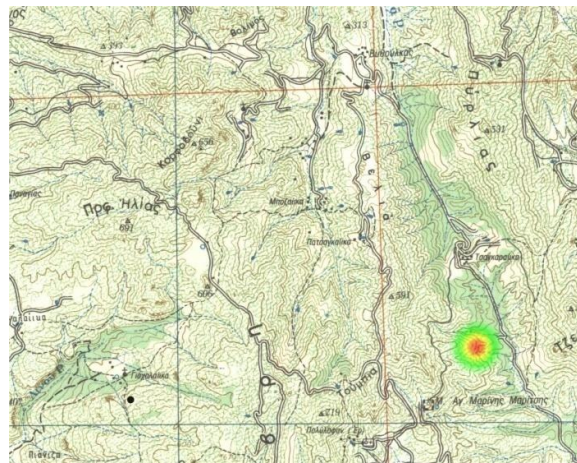
Για λόγους οπτικοποίησης χρησιμοποιήθηκαν οι θερμικοί χάρτες, οι οποίοι παρουσιάζουν την περιοχή στην οποία πραγματοποιήθηκε μια προσήλωση ενώ το μέγεθος της προσήλωσης αφορά στο πλήθος των προσηλώσεων που πραγματοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη οπτική σκηνή και στο μέγεθος του πυρήνα παρεμβολής που ορίστηκε. Σημειώνεται πως οι θερμικοί χάρτες που προκύπτουν αποτελούν μονάχα ένα εποπτικό μέσο για τον μέσο όρο των σημείων στα οποία έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις. Μπορεί, δηλαδή, ανάλογα με το μέγεθος του πυρήνα προβολής που ορίζεται, να μην παρουσιάσει ορισμένες προσηλώσεις των υποκειμένων, δίνοντας εσφαλμένη εντύπωση μη παρατήρησης του κινούμενου σημείου.

Στα συγκεκριμένα εικονιζόμενα παραδείγματα, το μέγεθος του πυρήνα προβολής της προσήλωσης έχει οριστεί όσο προβλέπει η προεπιλογή του λογισμικού (201 Gaussian kernel

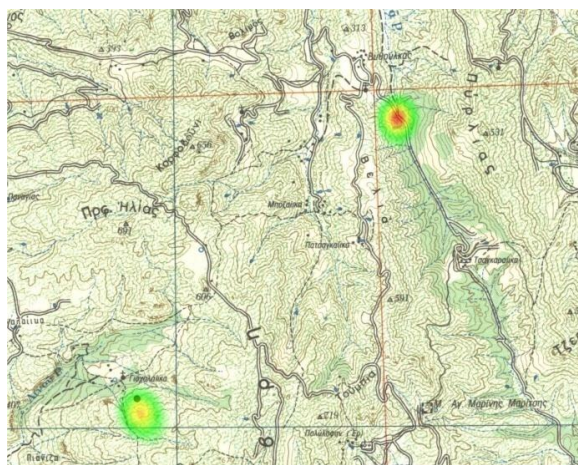
size). Εικόνες 6.11, 6.12, 6.13 & 6.14 παρουσιάζουν διαφορετικές περιπτώσεις εντοπισμού και προσήλωσης σε έναν στόχο, σε θέση που προϋπήρχε στόχος καθώς και σε άλλα σημεία της εικόνας που τράβηξαν την προσοχή του παρατηρητή.



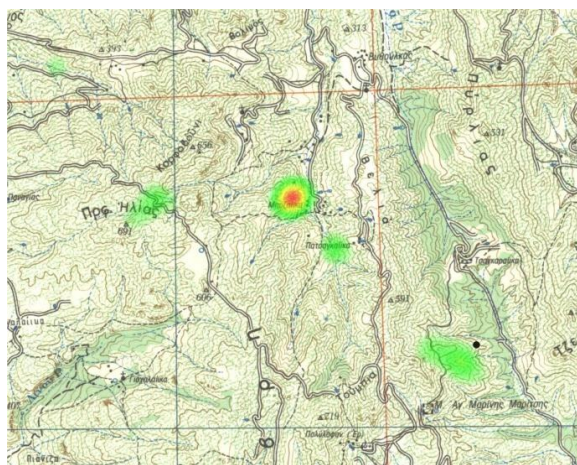
Εικόνα 6.11: Οπτική σκηνή που ο στόχος εντοπίστηκε και πραγματοποιήθηκε προσήλωση



Εικόνα 6.12: Οπτική σκηνή που ο στόχος δεν εντοπίστηκε και η προσήλωση έγινε σε προηγούμενη θέση στόχου



Εικόνα 6.13: Οπτική σκηνή που εντοπίστηκε ο στόχος μετά από προσήλωση στον προϋπάρχον στόχο



Εικόνα 6.14: Οπτική σκηνή που ο στόχος τελικά εντοπίστηκε μετά από προσήλωση σε διαφορετικά άλλα σημεία

6.4. Τελικά σημεία προσήλωσης και γραφική παράσταση αποτελεσμάτων

Το λογισμικό OGAMA εξήγαγε τα σημεία προσήλωσης που αναφέρονταν στο σύνολο της οπτικής σκηνής. Το ενδιαφέρον όμως, εστιάστηκε στη συγκεκριμένη περιοχή των στόχων. Για τον λόγο αυτό, συντάχθηκε ειδικό λογισμικό από μέλος του Εργαστηρίου Χαρτογραφίας (Κρασανάκης 2013) με βάση το οποίο προέκυπταν οι προσηλώσεις που αφορούσαν μόνο στο σύμβολο-στόχο.

Με χρήση των παραπάνω δεδομένων και με ορισμό ενός κατωφλίου 20 pixels, όπως αυτό προέκυψε από τον έλεγχο της ακρίβειας με την οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα, εξήχθησαν τα σημεία προσήλωσης γύρω από κάθε έναν από τους 49 στόχους. Στο Παράρτημα Γ, παρουσιάζονται αναλυτικά οι πίνακες που αφορούν τις προσηλώσεις όλων των υποκειμένων σε κάθε οπτική σκηνή. Για κάθε οπτική σκηνή προέκυψαν τα ακόλουθα δεδομένα:

- ❖ Μέσος χρόνος προσήλωσης γύρω από στόχο σε msec
- ❖ Ολικός χρόνος προσήλωσης γύρω από στόχο σε msec
- ❖ Ολικός χρόνος προσήλωσης για την οπτική σκηνή σε msec
- ❖ Ποσοστό του χρόνου προσήλωσης γύρω από τον στόχο προς τον ολικό χρόνο προσήλωσης στην οπτική σκηνή
- ❖ Αριθμός των σημείων προσήλωσης γύρω από τον στόχο
- ❖ Αριθμός των σημείων προσήλωσης για την οπτική σκηνή
- ❖ Ποσοστό του αριθμού των σημείων προσήλωσης γύρω από τον στόχο προς τον αριθμό των σημείων προσήλωσης στην οπτική σκηνή

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, απαντάται το ερώτημα αν σε μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια με μια αντίστοιχα, συγκεκριμένη μετακίνηση, τα υποκείμενα όντως εντόπισαν το στόχο; Για να θεωρηθεί ένας στόχος ότι δε θεάθηκε καθόλου, θα πρέπει ο αριθμός των σημείων προσήλωσης σ' αυτόν να είναι μηδενικός, δηλαδή, κανένα υποκείμενο να μην έχει πραγματοποιήσει ούτε μια προσήλωση στο συγκεκριμένο στόχο. Στον Πίνακα 6.7 παρουσιάζονται για κάθε χρονική διάρκεια ο αριθμός των οπτικών σκηνών στις οποίες ανιχνεύθηκε ο στόχος, λαμβάνοντας υπόψη ότι σε κάθε χρονική διάρκεια αντιστοιχούν 6 διαφορετικές μετακινήσεις.

Πίνακας 6.7: Αναλυτική περιγραφή ανίχνευσης στόχου συναρτήσει χρόνου και απόστασης

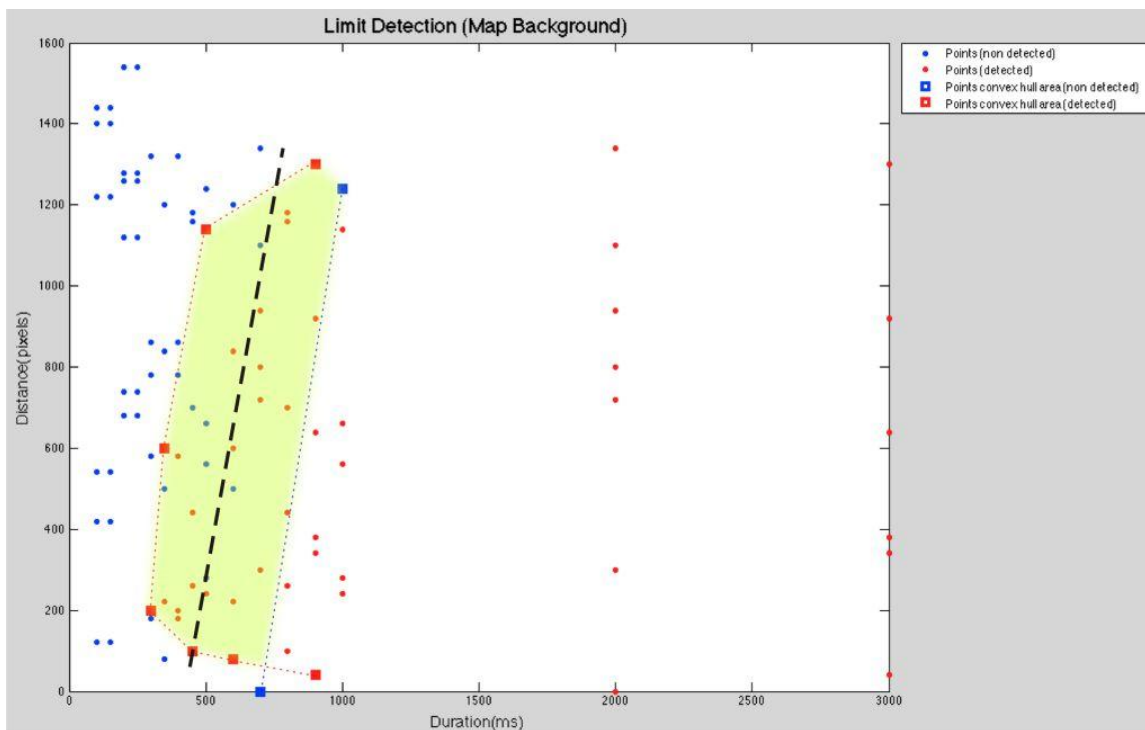
Διάρκεια έκθεσης (sec)	Αριθμός οπτικών σκηνών που ανιχνεύθηκε ο στόχος	Αριθμός οπτικών σκηνών που δεν ανιχνεύθηκε ο στόχος	Είδος μετακίνησης που ανιχνεύθηκε	Είδος μετακίνησης που δεν ανιχνεύθηκε
3	6	0	S, M, L	-
2	6	0	S, M, L	-
1	5	1	S, M, L	L
0,9	6	0	S, M, L	-
0,8	6	0	S, M, L	-
0,7	4	2	S, M	L
0,6	4	2	S, M	S, L
0,5	2	4	S, L	S, M, L
0,45	3	3	S	M, L
0,4	3	3	S, M	M, L
0,35	2	4	S, M	S, M, L
0,3	1	5	S	S, M, L
0,25	0	6	-	M, L
0,2	0	6	-	M, L
0,15	0	6	-	S, M, L
0,1	0	6	-	S, M, L

Από τον Πίνακα 6.7 προκύπτει ότι για μεγαλύτερους χρόνους έκθεσης της οπτικής σκηνής, ανιχνεύονται αντίστοιχα μεγαλύτερες μετακινήσεις. Πιο συγκεκριμένα:

- ❖ Για χρονικές διάρκειες από 0,8 sec και ανώτερες, ο στόχος έχει ανιχνευθεί και μάλιστα και για τις τρεις κατηγορίες μετακινήσεων (μικρές, μεσαίες, μεγάλες). Υπάρχει μια περίπτωση, όπου για τη χρονική διάρκεια 1 sec δεν έχει ανιχνευθεί μεγάλη μετακίνηση, καθιστώντας έτσι τις μεγάλες μετακινήσεις κρίσιμες για τη χρονική αυτή διάρκεια. Για τις υπόλοιπες χρονικές κατηγορίες (3, 2, 0,9, 0,8 sec) είναι βέβαιη η παρατήρηση όλων των μετακινήσεων.
- ❖ Για χρονικές διάρκειες 0,6 sec και 0,7 sec, ο κινούμενος στόχος έχει ανιχνευθεί για δύο κατηγορίες μετακινήσεων (μικρές και μεσαίες). Βέβαια, για τη χρονική διάρκεια των 0,6 sec δεν έχει ανιχνευθεί μια μεσαία μετακίνηση, οπότε προκύπτει ότι οι μικρές μετακινήσεις είναι εκείνες για τις οποίες υπάρχει βέβαιη πληροφορία ανίχνευσης και αντίστοιχα για τις μεγάλες, βέβαιη πληροφορία μη ανίχνευσης.
- ❖ Για τη χρονική διάρκεια 0,5 sec, έχει ανιχνευθεί η μικρή και η μεγάλη μετακίνηση. Δεν έχουν ανιχνευθεί όμως, και όλες οι κατηγορίες μετακινήσεων (μικρές, μεσαίες, μεγάλες) καθιστώντας τις μεσαίες μετακινήσεις σίγουρα μη ανιχνεύσιμες και τις μικρές και μεγάλες κρίσιμες.
- ❖ Για τη χρονική διάρκεια 0,45 sec, έχουν ανιχνευθεί μονάχα οι μικρές μετακινήσεις. Οι μεσαίες και οι μεγάλες δεν έχουν ανιχνευθεί καθόλου.
- ❖ Για χρονικές διάρκειες προβολής των οπτικών σκηνών από 0,4 και 0,35 sec, έχουν ανιχνευθεί μικρές και μεσαίες μετακινήσεις. Οι μεγάλες μετακινήσεις δεν έχουν ανιχνευθεί καθόλου, ενώ παρουσιάζονται και ορισμένες μεσαίες μετακινήσεις να μην έχουν ανιχνευθεί. Επίσης, για χρονική διάρκεια 0,35 sec, δεν έχει ανιχνευθεί και μια μικρή μετακίνηση. Προκύπτει δηλαδή, ότι για τη διάρκεια 0,35 sec οι μικρές και μεσαίες μετακινήσεις κρίσιμες, ενώ για 0,4 sec μονάχα οι μεσαίες είναι κρίσιμες.
- ❖ Για τη χρονική διάρκεια 0,3 sec, έχει παρατηρηθεί μονάχα μια μικρή μετακίνηση και μάλιστα κάποια άλλη μικρή μετακίνηση με την ίδια διάρκεια δεν έχει παρατηρηθεί. Οι μεσαίες και οι μεγάλες μετακινήσεις δεν έχουν παρατηρηθεί καθόλου. Έτσι, οι μικρές μετακινήσεις καθίστανται κρίσιμες ως προς την τελική παρατήρησή τους.
- ❖ Για χρονικές διάρκειες 0,2 και 0,25 sec δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία ανίχνευση των μεσαίων και μεγάλων κατηγοριών μετακινήσεων του στόχου σε κάθε οπτική σκηνή.
- ❖ Για χρονικές διάρκειες 0,1 και 0,15 sec δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία ανίχνευση και των τριών κατηγοριών μετακινήσεων (μικρές, μεσαίες, μεγάλες) του στόχου σε κάθε οπτική σκηνή.

Τα παραπάνω αποτελέσματα εξαρτώνται πιθανόν και από τη σειρά προβολής των οπτικών σκηνών με τις αντίστοιχες χρονικές διάρκειες έκθεσης και τις διάφορες μετακινήσεις. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι σε μια μικρότερη χρονική διάρκεια παρουσίασης μιας οπτικής σκηνής τα υποκείμενα μπορεί να έχουν αντιληφθεί μια μετακίνηση του κινούμενου στόχου, σε αντίθεση με μια μεγαλύτερη χρονική διάρκεια όπου ο στόχος δεν έχει γίνει αντιληπτός. Επίσης, οι κρίσιμες κατηγορίες μετακινήσεων είναι πολύ πιθανόν να εξαρτώνται και εκείνες από την αλληλουχία εμφάνισης των οπτικών σκηνών με τις αντίστοιχες χρονικές διάρκειες έκθεσης.

Στην Εικόνα 6.15, παρουσιάζεται το διάγραμμα των διαρκειών και την απόστασης του καθενός από τους 49 στόχους. Με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται οι στόχοι όπου έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις ενώ με μπλε χρώμα οι στόχοι στους οποίους δεν έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις (άρα δεν έχουν παρατηρηθεί).



Εικόνα 6.15: Διάγραμμα με παρουσίαση στόχων που ανιχνεύθηκαν και όχι, από όλα τα υποκείμενα, συναρτήσει του χρόνου έκθεσης της οπτικής σκηνής και της μετακίνησης του στόχου

Από το διάγραμμα προκύπτουν δύο γραμμές οι οποίες αφορούν στο όριο του ανιχνεύσιμου και μη. Οι γραμμές έχουν προκύψει από τα οριακά σημεία του ανιχνεύσιμου στόχου όπως αυτά τοποθετούνται στο διάγραμμα. Ο υπολογισμός προκειμένου να καθοριστεί ένας στόχος ανιχνεύσιμος ή όχι, πραγματοποιείται με χρήση αλγορίθμου convex hull. Στο μέσο τμήμα των δύο γραμμών που δημιουργούνται, τοποθετείται μια γραμμή-ευθεία η οποία αναπαριστά τη γραμμή-όριο προκειμένου ένας στόχος να θεωρείται ανιχνεύσιμος ή όχι.

Η σχέση της διάρκειας και της απόστασης-μετακίνησης καθορίζεται από την κλίση της γραμμής-ορίου που είναι θετική (Εικόνα 6.15). Όσο μεγαλώνει μια απόσταση, τόσο μεγαλώνει ο αντίστοιχος χρόνος προκειμένου να έχει ανιχνευθεί ένας στόχος. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλώνει η μετακίνηση τόσο μειώνεται η αντίδραση των υποκειμένων με αποτέλεσμα τη μικρότερη αποδοτικότητά τους. Από την άλλη πλευρά, όσο μειώνεται η μετακίνηση τόσο βελτιώνεται η αποδοτικότητά τους.

Το εύρος της περιοχής μέσα στην οποία υπάρχει το όριο (σκιαγραφημένη κίτρινη περιοχή) παρουσιάζεται ιδιαίτερος μεγάλου, λόγω του πλήθους των περισπαστών στο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Το ζήτημα αυτό δεν εντοπίζεται στο αντίστοιχο πείραμα με το λευκό υπόβαθρο.

6.5. Σύγκριση με προσηλώσεις στο λευκό υπόβαθρο

Από την ανάλυση των προσηλώσεων που πραγματοποιήθηκαν στο λευκό υπόβαθρο από τη Λέλλη (2013), προκύπτει η παράθεση και των δύο περιπτώσεων για τη σύγκρισή τους. Στον Πίνακα 6.8, συνοψίζονται τα αποτελέσματα και των δύο υποβάθρων.

Πίνακας 6.8: Αναλυτική περιγραφή ανίχνευσης στόχου συναρτήσει χρόνου και απόστασης για λευκό υπόβαθρο και υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη

Διάρκεια έκθεσης (sec)	Περίπτωση ανίχνευσης στόχου				Περίπτωση μη ανίχνευσης στόχου			
	Λευκό υπόβαθρο		Χαρτογραφικό υπόβαθρο		Λευκό υπόβαθρο		Χαρτογραφικό υπόβαθρο	
	Αριθμ. οπτικών σκηνών	Είδος μετακίν.	Αριθμ. οπτικών σκηνών	Είδος μετακίν.	Αριθμ. οπτικών σκηνών	Είδος μετακίν.	Αριθμ. οπτικών σκηνών	Είδος μετακίν.
3	6	S, M, L	6	S, M, L	0	-	0	-
2	6	S, M, L	6	S, M, L	0	-	0	-
1	6	S, M, L	5	S, M, L	0	-	1	L
0,9	5	S, M, L	6	S, M, L	1	L	0	-
0,8	6	S, M, L	6	S, M, L	0	-	0	-
0,7	6	S, M, L	4	S, M	0	-	2	L
0,6	5	S, M, L	4	S, M	1	S	2	S, L
0,5	3	S, M, L	2	S, L	3	S, M, L	4	S, M, L
0,45	3	S, L	3	S	3	S, M, L	3	M, L
0,4	5	S, M	3	S, M	1	L	3	M, L
0,35	1	M	2	S, M	5	S, M, L	4	S, M, L
0,3	2	S	1	S	4	M, L	5	S, M, L
0,25	0	-	0	-	6	M, L	6	M, L
0,2	0	-	0	-	6	M, L	6	M, L
0,15	0	-	0	-	6	S, M, L	6	S, M, L
0,1	0	-	0	-	6	S, M, L	6	S, M, L
Άθροισμα	54		48		42		48	
Ποσοστό	56,25%		50%		43,75%		50%	

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τον Πίνακα 6.8, είναι τα ακόλουθα:

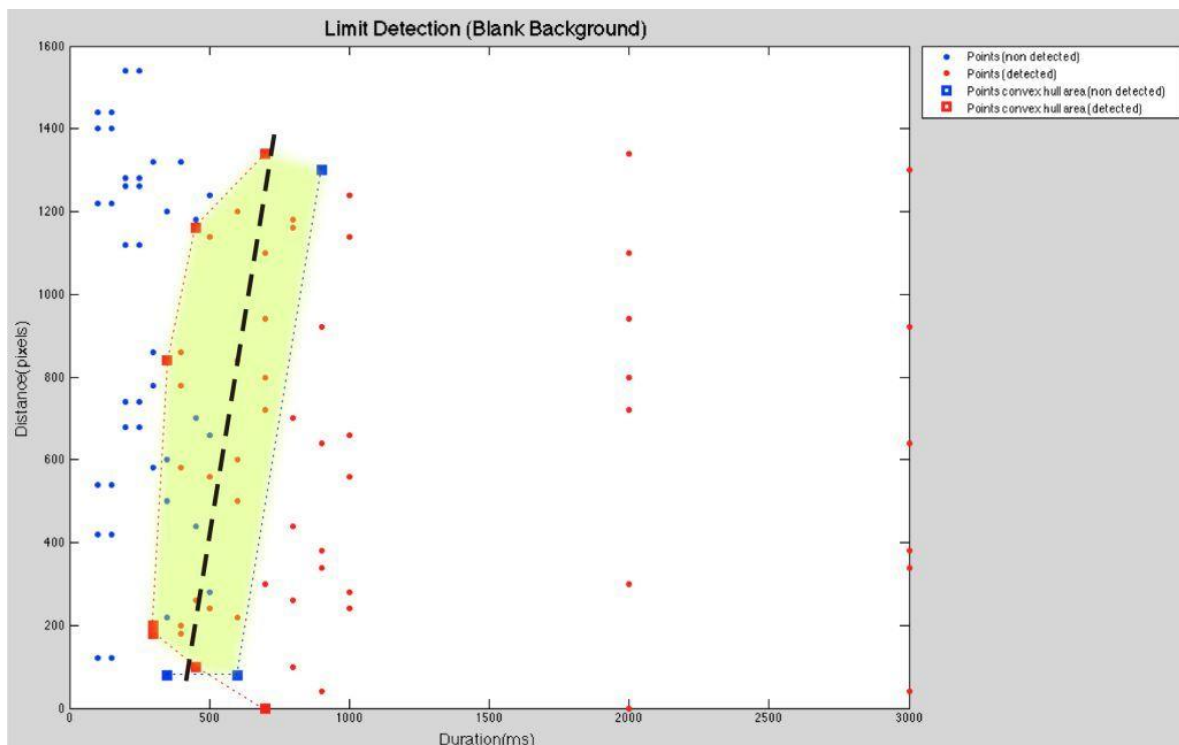
- ❖ Ο χρόνος από τον οποίο αδυνατούν να παρατηρήσουν τον κινούμενο στόχο, είναι και στις δύο περιπτώσεις (λευκό υπόβαθρο και υπόβαθρο με τοπογραφικό χάρτη) κοινός και είναι μικρότερος των 0,25 sec.
- ❖ Στο λευκό υπόβαθρο, ο αριθμός των οπτικών σκηνών στις οποίες έχει παρατηρηθεί ο στόχος είναι περισσότερος από εκείνες του υποβάθρου με τον τοπογραφικό χάρτη για τις χρονικές διάρκειες 0,3-0,7sec.
- ❖ Για χρονικές διάρκειες μεγαλύτερες των 0,8 sec, ο αριθμός των οπτικών σκηνών παρατήρησης των στόχων είναι κοινός.

- ❖ Συνολικά, το ποσοστό των οπτικών σκηνών όπου παρατηρήθηκε ο κινούμενος στόχος στο λευκό υπόβαθρο είναι κατά 6,25% μεγαλύτερος συγκρινόμενος με το υπόβαθρο του τοπογραφικού χάρτη.
- ❖ Η κρίσιμη περιοχή στην οποία συνυπάρχουν ταυτόχρονα προσηλώσεις με μη προσηλώσεις στον κινούμενο στόχο, ξεκινάει και για τα δύο υπόβαθρα από χρονική διάρκεια έκθεσης των 0,3 sec και ολοκληρώνεται για το μεν λευκό υπόβαθρο σε 0,9 sec, για το δε τοπογραφικό χάρτη 1 sec.

Με παράλληλη μελέτη του διαγράμματος που προκύπτει από το πείραμα σε λευκό υπόβαθρο (Εικόνα 6.16), παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- ❖ Ο χρόνος αντίληψης του στόχου στο λευκό υπόβαθρο είναι κατ' ελάχιστα μειωμένος σε σχέση με το υπόβαθρο του τοπογραφικού χάρτη.
- ❖ Το εύρος των δύο γραμμών που αφορούν στην παρατήρηση ή μη του στόχου, είναι μειωμένο στις οπτικές σκηνές με το λευκό υπόβαθρο, κάνοντας πιο ευδιάκριτο το όριο του αντιληπτού και καθιστώντας μικρότερο το εύρος της κρίσιμης περιοχής.
- ❖ Η κλίση της νοητής ευθείας που αναπαριστά το μέσο διαχωρισμό της παρατήρησης του κινούμενου στόχου, από τη μη παρατήρησή του, είναι απότομη και σχεδόν παράλληλη με την κλίση που παρατηρήθηκε στο διάγραμμα που αφορά στο υπόβαθρο με τοπογραφικό χάρτη.

Τα παραπάνω επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεση του πειράματος, της θεώρησης δηλαδή, ότι το πλήθος της πληροφορίας ενός χάρτη επηρεάζει την αντίληψη των δυναμικών μεταβλητών.



Εικόνα 6.16: Διάγραμμα με παρουσίαση στόχων που ανιχνεύθηκαν και όχι, από όλα τα υποκείμενα, συναρτήσει του χρόνου έκθεσης της οπτικής σκηνής και της μετακίνησης για το κενό υπόβαθρο (Πηγή: Λέλλη 2013)

6.6. Σύγκριση αποτελεσμάτων με χάρτες προσοχής (saliency maps)

Η χρήση των χαρτών προσοχής πραγματοποιήθηκε για τη σύγκρισή τους με τις 49 οπτικές σκηνές πάνω στις οποίες προβάλλονται τα σημεία που έχει πραγματοποιηθεί προσήλωση των ματιών των υποκειμένων. Από τη σύγκριση αυτή, θα προκύψει και η αποτελεσματικότητα του κάθε μοντέλου σε σχέση με χαρτογραφικά υπόβαθρα και όχι τις εικόνες για τις οποίες έχουν αρχικά σχεδιαστεί και εφαρμόζονται τα μοντέλα.

Τα μοντέλα τα οποία συμμετείχαν στη διαδικασία της σύγκρισης ήταν τα τρία που αναλύονται και στη βιβλιογραφία:

- ❖ το μοντέλο του Itti
- ❖ το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency)
- ❖ το μοντέλο υπογραφής εικόνας (Image Signature)

Για τη δημιουργία των μοντέλων, αξιοποιήθηκε το λογισμικό Matlab, στο οποίο εκτελέστηκαν τα ολοκληρωμένα πακέτα έτσι όπως δημιουργήθηκαν από τον Harel (2012) τα οποία εξάγουν αυτόματα το χάρτη προσοχής της επιλεγμένης οπτικής σκηνής.

Σημειώνεται ότι τα μοντέλα αυτά για δημιουργία χαρτών προσοχής, αφορούν στατικές και όχι δυναμικές εικόνες, οπότε εξετάζονται ξεχωριστά τα σημεία προσήλωσης σε κάθε μια οπτική σκηνή. Η κάθε οπτική σκηνή δηλαδή, συγκρίνεται με το χάρτη προσοχής που έχει δημιουργηθεί για κάθε μοντέλο.

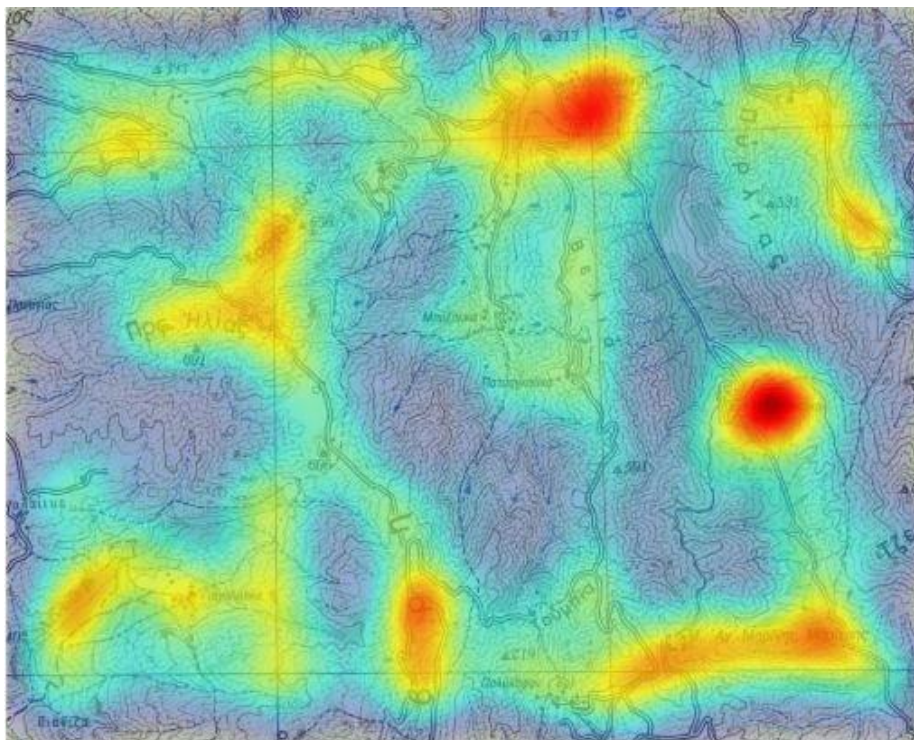
Το συγκεκριμένο πείραμα εστιάζει στην ανίχνευση της κίνησης του οφθαλμού. Έχοντας αυτό σαν δεδομένο, με τη μελέτη των σημείων προσηλώσεων των υποκειμένων γίνεται προσπάθεια να εξεταστεί ποια δεδομένα της οπτικής σκηνής είναι τα αμέσως επόμενα παρατηρούμενα μετά τον εντοπισμό του κινούμενου συμβόλου. Οι μοναδικές, στιγμές που παρουσιάζονται προσηλώσεις σε διαφορετικές περιοχές πέραν της κίνησης του στόχου, είναι:

- ❖ Στην πρώτη οπτική σκηνή. Η σύγκριση με τους χάρτες προσοχής κρίνεται απαραίτητη για την αντικειμενική εύρεση των στοιχείων που προεξέχουν του χάρτη καθώς αποτελεί την πρώτη επαφή του παρατηρητή με το χάρτη. Στη σκηνή αυτή, ο στόχος δεν προεξέχει-pop out effect- (λόγω παραγόντων που αναλύθηκαν στη μεθοδολογία πειράματος), οπότε τα υποκείμενα, μη γνωρίζοντας τον σκοπό της έρευνας, παρατηρούν το χαρτογραφικό υπόβαθρο. Είναι δηλαδή, αναμενόμενο να εντοπιστούν προσηλώσεις σε περιοχές που εξέχουν στους χάρτες προσοχής.
- ❖ Σε περιπτώσεις όπου η εναλλαγή των οπτικών σκηνών πραγματοποιείται με μεγάλη ταχύτητα-δηλαδή πολύ μικρές χρονικές διάρκειες παρουσίασης οπτικών σκηνών-τα υποκείμενα χάνουν την πορεία του στόχου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην επόμενη οπτική σκηνή, την αναζήτησή του στόχου σε ολόκληρο το εύρος της, με πιθανή προσήλωση σε περιοχές που εξέχουν.
- ❖ Σε οπτικές σκηνές με μεγάλη διάρκεια. Όσο μεγαλύτερη ήταν η διάρκεια παρουσίασης μιας οπτικής σκηνής, τόσο μεγαλύτερη ήταν και η πιθανότητα να έχουν παρατηρηθεί από τα υποκείμενα, πέρα από τη νέα θέση του στόχου, και οι περιοχές που παρουσιάζονται να προεξέχουν στους χάρτες προσοχής.

Οι οπτικές σκηνές που τελικά επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν για τη σύγκριση, είχαν ως επί το πλείστον μεγάλες χρονικές διάρκειες έκθεσης, προκειμένου να υπάρχει καλύτερη και μεγαλύτερη εποπτεία των σημείων προσήλωσης, εφόσον σε οπτικές σκηνές με μικρότερες διάρκειες, ο αριθμός των σημείων προσήλωσης ήταν μικρότερος και τα σημεία όπου εντοπίζονταν οι προσηλώσεις βρίσκονταν επάνω στον κινούμενο στόχο. Στην περίπτωση αυτή, θα ήταν αδύνατη η εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στις προεξέχουσες περιοχές. Παρ' όλα αυτά, μελετήθηκαν όλες οι οπτικές σκηνές και τα πορίσματα προέκυψαν από όλες. Έτσι, πέρα από την πρώτη οπτική σκηνή που η διάρκειά της ήταν καθορισμένη στα 2 sec από το σχεδιασμό του πειράματος και την οπτική σκηνή με τη μέγιστη διάρκεια έκθεσης που ήταν στα 3 sec, επιλέχθηκαν δύο οπτικές σκηνές για παρουσίαση της περίπτωσης αναζήτησης του στόχου όπου αυτός έχει χαθεί. Η μια οπτική σκηνή έχει διάρκεια προβολής 1 sec ενώ η άλλη 2 sec.

6.6.1. Το μοντέλο του Itti

Το μοντέλο του Itti (Itti et al. 1998), το οποίο χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πρωτοπόρα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν για εξαγωγή χαρτών προσοχής, είναι το πιο διαδεδομένο μοντέλο για το σκοπό αυτό. Δημιουργεί τριών ειδών επίπεδα χάρτη που αφορούν στην ένταση (του χρώματος), στο χρώμα και στον προσανατολισμό, ενώ η σύνθεση των τριών δημιουργεί τον τελικό χάρτη προσοχής. Στην Εικόνα 6.17, παρουσιάζεται ο χάρτης προσοχής του χαρτογραφικού υποβάθρου του πειράματος όπως δημιουργήθηκε με το συγκεκριμένο μοντέλο. Τα τρία διαφορετικά επίπεδα εξετάζονται για εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στο μοντέλο.



Εικόνα 6.17: Χάρτης προσοχής μοντέλου Itti για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος

Οι περιοχές που παρουσιάζονται να προεξέχουν είναι εκείνες που έχουν έντονη μεταβολή στον προσανατολισμό-διεύθυνση. Παράδειγμα τέτοιας μεταβολής αποτελεί το οδικό δίκτυο του χαρτογραφικού υποβάθρου, το οποίο σε σημεία με έντονη μεταβολή της κατεύθυνσης παρουσιάζεται ιδιαιτέρως να προεξέχει.

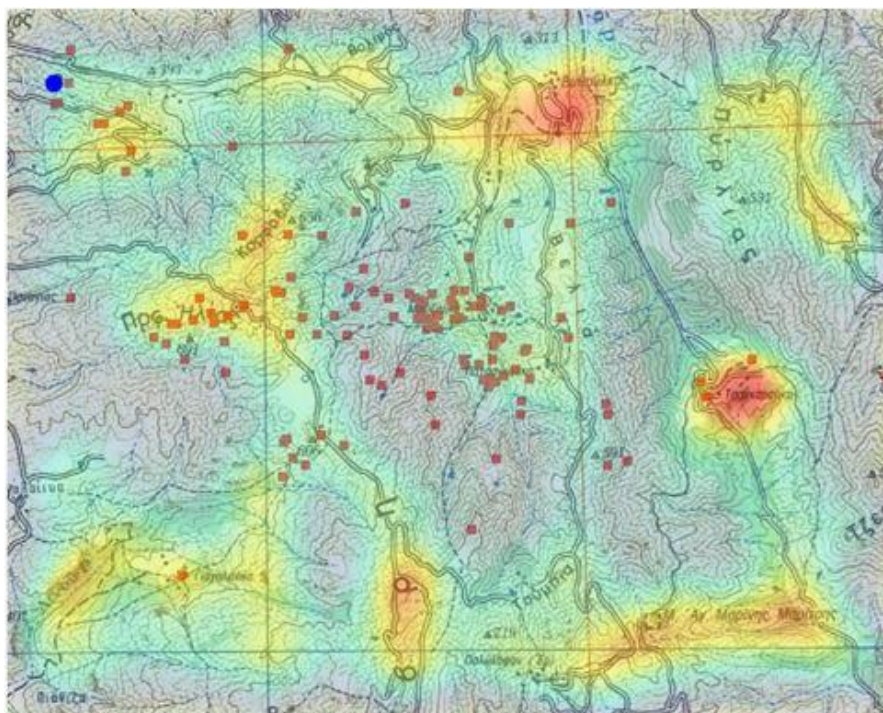
Η χρωματική πληροφορία του χάρτη του πειράματος δεν είναι πλούσια, καθώς παρατηρείται χρήση ελάχιστων διαφορετικών αποχρώσεων, γεγονός που καθιστά το χάρτη προσοχής της έντασης χωρίς έντονες προεξοχές. Αυτό συμβαίνει καθώς το μοντέλο θεωρεί την απόχρωση του χάρτη ως συνδυασμό των εντάσεων των καναλιών του κόκκινου, του πράσινου και του μπλε.

Το δεύτερο επίπεδο χαρτών προσοχής αφορά στα χρώματα. Περιοχές με έντονες χρωματικές εναλλαγές προεξέχουν. Το χαρτογραφικό υπόβαθρο δεν παρουσιάζει έντονες μεταβολές σε χρώματα, παρ' όλα αυτά, περιοχές όπου μεταβάλλεται το είδος του εδάφους (από πράσινες εκτάσεις σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονες μεταβολές ανάγλυφου με πυκνές ισούψείς καμπύλες) και παρουσιάζεται διαφορετική πληροφορία, εμφανίζονται να προεξέχουν στο χάρτη προσοχής.

Δύο είναι τα κέντρα προσοχής του μοντέλου που προεξέχουν περισσότερο, όμως γενικότερα 6 κατανέμονται συνολικά σε όλο το εύρος της οπτικής σκηνής.

Σύγκριση του χάρτη προσοχής με οπτικές σκηνές

Από τις διαθέσιμες οπτικές σκηνές, εξετάζονται εκείνες που ξεχώρισαν λόγω παρουσίας σημείων προσήλωσης πέρα από τα σημεία όπου βρισκόταν ο στόχος. Στις οπτικές σκηνές, τα κόκκινα μικρά τετράγωνα παριστάνουν το πλήθος και τη θέση των σημείων προσήλωσης-εστίασης, ενώ έχει προσαρμοστεί ταυτόχρονα επάνω στην εικόνα με τη μορφή θερμικού χάρτη, ο χάρτης προσοχής του κάθε μοντέλου.

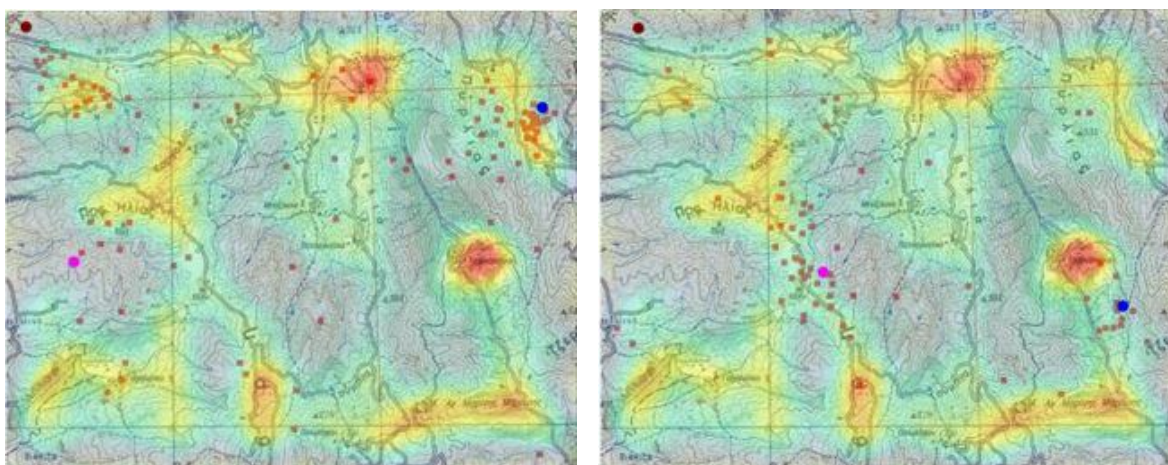


Εικόνα 6.18: Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti

Στην Εικόνα 6.18, παρουσιάζεται η πρώτη οπτική σκηνή του πειράματος με τον χάρτη προσοχής του συγκεκριμένου μοντέλου. Χαρακτηριστικό της οπτικής σκηνής είναι η άγνοια των υποκειμένων για την ύπαρξη του στόχου, οπότε υπήρχε απλή παρατήρηση του χαρτογραφικού υπόβαθρου.

Ο στόχος στην οπτική αυτή σκηνή βρίσκεται στο επάνω αριστερό τμήμα της και είναι επισημασμένος με μια κουκίδα μπλε. Παρατηρείται ότι τα υποκείμενα έχουν συγκεντρώσει την προσοχή τους κυρίως στο κεντρικό τμήμα της σκηνής, με ορισμένα να έχουν προσηλωθεί σε περιοχές οι οποίες προεξέχουν και στο χάρτη προσοχής. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από τοπωνύμια (Προφήτης Ηλίας, Τσαγκαραιίκα, Βυθούλκας, Κορφοβούνι, Μποζαίικα και Πατσαγκαίικα), και έντονες αλλαγές στην κατεύθυνση (οδικό δίκτυο κυρίως). Μεγάλο ποσοστό των σημείων προσήλωσης βρίσκεται σε περιοχές που προεξέχουν και βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της οπτικής σκηνής. Έτσι, περιοχές οι οποίες σύμφωνα με το μοντέλο προεξέχουν αλλά βρίσκονται στην περιφέρεια, έχουν παραμεληθεί. Το ένα από τα δύο μεγαλύτερα κέντρα προσοχής που έχει αναδείξει το μοντέλο, έχει θεαθεί. Το παράδειγμα αυτό, δείχνει ότι το μοντέλο λειτουργεί ικανοποιητικά για το τμήμα του χάρτη που βρίσκεται στο κέντρο.

Στην Εικόνα 6.19, παρουσιάζονται δύο παραδείγματα από περιπτώσεις όπου στην προηγούμενη οπτική σκηνή τα υποκείμενα έχασαν το στόχο και προσπαθούν να τον εντοπίσουν.



(α)

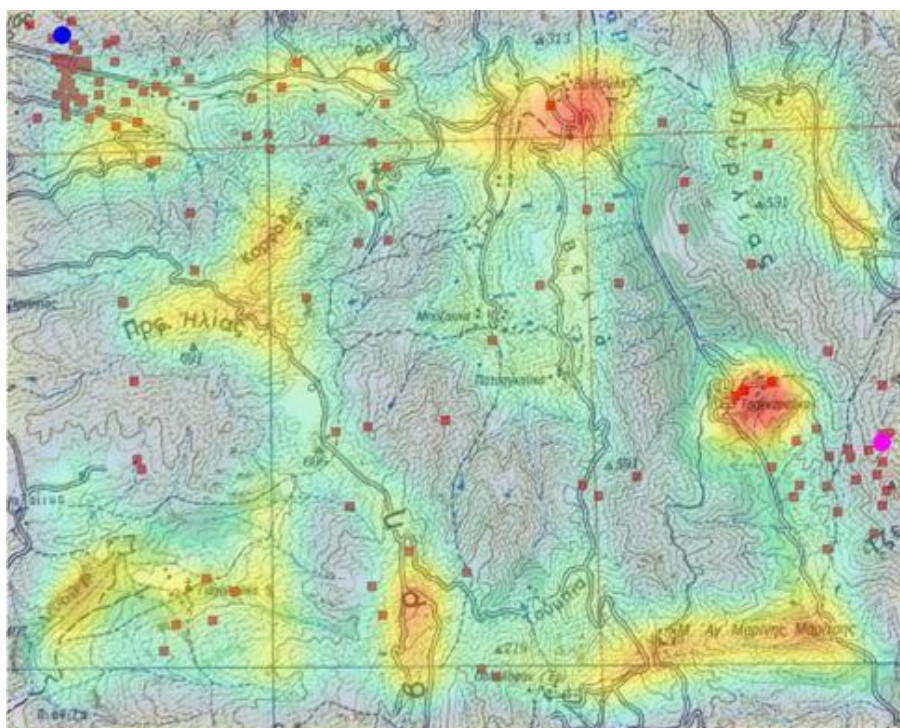
(β)

Εικόνα 6.19: Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti

Στην (α) περίπτωση, παρατηρείται πως ο στόχος βρίσκεται στη δεξιά γωνία προς τα επάνω και επισημαίνεται με κουκίδα μπλε. Γύρω του είναι συγκεντρωμένο πλήθος σημείων προσήλωσης, τα οποία θεωρούνται πως προέκυψαν λόγω της κίνησης του στόχου και όχι λόγω προεξοχής της περιοχής. Επίσης, στην αμέσως προηγούμενη οπτική σκηνή ο στόχος βρισκόταν στο αριστερό τμήμα της κεντρικά και προς τα κάτω, που επισημαίνεται με κουκίδα χρώματος magenda. Επειδή όμως η διάρκεια της οπτικής σκηνής ήταν πολύ μικρή (100 msec) τα υποκείμενα είχαν ακόμη εστιασμένη την προσοχή τους στην αμέσως προηγούμενη οπτική σκηνή στην οποία ο στόχος είχε τη θέση της καφέ κουκίδας στην πάνω αριστερή γωνία, εξ ου

και το πλήθος των σημείων προσήλωσης. Η κάτω δεξιά γωνία που φαίνεται να προεξέχει στο μοντέλο δεν έχει θεαθεί καθόλου, ενώ συμπερασματικά, τα τοπωνύμια είναι αυτά που τραβούν την προσοχή. Αντίστοιχα, στη (β) περίπτωση, ο στόχος βρίσκεται δεξιά και κάτω της οπτικής σκηνής (κουκίδα μπλε), όπου είναι συγκεντρωμένο πλήθος σημείων προσηλώσεων, ενώ σε προηγούμενη οπτική σκηνή ο στόχος βρισκόταν λίγο πιο αριστερά από το κέντρο της εικόνας (κουκίδα magenda). Στην προηγούμενη από εκείνη οπτική σκηνή ο στόχος βρισκόταν στην πάνω αριστερή γωνία (κουκίδα καφέ) που όμως έχει ξεπεραστεί και δεν παρουσιάζει καμία προσήλωση. Η κάτω δεξιά γωνία επίσης δεν έχει θεαθεί, ενώ τα σημεία προσήλωσης που συμπίπτουν με το χάρτη προσοχής είναι ελάχιστα. Και για τις δύο περιπτώσεις, τα δύο μεγαλύτερα κέντρα προσοχής, έχουν θεαθεί.

Η τελική κατηγορία που μπορεί να εξεταστεί για σύγκριση με τους χάρτες προσοχής, είναι μια οπτική σκηνή της οποίας η διάρκεια έκθεσης είναι η μέγιστη (3 sec). Στην Εικόνα 6.20 παρουσιάζεται μια τέτοια οπτική σκηνή, με την κατανομή των σημείων προσήλωσης και τον χάρτη προσοχής προσαρμοσμένο.



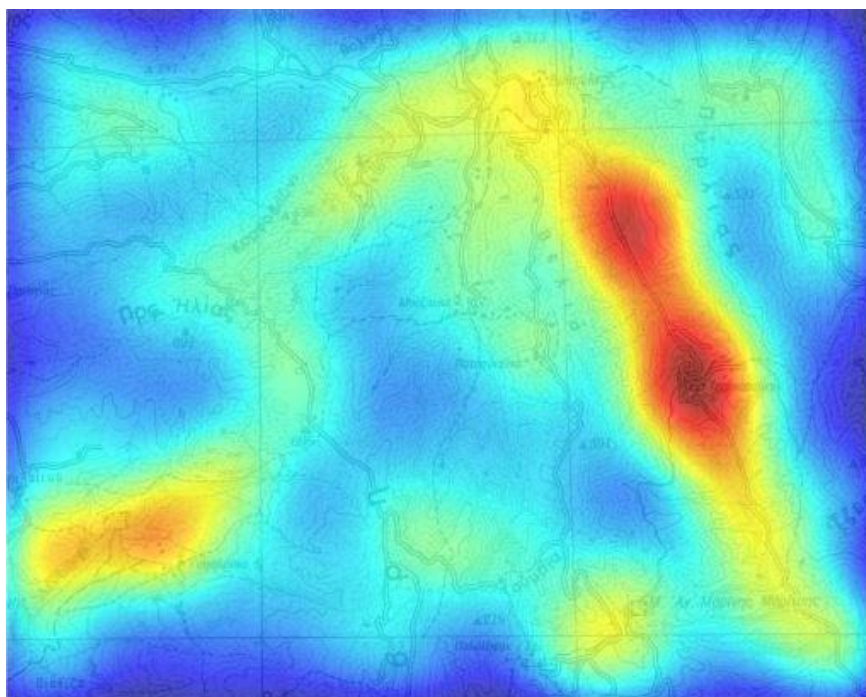
Εικόνα 6.20: Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου Itti

Στην οπτική σκηνή της Εικόνας 6.20, ο στόχος εντοπίζεται στην πάνω αριστερή γωνία (κουκίδα μπλε). Στην αμέσως προηγούμενη οπτική σκηνή, ο στόχος βρισκόταν λίγο πιο χαμηλά από τη μέση του δεξιού άκρου του υποβάθρου (κουκίδα magenda). Έτσι μπορεί να δικαιολογηθεί μέρος των εστιάσεων που παρατηρούνται στο τμήμα αυτό. Τα σημεία, όμως, που βρίσκονται σε όλες τις υπόλοιπες περιοχές, μπορούν να θεωρηθούν ότι συμπίπτουν σε μεγάλο βαθμό με τα σημεία που έχει αναδείξει ο χάρτης εστίασης ότι προεξέχουν. Η κατανομή τους είναι παρόμοια με τη διάταξη των περιοχών που προεξέχουν. Τα δύο μεγαλύτερα κέντρα προσοχής έχουν θεαθεί.

Συμπερασματικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι το μοντέλο του Itti, εντοπίζει σε ικανοποιητικό βαθμό περιοχές που προεξέχουν, με βάση και τις προσηλώσεις των υποκειμένων του πειράματος. Τα δύο μεγαλύτερα κέντρα προσοχής, κατά το μοντέλο, σε γενικότερη γραμμή έχουν παρατηρηθεί. Περιοχές όμως, που βρίσκονται στην περιφέρεια της οπτικής σκηνής και θεωρούνται, βάσει μοντέλου, ότι προεξέχουν, δεν έχουν παρατηρηθεί. Αντίστοιχα, το μοντέλο δεν έχει αναδείξει σε ικανοποιητικό βαθμό περιοχές που βρίσκονται στο κεντρικό κομμάτι της οπτικής σκηνής, όπως ονοματολογία του κεντρικού τμήματος, σε αντίθεση με αυτό που παρατηρείται από τα σημεία προσήλωσης, όπου συγκεντρώνεται μεγάλος όγκος σημείων.

6.6.2. Το μοντέλο υπογραφής εικόνας (image signature)

Ο τρόπος λειτουργίας του μοντέλου υπογραφής εικόνας (Hou et al. 2012), χαρακτηρίζεται από το διαχωρισμό της αρχικής εικόνας σε επιμέρους κανάλια, ανάλογα με το χρωματικό πρότυπο που ακολουθεί, την εφαρμογή φίλτρου εξομάλυνσης και την εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων για την εξαγωγή των επιμέρους χαρτών προσοχής, απ' όπου προκύπτει και ο τελικός χάρτης προσοχής. Στην Εικόνα 6.21 παρουσιάζεται ο χάρτης προσοχής του χαρτογραφικού υπόβαθρου του πειράματος.



Εικόνα 6.21: Χάρτης προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος

Οι περιοχές, οι οποίες παρουσιάζονται να προεξέχουν σε μεγάλο βαθμό, είναι λιγοστές και συγκεντρώνονται κυρίως σε ένα μόνο τμήμα της εικόνας. Παρ' όλα αυτά, οι γενικότερες περιοχές προεξοχής, εμφανίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά.

Εφόσον από την αρχή της διαδικασίας εξαγωγής χάρτη προσοχής εφαρμόζεται φίλτρο εξομάλυνσης, περιοχές οι οποίες αρχικά παρουσίαζαν ομοιομορφία, έχουν πλέον

ομαλοποιηθεί τελείως με αποτέλεσμα να μη διαχωρίζεται κανένα χαρακτηριστικό τους και να μην προεξέχουν καθόλου στον τελικό χάρτη προσοχής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του χαρτογραφικού υποβάθρου που αποτελείται από εκτάσεις με ισοψείς καμπύλες. Οι περιοχές αυτές έχουν εξομαλυνθεί τόσο που δεν προεξέχουν καθόλου στον τελικό χάρτη.

Οι περιοχές γύρω από το οδικό δίκτυο του υποβάθρου, φαίνονται να τραβούν την προσοχή, λόγω της μεταβολής της κατεύθυνσης στην εικόνα. Έτσι, ολόκληρο το πρώτο στάδιο προεξοχής το καταλαμβάνει το οδικό δίκτυο.

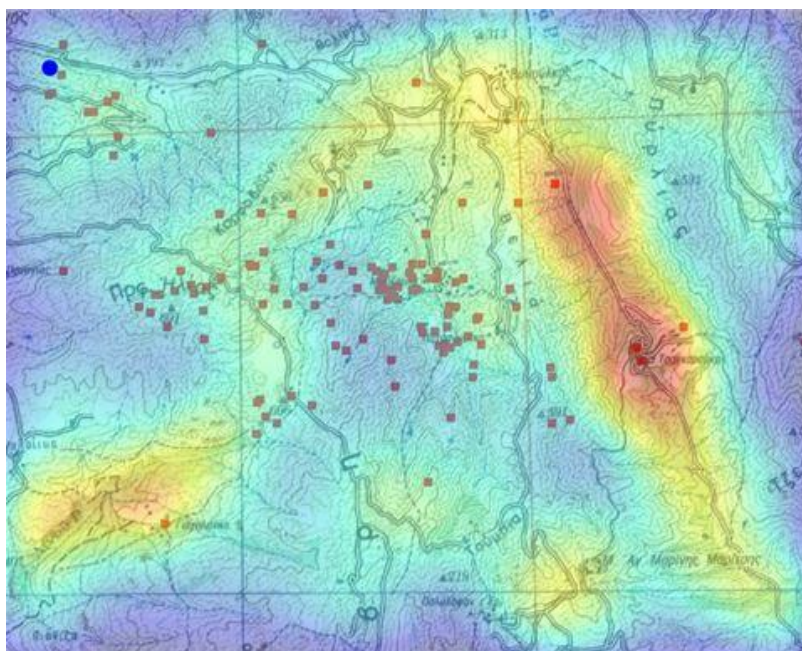
Οι χρωματικές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται στην εικόνα προεξέχουν. Το γεγονός αυτό γίνεται φανερό από σημεία της εικόνας όπου μεταβάλλονται οι χρωματικοί τόνοι. Και οι τρεις πράσινες περιοχές του υποβάθρου, είναι αυτές που προεξέχουν περισσότερο από όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της εικόνας.

Η ονοματολογία του υποβάθρου δε φαίνεται να επηρεάζει καθόλου το μοντέλο καθώς σε μερικές περιοχές δεν ανιχνεύεται καθόλου. Το σημείο όπου υπάρχει συγκέντρωση μεγάλου όγκου πληροφορίας προεξέχει και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό. Τα μεγαλύτερα κέντρα προσοχής του μοντέλου συνοψίζονται σε τρεις περιοχές του χάρτη προσοχής.

Σύγκριση του χάρτη προσοχής με οπτικές σκηνές

Οι οπτικές σκηνές οι οποίες εξετάζονται και συγκρίνονται με το μοντέλο αυτό, είναι οι ίδιες με το προηγούμενο μοντέλο, ούτως ώστε να είναι αντικειμενική η σύγκριση των σημείων προσήλωσης καθώς τα σημεία αυτά αποτελούν το πιο ολοκληρωμένο σύνολο με σημεία εστίασης σε ολόκληρη την εικόνα.

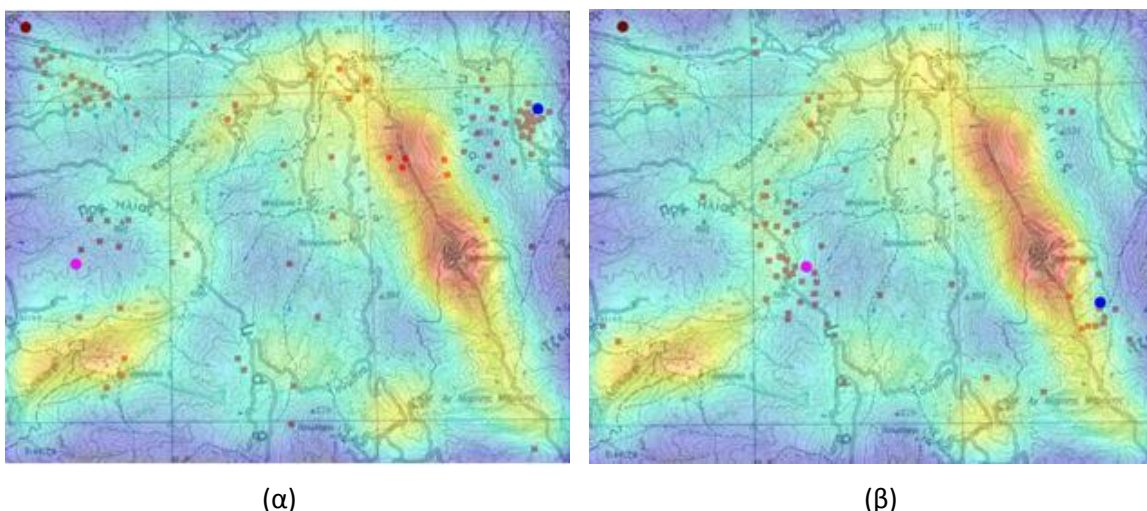
Στην Εικόνα 6.22, που αποτελεί την πρώτη οπτική σκηνή, όπου τα υποκείμενα δε γνωρίζουν τη διαδικασία που πρόκειται να ακολουθήσει και απλώς παρατηρούν την εικόνα, τα σημεία εστίασης ποικίλουν.



Εικόνα 6.22: Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας

Στην Εικόνα 6.22, όπως αναλύθηκε και προηγουμένως στο μοντέλο του Itti, τα σημεία προσήλωσης διακρίνονται περισσότερο στο κέντρο της εικόνας. Ο χάρτης προσοχής, όμως, παρουσιάζει να προεξέχουν περισσότερο σημεία πάνω στο οδικό δίκτυο, που είναι κατανεμημένο σε ολόκληρη την έκταση, με αποτέλεσμα να συμπίπτουν οι περιοχές προσήλωσης μονάχα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της. Μάλιστα, τα τμήματα που συμπίπτουν είναι αυτά που αμυδρά προεξέχουν στο μοντέλο αυτό, με εξαίρεση λιγοστά σημεία πάνω στην περιοχή που φαίνεται να προεξέχει περισσότερο στον χάρτη προσοχής. Στα δύο πιο μεγάλα κέντρα προσοχής έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις από τα υποκείμενα.

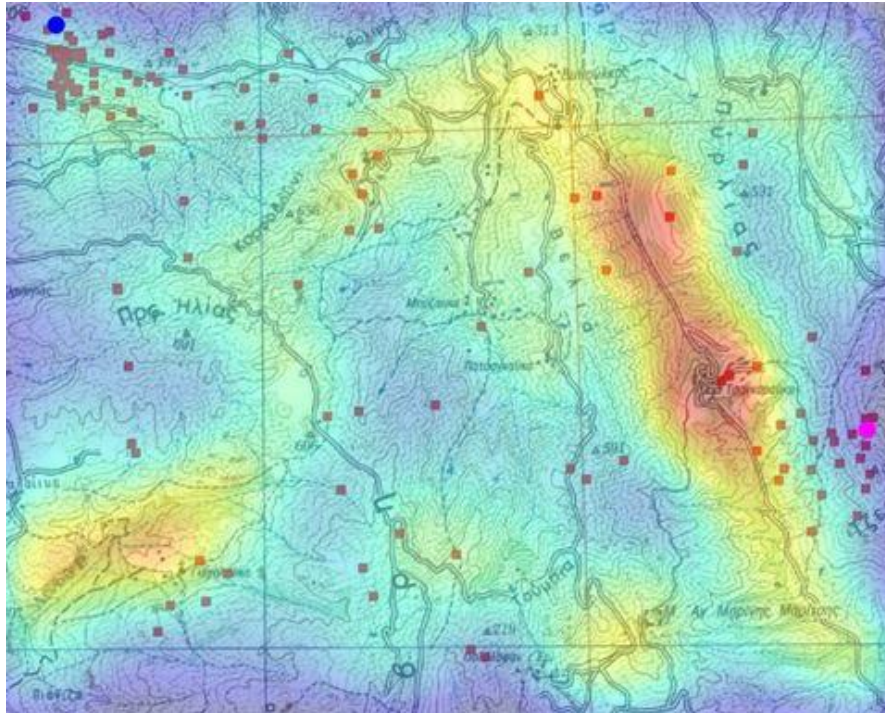
Στην Εικόνα 6.23 που ακολουθεί, εξετάζονται οι οπτικές σκηνές όπου τα υποκείμενα έχασαν το στόχο και προσπαθούν να τον εντοπίσουν.



Εικόνα 6.23: Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας

Οι περιοχές προεξοχής, οι οποίες παρουσιάζονται να συμπίπτουν με τις θέσεις των προσηλώσεων στην περίπτωση (α), είναι αυτή τη φορά περισσότερο διασκορπισμένες και καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος της οπτικής σκηνής. Το ίδιο παρατηρείται και με την κάτω αριστερή γωνία του υποβάθρου που προηγουμένως δεν υπήρχαν καταγραφές, αλλά και με την άνω κεντρική σε ορισμένα σημεία, που φαίνονται να προεξέχουν λιγάκι. Στην περίπτωση (β), όμως, τα σημεία προσήλωσης συμπίπτουν σε μικρότερο βαθμό με το χάρτη προσοχής. Μόνο ορισμένες καταγραφές στο επάνω κεντρικό τμήμα της εικόνας συμβαδίζουν με τις περιοχές προσοχής. Συνολικά και για τις δύο περιπτώσεις (α) και (β), τα σημεία που συμπίπτουν είναι λιγοστά σε σχέση με το εύρος των σημείων προεξοχής και τον συνολικό αριθμό των σημείων προσήλωσης. Τα μεγάλα κέντρα προσοχής δεν έχουν θεαθεί σε μεγάλο βαθμό. Στην (α) περίπτωση υπάρχουν ορισμένες καταγραφές, ενώ στη (β) δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου καταγραφές.

Τέλος, στην Εικόνα 6.24 παρουσιάζεται η χαρακτηριστική περίπτωση, κατά την οποία η διάρκεια παρουσίασης είναι η μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να παρέχεται στο υποκείμενο η δυνατότητα παρατήρησης ολόκληρης της εικόνας σε μεγαλύτερο βαθμό, απ' ό,τι στις υπόλοιπες περιπτώσεις.



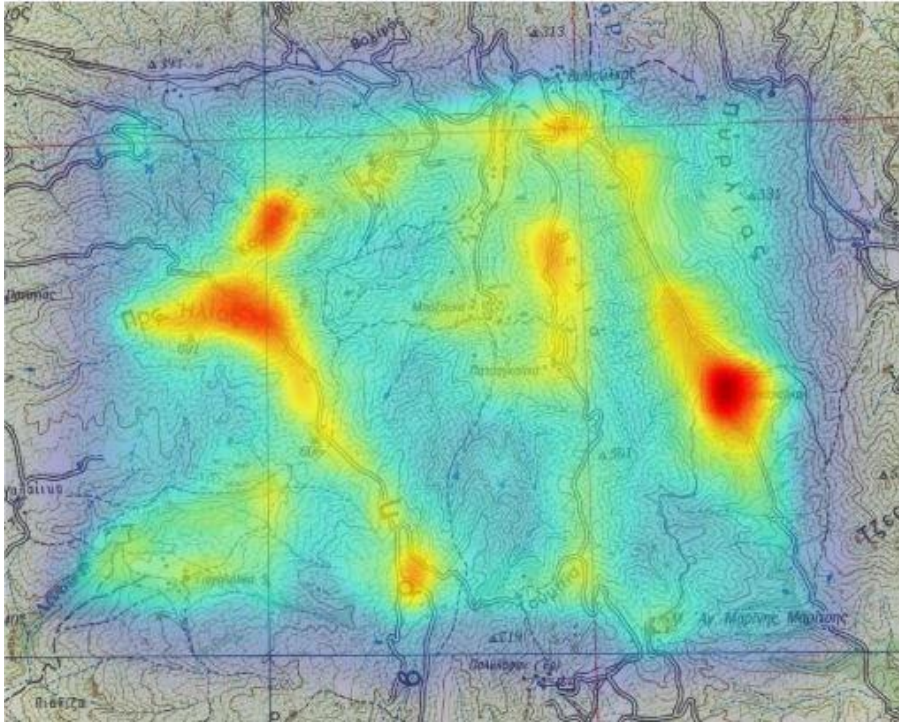
Εικόνα 6.24: Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου υπογραφής εικόνας

Στην Εικόνα 6.24, τα σημεία προσήλωσης είναι και πάλι κατανεμημένα σε όλη την έκταση της. Οι περιοχές όμως, που συμπίπτουν με τις περιοχές προεξοχής εντοπίζονται και πάλι στο επάνω τμήμα της οπτικής σκηνής. Στο κάτω αριστερό τμήμα παρουσιάζεται μια μικρή ομάδα σημείων προσήλωσης η οποία όμως δε συμπίπτει απόλυτα με την προεξοχή που έχει εντοπίσει το μοντέλο. Τα δύο μεγαλύτερα κέντρα προσοχής, έχουν ορισμένα σημεία προσήλωσης.

Συνολικά, το μοντέλο αυτό δε μπορεί να εντοπίσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα σημεία προεξοχής της εικόνας με βάση τις προσηλώσεις, παρά μόνο σε ορισμένα χαρακτηριστικά τμήματά του. Τα δύο μεγάλα κέντρα προσοχής σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί ενώ σε άλλες όχι, που υποδηλώνει ότι μάλλον δεν πρόκειται για τα πιο σημαντικά κέντρα προσοχής του χαρτογραφικού υποβάθρου.

6.6.3. Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency)

Το μοντέλο του GBVS (Harel et al. 2007), διαφοροποιείται ως προς τα άλλα μοντέλα στον τρόπο που εξάγει αρχικά τα σημεία που προεξέχουν. Προσεγγίζει την εικόνα περισσότερο στο κεντρικό της τμήμα, χωρίς να δίνει σημασία σε σημεία που προεξέχουν στην περιφέρεια του υποβάθρου. Ολόκληρη δηλαδή, η περιφέρεια βρίσκεται εκτός περιοχής μελέτης για πιθανά σημεία προσήλωσης του ανθρώπινου ματιού. Στην Εικόνα 6.25, παρουσιάζεται η εφαρμογή του μοντέλου GBVS στο χαρτογραφικό υπόβαθρο.



Εικόνα 6.25: Χάρτης προσοχής μοντέλου GBVS για χαρτογραφικό υπόβαθρο πειράματος

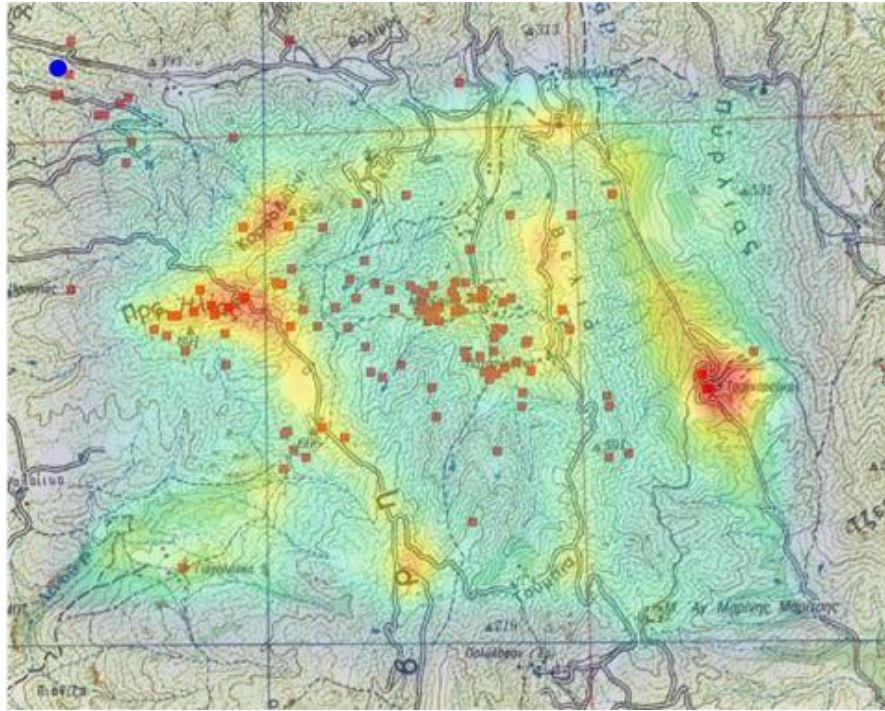
Οι περιοχές οι οποίες προεξέχουν, ξεκινούν από το κέντρο της οπτικής σκηνής και κατευθύνονται προς την περιφέρεια. Έτσι, τμήματα του οδικού δικτύου τα οποία στα άλλα μοντέλα δεν προεξέχουν καθόλου, εδώ αναδεικνύονται. Όλα τα τμήματα του οδικού δικτύου του κέντρου προεξέχουν. Ιδίως τμήματά του που αφορούν κόμβους.

Οι περιοχές οι οποίες περιλαμβάνουν ονοματολογία, ισοϋψείς καμπύλες, ακόμη και οδικό δίκτυο, προεξέχουν στο μέγιστο βαθμό, με αποκορύφωμα δεξιά από το κέντρο της εικόνας που συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν. Συνδυάζονται έτσι, και οι αλλαγές σε κατεύθυνση, οι τομές και συγκέντρωση μεγάλου όγκου πληροφοριών. Τα μεγάλα κέντρα προσοχής σ' αυτό το χάρτη προσοχής είναι 6, με τρία να είναι τα επικρατέστερα μεγαλύτερα, τα οποία όμως έχουν κατανομή μονάχα στο κέντρο της οπτικής σκηνής.

Σύγκριση του χάρτη προσοχής με οπτικές σκηνές

Και για το τελευταίο μοντέλο, οι οπτικές σκηνές που χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση είναι κοινές με τις υπόλοιπες. Στην Εικόνα 6.26, παρουσιάζεται η πρώτη οπτική σκηνή με τα σημεία εστίασης και το χάρτη προσοχής του μοντέλου.

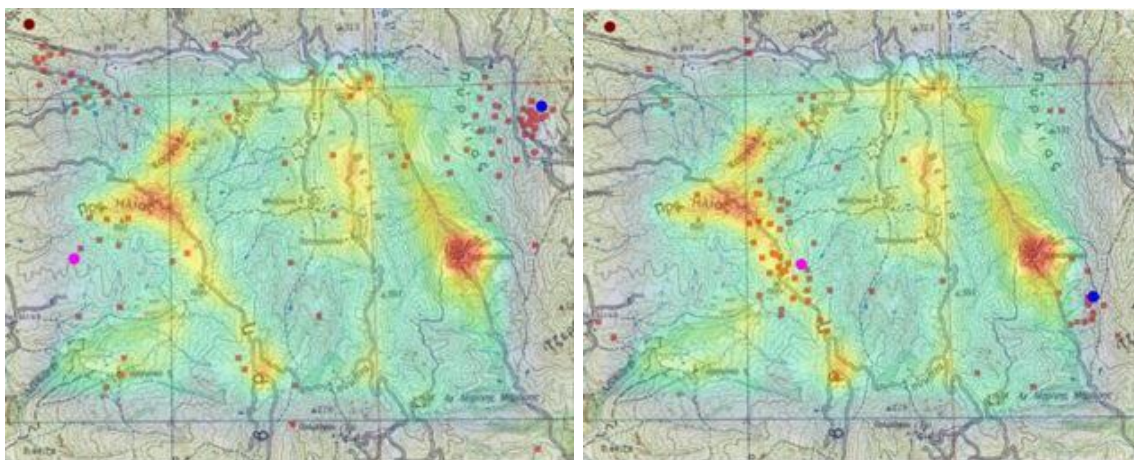
Στην οπτική σκηνή, παρατηρείται ότι στις περιοχές οι οποίες παρουσιάζονται να προεξέχουν, έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις των υποκειμένων σε μεγάλο βαθμό. Οι περιοχές με ονοματολογία και οδικό δίκτυο αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα, εφόσον έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός προσηλώσεων (Προφήτης Ηλίας).



Εικόνα 6.26: Πρώτη οπτική σκηνή με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS

Το μοντέλο μάλιστα, τις θεωρεί ως τις περιοχές που προεξέχουν περισσότερο. Οι προσηλώσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιφέρεια της οπτικής σκηνής είναι λιγοστές και διασκορπισμένες, γεγονός που υποδηλώνει πως δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη περιοχή που να τραβά την προσοχή. Τα δύο επόμενα μεγαλύτερα κέντρα προσοχής πέρα από τον Προφήτη Ηλία, έχουν αρκετά σημεία προσήλωσης, επιβεβαιώνοντας το συγκεκριμένο μοντέλο.

Στη συνέχεια, στην Εικόνα 6.27, παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις που αφορούν σε οπτικές σκηνές όπου τα υποκείμενα έχουν χάσει το στόχο και τον αναζητούν.



(α)

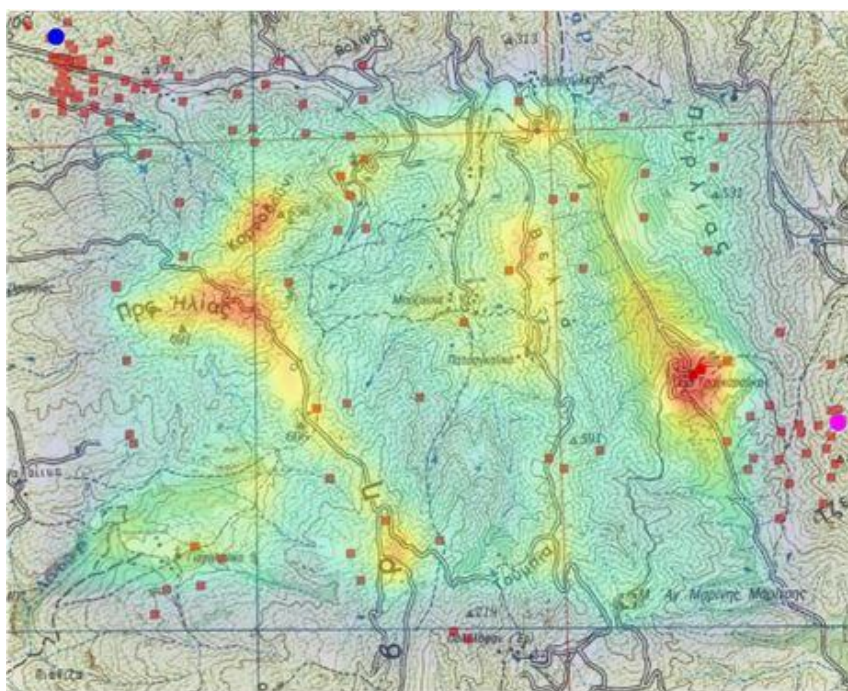
(β)

Εικόνα 6.27: Παραδείγματα οπτικών σκηνών αναζήτησης στόχου με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS

Το πλήθος των σημείων προσήλωσης, στην περίπτωση (α), εντοπίζεται στην άνω αριστερή πλευρά του υποβάθρου, όπου ο στόχος βρισκόταν σε προηγούμενη φάση (κουκίδα magenda) καθώς και στην άνω δεξιά πλευρά του υποβάθρου όπου βρίσκεται τώρα ο στόχος της οπτικής σκηνής (κουκίδα μπλε), ενώ με κουκίδα καφέ εμφανίζεται ο στόχος που αντιστοιχούσε δύο οπτικές σκηνές πριν. Τα υπόλοιπα διασκορπισμένα σημεία προσήλωσης προσεγγίζουν σε μικρό βαθμό τις περιοχές που αναδεικνύει το μοντέλο. Ορισμένα λιγοστά σημεία του χάρτη προσοχής συμπίπτουν με περιοχές προεξοχής, κυρίως επάνω, στο κέντρο της εικόνας.

Για την περίπτωση (β), τα σημεία προσήλωσης που δεν αφορούν σε στόχο της προηγούμενης και της τρέχουσας οπτικής σκηνής (κουκίδες magenda και μπλε αντίστοιχα), είναι ελάχιστα, αλλά εντοπίζονται επάνω σε περιοχές που προεξέχουν στο χάρτη προσοχής. Επίσης, τα σημεία που αφορούν στη θέση του στόχου στην προηγούμενη οπτική σκηνή (κουκίδα magenda), παρατηρείται ότι βρίσκονται όλα επάνω στην περιοχή που προεξέχει. Αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι σε περίπτωση που αναζητείται ένας στόχος ο οποίος προηγουμένως βρισκόταν σε προεξέχουσα περιοχή, τα σημεία προσήλωσης στην τρέχουσα οπτική σκηνή θα συγκεντρώνονται σε μεγάλο βαθμό γύρω από αυτή. Και για τις δύο περιπτώσεις, τα μεγάλα κέντρα προσοχής έχουν πολύ μικρό αριθμό σημείων προσηλώσεων, ο οποίος δε θεωρείται επαρκής σε σχέση με προηγούμενες οπτικές σκηνές.

Στην Εικόνα 6.28, παρουσιάζεται για το μοντέλο αυτό μια οπτική σκηνή με μεγάλη χρονική διάρκεια έκθεσης.



Εικόνα 6.28: Οπτική σκηνή μεγάλης διάρκειας με χάρτη προσοχής μοντέλου GBVS

Η κατανομή των σημείων προσήλωσης που δεν αφορούν σε στόχο προηγούμενης και τρέχουσας οπτικής σκηνής (κουκίδες magenda και μπλε αντίστοιχα), γίνεται σε ολόκληρη την περιοχή που μελετά το μοντέλο. Τα σημεία προσήλωσης έξω από την περιοχή προεξοχής που εξετάζει το μοντέλο, είναι ελάχιστα. Μέσα στην περιοχή αυτή, ορισμένα σημεία συμπίπτουν

με το μοντέλο, ενώ αλλά θεωρούνται ιδιαίτερως διασκορπισμένα. Από τα μεγάλα κέντρα προσοχής, παρατηρούνται προσηλώσεις μόνο σε ένα ενώ στα υπόλοιπα παρατηρούνται περιμετρικά.

Το μοντέλο αυτό, θεωρείται πως αναδεικνύει περιοχές που προεξέχουν με ικανοποιητική προσέγγιση σε σχέση με τα σημεία προσηλώσεων. Τα μεγάλα κέντρα προσοχής που αναδεικνύει δεν ταυτίζονται απόλυτα με τα σημεία που έχουν παρατηρηθεί περισσότερο από τα υποκείμενα, όμως, αποτελούν μια προσέγγιση. Το γεγονός πως το συγκεκριμένο μοντέλο έχει σχεδιαστεί για εικόνες πραγματικές και όχι χαρτογραφικά υπόβαθρα, δε δείχνει να αποτελεί εμπόδιο για τον προσδιορισμό προεξεχουσών περιοχών.

6.6.4. Συμπεράσματα από τα τρία μοντέλα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις συγκρίσεις των μοντέλων με τα σημεία εστίασης αφορούν στους παρακάτω διαφορετικούς παράγοντες:

Καταλληλότητα μοντέλου

Γενικότερα, με σύγκριση και των τριών μοντέλων προκύπτει ότι για το συγκεκριμένο χαρτογραφικό υπόβαθρο, τα μοντέλα του Itti και GBVS προσαρμόζονται ικανοποιητικά με τις καταγραφές των προσηλώσεων. Παρ' όλο που τα μοντέλα αυτά σχεδιάστηκαν με σκοπό να:

- ❖ εξυπηρετήσουν ανάγκες ανάλυσης εικόνων και όχι χαρτογραφικές,
- ❖ αναπαριστούν προεξέχουσες περιοχές για στατικά μοντέλα και όχι για δυναμικά,

καταφέρνουν να εντοπίζουν περιοχές όπου έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις στον τοπογραφικό χάρτη.

Παρατηρείται επίσης, ότι σε περίπτωση που ο στόχος βρισκόταν στην προηγούμενη οπτική σκηνή σε μια από τις περιοχές όπου τα μοντέλα έχουν αναδείξει ως προεξέχουσες, το υποκείμενο στην τρέχουσα οπτική σκηνή, συνέχιζε να παρατηρεί ολόκληρη την περιοχή αυτή που προϋπήρχε ο στόχος και στη συνέχεια τον αναζητούσε σε άλλο σημείο. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιβεβαιώνει την ισχύ της περιοχής αυτής ως προς τις υπόλοιπες περιοχές.

Κοινά σημεία προεξοχής των τριών μοντέλων

Το καθένα από τα τρία μοντέλα εξάγει διαφορετικές περιοχές που προεξέχουν, ανάλογα με τον τρόπο που εξετάζει-προσεγγίζει την οπτική σκηνή. Υπάρχουν όμως, ορισμένες κοινές περιοχές προεξοχής, οι οποίες είναι αναμενόμενο να θεωρούνται ως οι πλέον επικρατέστερες για σημεία προσήλωσης. Σε όλες τις οπτικές σκηνές που εξετάστηκαν, υπήρξαν καταγραφές προσηλώσεων σε αυτές τις περιοχές. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.29.



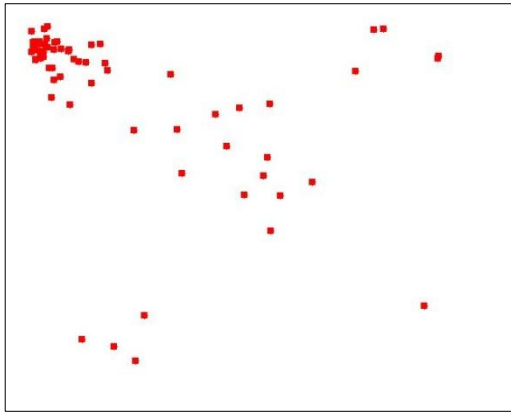
Εικόνα 6.29: Περιοχές που προεξέχουν με βάση τα τρία μοντέλα στο χαρτογραφικό υπόβαθρο

Συμπέρασμα για οπτικές σκηνές

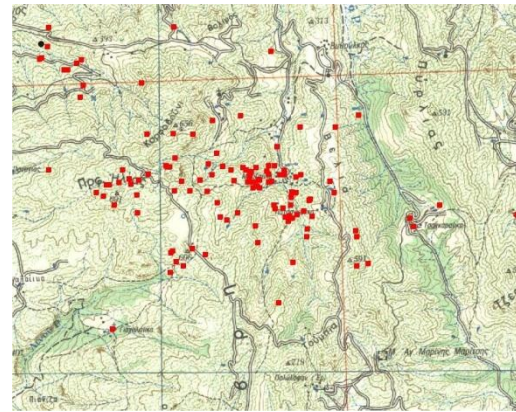
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις οπτικές σκηνές που μελετήθηκαν κατά την εξέλιξη του πειράματος, έδειξαν ότι το καλύτερο δείγμα για την εξαγωγή σημείων προεξοχής προέκυψε κυρίως, από την πρώτη οπτική σκηνή στην οποία τα υποκείμενα δε γνώριζαν την ύπαρξη του στόχου αλλά και από τις οπτικές σκηνές με τη μεγαλύτερη διάρκεια έκθεσης. Στην περίπτωση της άγνοιας των υποκειμένων, αναδείχθηκαν οι περιοχές προεξοχής του χαρτογραφικού υποβάθρου, ανεξάρτητα από τις δυναμικές μεταβλητές που υπεισέρχονται στην αμέσως επόμενη οπτική σκηνή (ρυθμός αλλαγής και διάρκεια). Οι οπτικές σκηνές με τους μεγαλύτερους χρόνους έκθεσης, έδιναν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των σημείων που πραγματοποιήθηκαν προσηλώσεις από τα υποκείμενα, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη παρουσίασης περισσότερων οπτικών σκηνών.

6.7. Εξαγωγή χαρακτηριστικών που προεξέχουν πέρα από την κίνηση

Για τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών της οπτικής σκηνής που προεξέχουν πέρα από την κίνηση (που υπερισχύει) πρέπει πρώτα να πραγματοποιηθεί σύγκριση των οπτικών σκηνών με τις προσηλώσεις των υποκειμένων του χαρτογραφικού και του λευκού υποβάθρου, προκειμένου να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν προσηλώσεις που να συμπίπτουν στα δύο υπόβαθρα. Η περίπτωση ύπαρξης κοινών προσηλώσεων μπορεί να υποδηλώνει την ύπαρξη ψυχολογικών παραγόντων που καθοδηγούν την οπτική αναζήτηση στις οπτικές σκηνές. Η σύγκριση παρουσιάζεται στις παρακάτω Εικόνες 6.30, 6.31, 6.32 & 6.33:

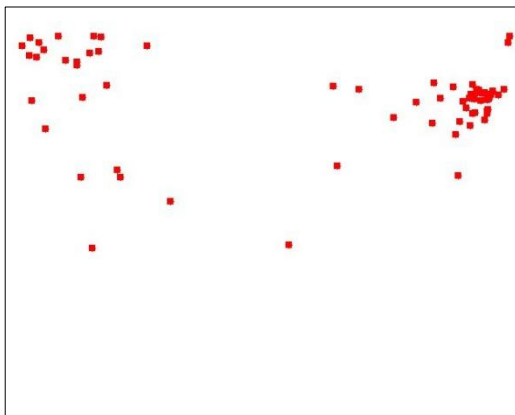


(α)

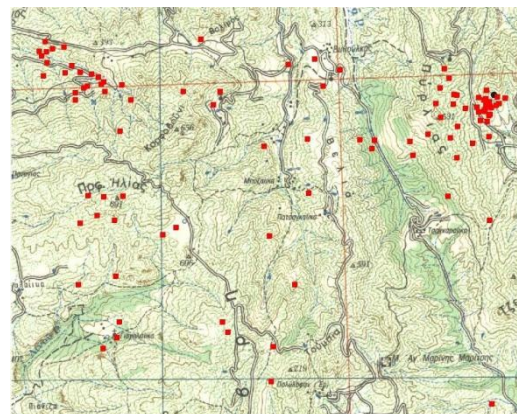


(β)

Εικόνα 6.30: Η οπτική σκηνή 1 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων

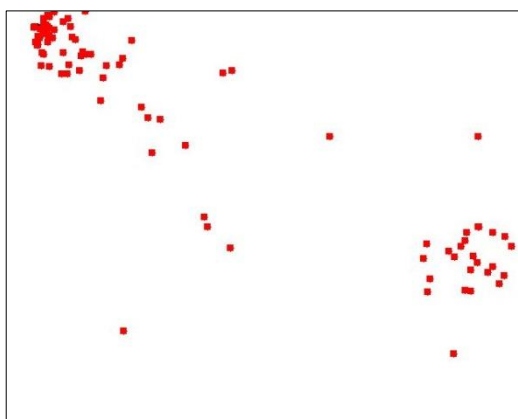


(α)

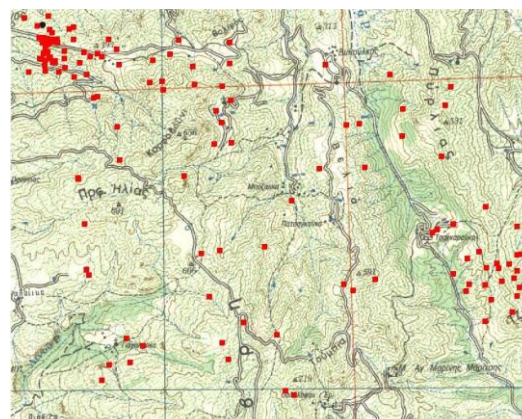


(β)

Εικόνα 6.31: Η οπτική σκηνή 12 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων

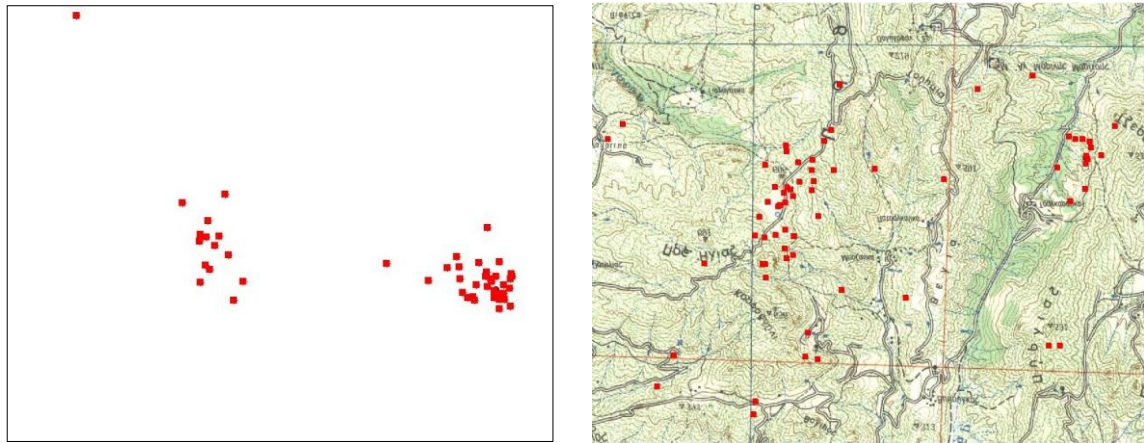


(α)



(β)

Εικόνα 6.32: Η οπτική 43 σκηνή σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων



(α)

(β)

Εικόνα 6.33: Η οπτική σκηνή 45 σε (α) κενό και (β) χαρτογραφικό υπόβαθρο με σημεία εστιάσεων

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης αυτής συνοψίζονται στο γεγονός ότι σε όλα τα παραδείγματα, η κατανομή των προσηλώσεων μπορεί να παρουσιάζει μια ομοιότητα ως προς τους στόχους και ίσως ως προς το κέντρο των οπτικών σκηνών, όμως κατά τα άλλα, τα εναπομείναντα σημεία είναι διασκορπισμένα σε διαφορετικές και ανεξάρτητες μεταξύ τους τοποθεσίες στο χαρτογραφικό και στο λευκό υπόβαθρο.

Μελέτη οπτικών σκηνών

Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την ανίχνευση μιας μετακίνησης σε σχέση με τη διάρκεια και το μέγεθός της, προέκυψε μια γραφική παράσταση που απεικονίζει το χρόνο έκθεσης σε σχέση με το μέγεθος της μετακίνησης. Από το διάγραμμα αυτό, διαπιστώνεται ότι για διάρκειες μικρότερες από ένα κατώφλι, δεν έχει νόημα η μελέτη των προσηλώσεων για περιοχές που δεν αφορούν στο στόχο, εφόσον δεν υπάρχουν. Η διάρκεια αυτή, ελέγχθηκε και στις εικόνες και βρέθηκε να είναι περίπου ίση με 400 msec.

Χρησιμοποιώντας ως κατώφλι τη χρονική αυτή διάρκεια (400 msec), και αυξάνοντας προοδευτικά προς τις υπόλοιπες χρονικές κατηγορίες, οι παρατηρήσεις που προέκυψαν συνοψίζονται στον Πίνακα 6.8:

Πίνακας 6.8: Σημεία που παρατηρήθηκαν στις διαφορετικές χρονικές κατηγορίες

Χρονική διάρκεια έκθεσης (sec)	Σχολιασμός σημείων θέασης
0,4	Ονοματολογία, μεγάλη συγκέντρωση πληροφορίας (τομή οδικού δικτύου, ονοματολογία)
0,45	Ονοματολογία-μεγάλοι γραφικοί χαρακτήρες (π.χ. προφ. Ηλίας)
0,5	Ονοματολογία-μεγάλοι και μεσαίοι γραφικοί χαρακτήρες (π.χ. Βελία)
0,6	Συγκέντρωση πληροφορίας (τομές γραμμών οδικού δικτύου και ονοματολογία)
0,7	Συγκέντρωση πληροφορίας (τομές γραμμών οδικού δικτύου και ονοματολογία), ονοματολογία-μεγάλοι γραφικοί χαρακτήρες

Πίνακας 6.8: Σημεία που παρατηρήθηκαν στις διαφορετικές χρονικές κατηγορίες (συνέχεια)

Χρονική διάρκεια έκθεσης (sec)	Σχολιασμός σημείων θέασης
0,8	Ονοματολογία- μεγάλοι γραφικοί χαρακτήρες
0,9	Ονοματολογία-μεσαίοι γραφικοί χαρακτήρες (π.χ. πλάγιες ονομασίες, Βυθούλκος)
1	Ονοματολογία-μεγάλοι, μεσαίοι, μικροί γραφικοί χαρακτήρες
2	Ονοματολογία-μεγάλοι, μεσαίοι, μικροί γραφικοί χαρακτήρες
3	Ονοματολογία-μεγάλοι, μεσαίοι, μικροί γραφικοί χαρακτήρες, οδικό δίκτυο σε όλο το μήκος

Από τα χαρακτηριστικά που παρατηρούνται σε κάθε κατηγορία χρόνου, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- ❖ Η ονοματολογία, δηλαδή η παρουσία γραφικών χαρακτήρων σε χαρτογραφικό υπόβαθρο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό που προσελκύει την προσοχή του παρατηρητή. Αντιλαμβάνεται το γραπτό κείμενο αμέσως μετά την κίνηση με αποτέλεσμα η παρατήρηση να υπεισέρχεται πιθανόν σε γνωσιακές διαδικασίες. Η ονοματολογία ταυτόχρονα, χαρακτηρίζεται από την οπτική μεταβλητή του μεγέθους. Έτσι, στους πολύ μικρούς χρόνους, αντιλαμβάνεται τα πιο μεγάλα γράμματα και όσο αυξάνεται ο χρόνος, παρατηρεί τα μικρότερα.
- ❖ Παράλληλα με την ονοματολογία, παρατηρούνται και οι μεταβολές στις κατευθύνσεις καθώς και η αλλαγή στην ένταση που χαρακτηρίζει τις περιοχές που περιέχουν το οδικό δίκτυο.
- ❖ Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω χαρακτηριστικών (της ονοματολογίας και της αλλαγής κατεύθυνσης και έντασης) αποτελεί ένα ακόμη αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του χαρτογραφικού υποβάθρου που παρατηρεί ο παρατηρητής.

7. Συμπεράσματα

Με βάση την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων και συζήτησης, προκύπτουν συμπεράσματα που αφορούν όλη την πειραματική διαδικασία, από τη βαθμονόμηση μέχρι τα σημεία όπου έχουν πραγματοποιηθεί προσηλώσεις. Η δυνατότητα αυτή της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη, καθώς μπορούν να εξαχθούν επακριβώς ο αριθμός και η θέση που έχουν πραγματοποιηθεί οι προσηλώσεις. Με τον τρόπο αυτό, απαντάται το τελικό ερώτημα της παρατήρησης ή μη του κινούμενου στόχου και άρα της αποτελεσματικότητας του συνδυασμού των δυναμικών μεταβλητών της διάρκειας και του ρυθμού αλλαγής ως παράγοντες που επηρεάζουν την οπτική αναζήτηση. Παράλληλα, με τη μελέτη των συμπερασμάτων, τίθενται και κάποια επιπλέον ερωτήματα και επεκτάσεις του παρόντος πειράματος, που μπορούν να φανούν χρήσιμα για τον προσδιορισμό όλων των χαρακτηριστικών που είναι άγνωστα, σε σχέση με τους δυναμικούς χάρτες. Η ανάλυση τους παρατίθεται στις ακόλουθες ενότητες.

7.1. Έλεγχος βαθμονόμησης

Ο έλεγχος της διαδικασίας της βαθμονόμησης πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα της μετατόπισης των καταγραφών από τους στόχους, την εγγύτητα της γεωμετρίας τους στον έλεγχο πριν και μετά, και στην κατανομή τους στους πέντε στόχους της εικόνας.

Από τα 42 υποκείμενα που έλαβαν μέρος στην εκτέλεση του πειράματος, τελικά, τα 32 λήφθηκαν υπόψη στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Το πλήθος αυτό αποτελεί το 76% του συνολικού αριθμού των υποκειμένων και κρίνεται ικανοποιητικό για την εξαγωγή συμπερασμάτων με δεδομένο ότι η διαδικασία ήταν αρκετά απαιτητική. Τα αποτελέσματα αυτού του ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να οριστεί το επίπεδο-κατώφλι για τον καθορισμό εάν το υποκείμενο παρατήρησε τον κινούμενο στόχο στις οπτικές σκηνές βάση των σημείων προσήλωσης.

Σαν γενικότερο συμπέρασμα του ελέγχου της βαθμονόμησης μπορεί να θεωρηθεί πως ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε αρχικά, πριν την εκτέλεση του πειράματος, είχε καλύτερα αποτελέσματα από αυτά μετά την πειραματική διαδικασία. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο, λόγω της φυσικής κόπωσης που υφίσταται το υποκείμενο, με αποτέλεσμα την ακούσια κίνησή του και την τροποποίηση της γεωμετρίας που έχει δημιουργηθεί ανάμεσα στο μάτι του υποκειμένου και στην οθόνη του υπολογιστή.

7.2. Σημεία προσήλωσης που αφορούν στην παρατήρηση του κινούμενου συμβόλου

Με την εξαγωγή των σημείων προσηλώσεων και τον καθορισμό της παρατήρησης του κινούμενου στόχου από τα υποκείμενα, προέκυψε για κάθε χρονική κατηγορία ποια είδη μετακίνησης παρατηρήθηκαν και ποία όχι, ώστε τελικά να προκύψει μια γραφική παράσταση της χρονικής διάρκειας και της απόστασης της μετακίνησης για τον προσδιορισμό του ορίου που παρατηρείται μια κίνηση.

7.2.1. Εύρος περιοχής ορίου βάση του διαγράμματος ανίχνευσης του στόχου

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν πως η παρατήρηση του κινούμενου στόχου επιτυγχάνεται για χρονική διάρκεια έκθεσης μεγαλύτερη των 300 msec. Επισημαίνεται, όμως, ότι για το κρίσιμο χρονικό εύρος από 300 μέχρι 1000 msec παρουσιάζονται παρατηρήσεις ανίχνευσης του κινούμενου στόχου και μη ανίχνευσής του ταυτόχρονα. Επίσης, στις παρατηρήσεις αυτού του κρίσιμου εύρους, οι μεγαλύτερες σε μέγεθος μετακινήσεις ίδιας χρονικής διάρκειας μπορεί να ανιχνεύονται ενώ οι μικρότερες να μην ανιχνεύονται. Ειδικότερα, οι μεγαλύτερες σε μέγεθος μετακινήσεις να ανιχνεύονται σε μικρότερες χρονικές διάρκειες συγκρινόμενες με τις μικρές μετακινήσεις ως προς το μέγεθος. Οι περιπτώσεις αυτές που αποτελούν κρίσιμα ευρήματα, μπορεί να δημιουργούνται λόγω των ακόλουθων παραγόντων.

- ❖ Το πλήθος της πληροφορίας που έχει η οπτική σκηνή τον τοπογραφικό χάρτη ως υπόβαθρο, μπορεί να έχει διευρύνει το χάσμα μεταξύ παρατηρούμενων και μη στόχων (ανάλογα με τη διάρκεια έκθεσης και το είδος μετακίνησης).
- ❖ Στην αλληλουχία-διάταξη των οπτικών σκηνών. Σε ορισμένες χρονικές διάρκειες έχουν παρατηρηθεί μετακινήσεις που σε σκηνές με μεγαλύτερες χρονικές διάρκειες δεν έχουν παρατηρηθεί. Με τις εναλλαγές από μια οπτική σκηνή που προβάλλεται για την πιο μικρή χρονική διάρκεια και η μετακίνηση του στόχου είναι μεγάλη (άρα το υποκείμενο δεν την παρατήρησε), στην αμέσως επόμενη οπτική σκηνή, το υποκείμενο μπορεί να δυσκολεύεται να εντοπίσει τη νέα θέση του κινούμενου στόχου.

7.2.2. Σύγκριση με προσηλώσεις στο λευκό υπόβαθρο

Τα παραπάνω συμπεράσματα αφορούν την ανάλυση για τα αποτελέσματα του χαρτογραφικού-τοπογραφικού πειράματος. Το συνολικό, όμως, πείραμα, εμπεριέχει και το λευκό υπόβαθρο που αποτελεί την αφετηρία-βάση του πειράματος.

Με σύγκριση των αποτελεσμάτων από τους πίνακες και τα διαγράμματα των δύο υποβάθρων, προκύπτουν ορισμένα βασικά συμπεράσματα που αφορούν το πείραμα συνολικά.

Και στα δύο υπόβαθρα, ο μικρότερος χρόνος στον οποίο παρατηρούνται οι προσηλώσεις στο κινούμενο σύμβολο ξεκινούν από 0,3 sec. Παρ' όλα αυτά, το εύρος της κρίσιμης περιοχής στον

τοπογραφικό χάρτη, είναι σαφώς μεγαλύτερο από εκείνο του λευκού υποβάθρου, εφόσον η κρίσιμη περιοχή βρίσκεται ανάμεσα σε χρονικές διάρκειες 0,3-1 sec και το σύνολο των μη παρατηρηθέντων στόχων είναι 24 διαφορετικές μετακινήσεις, σε αντίθεση με το λευκό, του οποίου το εύρος βρίσκεται σε χρονικές διάρκειες 0,3-0,9 sec και το σύνολο των μη παρατηρηθέντων μετακινήσεων του στόχου είναι 18 διαφορετικές μετακινήσεις.

Η κλίση της νοητής ευθείας στο λευκό υπόβαθρο είναι σχεδόν παράλληλη με εκείνη του τοπογραφικού χάρτη, με ίσως λίγο πιο απότομη κλίση που οφείλεται στην επίδραση των περισπαστών. Η ύπαρξή τους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εύρεση του κινούμενου στόχου.

7.3. Μοντέλα χαρτών προσοχής

Από τα τρία διαφορετικά μοντέλα που εξετάστηκαν και αναλύθηκαν προέκυψαν διαφορετικά συμπεράσματα που αφορούσαν στην επιτυχία του κάθε μοντέλου στην αναπαράσταση περιοχών προεξοχής, σε σχέση με προσηλώσεις του πειράματος. Τα μοντέλα αυτά, όμως, είναι σχεδιασμένα για την εξέταση:

- ❖ οπτικών σκηνών και εξαγωγή περιοχών προεξοχής για εικόνες και όχι για χάρτες και
- ❖ περιοχών προεξοχής σε στατικές οπτικές σκηνές και όχι σε δυναμικές που μεταβάλλονται κατά την παρατήρησή τους.

Οι παράγοντες αυτοί είναι κρίσιμοι για το τελικό συμπέρασμα όσο αφορά στην καταλληλότητα των μοντέλων και δικαιολογεί την πιθανή απόκλισή τους ως προς τα σημεία προσήλωσης κατά την εκτέλεση του πειράματος. Προκειμένου να ληφθούν όσο το δυνατόν υπόψη οι παράγοντες αυτοί, οι οπτικές σκηνές που υιοθετήθηκαν στο πείραμα, προκειμένου να συγκριθούν με τα μοντέλα, επιλέχθηκαν ώστε να αντιπροσωπεύουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις προσηλώσεις που δεν αφορούσαν τον κινούμενο στόχο. Ειδικότερα, για τις συγκεκριμένες οπτικές σκηνές ισχύει:

- ❖ η πρώτη οπτική σκηνή του πειράματος στην οποία τα υποκείμενα δεν γνώριζαν την ύπαρξη του κινούμενου συμβόλου και παρατηρούσαν τον τοπογραφικό χάρτη ως υπόβαθρο, με αποτέλεσμα την παρατήρηση εκείνων των χαρακτηριστικών που τραβούν την προσοχή.
- ❖ Μια οπτική σκηνή όπου στην αμέσως προηγούμενη τα υποκείμενα είχαν χάσει την πορεία του κινούμενου στόχου (λόγω της μικρής διάρκειας της έκθεσής της) και αναζητούσαν σε όλη την έκταση της οπτικής σκηνής το στόχο.
- ❖ Μια οπτική σκηνή με μεγάλη χρονική διάρκεια έκθεσης (π.χ. 3 sec) κατά την οποία τα υποκείμενα να έχουν το χρόνο να παρατηρήσουν και περαιτέρω χαρακτηριστικά της.

7.3.1. Μοντέλο του Itti

Το μοντέλο του Itti, εντοπίζει σε ικανοποιητικό βαθμό περιοχές που προεξέχουν, με βάση τις προσηλώσεις των υποκειμένων του πειράματος. Περιοχές όμως, που βρίσκονται στην περιφέρεια της οπτικής σκηνής και θεωρούνται, βάσει μοντέλου, ότι προεξέχουν, δεν έχουν παρατηρηθεί, καθιστώντας αμφισβητήσιμες τις περιοχές αυτές ως προεξέχουσες. Αντίστοιχα, το μοντέλο δεν έχει αναδείξει περιοχές που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της οπτικής σκηνής, όπως είναι η ονοματολογία του κεντρικού τμήματος. Όμως στο κεντρικό τμήμα της οπτικής σκηνής παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση σημείων προσήλωσης, που υποδηλώνει πως πρόκειται για προεξέχουσα περιοχή.

7.3.2. Μοντέλο της υπογραφής εικόνας (image signature)

Το μοντέλο αυτό σε γενικές γραμμές δε θεωρείται αποτελεσματικό σε σχέση με τα σημεία που παρατηρήθηκαν. Αντιλαμβάνεται ως προεξέχουσες περιοχές διαφορετικές από εκείνες που παρατηρούν τα υποκείμενα. Την ονοματολογία, του χάρτη δεν την αντιλαμβάνεται καθόλου, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που υποδηλώνουν πως η ονοματολογία στο συγκεκριμένο υπόβαθρο προεξέχει.

7.3.3. Το μοντέλο GBVS (Graph-Based Visual Saliency)

Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου θεωρείται δεδομένη. Η προσέγγιση του χάρτη σαν εικόνα-όπως τον αντιλαμβάνεται το μοντέλο-μπορεί να θεωρηθεί πως έχει αποτέλεσμα. Η περιφέρεια του χάρτη για την οποία το μοντέλο αδιαφορεί, όντως δεν προεξέχει βάση των σημείων προσήλωσης. Η εστίαση στο κέντρο της εικόνας είναι επίσης συμβατή με την ανάλυση των προσηλώσεων, και τα μεγαλύτερα κέντρα προσοχής που έχει αναδείξει το μοντέλο, αποτελούν όντως προεξέχουσες περιοχές των οπτικών σκηνών με υπόβαθρο τον τοπογραφικό χάρτη.

Συνολικά, θεωρείται πως το μοντέλο του Itti και το μοντέλο GBVS είναι εκείνα που αντιπροσωπεύουν ικανοποιητικότερα τα σημεία προεξοχής των οπτικών σκηνών με υπόβαθρο τον τοπογραφικό χάρτη, λαμβάνοντας υπόψη και τους παραπάνω παράγοντες.

7.4. Μεταβλητές που προεξέχουν πέρα από την κίνηση

Από την ανάλυση των σημείων που συγκεντρώνονται οι προσηλώσεις προκύπτουν τα συμπεράσματα σχετικά με τα προεξέχοντα χαρακτηριστικά του χάρτη. Τα συμπεράσματα αυτά συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- ❖ η ονοματολογία αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που τραβάει την προσοχή του υποκειμένου, παρά την κατάταξή της ως ένα από τα αβέβαια

χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την προσοχή με βάση τους Wolfe & Horowitz (2004). Είναι το χαρακτηριστικό το οποίο παρατηρείται αμέσως μετά τον κινούμενο στόχο. Το χαρακτηριστικό αυτό της ονοματολογίας πέρα όμως, από το γεγονός ότι αποτελεί μια αλληλουχία γραμμών με διαφορετικές απολήξεις, πιθανόν να εμπεριέχει κάποια γνωσιακή λειτουργία του εγκεφάλου με αποτέλεσμα να ξεφεύγει η μελέτη από το στάδιο της προ-προσοχής. Πάντως, το μέγεθος των γραμμών (οπτική μεταβλητή μεγέθους) παίζει σημαντικό ρόλο στην προεξοχή, εφόσον σε μικρότερες χρονικές διάρκειες αντιλαμβάνεται τις πιο μεγάλες γραμματοσειρές, ενώ όσο μεγαλώνει η διάρκεια, παρατηρούνται και οι πιο μικρές γραμματοσειρές.

- ❖ Η μεταβολή του προσανατολισμού-κατεύθυνσης που παρατηρείται ιδιαίτερα στα τμήματα του οδικού δικτύου, αποτελεί παράγοντα που, επίσης, τραβάει την προσοχή του υποκειμένου. Σύμφωνα με τους Wolfe & Horowitz (2004), ο προσανατολισμός αποτελεί ένα από τα αναμφισβήτητα χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την προσοχή στο στάδιο της προ-προσοχής. Μια απλή γραμμή με τομές και διακλαδώσεις παρατηρείται, σε αντίθεση με μια απλή γραμμή χωρίς αυτά τα χαρακτηριστικά.
- ❖ Ο συνδυασμός των παραπάνω χαρακτηριστικών, αλλά και η γενικότερη συγκέντρωση μεγάλου όγκου πληροφορίας λειτουργεί ως μηχανισμό που τραβά την προσοχή και γίνεται άμεσα αντιληπτός.

7.5. Περαιτέρω έρευνα και μελέτη

Με την ολοκλήρωση της μελέτης, εντοπίζονται σημεία και γίνονται αντιληπτά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να διερευνηθούν και να εξεταστούν σε επόμενο βήμα. Η ανάλυση αυτή αφορά τόσο στο σχεδιασμό ανάλογων πειραμάτων που να εξετάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, όσο και στη μελέτη των αποτελεσμάτων με διαφορετική προσέγγιση.

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων αυτής της ερευνητικής μελέτης, προέκυψε ότι για τις χρονικές διάρκειες που ανήκουν στο εύρος των 0,3-1 sec οι παρατηρήσεις του κινούμενου στόχου ήταν κρίσιμες. Σε ίδιες χρονικές διάρκειες το ίδιο είδος μετακίνησης άλλοτε παρατηρήθηκε και άλλοτε όχι. Θα μπορούσε, έτσι, να μελετηθεί πιο αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζεται ο συνδυασμός μιας συγκεκριμένης χρονικής διάρκειας έκθεσης της οπτικής σκηνής με μια αντίστοιχη μετακίνηση. Η μελέτη αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί παρουσιάζοντας με την ίδια αλληλουχία τις οπτικές σκηνές των μετακινήσεων του στόχου αλλά με διαφορετικές διάρκειες έκθεσής τους. Έτσι, μπορεί για μια συγκεκριμένη χρονική διάρκεια να εξεταστεί η παρατήρηση μιας μετακίνησης σε περίπτωση που η προηγούμενη οπτική σκηνή είχε είτε πολύ μικρή διάρκεια (και δεν είχε παρατηρηθεί ο στόχος), είτε μεγάλη διάρκεια (και είχε παρατηρηθεί). Με τον τρόπο αυτό θα διαλευκανθεί αν η παρατήρηση του κινούμενου στόχου επηρεάζεται από την προηγούμενη κατάσταση (μετακίνηση και διάρκειά του).

Η εξέταση των οπτικών σκηνών του πειράματος, προκειμένου να εντοπιστούν ποια χαρακτηριστικά προεξέχουν στις οπτικές σκηνές με υπόβαθρο τον τοπογραφικό χάρτη αμέσως μετά την κίνηση, πραγματοποιήθηκε με μοντέλα που αφορούν στατικές εικόνες. Αυτό να μεν δίνει αποτέλεσμα για περιοχές προεξοχής, δε λαμβάνει όμως υπόψη τον παράγοντα της

μεταβολής του δυναμικού χάρτη (κίνηση). Προτείνεται έτσι, η εφαρμογή δυναμικών μοντέλων προσοχής που αφορούν σε δυναμικούς χάρτες (animation maps). Με την εφαρμογή δυναμικών μοντέλων προσοχής είναι δυνατόν να εξαχθούν τα χαρακτηριστικά εκείνα που γίνονται αντιληπτά αμέσως μετά την κίνηση, εφόσον η κίνηση θεωρείται πως αποτελεί το βασικότερο και αναμφισβήτητο χαρακτηριστικό που γίνεται αντιληπτό στο χάρτη (Wolfe & Horowitz 2004).

Πολλές έρευνες επαληθεύουν την υπόθεση ότι η πολυπλοκότητα της πληροφορίας που απεικονίζει ένας χάρτης επηρεάζει την ευκολία ανάγνωσής του (Castner & Eastman 1985, Castner & Wheate 1979, Eastman 1977). Μπορεί, λοιπόν, να μελετηθεί η αντίδραση των υποκειμένων στην κίνηση σε συνδυασμό με την ύπαρξη πολλών επιπέδων γεωγραφικής πληροφορίας. Ο σχεδιασμός ενός ανάλογου πειράματος, προτείνεται να περιλαμβάνει ίδιες μεταβολές (σε χρόνο και είδος μετακίνησης του στόχου) ως προς τις οπτικές σκηνές, με σταδιακή ενίσχυση του (από ένα λευκό υπόβαθρο να καταλήγει σε έναν ολοκληρωμένο τοπογραφικό χάρτη).

Από την εξέταση των δύο δυναμικών μεταβλητών, του ρυθμού αλλαγής και της διάρκειας, γίνεται κατανοητή η σπουδαιότητα προσδιορισμού του τρόπου με τον οποίο αυτές γίνονται αντιληπτές από τα υποκείμενα. Ο προσδιορισμός της χρονικής διάρκειας που απαιτείται για να παρατηρηθεί ένα κινούμενο σύμβολο αποτελεί την αρχή για διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των δυναμικών χαρτών. Με συνεχή έρευνα και διεξαγωγή πειραματικών διαδικασιών μπορούν να επιλυθούν διάφορα προβλήματα και ερωτήματα που δημιουργούνται σχετικά με τους δυναμικούς χάρτες, με αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητάς τους.

Βιβλιογραφία

- Bertin J. (1967). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, 1983 (first published in French 1967, translated to English by Berg W.J. in 1983)
- Brodersen L., Andersen H., and Weber S. (2001) *Applying eye-movement tracking for the study of map perception and map design*. Kort & Matrikelstyrelsen Publication Series 4, Vol. 9
- Castner H. W. & Eastman J. R. (1985). Eye-movement parameters and perceived map complexity-II. *The American Cartographer* 11(2): 107-117
- Castner H. W. & Wheate R. (1979). Re-assessing the role played by shaded relief in topographic scale maps. *The Cartographic Journal* 16:77-85.
- Cave K. R., & Wolfe J. M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22, 225-271.
- DiBiase D., MacEachren A. M., Krygier J. B. and Reeves C. (1992). Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization. *Cartography and Geographic Information Systems* Vol 19 No. 4 (pp. 201-214)
- Duchowski A. T. (2007). *Eye Tracking Methodology Theory and Practice*. Springer Second Edition
- Duncan J. & Humphreys G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.
- Eastman J. (1977). *Map complexity: an information processing approach* M.A. thesis, Queen's University.
- Fabrikant S. (2005). Towards an understanding of geovisualization with dynamic displays: Issues and Prospects. In *Proceedings Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*. American Association for Artificial Intelligence, Stanford
- Glenstrup A. J., Engell-Nielsen T. (1995). *Eye Controlled Media: Present and Future State*. Thesis Project. University of Copenhagen
- Hammoud R., Mulligan J. (2008). *Passive Eye Monitoring*. Introduction to Eye Monitoring. (Ed.)Springer p.1-19
- Harel J., Koch C. and Perona P. (2007). Graph-Based Visual Saliency. *Advances in neural information processing systems*, pp. 545-552 California Institute of Technology Pasadena, CA 91125 .
- Harrower M. & Fabrikant S. (2008). The role of map animation for geographic visualization. In *Geographic Visualization* (Dodge M, McDerby M & Turner M eds.). John Wiley & Sons, London, 49-65
- Holmqvist K., Nyström M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka I., and Weijer J.(2011). *Eye Tracking:A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press p.17
- Hou X., Harel J. and Koch C. (2012). Image Signature: Highlighting Sparse Salient Region. *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE* Vol. 34, No. 1
- Irwin D. E. (1992). Visual memory within and across fixations. In K. Rayner (Ed.), *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading* (pp. 146-165). New York: Springer-Verlag. (Springer Series in Neuropsychology)
- Itti L., Koch C., and Niebur E. (1998). A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE* Vol. 20, No. 11, pp. 1254-1259.
- Jenny B., Jenny H., and Räber S. (2008). *Map Design for the Internet. International Perspectives on Maps and the Internet: An Introduction*. Springer p.31-48

- Kraak M. J. & Ormeling F. (2003). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (2nd ed.). Prentice Hall, London
- Krassanakis V., Filippakopoulou V., Nakos B. (2011). An Application of Eye Tracking Methodology in Cartographic Research, Proceedings of the *EyeTrackBehavior 2011 (Tobii)*.
- Lloyd R. (1997). Visual search processes used in map reading. *Cartographica*, 34(1), 11-32.
- MacEachren A. M. (1995). *How Maps Work: Visualization, Representation and Design*. New York, The Guilford Press.
- Mack A., Tang B., Tuma R., Kahn S., & Rock I. (1992). Perceptual organization and attention. *Cognitive Psychology*, 24, 475-501.
- Marr D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: W. H. Freeman.
- McCleary G.F. (1983). An Effective Graphic Vocabulary. *Computer Graphics and Applications*, March/April, pp. 46-53.
- Niebur E. & Koch C. (1998). Computational Architectures for Attention. In *The Attentive Brain*. (Ed.) R. Parasuraman, pp. 63–186. Cambridge.
- Nyström M., Andersson R., Holmqvist K., Weijer J. (2012). The influence of calibration method and eye physiology on eyetracking data quality. Springer p.3
- Ramirez-Moreno D. F., Schwartz O., and Ramirez-Villegas J. F. (2013). A saliency-based bottom-up visual attention model for dynamic scenes analysis *Biol Cybern* Springer 107: 41-160
- Robinson D. A. (1965). The mechanics of human smooth pursuit eye movement. *Journal of Physiology*, 180. 569-591
- Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C. (2002). Χαρτογραφικό Σχέδιο. Στο *Στοιχεία Χαρτογραφίας* σσ. 390-418. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Roulaeu B. (1984). *Theory of Cartographic Expression and Design. Basic Cartography for Students and Technicians* (Vol.1) International Cartographic Association, Hampshire p.81-111
- Slocum T. A., McMaster R. B., Kessler F. C., Howard H. H. (2009). Map Animation. *Thematic Cartography and Geovisualization (Third Edition)* (pp. 390-405). Series Editor
- Sternberg S. (1969). Memory-Scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments, *American Scientist*, 57, 421-457.
- Treisman A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Vecera S. (2000). Toward a biased competition account of object-based segregation and attention. *Brain and Mind*, Vol. 1, 353-384.
- Voßkühler A, Nordmeier V, Kuchinke L, Jacobs A M (2008). OGAMA (Open Gaze and Mouse Analyzer): Open-source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. *Behavior Research Methods* 40(4): 1150-1162
- Viewpoint Eye Tracker® (2010). Software User Guide, from Arrington Research
- Westheimer G. (1954). Eye movement responses to a horizontally moving visual stimulus. *AMA Archives of Ophthalmology* 912.
- Wolfe J. M., Cave K. R., & Franzel S. L. (1989). Guided search: An alternative of the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 3, 419-433.
- Wolfe J. M., & Cave K. R. (1989). Deploying visual attention: The guided search model. In T. Troscianko & A. Blake (Eds.), *AI and the Eye*, (pp. 79-103). Chichester, UK: Wiley and Sons.

- Wolfe J. & Horowitz T. (2004). What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews Neuroscience* Vol. 5 p.1-7
- Wolfe, J. M. (1998). *Visual search*. In Attention, H. Pashler (Ed.), London, University College London Press.
- Young L. R., & Sheena D. (1975). Survey of the Eye Movement Recording Methods. *Behavior Research Methods & Instrumentation* Vol. 7 No. 5 pp. 397-439
- Xiaofang W, Qingyun D, Zhiyong X, Na L (2005). Research and Design of Dynamic symbol in GIS. Proceedings of the *International Symposium on Spatio-temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion 36, Beijing*
- Κασιδώνη Α. (2005). *Χαρακτηριστικά του σχήματος και η επίδρασή τους σε προ-προσοχής διαδικασίες*. Μεταπτυχιακή Εργασία. ΣΑΤΜ ΕΜΠ.
- Κρασανάκης Β. (2009). *Καταγραφή του ίχνους της οπτικής αναζήτησης: Μία μέθοδος διερεύνησης της επιλεκτικότητας της οπής ως βασικού χαρακτηριστικού του σχήματος*. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ ΣΑΤΜ
- Κρασανάκης, Β. (2013). *Λογισμικό υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος, Εργαστήριο χαρτογραφίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ζωγράφος (αδημοσίευτη εργασία)*
- Λέλλη Α. (2013). *Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε οπτικές σκηές*, Διπλωματική Εργασία Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.
- Σκορδάς Α., Αναστασόπουλος Β. (2003). *Εισαγωγή στην Ψηφιακή Εικόνα. Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνων και Σημάτων*

Σύνδεσμοι

<http://www.klab.caltech.edu/~harel/share/gbvs.php> Harel J. (2012) A Saliency Implementation in MATLAB: (02/06/2013)

<http://www.drneos.gr> (14/06/2013)

<http://www.metrovision.fr> (15/06/2013)

<http://www.skalar.com> (15/06/2013)

Παράρτημα Α

Αρχείο ρυθμίσεων του πειράματος που συντάχθηκε για ρύθμιση των παραμέτρων του στο λογισμικό του ViewPoint. Ανάλογα ακριβώς είναι και για το δεύτερο σετ πειράματος, με τη διαφοροποίηση στις χρονικές διάρκειες έκθεσης των οπτικών σκηνών.

```
stimWind_FullDisplay 2
setWindow STIMULUS SHOW
//video Mode
videoMode Speed2
//set controls
//set gaze display
gazeGraphicsOptions -ROI
//set stimulus display
stimulusGraphicsOptions -POG
// Must initialize the StateSpace before using (re-using) it.
stateSpaceInit
pictureList_Init
pictureList_AddName "autocalibration/1_S.bmp" //1
pictureList_AddName "autocalibration/3_S.bmp" //2
pictureList_AddName "autocalibration/5_S.bmp" //3
pictureList_AddName "autocalibration/7_S.bmp" //4
pictureList_AddName "autocalibration/9_S.bmp" //5
pictureList_AddName "autocalibration/blank_0.bmp" //6
pictureList_AddName "propeirama/p1-1160.bmp" //7
pictureList_AddName "propeirama/p2-780.bmp" //8
pictureList_AddName "propeirama/p3-1260.bmp" //9
pictureList_AddName "propeirama/p4-300.bmp" //10
pictureList_AddName "propeirama/p5-600.bmp" //11
pictureList_AddName "propeirama/p6-180.bmp" //12
pictureList_AddName "propeirama/p7-700.bmp" //13
pictureList_AddName "propeirama/p8-80.bmp" //14
pictureList_AddName "propeirama/p9-1540.bmp" //15
pictureList_AddName "propeirama/p10-540.bmp" //16
pictureList_AddName "propeirama/p11-1100.bmp" //17
pictureList_AddName "propeirama/p12-340.bmp" //18
pictureList_AddName "propeirama/p13-840.bmp" //19
pictureList_AddName "propeirama/p14-1240.bmp" //20
pictureList_AddName "propeirama/p15-100.bmp" //21
pictureList_AddName "propeirama/p16-1400.bmp" //22
pictureList_AddName "propeirama/p17-560.bmp" //23
pictureList_AddName "propeirama/p18-860.bmp" //24
pictureList_AddName "propeirama/p19-940.bmp" //25
pictureList_AddName "propeirama/p20-580.bmp" //26
```

```

pictureList_AddName "propeirama/p21-440.bmp" //27
pictureList_AddName "propeirama/p22-200.bmp" //28
pictureList_AddName "propeirama/p23-1200.bmp" //29
pictureList_AddName "propeirama/p24-920.bmp" //30
pictureList_AddName "propeirama/p25-260.bmp" //31
pictureList_AddName "propeirama/p26-640.bmp" //32
pictureList_AddName "propeirama/p27-1120.bmp" //33
pictureList_AddName "propeirama/p28-1220.bmp" //34
pictureList_AddName "propeirama/p29-500.bmp" //35
pictureList_AddName "propeirama/p30-720.bmp" //36
pictureList_AddName "propeirama/p31-420.bmp" //37
pictureList_AddName "propeirama/p32-1320.bmp" //38
pictureList_AddName "propeirama/p33-280.bmp" //39
pictureList_AddName "propeirama/p34-1140.bmp" //40
pictureList_AddName "propeirama/p35-740.bmp" //41
pictureList_AddName "propeirama/p36-220.bmp" //42
pictureList_AddName "propeirama/p37-380.bmp" //43
pictureList_AddName "propeirama/p38-1180.bmp" //44
pictureList_AddName "propeirama/p39-1440.bmp" //45
pictureList_AddName "propeirama/p40-800.bmp" //46
pictureList_AddName "propeirama/p41-1280.bmp" //47
pictureList_AddName "propeirama/p42-1300.bmp" //48
pictureList_AddName "propeirama/p43-680.bmp" //49
pictureList_AddName "propeirama/p44-660.bmp" //50
pictureList_AddName "propeirama/p45-120.bmp" //51
pictureList_AddName "propeirama/p46-40.bmp" //52
pictureList_AddName "propeirama/p47-240.bmp" //53
pictureList_AddName "propeirama/p48-1340.bmp" //54
pictureList_AddName "propeirama/p49-teliko.bmp" //55
pictureList_AddName "autocalibration/blank_02.bmp" //56
pictureList_AddName "autocalibration/1_S2.bmp" //57
pictureList_AddName "autocalibration/3_S2.bmp" //58
pictureList_AddName "autocalibration/5_S2.bmp" //59
pictureList_AddName "autocalibration/7_S2.bmp" //60
pictureList_AddName "autocalibration/9_S2.bmp" //61
pictureList_AddName "autocalibration/blank_03.bmp" //62
pictureList_EndAction {stateJump 63} // when end of picture list comes, goto state#71
fkey_cmd 9 { stateJump 24} // when the user presses FKEY 9 then jump to state 6 and close
datafile
// **** open datafile
//dataFile_NewUniqueExtension "_propeirama.txt"
//dataFileName
dataFile_NewName "C:\Documents and Settings\Viewer\Desktop\ViewPoint2.8.6.21 LATEST
VERSION\ViewPoint2.8.6.21\Data\propeirama_IA\propeirama.txt"
dataFile_NewUnique

```

```

// *** STATE 0 idle ****
stateMode 0
stateLabel "idle"
// *** STATE 1 presents next preference picture ***
stateMode 1
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 2 // after 3 seconds, goto state#2
// *** STATE 2 presents next preference picture ***
stateMode 2
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 3 // after 3 seconds, goto state#3
// *** STATE 3 presents next preference picture ***
stateMode 3
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 4 // after 3 seconds, goto state#4
// *** STATE 4 presents next preference picture ***
stateMode 4
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 5 // after 3 seconds, goto state#5
// *** STATE 5 presents next preference picture ***
stateMode 5
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 6 // after 3 seconds, goto state#6
// *** STATE 6 presents next preference picture ***
stateMode 6
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 7 // after 2 seconds, goto state#7
// *** STATE 7 presents next preference picture ***
stateMode 7
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 8 // after 2 seconds, goto state#8
// *** STATE 8 presents next preference picture ***
stateMode 8
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 9 // after 0.8 seconds, goto state#9
// *** STATE 9 presents next preference picture ***
stateMode 9

```

```

stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 10 // after 0.4 seconds, goto state#10
// *** STATE 10 presents next preference picture ***
stateMode 10
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 11 // after 0.2 seconds, goto state#11
// *** STATE 11 presents next preference picture ***
stateMode 11
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 12 // after 2 seconds, goto state#12
// *** STATE 12 presents next preference picture ***
stateMode 12
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 13 // after 0.6 seconds, goto state#13
// *** STATE 13 presents next preference picture ***
stateMode 13
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 14 // after 0.4 seconds, goto state#14
// *** STATE 14 presents next preference picture ***
stateMode 14
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 15 // after 0.8 seconds, goto state#15
// *** STATE 15 presents next preference picture ***
stateMode 15
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 16 // after 0.6 seconds, goto state#16
// *** STATE 16 presents next preference picture ***
stateMode 16
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 17 // after 0.2 seconds, goto state#17
// *** STATE 17 presents next preference picture ***
stateMode 17
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 18 // after 0.1 seconds, goto state#18
// *** STATE 18 presents next preference picture ***
stateMode 18

```



```

stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 19 // after 2 seconds, goto state#19
// *** STATE 19 presents next preference picture ***
stateMode 19
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 20 // after 3 seconds, goto state#20
// *** STATE 20 presents next preference picture ***
stateMode 20
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 21 // after 0.6 seconds, goto state#21
// *** STATE 21 presents next preference picture ***
stateMode 21
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 22 // after 1 seconds, goto state#22
// *** STATE 22 presents next preference picture ***
stateMode 22
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 23 // after 0.8 seconds, goto state#23
// *** STATE 23 presents next preference picture ***
stateMode 23
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 24 // after 0.1 seconds, goto state#24
// *** STATE 24 presents next preference picture ***
stateMode 24
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 25 // after 1 seconds, goto state#25
// *** STATE 25 presents next preference picture ***
stateMode 25
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 26 // after 0.4 seconds, goto state#26
// *** STATE 26 presents next preference picture ***
stateMode 26
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 27 // after 2 seconds, goto state#27
// *** STATE 27 presents next preference picture ***
stateMode 27

```

```

stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 28 // after 0.4 seconds, goto state#28
// *** STATE 28 presents next preference picture ***
stateMode 28
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 29 // after 0.8 seconds, goto state#29
// *** STATE 29 presents next preference picture ***
stateMode 29
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 30 // after 0.4 seconds, goto state#30
// *** STATE 30 presents next preference picture ***
stateMode 30
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 31 // after 0.6 seconds, goto state#31
// *** STATE 31 presents next preference picture ***
stateMode 31
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 32 // after 3 seconds, goto state#32
// *** STATE 32 presents next preference picture ***
stateMode 32
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 33 // after 0.8 seconds, goto state#33
// *** STATE 33 presents next preference picture ***
stateMode 33
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 34 // after 3 seconds, goto state#34
// *** STATE 34 presents next preference picture ***
stateMode 34
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 35 // after 0.2 seconds, goto state#35
// *** STATE 35 presents next preference picture ***
stateMode 35
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 36 // after 0.1 seconds, goto state#36
// *** STATE 36 presents next preference picture ***
stateMode 36

```

```

stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 37 // after 0.6 seconds, goto state#37
// *** STATE 37 presents next preference picture ***
stateMode 37
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 38 // after 2 seconds, goto state#38
// *** STATE 38 presents next preference picture ***
stateMode 38
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 39 // after 0.1 seconds, goto state#39
// *** STATE 39 presents next preference picture ***
stateMode 39
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 40 // after 0.4 seconds, goto state#40
// *** STATE 40 presents next preference picture ***
stateMode 40
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 41 // after 1 seconds, goto state#41
// *** STATE 41 presents next preference picture ***
stateMode 41
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 42 // after 1 seconds, goto state#42
// *** STATE 42 presents next preference picture ***
stateMode 42
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 43 // after 0.2 seconds, goto state#43
// *** STATE 43 presents next preference picture ***
stateMode 43
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 44 // after 0.6 seconds, goto state#44
// *** STATE 44 presents next preference picture ***
stateMode 44
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 45 // after 3 seconds, goto state#45
// *** STATE 45 presents next preference picture ***
stateMode 45

```

```

stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 46 // after 0.8 seconds, goto state#46
// *** STATE 46 presents next preference picture ***
stateMode 46
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 47 // after 0.1 seconds, goto state#47
// *** STATE 47 presents next preference picture ***
stateMode 47
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 48 // after 2 seconds, goto state#48
// *** STATE 48 presents next preference picture ***
stateMode 48
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 49 // after 0.2 seconds, goto state#49
// *** STATE 49 presents next preference picture ***
stateMode 49
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 50 // after 3 seconds, goto state#50
// *** STATE 50 presents next preference picture ***
stateMode 50
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 51 // after 0.2 seconds, goto state#51
// *** STATE 51 presents next preference picture ***
stateMode 51
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 52 // after 1 seconds, goto state#52
// *** STATE 52 presents next preference picture ***
stateMode 52
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 53 // after 0.1 seconds, goto state#53
// *** STATE 53 presents next preference picture ***
stateMode 53
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 54 // after 3 seconds, goto state#54
// *** STATE 54 presents next preference picture ***
stateMode 54

```

```

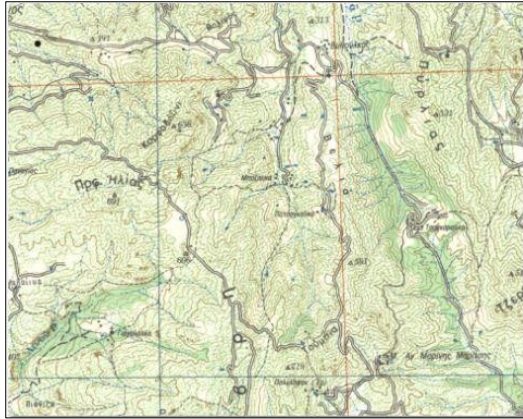
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 55 // after 1 seconds, goto state#55
// *** STATE 55 presents next preference picture ***
stateMode 55
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 56 // after 2 seconds, goto state#56
// *** STATE 56 presents next preference picture ***
stateMode 56
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 57 // after 2 seconds, goto state#57
// *** STATE 57 presents next preference picture ***
stateMode 57
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 58 // after 3 seconds, goto state#58
// *** STATE 58 presents next preference picture ***
stateMode 58
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 59 // after 3 seconds, goto state#59
// *** STATE 59 presents next preference picture ***
stateMode 59
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 60 // after 3 seconds, goto state#60
stateMode 60
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 61 // after 3 seconds, goto state#61
stateMode 61
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 62 // after 3 seconds, goto state#62
stateMode 62
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 63 // after 1 seconds, goto state#63
// *** STATE 63 close data file***`
stateMode 63
stateLabel "closes datafile"
stateCommand {dataFile_Close }
stateTimeout 1 0 // immediately, goto state#0

```

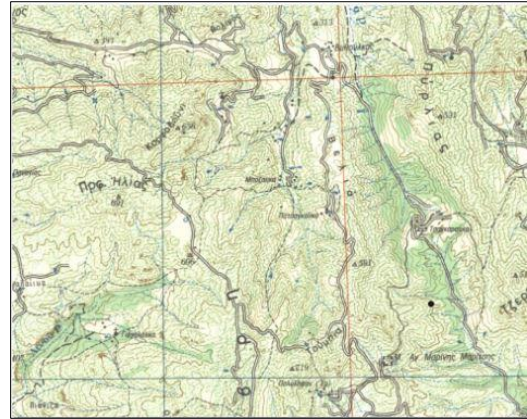
```
stateJump 1  
stateDump  
stateEngine On  
end
```

Παράρτημα Β

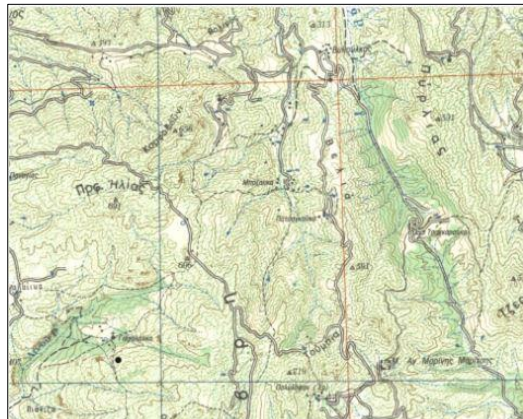
Σειρά παράθεσης οπτικών σκηνών στο τοπογραφικό πείραμα



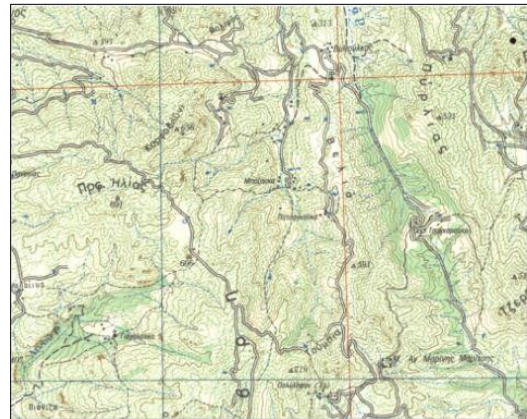
Εικόνα Β.1: Οπτική σκηνή 1



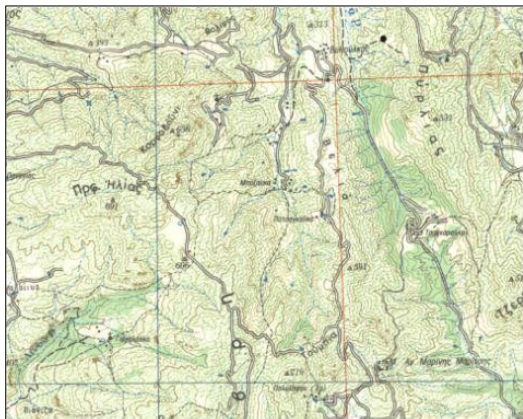
Εικόνα Β.2: Οπτική σκηνή 2



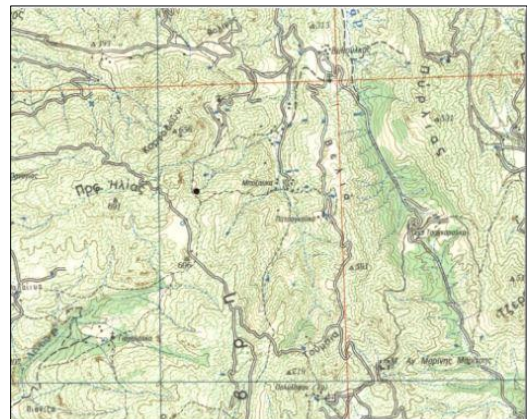
Εικόνα Β.3: Οπτική σκηνή 3



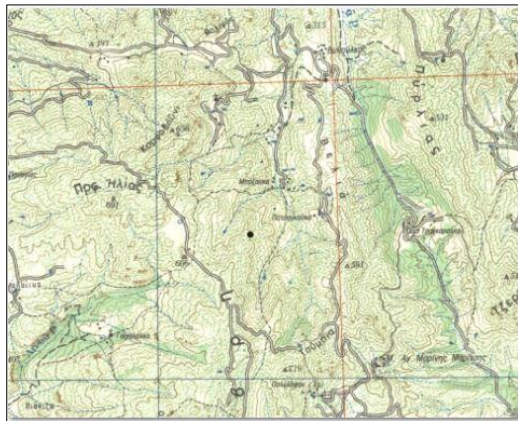
Εικόνα Β.4: Οπτική σκηνή 4



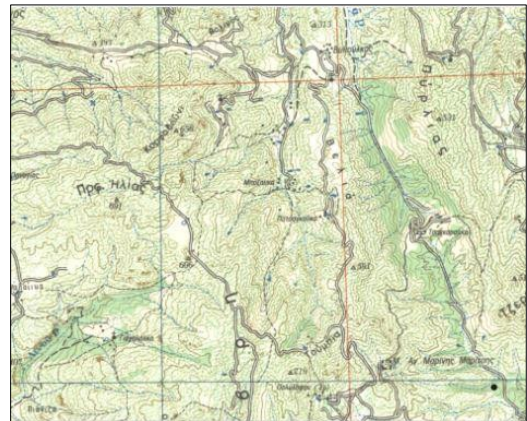
Εικόνα Β.5: Οπτική σκηνή 5



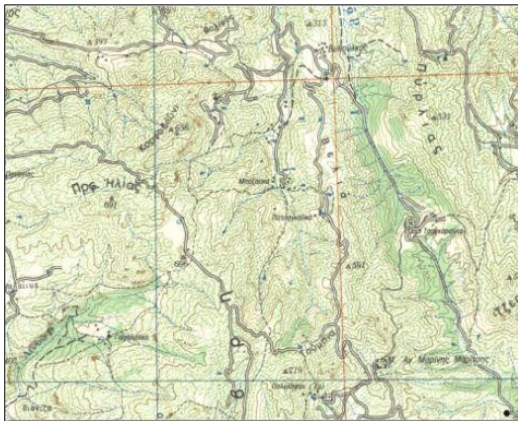
Εικόνα Β.6: Οπτική σκηνή 6



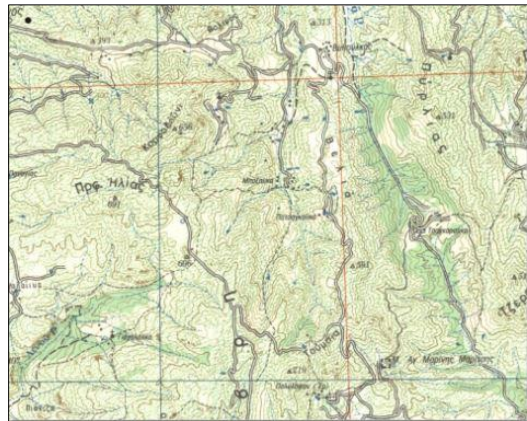
Εικόνα Β.7: Οπτική σκηνή 7



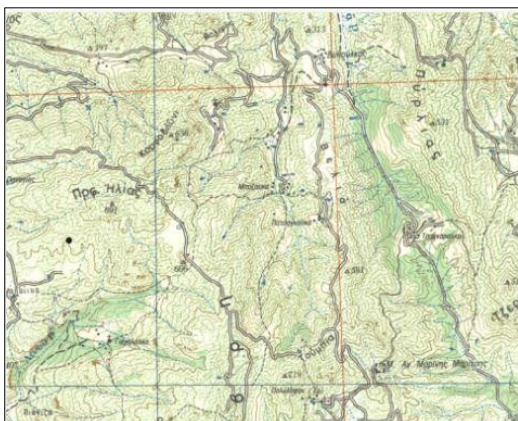
Εικόνα Β.8: Οπτική σκηνή 8



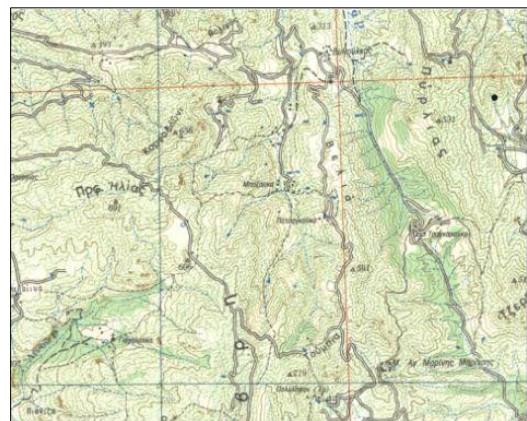
Εικόνα Β.9: Οπτική σκηνή 9



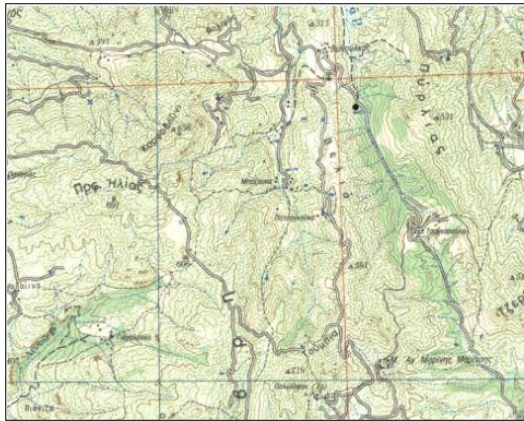
Εικόνα Β.10: Οπτική σκηνή 10



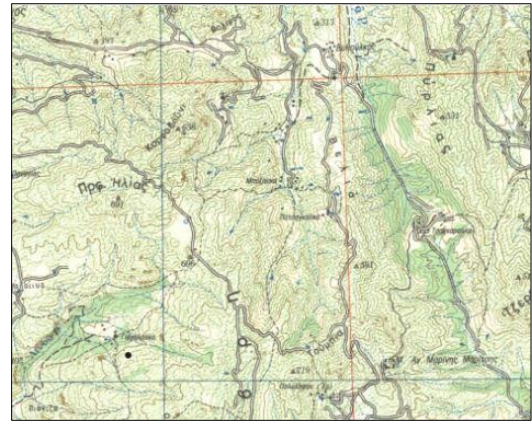
Εικόνα Β.11: Οπτική σκηνή 11



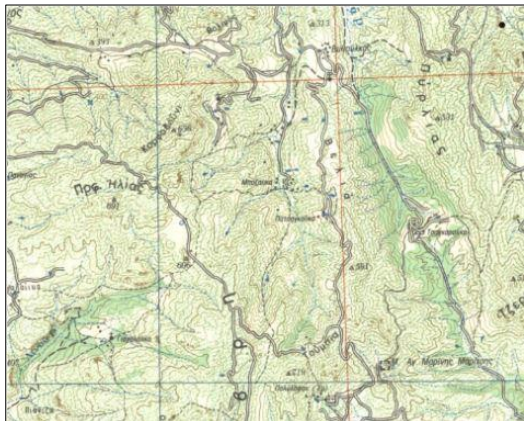
Εικόνα Β.12: Οπτική σκηνή 12



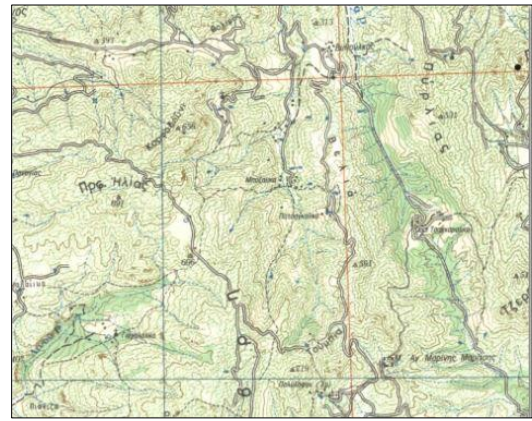
Εικόνα Β.13: Οπτική σκηνή 13



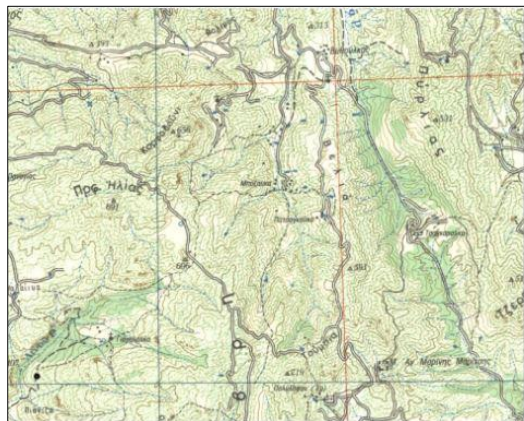
Εικόνα Β.14: Οπτική σκηνή 14



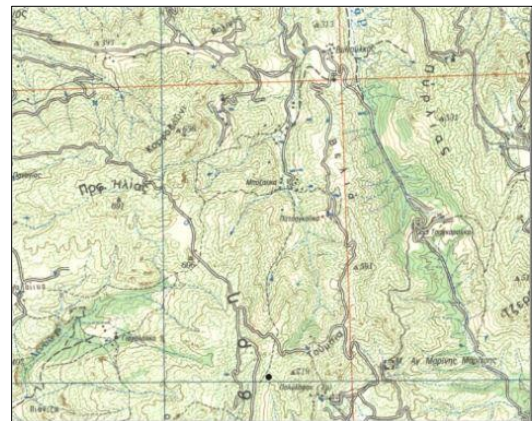
Εικόνα Β.15: Οπτική σκηνή 15



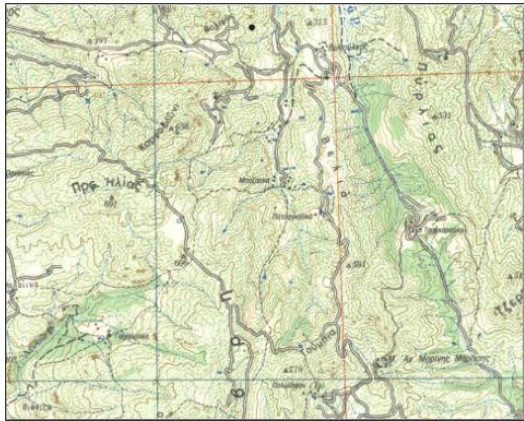
Εικόνα Β.16: Οπτική σκηνή 16



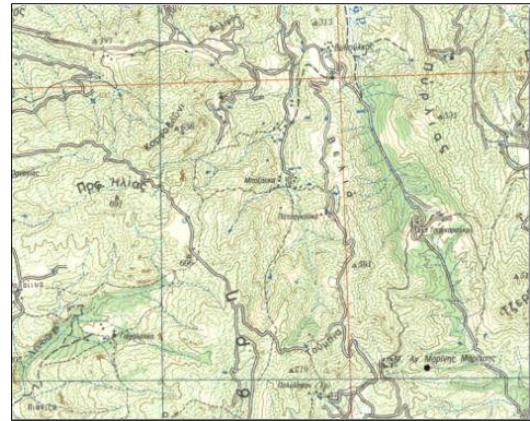
Εικόνα Β.17: Οπτική σκηνή 17



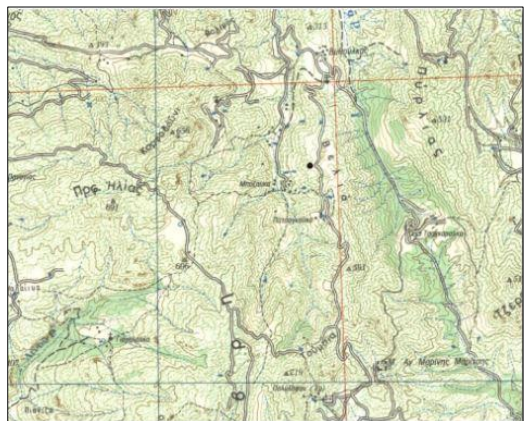
Εικόνα Β.18: Οπτική σκηνή 18



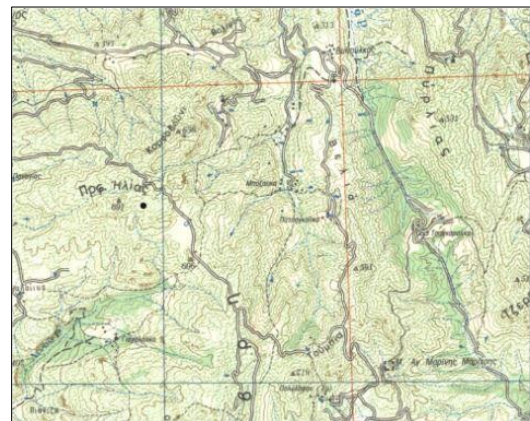
Εικόνα Β.19: Οπτική σκηνή 19



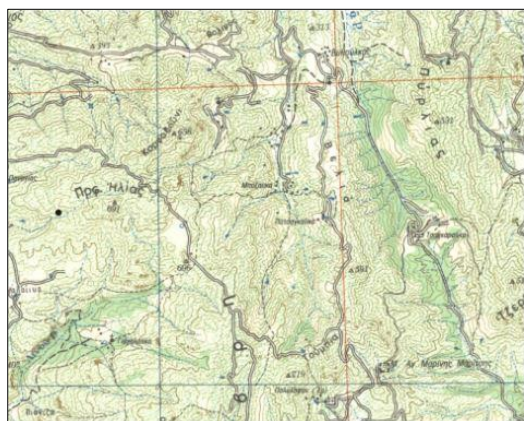
Εικόνα Β.20: Οπτική σκηνή 20



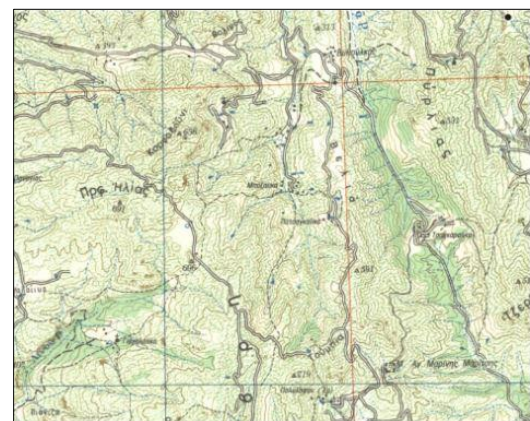
Εικόνα Β.21: Οπτική σκηνή 21



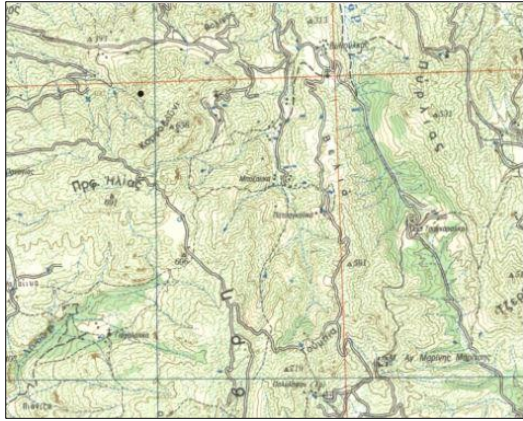
Εικόνα Β.22: Οπτική σκηνή 22



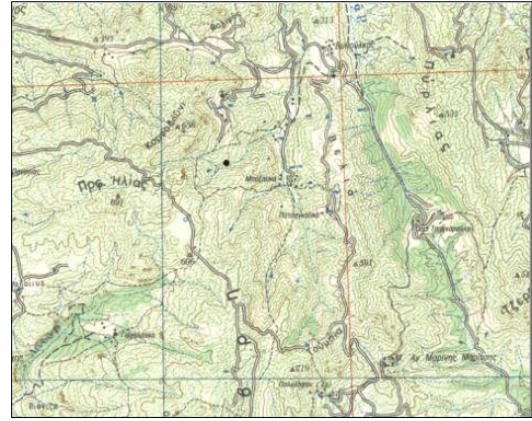
Εικόνα Β.23: Οπτική σκηνή 23



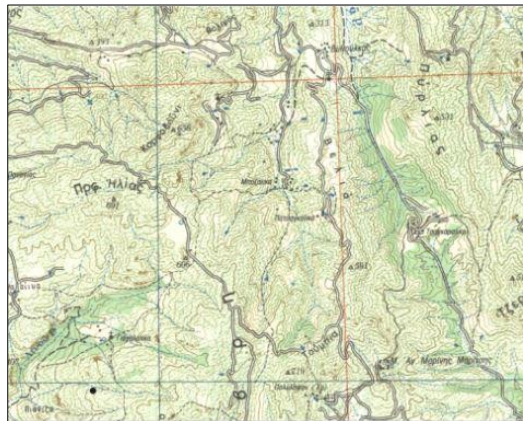
Εικόνα Β.24: Οπτική σκηνή 24



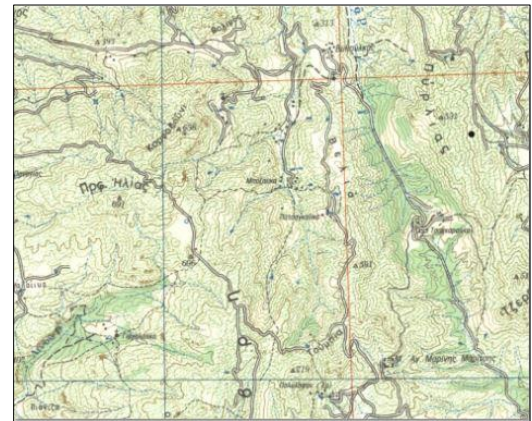
Εικόνα Β.25: Οπτική σκηνή 25



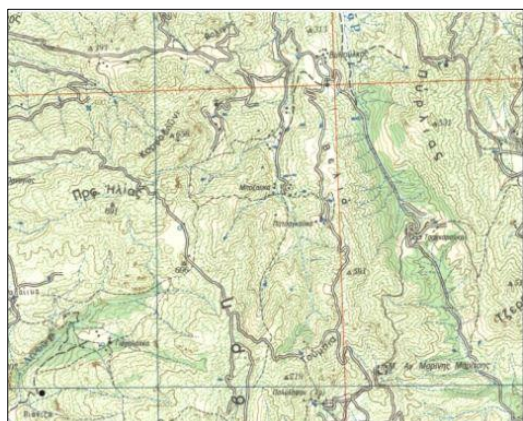
Εικόνα Β.26: Οπτική σκηνή 26



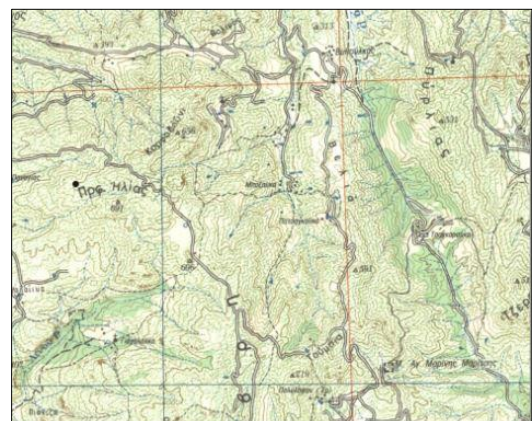
Εικόνα Β.27: Οπτική σκηνή 27



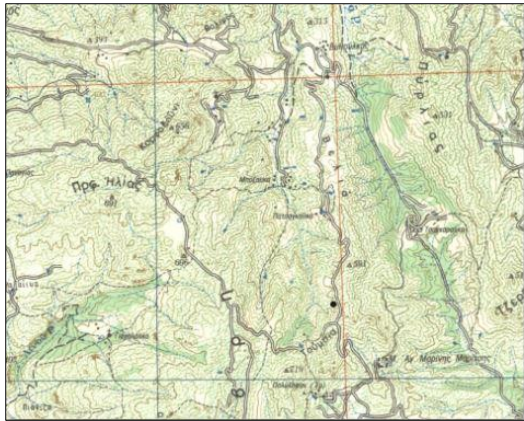
Εικόνα Β.28: Οπτική σκηνή 28



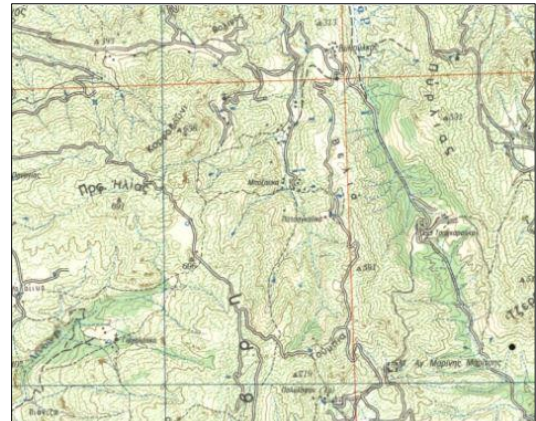
Εικόνα Β.29: Οπτική σκηνή 29



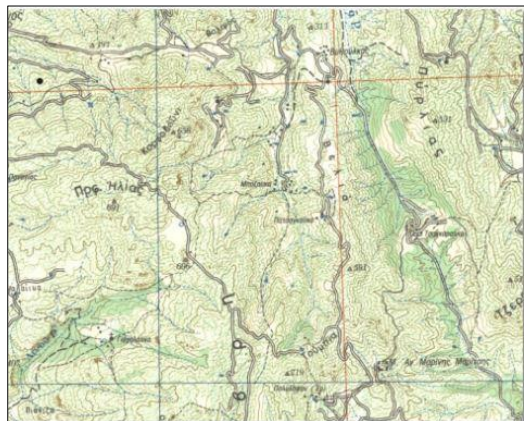
Εικόνα Β.30: Οπτική σκηνή 30



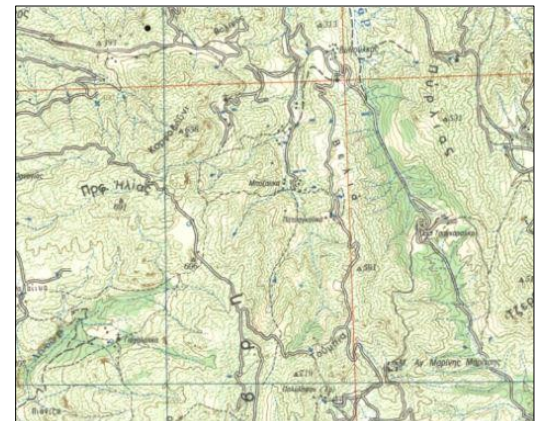
Εικόνα B.31: Οπτική σκηνή 31



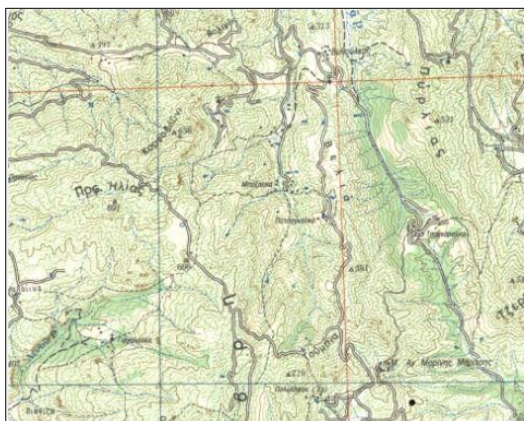
Εικόνα B.32: Οπτική σκηνή 32



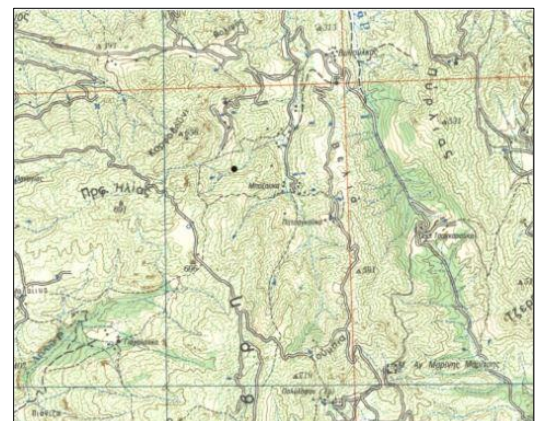
Εικόνα B.33: Οπτική σκηνή 33



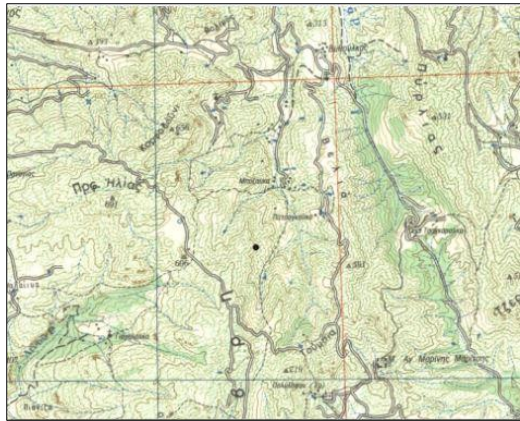
Εικόνα B.34: Οπτική σκηνή 34



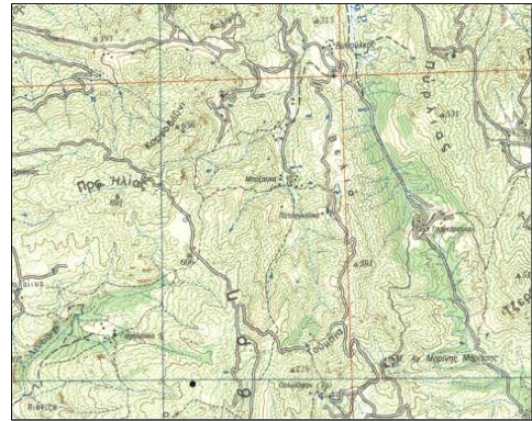
Εικόνα B.35: Οπτική σκηνή 35



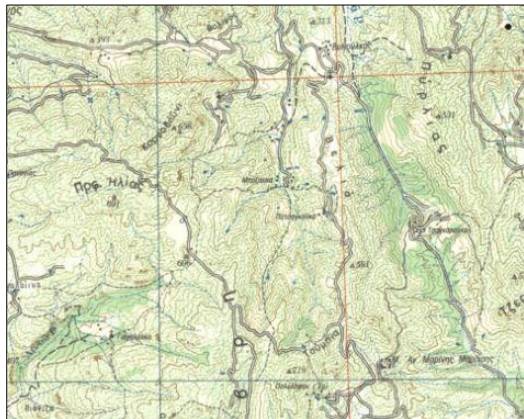
Εικόνα B.36: Οπτική σκηνή 36



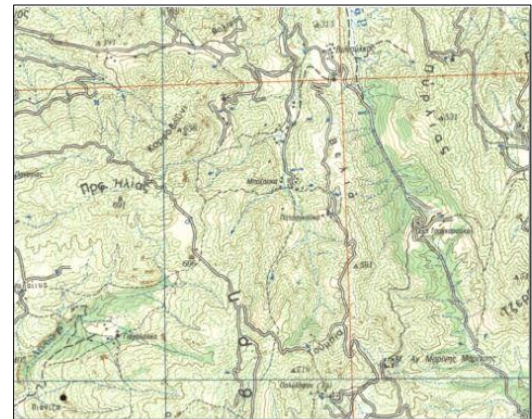
Εικόνα Β.37: Οπτική σκηνή 37



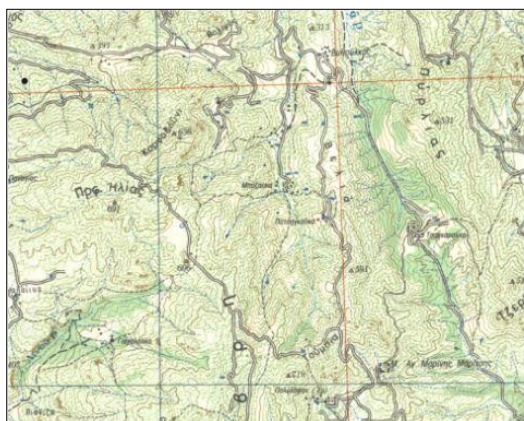
Εικόνα Β.38: Οπτική σκηνή 38



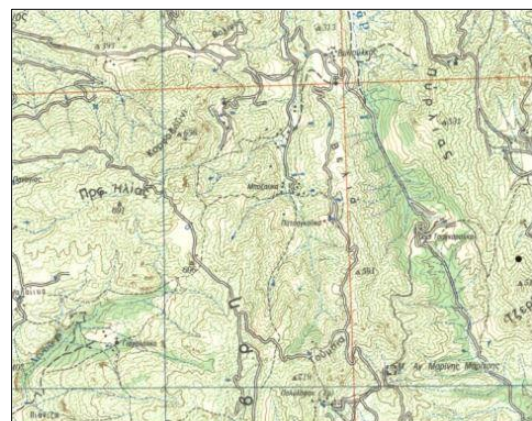
Εικόνα Β.39: Οπτική σκηνή 39



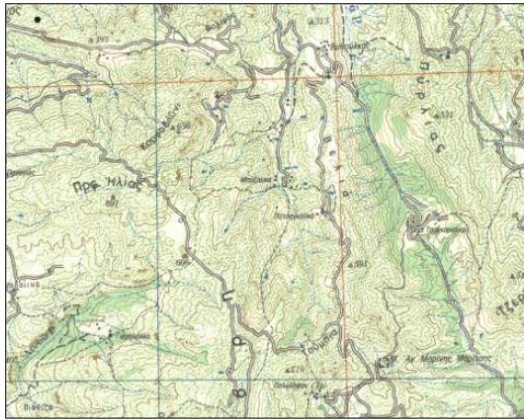
Εικόνα Β.40: Οπτική σκηνή 40



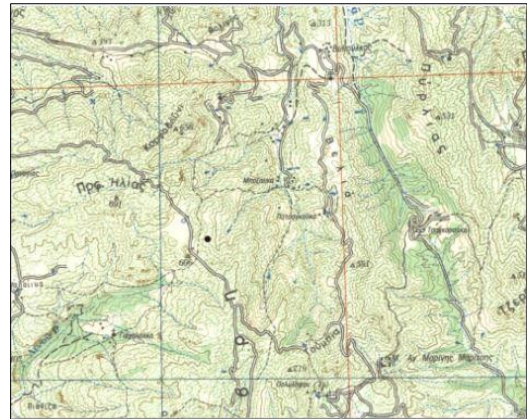
Εικόνα Β.41: Οπτική σκηνή 41



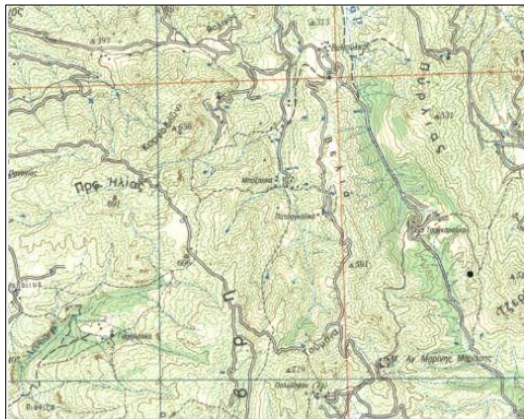
Εικόνα Β.42: Οπτική σκηνή 42



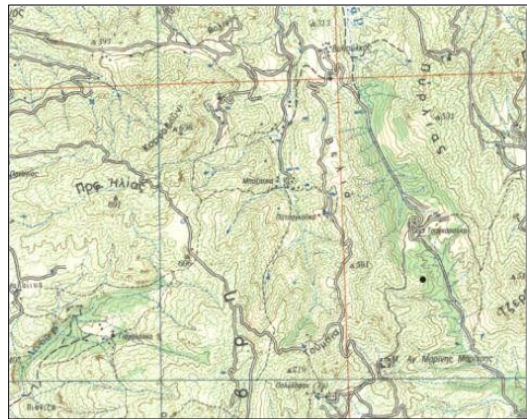
Εικόνα Β.43: Οπτική σκηνή 43



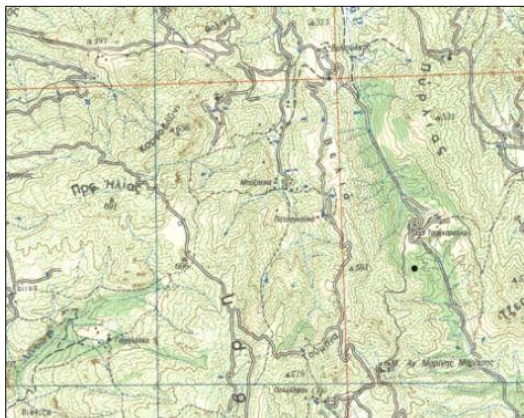
Εικόνα Β.44: Οπτική σκηνή 44



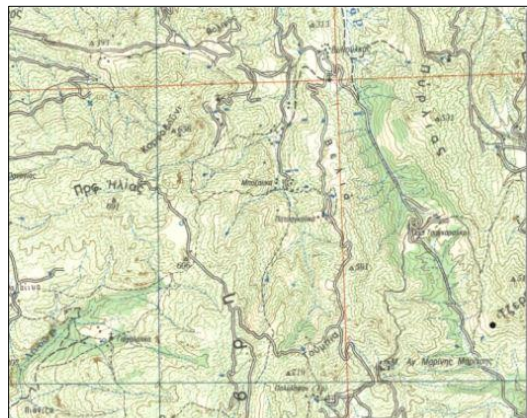
Εικόνα Β.45: Οπτική σκηνή 45



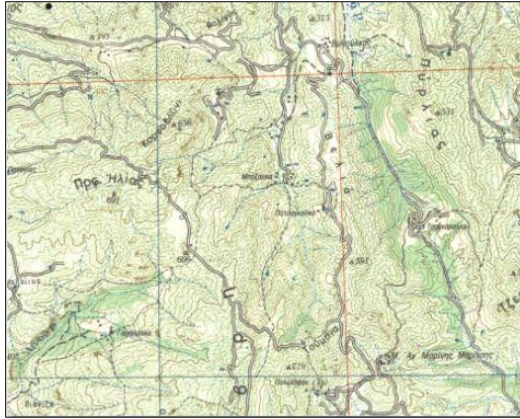
Εικόνα Β.46: Οπτική σκηνή 46



Εικόνα Β.47: Οπτική σκηνή 47



Εικόνα Β.48: Οπτική σκηνή 48



Εικόνα Β.49: Οπτική σκηνή 49

Παράρτημα Γ

Αναλυτικά οι πίνακες που αφορούν στον αριθμό και ποσοστά των προσηλώσεων όλων των υποκειμένων για κάθε οπτική σκηνή του πειράματος και για τα δύο σετ.

Πίνακας Γ.1: Προσηλώσεις ανά οπτική σκηνή και στόχο για α' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
1399	1399	26945	5,19	1	124	0,81	1
200	600	10646	5,64	3	59	5,08	2
0	0	4407	0	0	28	0	3
0	0	2193	0	0	17	0	4
807,5	4845	28128	17,22	6	97	6,19	5
162,5	650	7618	8,53	4	54	7,41	6
153	153	5097	3	1	33	3,03	7
208	416	10792	3,85	2	55	3,64	8
300	300	8590	3,49	1	40	2,5	9
0	0	2495	0	0	17	0	10
0	0	67	0	0	1	0	11
831,5	1663	28124	5,91	2	101	1,98	12
904,45	18089	43826	41,27	20	81	24,69	13
188,667	566	7460	7,59	3	47	6,38	14
0	0	13049	0	0	62	0	15
333	666	11814	5,64	2	45	4,44	16
0	0	598	0	0	9	0	17
399,5	799	13252	6,03	2	72	2,78	18
0	0	4258	0	0	26	0	19
684,636	7531	26393	28,53	11	79	13,92	20
150	150	4821	3,11	1	31	3,23	21
341,5	1366	11034	12,38	4	46	8,7	22
144,333	433	5395	8,03	3	34	8,82	23
0	0	7334	0	0	42	0	24
1065,667	9591	37574	25,53	9	70	12,86	25
291,5	2332	11078	21,05	8	52	15,38	26
925,5	12957	44361	29,21	14	90	15,56	27
0	0	2433	0	0	17	0	28
0	0	149	0	0	2	0	29
0	0	6894	0	0	51	0	30
938,333	2815	28528	9,87	3	90	3,33	31
0	0	610	0	0	8	0	32
0	0	3575	0	0	28	0	33
447	2682	14214	18,87	6	56	10,71	34
383	1532	13555	11,3	4	63	6,35	35
0	0	2341	0	0	16	0	36
195,75	783	7728	10,13	4	44	9,09	37
691,3	6913	44130	15,67	10	82	12,2	38

Πίνακας Γ.1: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για α' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη (συνέχεια)

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
300	300	9812	3,06	1	58	1,72	39
0	0	783	0	0	11	0	40
545,5	2182	24558	8,89	4	84	4,76	41
0	0	2426	0	0	17	0	42
734	734	41912	1,75	1	135	0,74	43
0	0	2355	0	0	16	0	44
572	1716	12790	13,42	3	66	4,55	45
0	0	545	0	0	8	0	46
987,429	13824	45140	30,62	14	72	19,44	47
516,143	3613	14835	24,35	7	49	14,29	48
166,333	499	27160	1,84	3	92	3,26	49

Πίνακας Γ.2: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
0	0	8893	0	0	43	0	1
0	0	5161	0	0	34	0	2
0	0	3178	0	0	17	0	3
0	0	2746	0	0	20	0	4
204,5	818	7730	10,58	4	43	9,3	5
100	100	3731	2,68	1	29	3,45	6
0	0	3321	0	0	20	0	7
0	0	5067	0	0	31	0	8
0	0	4398	0	0	18	0	9
0	0	2941	0	0	18	0	10
0	0	615	0	0	9	0	11
0	0	8264	0	0	40	0	12
318,75	2550	11765	21,67	8	52	15,38	13
0	0	3613	0	0	25	0	14
0	0	5201	0	0	30	0	15
84	84	5182	1,62	1	31	3,23	16
0	0	1480	0	0	15	0	17
0	0	5024	0	0	29	0	18
0	0	3107	0	0	20	0	19
172,667	518	8192	6,32	3	42	7,14	20
0	0	2838	0	0	18	0	21
141,5	283	5230	5,41	2	33	6,06	22

Πίνακας Γ.2: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για τοπογραφικό χάρτη (συνέχεια)

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
67	67	2810	2,38	1	19	5,26	23
0	0	3224	0	0	18	0	24
347	2082	11743	17,73	6	47	12,77	25
183,333	550	5074	10,84	3	30	10	26
289	867	11442	7,58	3	49	6,12	27
0	0	2447	0	0	17	0	28
0	0	995	0	0	12	0	29
0	0	3089	0	0	25	0	30
195,75	783	8645	9,06	4	52	7,69	31
0	0	1587	0	0	15	0	32
0	0	2930	0	0	18	0	33
0	0	5018	0	0	30	0	34
83	83	5224	1,59	1	35	2,86	35
0	0	2593	0	0	16	0	36
100	100	3446	2,9	1	22	4,55	37
279	2232	12076	18,48	8	49	16,33	38
0	0	4699	0	0	30	0	39
0	0	1332	0	0	13	0	40
183	183	7126	2,57	1	40	2,5	41
0	0	2577	0	0	19	0	42
200	200	10322	1,94	1	58	1,72	43
0	0	2646	0	0	17	0	44
0	0	5794	0	0	35	0	45
0	0	1412	0	0	14	0	46
560,667	3364	12470	26,98	6	39	15,38	47
229,25	917	6708	13,67	4	31	12,9	48
0	0	7685	0	0	43	0	49

Πίνακας Γ.3: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για α' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
907,2	9072	26977	33,63	10	69	14,49	1
316,5	1899	10242	18,54	6	46	13,04	2
78,333	235	4476	5,25	3	30	10	3
0	0	2150	0	0	17	0	4
746,182	8208	25935	31,65	11	51	21,57	5
181	1267	7373	17,18	7	44	15,91	6
147,333	884	4834	18,29	6	31	19,35	7

Πίνακας Γ.3: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για α' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο (συνέχεια)

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
288,667	866	10440	8,3	3	44	6,82	8
0	0	7676	0	0	35	0	9
0	0	2199	0	0	15	0	10
0	0	166	0	0	2	0	11
920,25	7362	24298	30,3	8	69	11,59	12
278,571	1950	42318	4,61	7	56	12,5	13
144,667	434	7275	5,97	3	46	6,52	14
482,75	1931	11941	16,17	4	53	7,55	15
395,625	3165	10626	29,79	8	39	20,51	16
0	0	606	0	0	8	0	17
238,667	716	12283	5,83	3	61	4,92	18
83	83	3717	2,23	1	28	3,57	19
673,444	6061	25060	24,19	9	70	12,86	20
128	384	4156	9,24	3	29	10,34	21
323	1615	10588	15,25	5	45	11,11	22
94,333	283	5010	5,65	3	29	10,34	23
111,333	334	6620	5,05	3	43	6,98	24
957,75	7662	38477	19,91	8	66	12,12	25
275,778	2482	10807	22,97	9	44	20,45	26
856,3	8563	36714	23,32	10	75	13,33	27
0	0	2563	0	0	17	0	28
0	0	166	0	0	2	0	29
116,667	350	6132	5,71	3	40	7,5	30
442,286	3096	25413	12,18	7	56	12,5	31
0	0	744	0	0	10	0	32
0	0	3210	0	0	28	0	33
399	1197	13318	8,99	3	44	6,82	34
485,667	2914	12856	22,67	6	50	12	35
0	0	2350	0	0	16	0	36
253,4	1267	7042	17,99	5	36	13,89	37
1127,5	11275	39210	28,76	10	68	14,71	38
200,25	801	8823	9,08	4	49	8,16	39
0	0	784	0	0	11	0	40
841,778	7576	25594	29,6	9	71	12,68	41
0	0	2387	0	0	15	0	42
1091,6	5458	35049	15,57	5	98	5,1	43
0	0	2300	0	0	16	0	44
437,5	1750	12490	14,01	4	51	7,84	45
0	0	749	0	0	10	0	46
1354,5	10836	41560	26,07	8	55	14,55	47
499,444	4495	18982	23,68	9	62	14,52	48
716	3580	22373	16	5	66	7,58	49

Πίνακας Γ.4: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
183,333	1100	8662	12,7	6	50	12	1
133	133	4492	2,96	1	29	3,45	2
0	0	2617	0	0	18	0	3
0	0	2431	0	0	18	0	4
344,333	1033	8440	12,24	3	45	6,67	5
0	0	3630	0	0	28	0	6
67	67	2960	2,26	1	23	4,35	7
0	0	5030	0	0	32	0	8
0	0	4294	0	0	22	0	9
0	0	2950	0	0	16	0	10
0	0	1051	0	0	13	0	11
186	186	7786	2,39	1	48	2,08	12
405,333	2432	12602	19,3	6	48	12,5	13
84	84	3563	2,36	1	27	3,7	14
0	0	4792	0	0	30	0	15
167	167	5753	2,9	1	31	3,23	16
0	0	1363	0	0	13	0	17
117	117	4540	2,58	1	35	2,86	18
0	0	2536	0	0	21	0	19
254,5	1018	8836	11,52	4	41	9,76	20
0	0	2828	0	0	22	0	21
0	0	5412	0	0	34	0	22
69	69	3467	1,99	1	19	5,26	23
0	0	3312	0	0	22	0	24
445,75	1783	12074	14,77	4	42	9,52	25
217	434	5567	7,8	2	31	6,45	26
403,4	2017	11902	16,95	5	41	12,2	27
0	0	2412	0	0	16	0	28
0	0	1133	0	0	12	0	29
0	0	3065	0	0	26	0	30
242	968	8795	11,01	4	44	9,09	31
0	0	1605	0	0	15	0	32
0	0	2861	0	0	17	0	33
0	0	5702	0	0	33	0	34
92	184	4967	3,7	2	32	6,25	35
0	0	2299	0	0	16	0	36
0	0	3964	0	0	22	0	37
355,333	1066	12219	8,72	3	42	7,14	38
0	0	4280	0	0	31	0	39
0	0	1561	0	0	16	0	40
133	133	6987	1,9	1	36	2,78	41
0	0	2694	0	0	16	0	42
0	0	10876	0	0	52	0	43
0	0	2632	0	0	18	0	44
0	0	5659	0	0	36	0	45

Πίνακας Γ.4: Προσηλώσεις ανά οπτικές σκηνές και ανά στόχο για β' σετ πειράματος για λευκό υπόβαθρο (συνέχεια)

Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων	Στόχος
0	0	1630	0	0	15	0	46
409,667	4916	12514	39,28	12	40	30	47
150,5	301	6546	4,6	2	35	5,71	48
266	266	7747	3,43	1	41	2,44	49