



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

**Διερεύνηση της δυναμικής μεταβλητής ρυθμός αλλαγής
με μετρήσεις οφθαλμικών κινήσεων σε χάρτες
μεταβαλλόμενης έντασης**

Διπλωματική Εργασία
Λοτίδη Παρασκευή

ΑΘΗΝΑ 2014

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Β. Βεσκούκης
Μ. Κάβουρας
Β. Νάκος (Επιβλέπων καθηγητής)

© 2014 Π. Λοτίδη (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος)

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή του υλικού της διπλωματικής εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, 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.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω καταρχάς τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Β. Νάκο για το σύνολο της στήριξης και της καθοδήγησης που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Εξίσου μεγάλη ευγνωμοσύνη οφείλω στον Β. Κρασανάκη ο οποίος βρισκόταν δίπλα μου σε κάθε στάδιο της δημιουργίας του πειράματος και του οποίου ιδέα ήταν ο σχεδιασμός που πραγματοποιήθηκε. Βάση της εργασίας μου αποτέλεσε η δουλειά των Α. Λέλλη και Ι.-Ε. Λόκκα τις οποίες ευχαριστώ για τη βοήθεια, το χρόνο και τη φιλία τους. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης σε όσους προσέφεραν εθελοντικά χρόνο και έλαβαν μέρος στο πείραμα, καθώς και σε όλους όσους τη ψυχολογική υποστήριξη και βοήθεια είχα όλον αυτό τον καιρό.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Εισαγωγή.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ.....	5
1.1 Δυναμικές μεταβλητές.....	6
1.2 Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ.....	11
2.1 Είδη οπτικής αναζήτησης.....	11
2.2 Μοντέλα οπτικής αναζήτησης.....	12
2.3 Χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την προσοχή.....	15
2.4 Μέθοδοι καταγραφής της οπτικής αναζήτησης.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ.....	18
3.1 Ο οφθαλμός.....	18
3.2 Είδη οφθαλμικών κινήσεων.....	19
3.2.1 Κινήσεις προσήλωσης (fixations).....	20
3.2.2 Σακκαδικές κινήσεις (saccades).....	20
3.2.3 Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης (smooth pursuits).....	20
3.3 Μέθοδοι καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων.....	21
3.3.1 Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφία.....	21
3.3.2 Ειδικοί φακοί επαφής.....	21
3.3.3 Συστήματα χρήσης καμερών.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	24
4.1 Περιγραφή συστήματος καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων.....	24
4.2 Αυτοβαθμονόμηση συστήματος.....	26
4.3 Σύστημα συντεταγμένων.....	27
4.4 Μεγέθη καταγραφής.....	28
4.5 Έλεγχος ποιότητας δεδομένων.....	28
4.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια.....	28
4.5.2 Ορισμός της ποιότητας.....	29
4.5.3 Έλεγχος της βαθμονόμησης.....	30
4.5.4 Ποσοτική εκτίμηση της ποιότητας.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	32
5.1 Χαρτογραφικό υπόβαθρο.....	32
5.2 Στόχος.....	38
5.3 Μετακινήσεις.....	38
5.4 Βαθμονόμηση.....	41
5.4.1 Βαθμονόμηση που πραγματοποιείται από το σύστημα.....	41
5.4.2 Επικύρωση της βαθμονόμησης.....	42
5.5 Περιβάλλον πραγματοποίησης του πειράματος.....	46
5.6 Διεξαγωγή του πειράματος.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	51
6.2 Αποτελέσματα βαθμονόμησης.....	51
6.3 Ανάλυση καταγραφών στο λογισμικό OGAMA.....	58
6.3.1 Υπολογισμός προσηλώσεων.....	59
6.4 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.....	64
6.4.1 Κατηγοριοποίηση βάση της έντασης του χάρτη.....	64
6.4.2 Κατηγοριοποίηση βάση της διάρκειας προβολής της οπτικής σκηνής.....	65
6.5 Γραμμική συσχέτιση των υπό μελέτη μεταβλητών.....	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	71
7.1 Ακρίβεια των καταγραφών.....	71
7.2 Ανίχνευση του κινούμενου στόχου.....	71
7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.....	92
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1:	Χαρτογραφώντας ένα δυναμικό φαινόμενο (η ανάπτυξη του αστικού ιστού της πόλης του Μάαστριχ, Ολλανδία) α) μοναδικός χάρτης β) σειρά στατικών χαρτών γ) χάρτης κινούμενων εικόνων.....	6
Εικόνα 1.2:	Διαφοροποίηση της διάρκειας τριών οπτικών σκηνών.....	7
Εικόνα 1.3:	Σειρά ανεξαρτητοποίησης αφρικανικών κρατών.....	7
Εικόνα 1.4:	Παράδειγμα διαφοροποίησης ρυθμού μεταβολής ενός φαινομένου.....	7
Εικόνα 2.1:	Ταξινόμηση αποτελεσματικών- αναποτελεσματικών αναζητήσεων.....	12
Εικόνα 2.2:	Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αναζήτησης σύμφωνα με τη Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών.....	13
Εικόνα 2.3:	Γραφική απεικόνιση της δυσκολίας μιας αναζήτησης σε συνάρτηση με την ομοιότητα στόχου -περισπαστών και περισπαστών μεταξύ τους.....	14
Εικόνα 2.4.α:	Διαδικασία αναζήτησης αντικειμένου με μοναδικό χαρακτηριστικό (κάθετος προσανατολισμός).....	15
Εικόνα 2.4.β:	Διαδικασία αναζήτησης αντικειμένου με συνδυασμό χαρακτηριστικών (μαύρο χρώμα και κάθετος προσανατολισμός).....	15
Εικόνα 3.1:	Δομή του οφθαλμικού βολβού.....	18
Εικόνα 3.2:	Διάγραμμα των μετακινήσεων της οπτικής εικόνας στον αμφιβληστροειδή που παράγονται από τις ακούσιες μικρο-κινήσεις του οφθαλμού (τρέμουλο, διολίσθησης και μικροσακκαδικές) κατά την προσήλωση σε ακίνητο αντικείμενο για περίοδο περίπου 10 δευτερολέπτων.....	20
Εικόνα 3.3:	Σύστημα Ηλεκτρο-οφθαλμογραφίας.....	21
Εικόνα 3.4:	Φακός επαφής με πηνίο επαγωγής.....	22
Εικόνα 3.5:	Συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων με κάμερες με α)ακινητοποίηση του υποκειμένου και β) με ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου.....	22
Εικόνα 4.1:	Διάταξη συστήματος Eye Tracker.....	24
Εικόνα 4.2:	Περίπτωση αυτοβαθμονόμησης που πραγματοποιήθηκε επιτυχώς για το μάτι Β και ανεπιτυχώς για το μάτι Α (χάθηκε ένας στόχος).....	26
Εικόνα 4.3α:	Το σύστημα συντεταγμένων του Viewpoint Eye Tracker.....	27
Εικόνα 4.3.β:	Μετασχηματισμός του συστήματος για προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης.....	27
Εικόνα 4.4:	Διαφορά ορθότητας- ακρίβειας α) ακρίβεια αλλά όχι ορθότητα, β) ορθότητα αλλά όχι ακρίβεια.....	30
Εικόνα 5.1:	Αρχικό απόσπασμα χάρτη ΓΥΣ.....	32
Εικόνα 5.2:	Ψηφιοποίηση του χαρτογραφικού υπόβαθρου στο Qgis.....	33
Εικόνα 5.3:	Σχεδιασμός της ονοματολογίας στο Inkscape.....	34
Εικόνα 5.4:	Τελικό προϊόν της ψηφιοποίησης του αρχικού χάρτη.....	34
Εικόνα 5.5:	Χάρτης για μεταβολή έντασης κατά 35%.....	35
Εικόνα 5.6:	Χάρτης για μεταβολή έντασης κατά 70%.....	36
Εικόνα 5.7:	Περίπτωση επιτυχούς αυτοβαθμονόμησης για το Β οφθαλμό και ανεπιτυχούς για τον Α οφθαλμό.....	41
Εικόνα 5.8:	Στόχος βαθμονόμησης συστήματος.....	42
Εικόνα 5.9:	Οι συνολικά 5 στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης.....	43
Εικόνα 5.10:	Report για το μάτι Α για τη βαθμονόμηση μετά το πείραμα.....	45
Εικόνα 5.11:	Πρώτο διάγραμμα που παρουσιάζουν τις καταγραφές, τη θέση των στόχων και το μέσο όρο των καταγραφών πριν και μετά τη δημιουργία κλάσεων.....	45
Εικόνα 5.12:	Διάγραμμα που παρουσιάζουν τις καταγραφές, τη θέση των στόχων και το μέσο όρο των καταγραφών πριν και μετά τη δημιουργία κλάσεων.....	46
Εικόνα 5.13:	Χώρος διεξαγωγής πειράματος.....	46
Εικόνα 5.14:	Σύστημα ακινητοποίησης υποκειμένου.....	47

Εικόνα 5.15:	Πρώτος στόχος βαθμονόμησης	48
Εικόνα 5.16:	Δεύτερος στόχος βαθμονόμησης.....	48
Εικόνα 5.17:	Τρίτος στόχος βαθμονόμησης.....	49
Εικόνα 5.18:	Τέταρτος στόχος βαθμονόμησης.....	49
Εικόνα 5.19:	Πέμπτος στόχος βαθμονόμησης.....	49
Εικόνα 5.20:	Κατανομή των θέσεων του κινούμενου στόχου.....	50
Εικόνα 6.1:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	52
Εικόνα 6.2:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	53
Εικόνα 6.3:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	53
Εικόνα 6.4:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	54
Εικόνα 6.5:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	56
Εικόνα 6.6:	Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β) Υπόμνημα (γ).....	57
Εικόνα 6.7:	Απόσπασμα αρχείου υπολογισμού προσηλώσεων.....	59
Εικόνα 6.8:	Επιτυχής αναζήτηση στόχου, σκηνή p45.....	60
Εικόνα 6.9:	Ανεπιτυχής αναζήτηση στόχου, σκηνή p4.....	60
Εικόνα 6.10:	Επιτυχής αναζήτηση με αρχική εστίαση στον προηγούμενο στόχο, σκηνή p6.....	60
Εικόνα 6.11:	Εντοπισμός στόχου με εστίαση και σε άλλα σημεία του χάρτη, σκηνή p21.....	60
Εικόνα 6.12:	Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p23.....	61
Εικόνα 6.13:	Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p25.....	61
Εικόνα 6.14:	Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p13.....	61
Εικόνα 6.15:	Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p46.....	61
Εικόνα 6.16:	Μέσοι όροι δείκτη για κάθε διαφορετική ένταση.....	65
Εικόνα 6.17:	Υποκατηγορίες των κατηγοριών έντασης βάση της διάρκειας.....	65
Εικόνα 6.18:	Μέσοι όροι δείκτη για την εκάστοτε διάρκεια.....	66
Εικόνα 6.19:	Μέσος όρος του δείκτη για κάθε ένταση εντός των 5 κατηγοριών διάρκειας.....	67
Εικόνα 6.20:	Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης διάρκειας – δείκτη.....	68
Εικόνα 6.21:	Αποτελέσματα συσχέτισης έντασης – δείκτη.....	68
Εικόνα 6.22:	Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης διάρκειας- δείκτη.....	69
Εικόνα 6.23:	Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης έντασης- δείκτη.....	70
Εικόνα Β.1-46:	Οπτική σκηνή 1-46.....	84-91
Εικόνα Γ.1-46:	Χάρτης οπτικής σκηνής 1-46.....	92-99

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1.1:	Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας των δυναμικών μεταβλητών σύμφωνα με τους Yaman & Koop(1996).....	8
Πίνακας 1.2:	Κατηγοριοποίηση των δυναμικών χαρτών σύμφωνα με τον Ormeling(1995).....	10
Πίνακας 2.1:	Κατάταξη χαρακτηριστικών με βάση την πιθανότητα να εντοπίζονται σε στάδιο προσοχής.....	16
Πίνακας 4.1:	Τεχνικά Χαρακτηριστικά του συστήματος ViewPoint Eye Tracker®.....	24
Πίνακας 4.2:	Τεχνικά χαρακτηριστικά του υπολογιστικού συστήματος ενσωμάτωσης του Eye Tracker	25
Πίνακας 5.1:	Τιμές Αποχρώσεων για τον αρχικό χάρτη.....	36
Πίνακας 5.2:	Τιμές αποχρώσεων για τους χάρτες που έχουν υποστεί μεταβολή έντασης κατά 35% και 70%	37
Πίνακας 5.3:	Συντεταγμένες στόχων στο σύστημα της εικόνας (αφετηρία το πάνω αριστερό άκρο).....	39
Πίνακας 5.4:	Περιγραφή χαρακτηριστικών της κάθε μετακίνησης και εικόνας.....	40
Πίνακας 5.5:	Συντεταγμένες στόχων βαθμονόμησης.....	43
Πίνακας 5.6:	Χρονική διάρκεια πειράματος.....	50
Πίνακας 6.1:	Ακρίβεια δεδομένων πειράματος.....	54
Πίνακας 6.2:	Στατιστικά στοιχεία επιτευχθείσας ακρίβειας.....	55
Πίνακας 6.3:	Δεδομένα πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν με ανοιχτό φωτισμό.....	55
Πίνακας 6.4:	Αβεβαιότητες των καταγραφών που αποκλείστηκαν.....	57
Πίνακας 6.5:	Αποτελέσματα επιτυχίας αναζητήσεων.....	62
Πίνακας 6.6:	Στατιστικά του δείκτη για την κατηγορία που αφορά κάθε ένταση.....	64
Πίνακας 6.7:	Στατιστικά στοιχεία του δείκτη για κάθε κατηγορία διάρκειας.....	66

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αποτελεί κομμάτι έρευνας για την επιρροή των δυναμικών μεταβλητών κατά τη διαδικασία της οπτικής αναζήτησης. Μελετάται ο εντοπισμός κινούμενου στόχου με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη μεταβαλλόμενης έντασης. Αναλύεται η σχέση μεταξύ του εντοπισμού ενός δυναμικού συμβόλου ως προς το ρυθμό αλλαγής του και την ένταση του χαρτογραφικού υπόβαθρου. Το εύρος τιμών του ρυθμού αλλαγής του δυναμικού συμβόλου επιλέχθηκε ως το κρίσιμο διάστημα κατά το οποίο μπορεί να γίνει ή όχι αντιληπτή μία μετακίνηση όπως αυτό προκύπτει από προηγούμενες διπλωματικές εργασίες. Όσον αφορά την ένταση διερευνήθηκαν τρεις διαβαθμίσεις, ο αρχικός χάρτης που προέκυψε από ψηφιοποίηση χάρτη της ΓΥΣ και χάρτες με αύξηση της έντασης κατά 35% και 70% σε σχέση με τον αρχικό. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συνίσταται στην καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων πλήθους παρατηρητών σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης, χωρίς δηλαδή να τους έχει ανατεθεί συγκεκριμένη εργασία. Οι καταγραφές μεταφράζονται σε θέσεις και διάρκεια προσηλώσεων από τις οποίες διαπιστώνεται η επιτυχία ή μη της αναζήτησης. Επιτυχημένη θεωρείται η αναζήτηση για την οποία υπάρχει μία τουλάχιστον προσήλωση σε απόσταση έως 25 pixels από το στόχο. Ο λόγος του πλήθους των υποκειμένων που παρατήρησαν μια μετακίνηση ως προς το σύνολο των παρατηρητών ορίζεται ως δείκτης “επιτυχίας” που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο εντοπισμό. Η σχέση του δείκτη με τη διάρκεια του ρυθμού αλλαγής και την ένταση του χάρτη αναλύεται στατιστικά έπειτα από κατάλληλη ομαδοποίηση των μετακινήσεων του δυναμικού συμβόλου. Ερευνάται τέλος η ύπαρξη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των δύο μεταβλητών και του δείκτη ώστε να γίνει εξαγωγή συμπεράσματος για το κατά πόσο οι συγκεκριμένες μεταβλητές επηρεάζουν τη διαδικασία της αναζήτησης.

Abstract

The diploma thesis is part of an empirical study on the influence of the dynamic variables in the procedure of visual search. The study focuses on the detection of a moving target while having as background a topographic map which intensity varies and analyzes the relationship between the detection of a dynamic (moving) symbol, the target's display duration and the intensity of the cartographic background. The rate of change of the optical scenes has been chosen as the critical duration during which a shift can or cannot be perceived. The duration in question is the result of a previous diploma thesis (Lokka, 2013). The intensity comprises three gradations: the initial map, derived from the vectorization of the original map of Hellenic Military Geographical Service, and two maps 35% and 70% more intense compared to the initial. The used method consists in recording the eye movements of a group of observers in free viewing conditions. The records are transformed into coordinates and durations of fixations which reveals the success of the search. Successful is considered the search for which there is at least one fixation within a distance of 25 pixels from the target. The ratio of the number of subjects who observed a movement to all the observers is specified as index of "success" that characterizes the particular change. The relationship of the index to the duration and the intensity of the map is analyzed statistically by appropriate grouping of the movements. In addition the linear correlation between the two variables is tested in order to make inferences about whether the specific variables affect during the search process.

Εισαγωγή

Η εξέλιξη στον τομέα της χαρτογραφίας προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών με το χαρακτηριστικό της κίνησης. Η κίνηση δύναται να περιγράψει την εξέλιξη ενός φαινομένου στο χρόνο, αλλά έχει και πλήθος άλλες εφαρμογές στις οποίες δεν εμπλέκεται η χρονική διάσταση (πχ. χάρτες πτήσης). Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι η κίνηση ανήκει στα χαρακτηριστικά που ανιχνεύονται από έναν παρατηρητή σε προ-προσεκτικό στάδιο και έχουν την ικανότητα να κατευθύνουν το βλέμμα και την προσοχή (Wolfe & Horowitz, 2004). Το γεγονός αυτό καθιστά άκρως σημαντική τη μελέτη της συμπεριφοράς και της επιρροής των δυναμικών μεταβλητών στα πλαίσια ενός χάρτη. Η ανάπτυξη συστημάτων που επιτρέπουν την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων και την εξαγωγή προσηλώσεων προσφέρει ένα σημαντικό εργαλείο για την πραγματοποίηση της μελέτης αυτής.

Η εργασία μελετά την επιρροή του ρυθμού αλλαγής δυναμικών συμβόλων – στόχων μιας οπτικής σκηνής και της έντασης του χαρτογραφικού υπόβαθρου αυτής. Το εύρος τιμών του ρυθμού αλλαγής αποτελεί το κρίσιμο διάστημα κατά το οποίο μια μετακίνηση του δυναμικού συμβόλου μπορεί να γίνει αντιληπτή ή όχι, όπως αυτό προέκυψε από προηγούμενες εργασίες (Λέλλη, 2013 & Λόκκα, 2013). Η ένταση χωρίζεται σε τρία επίπεδα που περιλαμβάνουν τον αρχικής έντασης χάρτη, την αύξηση της έντασης του κατά 35% και την αύξηση κατά 70%. Το μέγεθος των μετακινήσεων λαμβάνεται τυχαία και παίρνει τιμές που καλύπτουν όλο το δυνατό εύρος της εικόνας. Η μέθοδος που ακολουθείται χρησιμοποιεί κάμερες για την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων των παρατηρητών. Έπεται η εξαγωγή των προσηλώσεων από τις οποίες προκύπτουν τα υποκείμενα που εντόπισαν το στόχο. Λαμβάνονται υπόψιν μόνο τα υποκείμενα των οποίων ο έλεγχος ποιότητας των καταγραφών τους αποδείχθηκε επιτυχής. Βάση των συμπερασμάτων αυτών γίνεται στατιστική ανάλυση της αναλογίας επιτυχημένων-ανεπιτυχών αναζητήσεων και εξετάζεται γραμμική της συσχέτιση με τη διάρκεια του ρυθμού αλλαγής και την ένταση του χάρτη.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται μια ανασκόπηση στην εξέλιξη των δυναμικών χαρτών. Παρουσιάζονται οι δυναμικές μεταβλητές και αναλύεται η αποτελεσματικότητά τους για την έκφραση διαφορετικών συμβολισμών. Ορίζονται τα διάφορα είδη και οι δυνατότητες των δυναμικών χαρτών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των θεωριών που έχουν αναπτυχθεί γύρω από την οπτική αναζήτηση. Αναφέρονται τα κύρια μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί για την περιγραφή των αναζητήσεων από ψυχολογική σκοπιά. Γίνεται εστίαση στο στάδιο προ-προσεκτικής παρατήρησης και στα χαρακτηριστικά που δύνανται να ανιχνευθούν σε αυτό.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά η λειτουργία του ανθρώπινου συστήματος όρασης. Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνονται τα οπτικά ερεθίσματα και μεταφέρονται στον εγκέφαλο, καθώς και οι διάφοροι τύποι κινήσεων που πραγματοποιεί ο οφθαλμός. Γίνεται καταγραφή των κύριων μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί για την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το λογισμικό View Point Eye Tracker που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων. Αναλύονται τα χαρακτηριστικά και ο τρόπος λειτουργίας του. Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο παρέχει έλεγχο της ποιότητας των καταγραφών και αναλύονται περαιτέρω μέθοδοι ελέγχου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία σχεδιασμού του πειράματος. Περιγράφεται η ψηφιοποίηση αρχικού αναλογικού χάρτη της ΓΥΣ και η δημιουργία των τριών χαρτών

διαφορετικής έντασης. Στη συνέχεια εξηγείται η επιλογή του κινούμενου συμβόλου και περιγράφεται η δημιουργία των οπτικών σκηνών κάθε μία από τις οποίες περιλαμβάνει ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο και ένα στόχο σε διαφορετική θέση κάθε φορά. Γίνεται περιγραφή των χαρακτηριστικών της κάθε μετακίνησης και αιτιολογείται η επιλογή τους. Παρουσιάζεται η δημιουργία του κώδικα του προγράμματος. Αναλύεται η μέθοδος επικύρωσης της βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων. Περιγράφονται οι εξωτερικές μεταβλητές που αφορούν το χώρο και τις συνθήκες διεξαγωγής του πειράματος. Τέλος γίνεται συνοπτική παρουσίαση της πλήρους πειραματικής διαδικασίας.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Αρχικά αναλύεται η διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης και παρουσιάζονται τα αποτελέσματά της. Από αυτά προκύπτουν τα υποκείμενα των οποίων οι καταγραφές θα ληφθούν υπόψιν για την εξαγωγή των προσηλώσεων που πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό OGAMA. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του λογισμικού που περιλαμβάνουν τον υπολογισμό της θέσης και διάρκειας των προσηλώσεων, καθώς και τους χάρτες προσοχής για κάθε οπτική σκηνή. Προκύπτει η αναλογία των παρατηρητών που εντόπισαν τον εκάστοτε στόχο και έχουν μία έστω προσήλωση κοντά σε αυτόν ως προς το σύνολο των παρατηρητών. Γίνεται στατιστική ανάλυση του δείκτη αυτού και εξετάζεται η γραμμική του συσχέτιση με τη διάρκεια του ρυθμού αλλαγής του στόχου και την ένταση του υπόβαθρου.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας όσον αφορά την ποιότητα των καταγραφών και την επιρροή των μεταβλητών της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής και της έντασης. Προτείνονται κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στο Παράρτημα Α παρατίθεται ο κώδικας του προγράμματος View Point Eye Tracker που δημιουργήθηκε για την πραγματοποίηση του πειράματος. Στο Παράρτημα Β παρουσιάζονται οι οπτικές σκηνές του πειράματος με τη σειρά που προβλήθηκαν. Το Παράρτημα Γ περιλαμβάνει τους χάρτες προσοχής για κάθε οπτική σκηνή, όπως αυτοί προέκυψαν από το λογισμικό OGAMA. Αποτελούν οπτικοποίηση του αριθμού και της διάρκειας των προσηλώσεων για το συνολικό αριθμό των υποκειμένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

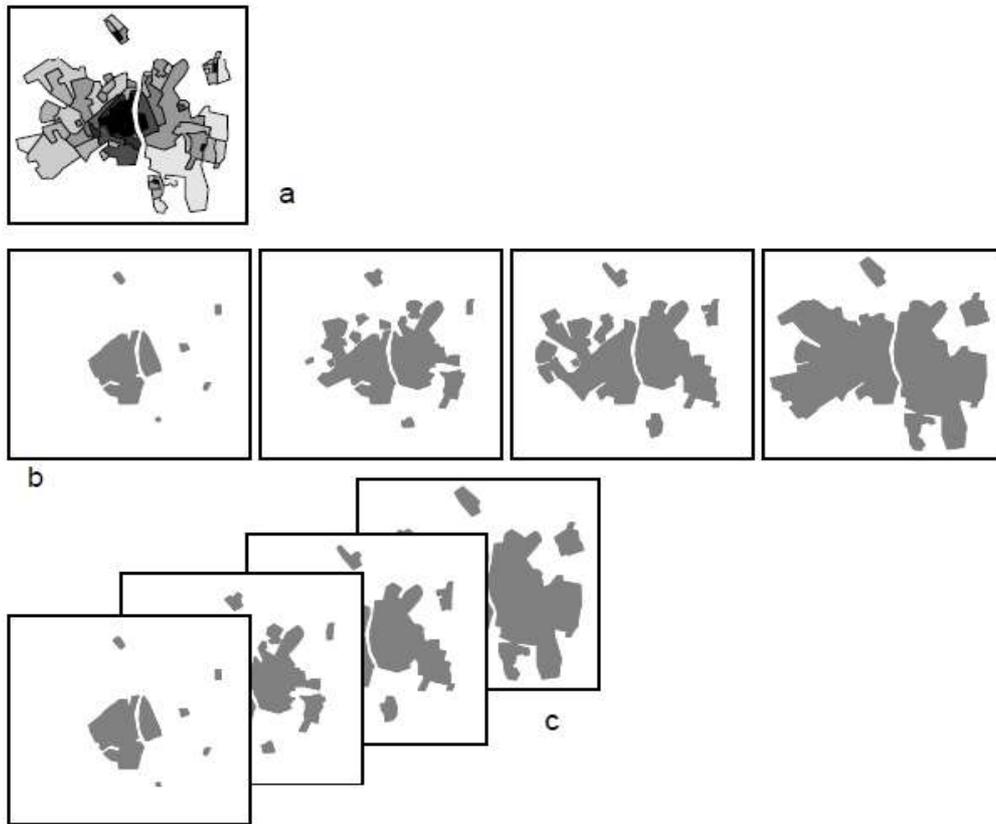
Στην χαρτογραφία η μετάδοση της χωρικής και θεματικής πληροφορίας υλοποιείται με την αξιοποίηση του συμβολισμού. Τα σχεδιαζόμενα χαρτογραφικά σύμβολα βασίζονται στη διαφοροποίηση μιας σειράς μεταβλητών, των οπτικών μεταβλητών, με στόχο την αποτελεσματικότερη οπτικοποίηση του απεικονιζόμενου φαινομένου. Οι οπτικές αυτές μεταβλητές όπως ορίστηκαν από τον Bertin (1967) είναι το μέγεθος, το σχήμα, ο προσανατολισμός, η απόχρωση (χρώματος), η θέση, η ένταση (χρώματος) και η υφή. Στη συνέχεια, οι οπτικές μεταβλητές εμπλουτίστηκαν με άλλες τρεις από τον McCleary (1983), τη διάταξη, την εστίαση και τον κορεσμό (χρώματος).

Η ανάγκη για την αναπαράσταση της μεταβολής ενός φαινομένου μέσα στο χρόνο σε συνδυασμό με τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις οδήγησε στην παραγωγή δυναμικών χαρτών. Με τις πρώτες προσπάθειες να λαμβάνουν χώρα ήδη από τις δεκαετίες του '50 και του '60 επιχειρήθηκε να δημιουργηθεί *“η εντύπωση της συνεχούς μεταβολής για την περιγραφή φαινομένων με χαρακτήρα περισσότερο δυναμικό παρά στατικό όπως η μεταβολή του πληθυσμού, η αλλαγή των πολιτικών συνόρων, η ανάπτυξη των συγκοινωνιακών γραμμών κτλ”* (Thrower, 1959, σελ.10). Στην πρώτη αυτή φάση της δυναμικής χαρτογραφίας εντάσσονται και οι δουλειές των Tobler (1970), Moellering (1976) και Cambell & Egbert (1990) (αναφέρεται σε Slocum et al. 2009).

Η διάσταση του χρόνου μπορεί να αποδοθεί στην χαρτογραφία με τρεις διαφορετικούς τρόπους (Kraak, 2010):

- ◆ Στατικός χάρτης. Η μεταβολή στο χρόνο ενός φαινομένου απεικονίζεται σε έναν κλασικό στατικό χάρτη με τη χρήση κατάλληλων συμβολισμών (πχ. προσανατολισμένα βέλη για την αναπαράσταση μεταφοράς πληθυσμών, επιφάνειες σε διαφορετική απόχρωση για την απόδοση των παλιών και νέων τμημάτων μιας πόλης κτλ.)
- ◆ Σειρά στατικών χαρτών. Κάθε στατικός χάρτης αποτελεί ένα “στιγμιότυπο” της εξέλιξης ενός φαινομένου. Η σειρά χαρτών παρουσιάζει την πλήρη εικόνα του μέσα στο χρόνο. Ο αριθμός των χαρτών είναι για πρακτικούς λόγους περιορισμένος.
- ◆ Χάρτης κινούμενων εικόνων (animated map). Με την τεχνική των κινούμενων εικόνων παρατίθενται διαδοχικά διαφορετικά καρέ (frames) που παρουσιάζουν τη χαρτογραφική εξέλιξη ενός φαινομένου δημιουργώντας την ψευδαίσθηση της κίνησης. Η διαφορά με την προηγούμενη κατηγορία έγκειται στο ότι τα καρέ δε διαδέχονται το ένα το άλλο στο χώρο αλλά η αλλαγή φαίνεται να συμβαίνει στην ίδια την εικόνα. Στην κατηγορία αυτή δυναμικών χαρτών εστιάζει η διπλωματική εργασία και στο εξής με τον όρο δυναμικός χάρτης θα εννοείται ο χάρτης κινούμενων εικόνων.

Στην Εικόνα 1.1 αξιοποιούνται οι τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για την οπτικοποίηση της ανάπτυξης του αστικού ιστού της πόλης του Μάαστριχ.



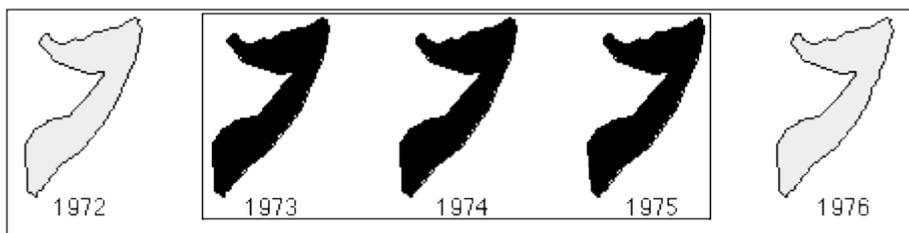
Εικόνα 1.1: Χαρτογραφώντας ένα δυναμικό φαινόμενο (η ανάπτυξη του αστικού ιστού της πόλης του Μάαστριχ, Ολλανδία)
 α) μοναδικός χάρτης β) σειρά στατικών χαρτών γ) χάρτης κινούμενων εικόνων
 Πηγή: Kraak(2000)

1.1 Δυναμικές μεταβλητές

Η δυναμική χαρτογραφία εμφανίζεται μετά τη δεκαετία του '90 χάρη και στις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της πληροφορικής. Οι DiBiase et al. (1992) περιγράφουν πώς οι οπτικές μεταβλητές μπορούν να αξιοποιηθούν για την περιγραφή δυναμικών φαινομένων εισάγοντας μια σειρά δυναμικών μεταβλητών για την αναπαράσταση της επιπλέον διάστασης του χρόνου. Καθίσταται με αυτόν τον τρόπο δυνατή η έκφραση τουλάχιστον τριών επιπλέον χαρτογραφικών μοντέλων : της κινούμενης εικόνας (animation) με την ψευδαίσθηση της κίνησης να δημιουργείται μέσω της αλληλουχίας των στατικών καρτέ, της παρουσίασης των δεδομένων με ηχητική υπόκρουση (sonification) και της διαδραστικότητας (interaction) δηλαδή της δυνατότητας του χρήστη να αλληλεπιδρά με τον τρόπο παρουσίασης των δεδομένων.

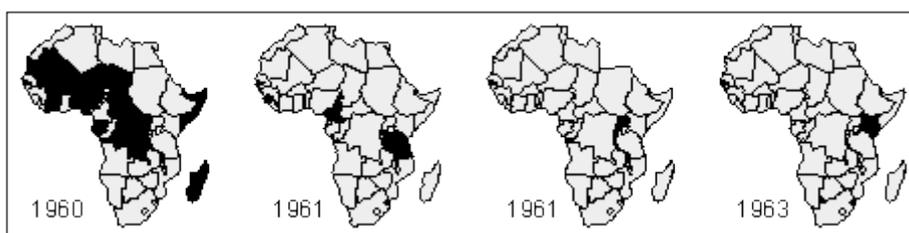
Οι δυναμικές μεταβλητές σύμφωνα με τον ορισμό των DiBiase et al. (1992) είναι οι εξής:

- ♦ η διάρκεια (duration). Πρόκειται για το χρόνο κατά τον οποίο εμφανίζεται μια οπτική σκηνή (Εικόνα 1.2). Στο χρονικό διάστημα αυτό δεν παρατηρείται καμία αλλαγή. Καθώς πρόκειται για οπτική μεταβλητή κατάλληλη να απεικονίσει ποσοτική διαφοροποίηση (μετριέται σε μονάδες χρόνου) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οπτικοποίηση ποσοτικών φαινομένων.



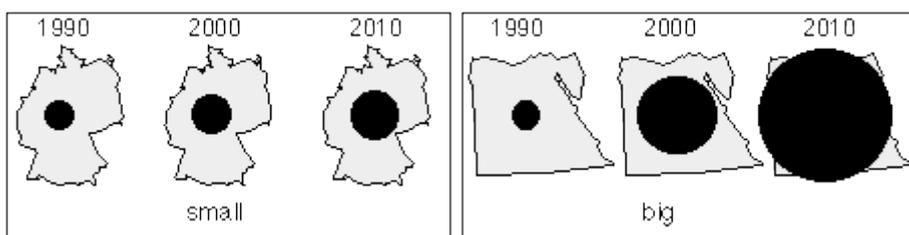
Εικόνα 1.2: Διαφοροποίηση της διάρκειας τριών οπτικών σκηνών
 Πηγή: Köbben & Yaman (1995)

- ♦ η σειρά (order). Αναφέρεται στη σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι οπτικές σκηνές (Εικόνα 1.3). Συνήθως αυτή είναι χρονολογική καθώς παρουσιάζεται η εξέλιξη του φαινομένου στο χρόνο, αλλά χωρίς αυτό να ισχύει πάντα.



Εικόνα 1.3: Σειρά ανεξαρτητοποίησης αφρικανικών κρατών
 Πηγή: Köbben & Yaman (1995)

- ♦ ο ρυθμός μεταβολής (rate of change). Πρόκειται για το λόγο m/d του εύρους μεταβολής μιας μεταβλητής m ανάμεσα σε δύο οπτικές σκηνές ως προς τη διάρκεια εμφάνισης d της κάθε σκηνής (Εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4: Παράδειγμα διαφοροποίησης ρυθμού μεταβολής ενός φαινομένου
 Πηγή: Köbben & Yaman (1995)

Ο MacEachren (1995) συμπλήρωσε τις οπτικές μεταβλητές με την προσθήκη των παρακάτω μεταβλητών:

- ♦ ημερομηνία έκθεσης (display date). Ορίζεται ως η ημερομηνία κατά την οποία εμφανίζεται μία αλλαγή.
- ♦ συγχρονισμός (synchronization). Πρόκειται για τη χρονική αντιστοιχία μίας ή περισσότερων χρονοσειρών. Χρονοσειρές των οποίων τα ακρότατα συμπίπτουν βρίσκονται σύμφωνα με τον MacEachren “στην ίδια φάση” ή αλλιώς είναι “συγχρονισμένες”.
- ♦ συχνότητα (frequency). Είναι ο αριθμός των καρτέ (frames) που μπορούν να γίνουν αντιληπτές στη μονάδα του χρόνου ή αλλιώς “χρονική υφή”.

Διάφοροι ερευνητές έχουν κατά καιρούς προτείνει ή τροποποιήσει τις δυναμικές μεταβλητές όπως ο Shepard(1994),ο Green(1999) και ο Wilkinson(1999), όμως οι προτεινόμενες δυναμικές μεταβλητές από τους DiBiase και MacEachren τις συνοψίζουν όλες εννοιολογικά και ως προς το περιεχόμενο (Blok,2005).

Η αποτελεσματικότητα των δυναμικών μεταβλητών έχει μελετηθεί κατά αντιστοιχία με την αποτελεσματικότητα των κλασικών οπτικών μεταβλητών για την αναπαράσταση διαφορών βασιζόμενων στην κλίμακα τάξης, ονομαστική ή διαστήματος. Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζεται η αξιολόγησή τους σύμφωνα με τους Yaman & Koop(1996) (αναφέρεται σε Ormeling,1996):

Πίνακας 1.1: Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας των δυναμικών μεταβλητών σύμφωνα με τους Yaman & Koop(1996)

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ		ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΑΞΗΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ
	Σχετική	Επιλεκτική		
Ημερομηνία Έκθεσης	●			
Διάρκεια			●●●	●●
Συχνότητα	●●	●	●●	
Σειρά	●●	●	●●	
Ρυθμός Μεταβολής			●●●	●
Συγχρονισμός	-	-	-	-

- μικρή αποτελεσματικότητα
- επαρκής αποτελεσματικότητα
- μεγάλη αποτελεσματικότητα
- δεν έχει μελετηθεί

Από τον Πίνακα 1.1 φαίνεται ότι η ημερομηνία έκθεσης είναι κατάλληλη για την περιγραφή διαφοροποιήσεων ονομαστικής κλίμακας, η διάρκεια και ο ρυθμός μεταβολής για διαφοροποιήσεις κλίμακας τάξης και διαστήματος και η συχνότητα και η σειρά για διαφοροποιήσεις κλίμακας τάξης και ονομαστικής κλίμακας.

Ο τρόπος αξιοποίησης των δυναμικών μεταβλητών σε ένα δυναμικό χάρτη θα πρέπει να εξασφαλίζει την αποφυγή κατά τη χρήση του δύο σύννηθων φαινομένων οπτικής αντίληψης: της τυφλότητας στην αλλαγή (change blindness) και της τυφλότητας σε συνθήκες προσοχής (inattention blindness) (Blok,2005). Η πρώτη αφορά την περίπτωση που μια αλλαγή δεν γίνεται αντιληπτή (είτε εξαιτίας εμποδίου στον οπτικό πεδίο του χρήστη είτε λόγω πολύ αργής εξέλιξης της) και η δεύτερη την ανικανότητα να εντοπιστούν μη αναμενόμενες αλλαγές ακόμα και αν βρίσκονται στο κέντρο του πεδίου όρασης του παρατηρητή όταν αυτός είναι απορροφημένος στην παρατήρηση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού ή στην πραγματοποίηση συγκεκριμένης εργασίας και αγνοεί τα υπόλοιπα στοιχεία του χάρτη.

1.2 Κατηγοριοποίηση δυναμικών χαρτών

Οι δυναμικοί χάρτες υπόκεινται σε διάφορες μορφές κατηγοριοποίησης. Καταρχάς μπορεί να είναι δισδιάστατοι ή τρισδιάστατοι. Επιπλέον ανάλογα με το βαθμό διαδραστικότητας που επιτρέπουν μπορούν να χωριστούν σε καθόλου, ελάχιστα ή έντονα διαδραστικοί.

Οι DiBiase et al. (1992) κατηγοριοποίησαν τους δυναμικούς χάρτες βάση του στοιχείου στο οποίο

δίνεται έμφαση κάθε φορά. Κατ' αυτόν τον τρόπο προκύπτουν δυναμικοί χάρτες που:

- ◆ Δίνουν έμφαση στην τοποθεσία. Πρόκειται για την απλούστερη μορφή δυναμικών χαρτών που μπορούν να αντικατασταθούν από ένα στατικό χάρτη. Το συνηθέστερο παράδειγμα αναφέρεται σε σύμβολα τα οποία “αναβοσβήνουν” εμφανώς και με κανονικό ρυθμό υποδεικνύοντας την παρουσία ενός φαινομένου σε μια τοποθεσία (flashing points).
- ◆ Δίνουν έμφαση στη χωρική κατανομή ενός χαρακτηριστικού. Το ενδιαφέρον εστιάζεται σε ένα ορισμένο χαρακτηριστικό ή σε σχέσεις μεταξύ χαρακτηριστικών. Οι Taylor(1982) και Slocum(1990) ερεύνησαν τη δυνατότητα κατηγοριοποίησης ενός φαινομένου και παρουσιάσής του μέσω διαδοχικών οπτικών σκηνών κατά φθίνουσα ή αύξουσα σειρά (sequencing).
- ◆ Δίνουν έμφαση στην οπτικοποίηση της αλλαγής. Η έμφαση δίνεται στη μεταβολή της θέσης ή κάποιου άλλου χαρακτηριστικού. Χωρίζονται σε τρεις επιπλέον κατηγορίες :

-Χρονοσειρές (time series). Παρουσιάζουν την αλλαγή σε θέση ή σε απόδοση χαρακτηριστικού στην πορεία του χρόνου. Η χρονολογική εξέλιξη ενός φαινομένου παρατηρείται από μία σταθερή οπτική γωνία.

-Χάρτες Επανεκφρασης (re-expression). Πρόκειται για εναλλακτικές γραφικές αναπαραστάσεις, η δομή των οποίων έχει αλλάξει μέσω μετασχηματισμού των αρχικών δεδομένων. Παράδειγμα στη χαρτογραφία αποτελεί η τεχνική “brushing” μέσω της οποίας μια χρονοσειρά διαιρείται σε υποσύνολα των οποίων μπορεί να τροποποιηθεί η σειρά και ο ρυθμός ακολουθίας τους.

-Χάρτες Πτήσης (fly-by). Στους χάρτες αυτούς μεταβάλλεται με το χρόνο η οπτική γωνία από την οποία παρατηρείται μία δισδιάστατη ή τρισδιάστατη επιφάνεια δίνοντας τη ψευδαίσθηση της “πτήσης” πάνω από την υπό μελέτη περιοχή.

Μια δεύτερη κατηγοριοποίηση των δυναμικών χαρτών με βάση τη χρονολογική ή μη σειρά απεικόνισης των φαινομένων προτάθηκε από τους Kraak & Klopp(1995). Σύμφωνα με τον παραπάνω διαχωρισμό οι δυναμικοί χάρτες διακρίνονται σε χρονοσειρές (time series), σε χάρτες διαδοχικής ανάπτυξης (successive build-up) και σε εναλλασσόμενες αναπαραστάσεις (changing representations).

- ◆ Χρονοσειρές. Οι χρονοσειρές -κατ' αντιστοιχία με την κατηγοριοποίηση των DiBiase et al. (1992)- παρουσιάζουν τη χρονολογική εξέλιξη ενός φαινομένου. Η μεταβολή μπορεί να είναι σε τοποθεσία ή στην απόδοση ορισμένου χαρακτηριστικού. Πρόκειται για τη πιο σύνθητη μορφή δυναμικών χαρτών. Σημαντικό χαρακτηριστικό των χαρτών αυτών είναι η ύπαρξη πέραν της κλασικής χωρικής κλίμακας και μιας χρονικής κλίμακας η οποία φανερώνει τη σχέση μεταξύ του πραγματικού παγκόσμιου χρόνου με το χρόνο προβολής (Hartower & Fabricant ,2008). Για παράδειγμα αν τα δεδομένα μιας 5ετίας προβάλλονται στην οθόνη για χρόνο 10sec αυτό έχει ως αποτέλεσμα χρονική κλίμακα 1:157.000.000. Η χρονική κλίμακα δεν είναι απαραίτητο να παραμένει σταθερή καθ' όλη την προβολή αν και αυτή είναι η συνηθέστερη περίπτωση.
- ◆ Χάρτες διαδοχικής ανάπτυξης . Στις αναπαραστάσεις αυτές η συνολική πληροφορία του χάρτη μοιράζεται σε υποσύνολα τα οποία προστίθενται σταδιακά χωρίς να ενδιαφέρει η χρονολογική σειρά τους.
- ◆ Εναλλασσόμενες αναπαραστάσεις. Οι αναπαραστάσεις αυτές δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη μιας διευρυμένης ματιάς σε ένα σύνολο δεδομένων χωρίς πάλι να εμπλέκεται η χρονολογική σειρά. Οι αλλαγές που παρατηρούνται οφείλονται σε χειρισμούς των δεδομένων από τα οποία προκύπτουν τα γραφικά ή αλλαγές στην ίδια τη γραφική αναπαράσταση. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι προαναφερθέντες χάρτες πτήσης (fly-

by).

Ο Ormeling(1995) παρουσίασε βασιζόμενος στις εργασίες των DiBiase et al.(1992), Dorling (1992) και Kraak (1994) μια συγκεντρωτική κατηγοριοποίηση των δυναμικών χαρτών η οποία παρατίθεται στον Πίνακα 1.2:

Πίνακας 1.2: Κατηγοριοποίηση των δυναμικών χαρτών σύμφωνα με τον Ormeling(1995)

ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ	ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ	ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΙ
Χωρικά δυναμικοί	- re-expression -Έμφαση στην τοποθεσία -Έμφαση στην κατανομή χαρακτηριστικού (geographic brushing) -zoom and pan	Όπως οι 2D συν: -fly-by -walk-through -rotation
Χρονικά δυναμικοί	-Αλλαγή σε τοποθεσία -Αλλαγή σε χαρακτηριστικό (temporal brushing)	Όπως οι 2D
Χωρικά και χρονικά δυναμικοί	-2D χωρο-χρονική αλλαγή	-3D χωρο-χρονική αλλαγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

Ως οπτική αναζήτηση ορίζεται “η 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). Οι διαδικασίες αναζήτησης που πραγματοποιούνται κατά την προβολή μιας οπτικής σκηνής αποτελούν εδώ και δεκαετίες θέμα μελέτης της επιστήμης της ψυχολογίας. Όμως οι διαδικασίες αναζήτησης σχετίζονται άμεσα τη χαρτογραφία καθώς προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο αντίληψης και την αποτελεσματικότητα της χρήσης χαρτογραφικών συμβόλων. Παρακάτω πραγματοποιείται μια συνοπτική ανάλυση των ειδών οπτικής αναζήτησης και των μοντέλων που έχουν κατά καιρούς προταθεί για την περιγραφή της.

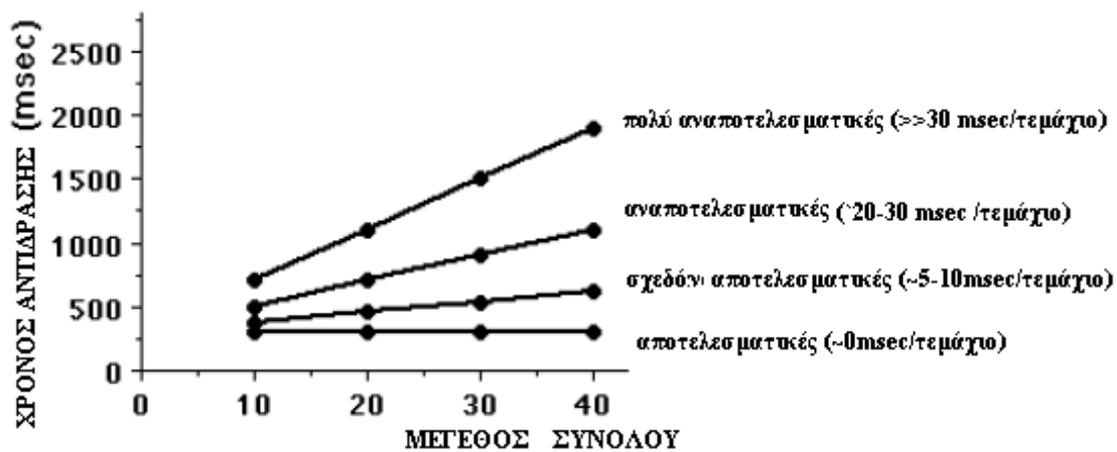
2.1 Είδη οπτικής αναζήτησης

Μια αρχική κατηγοριοποίηση των οπτικών αναζητήσεων τις διακρίνει σε παράλληλες και σειριακές (Neisser 1967, Kinchla 1974, αναφέρονται σε Κασιδώνη 2005).

Σε πρώτο στάδιο (παράλληλη αναζήτηση) κυριαρχούν οι από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) διαδικασίες όπου το σύνολο της εικόνας επεξεργάζεται ταυτόχρονα με γρήγορους ρυθμούς από την περιφερειακή όραση. Η σχολή ψυχολογίας Gestalt υποστηρίζει ότι η επεξεργασία γίνεται ενιαία για την εικόνα και η ομαδοποίηση των στοιχείων αυτόματα. Μια δεύτερη άποψη θεωρεί ότι η ομαδοποίηση αυτή ελέγχεται εν μέρει από γνωσιακές διαδικασίες και στοιχεία της εικόνας προεξέχουν και εντοπίζονται αυτόματα ανεξαρτήτως της πυκνότητας της υπάρχουσας πληροφορίας (Treisman & Gelade 1980, Dunkan & Humphreys 1989, Wolfe et al. 1989, Wolfe & Cave 1989). Οι σύγχρονες νευροφυσιολογικές θεωρίες ενισχύουν την άποψη αυτή καθώς υποστηρίζουν ότι η εικόνα που καταγράφει ο οφθαλμός δεν μεταφέρεται αυτούσια στον εγκέφαλο αλλά διασπάται σε επιμέρους στοιχεία και σχήματα τα οποία κατόπιν οργανώνονται και σχετίζονται μεταξύ τους (Mart, 1982).

Σε μετέπειτα στάδιο (σειριακή αναζήτηση) ακολουθούν οι πιο αργές, συνειδητές, από πάνω προς τα κάτω (top-down) γνωσιακές διαδικασίες. Η προσοχή συγκεντρώνεται σε μια μικρή περιοχή του οπτικού πεδίου. Γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας που συγκεντρώθηκε στο προηγούμενο στάδιο με τη βοήθεια των ήδη αποθηκευμένων στη μακράς διάρκειας μνήμη γνώσεων ώστε τελικά να προκύψει η νέα πληροφορία.

Ο απόλυτος διαχωρισμός των δύο ειδών αναζήτησης όπως αναλύθηκαν παραπάνω βρίσκει αντίθετη μια μερίδα επιστημόνων (Dunkan & Humphreys 1989, Wolfe et al. 1989, Cave & Wolfe 1990) που υποστηρίζουν ότι οι διαδικασίες αυτές είναι αλληλένδετες. Οι Wolfe & Horowitz (2004) θεωρώντας ότι οι σειριακές και οι παράλληλες αναζητήσεις αποτελούν ακραίες περιπτώσεις ενός συνεχούς τρόπου οπτικής αναζήτησης προχώρησαν στη διάκριση αποτελεσματικών και αναποτελεσματικών αναζητήσεων. Αποτελεσματική θεωρείται η αναζήτηση κατά την οποία ο στόχος “ξεπετάγεται” από την εικόνα ενώ αναποτελεσματική η αναζήτηση κατά την οποία ο εντοπισμός του στόχου δυσχεραίνεται από την προσθήκη κάθε επιπλέον περισπαστή (μη στόχου). Η ταξινόμηση στην εκάστοτε κατηγορία γίνεται με τη βοήθεια γραφικής παράστασης (Εικόνα 2.1) που παρουσιάζει το χρόνο για τον εντοπισμό ενός στόχου σε σχέση με το μέγεθος του συνόλου. Οι αποτελεσματικές αναζητήσεις παρουσιάζουν μηδενικές σχεδόν κλίσεις ενώ οι αναποτελεσματικές κλίσεις άνω των 20ms/ τεμάχιο. Παρ' όλα αυτά τα όρια των περιοχών αυτών μπορούν να θεωρηθούν υποκειμενικά.



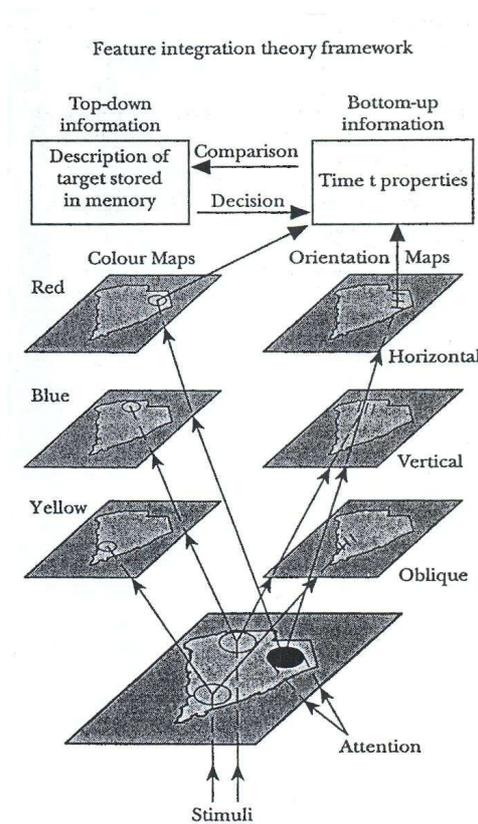
Εικόνα 2.1: Ταξινόμηση αποτελεσματικών- αναποτελεσματικών αναζητήσεων

Πηγή: Wolfe 1998

Μια πιο αντικειμενική κατηγοριοποίηση επιχειρεί η θεωρία των Mack et al. (1992) η οποία διακρίνει σε προσεκτικές, προ-προσεκτικές και μη-προσεκτικές ή απρόσεκτες διαδικασίες. Οι προσεκτικές περιορίζονται χωρικά στην κεντρική όραση ενώ οι προ-προσεκτικές κατανέμουν την προσοχή στην περιφερειακή όραση. Οι μη-προσεκτικές λαμβάνουν χώρα στην περίπτωση που δεν υπάρχει πρόθεση αναζήτησης. Ο ορισμός ενός στόχου προκαλεί αυτόματα την ενεργοποίηση γνωσιακών διαδικασιών (top-down).

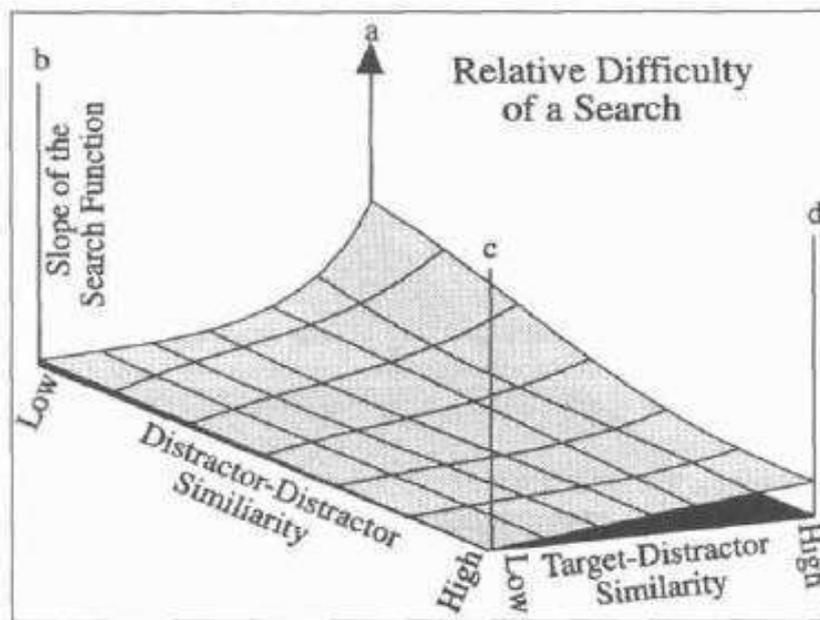
2.2 Μοντέλα οπτικής αναζήτησης

Η Θεωρία της Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory) αναπτύχθηκε από τους Treisman & Gelade (1980) και διαχωρίζει απόλυτα τις αναζητήσεις σε σειριακές και παράλληλες. Σε επέκταση της θεωρίας γίνεται αποδεκτό ότι τα δύο αυτά είδη αναζητήσεων μπορεί να αλληλοεπηρεάζονται και να γίνονται ταυτόχρονα. Υποστηρίζει ότι σε αρχικό στάδιο η εικόνα χωρίζεται σε επιμέρους χάρτες για κάθε διάσταση (“εύρος μεταβολής που αναλύεται ξεχωριστά από ένα λειτουργικό σύστημα”) καθένας από τους οποίους αναπαριστά τη χωρική κατανομή ενός χαρακτηριστικού (“ορισμένη τιμή μιας διάστασης”). Ταυτόχρονα δημιουργείται ένας χάρτης θέσεων που συλλέγει πληροφορίες από όλους τους παραπάνω χάρτες χαρακτηριστικών. Το αποτέλεσμα της αναζήτησης προκύπτει από τον συνδυασμό των από κάτω προς τα πάνω διαδικασιών (πληροφορίες που πηγάζουν από την εικόνα) που πραγματοποιούνται κατά το παράλληλο στάδιο με τις από πάνω προς τα κάτω (που έχουν να κάνουν με τις γνώσεις και τις προσδοκίες του παρατηρητή) οι οποίες αναπτύσσονται κατά το γνωσιακό στάδιο όπως αναφέρεται στην ενότητα που περιγράφονται οι σειριακές και παράλληλες αναζητήσεις. Σε περίπτωση που ο στόχος διαθέτει μοναδικό χαρακτηριστικό αναγνωρίζεται αμέσως από την παράλληλη αναζήτηση ενώ εάν προκύπτει από συνδυασμό χαρακτηριστικών απαιτείται προσεκτική σειριακή αναζήτηση. Η διαδικασία περιγράφεται σχηματικά στην Εικόνα 2.2.



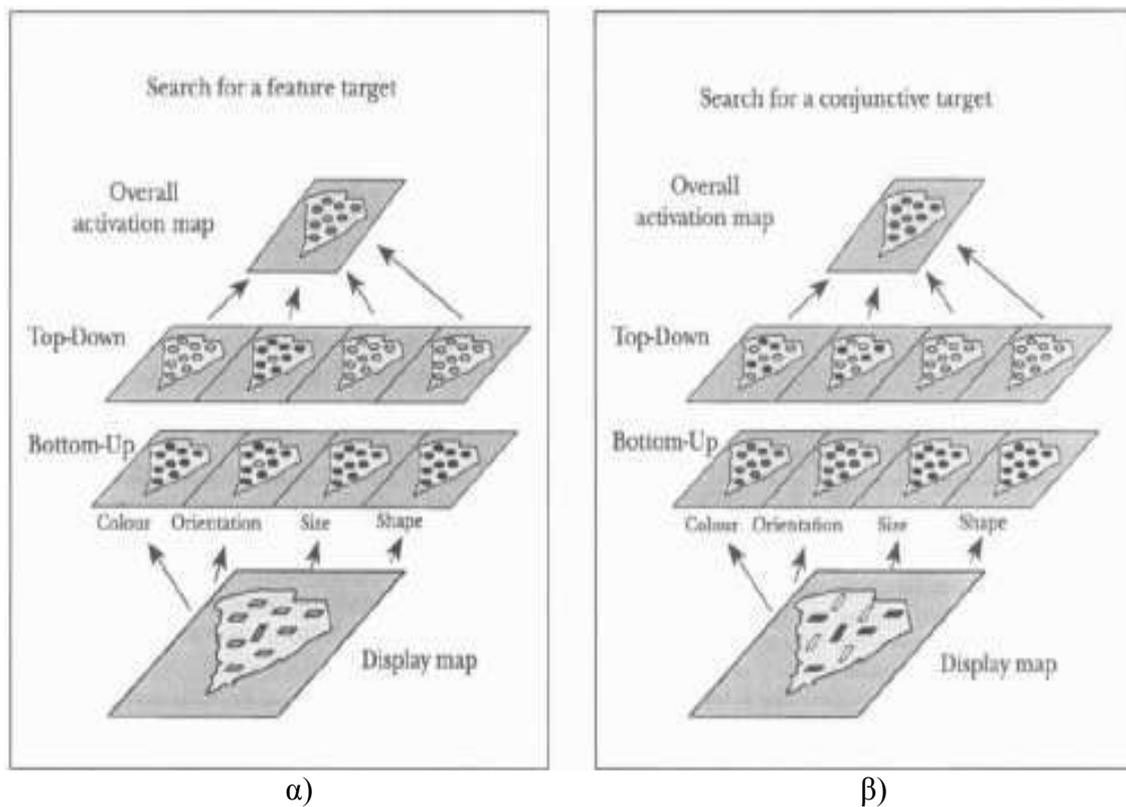
Εικόνα 2.2: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας αναζήτησης σύμφωνα με τη Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών
 Πηγή: Lloyd 1997

Η Θεωρία της Δεσμευμένης Προσοχής (Attention Engagement Theory) αναπτύχθηκε από τους Duncan & Humphreys (1989) και δε δέχεται τον απόλυτο διαχωρισμό μεταξύ σειριακών και παράλληλων αναζητήσεων καθώς τις θεωρεί ως τα δύο άκρα ενός συνεχούς μέσου. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή τα χαρακτηριστικά της κάθε εικόνας είναι αυτά που καθορίζουν κάθε φορά το είδος της αναζήτησης καθώς η ευκολία της αναζήτησης εξαρτάται από τον αριθμό και την ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους και με τον στόχο. Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζεται η γραφική αναπαράσταση της παραπάνω αλληλεπίδρασης (συνάρτηση αναζήτησης, δηλαδή η σχέση μεταξύ του χρόνου αντίδρασης του παρατηρητή με την ομοιότητα στόχων-μη στόχων και περισπαστών μεταξύ τους) με τις μικρές κλίσεις να αντιπροσωπεύουν τις εύκολες αναζητήσεις και τις μεγάλες να υποδεικνύουν δύσκολες αναζητήσεις. Παρατηρείται ότι (α) μικρή ομοιότητα στόχου- περισπαστών έχει ως συνέπεια μικρές κλίσεις, (β) όταν η ομοιότητα στόχου -περισπαστών αυξάνεται αυξάνει ομαλά και η κλίση για μεγάλη ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους, (γ) μεγάλη ομοιότητα στόχου-περισπαστών και μικρή ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους έχουν ως αποτέλεσμα τις πιο έντονες κλίσεις και κατ' επέκταση τη μεγαλύτερη δυσκολία.



Εικόνα 2.3: Γραφική απεικόνιση της δυσκολίας μιας αναζήτησης σε συνάρτηση με την ομοιότητα στόχου-περισπαστών και περισπαστών μεταξύ τους
 Πηγή: Lloyd 1997

Η Θεωρία της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης (Guided Search Theory) των Cave & Wolfe (1990), Wolfe et al. (1989), Wolfe (1994) και Chun & Wolfe (1996) βασίζεται στη Θεωρία Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών εισάγοντας όμως ορισμένες διαφοροποιήσεις. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή προηγείται ένα παράλληλο, προ-προσεκτικό στάδιο κατά το οποίο η οπτική σκηνή αποδομείται σε επιμέρους αντικείμενα (δημιουργία χαρτών χαρακτηριστικών για κάθε διάσταση). Επιπλέον, η παράλληλη αναζήτηση βρίσκεται σε άμεση σχέση με τη σειριακή καθώς καθοδηγεί την προσοχή σε πιθανούς στόχους. Η ενεργοποίηση μιας θέσης ως υποψήφιου στόχου γίνεται ανάλογα με την ομοιότητα του συγκεκριμένου αντικειμένου με τον στόχο (κατ' αναλογία με τη Θεωρία της Δεσμευμένης Προσοχής). Καμία απόφαση δεν λαμβάνεται στο αρχικό στάδιο αλλά μόνο έπειτα από την προσεκτική, σειριακή αναζήτηση. Επιπρόσθετα αναλύεται κατά πόσον μια συνδυαστική αναζήτηση δύναται να εμφανίσει σειριακούς ή παράλληλους χρόνους αναζήτησης. Αν ο “οπτικός θόρυβος” της εικόνας είναι χαμηλός η σειριακή αναζήτηση θα κρατήσει μικρό χρονικό διάστημα που θα παραπέμπει σε παράλληλη αναζήτηση, διαφορετικά θα διαρκέσει περισσότερο παραπέμποντας σε σειριακούς χρόνους αναζήτησης. Ένα παράδειγμα της θεωρίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.4 όπου στην πρώτη περίπτωση ο στόχος είναι εύκολο να προκύψει από τις κάτω προς τα πάνω (παράλληλες) διαδικασίες καθώς έχει μοναδικό χαρακτηριστικό ενώ στη δεύτερη περίπτωση, ο στόχος προκύπτει από συνδυασμό χαρακτηριστικών καθώς παίζουν βασικό ρόλο οι από πάνω προς τα κάτω γνωσιακές διαδικασίες.



Εικόνα 2.4: Διαδικασία αναζήτησης αντικειμένου με μοναδικό χαρακτηριστικό (κάθετος προσανατολισμό) (α). Διαδικασία αναζήτησης αντικειμένου με συνδυασμό χαρακτηριστικών (μαύρο χρώμα και κάθετος προσανατολισμός) (β).
Πηγή: Lloyd 1997

Το Μοντέλο του Επηρεασμένου Ανταγωνισμού (Biased Competition Model) που προτάθηκε από τους Desimone & Duncan (1995) υποστηρίζει ότι η προσοχή κατευθύνεται περισσότερο σε θέσεις παρά σε αντικείμενα. Κάθε θέση της οπτικής σκηνής διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά. Η αναζήτηση πραγματοποιείται με το συνδυασμό δύο ειδών διαδικασιών σε αντιστοιχία με τα μοντέλα που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι από κάτω προς τα πάνω διαδικασίες που προκύπτουν από την ανάλυση της οπτικής σκηνής έχουν τη δυνατότητα να στρέψουν την προσοχή προς υπονήφιους στόχους μόνον εφόσον είναι αρκετά ισχυρές. Οι από πάνω προς τα κάτω διαδικασίες συνίστανται στην προβολή ή την περιγραφή του ζητούμενου στόχου στο υποκείμενο πριν την πραγματοποίηση του πειράματος.

2.3 Χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την προσοχή

Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες με σκοπό να διαπιστωθεί ποια από τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων μιας εικόνας είναι αυτά που ελκύουν την προσοχή σε στάδιο προ-προσοχής (pre-attentive features) και καθοδηγούν τη μετέπειτα προσεκτική αναζήτηση. Έχει αποδειχθεί ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα πιο απλά που γίνονται εύκολα αντιληπτά με την ελάχιστη επεξεργασία (Κασιδώνη, 2005). Για πιο σύνθετα χαρακτηριστικά απαιτείται επικέντρωση της προσοχής.

Τα πειράματα που πραγματοποιούνται για τον εντοπισμό αυτών των χαρακτηριστικών δεν μπορούν να είναι απολύτως αντικειμενικά. Έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες όπως η περίπτωση εντοπισμού αντικειμένου με μοναδικό χαρακτηριστικό ώστε να υπάρχει η μικρότερη δυνατή αλληλεπίδραση με τους περισπαστές. Έτσι οι Treisman & Gelade (1980) και Treisman (1988)

κατέταξαν στα χαρακτηριστικά προ-προσοχής το χρώμα, τον προσανατολισμό, την κίνηση και το μέγεθος καθώς ένα αντικείμενο με μοναδικό χρώμα (πχ. κόκκινο ανάμεσα σε πράσινα) γίνεται αμέσως αντιληπτό, όπως αντίστοιχα ένα κατακόρυφα προσανατολισμένο ανάμεσα σε οριζοντίως προσανατολισμένα κοκ. Άλλη μεθοδολογία προτείνει τη μελέτη ασυμμετριών (Treisman & Gormican 1988, Treisman & Souther 1985) . Η παρουσία ενός χαρακτηριστικού είναι ισχυρότερη από την απουσία του. Έτσι για παράδειγμα, κινούμενο αντικείμενο ανάμεσα σε ακίνητα γίνεται εύκολα αντιληπτό ενώ το αντίθετο (ακίνητος στόχος ανάμεσα σε κινούμενους) δεν ισχύει. Αντίστοιχα συμπαγές αντικείμενο ανάμεσα σε διάφανους περισπαστές εντοπίζεται αμέσως ενώ αντίθετα διαφανής στόχος ανάμεσα σε συμπαγείς δεν εντοπίζεται. Οπότε προκύπτουν ως πιθανά χαρακτηριστικά η κίνηση και η αδιαφάνεια. Ακόμα ένας τρόπος για την εξαγωγή χαρακτηριστικών προ-προσοχής είναι πειράματα που μελετούν την ευκολία διάκρισης περιοχών της εικόνας διαφορετικής υφής.

Τα χαρακτηριστικά προ-προσοχής που προκύπτουν από τις διάφορες έρευνες δεν είναι απόλυτα. Συγκεντρωτική καταγραφή τους τα κατατάσσει σε πιθανά, ενδεχόμενα και μη πιθανά χαρακτηριστικά. Πρέπει να τονιστεί ότι ακόμα και για τα πιθανά χαρακτηριστικά, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται άμεσα από τον οπτικό θόρυβο της εικόνας. Για παράδειγμα ενώ ο προσανατολισμός αποτελεί ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά και γίνεται εύκολα διάκριση σε στάδιο προ-προσοχής μεταξύ αντικειμένων με κάθετο, οριζόντιο ή πλάγιο προσανατολισμό, αυτό δεν εξακολουθεί να ισχύει όταν η εικόνα αποτελείται από αντικείμενα με διαφορετικούς προσανατολισμούς της τάξης των λίγων μοιρών. Αντίστοιχα δυσκολεύει η αναζήτηση όταν ο στόχος είναι κινούμενο αντικείμενο ανάμεσα σε περισπαστές που κινούνται με ταχύτητα μικρής διαφοράς.

Στον Πίνακα 2.1 φαίνεται η κατάταξη των χαρακτηριστικών ανάλογα με την πιθανότητα να εντοπίζονται σε στάδιο προ-προσοχής σύμφωνα με τους Wolfe & Horowitz (2004). Ως αναμφισβήτητα (undoubted) κατατάσσονται τα χαρακτηριστικά που επαληθεύονται από πληθώρα μελετών με συγκλίνοντα αποτελέσματα, ως πιθανά (possible) αυτά για τα οποία υπάρχει μικρότερη βεβαιότητα λόγω περιορισμένων δεδομένων, διαφωνίας απόψεων ή εναλλακτικών επεξηγήσεων, ως ενδεχόμενα (probable) αυτά για τα οποία υπάρχει ακόμα λιγότερη βεβαιότητα, ως αβέβαια (doubtful) αυτά τα οποία έχουν μικρή πιθανότητα να είναι και μάλλον αποκλείονται και τέλος ως πιθανά μη-χαρακτηριστικά (probable non-features) εκείνα που το σύνολο των ερευνών φαίνονται να αποκλείουν την πιθανότητα να συμπεριληφθούν στον κατάλογο.

Πίνακας 2.1: Κατάταξη χαρακτηριστικών με βάση την πιθανότητα να εντοπίζονται σε στάδιο προ-προσοχής

Πηγή: Wolfe & Horowitz (2004)

Αναμφισβήτητα
Χρώμα, Κίνηση, Προσανατολισμός, Μέγεθος (συμπεριλαμβανομένου μήκους και χωρικής συχνότητας)
Πιθανά
Τρεμοπαίξιμο, Πολωμένη φωτεινότητα, Vernier offset, Στερεοσκοπικό βάθος και κλίση, Εικονογραφικά συνθήματα βάθους, Κλειστότητα, Τοπολογία, Καμπυλότητα, Σχήμα, Γραμμικές απολήξεις
Ενδεχόμενα
Διεύθυνση φωτισμού (σκίαση), Λάμψη, Διαστολή, Αριθμός, Αναλογία διαστάσεων
Αβέβαια

Καινούργια χαρακτηριστικά, Γράμματα (γνωστά σύνολα γενικότερα), Αλφαριθμητική κατηγορία
Πιθανά μη χαρακτηριστικά
Τομές-Διασταυρώσεις, Οπτική ροή, Αλλαγή χρώματος, 3-σδιάστοι όγκοι, Πρόσωπα (οικεία, αναποδογυρισμένα, θυμωμένα, κ.ο.κ.), Το όνομα του παρατηρητή, Σημασιολογική κατηγορία (π.χ. 'ζώα', τρομακτικά' πράγματα)

Σημειώνεται ότι η κίνηση ανήκει στα αναμφισβήτητα χαρακτηριστικά που έχουν τη δυνατότητα να κατευθύνουν την προσοχή σε προ-προσεκτικό στάδιο. Ως κίνηση ορίζεται η αλλαγή στη θέση, τον προσανατολισμό, τη φωτεινότητα ή το μέγεθος. Αποτελεί σύνθετο χαρακτηριστικό που αναπτύσσεται σε τρεις άξονες: την κίνηση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση (Κασιδώνη 2005). Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών είναι πολύπλοκες και επηρεάζουν τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την παράλληλη αναζήτηση.

2.4 Μέθοδοι καταγραφής της οπτικής αναζήτησης

Για τη μελέτη της λειτουργίας της οπτικής αναζήτησης είναι απαραίτητη η καταγραφή της και η επεξεργασία της. Τα πειράματα που έχουν κατά καιρούς πραγματοποιηθεί για το σκοπό αυτό ακολουθούν δύο ειδών μεθοδολογίες:

- ◆ Μετρήσεις του χρόνου αντίδρασης και της ακρίβειας. Ο χρόνος αντίδρασης (reaction time RT) αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία ο παρατηρητής εντοπίζει την παρουσία ή την απουσία ενός στόχου από μια οπτική σκηνή. Τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται ξεχωριστά για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις (προυσία ή απουσία του στόχου) και από την επεξεργασία τους προκύπτει αν οι χρόνοι αντιστοιχούν σε παράλληλη ή σειριακή αναζήτηση καθώς και το κόστος (σε χρόνο) της προσθήκης ενός επιπλέον περισπαστή (το πλήθος της πληροφορίας είναι καθοριστικό για τον χρόνο αντίδρασης). Οι αναζητήσεις ταξινομούνται σε αποτελεσματικές και αναποτελεσματικές. Η ακρίβεια υπολογίζεται από την καταγραφή του αριθμού των ορθών και των λανθασμένων απαντήσεων. Ο στόχος συνήθως περιγράφεται ή προβάλλεται πριν την προβολή της οπτικής σκηνής και ακολουθεί μια μάσκα που τερματίζει την αναζήτηση. Εκτός από τα πειράματα στα οποία αναζητείται συγκεκριμένος στόχος, υπάρχουν άλλα που στοχεύουν στον εντοπισμό των ορίων δύο περιοχών (διάκριση υφής) ή που ζητούν την εκτίμηση ή καταμέτρηση του αριθμού των στοιχείων μιας οπτικής σκηνής που έχουν κοινό χαρακτηριστικό.
- ◆ Καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων. Θεωρείται ως πιο αντικειμενική μέθοδος και αποδεικνύεται πιο χρήσιμη ειδικά στις περιπτώσεις που εξετάζεται η καταλληλότητα χαρτογραφικών συμβόλων. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν κυρίως οι τεχνικές εκείνες που επιτρέπουν την καταγραφή του βλέμματος ("point of regard"). Η ένσταση που διατυπώνεται σχετικά με τη χρήση μεθόδων καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων για την καταγραφή της οπτικής αναζήτησης ανάγεται στο ότι δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένο ότι στα σημεία που επικεντρώνεται το βλέμμα πραγματοποιείται αναγκαστικά και προσεκτική παρατήρηση (MacEachren, 1995).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Για την αντίληψη ενός χάρτη- είτε στατικού είτε δυναμικού- παίζει πρωταρχικό ρόλο η αίσθηση της όρασης. Η μελέτη του τρόπου λειτουργίας της καθίσταται λοιπόν απαραίτητη για την κατανόηση των διαφόρων μεθόδων καταγραφής της οι οποίοι με τη σειρά τους εξυπηρετούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο που γίνεται αντιληπτός ένας χάρτης.

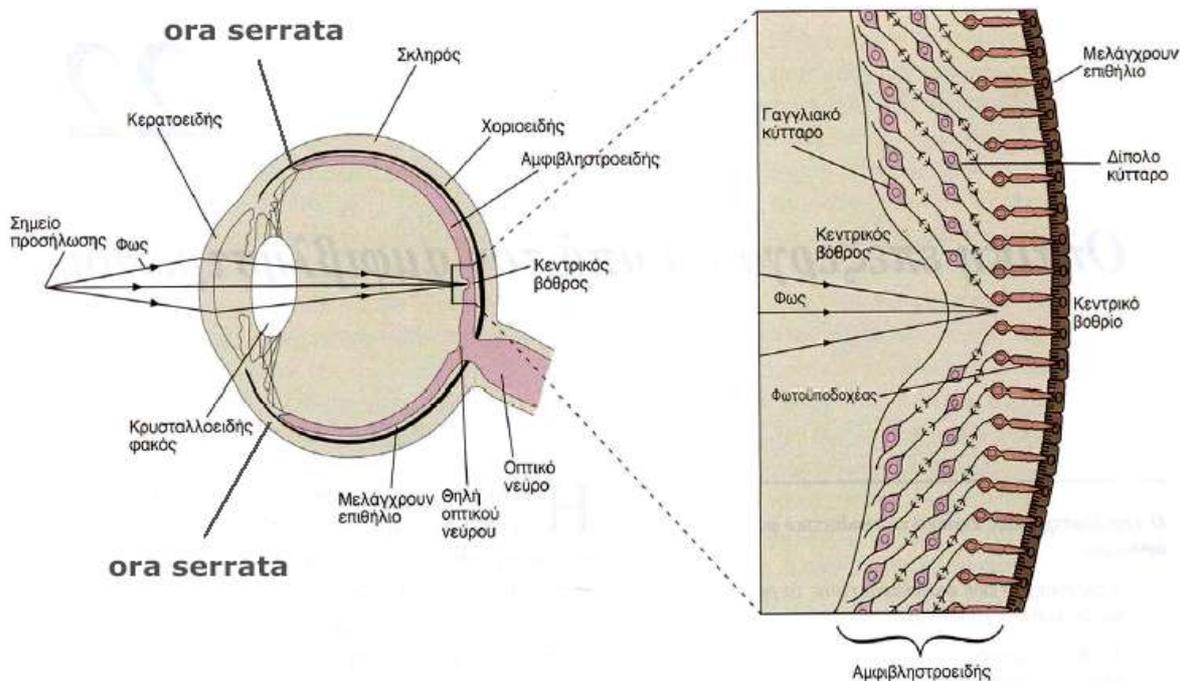
Συνοπτικά η διαδικασία της όρασης πραγματοποιείται με το συνδυασμό τριών διαφορετικών λειτουργιών (Κρασανάκης. 2009):

- ◆ Αρχικά δημιουργείται το είδωλο της εστιασμένης εικόνας στη φωτοευαίσθητη επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς χιτώνα στους οφθαλμούς.
- ◆ Μέσω των νευρικών ινών η πληροφορία μεταφέρεται στον εγκέφαλο.
- ◆ Η εικόνα δημιουργείται στην οπτική περιοχή του εγκεφάλου όπου και γίνεται η τελική επεξεργασία και κατανόησή της.

3.1 Ο οφθαλμός

Ο οφθαλμός αποτελείται από τον οφθαλμικό βολβό, τα βλέφαρα (κάλυψη του ματιού), τη δακρυϊκή συσκευή (παραγωγή δακρύων) και τους εξωβολβικούς μύες (κίνηση του ματιού).

Ο οφθαλμικός βολβός είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο όργανο που αποτελείται από μια πληθώρα δομών όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1: Δομή του οφθαλμικού βολβού
Πηγή: Βρεττός 2006

Κύρια μέρη του είναι ο αμφιβληστροειδής (φωτοευαίσθητη επιφάνεια του ματιού), ο αγγειώδης (χοριοειδής χιτώνας που καλύπτει την ίριδα η οποία περιέχει την κόρη του ματιού) και ο ινώδης/σκληροκερατοειδής χιτώνας (περιβολή και προστασία του οφθαλμού).

Οι φωτεινές ακτίνες εισέρχονται από την ίριδα και εστιάζονται μέσω του φακού στο κεντρικό βοθρίο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα όπου δημιουργείται το ανεστραμμένο είδωλο της εικόνας. Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (retina) καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του οφθαλμικού βολβού και δύναται να μετατρέπει τις φωτεινές εικόνες σε ηλεκτρικές νευρικές ώσεις που μεταφέρονται στον εγκέφαλο μέσω του οπτικού νεύρου που ξεκινά δίπλα στο βοθρίο. Αποτελείται από περίπου 127 εκατομμύρια φωτοευαίσθητα κύτταρα (Glenstrup & Engell-Nielsen ,1995) . Από αυτά το 94% αποτελούν τα ονομαζόμενα βοθρία τα οποία έχουν υψηλή ευαισθησία στην ανίχνευση του φωτός αλλά δεν προσφέρουν καμιά χρωματική πληροφορία. Το υπόλοιπο 6% αποτελούν τα κωνία τα οποία έχουν χαμηλότερη ευαισθησία στο φως αλλά αντιλαμβάνονται τα χρώματα του οπτικού φάσματος.

Το ανθρώπινο μάτι έχει μια σειρά μηχανισμών για τον περιορισμό ατελειών του όπως είναι οι σφαιρικές εκτροπές, οι χρωματικές εκτροπές και η καμπυλότητα του πεδίου (Duchowski, 2007). Οι σφαιρικές εκτροπές που δημιουργούνται περιφερειακά του φακού αντιμετωπίζονται με τον περιορισμό από την ίριδα των ακτίνων από την περιφέρεια. Οι χρωματικές εκτροπές που οφείλονται στη μεγαλύτερη διάθλαση των χαμηλότερων μηκών κύματος απ' ότι των υψηλότερων περιορίζονται με τη δημιουργία εικόνων ενδιάμεσων μηκών κύματος. Η καμπυλότητα του πεδίου που ως αποτέλεσμα έχει την προβολή ενός επίπεδου αντικειμένου ως καμπύλου αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι και ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι καμπύλος.

Σημειώνεται ότι η αντίληψη της τρίτης διάστασης (στερεοσκοπική παρατήρηση) επιτυγχάνεται χάρη στο συνδυασμό της λειτουργίας των δύο οφθαλμών.

3.2 Είδη οφθαλμικών κινήσεων

Η κίνηση του οφθαλμού επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δύο διαφορετικών συστημάτων. Πρόκειται για το σύστημα κίνησης της κεφαλής το οποίο μετακινεί τον κόγχο με την κίνηση του ματιού και για το οφθαλμοκινητικό σύστημα στο οποίο η κίνηση των οφθαλμών μέσα στον κόγχο πραγματοποιείται όπως προαναφέρθηκε με τη βοήθεια των εξωβολβικών (οφθαλμοκίνητων) μυών. Συγκεκριμένα οι 6 διαφορετικοί μύες και οι κινήσεις που επιτρέπουν είναι οι εξής:

- ◆ Άνω και κάτω ορθός: κίνηση του βολβού επάνω και κάτω αντίστοιχα.
- ◆ Άνω και κάτω λοξός: περιστροφή του βολβού.
- ◆ Έσω και έξω ορθός: κίνηση του βολβού αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.

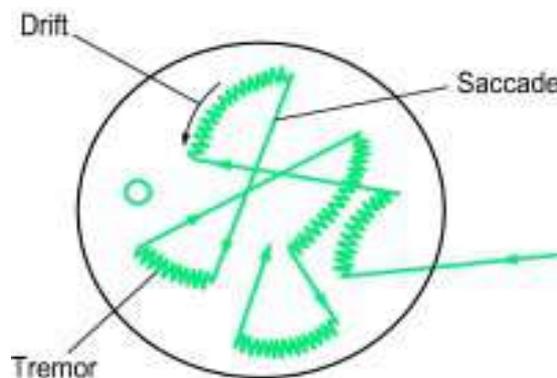
Οι κινήσεις μπορεί να είναι συζυγείς ή μη αναλόγως αν οι δύο οφθαλμοί κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση ή προς διαφορετική.

Σχεδόν όλες οι φυσιολογικές πρωτεύουσες οφθαλμικές κινήσεις προκύπτουν ως συνδυασμός 5 βασικών κινήσεων. Αυτές είναι οι σακκαδικές, οι ομαλές κινήσεις παρακολούθησης, οι κινήσεις σύγκλισης (χρησιμοποιούνται για να εστιάσει το ζεύγος των οφθαλμών σε ένα μακρινό στόχο -αντίληψη του βάθους), ο διαδρομικός και ο φυσιολογικός νυσταγμός (Robinson 1968, αναφέρεται σε Duchowski 2007). Άλλες κινήσεις, όπως η προσαρμογή και η εναρμόνιση αναφέρονται σε μη-χωρικές πτυχές των κινήσεων των ματιών (δηλαδή σε διαστολή της κόρης, εστίαση του φακού). Ο οπτικοκινητικός νυσταγμός (Young & Sheena, 1975) προκαλείται από ένα κινούμενο οπτικό πεδίο με επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Αποτελείται από μια αργή πρώτη φάση κατά την οποία το μάτι επικεντρώνεται σε ένα κομμάτι της κίνησης και την ακολουθεί και από μια γρήγορη “σακκαδική” φάση όπου επικεντρώνεται σε ένα νέο τμήμα του κινούμενου πεδίου. Βάση της λειτουργικότητας

των οφθαλμικών κινήσεων, μόνο τρία είδη αυτών απαιτείται να μοντελοποιηθούν για την περιγραφή και τον εντοπισμό της κατανομής της οπτικής προσοχής. Αυτές είναι οι κινήσεις προσήλωσης, οι σακκαδικές και οι ομαλές κινήσεις παρακολούθησης.

3.2.1 Κινήσεις προσήλωσης (fixations)

Κατά τις προσηλώσεις σταθεροποιείται το κεντρικό βοθρίο του αμφιβληστροειδή σε ένα σταθερό αντικείμενο στο οποίο συγκεντρώνεται η προσοχή. Αποτελούν το 90% του χρόνου όρασης (Irwin, 1992) και έχουν ελάχιστη διάρκεια 100ms-150ms (Viviani 1990). Κατά τη διάρκεια μιας προσήλωσης πραγματοποιούνται οι εξής “μικρο-κινήσεις”: το τρέμουλο (tremor, φυσιολογικός νυσταγμός), οι κινήσεις διολίσθησης (drifts, καμπυλοειδείς κινήσεις ταυτόχρονα με το τρέμουλο και μεταξύ των μικροσακκαδικών) και οι μικροσακκαδικές (microsaccades, επαναφέρουν το είδωλο στο βοθρίο έπειτα της μετακίνησης του λόγω των κινήσεων διολίσθησης), (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Διάγραμμα των μετακινήσεων της οπτικής εικόνας στον αμφιβληστροειδή που παράγονται από τις ακούσιες μικρο-κινήσεις του οφθαλμού (τρέμουλο, διολίσθησης και μικροσακκαδικές) κατά την προσήλωση σε ακίνητο αντικείμενο για περίοδο περίπου 10 δευτερολέπτων.

Πηγή: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/movement>

Κατά τη διάρκεια των 250ms-300ms που διαρκεί μια τυπική προσήλωση λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικές διαδικασίες (Goldberg & Kotval, 1999). Αρχικά η οπτική πληροφορία κωδικοποιείται συνοπτικά για να αποδώσει τη γενική εικόνα. Στη συνέχεια το περιφερειακό οπτικό πεδίο αναλύεται ώστε να προσδιοριστούν περιοχές με επιπλέον πληροφορία. Τέλος προγραμματίζεται η επόμενη σακκαδική κίνηση που θα οδηγήσει σε νέα προσήλωση. Οι φάσεις αυτές επικαλύπτονται χρονικά και μπορεί να συμβαίνουν παράλληλα.

3.2.2 Σακκαδικές κινήσεις (saccades)

Πρόκειται για γρήγορες συζυγείς κινήσεις του ματιού που επαναπροσδιορίζουν την περιοχή ενδιαφέροντος (οδηγούν στην επόμενη προσήλωση). Ποικίλουν σε διάρκεια από 10ms σε 100ms ενώ η ταχύτητά τους είναι της τάξης των 700°/sec.

3.2.3 Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης (smooth pursuits)

Οι κινήσεις αυτές είναι συζυγείς και αναπτύσσονται κατά την παρακολούθηση ενός κινούμενου στόχου. Η ταχύτητά τους μπορεί να προσαρμόζεται σε αυτή του στόχου με μέγιστη αυτή των 100°/sec.

3.3 Μέθοδοι καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων

Πολλές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) σε αυτές που προσδιορίζουν τη θέση του ματιού σε σχέση με το κεφάλι, και β) σε αυτές που προσδιορίζουν το προσανατολισμό του ματιού στο χώρο (point of regard). Οι κυριότερες τεχνικές είναι:

- ◆ Η Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφία
- ◆ Ειδικοί φακοί επαφής
- ◆ Χρήση καμερών για την καταγραφή των οφθαλμών

3.3.1 Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφία

Η τεχνική αυτή συνίσταται στον εντοπισμό του οφθαλμού χάρη στο δυναμικό πεδίο που αυτός δημιουργεί κατά την περιστροφή του (τα πρώτα πειράματα έγιναν από τους Mowrer et al., 1936, και τον Schott, 1922). Αυτό οφείλεται στη διαφορά δυναμικού μεταξύ κερατοειδούς και αμφιβληστροειδούς που αποδίδεται στο υψηλότερο ρυθμό μεταβολής του αμφιβληστροειδούς (Young & Sheena, 1975). Ο προσδιορισμός των δυναμικών γίνεται με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων επιδερμικά γύρω από το οπτικό σύστημα του παρατηρητή (Εικόνα 3.3). Δεν επιτρέπει την καταγραφή του βλέμματος (point of regard).

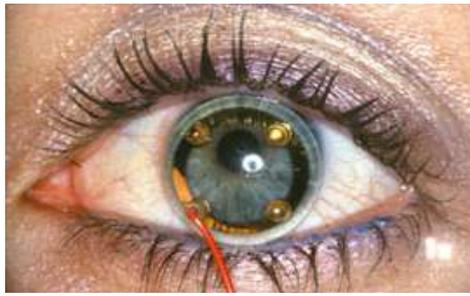


Εικόνα 3.3: Σύστημα Ηλεκτρο-οφθαλμογραφίας

Πηγή: <http://www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/eye-tracking/bluegain-eg-biosignal-amplifier/>

3.3.2 Ειδικοί φακοί επαφής

Οι τύποι φακών επαφής που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι δύο ειδών. Φακοί που διαθέτουν ανακλαστικές επιφάνειες καθιστούν δυνατό τον εντοπισμό του ματιού χάρη στην ανάκλαση του φωτός. Άλλη τεχνική (αρχική παρουσίασή της από τον Robinson, 1963) είναι η τοποθέτηση στους φακούς μικροσκοπικού πηνίου επαγωγής (Εικόνα 3.4) οπότε ο εντοπισμός του ματιού γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Ούτε η χρήση φακών εξυπηρετεί στην καταγραφή του βλέμματος του παρατηρητή.



Εικόνα 3.4: Φακός επαφής με πηνίο επαγωγής

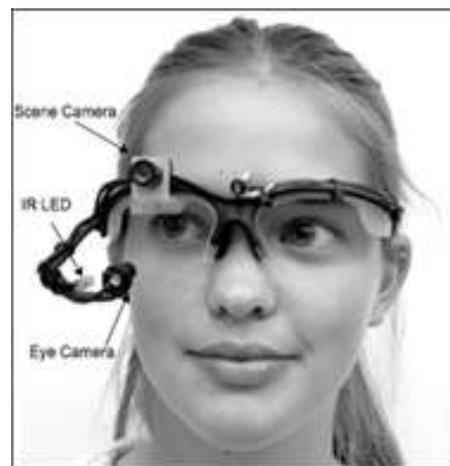
Πηγή: <http://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-clinical-applications/>

3.3.3 Συστήματα χρήσης καμερών

Ο εντοπισμός γίνεται με την καταγραφή από κάμερα της ανάκλασης στον οφθαλμό φωτεινής πηγής. Η πηγή αυτή είναι κατά βάση υπέρυθρου φωτός για να μην αποσπάται η προσοχή του χρήστη καθώς και για να μην υπάρχει αλληλεπίδραση με το φως άλλων πηγών όπως λαμπτήρες κτλ. Το σύστημα προσαρμόζεται στην κεφαλή του παρατηρητή (Εικόνα 3.5) που είτε ακινητοποιείται είτε έχει δυνατότητα κίνησης η οποία όμως μέσω προσδιορισμού κατάλληλων οφθαλμικών χαρακτηριστικών απομονώνεται από τις οφθαλμικές κινήσεις (Duchowski, 2007). Με τις τεχνικές αυτές είναι δυνατή η καταγραφή του βλέμματος του παρατηρητή.



α)



β)

Εικόνα 3.5: Συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων με κάμερες με α) ακινητοποίηση του υποκειμένου και β) με ελεύθερη κίνηση του υποκειμένου

Πηγή: <http://www.eng.auburn.edu/ie/ose/hflab.htm> και <http://www.utexas.edu/cola/centers/cps/research/eye-movements.php>

Σύμφωνα με τους Glenstrup & Engell-Nielsen (1995) πέντε διαφορετικές τεχνικές βασίζονται στην ανάκλαση του φωτός από τον οφθαλμό, οι οποίες είναι οι εξής:

- ◆ Ανίχνευση της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα. Πραγματοποιείται εύκολα ο διαχωρισμός του σκληρού χιτώνα (λευκό) από την ίριδα (σκούρου τόνου).
- ◆ Ανίχνευση της κόρης του οφθαλμού. Γίνεται ο διαχωρισμός της κόρης από την ίριδα. Οι τόνοι αυτών είναι δύσκολο να διαχωρισθούν στο ορατό φάσμα αλλά αυτό διευκολύνεται με τη χρήση υπέρυθρου φωτός .
- ◆ Συσχέτιση της ανάκλασης από την κόρη και τον κερατοειδή. Βασίζεται στον προσδιορισμό

- της απόστασης μεταξύ του αμφιβληστροειδούς και του πρώτου ειδώλου Purkinje.
- ◆ Διπλή απεικόνιση των ειδώλων Purkinje. Προσδιορίζεται η σχετική θέση μεταξύ πρώτου και τέταρτου ειδώλου Purkinje.
 - ◆ Ανάκλαση από τον κερατοειδή του οφθαλμού και απεικόνισή του με χρήση τεχνικού νευρωνικού δικτύου. Χρησιμοποιείται νευρωνικό δίκτυο για την εξαγωγή του οφθαλμού μέσω πλήρης παρακολούθησης με κάμερα ολόκληρου του κεφαλιού του παρατηρητή.

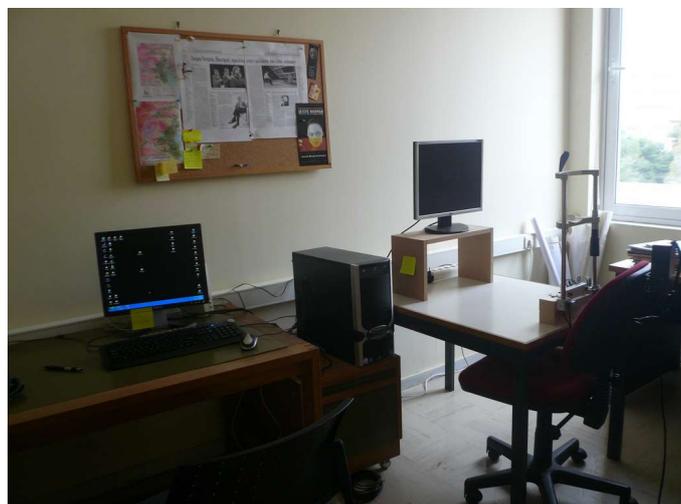
Στη χρήση καμερών βασίζεται το πείραμα που εκπονήθηκε στη διπλωματική εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη χαρτογραφία η μελέτη της οπτικής αναζήτησης που αφορά σε χάρτες επιτυγχάνεται καλύτερα με μεθόδους καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων αντί της μέτρησης του χρόνου απόκρισης του παρατηρητή σε προς αναζήτηση στόχους. Από τις μεθόδους αυτές προτιμάται η χρήση καμερών καθώς δύναται να καταγράψει το βλέμμα του παρατηρητή. Επίσης ο εξοπλισμός που χρησιμοποιούν τα συστήματα αυτά είναι απλούστερος στη χρήση και οικονομικότερος.

4.1 Περιγραφή συστήματος καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων

Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων είναι το ViewPoint Eye Tracker® της εταιρίας Arrington Research. Επιτρέπει την καταγραφή της θέσης και της κίνησης των οφθαλμών του παρατηρητή πάνω σε μια οπτική σκηνή που προβάλλεται σε οθόνη υπολογιστή συνδεδεμένου με το σύστημα. Αποτελείται από δύο βασικά μέρη, το υλικό (hardware) και το λογισμικό επεξεργασίας (software). Ο υπολογιστής στον οποίο ενσωματώνεται έχει τη δυνατότητα χρήσης δύο καρτών γραφικών και επομένως επιτρέπει την αξιοποίηση δύο διαφορετικών οθονών. Η κύρια οθόνη (Primary Monitor) χρησιμοποιείται από τον χειριστή του προγράμματος και η δευτέρα (Secondary Monitor) εξυπηρετεί για την προβολή της οπτικής σκηνής στον παρατηρητή. Το υλικό περιλαμβάνει ακόμη ένα σύστημα πρόσδεσης στο οπτικό σύστημα του παρατηρητή το οποίο φέρει για κάθε οφθαλμό μία κάμερα και μία φωτοδίοδο υπέρυθρης ακτινοβολίας καθώς και ένα μηχανισμό ακινητοποίησης της κεφαλής του παρατηρητή ώστε κατά τη διεξαγωγή του πειράματος να μη μεταβάλλεται η θέση της σε σχέση με την οθόνη προβολής. Η διάταξη του συστήματος φαίνεται στην Εικόνα 4.1 και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του στους Πίνακες 4.1 και 4.2.



Εικόνα 4.1: Διάταξη συστήματος Eye Tracker

Πίνακας 4.1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά του συστήματος ViewPoint Eye Tracker®

Μοντέλο Συστήματος	Viewpoint Eye Tracker PC-60 Arrington Research
Λειτουργία Συστήματος	Χρήση φωτοδίοδου υπέρυθρου φωτός με ταυτόχρονη καταγραφή βίντεο (infrared video) Δυνατότητα μονόφθαλμης ή διόφθαλμης

	παρατήρησης
Μέθοδοι	Ανίχνευση της κόρης (Pupil Location) Ανίχνευσης της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Glint Location) Ανίχνευση της κόρης και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Pupil-Glint Vector)
Ακρίβεια	0,25° -1,00° του οπτικού τόξου
Διακριτική Ικανότητα	0,15° του οπτικού τόξου
Συχνότητα Δειγματοληψίας	30Hz και 60Hz (δυνατότητα επιλογής από το χρήστη)
Οπτικό Εύρος Καταγραφής	Οριζόντια: ± 44° του οπτικού τόξου Κατακόρυφη: ± 20° του οπτικού τόξου
Στοιχεία Καταγραφής	Συντεταγμένες οριζόντιας και κατακόρυφης θέσης του βλέμματος Ύψος και πλάτος της κόρης Στρέψη του οφθαλμού Αντιστοίχιση θέσης βλέμματος με περιοχές ενδιαφέροντος (ROIs) Χρόνος μεταξύ κάθε καταγραφής Χρόνος εστίασης του βλέμματος Συνολικός χρόνος καταγραφής

Πίνακας 4.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του υπολογιστικού συστήματος ενσωμάτωσης του Eye Tracker

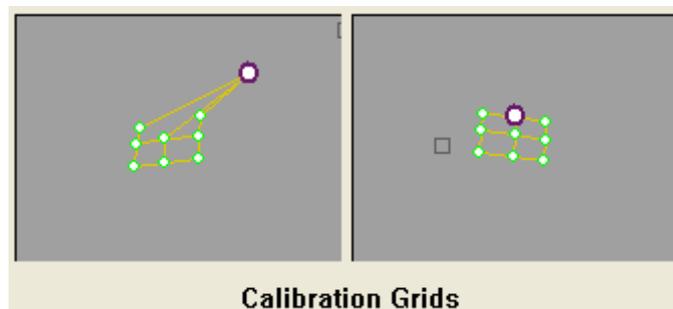
Επεξεργαστής	Intel(R) Pentium (R) D CPU 3.40 GHz
Λειτουργικό Σύστημα	Microsoft Windows XP Professional, Version 2002, Service Pack 3
Μνήμη RAM	1.00 GHz
Κάρτα Γραφικών 1 (Primary Monitor)	NVIDIA GeForce 7300 GT, 256 MB
Κάρτα Γραφικών 2 (Secondary Monitor)	NVIDIA GeForce 7300 GT, 256 MB
Οθόνη 1 (Primary Monitor)	Dell E176FP Ανάλυση Οθόνης: 1280 x 1024 pixels Φυσική Διαγώνιος: 17 inches Φυσικές Διαστάσεις Οθόνης: 337.9 x 270.3 mm (13.3 x 10.6 inches) Μέγεθος Pixel: 0.264 x 0.264 mm Χρόνος απόκρισης: 12 ms Ρυθμός Ανανέωσης Οθόνης: 60 Hertz
Οθόνη 2 (Secondary Monitor)	LG L1952S Ανάλυση Οθόνης: 1280 x 1024 pixels Φυσική Διαγώνιος: 19 inches Φυσικές Διαστάσεις Οθόνης: 376.3 x 301.1 mm (14.8 x 11.9 inches) Μέγεθος Pixel: 0.294 x 0.294 mm Χρόνος απόκρισης: 4 ms Ρυθμός Ανανέωσης Οθόνης: 60 Hertz

Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων γίνεται με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην παρακάτω παράγραφο. Η κάμερα καταγράφει την εικόνα του οφθαλμού ο οποίος φωτίζεται από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος η χρωματική διαφορά μεταξύ κόρης και ίριδας είναι εντονότερη από ότι στο ορατό και με την εφαρμογή ενός κατάλληλου αλγόριθμου καθίσταται δυνατός ο διαχωρισμός τους. Επίσης καταγράφεται η ανάκλαση του υπέρυθρου φωτός από το μάτι. Εφαρμόζοντας αλγόριθμους κατάτμησης το σύστημα εντοπίζει το κέντρο της κόρης και τη θέση ανάκλασης του φωτός. Για να είναι δυνατή η αντιστοίχιση των συντεταγμένων κίνησης του οφθαλμού με το σύστημα μέτρησης της οθόνης προβολής της οπτικής σκηνής κατασκευάζεται μέσω αυτοβαθμονόμησης μια συνάρτηση μετασχηματισμού διαφορετική για κάθε παρατηρητή. Γίνεται επομένως δυνατή η καταγραφή του ίχνους οποιασδήποτε οπτικής αναζήτησης πάνω στην οπτική σκηνή της οθόνης.

Σημειώνεται ότι διατίθενται τρεις τρόποι για τον εντοπισμό του οπτικού κέντρου. Πρόκειται για τον εντοπισμό της κόρης του οφθαλμού, τον εντοπισμό της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς και τον εντοπισμό του διανύσματος μεταξύ των δύο παραπάνω.

4.2 Αυτοβαθμονόμηση συστήματος

Για την καταγραφή του ίχνους των οφθαλμικών κινήσεων πάνω στην οπτική σκηνή που προβάλλεται στην οθόνη είναι απαραίτητη η δημιουργία μιας συνάρτησης που να πραγματοποιεί την αντιστοίχιση των κινήσεων του ματιού σε συντεταγμένες εκφρασμένες στο επίπεδο της οθόνης. Η συνάρτηση μετασχηματισμού προσδιορίζεται ξεχωριστά για κάθε παρατηρητή μέσω της διαδικασίας της αυτοβαθμονόμησης. Κατά τη διαδικασία αυτή προβάλλονται διαδοχικά στόχοι γνωστών συντεταγμένων σχήματος τετράγωνου. Το βλέμμα του παρατηρητή επικεντρώνεται σε κάθε στόχο, το μέγεθος του οποίου μειώνεται σταδιακά. Το σύστημα εντοπίζει τη θέση του ματιού κατά την εστίαση στο στόχο και αντιστοιχεί σε αυτήν τις γνωστές συντεταγμένες οθόνης του στόχου αυτού. Οι στόχοι καλύπτουν θέσεις εξαπλωμένες σε όλη την έκταση της οθόνης προβολής ώστε η συνάρτηση που θα προκύψει να πραγματοποιεί έγκυρα το μετασχηματισμό για ολόκληρη την επιφάνεια της οπτικής σκηνής. Στο τέλος της διαδικασίας σχηματίζεται κανάβος για κάθε οφθαλμό με κορυφές τους στόχους αυτούς, ο οποίος επιτρέπει μια ποιοτική εκτίμηση της αυτοβαθμονόμησης που πραγματοποιήθηκε (Εικόνα 4.2). Εάν ο κανάβος έχει τετραγωνική μορφή (πλευρές παράλληλες και γωνίες ορθές) φανερώνει μια ποιοτικά καλή βαθμονόμηση. Σε περιπτώσεις που η μορφή του κανάβου απέχει πολύ από την τετραγωνική, το αποτέλεσμα απορρίπτεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται ως μη ικανοποιητική αυτοβαθμονόμηση.



Εικόνα 4.2: Περίπτωση αυτοβαθμονόμησης που πραγματοποιήθηκε επιτυχώς για το μάτι Β και ανεπιτυχώς για το μάτι Α (χάθηκε ένας στόχος).

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα ορισμού ορισμένων παραμέτρων για τη διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης ανάλογα με την ακρίβεια και το αποτέλεσμα που επιθυμεί. Οι παράμετροι

αυτές είναι:

- ◆ Ο συνολικός αριθμός των προβαλλόμενων στόχων (δυνατότητα επιλογής μεταξύ 6, 9, 12, 16, 20, 25, 30, 36, 42, 49, 56, 64 και 72 στόχων).
- ◆ Η απόχρωση των στόχων (δυνατότητα επιλογής μέσω του χρωματικού προτύπου RGB).
- ◆ Η απόχρωση του υποβάθρου στο οποίο προβάλλονται οι στόχοι (δυνατότητα επιλογής μέσω του χρωματικού προτύπου RGB).
- ◆ Η σειρά εμφάνισης των στόχων.
- ◆ Η διάρκεια εμφάνισης κάθε στόχου.
- ◆ Η χρονική διαφορά μεταξύ των τετραγώνων που απαρτίζουν ένα στόχο (κατά τη διάρκεια που αυτός συρρικνώνεται).

4.3 Σύστημα συντεταγμένων

Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιεί το σύστημα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων έχει ορισμένες ιδιομορφίες. Η αρχή του συστήματος (0,0) είναι η πάνω αριστερή γωνία της οθόνης. Ο άξονας των τετμημένων x έχει θετική φορά προς τα δεξιά και ο άξονας των τεταγμένων y έχει φορά προς τα κάτω. Το κάτω δεξιά άκρο της οθόνης λαμβάνει τη μέγιστη τιμή (1,1).

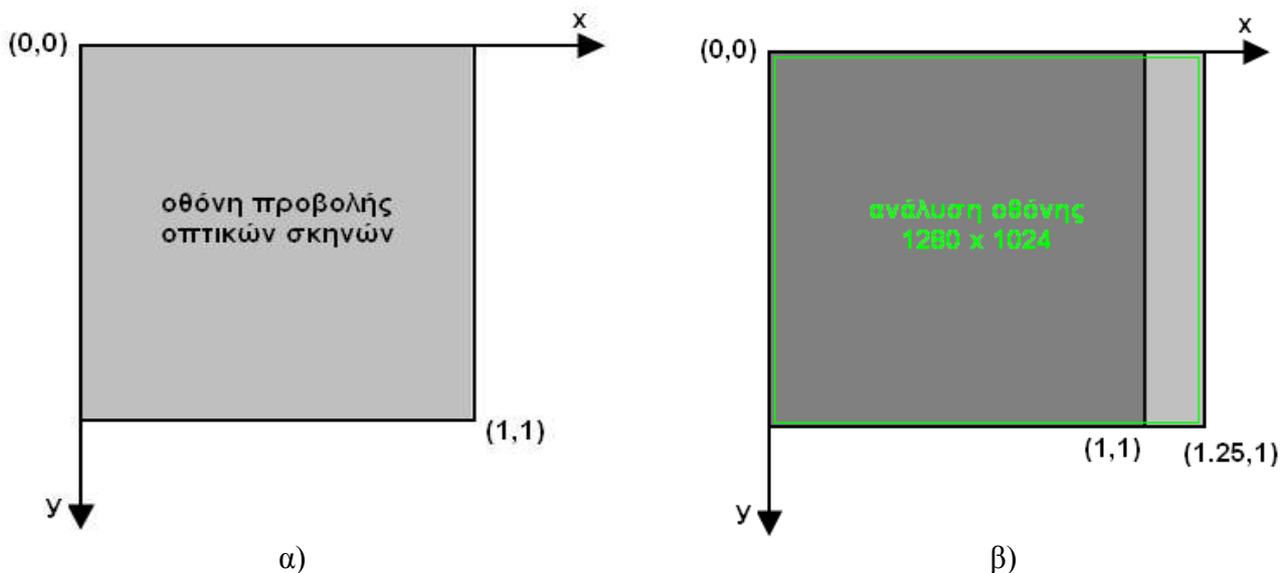
Για να είναι χρηστικά τα δεδομένα που καταγράφει το σύστημα πρέπει να αναχθούν κατάλληλα στο σύστημα της οθόνης (Εικόνα 4.3). Η συγκεκριμένη οθόνη έχει ανάλυση 1280x1024 pixels. Αυτό σημαίνει ότι το πρώτο εικονοστοιχείο (pixel) πάνω αριστερά έχει την τιμή (1,1) και το εικονοστοιχείο (pixel) κάτω δεξιά την τιμή (1024,1280). Λόγω των αναλογιών της ανάλυσης της οθόνης απαιτείται μετασχηματισμός κατά τις τετμημένες x σύμφωνα με τη σχέση:

$$x' = (1280/1024) * x = 1,25 * x$$

Για τις τεταγμένες y δεν απαιτείται ανάλογος μετασχηματισμός.

Η τελική σχέση που συνδέει τις συντεταγμένες του συστήματος με τα εικονοστοιχεία του συστήματος της οθόνης είναι:

$$(i,j) = 1024 * (x',y)$$



Εικόνα 4.3: Το σύστημα συντεταγμένων του Viewpoint Eye Tracker (α), Μετασχηματισμός του συστήματος για προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης (β).

Πηγή: Κρασανάκης 2009

4.4 Μεγέθη καταγραφής

Το σύστημα καταγράφει τις οφθαλμικές κινήσεις και τις αποθηκεύει σε αρχείο τύπου ASCII ξεχωριστό για κάθε παρατηρητή. Πέρα από τις αρχικές αναφορές (ημερομηνία, ώρα κτλ.), το αρχείο περιέχει τις τιμές που καταγράφονται σε κάθε μέτρηση (οι μετρήσεις γίνονται ανά 33 ms περίπου) για τα παρακάτω μεγέθη:

- ◆ Συνολικός χρόνος (sec) από τη δημιουργία του αρχείου μέχρι τη χρονική στιγμή της καταγραφής (Total Time).
- ◆ Χρονικό διάστημα (msec) που μεσολάβησε από τη προηγούμενη καταγραφή (Delta Time).
- ◆ Συντεταγμένες x, y ως προς σύστημα συντεταγμένων του συστήματος για τη θέση του ματιού στην οπτική σκηνή εκείνη τη χρονική στιγμή (X_Gaze, Y_Gaze).
- ◆ Περιοχή ενδιαφέροντος (Region of Interest) στην οποία ανήκει το σημείο καταγραφής (Region)
- ◆ Εύρος της κόρης του παρατηρητή κανονικοποιημένο ως προς το εύρος του παραθύρου καταγραφής βίντεο (Pupil Width).
- ◆ Λόγος των διαστάσεων των εφαπτόμενων πλευρών στην κόρη του παρατηρητή (Pupil Aspect).
- ◆ Δείκτης για την ποιότητα καταγραφής (Quality). Λαμβάνει ακέραιες τιμές από 1 μέχρι 5 με την τιμή 1 να υποδηλώνει επιτυχή καταγραφή.
- ◆ Διάρκεια επικέντρωσης της προσοχής (Fixation).
- ◆ Στρέψη του οφθαλμού (Torsion).
- ◆ Αύξων αριθμός του σημείου.

Στο αρχείο είναι εμφανής ο διαχωρισμός των καταγραφών ανάλογα με την εικόνα που προβαλλόταν κάθε φορά στην οθόνη προβολής.

4.5 Έλεγχος ποιότητας δεδομένων

Η εγκυρότητα των συμπερασμάτων ενός πειράματος κρίνεται σε μεγάλο βαθμό από την εγκυρότητα των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Είναι απαραίτητη η εκτίμηση της ποιότητας των δεδομένων ώστε αυτά είτε να απορριφθούν είτε να συμπεριληφθούν με αυξημένη ή μειωμένη βαρύτητα στην έρευνα.

4.5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια

Όσον αφορά την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των μετρήσεων μπορούν να αφορούν (Holmqvist et al., 2012):

- ◆ Τον παρατηρητή. Ο παρατηρητής μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα των καταγραφών. Αρχικά, χαρακτηριστικά του παρατηρητή (φυσιολογίας ή άλλα) επηρεάζουν τον επιτυχή διαχωρισμό της κόρης και εντοπισμό της θέσης του οφθαλμού. Αυτά τυχαίνει να είναι διαφορετικοί τύποι απόχρωσης οφθαλμών, κατεύθυνση και μέγεθος βλεφαρίδων, φακοί επαφής, γυαλιά οράσεως, σκούροι τόνοι γύρω από το μάτι φυσικοί ή λόγω χρήσης καλλυντικών (πχ βαμμένες βλεφαρίδες). Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει η ψυχολογία και οι γνώσεις του παρατηρητή, αν είναι εξοικειωμένος με τη διαδικασία ή το περιεχόμενο του πειράματος, αν ακολουθεί εύκολα τις οδηγίες, αν παραμένει ακίνητος καθ' όλη τη διάρκεια, αν αφαιρείται κτλ.

- ◆ Τον χειριστή. Ο χειριστής συνδράμει στην καλή ποιότητα των δεδομένων ανάλογα με την εξοικείωση και την εμπειρία του. Είναι υπεύθυνος για τη σωστή τοποθέτηση των καμερών, την έγκριση ή απόρριψη της αυτοβαθμονόμησης, τον τρόπο με τον οποίο θα δώσει οδηγίες στον παρατηρητή κτλ.
- ◆ Το σύστημα καταγραφής. Τόσο το τεχνικό μέρος (κάμερες, σύστημα πρόσδεσης κτλ) όσο και το λογισμικό του συστήματος είναι υπεύθυνα για την ποιότητα καταγραφής. Αυτό αφορά την ανάλυση της κάμερας, τους αλγόριθμους κατάτμησης για τον εντοπισμό του κέντρου του οφθαλμού, τη συχνότητα δειγματοληψίας και άλλα. Θεωρείται δεδομένο ότι ο εξοπλισμός δεν έχει την οποιαδήποτε τεχνική βλάβη.
- ◆ Την εργασία. Σε περίπτωση που ο παρατηρητής είναι υποχρεωμένος να κινηθεί λόγω της φύσης της εργασίας ή και απλά ανοιγοκλείνει συνεχώς τα μάτια του προκαλείται αποσταθεροποίηση του συστήματος και απώλεια δεδομένων. Ο βλεφαρισμός είναι δυνατόν να μοντελοποιηθεί ως οφθαλμικό γεγονός ώστε να λαμβάνεται υπόψιν.
- ◆ Το περιβάλλον. Το περιβάλλον επηρεάζει την ποιότητα ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες φωτισμού, τυχόν κραδασμούς καθώς και την παρουσία αντικείμενων που μπορούν να αποσπούν την προσοχή του παρατηρητή από την εργασία του.
- ◆ Τη γεωμετρία. Η γεωμετρία κάμερας, φωτοδιόδου, οφθαλμού και οθόνης προβολής είναι καθοριστική για την ποιότητα των αποτελεσμάτων.

4.5.2 Ορισμός της ποιότητας

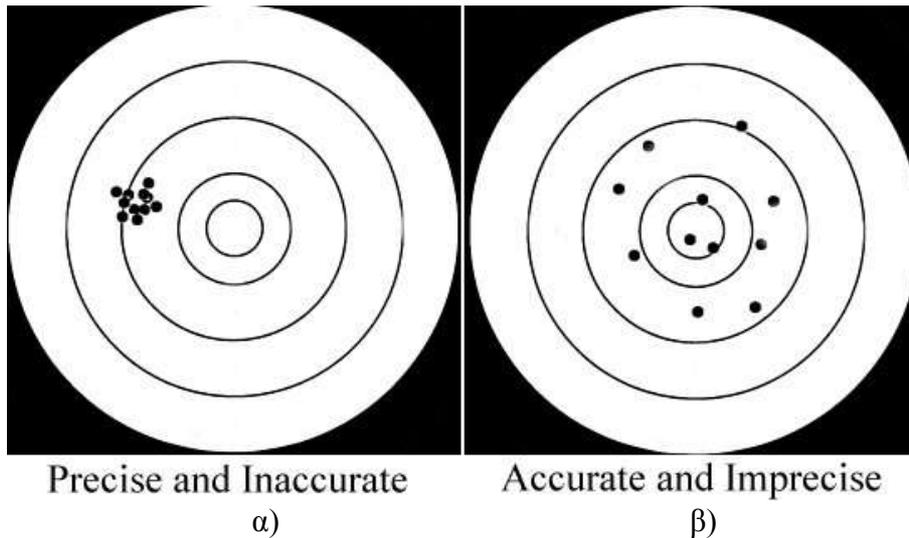
Η θέση του οφθαλμού που καταγράφει το σύστημα δεν μπορεί ποτέ να είναι η αληθινή. Ως ποιότητα της μέτρησης ορίζεται η χωρική και χρονική διαφορά μεταξύ της πραγματικότητας και της καταγραφής. Με τον όρο χωρική ορθότητα αναφέρεται η διαφορά μεταξύ της πραγματικής και της καταγεγραμμένης θέσης του ματιού, ενώ αντίστοιχα ως χρονική ορθότητα αναφέρεται η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική χρονική στιγμή που έγινε μία οφθαλμική κίνηση και στη χρονική στιγμή που καταγράφηκε από το σύστημα.

Κατά την πραγματοποίηση ενός πειράματος σπάνια λαμβάνεται μία μόνο μέτρηση. Συνηθέστερα η περίπτωση αφορά ένα δείγμα μετρήσεων. Στην περίπτωση αυτή υπεισέρχεται ο όρος της ακρίβειας (χωρικής και χρονικής) που αφορά την ικανότητα του συστήματος να αναπαράγει αξιόπιστα μία μέτρηση ή διαφορετικά το πόσο κοντά βρίσκονται μεταξύ τους οι μετρήσεις του δείγματος. Η χωρική ακρίβεια εκφράζεται μέσω δύο συνήθων μαθηματικών μεγεθών, την τυπική απόκλιση (Standard Deviation, s_x) και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (Root Mean Square, θ_{RMS}). Παρακάτω φαίνονται οι σχέσεις υπολογισμού των δύο μεγεθών για πλήθος δείγματος n (x_{avg} ο μέσος όρος των μετρήσεων, x_i η τιμή κάθε μέτρησης και θ_i η γωνιακές αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών δειγμάτων). Οι δύο δείκτες εκφράζουν εξ ορισμού διαφορετικούς παράγοντες της ακρίβειας.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \hat{x}_{avg})^2}$$

$$\theta_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i^2} = \sqrt{\frac{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \dots + \theta_n^2}{n}}$$

Η χαμηλή ακρίβεια οφείλεται συνήθως σε τεχνικούς παράγοντες που αφορούν την ποιότητα της κάμερας καταγραφής και τους αλγόριθμους για τον εντοπισμό του κέντρου της κόρης και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς. Στην Εικόνα 4.4 απεικονίζονται δύο δείγματα όπου το πρώτο έχει υψηλή ακρίβεια (αριστερά) ενώ το δεύτερο υψηλή ορθότητα (δεξιά).



Εικόνα 4.4: Διαφορά ορθότητας- ακρίβειας α) ακρίβεια αλλά όχι ορθότητα, β) ορθότητα αλλά όχι ακρίβεια
 Πηγή: <http://www.uh.edu/engines/epi1742.htm>

Για να συμπεριληφθεί μία μέτρηση στην έρευνα είναι απαραίτητο να καλύπτει κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις σε ορθότητα και ακρίβεια. Στην περίπτωση της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων έγκυρα χαρακτηρίζονται τα δεδομένα των οποίων οι τιμές τους βρίσκονται εντός των ορίων του εύρους καταγραφής της συσκευής και είναι σύμφωνες με τη λογική όσο τα χαρακτηριστικά του οφθαλμού ανιχνεύονται και τα βλέφαρα είναι ανοιχτά (Holmqvist et al., 2012). Το ποσοστό των έγκυρων καταγραφών είναι ενδεικτικό της ποιότητας του εξοπλισμού, των συνθηκών και των υπολοίπων παραγόντων που επηρεάζουν την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Όταν το ποσοστό των άκυρων καταγραφών ξεπερνά ένα όριο (πχ. 20% για ορισμένους ερευνητές) το δείγμα πρέπει να απορρίπτεται καθώς αμφισβητείται πλέον η αντιπροσωπευτικότητα του.

4.5.3 Έλεγχος της βαθμονόμησης

Η αυτοβαθμονόμηση πραγματοποιείται με στόχο την εύρεση της συνάρτησης που μετασχηματίζει τις θέσεις του ματιού που καταγράφονται από την κάμερα σε συντεταγμένες οθόνης πάνω στην οποία προβάλλεται η οπτική σκηνή. Η διαδικασία που ακολουθείται συνίσταται στην παρατήρηση από το υποκείμενο του πειράματος μιας αλληλουχίας σταθερών στόχων γνωστών συντεταγμένων. Η λήψη της απόφασης για το ποια προσήλωση του παρατηρητή αντιστοιχεί στη θέση του στόχου μπορεί να λαμβάνεται αυτόματα από το σύστημα ή χειροκίνητα από τον χειριστή ή τον ίδιο τον παρατηρητή (Nyström et al., 2013).

- ◆ Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από το σύστημα. Στην περίπτωση αυτή αποφασίζει αυτόματα το σύστημα για τη στιγμή που ο οφθαλμός είναι επικεντρωμένος στο στόχο με το σκεπτικό ότι μένει ακίνητος στη θέση αυτή για κάποιο χρονικό διάστημα. Στο τέλος της διαδικασίας ο χειριστής ή ο παρατηρητής επιβεβαιώνουν την εγκυρότητα της βαθμονόμησης ,διαφορετικά προχωρούν σε επανάληψη ή μερική διόρθωσή της. Η μέθοδος είναι γρήγορη και εύκολη αλλά ταυτόχρονα εισάγονται προβλήματα καθώς δεν μπορεί να ελεγχθεί ότι τη στιγμή που θεωρείται ότι το μάτι είναι προσηλωμένο στο στόχο αυτό είναι όντως ακίνητο.
- ◆ Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από το χειριστή. Ο χειριστής αναλαμβάνει να προβάλλει τον κάθε στόχο στον παρατηρητή και να αποφασίσει τότε ο οφθαλμός είναι προσηλωμένος στο στόχο και η θέση του σωστά ανιχνεύσιμη. Ο εντοπισμός του ματιού φαίνεται στην κύρια

οθόνη του χειριστή όπου προβάλλεται η εικόνα που στέλνει η κάμερα. Ο χειριστής έχει δυνατότητα επέμβασης σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας και μπορεί να εξασφαλίσει με σιγουριά τις δύο παραπάνω συνθήκες, ότι το μάτι είναι ανιχνεύσιμο και ακίνητο, επικεντρωμένο στο στόχο. Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι είναι χρονοβόρα και απαιτεί έμπειρους χειριστές. Επιπλέον, η εξοικείωση του παρατηρητή με τη διαδικασία έχει ως συνέπεια να προβλέπει τους επόμενους στόχους και να μετακινεί πρόωρα το βλέμμα του σε αυτούς.

- ◆ Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από τον παρατηρητή. Με τη μέθοδο αυτή ο παρατηρητής αποφασίζει από μόνος του τη στιγμή που είναι επικεντρωμένο το βλέμμα του στο στόχο και με χρήση του ποντικιού προχωρά στον επόμενο. Η διαδικασία μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλών ή χαμηλών ακριβειών καθώς εξαρτάται από τον κάθε παρατηρητή ξεχωριστά και υπεισέρχεται ο παράγοντας της υποκειμενικότητας της κρίσης έκαστου παρατηρητή.

4.5.4 Ποσοτική εκτίμηση της ποιότητας

Η αυτοβαθμονόμηση που πραγματοποιεί το σύστημα δίδει τη δυνατότητα αποκλειστικά για μια ποιοτική εκτίμηση της διαδικασίας μέσω του κανάβου που δημιουργείται στο τέλος της διαδικασίας. Για να μετρηθεί κατά το δυνατόν η ποιότητα των καταγραφών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δύο παρακάτω μέθοδοι, η χρήση τεχνητών οφθαλμών και η προβολή στόχων σε πραγματικούς παρατηρητές (Holmqvist et al., 2012).

Χρήση τεχνητών οφθαλμών

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην τοποθέτηση στη θέση όπου βρισκόντουσαν οι οφθαλμοί του παρατηρητή που πραγματοποίησε τη βαθμονόμηση ζεύγους τεχνητών ματιών. Οι οφθαλμοί αυτοί είναι εντελώς ακίνητοι και απαλλαγμένοι από τις μικροκινήσεις που πραγματοποιούνται κατά τις προσηλώσεις (τρέμουλο, μικροσακκαδικές κινήσεις, κινήσεις διολίσθησης). Αφού ρυθμιστεί η θέση και η κατεύθυνση του βλέμματος τους προς την περιοχή βαθμονόμησης ξεκινούν οι εγγραφές. Μετά το τέλος των εγγραφών υπολογίζονται οι διευθύνσεις της κίνησης. Υπολογίζεται τέλος, η τυπική απόκλιση και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μίας σειράς δειγμάτων ώστε να υπάρξει μια εκτίμηση της ακρίβειας.

Επικύρωση της βαθμονόμησης μέσω της προβολής στόχων σε πραγματικούς παρατηρητές

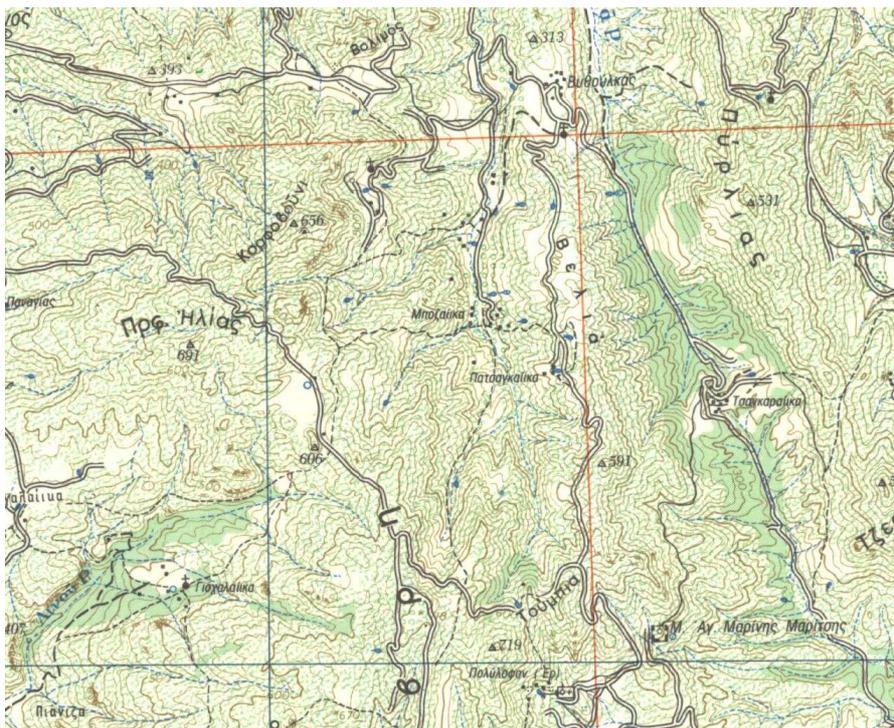
Η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτή της αυτοβαθμονόμησης που πραγματοποιεί το σύστημα. Προβάλλονται στον παρατηρητή μεταξύ των οπτικών σκηνών στόχοι γνωστών συντεταγμένων στους οποίους πρέπει να επικεντρώσει το βλέμμα του. Γίνεται με τον τρόπο αυτό έλεγχος της αυτοβαθμονόμησης καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Απαιτείται η χρήση ενός αλγορίθμου που να ανιχνεύει τις προσηλώσεις και να τις ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες οφθαλμικές κινήσεις. Οι προσηλώσεις ταυτοποιούνται στη συνέχεια με το στόχο στον οποίο αναφέρονται και επιλέγεται αυτή που ανταποκρίνεται καλύτερα στη συγκεκριμένη θέση. Η ακρίβεια της διαδικασίας εξαρτάται από παραμέτρους όπως το χρώμα και το μέγεθος των στόχων, το σχήμα τους, η διάταξή τους, ο αριθμός τους, το χρώμα του υποβάθρου καθώς και από τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των προσηλώσεων. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη και οδηγεί σε επικύρωση της αυτοβαθμονόμησης που πραγματοποιεί το σύστημα (σε αντίθετη περίπτωση τα δεδομένα απορρίπτονται). Πρέπει να εφαρμόζεται πριν και μετά την προβολή των εικόνων του πειράματος (Κρασανάκης, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ο σχεδιασμός του πειράματος περιλαμβάνει την αρχική ψηφιοποίηση του χαρτογραφικού υπόβαθρου, την παραγωγή των τριών χαρτών διαφορετικής έντασης, τη δημιουργία των οπτικών σκηνών που αποτελούνται από τον κινούμενο στόχο σε συνδυασμό με έναν από τους τρεις χάρτες, τη δημιουργία του κώδικα του προγράμματος, την επιλογή μεθόδου ελέγχου της βαθμονόμησης και τη ρύθμιση των εξωτερικών παραγόντων. Παρουσιάζεται τελικά η ολοκληρωμένη μορφή που έλαβε το πείραμα.

5.1 Χαρτογραφικό υπόβαθρο

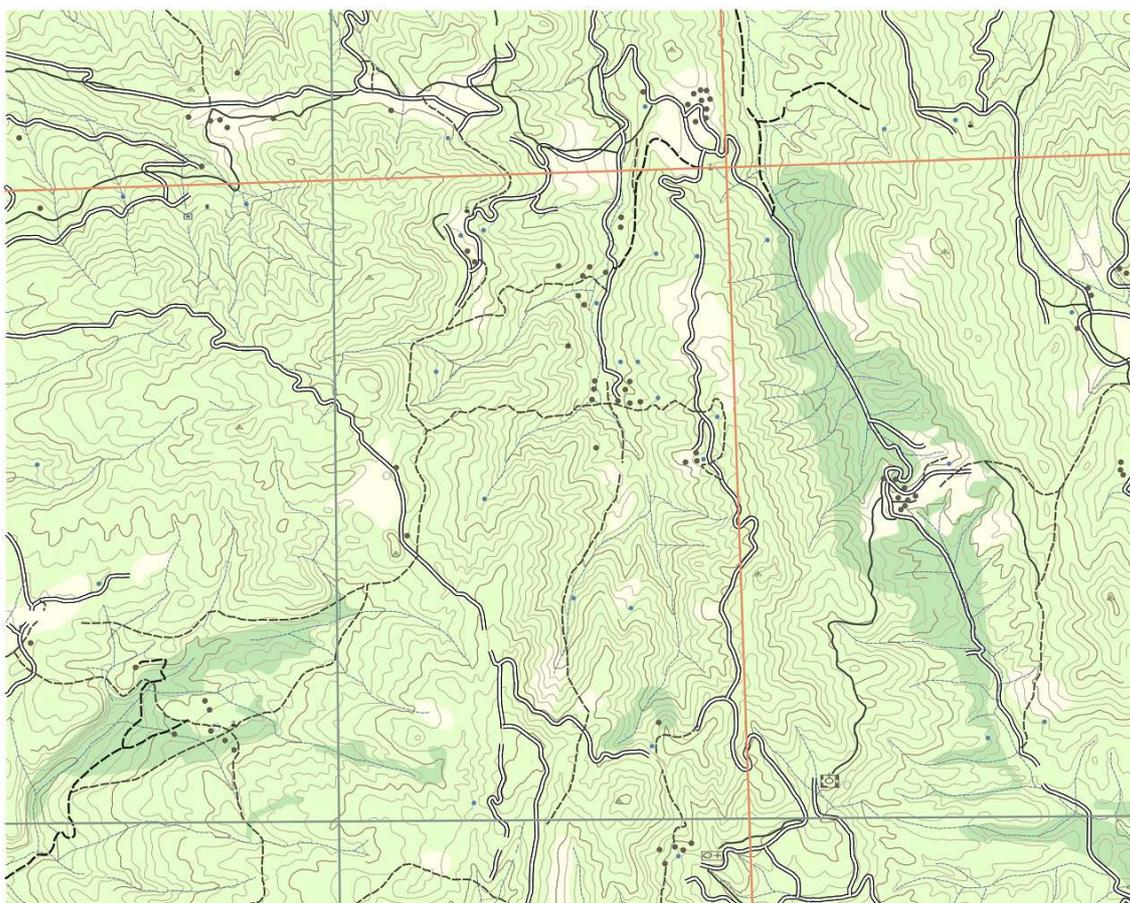
Πηγή για τους χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα αποτέλεσε απόσπασμα χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) κλίμακας 1:50.000 της περιοχής της Πάτρας (Εικόνα 5.1). Ο αρχικός χάρτης ήταν σε μορφή raster με διαστάσεις 1280x1024 pixels όσο ακριβώς και οι διαστάσεις της δευτερεύουσας οθόνης του συστήματος στην οποία γίνεται η προβολή των οπτικών σκηνών. Στο απόσπασμα παρουσιάζεται ποικιλία γεωγραφικής πληροφορίας όπως ισοϋψείς καμπύλες, οδικό δίκτυο, μονοπάτια, εκκλησίες, οικισμοί, υδρογραφικό δίκτυο και άλλα. Καθώς για τη διεξαγωγή του πειράματος κρίθηκε απαραίτητη η σταδιακή επεξεργασία του πλήθους και του είδους της πληροφορίας που θα απεικονίζεται την εκάστοτε φορά, υπήρξε αναγκαία η ψηφιοποίηση του αρχικού χάρτη και η δημιουργία διαφορετικού επιπέδου (layer) σε διανυσματική (vector) μορφή για την κάθε ξεχωριστή κατηγορία οντοτήτων.



Εικόνα 5.1: Αρχικό απόσπασμα χάρτη ΓΥΣ

Η ψηφιοποίηση πραγματοποιήθηκε χειροκίνητα με την εισαγωγή της αρχικής εικόνας στο περιβάλλον του προγράμματος Qgis. Δημιουργήθηκαν εννέα γραμμικά (κύριες ισοϋψείς, δευτερεύουσες ισοϋψείς, υδρογραφικό δίκτυο, τέσσερις κατηγορίες οδών, δύο κάναβοι), εννέα σημειακά (οικίες, μονές, ξωκλήσια, πηγές, πηγάδια, κρήνες, τριγωνομετρικά σημεία, υψομετρικά σημεία, νεκροταφεία), και τρία επιφανειακά (διαφορετικά είδη εδαφικής κάλυψης) επίπεδα

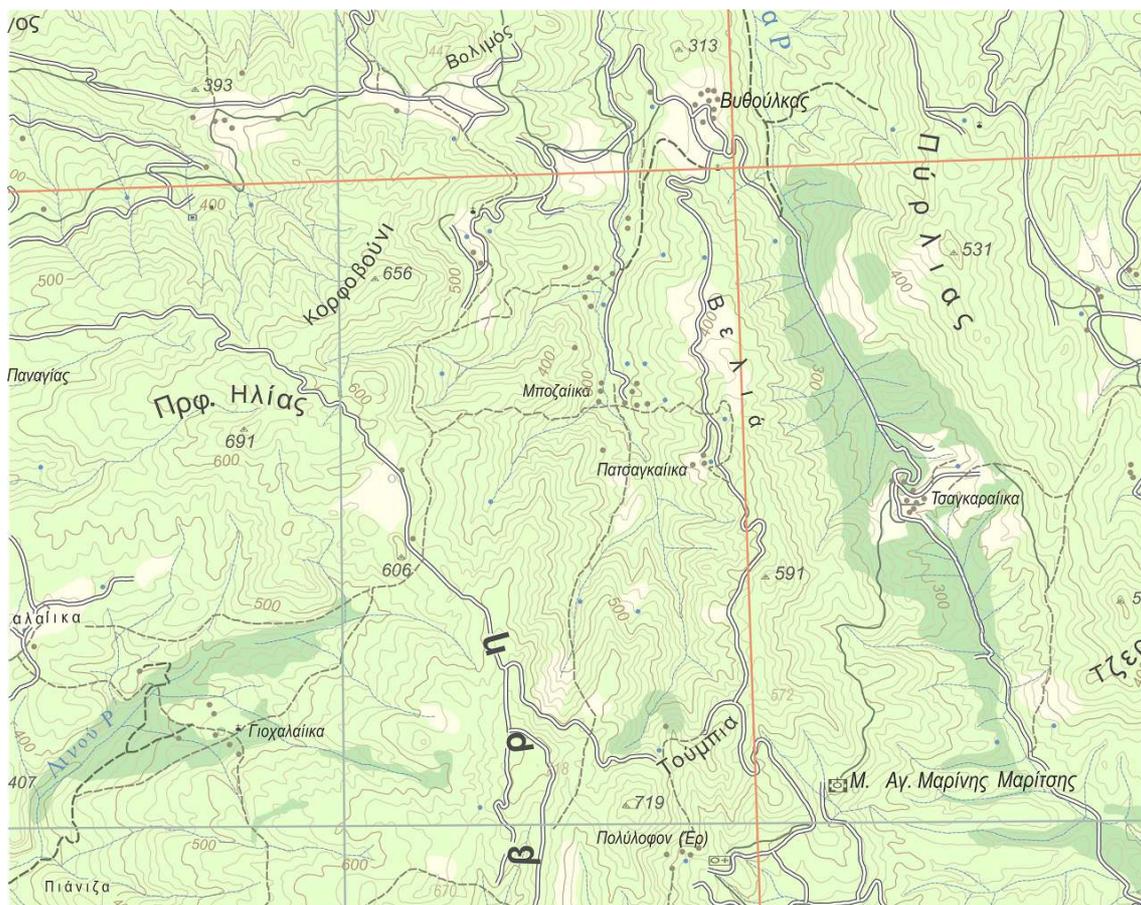
πληροφορίας. Το πάχος και η απόχρωση των γραμμικών συμβόλων επιλέχθηκαν έτσι ώστε να ταυτίζονται κατά το δυνατόν με αυτά του αρχικού χάρτη. Το ίδιο ισχύει και για το χρώμα και το μέγεθος των σημειακών συμβόλων. Ορισμένα σύμβολα (μονές, νεκροταφεία, ζωκλήσια, κρήνες και τριγωνομετρικά σημεία) που δεν ήταν διαθέσιμα στη βιβλιοθήκη του Qgis σχεδιάστηκαν ξεχωριστά και εισήχθησαν στο πρόγραμμα με τη μορφή αρχείων τύπου svg. Όσον αφορά τα επιφανειακά σύμβολα επιλέχθηκε η κατάλληλη απόχρωση για τα δύο συμπαγή πολύγωνα ενώ για το τρίτο είδος κάλυψης δε στάθηκε δυνατή η μίμηση του αρχικού αφηρημένου μοτίβου και επιλέχθηκε απόχρωση που να προσεγγίζει οπτικά την αρχική εικόνα. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2: Ψηφιοποίηση του χαρτογραφικού υπόβαθρου στο Qgis

Ο αρχικός χάρτης εισήχθη και στο πρόγραμμα Inkscape στο οποίο σχεδιάστηκε η ονοματολογία (Εικόνα 5.3). Κάθε λέξη απέκτησε το χρώμα, το μέγεθος, το διάκενο, την γραμματοσειρά και τη περιστροφή που απαιτούνταν ώστε να αναπαράγεται πιστά η πρωταρχική εικόνα.

Για τις ανάγκες του πειράματος απαιτήθηκε η αλλαγή της έντασης του χάρτη και η δημιουργία δύο νέων χαρτών με ενισχυμένη φωτεινότητα κατά 35% και 70% αντίστοιχα (Εικόνες 5.5 και 5.6). Δημιουργήθηκαν δύο νέοι διανυσματικοί χάρτες στο Qgis ίδιοι με τον αρχικό, με μόνη διαφορά την αλλαγή της έντασης της απόχρωσης (value στο HSV σύστημα). Συγκεκριμένα η τιμή value (πεδίο τιμών 0-255) αυξήθηκε με αναγωγή στο 255 κατά 35% και 70% ($\text{newvalue}=(255-\text{value}) * 0,35 + \text{value}$ & $\text{newvalue}=(255-\text{value}) * 0,70 + \text{value}$). Οι αποχρώσεις των επιφανειακών συμβόλων διατηρήθηκαν σκόπιμα σταθερές, ενώ των συμβόλων svg δε δύναται να αλλάξουν. Η ένταση των δύο κανάβων δεν μεταβλήθηκε ακολουθώντας την παραπάνω σχέση αλλά με γνώμονα ποιοτικά κριτήρια που αφορούν το τελικό οπτικό αποτέλεσμα. Στους Πίνακες 5.1 και 5.2 φαίνονται οι τιμές των αποχρώσεων (σύστημα RGB και HSV) όλων των layers του αρχικού ψηφιακού χάρτη και των δύο χαρτών διαφορετικής έντασης. Οι δύο χάρτες ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω εξήχθησαν σε μορφή bmp από το Qgis και εισήχθησαν στο Inkscape όπου έπειτα από αντίστοιχη αλλαγή της έντασης και στην ονοματολογία προέκυψαν οι τελικές εικόνες σε bmp.



Εικόνα 5.5: Χάρτης για μεταβολή έντασης κατά 35%

επιφανείας βατή με καλό ή ξηρό καιρό							
Πηγή	mple_kykloi	94	131	167	209	111	167
Τριγωνομετρικό σημείο	trigwnometrika	0	0	0	0	0	0
Δευτερεύουσες ισοϋψείς	deutereuouses_isoypseis	189	182	152	48	50	189
Κύριες ισοϋψείς	kyries_isoypseis	160	142	112	37	76	160
Φρέαρ	ciel_kykloi	127	156	162	190	55	162
Χέρσο	pol_beige	255	254	232	57	23	255
Δάσος	pol_green	192	230	179	104	56	230
Θάμνοι	pol_kyrio	222	255	184	87	71	255

Πίνακας 5.2: Τιμές αποχρώσεων για τους χάρτες που έχουν υποστεί μεταβολή έντασης κατά 35% και 70%

Layers	Μεταβολή έντασης κατά 35%						Μεταβολή έντασης κατά 70%					
	R	G	B	H	S	V	R	G	B	H	S	V
kannabos_red	238	151	110	19	137	238	247	156	114	18	137	247
kannabos_ble	170	189	177	142	25	189	171	190	178	142	25	190
ypsometrika	218	212	187	120	130	218	238	189	150	48	62	198
spitia	155	146	126	41	47	155	209	209	209	0	0	209
ciel_tetragwno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
xswklhsia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
diakekomeni_xondri	102	114	91	91	51	114	171	190	151	89	52	190
diakekomeni_lepth	141	139	120	54	38	141	202	200	172	56	38	202
mauri_grammi	117	136	117	120	35	136	173	200	173	120	34	200
mones2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mones1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
potamia	114	142	187	216	99	187	136	169	223	217	99	223
dromos	89	89	89	0	0	89	178	178	178	0	0	178
mple_kykloi	111	156	197	208	111	197	129	180	228	209	111	228
trigwnometrika	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
deutereuouses_isoypseis	212	204	171	48	49	212	235	226	189	48	50	235
kyries_isoypseis	193	171	136	36	75	193	226	200	159	26	75	226
ciel_kykloi	172	191	195	213	125	195	217	225	227	236	195	227
pol_beige	255	254	232	57	23	255	255	254	232	57	23	255
pol_green	192	230	179	104	56	230	192	230	179	104	56	230
pol_kyrio	222	255	184	87	71	255	222	255	184	87	71	255

5.2 Στόχος

Σε επόμενο στάδιο έγινε ο σχεδιασμός του είδους και του αριθμού των μετακινήσεων που θα εξετάζει το πείραμα. Για τη δυνατότητα σύγκρισης με προηγούμενα πειράματα από τα οποία προερχόταν και το αρχικό (raster) χαρτογραφικό υπόβαθρο (Λόκκα 2013 & Λέλλη 2013) το σχήμα και μέγεθος του κινούμενου στόχου διατηρήθηκε ίδιο δηλαδή μαύρος κύκλος μεγέθους 15 pixels. Το κυκλικό σχήμα επιλέχθηκε για την αποφυγή απολήξεων, οι οποίες δύναται να ελκύουν την προσοχή (Wolfe & Horowitz, 2004). Ομοίως το μαύρο χρώμα προσεγγίζει το χρώμα της ήδη υπάρχουσας γεωγραφικής πληροφορίας χωρίς να ξεχωρίζει. Το μέγεθος του στόχου δεδομένης της απόστασης του παρατηρητή (σταθερή στα 60cm) και της διακριτικής ικανότητας του ανθρώπινου ματιού θα έπρεπε να ξεπερνά τα 0,7mm (3 pixels στην οθόνη ανάλυσης 1280x1024 pixels). Η επιλογή των 15 pixels προκύπτει ως προσπάθεια αντιστοιχίας του μεγέθους του στόχου στις διαστάσεις των υπολοίπων σημειακών συμβόλων. Όλες οι παραπάνω επιλογές αφορούν στην αποφυγή της άμεσης διάκρισης του στόχου από τον παρατηρητή (pop-out effect) και της ενσωμάτωσης του στο υπόβαθρο.

5.3 Μετακινήσεις

Κάθε οπτική σκηνή του πειράματος περιλαμβάνει ως υπόβαθρο έναν από τους τρεις χάρτες (0, 30 και 70% ενίσχυση φωτεινότητας) και έναν στόχο σε διαφορετική κάθε φορά θέση. Η αλληλουχία των οπτικών σκηνών έχει ως αποτέλεσμα οι μετακινήσεις να διαφέρουν ως προς το μέγεθος (απόσταση), το χρόνο μέσα στον οποίο πραγματοποιούνται και την ένταση του υποβάθρου. Από αυτές τις μεταβλητές η ένταση και η διάρκεια είναι αυτές που εξετάζονται από το συγκεκριμένο πείραμα. Όσον αφορά το μέγεθος θεωρείται ότι έχει εξεταστεί σε προηγούμενο πείραμα (Λόκκα 2013 & Λέλλη 2013) και η σημασία του έχει αποδειχθεί. Στην παρούσα διαδικασία λαμβάνει τυχαίες τιμές που καλύπτουν όλο το δυνατό εύρος τιμών. Η μέγιστη μετακίνηση που δύναται να πραγματοποιηθεί είναι όσο η διάμετρος της οθόνης δηλαδή 1640 pixels. Τελικώς το μέγεθος λαμβάνει τιμή μεταξύ 80 και 1540 pixels.

Η επιλογή της διάρκειας προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενο πείραμα (Λόκκα 2013 & Λέλλη 2013). Στο πείραμα αυτό προέκυψαν κάποια όρια ως προς τη δυνατότητα αντίληψης από τον παρατηρητή των διαφόρων μετακινήσεων. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι για διάρκεια μετακίνησης από 0,8sec και άνω και τα τρία είδη μεγέθους μετακινήσεων γίνονται αντιληπτά. Αντίστοιχα για χρόνο κάτω από τα 0,15sec καμία μετακίνηση δε μπορεί να παρατηρηθεί από το υποκείμενο. Οι τιμές αυτές ορίζουν ένα κρίσιμο διάστημα μεταξύ 200-750 msec κατά το οποίο μια μετακίνηση μπορεί να γίνει αντιληπτή ή μη. Δεδομένου ότι ήταν επιθυμητό στο νέο πείραμα να υπάρχουν οι ίδιες χρονικές διάρκειες τρεις φορές για το χάρτη κάθε έντασης και με γνώμονα ότι το λογισμικό του προγράμματος EyeTracker δύναται να συμπεριλάβει το μέγιστο αριθμό των 62 εικόνων εκ των οποίων οι δέκα θα περιλάμβαναν τους στόχους για τον έλεγχο της βαθμονόμησης προκύπτει η διαίρεση του παραπάνω κρίσιμου διαστήματος δια 4 ώστε να προκύψουν πέντε διαφορετικές διάρκειες: 200, 337,5, 475, 612,5 και 750 msec. Πιο αναλυτικά αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι ο αριθμός των χαρτών είναι 3 και ο αριθμός των διαφορετικών μετακινήσεων επίσης 3, άρα $3*3=9$ διαφορετικές εικόνες που με τον περιορισμό των 52 καρτέ (62-10) δίνουν τη δυνατότητα για 5 ($52/9= 5,78$) διαφορετικές διάρκειες ώστε κάθε μετακίνηση σε χρόνο και ένταση χάρτη να επαναλαμβάνεται για τρεις διαφορετικού μεγέθους μετακινήσεις.

Κάθε οπτική σκηνή περιλαμβάνει ένα από τα τρία χαρτογραφικά υπόβαθρα συν ένα στόχο (σταθερής έντασης ανεξάρτητα με την ένταση του χάρτη) σε συγκεκριμένη θέση κάθε φορά. Οι συνδυασμοί των τριών χαρτών διαφορετικής έντασης (αρχικός, 35%, 70%) με τρεις διαφορετικές

μετακινήσεις τυχαίου μεγέθους για πέντε διαφορετικές χρονικές διάρκειες (200, 337,5, 475, 612,5, 750msec) συνεπάγονται 45 διαφορετικές μετακινήσεις οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε 46 διαφορετικές οπτικές σκηνές. Η αλληλουχία των παραπάνω συνδυασμών κατά την πειραματική διαδικασία είναι καθαρά τυχαία. Σημειώνεται ότι ως μέγεθος της μετακίνησης μιας αλληλουχίας δύο εικόνων λαμβάνεται η απόσταση μεταξύ του στόχου στο πρώτο και του στόχου στο δεύτερο καρέ, ενώ ως χρονική διάρκεια της μετακίνησης λαμβάνεται ο χρόνος προβολής του δεύτερου καρέ.

Ο σχεδιασμός των καρέ (frames) του πειράματος έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού CorelDrawX3. Οι τελικές εικόνες εξάγονταν σε διαστάσεις 1280x1024 και σε μορφή bmp. Οι συντεταγμένες των στόχων στην κάθε εικόνα, η σειρά καθώς και τα χαρακτηριστικά της κάθε μετακίνησης φαίνονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4. Σημειώνεται πως η θέση των στόχων έχει επιλεγεί έτσι ώστε να μην υπερκαλύπτει άλλα σύμβολα του χάρτη και δημιουργεί σύγχυση ως προς το οπτικό αποτέλεσμα.

Πίνακας 5.3: Συντεταγμένες στόχων στο σύστημα της εικόνας (αφετηρία το πάνω αριστερό άκρο)

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
T43	77	39
T44	490	580
T45	578	599
T46	740	422

Πίνακας 5.4: Περιγραφή χαρακτηριστικών της κάθε μετακίνησης και εικόνας

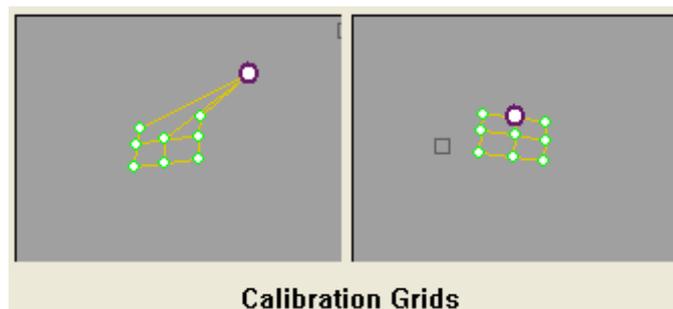
Εικόνα	Μετακίνηση (pixels)	Χρονική Διάρκεια (msec)	Χάρτης
p1 -1160	-	475	αρχικός
p2-780	1160	750	35%
p3-1260	780	200	70%
p4-300	1260	612,5	35%
p5-600	300	337,5	70%
p6-180	600	612,5	αρχικός
p7-700	180	475	αρχικός
p8-80	700	750	70%
p9-1540	80	337,5	αρχικός
p10-540	1540	200	35%
p11-1100	540	475	70%
p12-340	1100	337,5	70%
p13-840	340	475	35%
p14-1240	840	612,5	35%
p15-100	1240	200	αρχικός
p16-1400	100	750	αρχικός
p17-560	1400	475	70%
p18-860	560	612,5	35%
p19-940	860	200	αρχικός
p20-580	940	337,5	35%
p21-440	580	475	35%
p22-200	440	200	70%
p23-1200	200	612,5	αρχικός
p24-920	1200	200	70%
p25-260	920	475	αρχικός
p26-640	260	612,5	αρχικός
p27-1120	640	200	35%
p28-1220	1120	612,5	70%
p29-500	1220	337,5	35%
p30-720	500	612,5	70%
p31-420	720	337,5	αρχικός
p32-1320	420	200	αρχικός
p33-280	1320	475	70%
p34-1140	280	750	35%
p35-740	1140	337,5	αρχικός
p36-220	740	750	35%
p37-380	220	612,5	70%
p38-1180	380	337,5	70%

p39-1440	1180	475	35%
p40-800	1440	750	αρχικός
p41-1280	800	750	70%
p42-1300	1280	337,5	35%
p43-680	1300	750	70%
p44-90	680	200	35%
p45-240	90	750	αρχικός
p46	240	475	αρχικός

5.4 Βαθμονόμηση

5.4.1. Βαθμονόμηση που πραγματοποιείται από το σύστημα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο σχετικά με την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων απαιτείται αρχικά η δημιουργία συνάρτησης που να αντιστοιχίζει τη θέση του κέντρου του ματιού σε συντεταγμένες επί της οθόνης προβολής. Η σχέση αυτή δημιουργείται με την προβολή σειράς τετράγωνων στόχων γνωστών συντεταγμένων στον παρατηρητή. Ο κানাβος που σχηματίζεται κατά τη βαθμονόμηση για το κάθε μάτι δίνει μια ποιοτική εκτίμηση της επιτευχθείσας ακρίβειας (Εικόνα . Όσο πιο τετραγωνικός ο κানাβος τόσο πιο επιτυχής είναι η βαθμονόμηση. Στην περίπτωση που η μορφή του πλέγματος δεν απέχει αισθητά από τον τετραγωνικό κানাβο η βαθμονόμηση γίνεται δεκτή.



Εικόνα 5.7: Περίπτωση επιτυχούς αυτοβαθμονόμησης για το Β οφθαλμό και ανεπιτυχούς για τον Α οφθαλμό

Η μορφή των στόχων που χρησιμοποιήθηκαν φαίνεται στην Εικόνα 5.8. Οι παράμετροι της βαθμονόμησης που ορίστηκαν για το συγκεκριμένο πείραμα ήταν οι εξής:

- ◆ Αριθμός στόχων: 9
- ◆ Απόχρωση στόχων: RGB 50-250-50
- ◆ Απόχρωση υπόβαθρου: RGB 136-159-164
- ◆ Σειρά εμφάνισης στόχων: τυχαία
- ◆ Χρόνος εμφάνισης κάθε στόχου: 80



Εικόνα 5.8: Στόχος βαθμονόμησης συστήματος

5.4.2 Επικύρωση της βαθμονόμησης

Καθώς ο μόνος έλεγχος της αυτόματης βαθμονόμησης παρέχεται από την εικόνα του κανάβου που δημιουργείται, κρίθηκε απαραίτητη η αξιολόγηση της διαδικασίας μέσω αλγόριθμου επικύρωσης της βαθμονόμησης που προσφέρει πέραν από ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση της ακρίβειας.

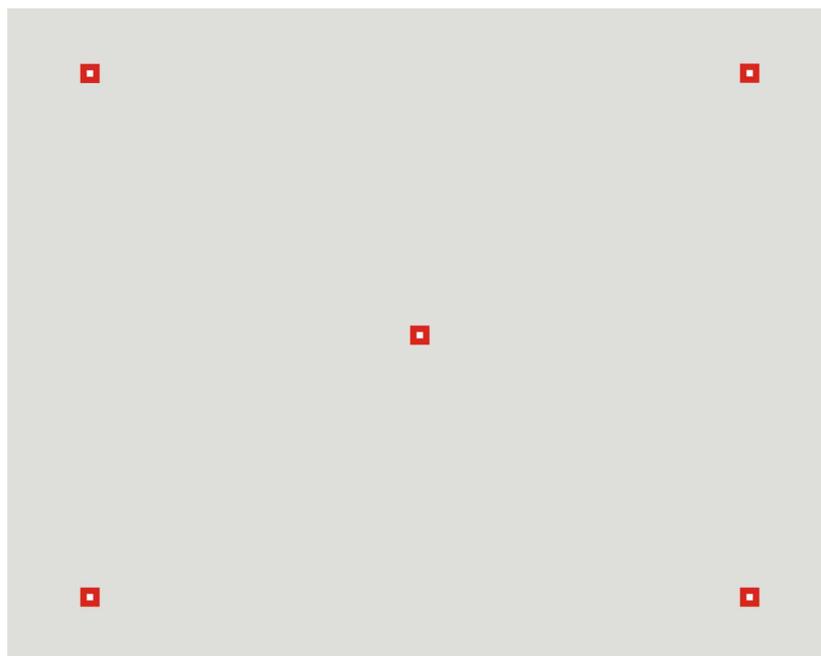
Η διαδικασία λαμβάνει χώρα κατά το πειραματικό μέρος και έπειτα σε δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την επεξεργασία των μετρήσεων. Κατά το πειραματικό μέρος προβάλλονται διαδοχικά πέντε τετραγωνικοί στόχοι γνωστών συντεταγμένων για 3sec ο καθένας, αρχικά μετά από τη βαθμονόμηση του συστήματος και πριν την προβολή των χαρτών και ακολουθεί δεύτερη προβολή τους έπειτα από τους χάρτες. Η επανάληψη της διαδικασίας στο τέλος του πειράματος εξασφαλίζει τον έλεγχο ότι αυτό έχει πραγματοποιηθεί με ακρίβεια μέχρι τη λήξη του και δεν έχει επέλθει τυχόν μετακίνηση του παρατηρητή λόγω κόπωσης ή απροσεξίας του κατά τη διάρκεια του κύριως μέρους του πειράματος.

Οι συντεταγμένες των στόχων φαίνονται στον Πίνακα 5.5. Στην Εικόνα 5.9 απεικονίζεται η θέση και των πέντε στόχων, σημειώνεται όμως ότι κατά την πειραματική διαδικασία προβάλλονται ένας ένας χωριστά. Ο αριθμός, η θέση και η διάρκεια προβολής τους αποφασίστηκαν με γνώμονα την κατά το δυνατόν λιγότερη κόπωση του παρατηρητή με ταυτόχρονη επίτευξη της βέλτιστης ακρίβειας και της πλήρους κάλυψης της οθόνης.

Ο κάθε στόχος αποτελείται από δύο ομόκεντρα τετράγωνα. Το εξωτερικό έχει διαστάσεις 30x30 pixels και κόκκινο χρώμα ενώ το εσωτερικό έχει διαστάσεις 10x10 pixels και λευκή απόχρωση. Η διχρωμία αυτή εξυπηρετεί στην ευκολότερη εστίαση του οφθαλμού στο κέντρο του στόχου. Το υπόβαθρο αποτελεί εικόνα γκριζας απόχρωσης διαστάσεων 1280x1024 pixels.

Πίνακας 5.5: Συντεταγμένες στόχων βαθμονόμησης

Κωδικοποίηση Στόχου	X (tracker units)	Y (tracker units)	X (pixels)	Y (pixels)
1	0,1	0,1	128	922
2	0,9	0,1	1152	922
3	0,5	0,5	640	512
4	0,1	0,9	128	102
5	0,9	0,9	1152	102



Εικόνα 5.9: Οι συνολικά 5 στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης

Σε δεύτερο στάδιο ακολουθεί η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά το πείραμα. Συγκεκριμένα το αρχείο καταγραφής του κάθε υποκειμένου διαχωρίζεται αρχικά σε αριθμό αρχείων ίσο με τις διαφορετικές εικόνες που προβλήθηκαν κατά το πείραμα το οποίο περιλαμβάνει τις καταγραφές (Total time, X_gaze, Y_gaze για κάθε οφθαλμό) που αφορούν την εκάστοτε εικόνα. Από τα αρχεία αυτά ξεχωρίζονται τα δέκα που αφορούν τους πέντε στόχους της βαθμονόμησης πριν και μετά το κυρίως πείραμα. Η ανάλυση των καταγραφών αυτών πραγματοποιείται στο λογισμικό Matlab με χρήση αλγορίθμου υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος, όπως αυτός αναπτύχθηκε από τον Κρασανάκη (2013).

Ο αλγόριθμος ακολουθεί συνοπτικά τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλογή για επεξεργασία των δεδομένων της βαθμονόμησης που πραγματοποιήθηκε πριν (Before) ή μετά (After) το κυρίως πείραμα και εισαγωγή των δεδομένων των αρχείων καταγραφής που αφορούν τον εκάστοτε στόχο.
2. Εισαγωγή των συντεταγμένων των στόχων.
3. Επιλογή του οφθαλμού (A ή B) για τον οποίο θα εξεταστούν τα δεδομένα.
4. Μετασχηματισμός των συντεταγμένων των στόχων από το σύστημα της εικόνας σε

αυτό του Eyetracker.

5. Απόρριψη των καταγραφών εκτός της οπτικής σκηνής.
6. Υπολογισμός μέσου όρου συντεταγμένων, απόστασης κάθε καταγραφής από το στόχο και τυπικής απόκλισης.
7. Ορισμός πέντε συνολικών κλάσεων ομαδοποίησης των καταγραφών που αναφέρονται σε κάθε στόχο και εφαρμογή του “fuzzy c-means clustering”.
8. Για κάθε στόχο η αποδοχή της κλάσης των καταγραφών που του αντιστοιχούν υλοποιείται με βάση τη μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγραφών και τη μικρότερη απόσταση από το κέντρο του στόχου. Τα δεδομένα τακτοποιούνται στις κλάσεις με βάση τη μέγιστη τιμή ενός δείκτη συμμετοχής στις διάφορες κλάσεις.
9. Υπολογίζεται η θέση του κέντρου κάθε κλάσης βάση των καταγραφών που της αντιστοιχούν.
10. Υπολογίζεται το διάνυσμα μεταξύ του κέντρου κάθε κλάσης και του στόχου στον οποίο αντιστοιχεί.
11. Εμφάνιση αναφοράς και διαγραμμάτων για τα αποτελέσματα της επεξεργασίας.
12. Τερματισμός αλγορίθμου.

Όπως γίνεται κατανοητό από τη δομή του, ο αλγόριθμος εφαρμόζεται τέσσερις φορές για κάθε υποκείμενο: μία φορά για κάθε έναν οφθαλμό για τη βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα και μία φορά για καθένα τους για μετά. Σε κάθε μία από τις τέσσερις αυτές περιπτώσεις παρέχονται δύο διαγράμματα όπου απεικονίζονται οι αρχικοί στόχοι και ο επαναπροσδιορισμός τους μετά τη δημιουργία των κλάσεων, καθώς και μία αναφορά που αναφέρει την απόκλιση κάθε στόχου σε pixels, tracker units και mm καθώς και το μέσο σφάλμα και για τους πέντε στόχους (Εικόνες 5.10, 5.11 και 5.12). Λαμβάνοντας υπόψιν τα στοιχεία αυτά αποφασίζεται κατά πόσο οι συγκεκριμένες καταγραφές είναι έγκυρες ή μη και κατά πόσο πρέπει ή όχι να απορριφθούν.

Report of Error Detection

Targets Coordinates(transformed tracker units)

ID	x	y
1	0.125	0.900
2	1.125	0.900
3	0.625	0.500
4	0.125	0.100
5	1.125	0.100

Error Analysis:

Target	Error(tracker units)	Error(pixels)	Error(mm)
--------	----------------------	---------------	-----------

Iteration count = 1, obj. fcn = 1.785227			
Iteration count = 2, obj. fcn = 1.260959			
Iteration count = 3, obj. fcn = 0.547050			
Iteration count = 4, obj. fcn = 0.045633			
Iteration count = 5, obj. fcn = 0.033051			
Iteration count = 6, obj. fcn = 0.029595			
Iteration count = 7, obj. fcn = 0.024344			
Iteration count = 8, obj. fcn = 0.021611			
Iteration count = 9, obj. fcn = 0.021256			
Iteration count = 10, obj. fcn = 0.021234			
Iteration count = 11, obj. fcn = 0.021232			
1	0.016	17	4.9
Iteration count = 1, obj. fcn = 3.364955			
Iteration count = 2, obj. fcn = 2.378542			
Iteration count = 3, obj. fcn = 1.321106			
Iteration count = 4, obj. fcn = 0.226606			
Iteration count = 5, obj. fcn = 0.080891			
Iteration count = 6, obj. fcn = 0.044130			
Iteration count = 7, obj. fcn = 0.036728			
Iteration count = 8, obj. fcn = 0.036554			
Iteration count = 9, obj. fcn = 0.036553			
2	0.047	48	14.0
Iteration count = 1, obj. fcn = 1.341271			
Iteration count = 2, obj. fcn = 0.946090			
Iteration count = 3, obj. fcn = 0.467160			
Iteration count = 4, obj. fcn = 0.055782			
Iteration count = 5, obj. fcn = 0.038343			
Iteration count = 6, obj. fcn = 0.030345			
Iteration count = 7, obj. fcn = 0.029504			

```

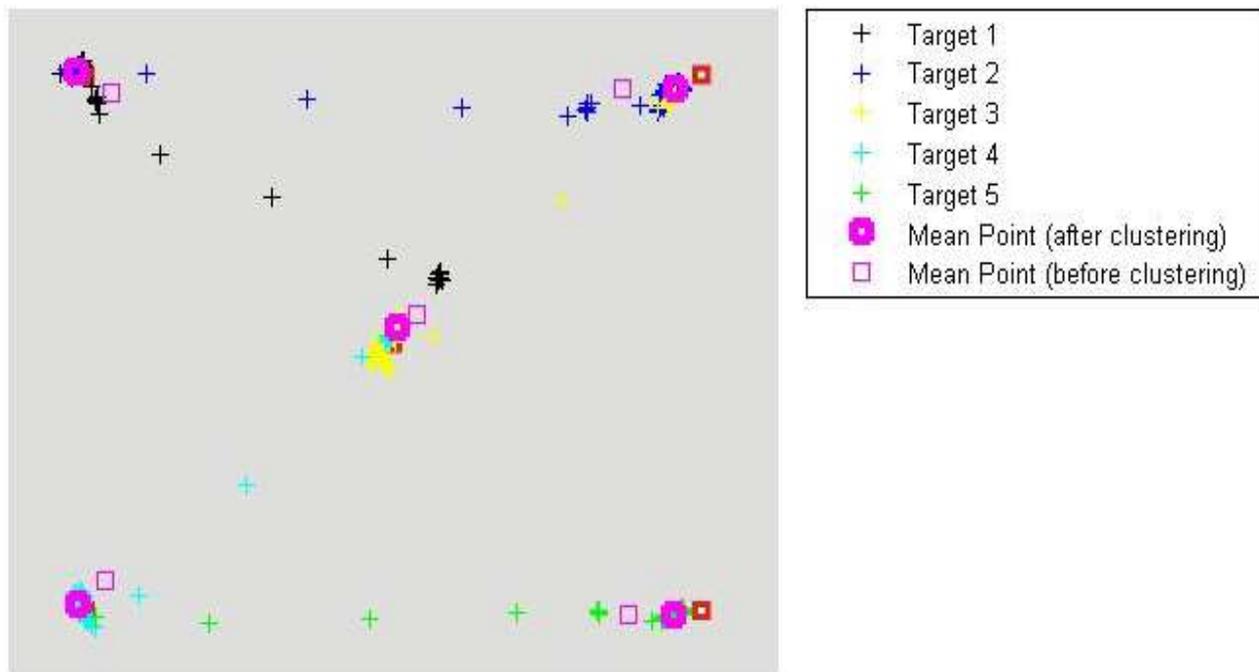
Iteration count = 8, obj. fcn = 0.029365
Iteration count = 9, obj. fcn = 0.029324
Iteration count = 10, obj. fcn = 0.029311
Iteration count = 11, obj. fcn = 0.029306
3      0.026      26      7.7
Iteration count = 1, obj. fcn = 1.612436
Iteration count = 2, obj. fcn = 1.050556
Iteration count = 3, obj. fcn = 0.443017
Iteration count = 4, obj. fcn = 0.025660
Iteration count = 5, obj. fcn = 0.015199
Iteration count = 6, obj. fcn = 0.015005
Iteration count = 7, obj. fcn = 0.014861
Iteration count = 8, obj. fcn = 0.014813
Iteration count = 9, obj. fcn = 0.014802
Iteration count = 10, obj. fcn = 0.014793
4      0.017      17      5.0
Iteration count = 1, obj. fcn = 2.640882
Iteration count = 2, obj. fcn = 2.000864
Iteration count = 3, obj. fcn = 1.485005
Iteration count = 4, obj. fcn = 0.450085
Iteration count = 5, obj. fcn = 0.026944
Iteration count = 6, obj. fcn = 0.023210
Iteration count = 7, obj. fcn = 0.023192
Iteration count = 8, obj. fcn = 0.023192
5      0.046      47      13.9

```

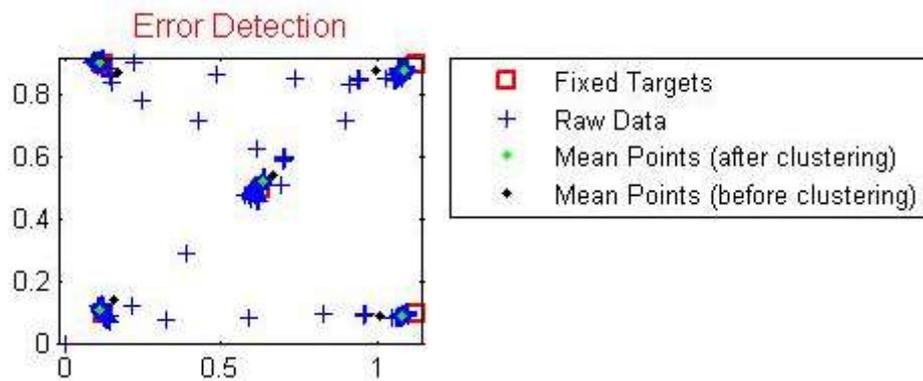
Total Error:
0.030 tracker units
31 pixels
9.1 mm
0.67 degs(60cm)

End of Report

Εικόνα 5.10: Report για το μάτι A για τη βαθμονόμηση μετά το πείραμα



Εικόνα 5.11: Πρώτο διάγραμμα που παρουσιάζουν τις καταγραφές, τη θέση των στόχων και το μέσο όρο των καταγραφών πριν και μετά τη δημιουργία κλάσεων



Εικόνα 5.12: Διάγραμμα που παρουσιάζουν τις καταγραφές, τη θέση των στόχων και το μέσο όρο των καταγραφών πριν και μετά τη δημιουργία κλάσεων

5.5 Περιβάλλον πραγματοποίησης του πειράματος

Δεδομένου ότι σκοπός ήταν η μελέτη της απόκρισης των υποκειμένων σε ερεθίσματα χαρτογραφικού περιεχομένου, καθίσταται αναγκαία η εξασφάλιση της σταθερότητας όλων των εξωγενών παραγόντων που θα μπορούσαν να αλλοιώσουν την ομοιομορφία του δείγματος.

Καταρχάς διατηρήθηκαν σταθερές οι συνθήκες που αφορούν το χώρο διεξαγωγής του πειράματος. Η διεξαγωγή λάμβανε χώρα σε δωμάτιο διαμορφωμένο για αυτόν το σκοπό (Εικόνα 5.13) με μόνη παρουσία πέραν του παρατηρητή αυτή του χειριστή του συστήματος. Ο φωτισμός του χώρου προερχόταν αποκλειστικά από την οθόνη του υπολογιστή (αποφυγή κάθε άλλου τεχνητού ή φυσικού φωτισμού) ώστε να εξασφαλίζονται οι ίδιες συνθήκες για κάθε υποκείμενο. Οτιδήποτε (αντικείμενα, ήχοι κτλ.) δύναται να αποσπάσει την προσοχή του παρατηρητή απομακρύνθηκε.



Εικόνα 5.13: Χώρος διεξαγωγής πειράματος

Καθοριστικής σημασίας ήταν να διατηρούνται σταθερές κάθε φορά οι γεωμετρικές σχέσεις παρατηρητή-οθόνης. Το υποκείμενο έπρεπε να ακινητοποιεί κάθε φορά το πηγούνι και το μέτωπο σε ειδικό για το σκοπό αυτό σύστημα το οποίο φρόντιζε ώστε οι οφθαλμοί να κοιτάζουν σε ευθεία θέση το κέντρο της οθόνης και να βρίσκονται σε απόσταση 60cm από αυτή. Για τη σταθεροποίηση των καμερών και των φωτοδιόδων υπέρυθρης ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε σύστημα πρόσδεσης των παραπάνω στην κεφαλή. Τονίζεται ότι η παραμικρότερη αλλαγή στη σχετική θέση παρατηρητή-οπτικού κέντρου-κάμερας-οθόνης ακυρώνει την εγκυρότητα της όλης διαδικασίας. Τα συστήματα ακινητοποίησης και πρόσδεσης των καμερών φαίνονται στην Εικόνα 5.14.



Εικόνα 5.14: Σύστημα ακινητοποίησης υποκείμενου

Τέλος, κατά την εκκίνηση του πειράματος επιλέγεται από τον χειριστή μια σειρά παραμέτρων που αφορούν το λογισμικό EyeTracker όπως για παράδειγμα ο αριθμός των στόχων για την αυτόματη βαθμονόμηση. Οι παράμετροι αυτές περιγράφονται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο. Οποιαδήποτε επιλογή δεν αναφέρεται συνεπάγεται ότι έχει ληφθεί η προεπιλεγμένη τιμή της. Οι επιλογές αυτές πρέπει να είναι όμοιες για κάθε υποκείμενο ώστε να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα.

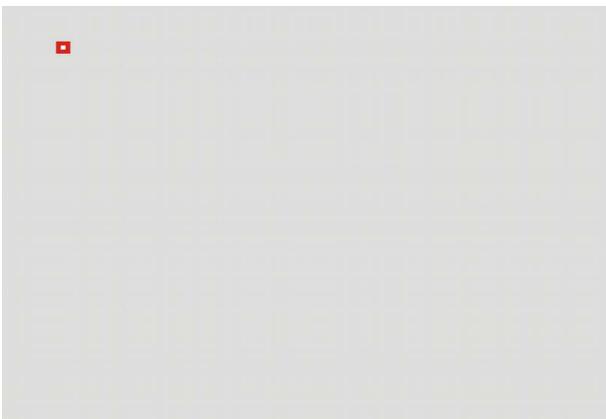
5.6 Διεξαγωγή του πειράματος

Η διεξαγωγή του πειράματος διατηρήθηκε όμοια για κάθε διαφορετικό υποκείμενο. Τα στάδια της διαδικασίας περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

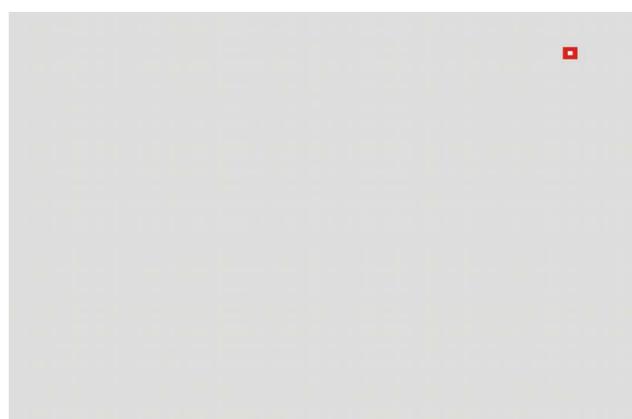
1. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα στο ειδικά διαμορφωμένο δωμάτιο που περιλαμβάνει τον υπολογιστή με δύο οθόνες προβολής και το σύστημα ακινητοποίησης του παρατηρητή. Η μόνη άλλη παρουσία είναι αυτή του χειριστή. Ο παρατηρητής κάθεται στην κατάλληλη θέση, προσαρμόζει το σύστημα πρόσδεσης των καμερών, ρυθμίζει το ύψος της καρέκλας ώστε το οπτικό κέντρο του να βρίσκεται στο ύψος του κέντρου της οθόνης και ακινητοποιεί το κεφάλι του στο ειδικό σύστημα. Λαμβάνει αναλυτικές οδηγίες για τη σημασία του να παραμείνει εντελώς ακίνητος καθ όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Απαλείφονται τέλος όλες οι πηγές φωτισμού πέραν της οθόνης.
2. Το πείραμα πραγματοποιείται σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης (free viewing conditions) και χωρίς να έχει ανατεθεί συγκεκριμένη εργασία στον παρατηρητή (task independent). Οι μόνες πληροφορίες που λαμβάνει για το τι θα παρακολουθήσει είναι αυτές που αφορούν τη διαδικασία της βαθμονόμησης και της επικύρωσής της ώστε να εστιάσει

στο κέντρο των τετραγωνικών στόχων.

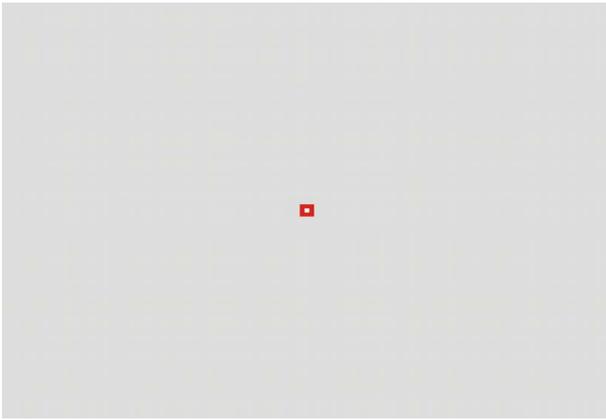
3. Ο χειριστής ρυθμίζει τις παραμέτρους του προγράμματος που απαιτούνται όπου αυτές διαφέρουν από τις προεπιλεγμένες. Αρχικά επιλέγει η καταγραφή να αφορά και τους δύο οφθαλμούς (Binocular mode). Έπειτα ορίζει τον αριθμό των στόχων βαθμονόμησης σε εννέα. Όσον αφορά το τι θα απεικονίζεται στην οθόνη προβολής απενεργοποιούνται οι επιλογές για το ίχνος του βλέμματος (Gaze point) και τις περιοχές ενδιαφέροντος (ROI regions). Τέλος επιλέγεται ως οθόνη προβολής των οπτικών σκηνών η δευτερεύουσα οθόνη. Σημειώνεται ότι ως προεπιλογή η συχνότητα των καταγραφών είναι η μέγιστη 60Hz, δηλαδή μία καταγραφή ανά 16,67 msec περίπου, και η μέθοδος εντοπισμού του κέντρου του οφθαλμού είναι αυτή του εντοπισμού της κόρης (Pupil Location Method).
4. Πριν την εκκίνηση του πειράματος ο χειριστής αναλαμβάνει να μετακινήσει και να προσαρμόσει κατάλληλα τις κάμερες ώστε να κεντράρουν στη κόρη του παρατηρητή. Η φωτοδίοδος προσαρμόζεται ώστε να σχηματίζει γωνία περίπου 45° με την κάμερα με στόχο να επιτυγχάνεται ο καλύτερος εντοπισμός. Το υποκείμενο κοιτάζει τις 4 γωνίες της οθόνης για να διαπιστωθεί ότι ακόμα και στις ακραίες αυτές περιοχές δε χάνεται ο εντοπισμός της κόρης. Σημειώνεται ότι οι παρατηρητές δε φορούσαν γυαλιά ή φακούς επαφής και δεν είχαν έντονο μακιγιάζ στην περίπτωση των γυναικών καθώς οι παράγοντες αυτοί αλλοιώνουν το σωστό διαχωρισμό της κόρης. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας και αφού ο χειριστής βεβαιωθεί για τη σωστή θέση και ακινητοποίηση του παρατηρητή ξεκινά το πείραμα.
5. Αρχικά προβάλλονται οι εννέα στόχοι για τη βαθμονόμηση του συστήματος (διάρκεια περίπου 28sec). Ο χειριστής παρακολουθεί τη διαμόρφωση του πλέγματος των εννέα στόχων για τον κάθε οφθαλμό και οφείλει να κρίνει ποιοτικά αν η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σωστά ή αν χάθηκε κάποιος στόχος και πρέπει να επαναληφθεί.
6. Σε περίπτωση επιτυχούς βαθμονόμησης γίνεται η φόρτωση μέσω του μενού Settings του αρχείου ρυθμίσεων του πειράματος (αρχείο κώδικα σε μορφή .txt που παρατίθεται στο Παράρτημα Α). Το αρχείο αυτό ρυθμίζει τη σειρά και το χρόνο εμφάνισης των εικόνων, ορίζει τη δημιουργία αρχείου με τίτλο την ημερομηνία και την ώρα στο οποίο αρχίζουν και αποθηκεύονται οι καταγραφές και τερματίζει τις καταγραφές στο εν λόγω αρχείο μετά το πέρας της διαδικασίας.
7. Αρχικά προβάλλονται διαδοχικά οι πέντε στόχοι για την επικύρωση της βαθμονόμησης με τη σειρά που φαίνονται στις Εικόνες 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 και 5.19 και για διάρκεια 3 sec ο καθένας. Ακολουθούνται από μία λευκή εικόνα με διάρκεια προβολής 2sec.



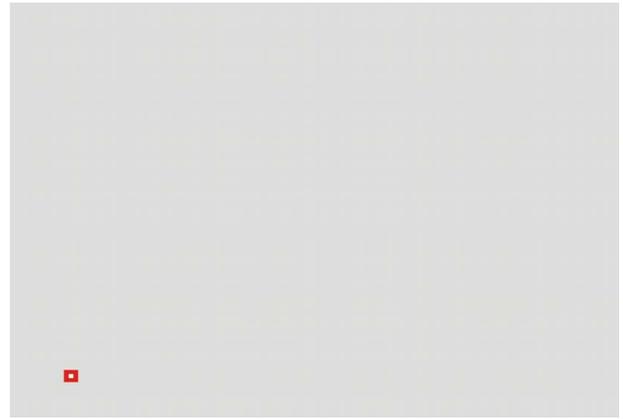
Εικόνα 5.15: Πρώτος στόχος βαθμονόμησης



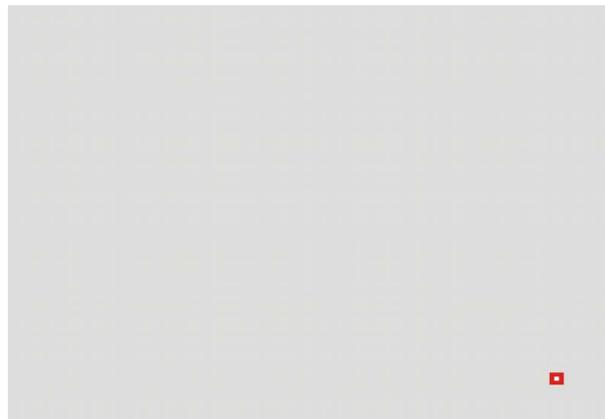
Εικόνα 5.16: Δεύτερος στόχος βαθμονόμησης



Εικόνα 5.17: Τρίτος στόχος βαθμονόμησης

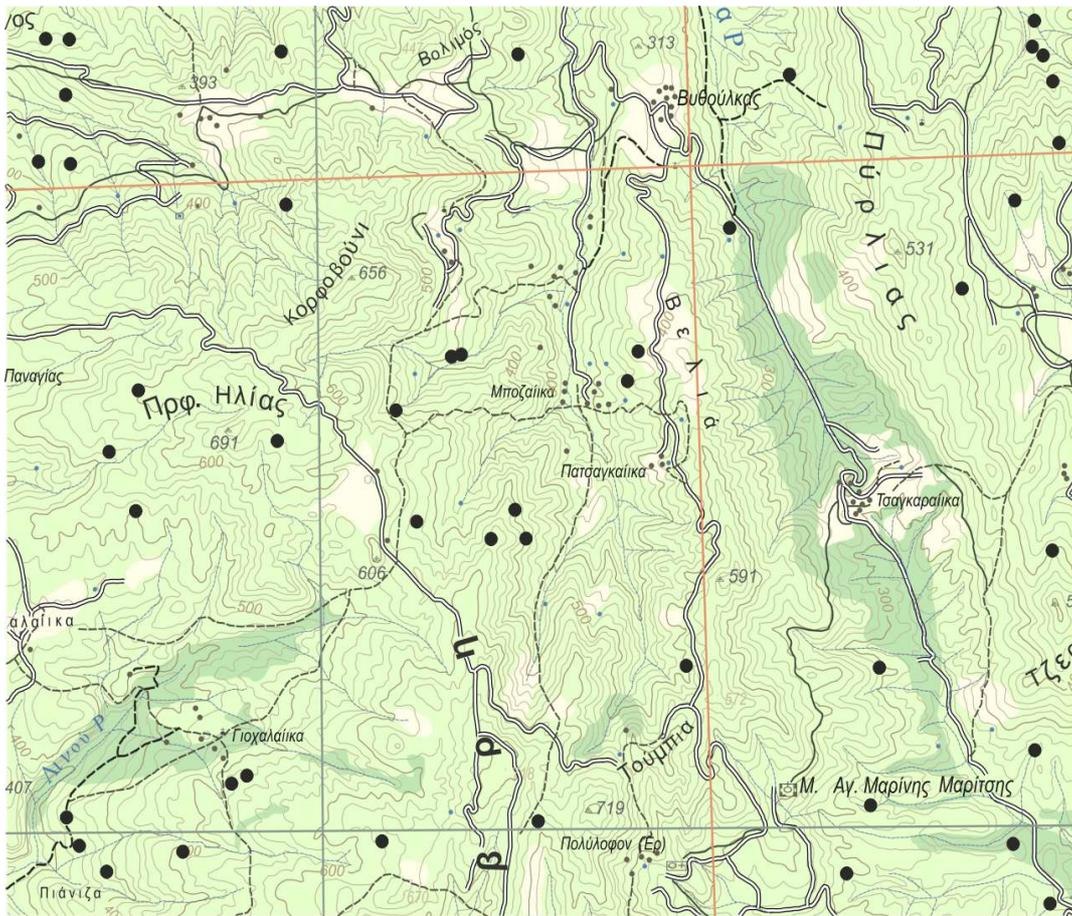


Εικόνα 5.18: Τέταρτος στόχος βαθμονόμησης



Εικόνα 5.19: Πέμπτος στόχος βαθμονόμησης

8. Έπειτα ακολουθεί η προβολή συνολικής διάρκειας 12,35sec των 46 χαρτών με τη σειρά και τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παραπάνω στην αντίστοιχη παράγραφο. Οι κινούμενοι στόχοι καλύπτουν κατά το δυνατό όλο το εύρος του χάρτη και η κατανομή τους παρουσιάζεται συνολικά στην Εικόνα 5.20 με υπόβαθρο το χάρτη αρχικής έντασης. Η πλήρης σειρά των εικόνων παρατίθεται στο Παράρτημα Β. Έπειτα από τους χάρτες ακολουθεί για 2sec λευκή εικόνα.



Εικόνα 5.20: Κατανομή των θέσεων του κινούμενου στόχου

9. Το πείραμα ολοκληρώνεται με την επανάληψη της προβολής των πέντε τετραγωνικών στόχων της βαθμονόμησης. Η σύγκριση με τη βαθμονόμηση του 7ου σταδίου εξασφαλίζει τον έλεγχο για τυχόν μεταβολές της γεωμετρίας κατά τη διάρκεια του κυρίως πειράματος.

Στον Πίνακα 5.6 φαίνονται οι χρόνοι για κάθε μέρος του πειράματος. Η μικρή διάρκεια της διαδικασίας εξασφαλίζει την αποφυγή μετακινήσεων του παρατηρητή λόγω κόπωσης ή απροσεξίας του.

Πίνακας 5.6: Χρονική διάρκεια πειράματος

ΣΤΑΔΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΧΡΟΝΙΚΉ ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)
Βαθμονόμηση	28
Επικύρωση Βαθμονόμησης	15
Λευκή Εικόνα	2
Χάρτες	12,35
Λευκή Εικόνα	2
Επανάληψη επικύρωσης βαθμονόμησης	15
Σύνολο	74,35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται οι καταγραφές του πειράματος και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Η διαδικασία συνίσταται στον υπολογισμό της ακρίβειας της βαθμονόμησης για το κάθε υποκείμενο και τον υπολογισμό των προσηλώσεων για τους έγκυρους παρατηρητές στο περιβάλλον του λογισμικού OGAMA με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το κατά πόσο έγινε αντιληπτή η εκάστοτε μετακίνηση στόχου.

6.1 Υποκείμενα πειράματος

Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν συνολικά 51 άτομα: 21 άνδρες και 30 γυναίκες, ηλικίας 20-35 ετών και στην πλειονότητά τους (πέραν τεσσάρων εξαιρέσεων) φοιτητές της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Τα πρώτα επτά υποκείμενα πραγματοποίησαν το πείραμα με ανοιχτά τα φώτα στο εργαστήριο και δε λήφθηκαν υπόψιν στην τελική εξαγωγή των προσηλώσεων. Τα υπόλοιπα 44 άτομα πραγματοποίησαν το πείραμα με μόνο φωτισμό αυτόν της οθόνης του υπολογιστή. Από αυτά ικανοποιητικής ακρίβειας μετρήσεις (όπως φάνηκε από τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης) παρέιχαν τα 28 υποκείμενα. Παρότι τα δεδομένα καταγραφής αφορούσαν και τους δύο οφθαλμούς, τελικά λήφθηκε υπόψιν ο ένας μόνο εξ αυτών, ο καλύτερος σύμφωνα με τη βαθμονόμηση. Υπήρξαν περιπτώσεις υποκειμένων (14, 19, 22, 26, 29, 33, 45, 49) για τα οποία η αυτοβαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε σωστά μόνο για το ένα μάτι, κυρίως λόγω μακιγιάζ, και συνεπάγεται ότι μόνο ο οφθαλμός αυτός λήφθηκε υπόψιν. Σημειώνεται ότι κανένα από τα υποκείμενα δε φορούσε γυαλιά ή φακούς επαφής με εξαίρεση το υπ' αριθμόν 35 το οποίο φορούσε φακό στο δεξί οφθαλμό (B) και για το λόγο αυτό λήφθηκε υπόψιν μόνο ο αριστερός οφθαλμός (A).

6.2 Αποτελέσματα βαθμονόμησης

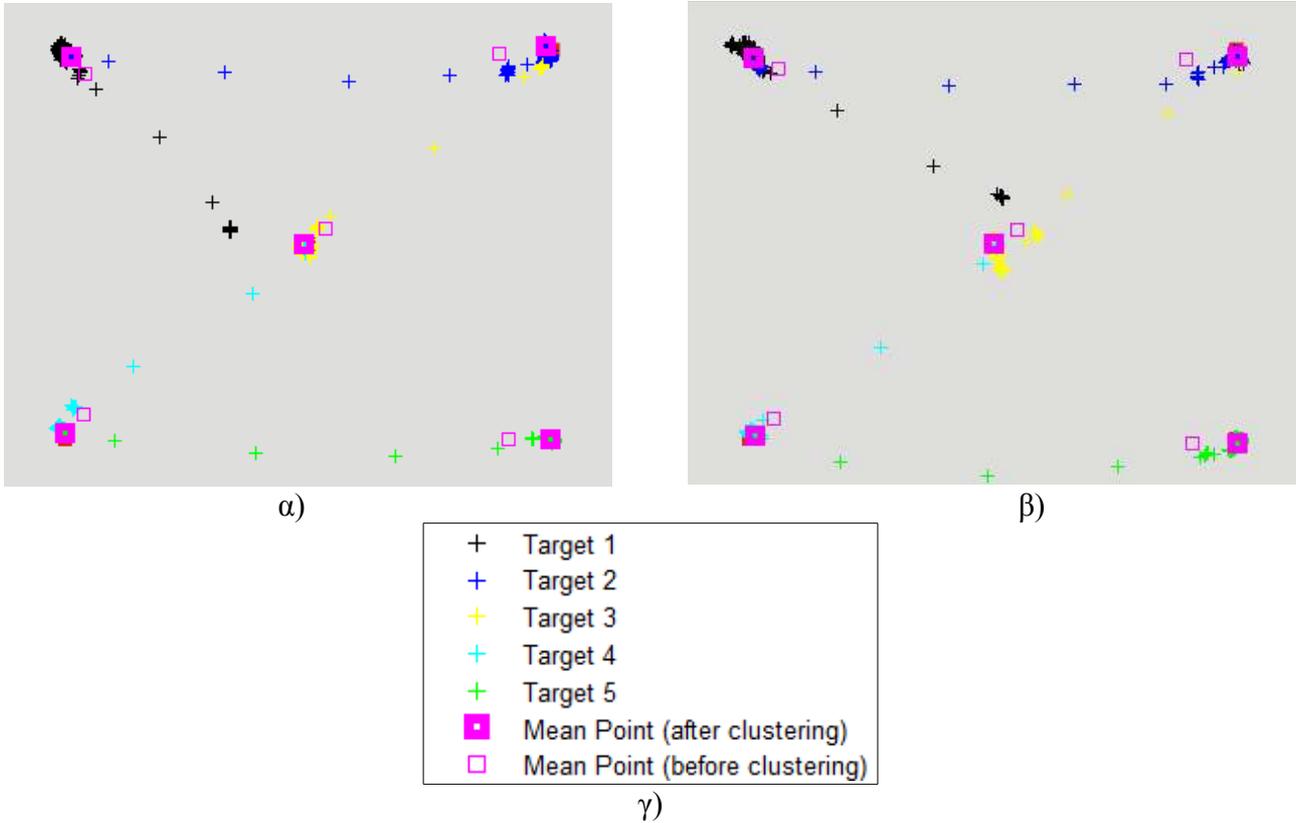
Για να συμπεριληφθεί ένα υποκείμενο στην περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων και την εξαγωγή των προσηλώσεων, πρέπει πρώτα να ελεγχθεί η ακρίβεια με την οποία πραγματοποιήθηκε η διαδικασία μέσω της επικύρωσης της βαθμονόμησης. Το αρχικό αρχείο καταγραφών διαχωρίζεται σε 56 επιμέρους αρχεία καθένα από τα οποία περιέχει τις καταγραφές του χρόνου και της θέσης του βλέμματος (Total Time, X Gaze, Y Gaze) για μία από τις 56 οπτικές σκηνές (46 χάρτες και 10 στόχοι βαθμονόμησης). Από τα αρχεία αυτά ξεχωρίζονται τα δέκα που αφορούν τη βαθμονόμηση πριν και μετά το πείραμα και με την εφαρμογή κώδικα fuzzy c-means clustering που περιγράφεται σε προηγούμενο κεφάλαιο εξάγονται οι τελικές ακρίβειες -ανά στόχο και συνολικά- που αφορούν το συγκεκριμένο παρατηρητή.

Η απόφαση για την αποδοχή ή μη μιας βαθμονόμησης λαμβάνει υπόψιν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά κριτήρια που εξετάζονται με βάση τα διαγράμματα και την αναφορά του προγράμματος. Συγκεκριμένα επιδιώκεται:

- ◆ Το μέσο σφάλμα τόσο πριν όσο και μετά να μην ξεπερνά τα 30-35 pixels, λαμβάνοντας υπόψιν την ακρίβεια της συσκευής σε συνδυασμό με το μέγεθος του κινούμενου στόχου στους χάρτες.
- ◆ Οι τιμές των μέσων σφαλμάτων της βαθμονόμησης πριν και μετά το πείραμα να είναι κατά το δυνατόν παρόμοιες.
- ◆ Ο υπολογισμός της νέας θέσης των στόχων να προσεγγίζει την πραγματική τους θέση (όπως φαίνεται από τα διαγράμματα).

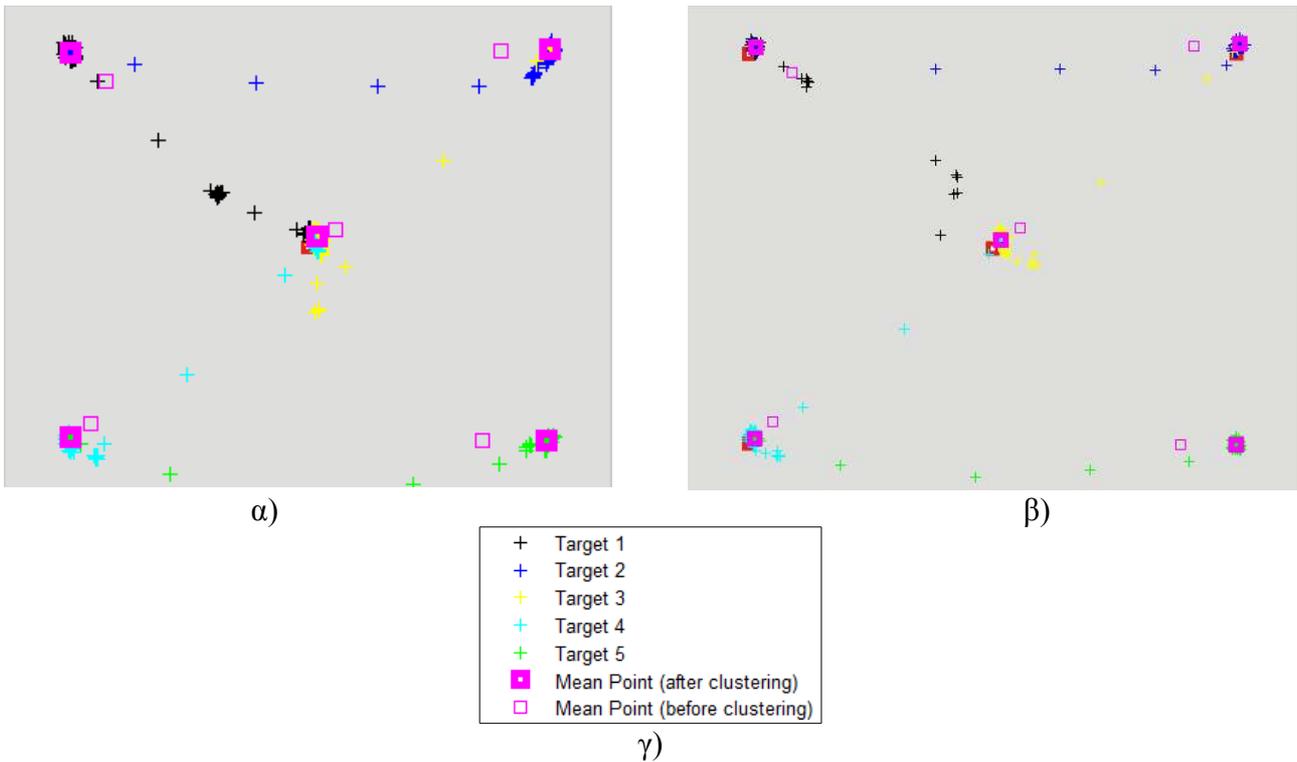
- ◆ Η γεωμετρία των στόχων πριν και μετά το πείραμα να είναι κατά το δυνατόν ίδια.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, η επιτυχής βαθμονόμηση προϋποθέτει όμοια γεωμετρία των υπολογισμένων κέντρων των καταγραφών που αφορούν κάθε στόχο (“νέων στόχων”) πριν και μετά, καθώς και ταύτιση τους κατά το δυνατόν με τις πραγματικές θέσεις των στόχων. Παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 6.1.



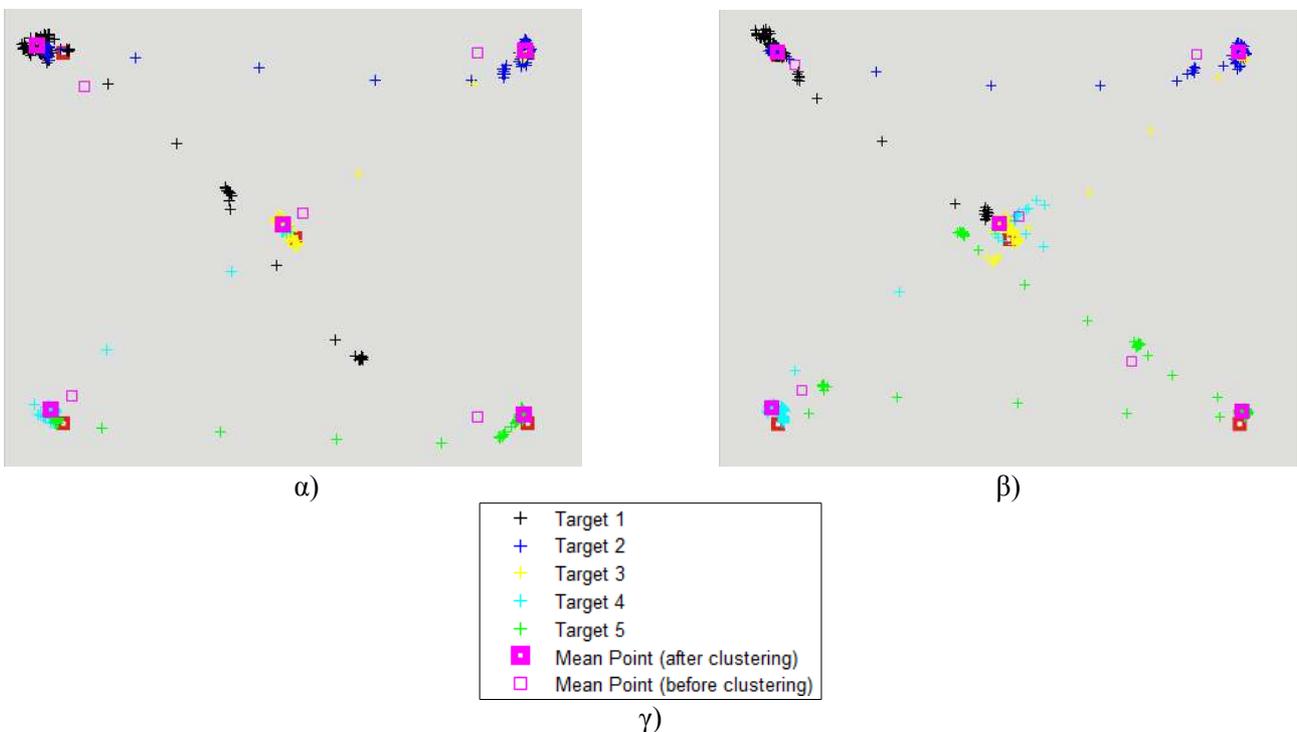
Εικόνα 6.1: Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β)
Υπόμνημα (γ)

Τα κέντρα των κλάσεων μπορεί να απέχουν λίγο από τους πραγματικούς στόχους στη βαθμονόμηση μετά το πείραμα γεγονός που οφείλεται σε μικρή μετακίνηση του παρατηρητή. Σε περίπτωση που η μετακίνηση αυτή είναι μικρή (όπως φαίνεται από τα αριθμητικά δεδομένα της αναφοράς) και η γεωμετρία των στόχων δεν έχει μεταβληθεί (η μετακίνηση δηλαδή είναι όμοια και για τους πέντε στόχους) τότε θεωρείται επιτυχής βαθμονόμηση. Αντίστοιχη κατανομή παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.2.



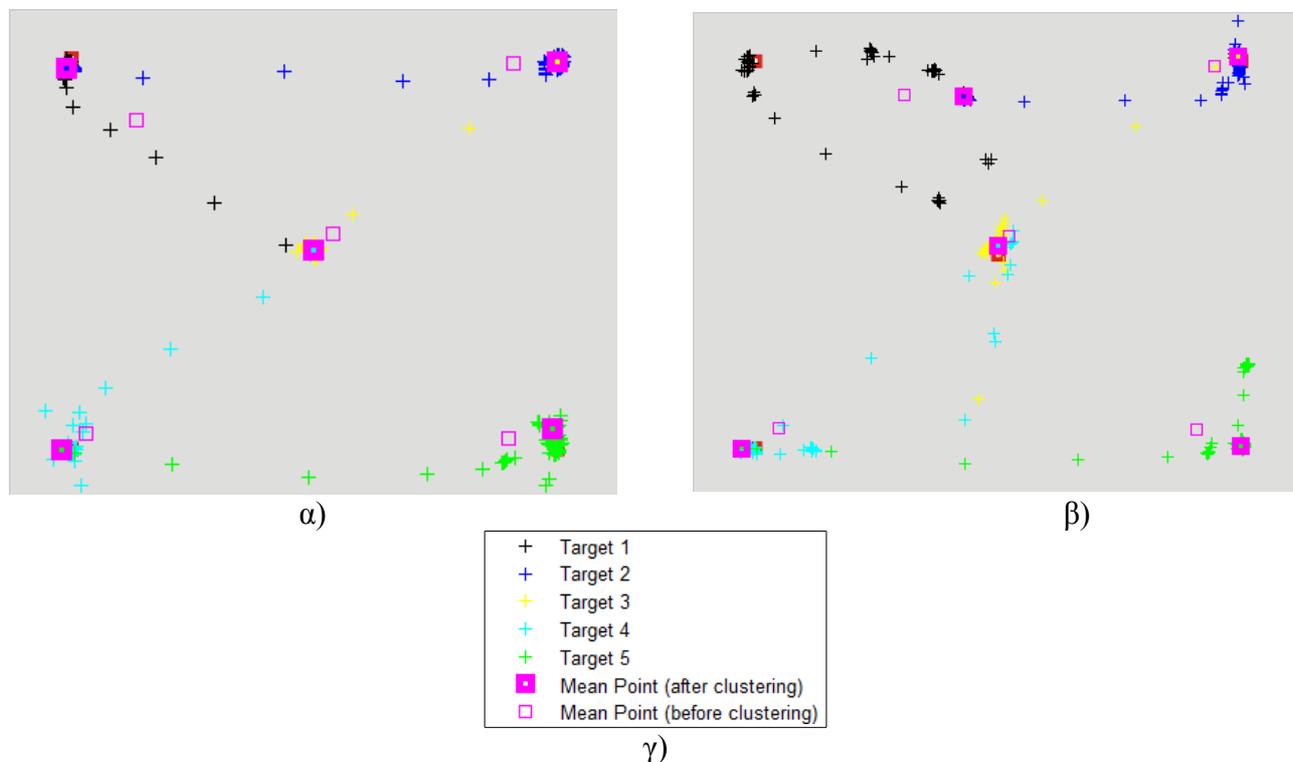
Εικόνα 6.2: Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β)
Υπόμνημα (γ)

Υπάρχει περίπτωση η νέα θέση των στόχων να είναι από την πρώτη βαθμονόμηση μετατοπισμένη ομοίως και για τους πέντε στόχους και να υπάρχει αντίστοιχη μετακίνηση και στη βαθμονόμηση μετά το πείραμα. Για μικρές μετακινήσεις γίνονται αποδεκτές και αυτές οι βαθμονομήσεις (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3: Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β)
Υπόμνημα (γ)

Στην περίπτωση του υποκειμένου 45 (Εικόνα 6.4) η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε ορθώς με εξαίρεση την παρατήρηση του πρώτου στόχου της βαθμονόμησης μετά το πείραμα όπου χάθηκε στιγμιαία ο εντοπισμός του ματιού. Ως αποτέλεσμα προκύπτει μέσο σφάλμα 101 pixel ενώ το μέσο σφάλμα των τεσσάρων υπολοίπων στόχων είναι 14 μόλις pixel. Το υποκείμενο έγινε τελικώς δεκτό.



Εικόνα 6.4: Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β)
Υπόμνημα (γ)

Στον Πίνακα 6.1 καταγράφονται οι ακρίβειες των βαθμονομήσεων για τα υποκείμενα που έγιναν τελικώς δεκτά και για τα οποία υπολογίστηκαν μετέπειτα οι προσηλώσεις. Στον Πίνακα 6.2 παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία των ακριβειών αυτών.

Πίνακας 6.1: Ακρίβεια δεδομένων πειράματος

Υποκείμενο	Μάτι	Έλεγχος πριν το κυρίως πείραμα				Έλεγχος μετά το κυρίως πείραμα			
		pixels	mm	tracker units	degrees	pixels	mm	tracker units	degrees
9	B	31	9,0	0,030	0,30	19	5,5	0,018	0,04
10	A	12	3,6	0,012	0,07	15	4,3	0,014	0,21
12	B	20	6,0	0,020	0,05	28	8,3	0,028	0,40
14	A	30	8,9	0,029	0,28	23	6,7	0,022	0,35
17	A	18	5,3	0,018	0,36	33	9,8	0,033	0,51
18	A	22	6,6	0,022	0,19	24	7,1	0,023	0,24
20	A	25	7,2	0,024	0,51	23	6,7	0,022	0,47
22	B	15	4,5	0,015	0,09	13	3,9	0,013	0,16

25	B	30	8,8	0,029	0,28	25	7,2	0,024	0,40
27	A	26	7,6	0,025	0,22	24	7,0	0,023	0,02
28	B	19	5,7	0,019	0,13	28	8,3	0,028	0,35
29	A	17	5,0	0,017	0,13	18	5,4	0,018	0,33
32	B	17	5,0	0,016	0,03	19	5,5	0,018	0,13
34	A	21	6,2	0,020	0,35	23	6,8	0,023	0,14
35	A	28	8,2	0,027	0,28	35	10,4	0,035	0,34
36	A	18	5,3	0,018	0,40	24	7,0	0,023	0,45
37	A	23	6,7	0,022	0,38	31	9,1	0,030	0,67
38	B	15	4,5	0,015	0,26	16	4,7	0,016	0,49
39	A	20	5,9	0,020	0,34	17	4,9	0,016	0,16
40	B	26	7,7	0,026	0,45	31	9,2	0,030	0,63
41	A	26	7,6	0,025	0,72	28	8,2	0,027	0,70
42	B	19	5,4	0,018	0,49	21	6,2	0,021	0,32
43	B	27	7,8	0,026	0,27	31	9,1	0,030	0,33
44	B	13	4,0	0,013	0,06	18	5,2	0,017	0,13
45	B	19	5,7	0,019	0,59	101 (14)	29,6 (4,3)	0,098 (0,014)	0,07
46	B	20	6,0	0,020	0,18	35	10,3	0,034	0,14
48	A	28	8,1	0,027	0,14	33	9,8	0,033	0,10
51	B	13	3,9	0,013	0,12	15	4,3	0,014	0,21

Πίνακας 6.2: Στατιστικά στοιχεία επιτευχθείσας ακρίβειας

	Έλεγχος πριν το κυρίως πείραμα				Έλεγχος μετά το κυρίως πείραμα			
	pixels	mm	tracker units	degrees	pixels	mm	tracker units	degrees
MIN	12	3,6	0,012	0,03	13	3,9	0,013	0,02
MAX	31	9,0	0,030	0,72	35	10,4	0,035	0,70
M.O.	21,67	6,3	0,021	0,27	24,04	7,0	0,023	0,30

Στα 23 από τα 51 υποκείμενα που δεν έγιναν τελικώς δεκτά περιλαμβάνονται οι επτά πρώτοι παρατηρητές που πραγματοποίησαν το πείραμα με ανοιχτό το φως. Τα στοιχεία της βαθμονόμησής τους περιλαμβάνονται για λόγους πληρότητας στον Πίνακα 6.3.

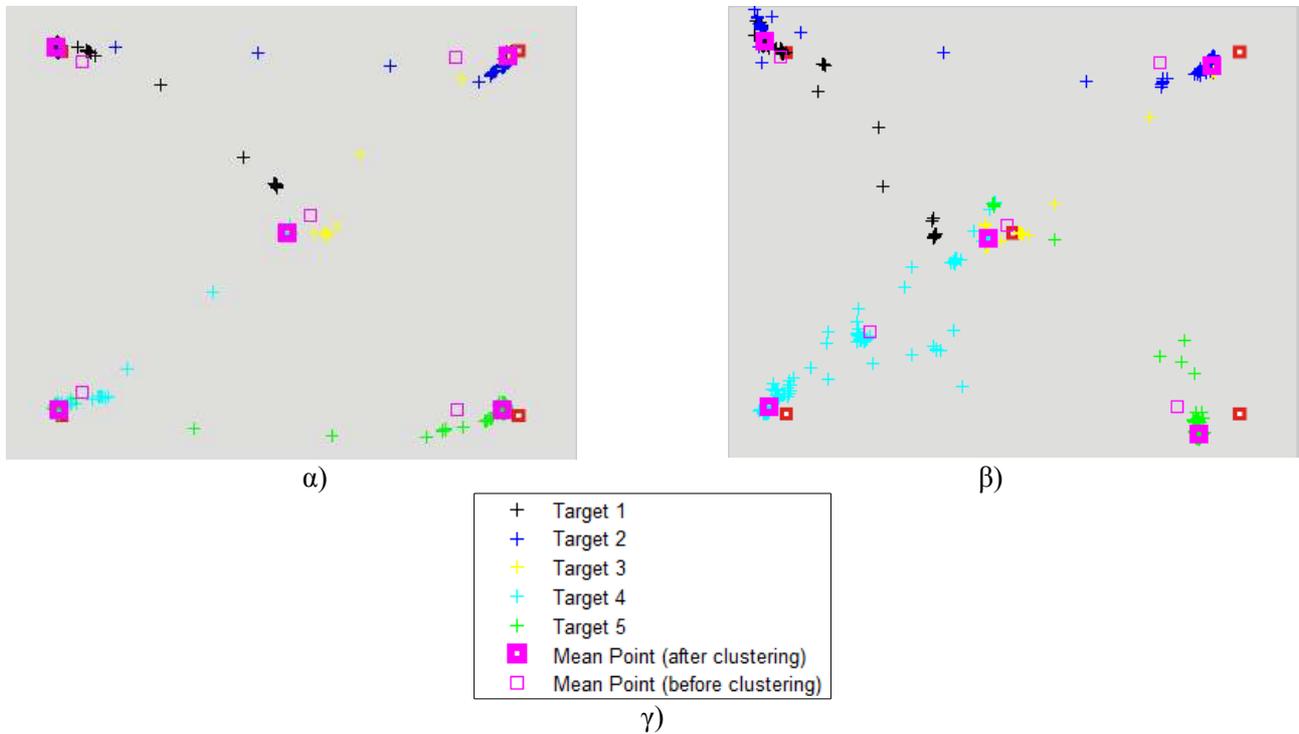
Πίνακας 6.3: Δεδομένα πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν με ανοιχτό φωτισμό

Υποκείμενο	Μάτι	Έλεγχος πριν το κυρίως πείραμα				Έλεγχος μετά το κυρίως πείραμα			
		pixels	mm	tracker units	degrees	pixels	mm	tracker units	degrees
1	B	43	12,7	0,042	0,52	40	11,8	0,039	0,65

2	A	20	6	0,020	0,54	63	18,4	0,061	1,42
3	A	71	20,8	0,069	0,85	84	24,6	0,082	1,06
4	A	24	7,1	0,024	0,65	30	8,9	0,030	0,56
5	B	46	13,5	0,045	0,69	35	10,3	0,034	0,47
6	B	106	31,2	0,104	1,41	90	26,6	0,088	0,87
7	B	-	-	-	-	250	73,6	0,245	1,62

Οι υπόλοιποι 16 παρατηρητές απορρίφθηκαν λόγω των αποτελεσμάτων της επικύρωσης της βαθμονόμησης. Οι περιπτώσεις μη επικύρωσης μπορούν να διακριθούν ως εξής:

- ◆ Σε περιπτώσεις έγκυρης βαθμονόμησης πριν το κυρίως πείραμα και άκυρης μετά την πραγματοποίηση του πειράματος (Εικόνα 6.5). Η μετατόπιση των στόχων με διατήρηση της μεταξύ τους γεωμετρίας υποδηλώνει κίνηση του παρατηρητή (λόγω κόπωσης, απροσεξίας κτλ.).



Εικόνα 6.5: Βαθμονόμηση πριν το κυρίως πείραμα (α). Βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα (β)
Υπόμνημα (γ)

- ◆ Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στη θέση των στόχων τόσο πριν όσο και μετά το πείραμα (Εικόνα 6.6).

47	A	33	9,6	0,032	0,64	44	12,9	0,043	0,03
49	A	30	8,8	0,029	0,37	55	16,3	0,054	0,77
50	B	28	8,2	0,027	0,05	131	38,4	0,127	0,79

Συνοψίζοντας, οι τελικές ακρίβειες των καταγραφών που λήφθηκαν υπόψιν είναι κατά μέσο όρο γύρω στα 20-25 pixels με τη μέγιστη αβεβαιότητα να φθάνει τα 35 και την ελάχιστη τα 12 pixels. Οι τιμές αυτές είναι άμεσα συγκρίσιμες με την ακρίβεια καταγραφής του συστήματος EyeTracker και τα αποτελέσματα θεωρούνται αξιοποιήσιμα.

6.3 Ανάλυση καταγραφών στο λογισμικό OGAMA

Η επεξεργασία των αρχικών καταγραφών (raw data) των 28 υποκειμένων που έγιναν τελικώς δεκτά έπειτα από την επικύρωση της βαθμονόμησης πραγματοποιήθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού OGAMA (Voßkühler et al. 2008). Το λογισμικό αυτό προσφέρει πληθώρα δυνατοτήτων για την ανάλυση οφθαλμικών καταγραφών. Τα εργαλεία που αξιοποιήθηκαν κυρίως ήταν η εξαγωγή των προσηλώσεων και η εξαγωγή χαρτών προσοχής (heatmaps).

Το πρόγραμμα απαιτεί από τον χρήστη τον ορισμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Αναλυτικότερα ορίστηκαν:

- ◆ Η μέγιστη απόσταση που μπορεί να απέχει μία καταγραφή από το μέσο σημείο της προσήλωσης και να εξακολουθεί να θεωρείται μέρος της προσήλωσης (20 pixels).
- ◆ Ο ελάχιστος αριθμός καταγραφών που μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν μία προσήλωση (5).
- ◆ Το εύρος ανίχνευσης μιας προσήλωσης (ring size) (31 pixels).
- ◆ Τη συγγώνευση σε μία προσήλωση των διαδοχικών προσηλώσεων που απέχουν λιγότερο από τη μέγιστη απόσταση, δηλαδή τα 20 pixels.

Ακολουθεί η εισαγωγή των δεδομένων. Για κάθε αρχικό αρχείο καταγραφής έχουν δημιουργηθεί (μέσω κώδικα στη γλώσσα προγραμματισμού Python) τρία νέα αρχεία. Το πρώτο απομονώνει τις στήλες των καταγραφών που αφορούν το χρόνο και τις συντεταγμένες του βλέμματος (Total Time, X_Gaze, Y_Gaze) για τους δύο οφθαλμούς, το δεύτερο περιέχει τη σειρά των εικόνων και το τρίτο το χρόνο κατά τον οποίο εισήχθη η κάθε εικόνα. Για την εισαγωγή στο OGAMA των καταγραφών ακολουθήθηκε για κάθε ένα από τα 28 υποκείμενα η εξής διαδικασία:

- ◆ Εισήχθη το τροποποιημένο αρχείο των καταγραφών.
- ◆ Επιλέχθηκαν οι στήλες του αρχείου που αφορούν το χρόνο και τις συντεταγμένες ανάλογα με το ποιο από τα δύο μάτια επιλέχθηκε ως καλύτερο να χρησιμοποιηθεί (βάση της επικύρωσης της βαθμονόμησης).
- ◆ Επιλέχθηκε όνομα για το υποκείμενο.
- ◆ Εισήχθη το αρχείο που αναφέρει τον χρόνο κατά τον οποίο εισήχθη η κάθε οπτική σκηνή καθώς και τον αύξοντα αριθμό της εκάστοτε σκηνής.
- ◆ Εισήχθη το αρχείο που αναφέρει για τον αύξοντα αριθμό κάθε εικόνας το όνομα του αρχείου στο οποίο εκείνη αντιστοιχεί.

Με το τέλος της παραπάνω διαδικασίας καθίσταται δυνατή η εξαγωγή των προσηλώσεων που αφορούν την κάθε οπτική σκηνή.

6.3.1 Υπολογισμός προσηλώσεων

Οι προσηλώσεις ορίζονται από τον εντοπισμό διαδοχικών καταγραφών σε μικρή μεταξύ τους απόσταση. Μέσω αλγορίθμου υπολογίζεται το μέσο σημείο κάθε προσήλωσης. Στην περιοχή που αφορά προστίθενται διαδοχικές καταγραφές όσο αυτές απέχουν λιγότερο από την ορισμένη μέγιστη επιτρεπτή απόσταση. Αν μια καταγραφή ξεφεύγει από το όριο αυτό αλλά η αμέσως επόμενη συνεχίζει να βρίσκεται εντός της περιοχής της προσήλωσης τότε θεωρείται ότι ανήκει και αυτή στην παραπάνω περιοχή. Ομοίως σε περίπτωση βλεφαρίσματος όπου χάνεται το σημείο εστίασης, η προσήλωση μπορεί να επεκταθεί εφόσον η επόμενη καταγραφή βρίσκεται εντός της περιοχής της.

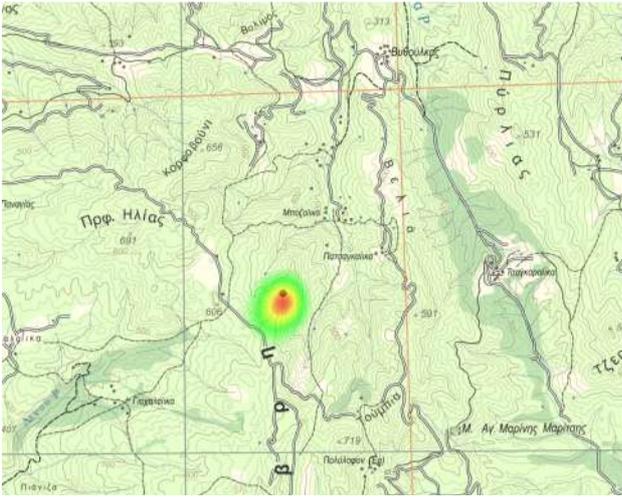
Με τον παραπάνω τρόπο υπολογίζονται η θέση και η διάρκεια των προσηλώσεων για κάθε οπτική σκηνή και για κάθε υποκείμενο. Το εξαγόμενο αρχείο έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 6.7.

```
# File: fix10.txt
# Created: Τετάρτη, 12 Μαρτίου 2014, 2:42:10 μμ
# with: OGAMA Version: 4.2.4470
# Contents: GazeFixations table.
# Applies to Projekt:experiment_teliko
#
# ID SubjectName TrialID TrialSequence CountInTrial StartTime Length PosX PosY
178882 Subject10 1 1 1 0 267 616,839477539063 439,651397705078
178883 Subject10 1 1 2 417 133 170,709335327148 106,325340270996
178884 Subject10 1 1 3 567 2332 142,626510620117 117,004737854004
178885 Subject10 2 2 1 0 166 140,834899902344 114,008445739746
178886 Subject10 2 2 2 333 67 1121,30554199219 147,517425537109
178887 Subject10 2 2 3 416 84 1125,99462890625 121,685340881348
178888 Subject10 2 2 4 516 2417 1156,09655761719 104,395401000977
178889 Subject10 3 3 1 0 200 1146,88000488281 92,0733489990234
178890 Subject10 3 3 2 333 134 643,441772460938 548,272338867188
178891 Subject10 3 3 3 483 284 621,205322265625 536,484985351563
178892 Subject10 3 3 4 783 2149 648,431457519531 507,725006103516
178893 Subject10 4 4 1 0 167 638,277770996094 517,846130371094
178894 Subject10 4 4 2 233 783 128,166122436523 914,718200683594
178895 Subject10 4 4 3 1216 100 134,345138549805 860,569702148438
178896 Subject10 4 4 4 1333 1616 135,026962280273 899,559936523438
178897 Subject10 5 5 1 0 162 139,33381652832 902,088256835938
178898 Subject10 5 5 2 228 84 1049,28002929688 962,662414550781
178899 Subject10 5 5 3 328 200 1144,99938964844 946,987365722656
178900 Subject10 5 5 4 545 2399 1150,88793945313 919,113037109375
178901 Subject10 6 6 1 0 265 1145,41918945313 917,552185058594
178902 Subject10 6 6 2 315 233 759,125366210938 418,044616699219
178903 Subject10 6 6 3 598 233 538,743469238281 469,681518554688
178904 Subject10 6 6 4 848 100 530,047912597656 498,995178222656
178905 Subject10 6 6 5 1014 933 602,336547851563 466,805694580078
178906 Subject10 7 7 1 0 279 607,021240234375 477,924896240234
178907 Subject10 7 7 2 295 137 636,544006347656 453,347534179688
178908 Subject10 8 8 1 0 550 637,010864257813 440,536895751953
178909 Subject10 8 8 2 600 101 1018,97137451172 771,218322753906
178910 Subject10 9 9 1 0 147 1031,94897460938 764,876831054688
178911 Subject10 10 10 1 61 116 405,391998291016 834,943969726563
178912 Subject10 10 10 2 211 216 289,727996826172 866,157775878906
```

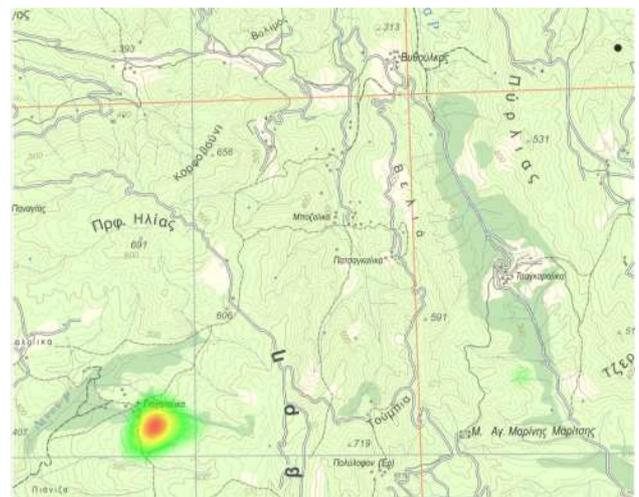
Εικόνα 6.7: Απόσπασμα αρχείου υπολογισμού προσηλώσεων

Παρέχονται δύο μέθοδοι για την οπτικοποίηση του υπολογισμού των προσηλώσεων. Ο πρώτος αφορά την προβολή κάθε διαδοχικής προσήλωσης πάνω στην κάθε οπτική σκηνή για το εκάστοτε υποκείμενο. Ο δεύτερος περιλαμβάνει τη δημιουργία του χάρτη προσοχής της κάθε οπτικής σκηνής ο οποίος μπορεί να αφορά ένα ή όλα συνολικά τα υποκείμενα. Ο χάρτης προσοχής είναι ένας θερμικός χάρτης που παρουσιάζει τα σημεία όπου επικεντρώθηκε το βλέμμα και προσφέρεται μόνο για ποιοτική εποπτεία των αποτελεσμάτων καθώς η εικόνα που παρέχει εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του πυρήνα παρεμβολής που έχει οριστεί για την κατανομή (στην συγκεκριμένη περίπτωση διατηρήθηκε η προεπιλεγμένη τιμή του προγράμματος Gaussian kernel size 201). Η ένταση των χρωμάτων συσχετίζεται με τον αριθμό των προσηλώσεων στη συγκεκριμένη περιοχή. Όσο μικραίνει ο αριθμός των προσηλώσεων τόσο το χρώμα μεταβάλλεται από κόκκινο σε πράσινο.

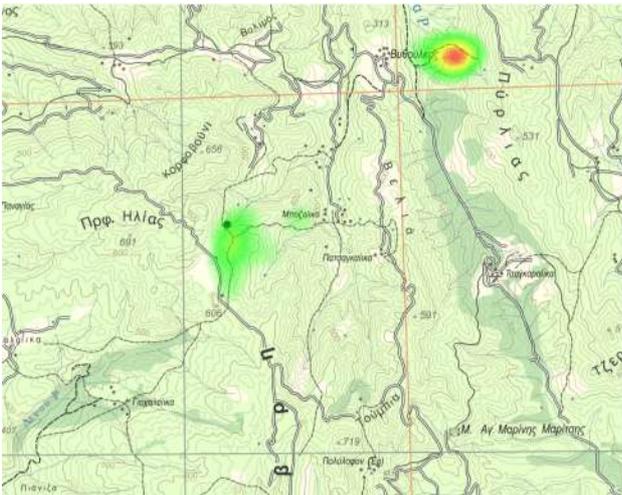
Παρακάτω παρουσιάζονται περιπτώσεις χαρτών προσοχής υπολογισμένων για όλα τα υποκείμενα. Στην Εικόνα 6.8 ο στόχος έχει γίνει αντιληπτός. Στην Εικόνα 6.9 δεν έχει γίνει επιτυχημένη αναζήτηση. Στην Εικόνα 6.10 ο κύριος αριθμός των προσηλώσεων έχει γίνει στο σημείο προβολής του προηγούμενου στόχου αλλά έχει εντοπιστεί και ο επόμενος. Στην Εικόνα 6.11 ο στόχος έχει εντοπιστεί αλλά έχει γίνει εστίαση και σε άλλα σημεία του χάρτη.



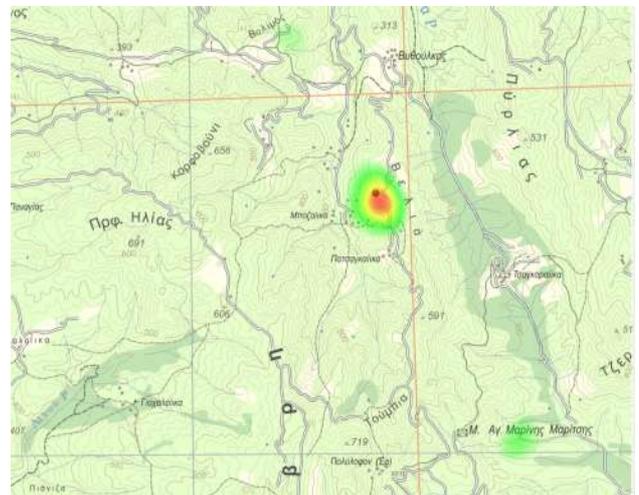
Εικόνα 6.8: Επιτυχής αναζήτηση στόχου, σκηνή p45



Εικόνα 6.9: Ανεπιτυχής αναζήτηση στόχου, σκηνή p4



Εικόνα 6.10: Επιτυχής αναζήτηση με αρχική εστίαση στον προηγούμενο στόχο, σκηνή p6



Εικόνα 6.11: Εντοπισμός στόχου με εστίαση και σε άλλα σημεία του χάρτη, σκηνή p21

Στην οπτική σκηνή p45 έχει πραγματοποιηθεί μια από τις μικρότερες μετακινήσεις (90 pixels) και στο μέγιστο χρόνο (750 msec) και ο στόχος έχει εντοπιστεί επιτυχώς από τη συντριπτική πλειοψηφία των παρατηρητών. Αντίθετα στην περίπτωση της σκηνής p4 έχει πραγματοποιηθεί μεγάλη μετακίνηση (1260 pixels) και δεν έχει γίνει έγκαιρος εντοπισμός. Η εικόνα της οπτικής σκηνής p6 αφορά μεσαίας τάξης μετακίνηση (600 pixels) στο δεύτερο μεγαλύτερο χρόνο (612,5 msec) και ο εντοπισμός έχει επιτευχθεί έστω και με καθυστέρηση λόγω εστίασης στον προηγούμενο στόχο. Η περίπτωση της οπτικής σκηνής p21 αφορά μεσαίου μεγέθους μετακίνηση (580 pixels) που πραγματοποιήθηκε σε μεσαίο χρόνο (475 msec) και έγινε αντιληπτή παρόλο που όπως φαίνεται η προσοχή των παρατηρητών αποσπάστηκε από στοιχεία της ονοματολογίας του χάρτη.

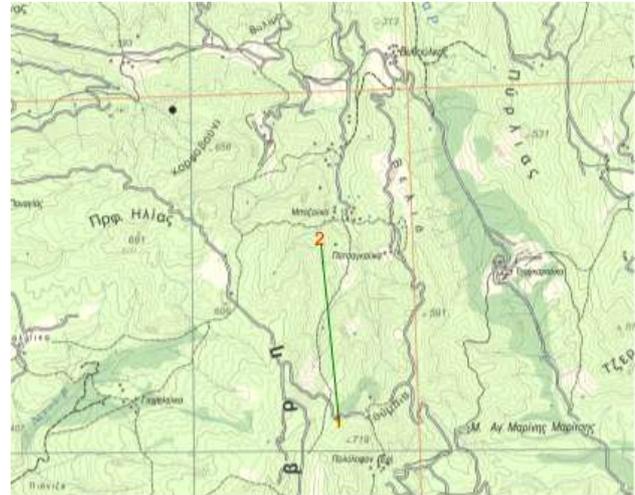
Όπως αναφέρθηκε οι χάρτες προσοχής παρέχουν μια ποιοτική εικόνα των προσηλώσεων και προσφέρονται για εποπτικούς σκοπούς. Ένας πιο αναλυτικός τρόπος οπτικοποίησης των προσηλώσεων είναι ο διαδοχικός υπολογισμός τους για το κάθε υποκείμενο. Για κάθε οπτική σκηνή προβάλλεται η θέση των προσηλώσεων που πραγματοποίησε το υποκείμενο, η αρίθμησή τους και η σύνδεσή τους βάση της χρονικής σειράς με την οποία έλαβαν χώρα. Με τη μέθοδο αυτή καταγράφηκε για το κάθε υποκείμενο και για την κάθε οπτική σκηνή αν έγινε αντιληπτός ή μη ο

στόχος. Για να θεωρηθεί ότι ένα υποκείμενο είδε το στόχο, θα πρέπει να υπάρχει μία τουλάχιστον προσήλωση σε απόσταση 20 περίπου pixels από το στόχο (όσο και η μέση αβεβαιότητα των καταγραφών, όπως αυτή προέκυψε από την επικύρωση της βαθμονόμησης). Σημειώνεται ότι πρόκειται για ποιοτικό κριτήριο.

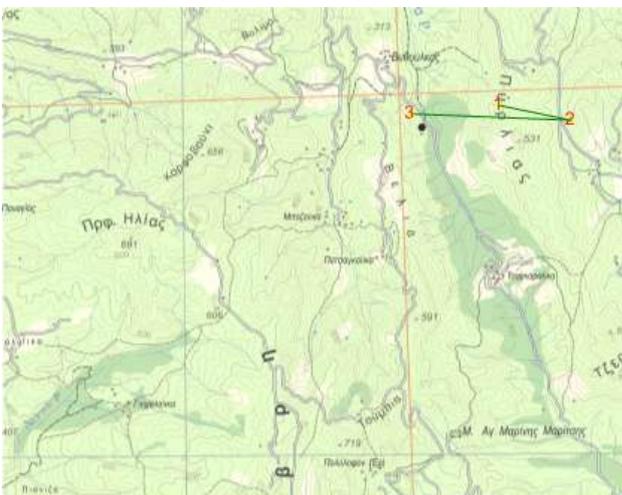
Στη συνέχεια παρουσιάζονται χαρακτηριστικά παραδείγματα περιπτώσεων όπου το υποκείμενο είδε αναμφισβήτητα το στόχο (Εικόνα 6.12), όπου απέτυχε να τον δει (Εικόνα 6.13) και ενδιάμεσες περιπτώσεις όπου οριακά θεωρήθηκε ότι τον είδε ή όχι (Εικόνες 6.14 και 6.15).



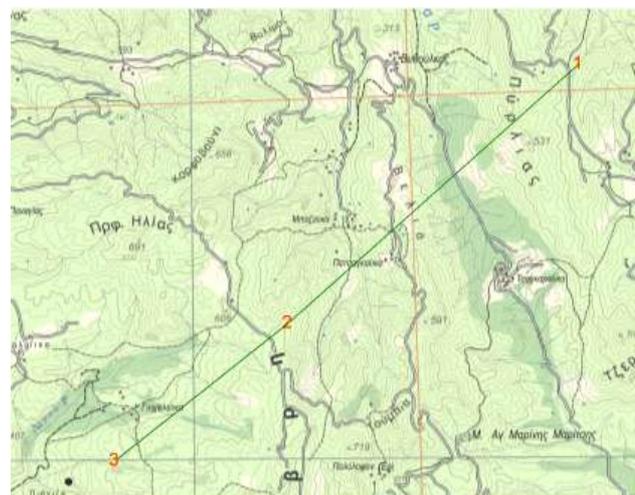
Εικόνα 6.12: Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p23



Εικόνα 6.13: Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p25



Εικόνα 6.14: Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p13



Εικόνα 6.15: Προσηλώσεις υποκειμένου 9 για τη σκηνή p46

Στην οπτική σκηνή p23 (μικρή μετακίνηση 200 pixels, διάρκειας 612,5 msec και αρχικής έντασης χάρτη) ο στόχος έχει γίνει ξεκάθαρα αντιληπτός (προσήλωση 3). Αντίθετα ο παρατηρητής δεν κατάφερε να εντοπίσει τον στόχο που εμφανίζεται στη σκηνή p25 (920 pixels μετακίνηση, 475 msec διάρκεια και αρχικής έντασης χάρτης). Στη σκηνή p13 (340 pixels, 475 msec και μεταβολή έντασης κατά 35%) η προσήλωση με τον αριθμό 3 δε βρίσκεται ακριβώς πάνω στο στόχο ωστόσο θεωρείται ποιοτικά ότι η απόσταση που την χωρίζει από αυτόν είναι μικρότερη από την αβεβαιότητα των 20-25 pixels και συνεπάγεται ότι ο στόχος έγινε αντιληπτός. Ως μέτρο σύγκρισης για την απόσταση λήφθηκε υπόψιν και το γεγονός ότι το μέγεθος του στόχου είναι 15 pixels. Στη

σκηνή p46 (240 pixels, 475 msec και αρχικός χάρτης) ενώ φαίνεται ότι το βλέμμα του παρατηρητή κινήθηκε προς τη μεριά του στόχου, η απόσταση της πιο κοντινής προσήλωσης (3) θεωρείται οριακά μη αποδεκτή και η αναζήτηση χαρακτηρίζεται ανεπιτυχής στα πλαίσια της διάρκειας της συγκεκριμένης οπτικής σκηνής.

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία προέκυψαν οι μετακινήσεις που έγιναν αντιληπτές από κάθε υποκείμενο. Χάρη σε αυτές τις παρατηρήσεις υπολογίστηκε ένας δείκτης “επιτυχίας” (index) των μετακινήσεων αυτών. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως το πηλίκο του πλήθους των υποκειμένων που είχαν τουλάχιστον μία προσήλωση σε απόσταση μικρότερη των 25 pixels από τον στόχο που εμφανίζεται στη συγκεκριμένη οπτική σκηνή ως προς το συνολικό πλήθος των υποκειμένων που είδαν τη σκηνή αυτή (28). Στον Πίνακα 6.5 παρουσιάζεται για κάθε εικόνα ο κωδικός των υποκειμένων που αντιλήφθηκαν το στόχο, το πλήθος τους, ο δείκτης επιτυχίας της κάθε αναζήτησης καθώς και το αποτέλεσμα που προκύπτει από τους χάρτες προσοχής (“ναι” για επιτυχή και “όχι” για ανεπιτυχή αναζήτηση).

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα επιτυχίας αναζητήσεων

ΕΙΚΟΝΑ	ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ	ΣΥΝΟΛΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ	ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ
p2-780	9,10,12,14,17,20,22,25,32,34,36,39,40,41,43,44,45,46,48,51	20	0,714	ΝΑΙ
p3-1260	46	1	0,036	ΟΧΙ
p4-300	-	0	0,000	ΟΧΙ
p5-600	-	0	0,000	ΟΧΙ
p6-180	9,14,17,27,32,36,37,41,43,46	10	0,357	ΝΑΙ
p7-700	10,12,14,17,18,22,25,27,28,29,34,36,37,39,40,41,42,43,46,51	19	0,679	ΝΑΙ
p8-80	10,12,14,17,18,22,25,27,28,29,34,36,37,39,40,41,42,43,46,48	20	0,714	ΝΑΙ
p9-1540	-	0	0,000	ΟΧΙ
p10-540	-	0	0,000	ΟΧΙ
p11-1100	20,29,32,35,41,43	6	0,214	ΝΑΙ
p12-340	-	0	0,000	ΟΧΙ
p13-840	9,22,25,39,41,43,46,48	8	0,286	ΝΑΙ
p14-1240	14,22,25,32,34,35,36,37,38,40,41,42,45,46,48,51	16	0,571	ΝΑΙ
p15-100	-	0	0,000	ΟΧΙ
p16-1400	9,10,14,17,20,22,32,37,40,41,42,43,46	13	0,464	ΝΑΙ
p17-560	17	1	0,036	ΟΧΙ
p18-860	9,48	2	0,071	ΟΧΙ
p19-940	43	1	0,036	ΟΧΙ
p20-580	43	1	0,036	ΟΧΙ
p21-440	9,12,14,25,37,41,43,44,46,48,51	11	0,393	ΝΑΙ

p22-200	43	1	0,036	OXI
p23-1200	9,12,14,17,20,22,25,29,32,36,37,39,40,41,42, 43,44,51	18	0,643	NAI
p24-920	-	0	0,000	OXI
p25-260	25,43	2	0,071	NAI
p26-640	9,10,12,14,17,25,29,32,37,39,40,41,42,44,46, 51	16	0,571	NAI
p27-1120	-	0	0,000	OXI
p28-1220	20,43	2	0,071	OXI
p29-500	-	0	0,000	OXI
p30-720	9,10,14,18,20,22,25,27,35,39,40,41,43,44	14	0,500	NAI
p31-420	46	1	0,036	OXI
p32-1320	-	0	0,000	OXI
p33-280	-	0	0,000	OXI
p34-1140	9,12,17,18,20,22,29,32,35,37,40,41,42,43,44, 46	16	0,571	NAI
p35-740	-	0	0,000	OXI
p36-220	9,10,17,18,20,22,25,27,29,32,35,36,37,39,43, 44,46,48,51	19	0,679	NAI
p37-380	9,10,12,14,17,18,20,22,25,27,29,32,34,35,36, 37,38,39,40,41,43,44,46,51	24	0,857	NAI
p38-1180	9,43,46	3	0,107	OXI
p39-1440	-	0	0,000	OXI
p40-800	10,17,20,22,29,32,35,40,42,46	10	0,357	NAI
p41-1280	9,10,12,14,17,18,20,22,25,29,32,36,40,41,43, 44	16	0,571	NAI
p42-1300	-	0	0,000	OXI
p43-680	17,20,22,29,37,40,41	7	0,250	NAI
p44-90	-	0	0,000	OXI
p45-240	9,10,12,17,18,20,22,25,27,29,36,37,38,39,40, 41,42,43,46,51	20	0,714	NAI
p46	10,12,14,18,20,22,25,27,32,35,36,37,38,41,42, 43,44,51	18	0,643	NAI

Από την τιμή του δείκτη προκύπτουν ορισμένες αρχικές παρατηρήσεις, οι οποίες είναι οι εξής:

- ◆ Η μέγιστη επιτυχία εντοπισμού στόχου που προβλήθηκε για διάρκεια 337,5msec και κάτω είναι 3,6% με εξαίρεση μία μικρή μετακίνηση διάρκειας 337,5msec με υπόβαθρο έντασης 70% η οποία ανιχνεύθηκε από το 10,7% των υποκειμένων.
- ◆ Οι 5 επιτυχεστέρες αναζητήσεις με δείκτη από 0,68 έως 0,86 αφορούν στόχους που

- ◆ προβλήθηκαν τη μέγιστη διάρκεια των 750msec συν ένα των 612,5msec.
- ◆ Οι 15 από τους 45 στόχους δεν εντοπίστηκαν από κανένα υποκείμενο.
- ◆ Η μόνη διάρκεια για την οποία δεν υπάρχει οπτική σκηνή με ολική αποτυχία εντοπισμού του στόχου (τιμή 0,000) είναι η μέγιστη των 750msec με ελάχιστη τιμή δείκτη 0,250.
- ◆ Οι κατηγορίες έντασης του χάρτη κατανέμονται ομοιόμορφα τόσο στις επιτυχημένες όσο και στις αποτυχημένες αναζητήσεις και δε φαίνεται να επηρεάζουν την ευκολία εντοπισμού του στόχου.

6.4 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Όπως έχει αναφερθεί οι παράμετροι που εξετάζονται στο πείραμα είναι η επίδραση της έντασης χάρτη σε σχέση με τη διάρκεια προβολής για τον εντοπισμό κινούμενου στόχου. Οι οπτικές σκηνές ταξινομήθηκαν βάση της διάρκειας και της έντασης και συγκρίθηκε η συμπεριφορά του δείκτη “επιτυχίας” για τις ανάλογες περιπτώσεις. Στη συνέχεια έγινε περαιτέρω ταξινόμηση σε υποκατηγορίες της καθεμιάς από τις δύο ομάδες βάση της δεύτερης παραμέτρου. Σημειώνεται ότι για κάθε συνδυασμό χρόνου- έντασης υπάρχουν 3 οπτικές σκηνές που αφορούν διαφορετικού μεγέθους μετακίνηση.

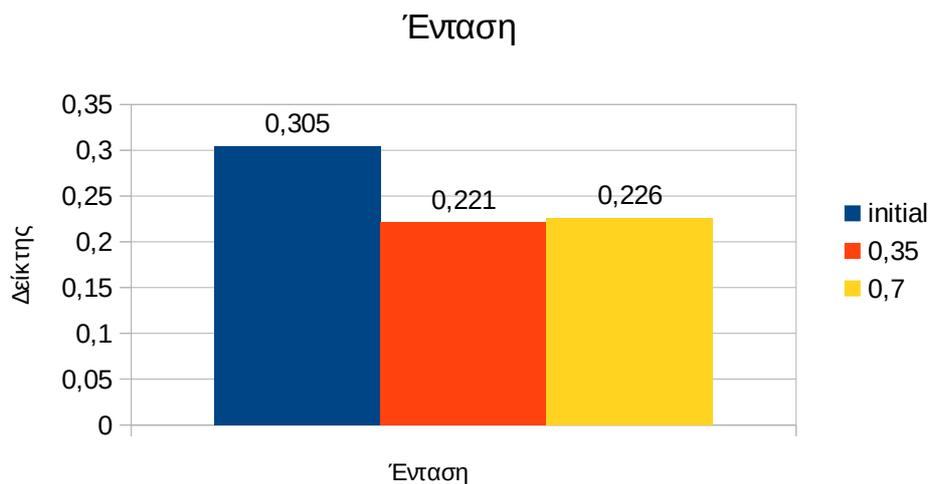
6.4.1 Κατηγοριοποίηση βάση της έντασης του χάρτη

Από τις 45 μετακινήσεις του στόχου που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν οι 15 τον κάθε χάρτη (αρχικός-initial, μεταβολή έντασης κατά 35% και μεταβολή έντασης κατά 70%). Τα γενικά στατιστικά που προκύπτουν για την κάθε ένταση φαίνονται στον Πίνακα 6.6.

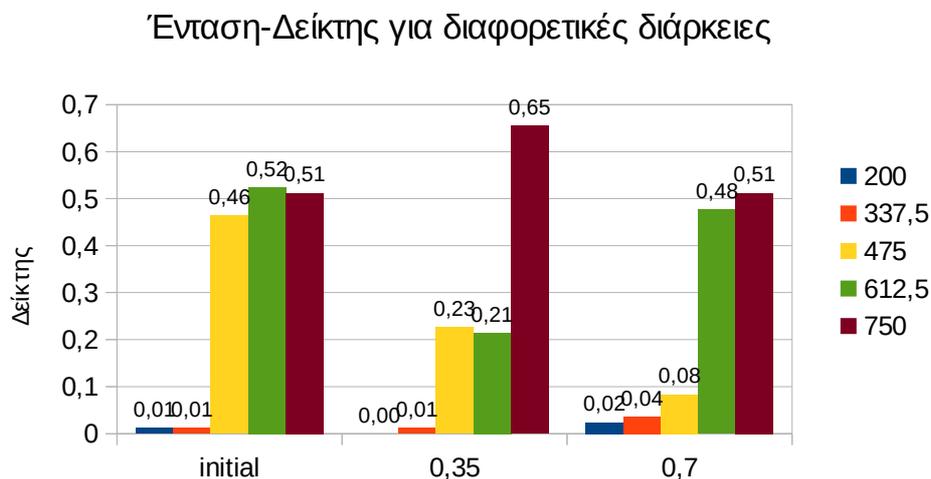
Πίνακας 6.6: Στατιστικά του δείκτη για την κατηγορία που αφορά κάθε ένταση

	initial	35%	70%
Μέσος	0,305	0,221	0,226
Τυπικό σφάλμα	0,076	0,073	0,075
Κατάσταση	0,000	0,000	0,000
Διάμεση τιμή	0,357	0,036	0,071
Διακύμανση	0,086	0,081	0,084
Τυπική απόκλιση	0,294	0,284	0,291
Κύρτωση	-1,891	-1,207	0,084
Ασυμμετρία	0,184	0,792	1,197
Περιοχή	0,714	0,714	0,857
Ελάχιστο	0,000	0,000	0,000
Μέγιστο	0,714	0,714	0,857
Άθροισμα	4,571	3,321	3,393
Πλήθος	15	15	15

Στις Εικόνα 6.16 παρουσιάζονται διαγραμματικά οι μέσοι δείκτες για την κάθε ένταση. Στην Εικόνα 6.17 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των τριών εντάσεων σε υποομάδες ανάλογα με τη διάρκεια προβολής κάθε χάρτη. Απεικονίζονται οι μέσοι όροι των δεικτών των 3 μετακινήσεων για κάθε μοναδικό συνδυασμό χρόνου- έντασης.



Εικόνα 6.16: Μέσοι όροι δείκτη για κάθε διαφορετική ένταση



Εικόνα 6.17: Υποκατηγορίες των κατηγοριών έντασης βάση της διάρκειας

Από τον Πίνακα 6.6 με μια πρώτη εξέταση γίνεται αντιληπτό ότι η ένταση του χαρτογραφικού υπόβαθρου δεν παίζει σημαντικό ρόλο για την επιτυχία της αναζήτησης. Η τυπική απόκλιση καθεμιάς από τις τρεις κατηγορίες είναι της τάξης του 0,29, τιμή ίση σχεδόν με το μέσο όρο (0,305, 0,221 και 0,226). Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ευκολία εντοπισμού του στόχου είναι ανεξάρτητη της έντασης. Αυτό καθίσταται ξεκάθαρο από το διάγραμμα της Εικόνας 6.17 όπου φαίνεται ότι το μέγεθος του δείκτη επιτυχίας της αναζήτησης σχετίζεται άμεσα με τη διάρκεια προβολής των οπτικών σκηνών και δεν ακολουθεί παρόμοια συμπεριφορά στα πλαίσια της κάθε έντασης.

6.4.2 Κατηγοριοποίηση βάση της διάρκειας προβολής της οπτικής σκηνής

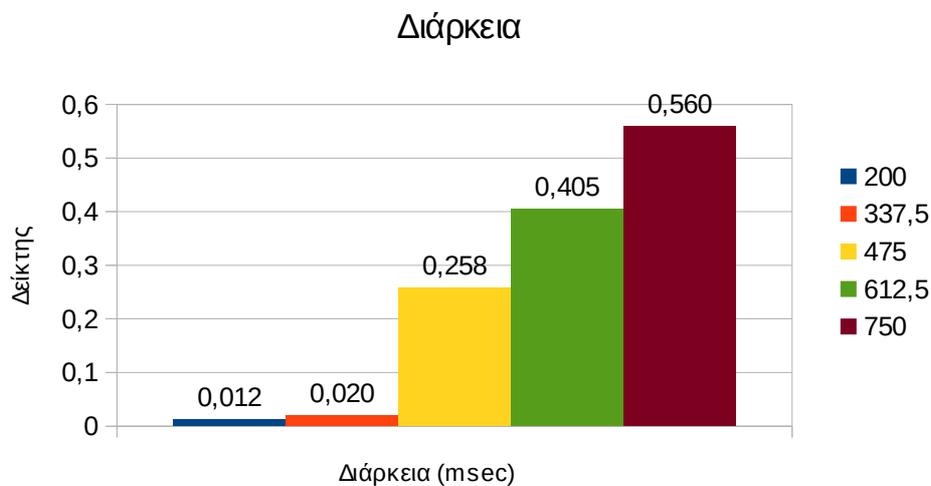
Σε κάθε μία από τις πέντε διαφορετικές διάρκειες (200, 337,5, 475, 612,5, 750msec) αντιστοιχούν εννέα από τις 45 μετακινήσεις. Τα γενικά στατιστικά των 5 κατηγοριών παρουσιάζονται στον

Πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.7: Στατιστικά στοιχεία του δείκτη για κάθε κατηγορία διάρκειας

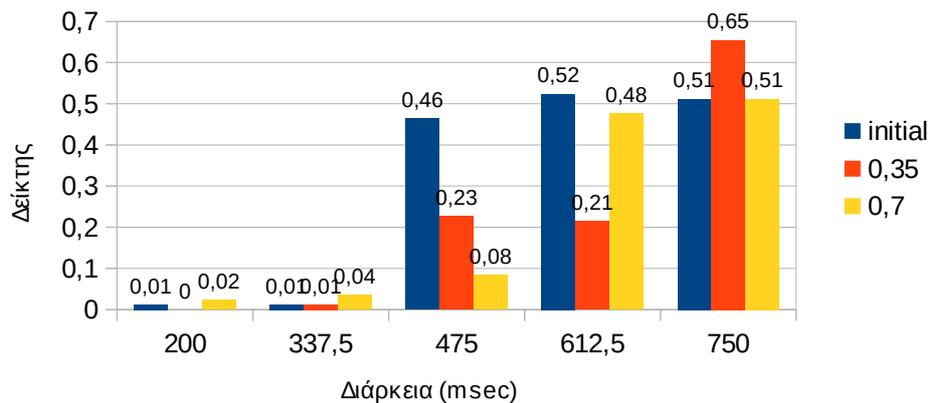
	200	337,5	475	612,5	750
Μέσος	0,012	0,020	0,258	0,405	0,560
Τυπικό σφάλμα	0,006	0,012	0,088	0,100	0,057
Κατάσταση	0,000	0,000	0,000	0,071	0,714
Διάμεση τιμή	0,000	0,000	0,214	0,500	0,571
Διακύμανση	0,000	0,001	0,070	0,089	0,029
Τυπική απόκλιση	0,018	0,036	0,265	0,299	0,170
Κύρτωση	-1,714	4,647	-0,999	-1,270	-0,480
Ασυμμετρία	0,857	2,121	0,706	-0,146	-0,845
Περιοχή	0,036	0,107	0,679	0,857	0,464
Ελάχιστο	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250
Μέγιστο	0,036	0,107	0,679	0,857	0,714
Άθροισμα	0,107	0,179	2,321	3,643	5,036
Πλήθος	9	9	9	9	9

Οι μέσοι όροι των δεικτών παρουσιάζονται στην Εικόνα 6.18. Περαιτέρω κατηγοριοποίηση εντός των ομάδων βάση της έντασης του χάρτη φαίνεται στην Εικόνα 6.19. Οι συνδυασμοί που απεικονίζονται στο διάγραμμα αυτό είναι ουσιαστικά οι ίδιοι με αυτούς του διαγράμματος της Εικόνας 6.17 αλλά με διαφορετική ομαδοποίηση.



Εικόνα 6.18: Μέσοι όροι δείκτη για την εκάστοτε διάρκεια

Διάρκεια-Δείκτης για διαφορετικές εντάσεις



Εικόνα 6.19: Μέσος όρος του δείκτη για κάθε ένταση εντός των 5 κατηγοριών διάρκειας

Από τον Πίνακα 6.7 και τα διαγράμματα προκύπτει ότι υπάρχει σχέση μεταξύ διάρκειας και επιτυχίας της αναζήτησης και συγκεκριμένα ότι μεγαλύτερες διάρκειες έχουν ως αποτέλεσμα επιτυχέστερες αναζητήσεις. Για διάρκειες 200 και 337,5msec ο δείκτης προσεγγίζει το 0 και η αναζήτηση μπορεί να θεωρηθεί ουσιαστικά αποτυχημένη. Στα 475msec επικρατεί ασάφεια ως προς τη συμπεριφορά του δείκτη. Για διάρκεια 612,5 και 750msec η επιτυχία είναι της τάξης του 50%. Μικροδιαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους ίδιου χρόνου για διαφορετικές εντάσεις οφείλονται εν μέρει και στο γεγονός ότι σημαντικό ρόλο παίζει και το μέγεθος της μετακίνησης (όπως προκύπτει από προηγούμενα πειράματα των Λέλλη (2013) και Λόκκα (2013)) το οποίο όμως δεν εξετάζεται στατιστικά στην εργασία αυτή. Για παράδειγμα για διάρκεια 612,5msec οι τρεις μετακινήσεις που αναφέρονται σε ένταση 35% είναι μεγέθους 1260, 840 και 560pixels, αρκετά μεγάλες δηλαδή και οι τρεις ώστε να καθιστούν δυσκολότερο τον εντοπισμό του στόχου (0,21 τιμή δείκτη). Αντίθετα για τον αρχικό χάρτη οι μετακινήσεις ήταν 600, 200 και 260 pixels και για τον 70% 1120, 500 και 220 pixels, σαφώς μικρότερες ώστε να δικαιολογούν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας (0,52 και 0,48 αντίστοιχα).

Σημειώνεται ότι οι διάρκειες μεταξύ 200-750 msec που έχουν επιλεγεί αποτελούν το οριακό διάστημα μέσα στο οποίο γίνεται αντιληπτή ή μη μια μετακίνηση όπως προκύπτει από τα πειράματα των Λέλλη (2013) και Λόκκα (2013). Δε σημαίνει δηλαδή ότι μεγαλύτεροι χρόνοι συνεπάγονται και υψηλότερο δείκτη επιτυχίας και εκτός του διαστήματος. Από κάποια διάρκεια και έπειτα ο εντοπισμός του στόχου γίνεται με ποσοστό 100% (σύμφωνα με τα εν λόγω πειράματα η τιμή αυτή είναι 800msec).

6.5 Γραμμική συσχέτιση των υπό μελέτη μεταβλητών

Πέρα από τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη των γενικών στατιστικών στοιχείων που αφορούν τα αποτελέσματα του πειράματος, ερευνήθηκε η ύπαρξη γραμμικής συσχέτισης μεταξύ της τιμής του δείκτη και της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής καθώς και του δείκτη με την ένταση του χαρτογραφικού υπόβαθρου. Μελετήθηκε κατά πόσο η τιμή της διάρκειας ή της έντασης (ανεξάρτητες μεταβλητές οριζόμενες κατά το σχεδιασμό του πειράματος) επηρεάζουν την τιμή του δείκτη “επιτυχίας” που προκύπτει για τις μετακινήσεις (εξαρτημένη μεταβλητή), σχέση που εκφράζεται με το συντελεστή συσχέτισης R^2 . Επιπλέον υπολογίζεται η μορφή της συσχέτισης αυτής, δηλαδή η καλύτερη ευθεία για κάθε ένα από τα δύο δείγματα μέσω της μεθόδου των

ελαχίστων τετραγώνων (με στόχο τα σημεία να απέχουν τις ελάχιστες κατά το δυνατόν αποστάσεις από την ευθεία) μέσω της οποίας μπορούν υποθετικά να υπολογιστούν μελλοντικές τιμές του δείκτη για τις εκάστοτε τιμές διάρκειας ή έντασης. Καθοριστικής σημασίας είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης στο οποίο αναφέρεται μια τέτοια συσχέτιση.

Οι υπολογισμοί έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού PSPP και τα αποτελέσματα των δύο συσχετίσεων παρουσιάζονται στις Εικόνες 6.20 και 6.21.

Model Summary (index)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,74	,55	,54	,19

ANOVA (index)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Regression	1,97	1	1,97	52,38	,00
Residual	1,62	43	,04		
Total	3,59	44			

Coefficients (index)

	B	Std. Error	Beta	t	Significance
(Constant)	-,26	,08	,00	-3,41	,00
duration	,00	,00	,74	7,24	,00

Εικόνα 6.20: Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης διάρκειας - δείκτη

Model Summary (index)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,11	,01	-,01	,29

ANOVA (index)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Regression	,05	1	,05	,56	,46
Residual	3,54	43	,08		
Total	3,59	44			

Coefficients (index)

	B	Std. Error	Beta	t	Significance
(Constant)	,29	,07	,00	4,29	,00
lightness	,00	,00	-,11	-,75	,46

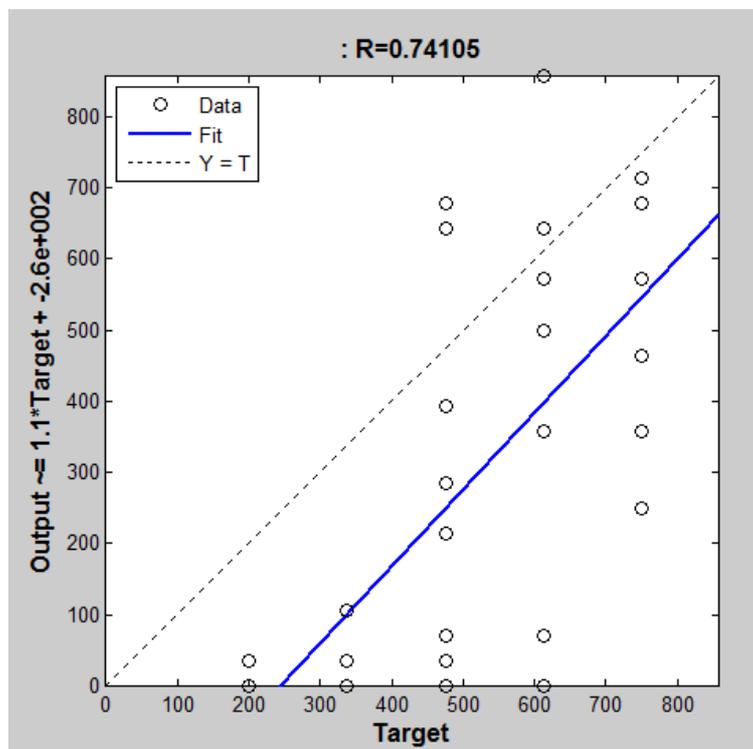
Εικόνα 6.21: Αποτελέσματα συσχέτισης έντασης - δείκτη

Συσχέτιση διάρκειας - δείκτη

Ο συντελεστής συσχέτισης R έχει τιμή 0,74 ενώ το τετράγωνό του R² ισούται με 0,55. Η θετική τιμή του συντελεστή συνεπάγεται ότι μικρή διάρκεια έχει ως αποτέλεσμα μικρό δείκτη. Η τιμή 0,55 υποδηλώνει την ύπαρξη μέτριας συσχέτισης (max τιμή= 1 για πλήρη συσχέτιση) και σημαίνει ότι το μοντέλο επεξηγεί το 55% της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής.

Οι συντελεστές της ευθείας $index = A + B \cdot duration$ που προσαρμόζεται καλύτερα στο μοντέλο λαμβάνουν τις τιμές A= -0,26 και B= 0,0011 για significance < 0,01. Η μικρή τιμή του B οφείλεται

στις μικρές τιμές του δείκτη σε σχέση με τη διάρκεια. Στην Εικόνα 6.22 φαίνεται το διάγραμμα της ευθείας σε σχέση με το δείγμα (ο δείκτης είναι πολλαπλασιασμένος με συντελεστή 1000 για να διακρίνεται η συσχέτιση) όπως προκύπτει από το λογισμικό Matlab.



Εικόνα 6.22: Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης διάρκειας- δείκτη

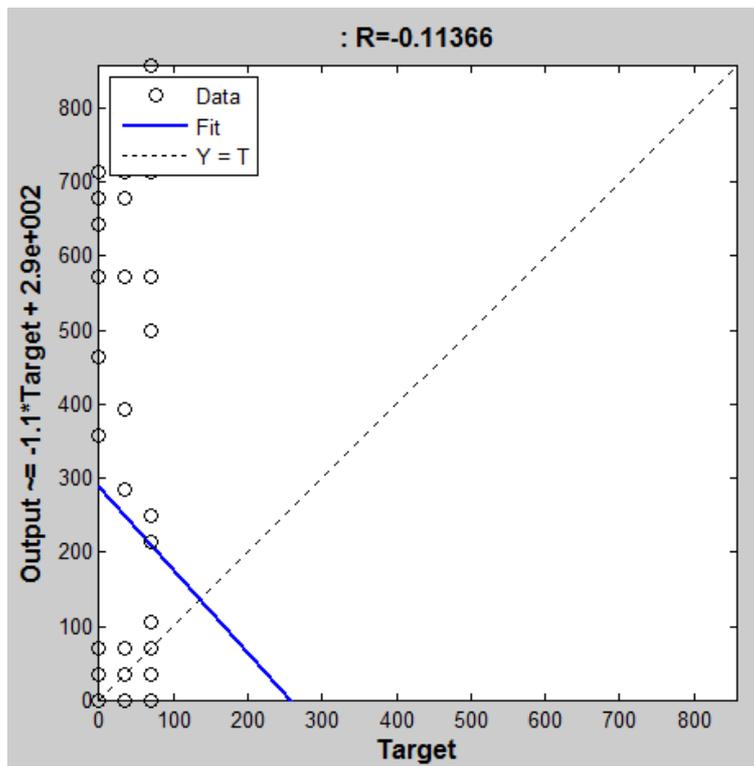
Η τιμή F προκύπτει ως ο λόγος της μεταβλητότητας που ερμηνεύεται από το μοντέλο (Mean Square Regression) προς αυτή που υπολείπεται (M.S. Residual) ώστε να κριθεί η σημαντικότητα της μεταβλητότητας που περιγράφει το μοντέλο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι $F(1,43)= 52,38$ όπου 43 είναι ο βαθμός ελευθερίας του μοντέλου και άρα συνεπάγεται επίπεδο σημαντικότητας $p<0,01$ (significance).

Το συμπέρασμα επομένως που προκύπτει είναι ότι η διάρκεια σχετίζεται σε ένα βαθμό με το δείκτη με το αποτέλεσμα να είναι στατιστικά σημαντικό για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%.

Συσχέτιση έντασης – δείκτη

Ο συντελεστής R^2 ισούται με 0,01, τιμή σχεδόν ίση με το μηδέν που υποδηλώνει ότι οι δύο μεταβλητές είναι ανεξάρτητες. Οι συντελεστές της ευθείας λαμβάνουν την τιμή 0,29 και 0,0011, η ένταση όμως δε συνεισφέρει στον υπολογισμό του μοντέλου όπως φαίνεται από την τιμή της $F(1,43)= 0,56$ για την οποία το επίπεδο σημαντικότητας που προκύπτει ισούται με 0,46. Η συμμετρική πιθανότητα $(1-0,46)\%= 54\%$ δεν αποτελεί στατιστικά σημαντικό επίπεδο εμπιστοσύνης ώστε να θεωρηθεί ότι η ευθεία αυτή (Εικόνα 6.23) περιγράφει το μοντέλο.

Το τελικό συμπέρασμα της διαδικασίας είναι η μη συσχέτιση του δείκτη με την ένταση του χαρτογραφικού υπόβαθρου.



Εικόνα 6.23: Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης έντασης- δείκτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων για όλο το εύρος της πειραματικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε. Τα συμπεράσματα αφορούν τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης καθώς και την ανάλυση των έγκυρων καταγραφών. Η ζητούμενη απάντηση που κλήθηκε να δώσει η εργασία αφορά το κατά πόσο επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της αναζήτησης κινούμενου στόχου σε τοπογραφικό χάρτη η δυναμική μεταβλητή της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής του δυναμικού συμβόλου (εντός ορισμένου κρίσιμου διαστήματος) και η οπτική μεταβλητή της έντασης του υπόβαθρου. Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων με απώτερο σκοπό την εξαγωγή των προσηλώσεων για την εκάστοτε οπτική σκηνή αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τη διαπίστωση της επιτυχίας ή μη μιας αναζήτησης. Τέλος, κατά την εκπόνηση της εργασίας προέκυψαν κατευθύνσεις στις οποίες μπορεί να επεκταθεί κάποια μελλοντική έρευνα και οι οποίες παρατίθενται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

7.1 Ακρίβεια των καταγραφών

Η ακρίβεια των καταγραφών του πειράματος ελέγχθηκε μέσω της διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης. Επιλέχθηκε να μην ξεπερνά τα 30-35 pixels (μέσος όρος 23 pixels), διάστημα το οποίο αποτελεί και την ακρίβεια του μηχανήματος για απόσταση θέασης 60cm. Ο έλεγχος ήταν κατά κύριο λόγο ποιοτικός και λάμβανε υπόψιν τη διάταξη των κέντρων των κλάσεων σε σχέση με τους αρχικούς στόχους, καθώς και τη διατήρηση της γεωμετρίας τους στη βαθμονόμηση μετά το κυρίως πείραμα.

Από τα 51 υποκείμενα απορρίφθηκαν αρχικά τα 7 που πραγματοποίησαν το πείραμα με ανοιχτό φωτισμό ώστε να διατηρηθεί το δείγμα ομοιογενές. Από τα υπόλοιπα 44 διατηρούσαν τις προδιαγραφές που αναφέρθηκαν τα 28, δηλαδή ποσοστό 64%. Το ποσοστό των απορριφθέντων παρατηρητών είναι αρκετά μεγάλο και επικυρώνει τη σημασία της συγκεκριμένης διαδικασίας δίχως την οποία θα λαμβανόταν υπόψιν πλήθος ανακριβών καταγραφών που θα οδηγούσαν σε εσφαλμένα συμπεράσματα κατά την ανάλυση των προσηλώσεων.

Η μικρή διάρκεια του πειράματος (περίπου 75sec) είχε ως αποτέλεσμα η διαδικασία να μην είναι σημαντικά κουραστική για τον παρατηρητή και να του επιτρέπει να διατηρήσει τη θέση του μέχρι το πέρας του πειράματος. Ως εκ τούτου παρατηρήθηκαν ελάχιστες περιπτώσεις κατά τις οποίες επήλθε μετακίνηση του υποκειμένου με αποτέλεσμα έγκυρη βαθμονόμηση στην έναρξη και μη έγκυρη στο πέρας της διαδικασίας. Τα περισσότερα υποκείμενα που αποκλείστηκαν είχαν δηλαδή από την αρχή του πειράματος κακή ακρίβεια. Αντίστοιχα τα υποκείμενα που έγιναν δεκτά διατήρησαν την αρχική ποιότητα της βαθμονόμησης και μετά το πείραμα, με την τελευταία να είναι ελάχιστα χειρότερη από την πρώτη (της τάξης των 2pixels κατά μέσο όρο).

Σημειώνεται ότι η επιτευχθείσα ακρίβεια ήταν καθοριστική μετέπειτα για τον ορισμό της επιτρεπόμενης απόστασης στόχου- προσήλωσης ώστε να θεωρηθεί ότι η μετακίνηση έχει εντοπιστεί.

7.2 Ανίχνευση του κινούμενου στόχου

Η πειραματική διαδικασία αποσκοπούσε στη μελέτη της επιρροής της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής ενός δυναμικού συμβόλου σε μια οπτική σκηνή και της έντασης του χαρτογραφικού

υπόβαθρου αυτής στην αναζήτηση κινούμενου συμβόλου. Το εύρος της διάρκειας ορίστηκε ως το κρίσιμο διάστημα κατά το οποίο ένας στόχος μπορεί να γίνει αντιληπτός ή όχι όπως προέκυψε από προηγούμενη εργασία (Λόκκα, 2013). Το διάστημα αποδείχθηκε όντως κρίσιμο καθώς για καμία από τις πέντε διαφορετικές διάρκειες μεταξύ 200 και 750 msec δεν παρατηρήθηκε καθολική επιτυχία ή αποτυχία αναζήτησης από όλα τα υποκείμενα. Συγκεκριμένα:

- Για διάρκεια 200 και 337,5 msec οι αναζητήσεις μπορούν να θεωρηθούν αποτυχημένες. Από τις εννέα αναζητήσεις διάρκειας 200 msec οι έξι δεν ανιχνεύθηκαν από κανένα υποκείμενο και οι τρεις από ένα υποκείμενο η κάθε μία. Ομοίως για τις εννέα αναζητήσεις διάρκειας 337,5 msec ο στόχος ανιχνεύθηκε σε τρεις περιπτώσεις από ένα, ένα και τρία υποκείμενα αντίστοιχα.
- Ενδιάμεση κατάσταση παρατηρείται για διάρκειες 475 και 612,5 msec όπου υπάρχουν αναζητήσεις πλήρως αποτυχημένες και αντίστοιχα άλλες με δείκτη επιτυχίας έως και 0,857.
- Για διάρκεια 750 msec δεν υπάρχει πλήρως αποτυχημένη αναζήτηση αλλά αντίστοιχα ούτε πλήρως επιτυχημένη. Ο μέγιστος δείκτης επιτυχίας ήταν 0,714.

Για τη σχέση έντασης χαρτογραφικού υπόβαθρου και δείκτη επιτυχίας δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα συσχέτισης. Για κάθε μία από τις τρεις διαφορετικές εντάσεις (αρχικού χάρτη, μεταβολή 35% και μεταβολή 70%) ο μέσος δείκτης είναι περίπου ίσος και έχει τυπική απόκλιση όσο η τιμή του. Περαιτέρω ταξινόμηση των αποτελεσμάτων μέσα σε κάθε κατηγορία έντασης φανερώνει τη σχέση μεταξύ διάρκειας και τιμής δείκτη που οδηγεί σε μέσο όρο περίπου 0,27, καθώς στην εκάστοτε ένταση περιλαμβάνονται πλήρως αποτυχημένες αναζητήσεις για τις μικρές διάρκειες καθώς και επιτυχημένες της τάξης του 70% για τις μεγαλύτερες. Η ένταση δηλαδή δεν επηρεάζει τον εντοπισμό του στόχου.

Για την ισχυροποίηση των παραπάνω συμπερασμάτων μελετήθηκε η γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη-διάρκειας και δείκτη-έντασης. Στην πρώτη περίπτωση παρατηρήθηκε η ύπαρξη ήπιας συσχέτισης της τάξης του 0,55 για μεγάλο επίπεδο εμπιστοσύνης (99%). Στη δεύτερη περίπτωση δεν υπάρχει συσχέτιση των μεταβλητών (0,01) και αντίστοιχα συμπεραίνεται ότι δεν προσφέρει κάτι στην πρόβλεψη του δείκτη η γνώση της έντασης του υπόβαθρου.

7.3 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται ορισμένες ιδέες για μελλοντική έρευνα που θα μπορούσαν να μελετηθούν με παρόμοια μεθοδολογία ή και με εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Η έρευνα αφορά πάντα την επιρροή οπτικών και δυναμικών μεταβλητών στα πλαίσια των δυναμικών χαρτών.

Το πεδίο που θα μπορούσαν να καλύψουν παρόμοιες μελέτες είναι αρκετά ευρύ. Όπως στην παρούσα εργασία συνδυάστηκε η ένταση του υπόβαθρου με τη διάρκεια του ρυθμού αλλαγής του δυναμικού συμβόλου, αντίστοιχα πειράματα μπορούν να καλύψουν πλήθος άλλων συνδυασμών ώστε να προκύψει εμπειρισταωμένη μελέτη πάνω στην αλληλεπίδραση των μεταβλητών σε σχέση με την ανίχνευση της κίνησης σε ένα χάρτη.

Καθότι προέκυψε ότι η ένταση δεν επηρεάζει την αναζήτηση, δηλαδή ο παράγοντας της κίνησης είναι σημαντικότερος σε στάδιο προ-προσοχής από την ένταση του υπόβαθρου, δε θα ήταν σκόπιμη περαιτέρω έρευνα πάνω στη συγκεκριμένη μεταβλητή. Ωστόσο δεν έχει εξακριβωθεί αν το πλήθος της γεωγραφικής πληροφορίας επηρεάζει την ανίχνευση του στόχου. Θα μπορούσε λοιπόν να μελετηθεί κατά πόσο είναι επιτυχής μία αναζήτηση σε συνδυασμό με τη σταδιακή μείωση της πληροφορίας είτε ποιοτικά (απαλοιφή ολόκληρων επιπέδων, πχ. υδρογραφικό δίκτυο) είτε

ποσοτικά (διατήρηση όλων των επιπέδων αλλά μείωση του αριθμού των στοιχείων που τα απαρτίζουν).

Για μια πιο ολοκληρωμένη μελέτη θα ήταν σκόπιμο να διαπιστωθεί πώς λειτουργεί η αλληλεπίδραση των μεταβλητών σε περίπτωση διαφορετικού τύπου χαρτών πέρα από τοπογραφικούς (πχ. γεωλογικούς, τουριστικούς, θεματικούς γενικότερα).

Για να καθίστανται συγκρίσιμες παρόμοιες μελέτες είναι αναγκαίο να διατηρούνται σταθερές οι προδιαγραφές ακρίβειας. Θα ήταν χρήσιμη μελέτη πάνω στα πρότυπα ελέγχου βαθμονόμησης που θα πρέπει να τηρούνται, καθώς δεν έχει οριστεί προς το παρόν κάτι αντίστοιχο.

Όσον αφορά το κρίσιμο διάστημα διάρκειας του ρυθμού αλλαγής ενός δυναμικού συμβόλου σε μια οπτική σκηνή κατά το οποίο είναι αμφίβολο αν θα ανιχνευθεί ο στόχος, αποδείχθηκε ότι δεν μπορεί να διαχωρισθεί περαιτέρω σε διάστημα επιτυχών ή ανεπιτυχών αναζητήσεων. Χρειάζεται επομένως να μελετηθεί η σχέση του με τις υπόλοιπες δυναμικές μεταβλητές για το οριακό αυτό διάστημα. Σημαντικός είναι ο ρυθμός αλλαγής δηλαδή το μέγεθος της μετακίνησης που διανύει ο στόχος ανά σκηνή, και η σειρά με την οποία προβάλλονται οι σκηνές καθώς ο παρατηρητής πιθανόν να δυσκολεύεται να εντοπίσει κάποια γενικά εύκολη μετακίνηση σε περίπτωση που αυτή έπεται μιας ανεπιτυχής αναζήτησης.

Η μελέτη των χαρακτηριστικών που ανιχνεύονται σε προ-προσεκτικό στάδιο καθώς και της λειτουργίας των δυναμικών μεταβλητών είναι σε θέση να επιτρέψει τον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό δυναμικών χαρτών ώστε να διασφαλιστεί η εκμετάλλευση στο έπακρο του πολυμορφικού αυτού εργαλείου που προσφέρει η σύγχρονη τεχνολογία στη χαρτογραφία. Η μελέτη αυτή μπορεί να είναι μόνο εμπειρική και απαιτείται πλήθος άρτια σχεδιασμένων πειραμάτων για την πλήρη κατανόηση των μηχανισμών που υπεισέρχονται στη διαδικασία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Ακολουθεί το αρχείο ρυθμίσεων του πειράματος που συντάχθηκε με χρήση του κώδικα του προγράμματος EyeTracker.

```
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 "lotimages/p1-1160.bmp" //7
pictureList_AddName "lotimages/p2-780.bmp" //8
pictureList_AddName "lotimages/p3-1260.bmp" //9
pictureList_AddName "lotimages/p4-300.bmp" //10
pictureList_AddName "lotimages/p5-600.bmp" //11
pictureList_AddName "lotimages/p6-180.bmp" //12
pictureList_AddName "lotimages/p7-700.bmp" //13
pictureList_AddName "lotimages/p8-80.bmp" //14
pictureList_AddName "lotimages/p9-1540.bmp" //15
pictureList_AddName "lotimages/p10-540.bmp" //16
pictureList_AddName "lotimages/p11-1100.bmp" //17
pictureList_AddName "lotimages/p12-340.bmp" //18
pictureList_AddName "lotimages/p13-840.bmp" //19
pictureList_AddName "lotimages/p14-1240.bmp" //20
pictureList_AddName "lotimages/p15-100.bmp" //21
pictureList_AddName "lotimages/p16-1400.bmp" //22
pictureList_AddName "lotimages/p17-560.bmp" //23
pictureList_AddName "lotimages/p18-860.bmp" //24
pictureList_AddName "lotimages/p19-940.bmp" //25
pictureList_AddName "lotimages/p20-580.bmp" //26
pictureList_AddName "lotimages/p21-440.bmp" //27
pictureList_AddName "lotimages/p22-200.bmp" //28
pictureList_AddName "lotimages/p23-1200.bmp" //29
```

```

pictureList_AddName "lotimages/p24-920.bmp" //30
pictureList_AddName "lotimages/p25-260.bmp" //31
pictureList_AddName "lotimages/p26-640.bmp" //32
pictureList_AddName "lotimages/p27-1120.bmp" //33
pictureList_AddName "lotimages/p28-1220.bmp" //34
pictureList_AddName "lotimages/p29-500.bmp" //35
pictureList_AddName "lotimages/p30-720.bmp" //36
pictureList_AddName "lotimages/p31-420.bmp" //37
pictureList_AddName "lotimages/p32-1320.bmp" //38
pictureList_AddName "lotimages/p33-280.bmp" //39
pictureList_AddName "lotimages/p34-1140.bmp" //40
pictureList_AddName "lotimages/p35-740.bmp" //41
pictureList_AddName "lotimages/p36-220.bmp" //42
pictureList_AddName "lotimages/p37-380.bmp" //43
pictureList_AddName "lotimages/p38-1180.bmp" //44
pictureList_AddName "lotimages/p39-1440.bmp" //45
pictureList_AddName "lotimages/p40-800.bmp" //46
pictureList_AddName "lotimages/p41-1280.bmp" //47
pictureList_AddName "lotimages/p42-1300.bmp" //48
pictureList_AddName "lotimages/p43-680.bmp" //49
pictureList_AddName "lotimages/p44-90.bmp" //50
pictureList_AddName "lotimages/p45-240.bmp" //51
pictureList_AddName "lotimages/p46.bmp" //52
pictureList_AddName "autocalibration/blank_02.bmp" //53
pictureList_AddName "autocalibration/1_S2.bmp" //54
pictureList_AddName "autocalibration/3_S2.bmp" //55
pictureList_AddName "autocalibration/5_S2.bmp" //56
pictureList_AddName "autocalibration/7_S2.bmp" //57
pictureList_AddName "autocalibration/9_S2.bmp" //58
pictureList_AddName "autocalibration/blank_03.bmp" //59
pictureList_EndAction {stateJump 60} // 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\Lotidi\_propeirama.txt"
dataFile_NewUnique

// *** STATE 0 idle ****
stateMode 0
stateLabel "idle"

// *** STATE 1 presents next preference picture ***
stateMode 1
stateLabel "present next prefrence 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 0.475 8 // after 2 seconds, goto state#8

// *** STATE 8 presents next preference picture ***
stateMode 8
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.75 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 0.2 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 0.6125 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 0.3375 12 // after 2 seconds, goto state#12

// *** STATE 12 presents next preference picture ***
stateMode 12
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6125 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 0.475 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 0.75 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 0.3375 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 0.475 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 0.3375 19 // after 2 seconds, goto state#19

// *** STATE 19 presents next preference picture ***
stateMode 19
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.475 20 // after 3 seconds, goto state#20

// *** STATE 20 presents next preference picture ***
stateMode 20
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6125 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 0.2 22 // after 1 seconds, goto state#22

// *** STATE 22 presents next preference picture ***
stateMode 22
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.75 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 0.475 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 0.6125 25 // after 1 seconds, goto state#25

// *** STATE 25 presents next preference picture ***
stateMode 25
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 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 0.3375 27 // after 2 seconds, goto state#27

```

```

// *** STATE 27 presents next preference picture ***
stateMode 27
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.475 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 0.2 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 0.6125 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 0.2 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 0.475 32 // after 3 seconds, goto state#32

// *** STATE 32 presents next preference picture ***
stateMode 32
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6125 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 0.2 34 // after 3 seconds, goto state#34

// *** STATE 34 presents next preference picture ***
stateMode 34
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6125 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 0.3375 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 0.6125 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 0.3375 38 // after 2 seconds, goto state#38

// *** STATE 38 presents next preference picture ***
stateMode 38
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 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 0.475 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 0.75 41 // after 1 seconds, goto state#41

// *** STATE 41 presents next preference picture ***
stateMode 41
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.3375 42 // after 1 seconds, goto state#42

// *** STATE 42 presents next preference picture ***
stateMode 42
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.75 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 0.6125 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 0.3375 45 // after 3 seconds, goto state#45

// *** STATE 45 presents next preference picture ***
stateMode 45
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.475 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 0.75 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 0.75 48 // after 2 seconds, goto state#48

// *** STATE 48 presents next preference picture ***
stateMode 48
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.3375 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 0.75 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 0.75 52 // after 1 seconds, goto state#52

// *** STATE 52 presents next preference picture ***

```

```

stateMode 52
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.475 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 2 54 // after 3 seconds, goto state#54

// *** STATE 54 presents next preference picture ***
stateMode 54
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 55 // after 1 seconds, goto state#55

// *** STATE 55 presents next preference picture ***
stateMode 55
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 56 // after 2 seconds, goto state#56

// *** STATE 56 presents next preference picture ***
stateMode 56
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 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 1 60 // after 3 seconds, goto state#60

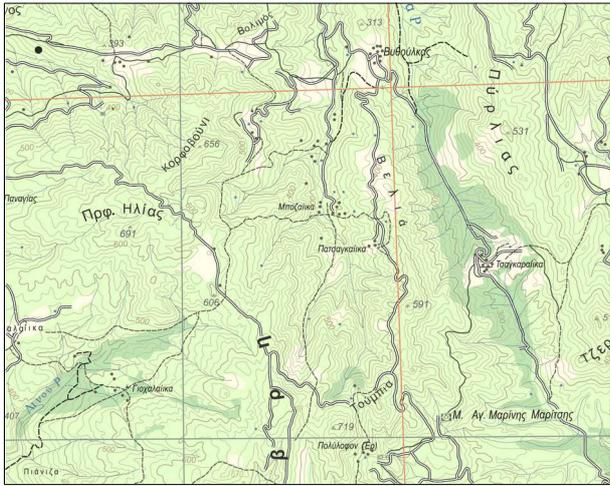
// *** STATE 60 close data file***`
stateMode 60
stateLabel "closes datafile"

```

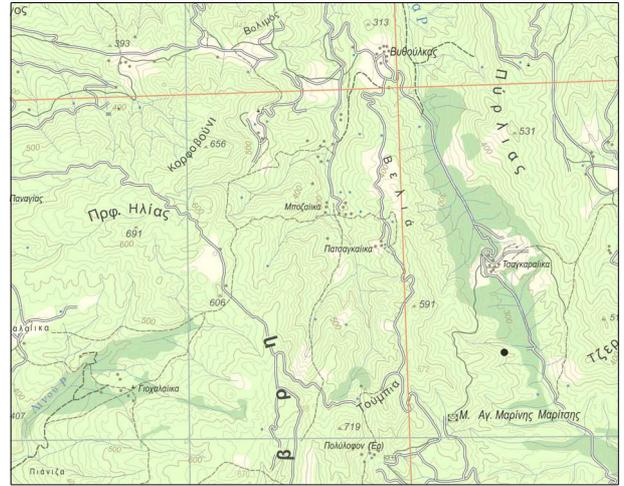
```
stateCommand {dataFile_Close }  
stateTimeout 1 0 // immediately, goto state#0  
stateJump 1  
stateDump  
stateEngine On  
end
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

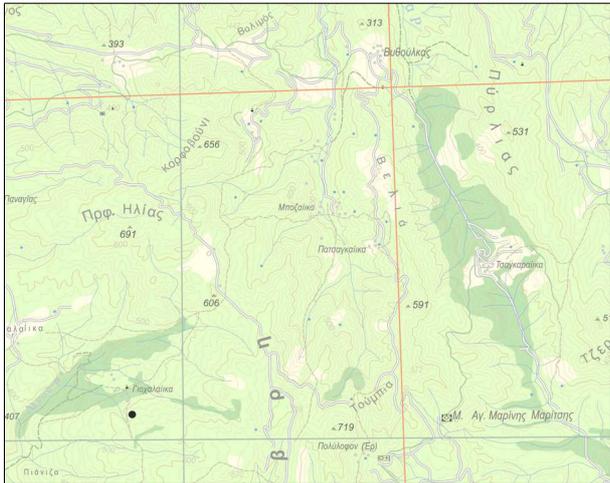
Ακολουθεί η παράθεση των οπτικών σκηνών με τη σειρά που προβλήθηκαν στο πείραμα.



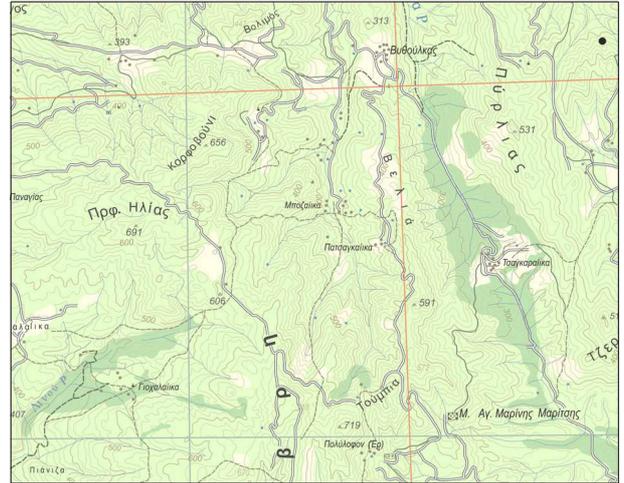
Εικόνα Β.1: Οπτική σκηνή 1



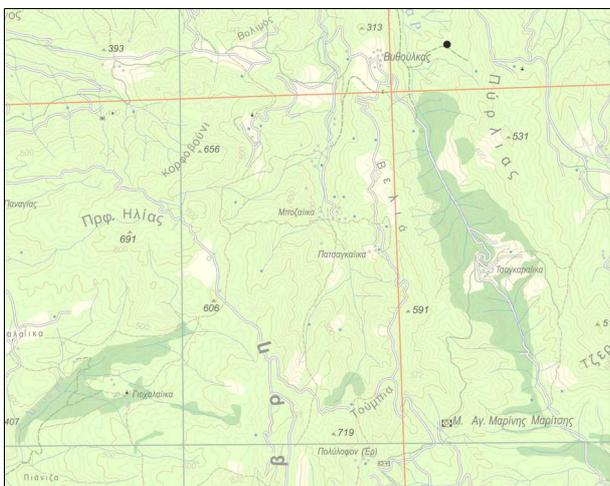
Εικόνα Β.2: Οπτική σκηνή 2



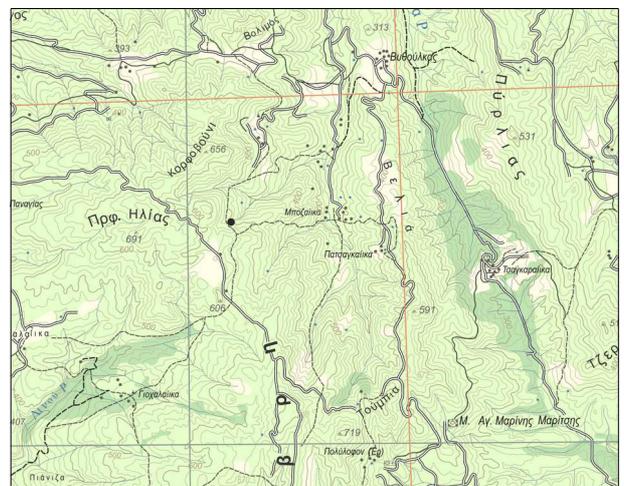
Εικόνα Β.3: Οπτική σκηνή 3



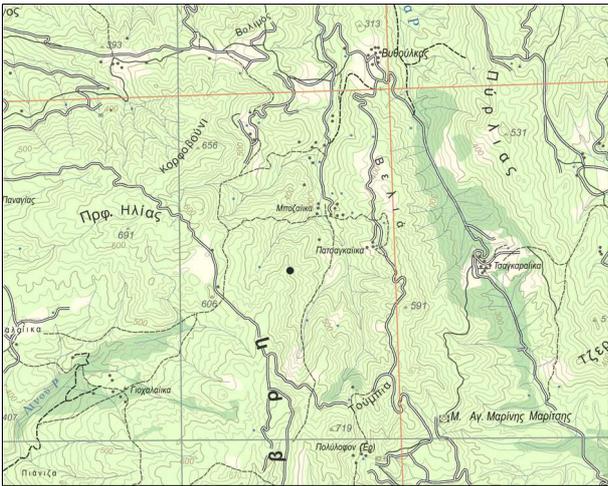
Εικόνα Β.4: Οπτική σκηνή 4



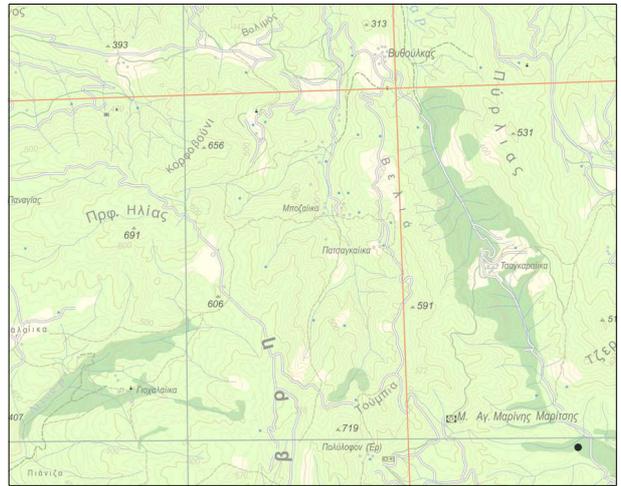
Εικόνα Β.5: Οπτική σκηνή 5



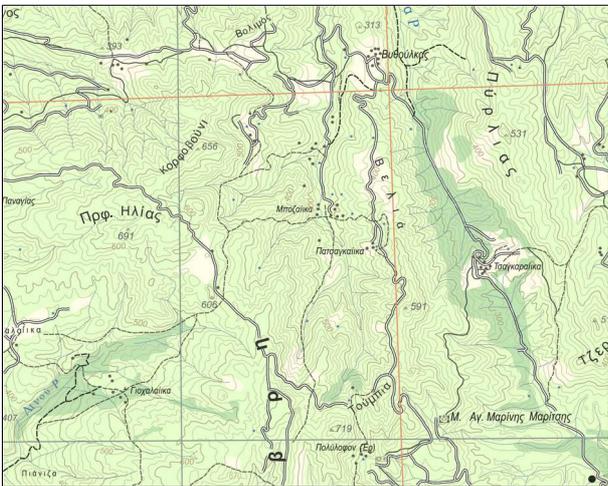
Εικόνα Β.6: Οπτική σκηνή 6



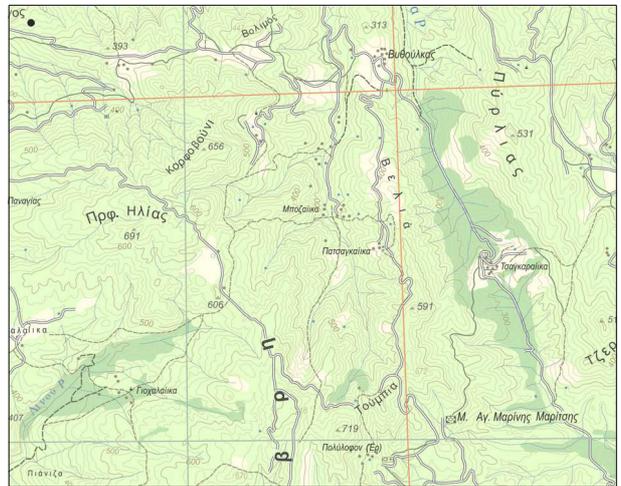
Εικόνα Β.7: Οπτική σκηνή 7



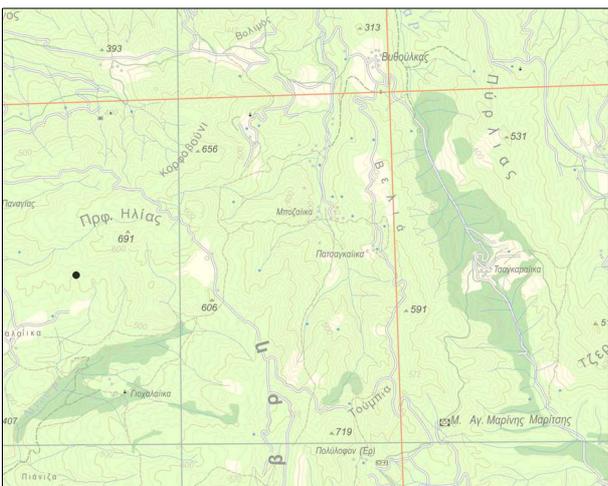
Εικόνα Β.8: Οπτική σκηνή 8



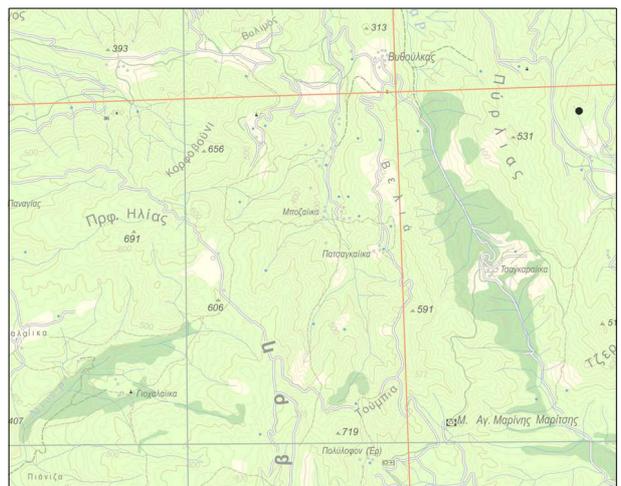
Εικόνα Β.9: Οπτική σκηνή 9



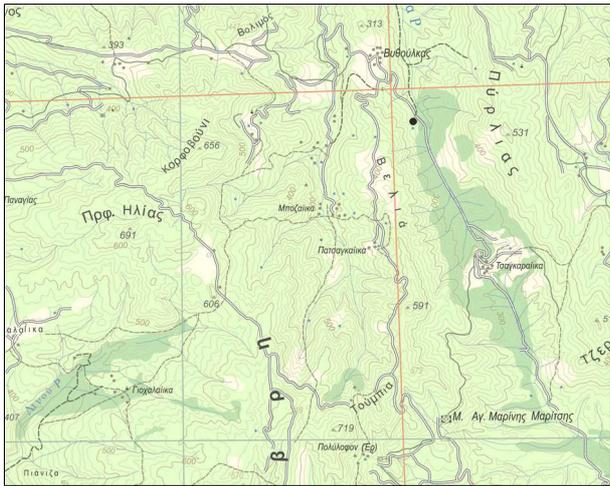
Εικόνα Β.10: Οπτική σκηνή 10



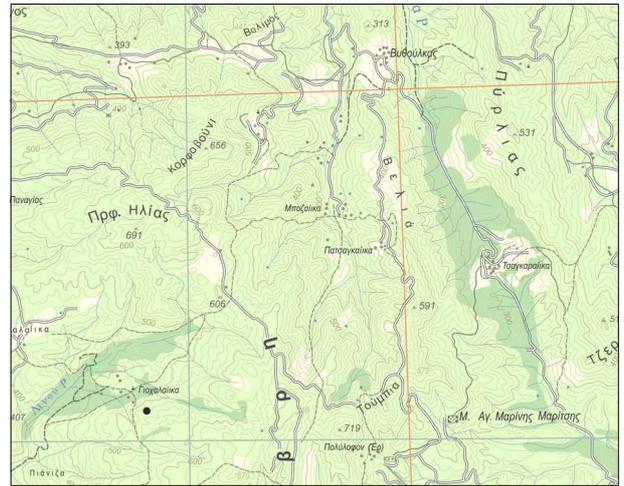
Εικόνα Β.11: Οπτική σκηνή 11



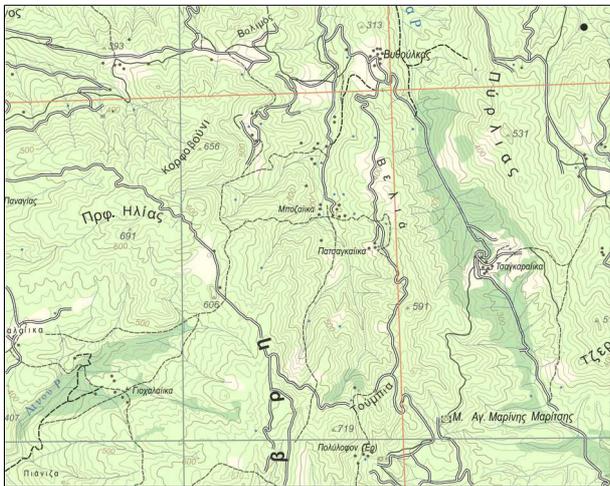
Εικόνα Β.12: Οπτική σκηνή 12



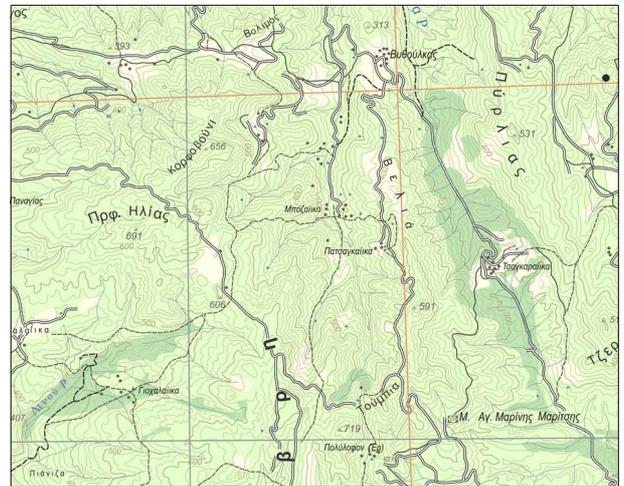
Εικόνα Β.13: Οπτική σκηνή 13



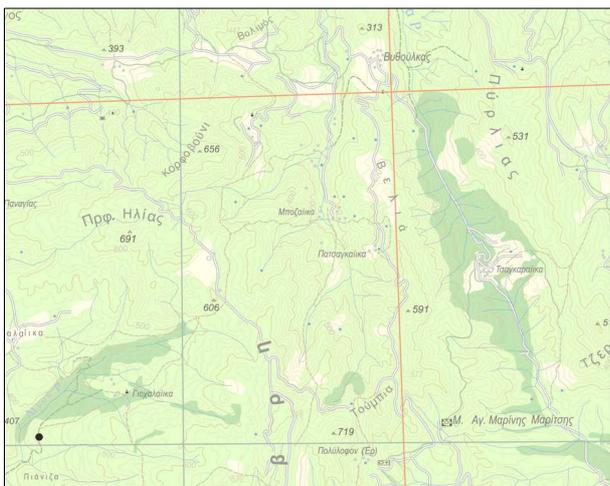
Εικόνα Β.14: Οπτική σκηνή 14



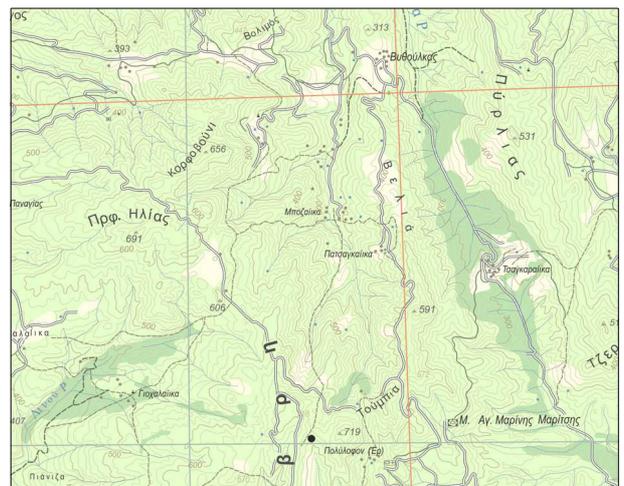
Εικόνα Β.15: Οπτική σκηνή 15



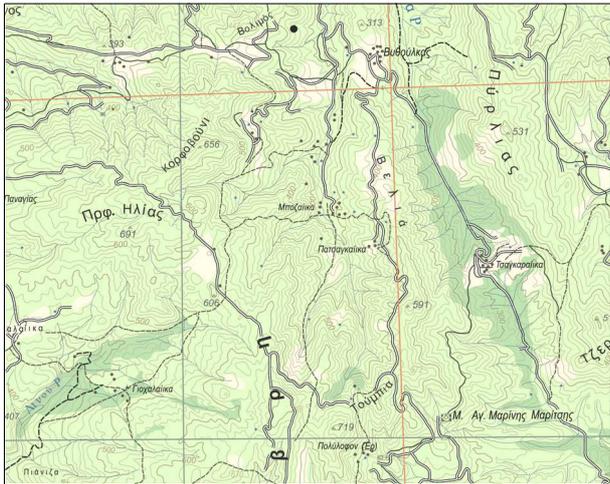
Εικόνα Β.16: Οπτική σκηνή 16



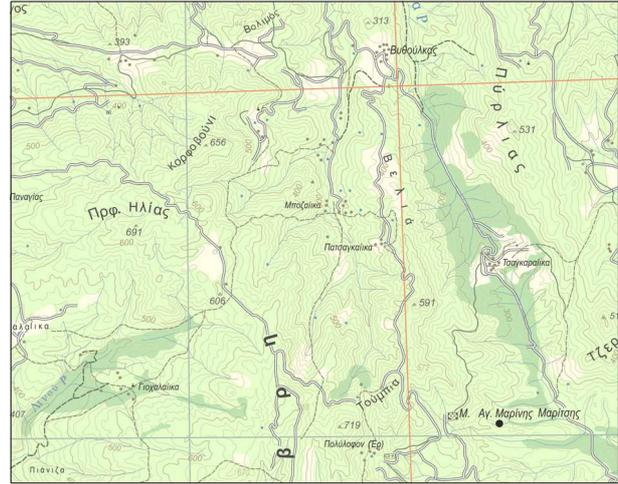
Εικόνα Β.17: Οπτική σκηνή 17



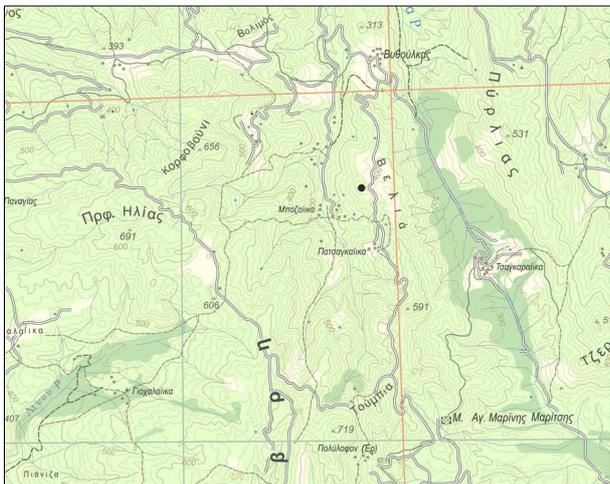
Εικόνα Β.18: Οπτική σκηνή 18



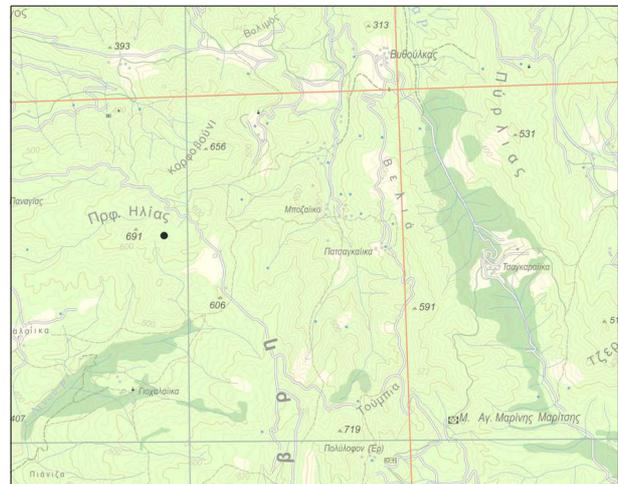
Εικόνα Β.19: Οπτική σκηνή 19



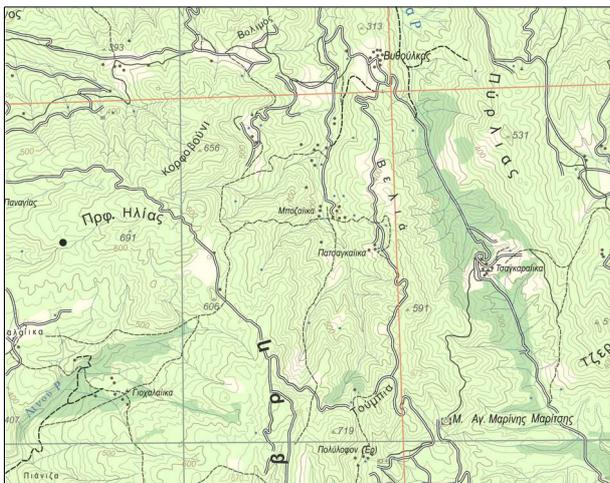
Εικόνα Β.20: Οπτική σκηνή 20



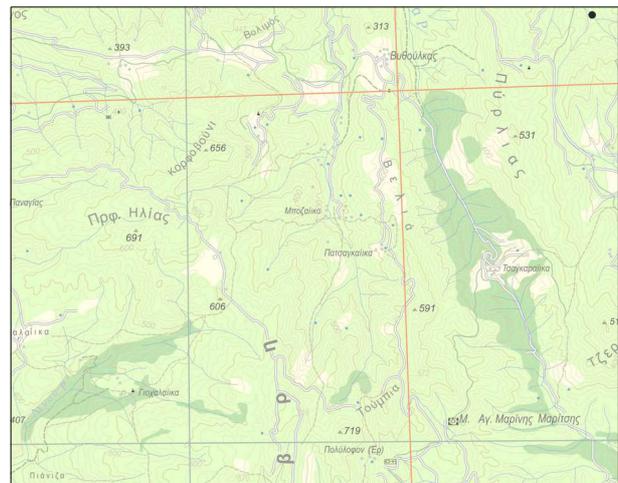
Εικόνα Β.21: Οπτική σκηνή 21



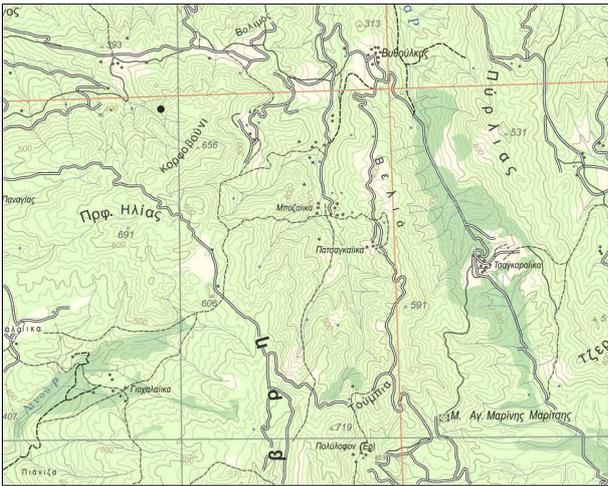
Εικόνα Β.22: Οπτική σκηνή 22



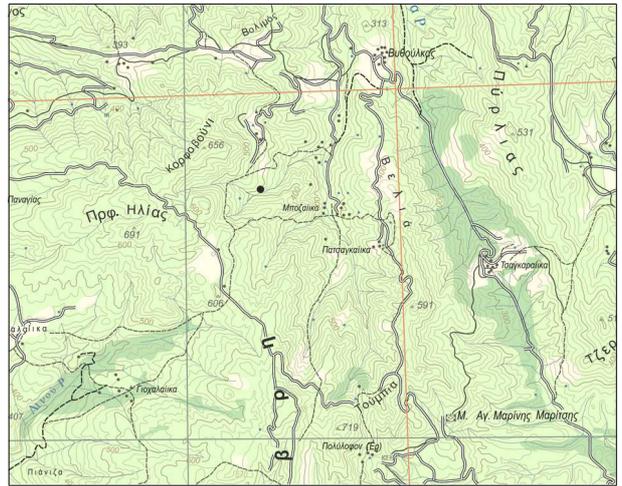
Εικόνα Β.23: Οπτική σκηνή 23



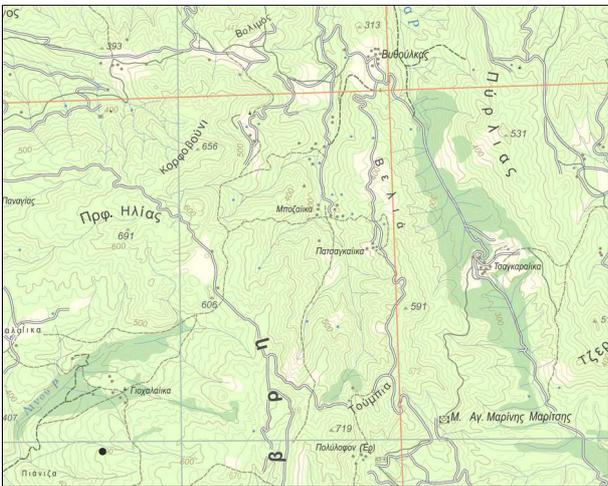
Εικόνα Β.24: Οπτική σκηνή 24



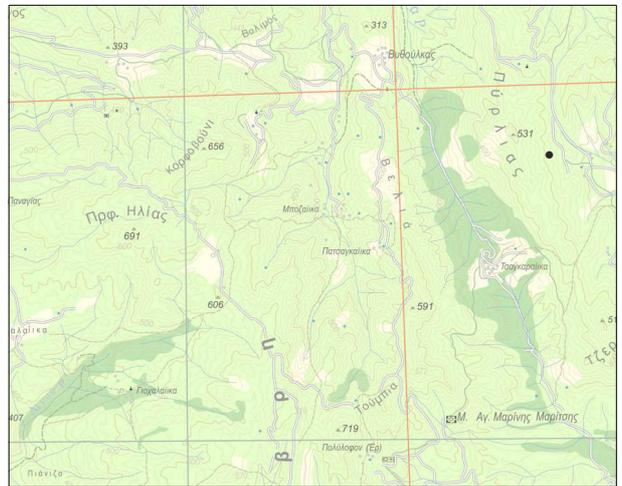
Εικόνα Β.25: Οπτική σκηνή 25



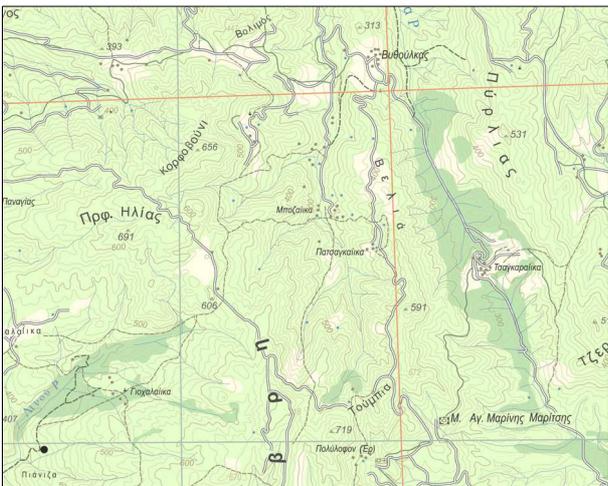
Εικόνα Β.26: Οπτική σκηνή 26



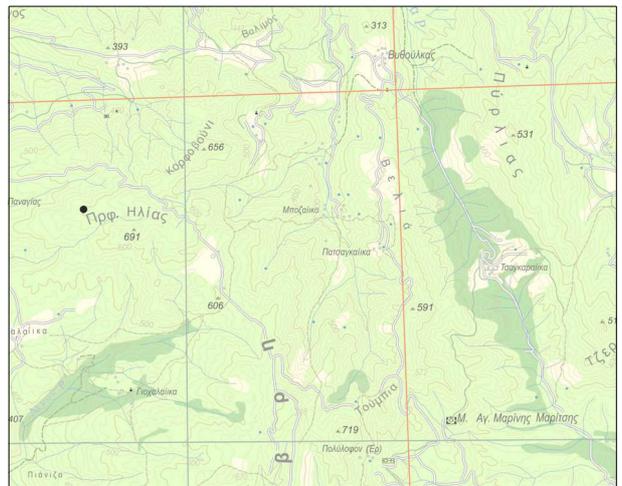
Εικόνα Β.27: Οπτική σκηνή 27



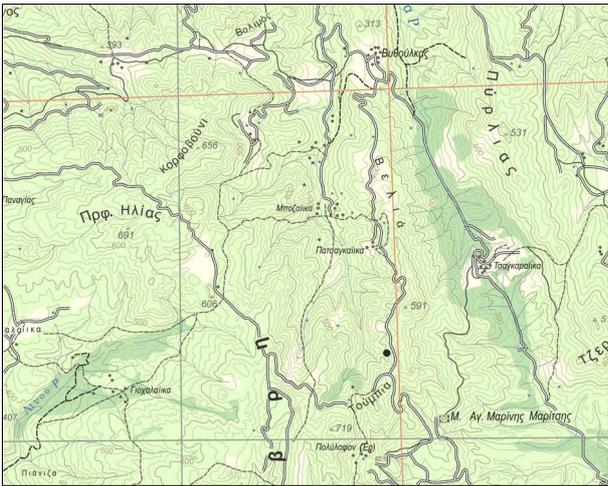
Εικόνα Β.28: Οπτική σκηνή 28



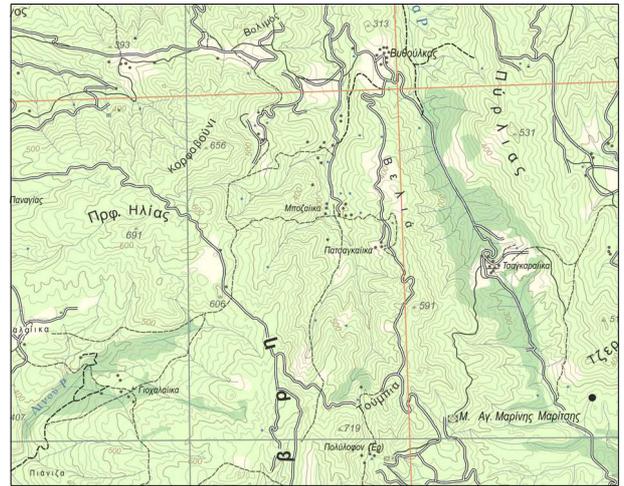
Εικόνα Β.29: Οπτική σκηνή 29



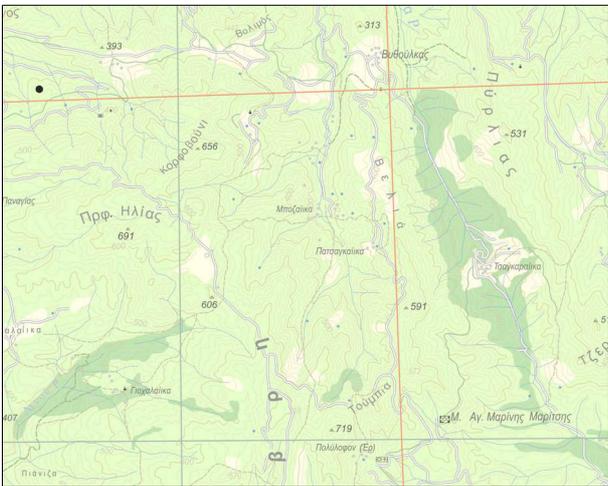
Εικόνα Β.30: Οπτική σκηνή 30



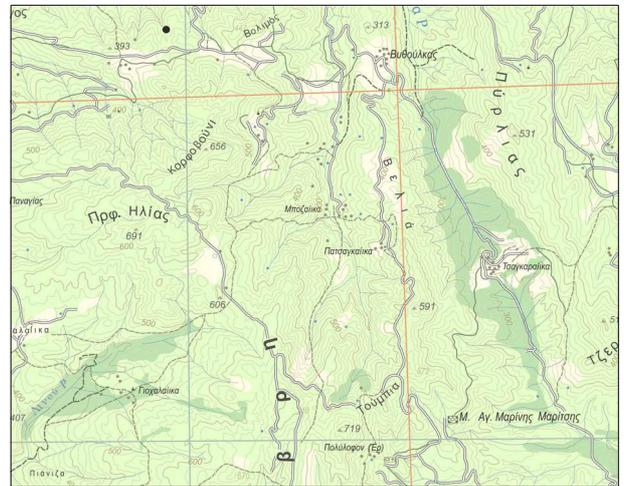
Εικόνα Β.31: Οπτική σκηνή 31



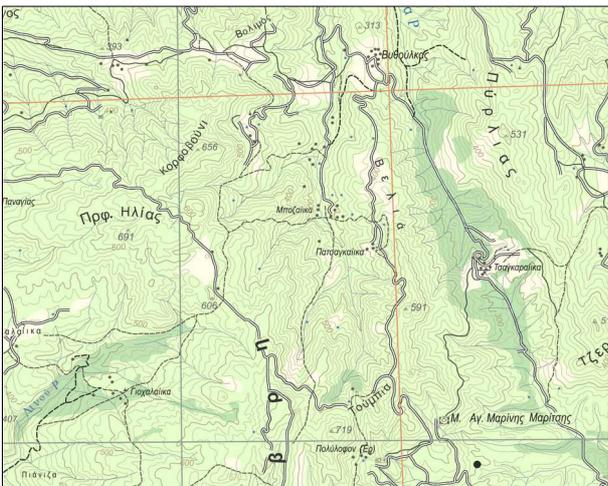
Εικόνα Β.32: Οπτική σκηνή 32



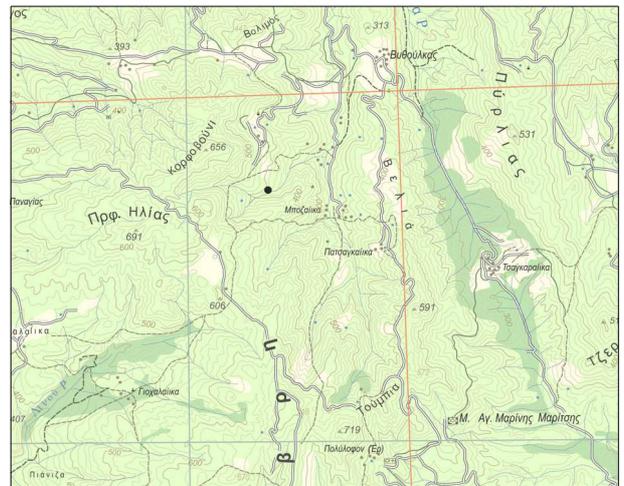
Εικόνα Β.33: Οπτική σκηνή 33



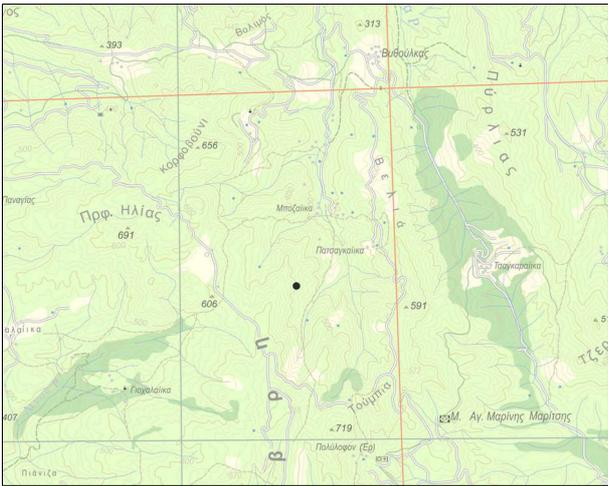
Εικόνα Β.34: Οπτική σκηνή 34



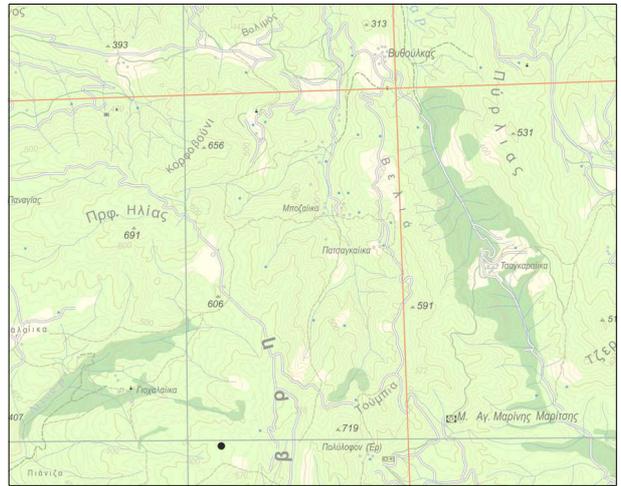
Εικόνα Β.35: Οπτική σκηνή 35



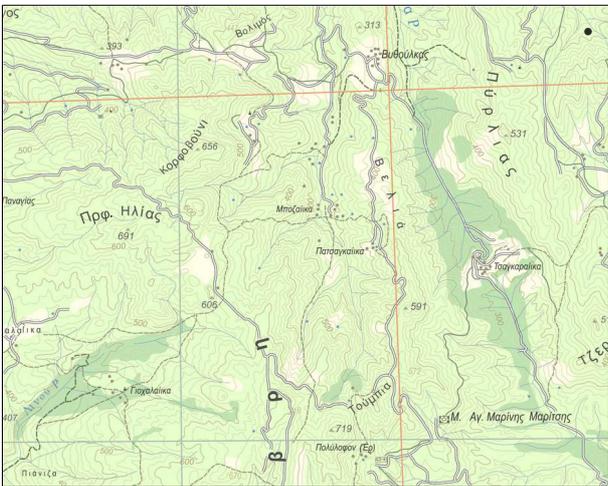
Εικόνα Β.36: Οπτική σκηνή 36



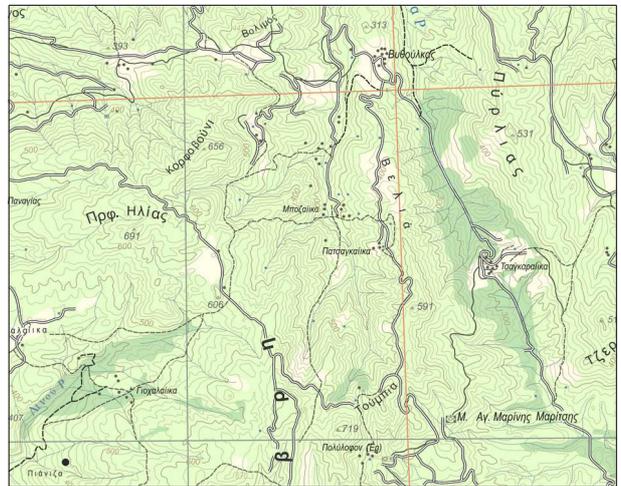
Εικόνα Β.37: Οπτική σκηνή 37



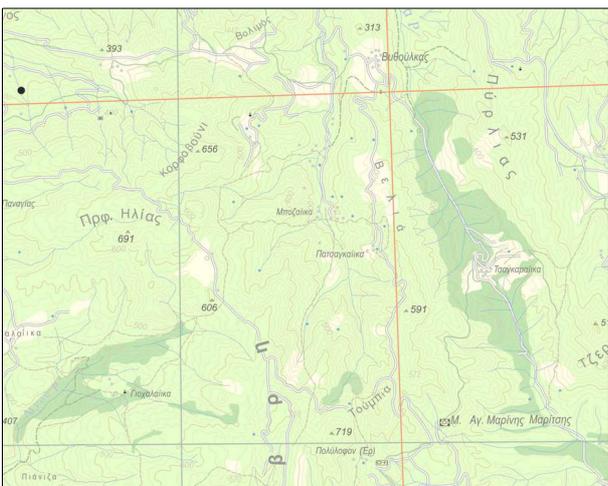
Εικόνα Β.38: Οπτική σκηνή 38



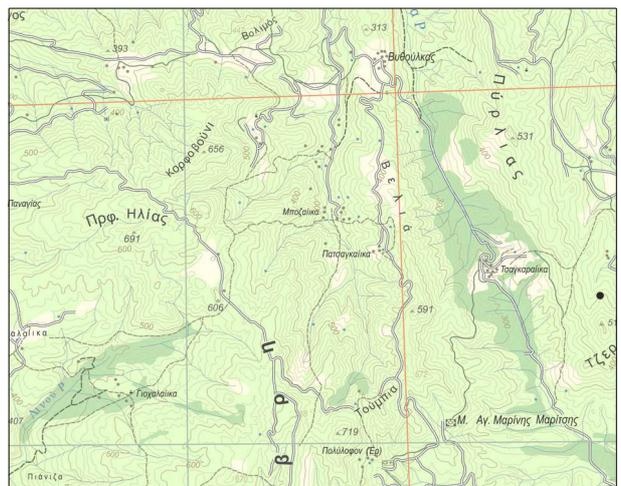
Εικόνα Β.39: Οπτική σκηνή 39



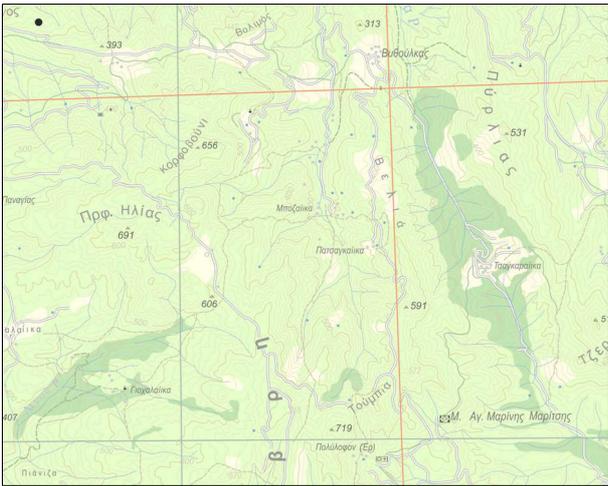
Εικόνα Β.40: Οπτική σκηνή 40



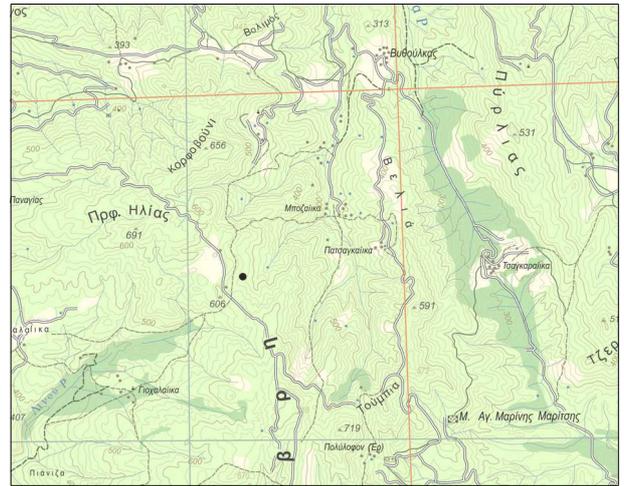
Εικόνα Β.41: Οπτική σκηνή 41



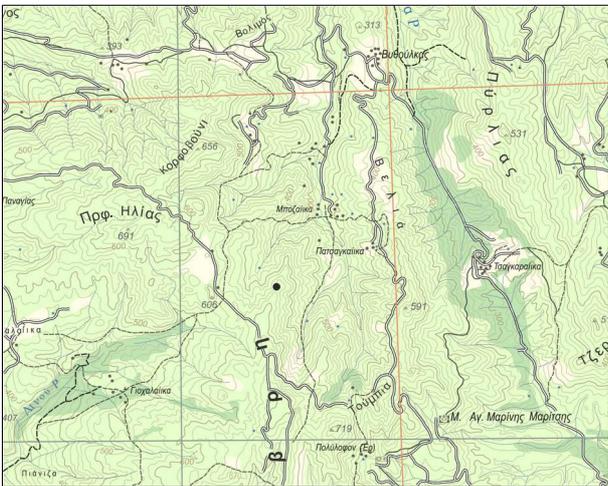
Εικόνα Β.42: Οπτική σκηνή 42



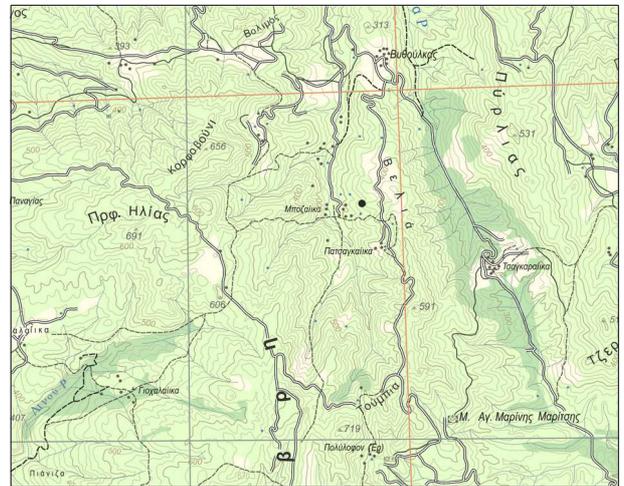
Εικόνα Β.43: Οπτική σκηνή 43



Εικόνα Β.44: Οπτική σκηνή 44



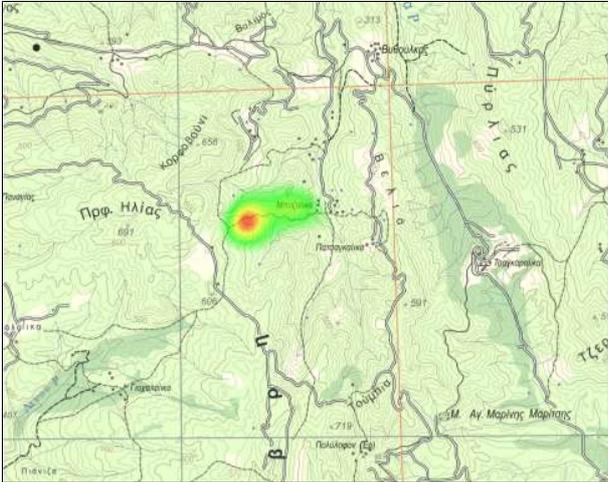
Εικόνα Β.45: Οπτική σκηνή 45



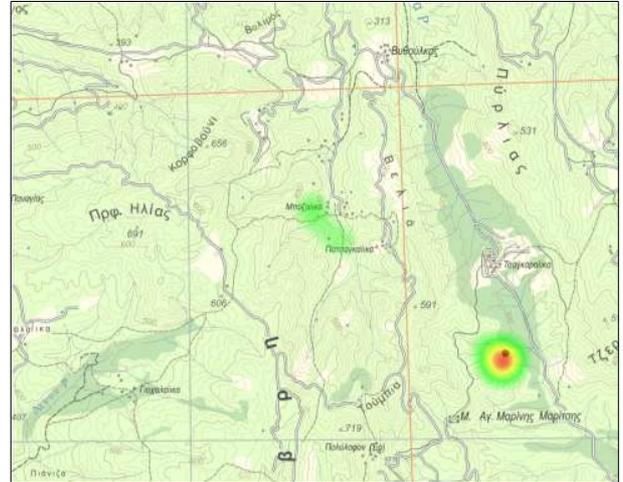
Εικόνα Β.46: Οπτική σκηνή 46

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

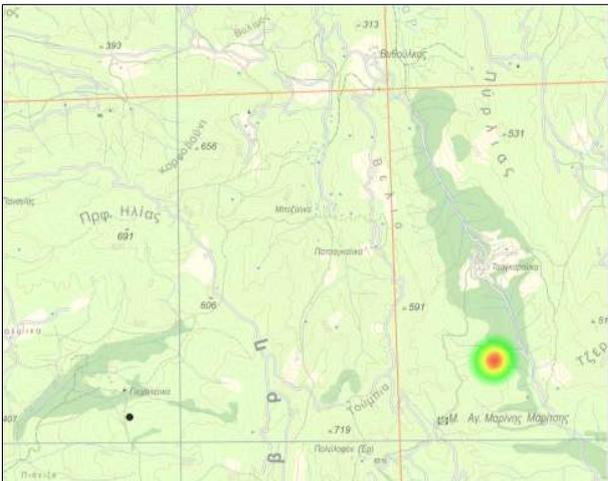
Στο Παράρτημα αυτό παρατίθενται οι χάρτες προσοχής που προέκυψαν από το λογισμικό OGAMA. Ακολουθούν τη σειρά προβολής των οπτικών σκηνών στις οποίες αναφέρονται και αποτελούν οπτικοποίηση του αριθμού και της διάρκειας των προσηλώσεων που πραγματοποίησε το σύνολο των υποκειμένων στην εκάστοτε σκηνή.



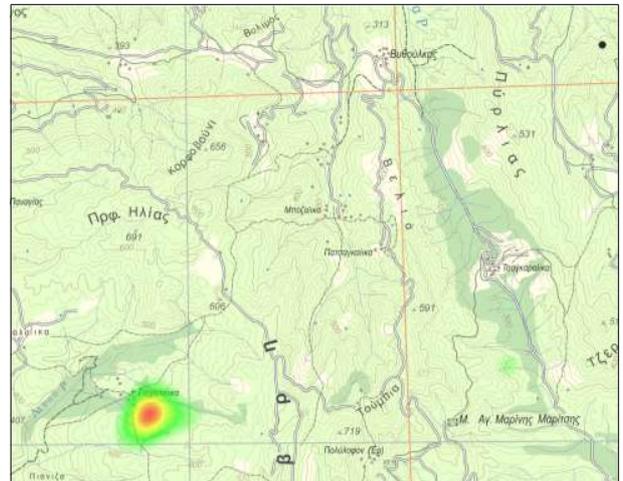
Εικόνα Γ.1: Χάρτης οπτικής σκηνής 1



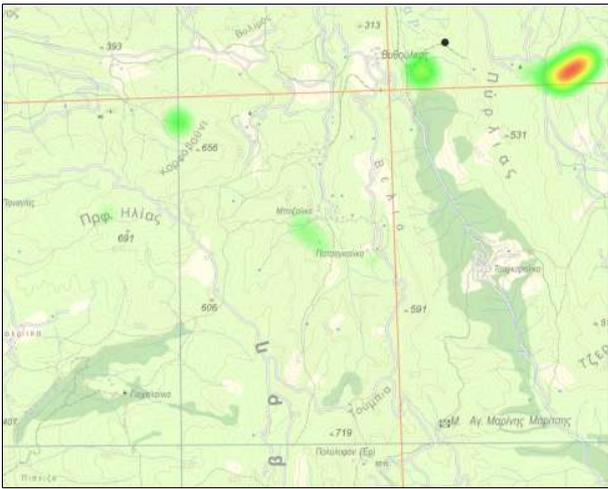
Εικόνα Γ.2: Χάρτης οπτικής σκηνής 2



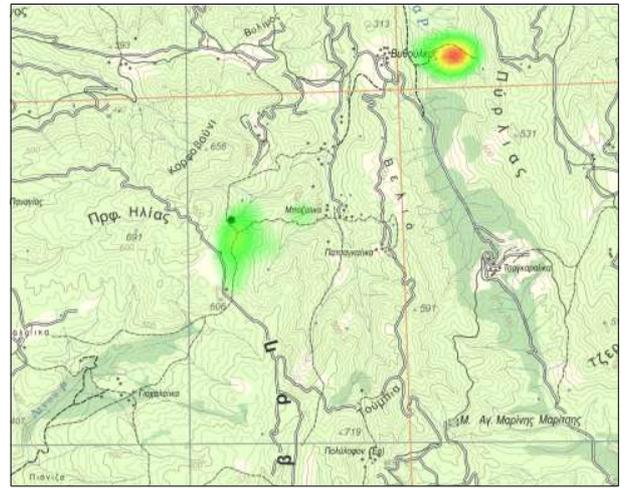
Εικόνα Γ.3: Χάρτης οπτικής σκηνής 3



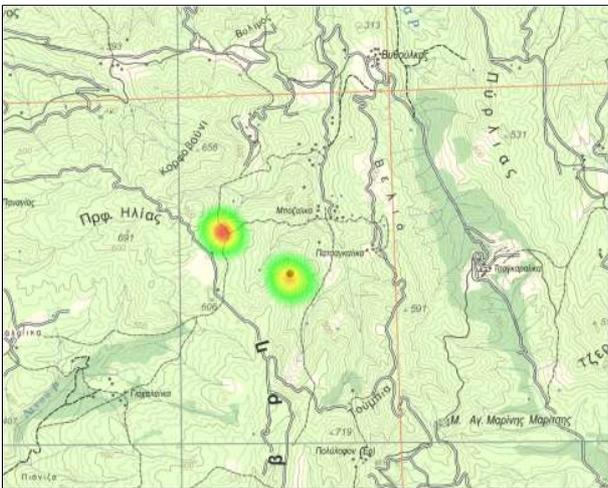
Εικόνα Γ.4: Χάρτης οπτικής σκηνής 4



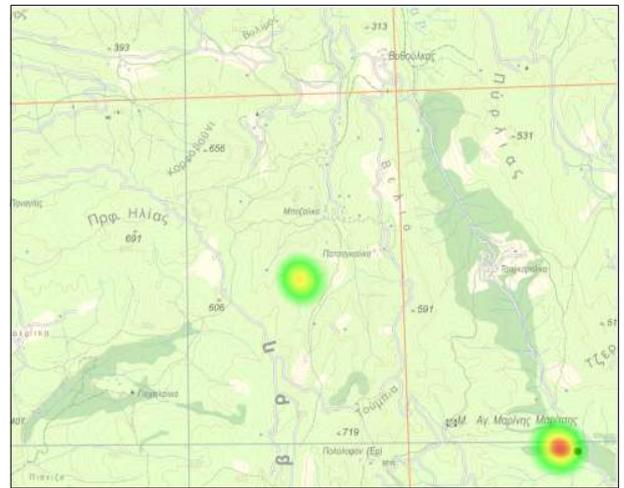
Εικόνα Γ.5: Χάρτης οπτικής σκηνής 5



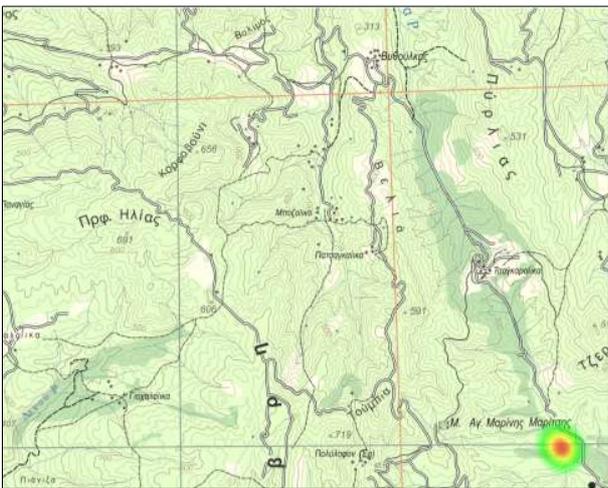
Εικόνα Γ.6: Χάρτης οπτικής σκηνής 6



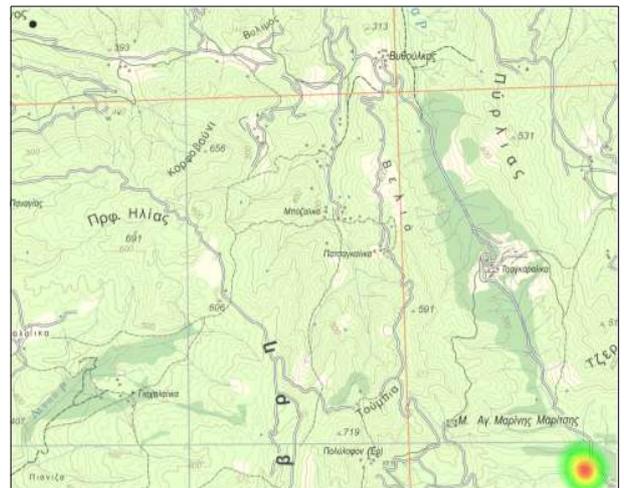
Εικόνα Γ.7: Χάρτης οπτικής σκηνής 7



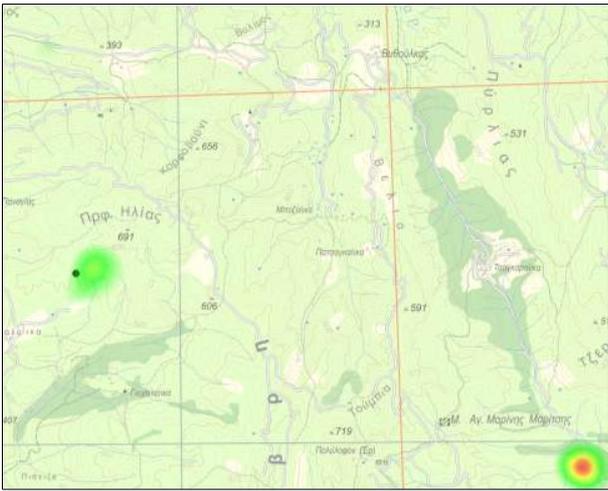
Εικόνα Γ.8: Χάρτης οπτικής σκηνής 8



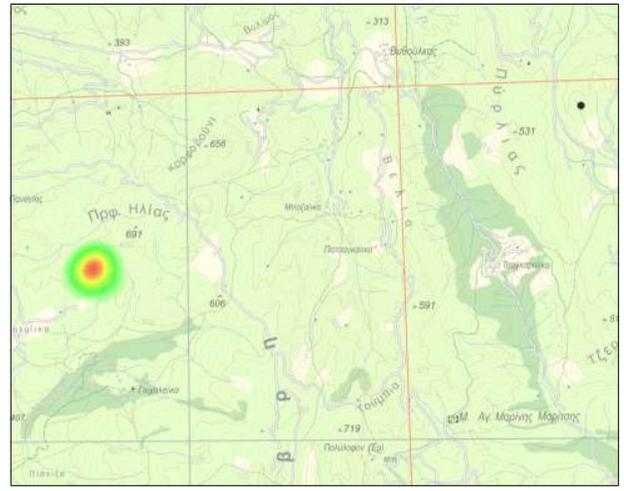
Εικόνα Γ.9: Χάρτης οπτικής σκηνής 9



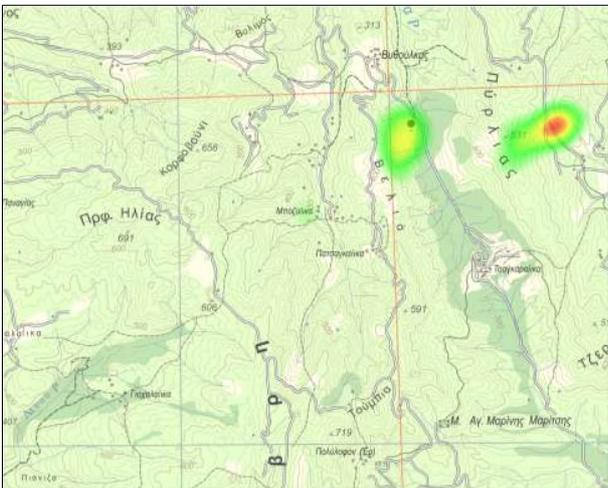
Εικόνα Γ.10: Χάρτης οπτικής σκηνής 10



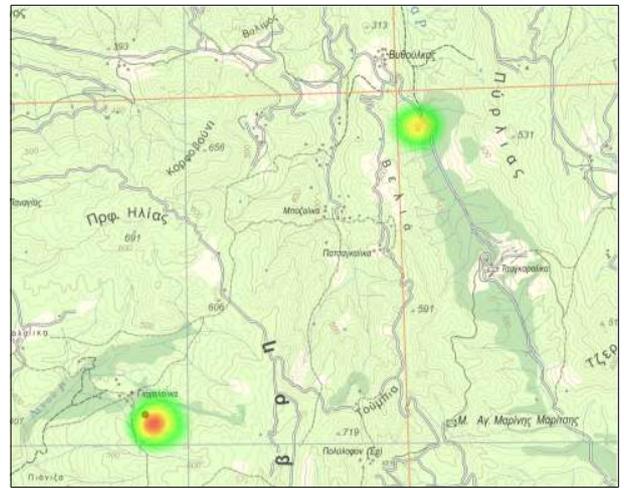
Εικόνα Γ.11: Χάρτης οπτικής σκηνής 11



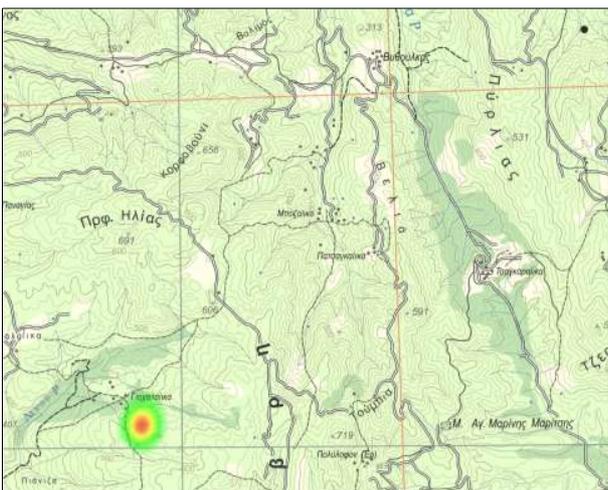
Εικόνα Γ.12: Χάρτης οπτικής σκηνής 12



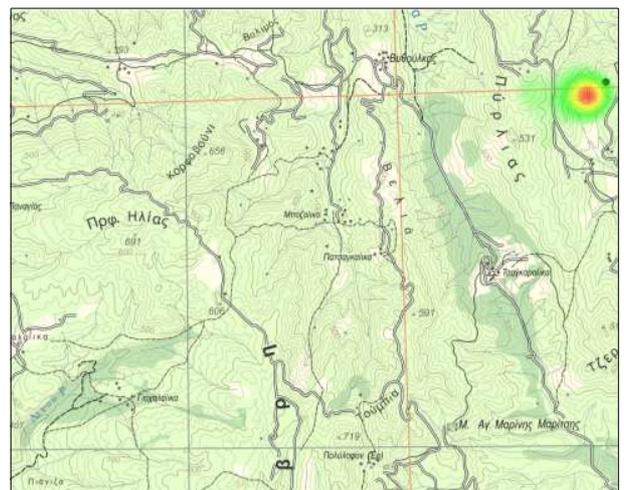
Εικόνα Γ.13: Χάρτης οπτικής σκηνής 13



Εικόνα Γ.14: Χάρτης οπτικής σκηνής 14



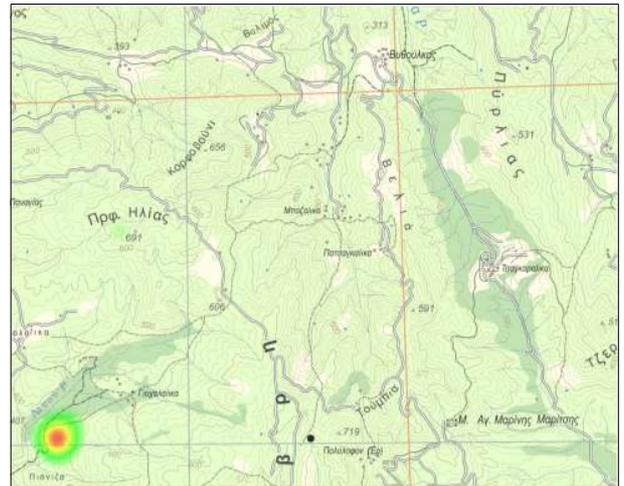
Εικόνα Γ.15: Χάρτης οπτικής σκηνής 15



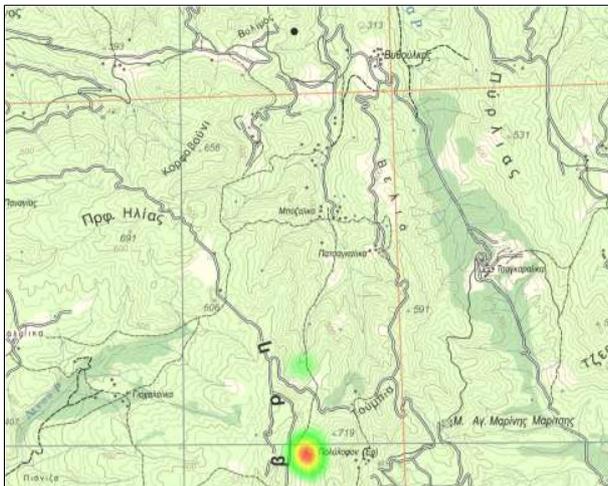
Εικόνα Γ.16: Χάρτης οπτικής σκηνής 16



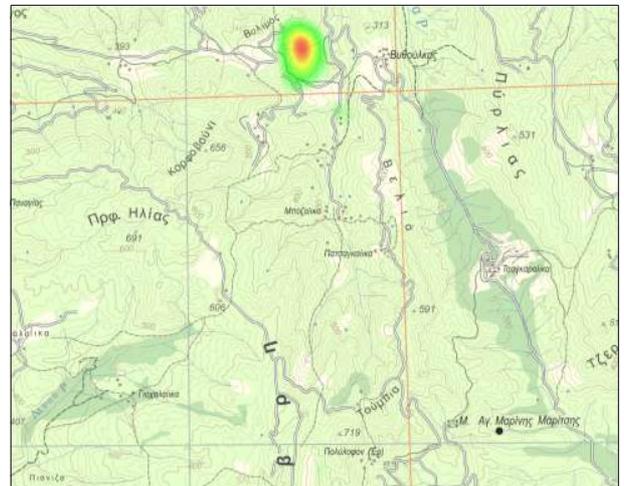
Εικόνα Γ.17: Χάρτης οπτικής σκηνής 17



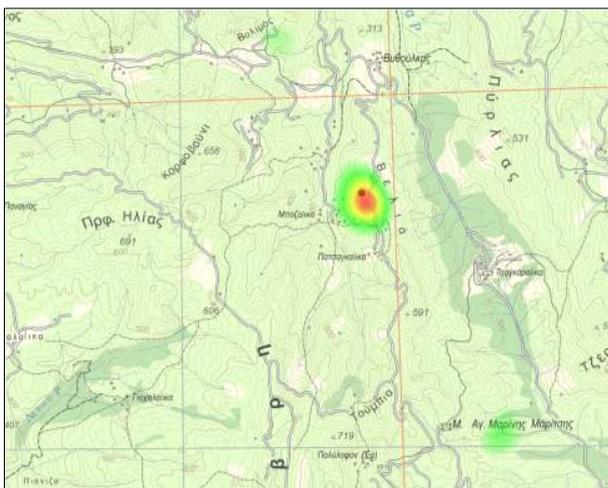
Εικόνα Γ.18: Χάρτης οπτικής σκηνής 18



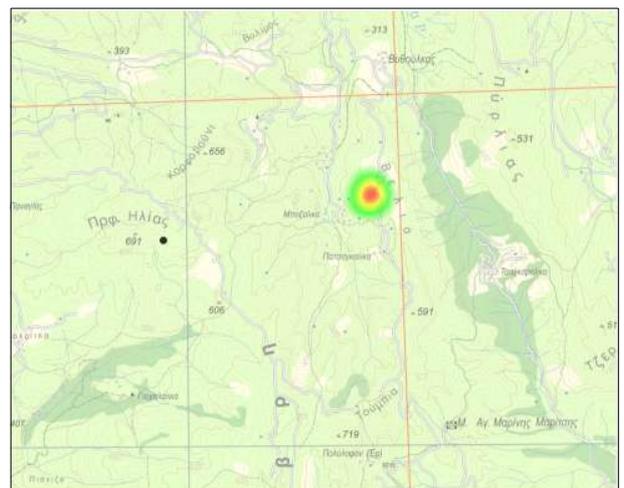
Εικόνα Γ.19: Χάρτης οπτικής σκηνής 19



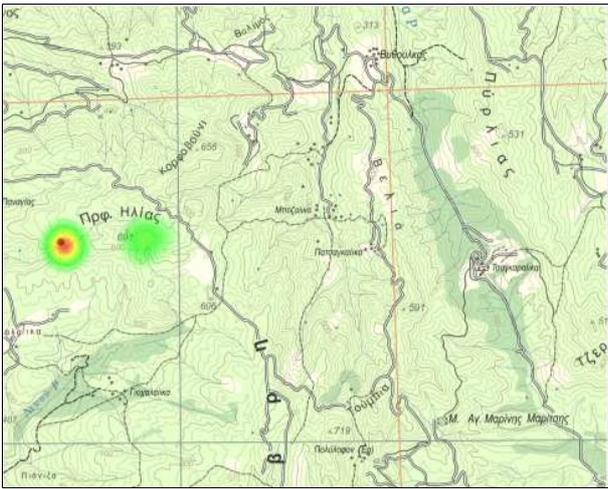
Εικόνα Γ.20: Χάρτης οπτικής σκηνής 20



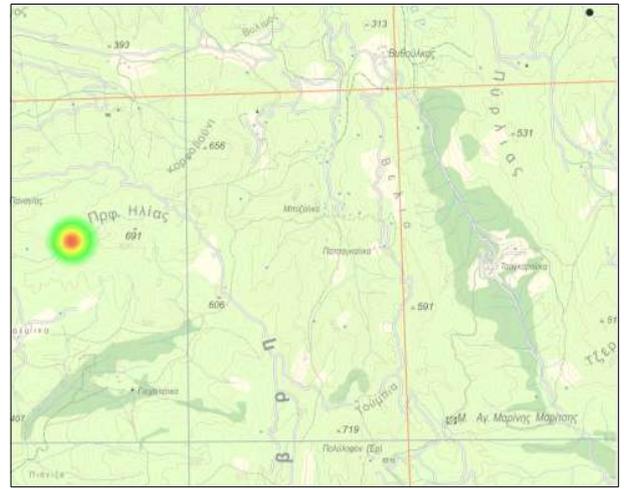
Εικόνα Γ.21: Χάρτης οπτικής σκηνής 21



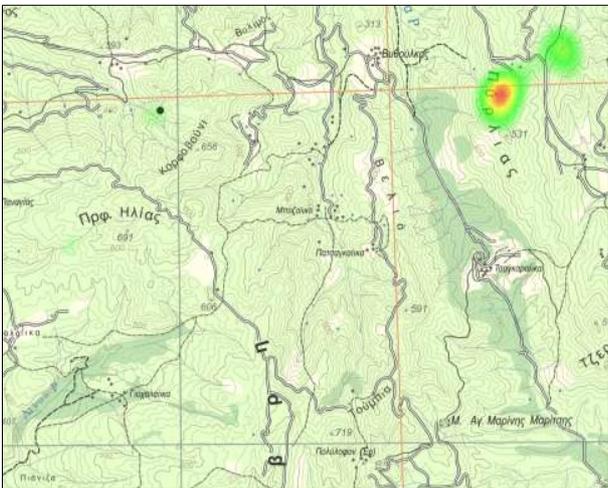
Εικόνα Γ.22: Χάρτης οπτικής σκηνής 22



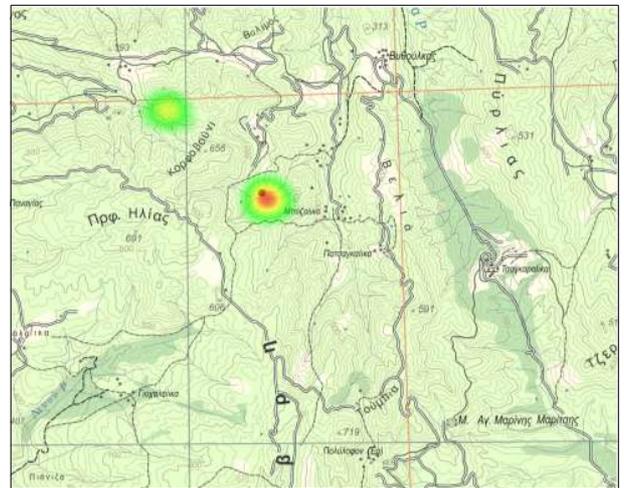
Εικόνα Γ.23: Χάρτης οπτικής σκηνής 23



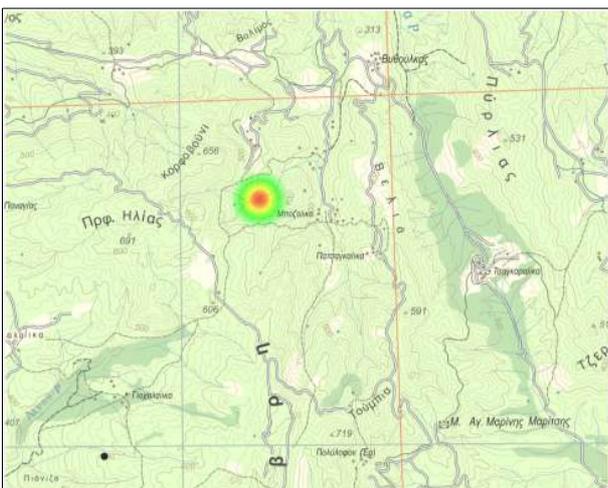
Εικόνα Γ.24: Χάρτης οπτικής σκηνής 24



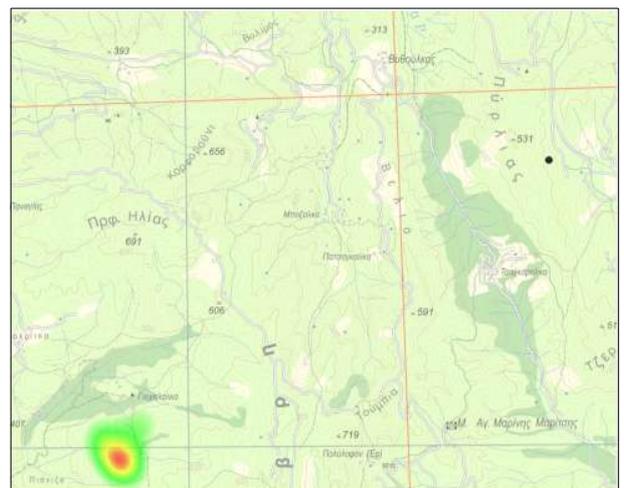
Εικόνα Γ.25: Χάρτης οπτικής σκηνής 25



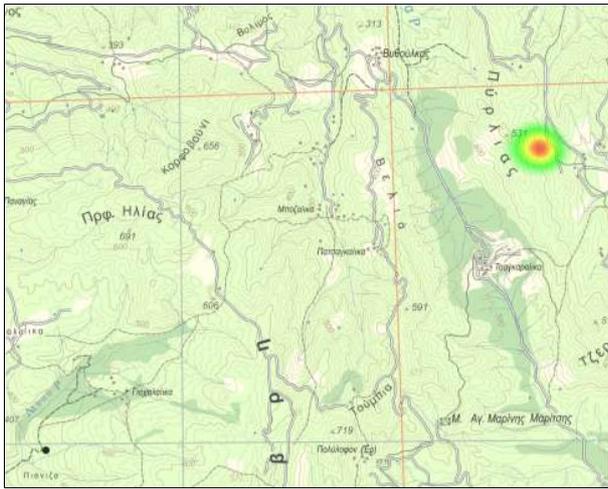
Εικόνα Γ.26: Χάρτης οπτικής σκηνής 26



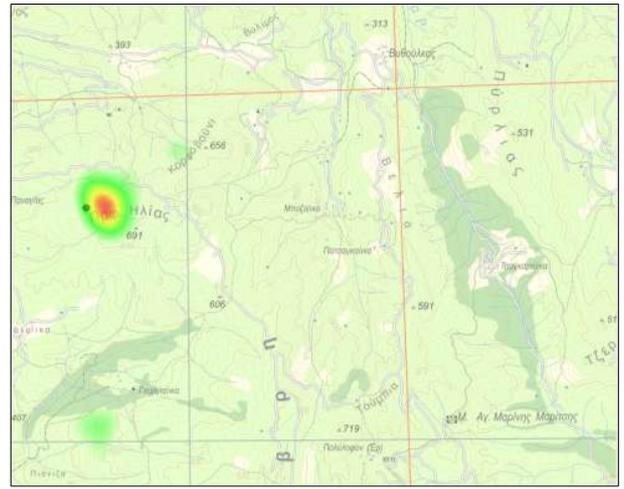
Εικόνα Γ.27: Χάρτης οπτικής σκηνής 27



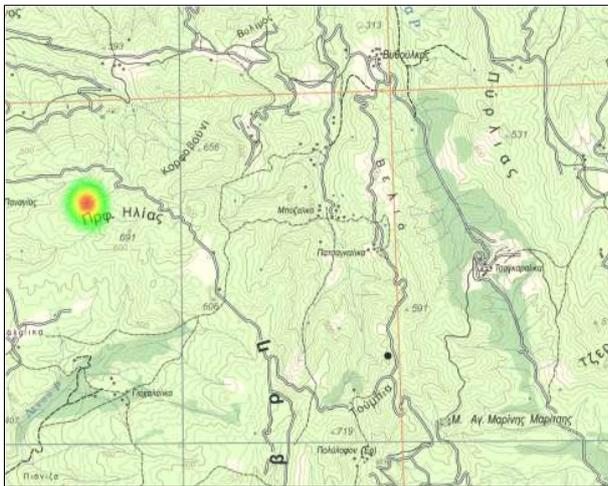
Εικόνα Γ.28: Χάρτης οπτικής σκηνής 28



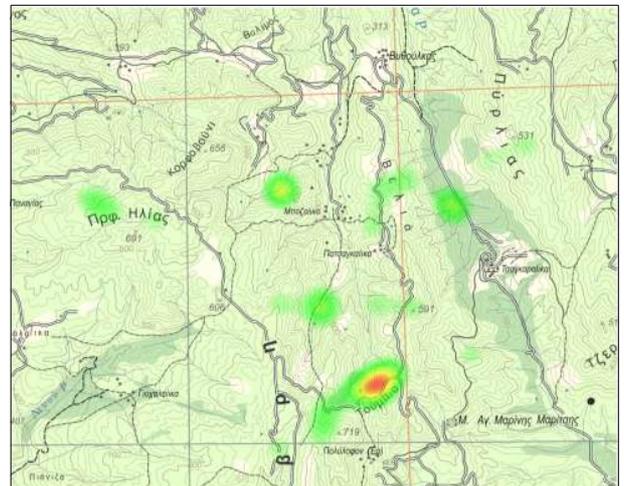
Εικόνα Γ.29: Χάρτης οπτικής σκηνής 29



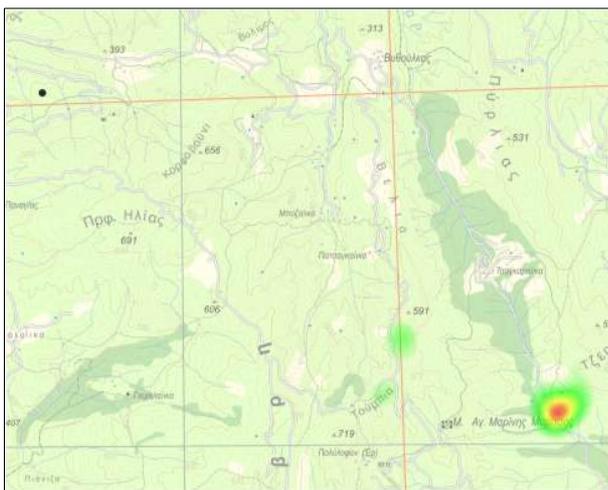
Εικόνα Γ.30: Χάρτης οπτικής σκηνής 30



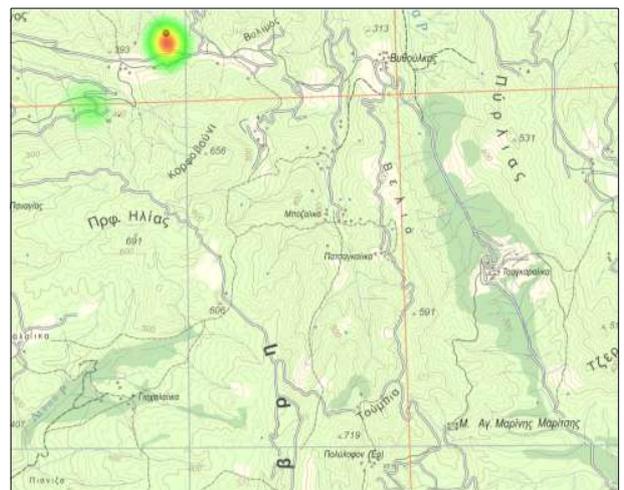
Εικόνα Γ.31: Χάρτης οπτικής σκηνής 31



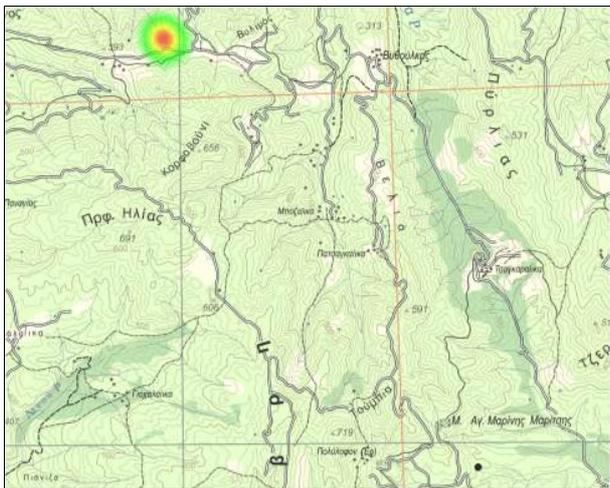
Εικόνα Γ.32: Χάρτης οπτικής σκηνής 32



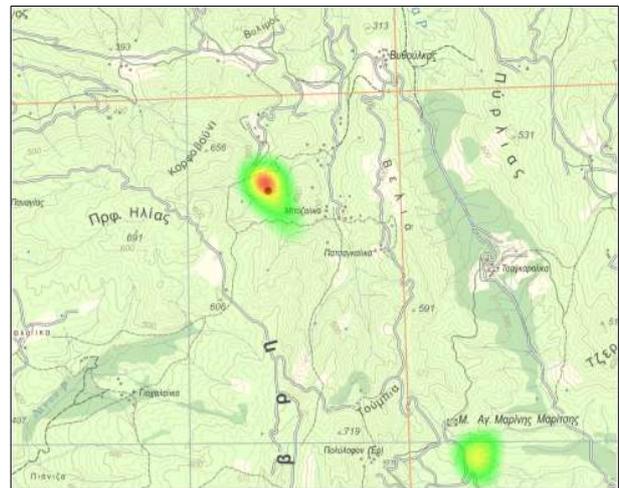
Εικόνα Γ.33: Χάρτης οπτικής σκηνής 33



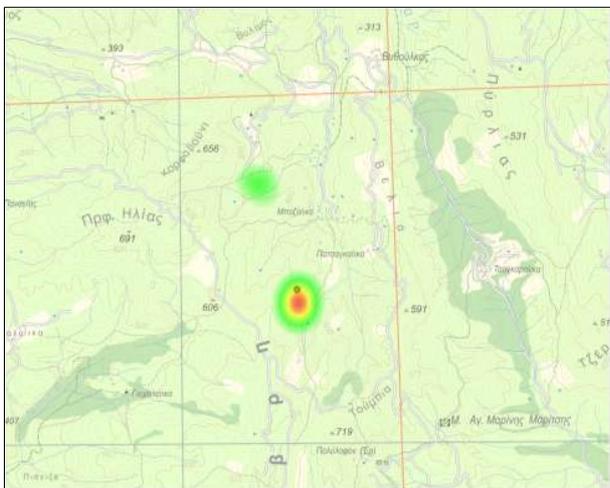
Εικόνα Γ.34: Χάρτης οπτικής σκηνής 34



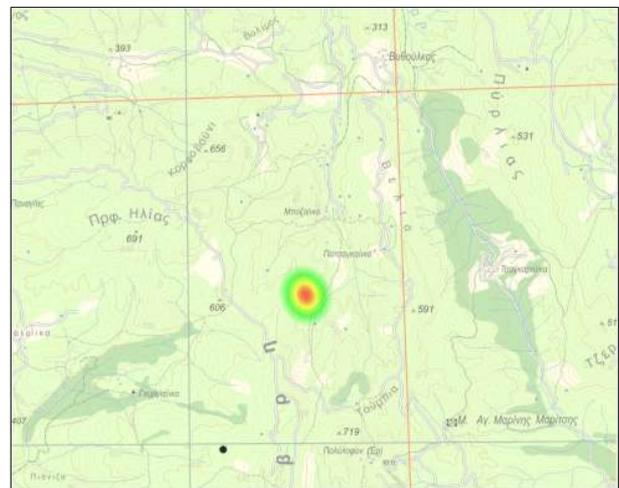
Εικόνα Γ.35: Χάρτης οπτικής σκηνής 35



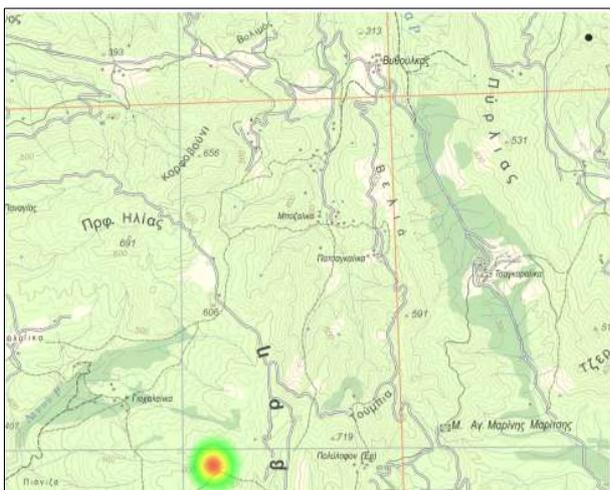
Εικόνα Γ.36: Χάρτης οπτικής σκηνής 36



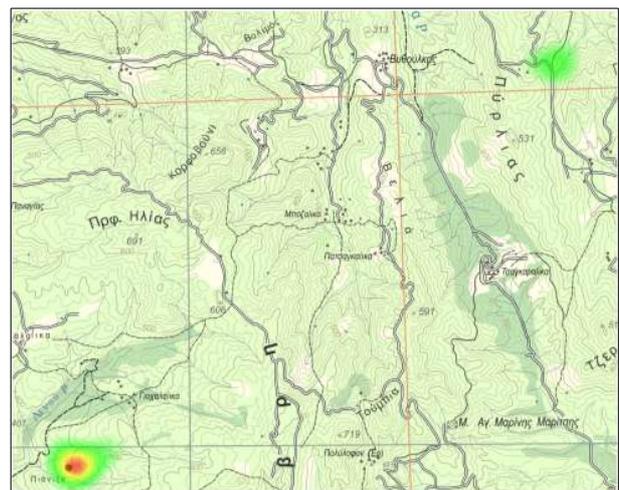
Εικόνα Γ.37: Χάρτης οπτικής σκηνής 37



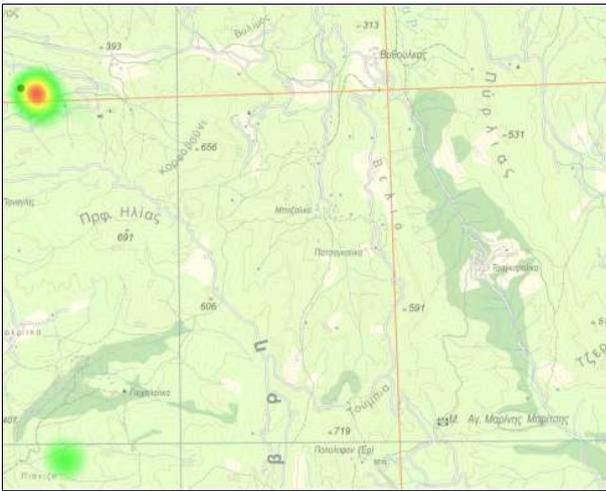
Εικόνα Γ.38: Χάρτης οπτικής σκηνής 38



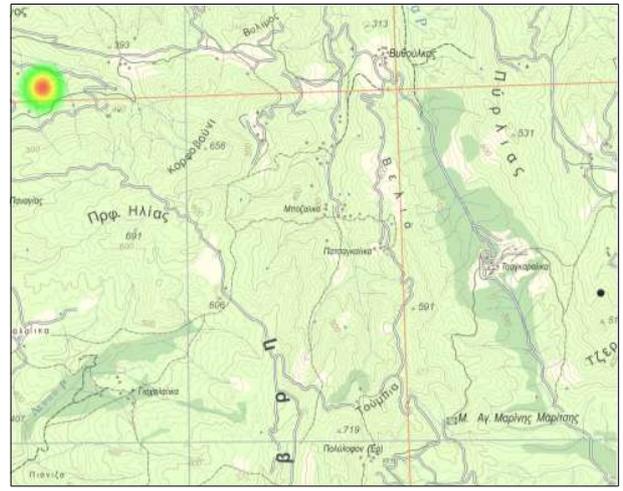
Εικόνα Γ.39: Χάρτης οπτικής σκηνής 39



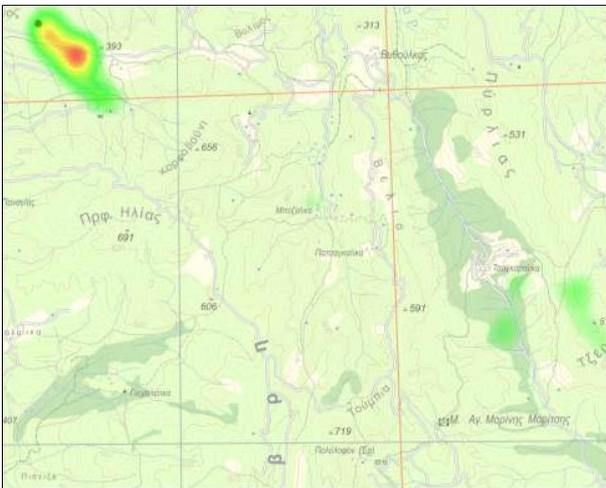
Εικόνα Γ.40: Χάρτης οπτικής σκηνής 40



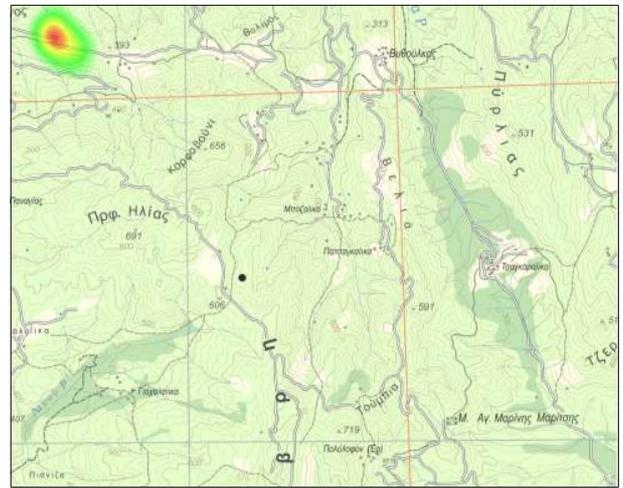
Εικόνα Γ.41: Χάρτης οπτικής σκηνής 41



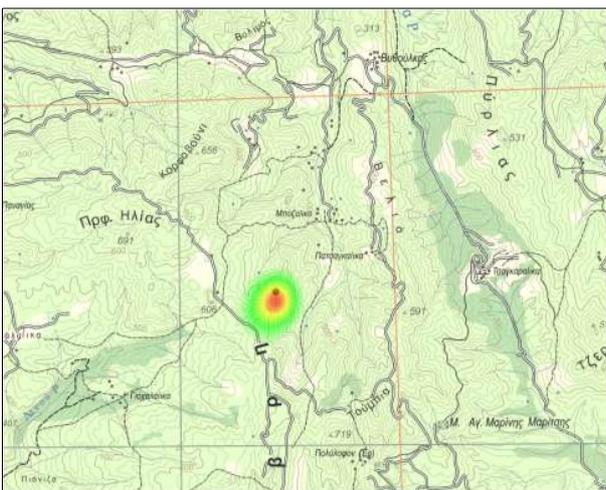
Εικόνα Γ.42: Χάρτης οπτικής σκηνής 42



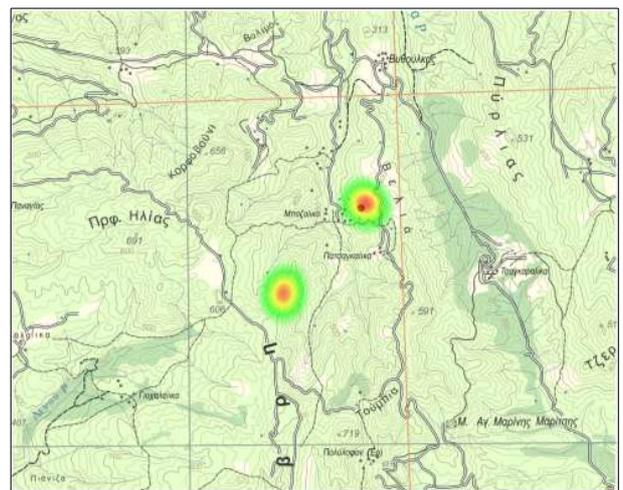
Εικόνα Γ.43: Χάρτης οπτικής σκηνής 43



Εικόνα Γ.44: Χάρτης οπτικής σκηνής 44



Εικόνα Γ.45: Χάρτης οπτικής σκηνής 45



Εικόνα Γ.46: Χάρτης οπτικής σκηνής 46

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 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).
- Blok, C. A. (2005). Dynamic visualization variables in animation to support monitoring of spatial phenomena. *Netherlands Geographical Studies*, 328.
- Campbell, C. S., & Egbert, S. L. (1990). Animated cartography/thirty years of scratching the surface. *Cartographica*, 27(2): 24-46.
- Cave K. R., & Wolfe J. M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, 22, 225-271.
- Chun, M., & Wolfe, J. M. (1996). Just say no: How are visual searches terminated when there is no target present? *Cognitive Psychology*, 30: 39-78.
- Desimone, R. and Duncan, J., (1995). Nelson, E.S. (1994). Colour detection on bivariate choropleth maps: The visual search process. *Cartographica*, 31(4), 33-43.
- DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4): 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.
- Glenstrup A. J., Engell-Nielsen T. (1995). *Eye Controlled Media: Present and Future State*. Thesis Project. University of Copenhagen.
- Goldberg, J. H., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24: 331-645.
- Holmqvist, K., Nyström, M., & Mulvey, F. (2012). Eye tracker quality: What it is and how to measure it. In proceedings of the 2012 Symposium on Eye Tracking Research and Applications, 45-52. New York, NY: ACM Press.
- Harrower, M., & Fabrikant, S. (2008). The Role of Map Animation for Geographic Visualization. In M. Dodge, M. McDerby, & M. Turner (Eds.), *Geographic Visualization*. John Wiley & Sons, Ltd, 49-65.
- Irwin D.E. (1992). Visual memory within and across fixations. In K. Rayner (Ed.) *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading*, 146-165. New York, Springer-Verlag. (Springer Series of Neuropsychology).
- Kinchla, R. A. (1974). Detecting target elements in multi-element arrays: A confusability model. *Perception & Psychophysics*, 15: 149-158.
- Köbben, B., & Yaman, M. (1995). *Evaluating dynamic visual variables*. Seminar held at the *Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica*. Madrid, Spain.
- Kraak, M. J., & Klomp, A. (1995). A classification of cartographic animations: towards a tool for the design of dynamic maps in a GIS environment. Seminar held at the *Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica*. Madrid, Spain.

- Kraak, M.-J. (2000). Visualisation of the time dimension. In L. Heres (Ed.), *Time in GIS: Issues in spatio-temporal modelling*. Delft: NCG Netherlands Geodetic Commission, 27-35.
- Lloyd, R. (1997). Visual search processes used in map reading. *Cartographica*, 34(1), 11-32.
- McCleary G.F. (1983). An Effective Graphic Vocabulary. *Computer Graphics and Applications*, March/April, 46-53.
- 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.
- Mowrer, O. H., Ruch, R. C., & Miller, N. E. (1936). The corneoretinal potential difference as the basis of the galvanometric method of recording eye movements. *American Journal of Physiology*, 114,423.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts. New York.
- Nyström, M., Andersson, R., Holmqvist, K., & van de Weijer, J. (2013). *The influence of calibration method and eye physiology on eyetracking data quality*. New York: Springer.
- Ormeling, F. (1995). Teaching animated cartography. Seminar held at the Escuela Universitaria de Ingeniera Tecnica Topografica. Madrid, Spain.
- Robinson, D. A. (1963). A method of measuring eye movements using a seleral search coil in a magnetic field. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Transactions on Bio-medical Electronics, BME-10, 137-145.
- Robinson, D. A. (1968). The Oculomotor Control System: A Review. *Proceedings of the IEEE*, 56(6), 1032-1049.
- Scott, E (1922). Uber die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Seitengalvanometers. *Deutsches Archiv.fur Klinische Medizin*, 140: 79-90.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009) *Thematic Cartography and Geovisualization* (3rd ed.). Prentice Hall, London.
- Thrower, N. (1961). Animated Cartography in the United States. *International Yearbook of Cartography*, 20-28.
- Tobler, W. R. (1970). A computer movie: simulation of population change in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(20): 234-240.
- Treisman A. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: a diagnostic for preattentive processing of separable features. *J. Exp. Psychol. Gen.* 114, 285-310.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: the 14th Bartlett memorial lecture. *Q. J. Exp. Psychol.* 40A, 201-237.

- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: evidence from search asymmetries. *Psych. Rev.* 95, 15–48.
- Young L. R., & Sheena D. (1975). Survey of the Eye Movement Recording Methods. *Behavior Research Methods & Instrumentation* Vol. 7 No. 5 pp. 397-439.
- Vecera S. (2000). Toward a biased competition account of object-based segregation and attention. *Brain and Mind*, Vol. 1, 353-384.
- Viviani, P. (1990). In E. Kowler (Ed.), *Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes*, Ch. 8. Elsevier Science, Amsterdam.
- 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.
- 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. M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1: 202-238.
- Wolfe, J. M. (1998). *Visual search*. In Attention, H. Pashler (Ed.), London, University College London Press.
- 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. (2005). Guidance of Visual Search by Preattentive Information. In L. Itti & G. Rees & J. Tsotsos (Eds.), *Neurobiology of attention*, San Diego, CA: Academic Press / Elsevier, 101-104.
- Βρεττός, Γ. (2006). *Μελέτη οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- 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 σκηνές*, Διπλωματική Εργασία Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.
- Λόκκα, Ι. Ε. (2013). *Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε τοπογραφικό χάρτη*. Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.

Σκορδάς Α., Αναστασόπουλος Β. (2003). Εισαγωγή στην Ψηφιακή Εικόνα. *Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνων και Σημάτων*.

Σύνδεσμοι

www.uh.edu/engines/epi1742.htm (11/2013)

medical-dictionary.thefreedictionary.com/movement (11/2013)

www.crsLtd.com/tools-for-vision-science/eye-tracking/bluegain-eog-biosignal-amplifier/ (11/2013)

webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/the-electroretinogram-clinical-applications/
(11/2013)

www.eng.auburn.edu/ie/ose/hflab.htm (11/2013)

www.utexas.edu/cola/centers/cps/research/eye-movements.php (11/2013)