



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

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ
ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΚΗΝΕΣ**

Διπλωματική Εργασία
Αλεξάνδρα Λέλλη

Επίβλεψη
Β. Νάκος

Τριμελής Επιτροπή Αξιολόγησης:

Β. Νάκος
Μ. Κάβουρας
Μ. Κόκλα

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

© 2013 Α. Λέλλη (Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος)

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

Προλογικό Σημείωμα

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Β. Νάκο, για το ενδιαφέρον, την επιστημονική καθοδήγηση και την άμεση ανταπόκριση σε όλα τα ζητήματα που προέκυπταν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ακόμη, ευχαριστώ τον υποψήφιο διδάκτορα Β. Κρασανάκη, ο οποίος πρότεινε την ιδέα του πειραματικού αντικειμένου της διπλωματικής, και συνέβαλε στην ολοκλήρωσή της με επιστημονικές συμβουλές και παρατηρήσεις. Ιδιαίτερα θα ήθελα να αναφερθώ στην αγαπημένη φίλη μου Ι. Ε. Λόκκα, με την οποία μοιράστηκα το κοινό μας επιστημονικό ενδιαφέρον σε παράλληλη συνεργασία των διπλωματικών μας εργασιών. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους στενούς μου φίλους για την αμέριστη υποστήριξή τους και όλους εκείνους που συμμετείχαν με την πρόθεσή τους στο πείραμα.

Αλεξάνδρα Λέλλη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	1
Εισαγωγή.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	5
1.1. Μορφές δυναμικής χαρτογράφησης.....	5
1.2. Δυναμικές μεταβλητές.....	6
1.3. Είδη δυναμικών χαρτών.....	9
1.3.1. Κατηγοριοποίηση με βάση τη χρονολογική σειρά παρουσίασης της αλλαγής.....	9
1.3.2. Κατηγοριοποίηση με βάση το αντικείμενο έμφασης.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ.....	13
2.1. Βασική λειτουργία της όρασης.....	13
2.1.1. Είδη οφθαλμικών κινήσεων.....	14
2.2. Οπτική αναζήτηση και Οπτική προσοχή.....	16
2.2.1. Οπτική αναζήτηση και προσοχή.....	16
2.2.2. Μοντέλα οπτικής αναζήτησης.....	17
2.2.3. Χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την οπτική προσοχή.....	20
2.3. Μεθοδολογίες καταγραφής της οπτικής αναζήτησης.....	22
2.3.1. Μεθοδολογία υπολογισμού του χρόνου αντίδρασης και της ακρίβειας.....	22
2.3.2. Μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ.....	25
3.1. Σύστημα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων.....	25
3.1.1. Περιγραφή του συστήματος καταγραφής.....	25
3.1.2. Σύστημα αναφοράς.....	27
3.2. Ποιότητα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων.....	29
3.2.1. Παράγοντες επιρροής της ποιότητας των οφθαλμικών κινήσεων.....	29
3.2.2. Ιδιότητες της ποιότητας των δεδομένων.....	30
3.2.3. Μέθοδοι ελέγχου βαθμονόμησης.....	32
3.2.4. Μέθοδοι μέτρησης της ποιότητας των δεδομένων.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	37
4.1. Σχεδιασμός του πειράματος.....	37
4.1.1. Το κινούμενο σύμβολο.....	38
4.1.2. Οι μετακινήσεις.....	39
4.1.3. Οι διάρκειες των οπτικών σκηνών.....	42
4.2. Μεθοδολογία επικύρωσης της βαθμονόμησης.....	44
4.3. Μεταβλητές του πειράματος.....	47

4.4. Πειραματική Διαδικασία	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	53
5.1. Ανάλυση των δεδομένων της διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης	54
5.1.1. Υπολογισμός των ιδιοτήτων της ποιότητας των δεδομένων.....	55
5.1.2. Απολογισμός των επιτευχθέντων υποκειμένων	60
5.1.3. Πίνακας αναφοράς ποιότητας των δεδομένων	62
5.2. Ανάλυση των καταγραφών του κυρίως πειράματος	63
5.2.1. Υπολογισμός των κινήσεων προσήλωσης.....	63
5.2.2. Παραγωγή χαρτών προσοχής (heatmaps)	64
5.3. Υπολογισμός των περιπτώσεων ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου	67
5.3.1. Υπολογισμός διαγράμματος ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου	68
5.3.2. Συγκριτική μελέτη του διαγράμματος ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου σε οπτικές σκηνές με λευκό υπόβαθρο και με τοπογραφικό χάρτη	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	75
6.1. Συμπεράσματα	75
6.1.1. Μέθοδος ανάλυσης της ακρίβειας των καταγραφών	75
6.1.2. Εύρος χρονικής διάρκειας ανίχνευσης του κινούμενου σημειακού συμβόλου... ..	76
6.2. Ιδέες για μελλοντική έρευνα.....	77
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	103

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1:	Παραδείγματα διαφοροποίησης της διάρκειας σε τρεις σκηνές μιας κινούμενης εικόνας.....	6
Εικόνα 1.2:	Γρήγορος και αργός ρυθμός αλλαγής σε περίπτωση αλλαγής σε θέση (Περίπτωση Α) και σε περίπτωση αλλαγής σε χαρακτηριστικό (Περίπτωση Β).....	7
Εικόνα 1.3:	Απεικόνιση του ίδιου φαινομένου με χρονολογική σειρά και με φθίνουσα σειρά εξέλιξης των ιδιοτήτων του.....	7
Εικόνα 2.1:	Λειτουργία της όρασης.....	13
Εικόνα 2.2:	Τα μέρη του οφθαλμού.....	14
Εικόνα 2.3:	Η διάταξη των οφθαλμοκινητικών μυών.....	15
Εικόνα 2.4:	Ο σκελετός της Θεωρίας Ενοποίησης Χαρακτηριστικών σε αναζήτηση στόχου σε ένα χάρτη.....	18
Εικόνα 2.5:	Ο υποθετικός τρισδιάστατος χώρος της Θεωρίας της Δεσμευμένης Προσοχής που υποδηλώνει το βαθμό δυσκολίας της αναζήτησης ενός στόχου.....	19
Εικόνα 2.6:	Αναζήτηση στόχου με κατακόρυφο προσανατολισμό (αριστερά) και αναζήτηση στόχου με κατακόρυφο προσανατολισμό και μαύρο χρώμα.....	20
Εικόνα 3.1:	Η διάταξη του ViewPoint Eye Tracker.....	26
Εικόνα 3.2.α:	Το σύστημα συντεταγμένων του ViewPoint Eye Tracker.....	27
Εικόνα 3.2.β:	Μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων για προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης.....	27
Εικόνα 3.3.α:	Αρχικός κάρναβος.....	28
Εικόνα 3.3.β:	Τελικός κάρναβος.....	28
Εικόνα 3.4:	Στόχος βαθμονόμησης συστήματος.....	28
Εικόνα 3.5:	Ποιοτική διαφορά των δεικτών s_x και θ_{RMS} της ακρίβειας.....	31
Εικόνα 3.6:	Δείγματα με διαφορετική ποιότητα δεδομένων.....	32
Εικόνα 3.7:	Τεχνητοί Οφθαλμοί όπως παρατηρούνται σε κάμερα οφθαλμού.....	34
Εικόνα 4.1:	Το χαρτογραφικό υπόβαθρο.....	38
Εικόνα 4.2.α:	Η κατανομή των θέσεων του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υπο.....	39
Εικόνα 4.2.β:	Η κατανομή των θέσεων του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του τοπογραφικού χάρτη.....	39
Εικόνα 4.3.α:	Μικρή μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου.....	41
Εικόνα 4.3.β:	Μεσαία μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου.....	41
Εικόνα 4.3.γ:	Μεγάλη μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου.....	41
Εικόνα 4.4.α:	Επιτυχής ανασχηματισμός καννάβου βαθμονόμησης των δύο οφθαλμών.....	44
Εικόνα 4.4.β:	Ανεπιτυχής ανασχηματισμός καννάβου βαθμονόμησης των δύο οφθαλμών.....	45
Εικόνα 4.5:	Η κατανομή των στόχων της βαθμονόμησης.....	45
Εικόνα 4.6.α:	Η οπτική σκηνή του πρώτου στόχου.....	50
Εικόνα 4.6.β:	Η οπτική σκηνή του δεύτερου στόχου.....	50
Εικόνα 4.6.γ:	Η οπτική σκηνή του τρίτου στόχου.....	50
Εικόνα 4.6.δ:	Η οπτική σκηνή του τέταρτου στόχου.....	50
Εικόνα 4.6.ε:	Η οπτική σκηνή του πέμπτου στόχου.....	50
Εικόνα 5.1:	Απόσπασμα αρχείου δεδομένων του συστήματος καταγραφής.....	54

Εικόνα 5.2.α:	Κατανομή καταγραφών πριν το κυρίως πείραμα αποδεκτού δείγματος.....	61
Εικόνα 5.2.β:	Κατανομή καταγραφών μετά το κυρίως πείραμα αποδεκτού δείγματος.....	61
Εικόνα 5.3.α:	Κατανομή καταγραφών πριν το κυρίως πείραμα απορριφθέντος δείγματος.....	61
Εικόνα 5.3.β:	Κατανομή καταγραφών μετά το κυρίως πείραμα απορριφθέντος δείγματος του πειράματος στο χαρτογραφικό υπόβαθρο.....	61
Εικόνα 5.4:	Υπόμνημα εικόνας στόχων και καταγραφών.....	62
Εικόνα 5.5:	Αρχείο αναφοράς των προσηλώσεων σε μια οπτική σκηνή.....	64
Εικόνα 5.6:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B3.....	65
Εικόνα 5.7:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B4.....	65
Εικόνα 5.8:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B28.....	66
Εικόνα 5.9:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B29.....	66
Εικόνα 5.10:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B30.....	66
Εικόνα 5.11:	Οι προσηλώσεις των υποκειμένων στην οπτική σκηνή B12.....	67
Εικόνα 5.12:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B12.....	67
Εικόνα 5.13:	Οι προσηλώσεις των υποκειμένων στην οπτική σκηνή B49.....	67
Εικόνα 5.14:	Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B49.....	67
Εικόνα 5.15:	Διάγραμμα ανιχνευμένων και μη συμβόλων στην περίπτωση του κενού υποβάθρου.....	69
Εικόνα 5.16:	Διάγραμμα ανιχνευμένων και μη συμβόλων στην περίπτωση οπτικών σκηνών με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη	70
Εικόνα B.1-49:	Οπτική σκηνή B1 - B49.....	93

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1.1:	Συντακτικό των δυναμικών μεταβλητών.....	8
Πίνακας 2.1:	Πίνακας χαρακτηριστικών που καθοδηγούν την προσοχή.....	21
Πίνακας 3.1:	Τεχνικά Χαρακτηριστικά του ViewPoint Eye Tracker...	26
Πίνακας 4.1:	Πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του κινούμενου συμβόλου σε κάθε οπτική σκηνή και μετακινήσεις.....	40
Πίνακας 4.2:	Πίνακας χρονικών διαρκειών των οπτικών σκηνών.....	42
Πίνακας 4.3:	Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του σημειακού συμβόλου, των αποστάσεων των μετακινήσεων και της διάρκειας εμφάνισής τους στην οπτική σκηνή.....	43
Πίνακας 4.4:	Συντεταγμένες στόχου στα συστήματα αναφοράς του ViewPoint Eye Tracker και της εικόνας.....	46
Πίνακας 4.5:	Πίνακας χρονικών διαρκειών της πειραματικής διαδικασίας...	48
Πίνακας 5.1:	Δομή της αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων.....	55
Πίνακας 5.2.α:	Πίνακας ορθότητας των δεδομένων κάθε υποκειμένου για το πρώτο μέρος.....	56
Πίνακας 5.2.β:	Πίνακας ορθότητας των δεδομένων κάθε υποκειμένου για το δεύτερο μέρος.....	56
Πίνακας 5.3.α:	Πίνακας ακρίβειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου με χρήση του δείκτη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για το πρώτο μέρος.....	57
Πίνακας 5.3.β:	Πίνακας ακρίβειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου με χρήση του δείκτη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για το δεύτερο μέρος.....	58
Πίνακας 5.4.α:	Πίνακας απώλειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου ανά οπτική σκηνή κάθε στόχου για το πρώτο μέρος.....	59
Πίνακας 5.4.β:	Πίνακας απώλειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου ανά οπτική σκηνή κάθε στόχου για το δεύτερο μέρος.....	59
Πίνακας 5.5:	Πίνακας αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων.....	62
Πίνακας 5.6:	Πίνακας στοιχείων των μετακινήσεων εντός της περιοχής του ορίου.....	70
Πίνακας Γ.1:	Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Α.....	103
Πίνακας Γ.2:	Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Β.....	105

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία αποτελεί τμήμα ευρύτερης εμπειρικής έρευνας της από κοινού λειτουργίας των δυναμικών μεταβλητών “διάρκεια” και “ρυθμός αλλαγής” και της επιρροής τους στην αποτελεσματικότητα της οπτικής αναζήτησης της κίνησης. Η κίνηση αποτελεί κυρίαρχο και αδιαμφισβήτητο χαρακτηριστικό που παρατηρείται σε στάδιο προ-προσοχής και καθοδηγεί την οπτική προσοχή. Ο προσδιορισμός του κατάλληλου εύρους των τιμών του ρυθμού αλλαγής, βασίστηκε στην κίνηση ενός σημειακού συμβόλου -αλλαγή σε τοποθεσία- σε οπτικές σκηνές λευκού υποβάθρου. Ως ρυθμός αλλαγής θεωρείται το πηλίκο της σταθερής, σε αριθμό, αλλαγής σε θέση του σημειακού συμβόλου στις οπτικές σκηνές, ως προς τη μεταβλητή διάρκεια προβολής τους. Η ερευνητική διαδικασία, πραγματοποιήθηκε μέσω ανάλυσης των οφθαλμικών κινήσεων και διεκπεραιώθηκε σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης, χωρίς τα υποκείμενα να έχουν κάποια συγκεκριμένη εργασία να εκτελέσουν. Οι οφθαλμικές κινήσεις μεταφράζονται σε προσηλώσεις και η διερεύνηση της αποτελεσματικής οπτικής αναζήτησης της κίνησης σε σχέση με τη διάρκεια και το μέγεθος της μετακίνησης παρουσιάζεται διαγραμματικά. Από το διάγραμμα προκύπτει η ζώνη επιρροής της διάρκειας στην ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα σε παράλληλη έρευνα (Λόκκα 2013), ώστε να εντοπιστεί ο βαθμός επιρροής των περισπαστών του υποβάθρου στην ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου, σε οπτικές σκηνές με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη.

Abstract

The diploma thesis is an empirical study of the joint function of the dynamic variables of “duration” and “rate of change” and their influence in the effectiveness in blank visual scenes, in the frame of a wider research project. Motion is a dominant and undoubted preattentive feature that guides visual attention. Thus, the investigation of the optimal limits of rate of change is examined through motion of a point symbol -change in position- in blank visual scenes. The dynamic variable of rate of change is examined in relation to constant change in position of the point symbol in each visual scene and their variable duration. The experimental procedure was carried out throughout eye movement analysis and performed under free viewing conditions, where the subjects did not have any particular task to fulfill (task independent). The eye movements are rendered into fixations and the examination of the effective visual search of motion is presented in a diagram, in relation to duration and distance of the shift. From that diagram, the influence zone of duration of a moving point symbol' s detection is derived and the results are compared to parallel study (Lokka 2013), in order to trace the amount of the effect of the distractors in the detection of the moving symbol in visual scenes with topographic map as background.

Εισαγωγή

Η κίνηση, ως χαρακτηριστικό μιας οπτικής σκηνής, θεωρείται ένα από τα αδιαμφισβήτητα χαρακτηριστικά που γίνονται αντιληπτά σε στάδιο προ-προσοχής της οπτικής αναζήτησης και καθοδηγούν το στάδιο προ-προσοχής (Wolfe & Horowitz 2004). Η θεωρία της προ-προσεκτικής όρασης έχει μεγάλο αντίκτυπο στη διαδικασία του σχεδιασμού ενός χάρτη. Κατ' επέκταση, η μελέτη της κίνησης σε μια οπτική σκηνή, η οποία γίνεται αντιληπτή μέσω της αλλαγής της θέσης ενός σημειακού συμβόλου στην οπτική σκηνή, μπορεί να συνδράμει στον αποτελεσματικό σχεδιασμό δυναμικών χαρτών. Έτσι, είναι απαραίτητη η μελέτη των δυναμικών μεταβλητών, οι οποίες αποδίδουν την κίνηση σε συνδυασμό με οπτικές μεταβλητές σε δυναμικούς χάρτες.

Η εργασία επικεντρώνεται στον τρόπο επιρροής της διάρκειας στην αποτελεσματική οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου, σε οπτικές σκηνές με λευκό υπόβαθρο, σε σχέση με το μέγεθος της μετακίνησης του συμβόλου. Η οπτική αναζήτηση καταγράφεται με χρήση συστήματος μέτρησης οφθαλμικών κινήσεων. Τα δείγματα των καταγραφών ελέγχονται ως προς την ορθότητά τους, προκειμένου να γίνουν αποδεκτά και να αναλυθούν. Από τις καταγραφές των οφθαλμικών κινήσεων υπολογίζονται οι προσηλώσεις στις οπτικές σκηνές και αυτές που αντιστοιχούν στα κινούμενα σύμβολα. Οι συνδυασμοί διάρκειας και μεγέθους μετακίνησης του συμβόλου σε κάθε οπτική σκηνή συνθέτουν τα σημεία ανίχνευσης ή μη της κίνησής του. Τα σημεία, αυτά, απεικονίζονται διαγραμματικά και η τομή των περιοχών ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου δομούν την κρίσιμη ζώνη επιρροής της διάρκειας, στην οπτική αναζήτηση της κίνησης. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη διερεύνηση της επιρροής της διάρκειας στην ανίχνευση της κίνησης σε χαρτογραφικό επίπεδο, συγκρίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας με παράλληλη έρευνα, που πραγματοποιήθηκε σε οπτικές σκηνές με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη (Λόκκα 2013).

Στο 1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα απαραίτητα θεωρητικά στοιχεία της δυναμικής χαρτογραφίας, όπως είναι οι δυναμικές μεταβλητές και τα είδη των δυναμικών χαρτών.

Στο 2^ο Κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα βασικά στοιχεία της όρασης και των κινήσεων που πραγματοποιεί ο οφθαλμός, έτσι, ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται η οπτική αναζήτηση σε μία σκηνή-εικόνα. Η παράθεση και η περιγραφή των μεθοδολογιών καταγραφής της οπτικής αναζήτησης κρίνεται απαραίτητη, καθώς μέσω της ανάλυσης των μετρήσεων της επιτυγχάνεται βαθύτερη κατανόηση των περίπλοκων μηχανισμών της.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα απαραίτητα στοιχεία για την εξοικείωση με το διαθέσιμο εξοπλισμό μέτρησης των οφθαλμικών κινήσεων. Ακόμη, αναλύονται όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καταγεγραμμένων δεδομένων και οι μέθοδοι ελέγχου και μέτρησης της ποιότητας αυτών.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού της εμπειρικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε συνοδευόμενα από τεκμηρίωση των αποφάσεων που χρειάστηκε να ληφθούν, η μεθοδολογία επικύρωσης της βαθμονόμησης που πραγματοποιήθηκε, οι μεταβλητές του πειράματος αλλά και τα στάδια που διεξήχθησαν κατά την πειραματική διαδικασία.

Στο 5^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων και προσδιορίζεται η ποιότητα των δεδομένων της βαθμονόμησης, δηλαδή, του μετασχηματισμού του συστήματος συντεταγμένων του οφθαλμού ως προς το σύστημα αναφοράς της συσκευής καταγραφής. Οι κινήσεις προσηλώσεων που προσδιορίζονται αξιοποιούνται, έτσι, ώστε να υπολογιστεί η περιοχή και το εύρος της επιρροής της

διάρκειας στην ανίχνευση του σημειακού συμβόλου -που κινείται στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου-, σε σχέση με το μέγεθος των μετακινήσεών του. Ακόμη, τα αποτελέσματα της επιρροής της διάρκειας στην οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου συγκρίνονται με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των οπτικών σκηνών του τοπογραφικού χάρτη (Λόκκα 2013), ώστε να συσχετιστούν με αυτά και να εντοπιστεί ο βαθμός επιρροής των περισπαστών της προσοχής -που απεικονίζονται ως μορφή χωρικής πληροφορίας στον τοπογραφικό χάρτη- στη αποτελεσματική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου στο χάρτη.

Στο 6^ο Κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα, όπως προέκυψαν από την διεξαγωγή της ερευνητικής διαδικασίας, καθώς και ιδέες για μελλοντική έρευνα στο αντικείμενο της δυναμικής χαρτογραφίας.

Στο Παράρτημα Α παρατίθεται το αρχείο ρυθμίσεων του συστήματος καταγραφής ViewPoint Eye Tracker που δημιουργήθηκε, ώστε η πειραματική διαδικασία να διεκπεραιώνεται αυτόματα, χωρίς την παρέμβαση του χειριστή σε κάθε στάδιό της. Ακολουθεί το Παράρτημα Β που περιέχει τις οπτικές σκηνές του κινούμενου συμβόλου με τη σειρά που προβλήθηκαν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Τέλος, στο Παράρτημα Γ παρατίθενται οι πίνακες με τα στοιχεία για τον εντοπισμό των περιπτώσεων ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές και της υλοποίησης του αντίστοιχου που απεικονίζονται στο σχετικό διάγραμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ

Ο όρος “δυναμικότητα” εισάγει τη διάσταση του χρόνου σε ένα χαρακτηριστικό και προσδίδει σε αυτό την ιδιότητα της διαφοροποίησής του σε σχέση με το χρόνο. Η υιοθέτηση του όρου αυτού από την επιστήμη της χαρτογραφίας οφείλεται στην ανάγκη που προέκυψε για αναπαράσταση της διαφοροποίησης της γεωγραφικής πληροφορίας ως προς το χρόνο. Όπως αναφέρεται στον Slocum (2009), οι πρώτες προσπάθειες για σύνθεση δυναμικών χαρτών πραγματοποιήθηκαν από το 1930 και οι πιο αξιόλογες προσπάθειες παραγωγής δυναμικών χαρτών έγιναν από τους Thrower (1961), Cornell & Robinson (1966) και Tobler (1970) (αναφέρονται σε Kraak, 1995), όμως, καθώς η επιστήμη των υπολογιστών βρισκόταν στις απαρχές της, η δημιουργία τους υλοποιούνταν μέσω τεχνικής κινούμενης εικόνας όπου το κάθε καρέ (frame) αποτελούνταν από ένα χειρόγραφο σχέδιο (cel). Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των υπολογιστών οδήγησε στην ανάπτυξη της ψηφιακής χαρτογραφίας και κατ’ επέκταση της ανάπτυξης των δυναμικών χαρτών. Ιστορική ανασκόπηση της εξέλιξης της χαρτογραφίας παρουσιάζεται από τους Campbell & Egbert (1990) (αναφέρεται σε Kraak & Ormeling 2010). Η έρευνα, σχετικά με τους δυναμικούς χάρτες, οδήγησε στην πρόταση του καθορισμού δυναμικών μεταβλητών -ή των δυναμικών μεταβλητών οπτικοποίησης όπως αναφέρονται από τη Blok (2005)- από τους DiBiase et al. (1992) και από τον MacEachren (1995), οι οποίοι σε συνδυασμό με τις οπτικές μεταβλητές, ασχολούνται με την αναπαράσταση της γεωγραφικής πληροφορίας σε δυναμικό επίπεδο.

1.1. Μορφές δυναμικής χαρτογράφησης

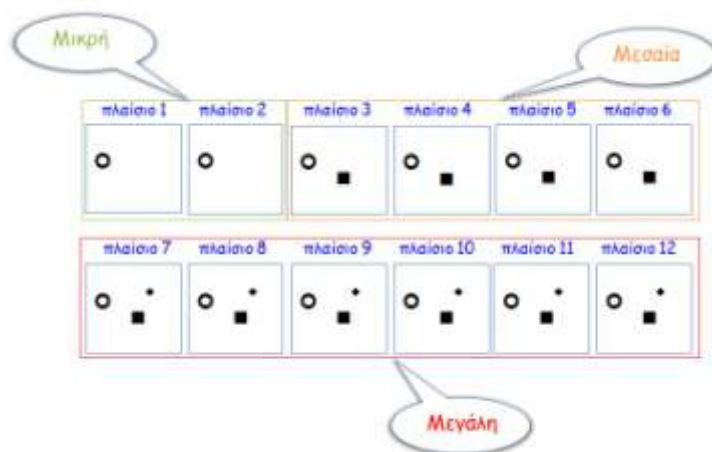
Η διαφοροποίηση της χρονικής διάστασης της γεωγραφικής αναπαράστασης μπορεί να επιτευχθεί είτε με χρήση στατικών χαρτών είτε χάρτη κινούμενων εικόνων. Συγκεκριμένα, οι μορφές δυναμικής χαρτογράφησης, σύμφωνα με τους Kraak & Ormeling (2010), είναι οι εξής:

- **Στατικός Χάρτης** (single static map): Οι οπτικές μεταβλητές του χάρτη χρησιμοποιούνται με δυναμικό τρόπο ώστε να εκφράσουν την αλλαγή ως προς το χρόνο. Ένα παράδειγμα απόδοσης δυναμικού χαρακτήρα σε οπτική μεταβλητή μπορεί να αποτελέσει η εκμετάλλευση των διαφόρων τιμών της έντασης του χρώματος ώστε να συσχετιστούν με χρονικές περιόδους.
- **Αλληλουχία Στατικών Χαρτών** (series of static maps): Κάθε χάρτης αντιπροσωπεύει μία εικόνα της χωρικής κατάστασης στο χρόνο και σε σύνολο όλοι οι χάρτες συνθέτουν ένα γεγονός. Η απεικόνιση της αλλαγής επιτυγχάνεται με την παρατήρηση της διαδοχής των παραπάνω μοναδιαίων χαρτών. Η χρονική σειρά αντιπροσωπεύεται από τη χωρική σειρά και με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης αντιλαμβάνεται τη χωρική αλλαγή στο χρόνο.
- **Χάρτης Κινούμενων Εικόνων** (animation map): Η αναπαράσταση αυτή ακολουθεί την τεχνική της κινούμενης εικόνας και η αλλαγή γίνεται αντιληπτή μέσω της εναλλαγής των διαδοχικών καρέ (frame) και με χρήση οπτικών αλλά και δυναμικών μεταβλητών. Η διαφορά τους, σε σχέση με την αλληλουχία των στατικών χαρτών, έγκειται στο γεγονός ότι η διαφοροποίηση της χωρικής πληροφορίας δεν παρουσιάζεται μέσω της χωρικής σειράς πολλών χαρτών αλλά μέσω της πραγματικής κίνησης στον ίδιο το χάρτη. Σε αυτή την κατηγορία υπάγονται και οι χάρτες αλληλεπίδρασης ή διαδραστικοί (interactive maps), όπου η κίνηση ελέγχεται από τον ίδιο το χρήστη.

1.2. Δυναμικές μεταβλητές

Η αναπαράσταση της γεωγραφικής πληροφορίας, όπως προτάθηκε από τον Bertin (1967/83), επιτυγχάνεται με τη χρήση των οπτικών μεταβλητών - σχήμα, μέγεθος, προσανατολισμός, απόχρωση (χρώματος), ένταση (χρώματος), κορεσμός (χρώματος) και υφή. Σε αντιστοιχία με την παραπάνω πρόταση, οι DiBiase et al. (1992) εισήγαγαν πρώτοι τις δυναμικές μεταβλητές: διάρκεια, ρυθμό αλλαγής και σειρά, οι οποίες σε συνδυασμό με τις οπτικές μεταβλητές μπορούν να απεικονίσουν την αλλαγή ως προς το χρόνο. Ο MacEachren (1995) εμπλούτισε τη λίστα των δυναμικών μεταβλητών εισάγοντας τις δυναμικές μεταβλητές: ημερομηνία έκθεσης, συχνότητα και συγχρονισμός. Σύμφωνα με τους Kraak & Ormeling (2010), η διάρκεια και η σειρά θεωρούνται ότι είναι οι πιο σημαντικές, σε σχέση με τις υπόλοιπες δυναμικές μεταβλητές, για το σχεδιασμό χαρτών ενώ στην Blok (2005) αναφέρεται ότι οι πιο σημαντικές δυναμικές μεταβλητές είναι η διάρκεια, η σειρά, η ημερομηνία έκθεσης και η συχνότητα. Στη συνέχεια, παρατίθενται όλες οι δυναμικές μεταβλητές και ο ορισμός τους.

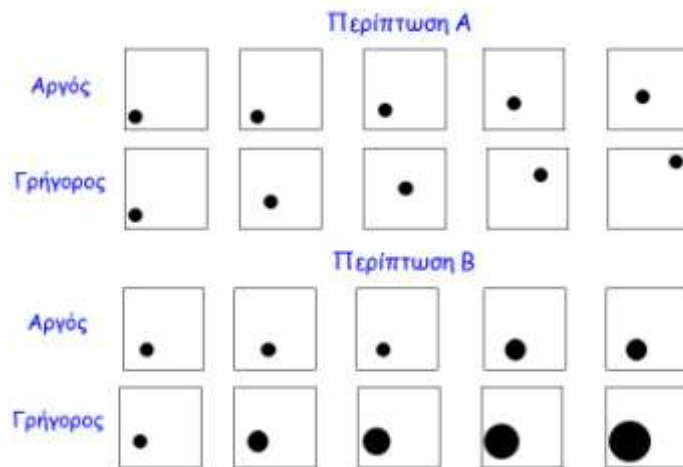
- **Διάρκεια** (duration): ορίζεται ως το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο αναγνωρίσιμων καταστάσεων. Οι καταστάσεις αυτές μπορεί να είναι ένα καρέ (frame), μια σκηνή (αποτελούμενη από ένα σύνολο όμοιων καρέ), ενός επεισοδίου (λογική αλληλουχία σκηνών) ή μιας φάσης (κύκλος επεισοδίων), ή ένας περιοδικός κύκλος φάσεων. Η διάρκεια είναι ποσοτική μεταβλητή, καθώς μετριέται σε μονάδες χρόνου. Κατ' επέκταση χρησιμοποιείται για αναπαράσταση ποσοτικών δεδομένων. Στην Εικόνα 1.1 παρουσιάζονται τρία παραδείγματα χρήσης της διάρκειας σε μια κινούμενη εικόνα που αποτελείται από τρεις σκηνές και η διαφοροποίηση της κλίμακας της διάρκειας πραγματοποιείται μέσω του αριθμού των πλαισίων (καρέ) των σκηνών. Συγκεκριμένα, η πρώτη σκηνή αποτελείται από δύο πλαίσια (πλαίσιο 1 και 2), η δεύτερη από τέσσερα (πλαίσιο 3-6) και η τρίτη σκηνή από 6 (πλαίσιο 7-12) και κατ' αυτόν τον τρόπο επέρχεται η διαφοροποίηση της μικρής, μεσαίας και μεγάλης διάρκειας των σκηνών της κινούμενης εικόνας.



Εικόνα 1.1: Παραδείγματα διαφοροποίησης της διάρκειας σε τρεις σκηνές μιας κινούμενης εικόνας (Πηγή: Νάκος & Κρασανάκης 2013)

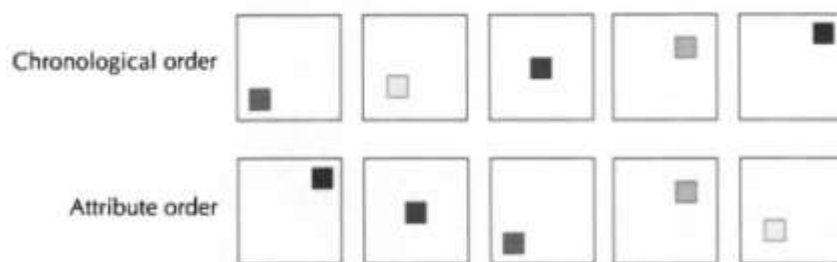
- **Ρυθμός αλλαγής** (rate of change): ορίζεται από τη σχέση m/d , όπου m είναι το μέγεθος της αλλαγής (σε θέση και χαρακτηριστικά μιας οντότητας) μεταξύ των καρέ ή των σκηνών και d είναι η διάρκεια του κάθε καρέ ή της σκηνής. Ο ρυθμός αλλαγής μπορεί να είναι σταθερός ή και μεταβλητός, ενώ είναι μηδενικός όταν καμία αλλαγή δε λαμβάνει χώρα. Συνδυασμός μικρής διάρκειας και μεγάλου μεγέθους αλλαγής οδηγεί σε γρήγορο ρυθμό αλλαγής ενώ σε αντίθετη περίπτωση ο

ρυθμός αλλαγής χαρακτηρίζεται ως αργός. Στην Εικόνα 1.2 παρουσιάζονται δύο παραδείγματα γρήγορου και αργού ρυθμού αλλαγής στην περίπτωση που πραγματοποιείται αλλαγή σε θέση (Περίπτωση Α) και στην περίπτωση που πραγματοποιείται αλλαγή σε χαρακτηριστικό (Περίπτωση Β).



Εικόνα 1.2: Γρήγορος και αργός ρυθμός αλλαγής σε περίπτωση αλλαγής σε θέση (Περίπτωση Α) και σε περίπτωση αλλαγής σε χαρακτηριστικό (Περίπτωση Β)
(Πηγή: Νάκος & Κρασανάκης 2013)

- **Σειρά** (order): ορίζεται ως η αλληλουχία παρουσίασης των καρτέ ή των σκηνών. Ο χρόνος είναι εγγενώς διατεταγμένος. Έτσι, η σειρά παρουσίασης μιας αλλαγής, η οποία διαδραματίζεται σε βάθος χρόνου, συνδέεται άμεσα με τη χρονολογική σειρά πραγματοποίησής της. Παρ' όλα αυτά, η σειρά παρουσίασης των καρτέ ή σκηνών μπορεί να μην ακολουθεί χρονολογική διάταξη ανάλογα με το στόχο της απεικόνισης. Η παραπάνω πρόταση μπορεί να δικαιολογηθεί σε περιπτώσεις, στις οποίες για παράδειγμα, η απεικόνιση στόχο έχει την παρουσίαση του μεγέθους ενός φαινομένου (με αύξουσα ή φθίνουσα σειρά) σε ένα σύνολο περιοχών. Στην Εικόνα 1.3 παρουσιάζεται η παρουσίαση του ίδιου φαινομένου με χρονολογική σειρά και με τη φθίνουσα σειρά εξέλιξης των ιδιοτήτων του φαινομένου.



Εικόνα 1.3: Απεικόνιση του ίδιου φαινομένου με χρονολογική σειρά και με φθίνουσα σειρά εξέλιξης των ιδιοτήτων του
(Πηγή: DiBiase et al. 1992)




- **Ημερομηνία έκθεσης** (display date): ορίζεται ως η ημερομηνία και ο χρόνος που εισάγεται μια αλλαγή. Η ημερομηνία έκθεσης, ουσιαστικά, αποτελεί τη χρονική τοποθέτηση της αλλαγής και συνδέεται άμεσα με τη χρονολογική ημερομηνία. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις όπου δεν αντικατοπτρίζει χρονολογική ημερομηνία, αλλά στόχος της είναι να τονίσει συγκεκριμένες τοποθεσίες.

- **Συχνότητα** (frequency): ορίζεται ως ο αριθμός των αναγνωρίσιμων καταστάσεων ανά τη μονάδα του χρόνου και αναφέρεται, επίσης, ως χρονική υφή. Η χρονική υφή εισάγεται κατ' αντιστοιχία με τη χωρική υφή και μπορεί να χαρακτηρίσει τη ροή μιας αλλαγής ως απότομη, βαθμωτή ή ομαλή.
- **Συγχρονισμός** (Synchronization): ορίζεται ως η χρονική ανταπόκριση δύο ή περισσότερων χρονοσειρών. Εναλλακτικά αναφέρεται ως φάση ανταπόκρισης. Χρησιμοποιείται με σκοπό να ταυτίσει χρονολογικά διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Ο MacEachren (1995, σελ. 285-286) αναφέρει ότι "αν τα ακρότατα (peaks and troughs) των χρονοσειρών συμφωνούν τότε αυτές βρίσκονται σε φάση (in phase), αν όχι είναι εκτός φάσης". Χρονοσειρές που είναι σε φάση μπορεί να συσχετίζονται μεταξύ τους.

Ο MacEachren (1995) επέκτεινε την έρευνα των δυναμικών μεταβλητών εξετάζοντας το βαθμό αποτελεσματικότητας του είδους της διαφοροποίησης που εκφράζουν (αντίστοιχα με τις κλίμακες μέτρησης των οπτικών μεταβλητών), προτείνοντας το συντακτικό των δυναμικών μεταβλητών που παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Συντακτικό των δυναμικών μεταβλητών (Πηγή: MacEachren 1995)

	ονομαστική	τάξης	διαστήματος
διάρκεια			
ρυθμός αλλαγής			
σειρά			
ημερομηνία έκθεσης			
συχνότητα			
συγχρονισμός			

 Αρκετά αποτελεσματικό	 Οριακά αποτελεσματικό	 Καθόλου αποτελεσματικό
---	---	---

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα (Πιν. 1.1), η διάρκεια και ο ρυθμός αλλαγής χρησιμοποιούνται αποτελεσματικότερα προκειμένου να εκφράσουν ποσοτική διαφοροποίηση κλίμακας διαστήματος αλλά και κλίμακας τάξης. Η σειρά και η συχνότητα αποδίδουν καλύτερα ποσοτική διαφορά κλίμακας τάξης, ενώ η ημερομηνία έκθεσης και ο συγχρονισμός μπορούν να προσδώσουν ικανοποιητικά μόνο ποιοτική διαφοροποίηση-ονομαστικής κλίμακας.

1.3. Είδη δυναμικών χαρτών

Ο MacEachren (1995) αναφέρει ότι η πληροφορία της αλλαγής σε σχέση με το χρόνο των δυναμικών χαρτών μπορεί να είναι είτε οπτική είτε ηχητική με αποτέλεσμα τον ορισμό των δυναμικών οπτικών χαρτών (dynamic visual maps) και των δυναμικών ηχητικών χαρτών (dynamic audio maps).

Επίσης, συναντώνται δυναμικοί χάρτες, στους οποίους αναπτύσσεται αλληλεπίδραση με το χρήστη, καθώς η αλλαγή που απεικονίζεται ελέγχεται από αυτόν και δε γίνεται αυτόματα. Οι χάρτες αυτοί ονομάζονται διαδραστικοί (interactive maps) και μπορεί να είναι είτε οπτικοί είτε ηχητικοί είτε συνδυασμός τους (interactive audio-visual maps).

Οι δυναμικοί χάρτες κατηγοριοποιούνται, επίσης, με βάση:

- τη χρονολογική σειρά παρουσίασης της αλλαγής (Kraak & Ormeling 2010) και
- το αντικείμενο στο οποίο δίνουν έμφαση (DiBiase et al. 1992).

1.3.1. Κατηγοριοποίηση με βάση τη χρονολογική σειρά παρουσίασης της αλλαγής

Οι δυναμικοί χάρτες αναπτύσσονται με σκοπό να απεικονίσουν διαφοροποίηση της χωρικής-γεωγραφικής πληροφορίας σε βάθος χρόνου. Αυτή η απεικόνιση μπορεί να διαχωριστεί σε αλλαγή που εξελίσσεται με χρονολογική σειρά (temporal) και σε αλλαγή που εξελίσσεται σε μη χρονολογική σειρά (non-temporal) (Kraak & Ormeling, 2010). Τα χαρακτηριστικά των δύο αυτών κατηγοριών παρατίθενται παρακάτω.

Χρονολογικοί Δυναμικοί Χάρτες

Η δυναμική μεταβλητή της ημερομηνίας έκθεσης, σε αυτή την κατηγορία δυναμικών χαρτών, συνδέεται άμεσα με την παγκόσμια ημερομηνία και ο ρυθμός μεταξύ αυτών των δύο αποτελούν τη χρονική κλίμακα της αλλαγής που απεικονίζει ο δυναμικός χάρτης. Αποτελεί την πλέον διαδεδομένη κατηγορία χαρτών και χρησιμοποιείται για απεικόνιση της αλλαγής σε θέση ή χαρακτηριστικό ενός φαινομένου.

Μη-χρονολογικοί Δυναμικοί Χάρτες

Σε αυτή την περίπτωση των δυναμικών χαρτών, η ημερομηνία έκθεσης της αλλαγής δε σχετίζεται με την παγκόσμια ημερομηνία. Σκοπός του σχεδιασμού τους είναι είτε η παρουσίαση χωρικών σχέσεων είτε η διευκρίνιση γεωμετρικών και άλλων ιδιοτήτων των χαρακτηριστικών χωρικών φαινομένων. Σε αυτήν την κατηγορία συναντώνται δύο είδη δυναμικών χαρτών: αυτοί που απεικονίζουν ένα φαινόμενο μέσω διαδοχικής και σταδιακής ανάπτυξης γνωστοί και ως “successive build-up” και αυτοί που παραθέτουν εναλλασσόμενες απεικονίσεις ενός φαινομένου, γνωστοί ως “changing representations”.

- **Successive build-up:** Σε αυτή την κατηγορία χαρτών το σύνολο των δεδομένων ενός χάρτη διαιρείται σε υποσύνολα και ο χάρτης απεικονίζεται μέσω της σταδιακής σύνθεσης και ενίσχυσης του από τα υποσύνολα δεδομένων του. Η αλλαγή στη μονάδα του χρόνου, ουσιαστικά, είναι η εισαγωγή ενός υποσυνόλου δεδομένων στο χάρτη και η επιλογή του υποσυνόλου γίνεται με βάση τη σχέση του με τα

υπόλοιπα. Παράδειγμα ενός χάρτη “build-up” μπορεί να αποτελέσει η σταδιακή σύνθεση ενός θεματικού χάρτη από τα διάφορα θεματικά του επίπεδα.

- **Changing representations:** Οι εναλλασσόμενες απεικονίσεις ενός χάρτη αναφέρονται είτε σε απεικονίσεις στον ίδιο χάρτη διαφορετικών συνόλων δεδομένων είτε σε απεικονίσεις των ίδιων δεδομένων σε διαφορετικά είδη χαρτών.

1.3.2. Κατηγοριοποίηση με βάση το αντικείμενο έμφασης

Οι DiBiase et al. (1992) ανέπτυξαν μία κατηγοριοποίηση για τους δυναμικούς χάρτες κίνησης (animation maps), σε σχέση με το σκοπό που δίνουν έμφαση και όρισαν, έτσι, τους δυναμικούς χάρτες που δίνουν έμφαση στην τοποθεσία, στη χωρική κατανομή και στην αλλαγή. Οι δύο πρώτες κατηγορίες χαρτών κάνουν χρήση των δυναμικών μεταβλητών ώστε να ενισχύσουν στατικούς χάρτες-αναπαράστασεις, δηλαδή, εστιάζουν στη χωρική αλλαγή. Η τρίτη κατηγορία αποσκοπεί στην αναπαράσταση φαινομένων ή χαρακτηριστικών που αλλάζουν χρονικά και χωρικά. Παρακάτω, παρατίθενται αναλυτικά οι τρεις αυτές κατηγορίες των δυναμικών χαρτών.

Δυναμικοί χάρτες που δίνουν έμφαση στην τοποθεσία

Σκοπός των χαρτών που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι η έμφαση της τοποθεσίας ενός χαρακτηριστικού ή φαινομένου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση σημείου που αναβοσβήνει (flashing point) στις περιοχές ενδιαφέροντος το οποίο μπορεί να εκφράζει τοποθεσία κινδύνου, όπως για παράδειγμα τις θέσεις των εστιών πυρκαγιάς μιας περιοχής.

Δυναμικοί χάρτες που δίνουν έμφαση στη χωρική κατανομή ενός χαρακτηριστικού

Αυτή η κατηγορία χαρτών, ουσιαστικά, δίνει έμφαση σε χαρακτηριστικά και τις σχέσεις μεταξύ χαρακτηριστικών που συμβολίζουν χωρική πληροφορία. Σκοπός τους, δηλαδή, είναι να τονίσουν συγκεκριμένα μέρη ενός χάρτη, τα οποία παρουσιάζουν την κατανομή ενός χαρακτηριστικού ή φαινομένου. Ένα παράδειγμα αυτής της κατηγορίας χαρτών κινούμενων εικόνων αποτελεί η διαδοχική αναπαράσταση του φαινομένου των ενεργών ηφαιστειών με φθίνουσα σειρά με βάση τη συχνότητα των εκρήξεων κάθε ηφαιστείου (τεχνική “sequencing”).

Δυναμικοί χάρτες που δίνουν έμφαση στην αλλαγή

Οι δυναμικοί χάρτες, που ανήκουν στην κατηγορία αυτή, επικεντρώνονται γύρω από το ζήτημα της αλλαγής σε θέση ή σε χαρακτηριστικό. Υποκατηγορίες αυτής της κατηγορίας δυναμικών χαρτών αποτελούν οι χάρτες χρονοσειράς (time series), οι χάρτες επανα-έκφρασης (re-expression) και οι χάρτες πτήσης (fly-by).

- *Time series:* Αποτελούν τους χάρτες χρονοσειράς και δίνουν έμφαση στη χρονική διάσταση της αλλαγής σε θέση ή χαρακτηριστικό. Παράδειγμα απεικόνισης χρονοσειράς αποτελεί η παρουσίαση του φαινομένου της αστικοποίησης ως αύξηση του πληθυσμού ενός αναπτυσσόμενου αστικού κέντρου.
- *Re-expression:* Οι χάρτες επανα-έκφρασης αποτελούν μία εναλλακτική γραφική απεικόνιση, η δομή της οποίας έχει μεταβληθεί μέσω κάποιου μετασχηματισμού των αρχικών δεδομένων. Η εναλλακτική αναπαράσταση επιτυγχάνεται μέσω επιλογής υποσυνόλων από μια χρονοσειρά (brushing), μέσω αναδιάταξης μιας χρονοσειράς ή μέσω μεταβολής της διάρκειας μεμονωμένων καρτέ της χρονοσειράς.

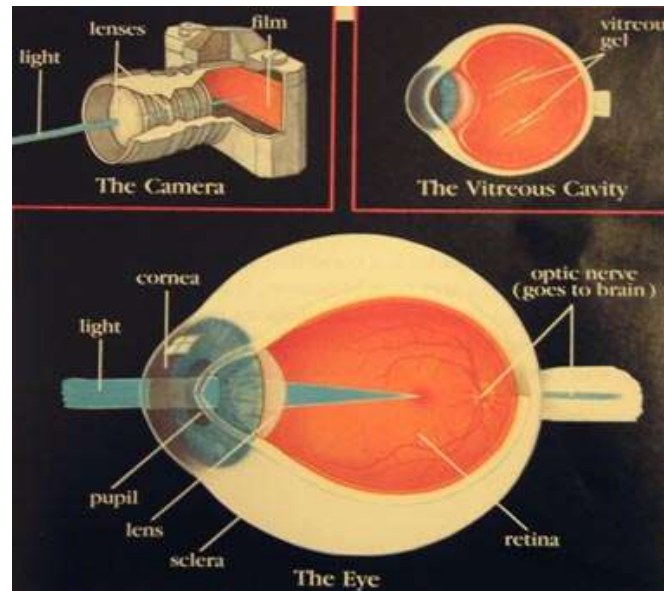
- *Fly-by*: Εναλλακτικά ονομάζονται και χάρτες πτήσης υπεράνω (fly-over), καθώς η κινούμενη απεικόνιση πετυχαίνει την απόδοση της ψευδαίσθησης στο χρήστη της πτήσης υπεράνω μιας τρισδιάστατης επιφάνειας. Αυτές οι απεικονίσεις συνοδεύονται από πολλά προβλήματα, όπως είναι η πλάγια προοπτική (απόκρυφα σημεία), η υπερφόρτωση με πληροφορία λόγω της ρεαλιστικής απόδοσης, η συνεχής αλλαγή κλίμακας (αποστάσεις και διευθύνσεις) και ο αποπροσανατολισμός του χρήστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΟΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

Η όραση έχει άμεση σχέση με την αντίληψη του περιβάλλοντος χώρου και ο οφθαλμός αποτελεί το αισθητήριο όργανο αντίληψης. Ο χάρτης, σύμφωνα με την Petchenik (1983, αναφέρεται σε DiBiase) αποτελεί μηχανισμό οπτικής επικοινωνίας με το χρήστη. Έτσι, η κατανόηση των βασικών εννοιών της λειτουργίας του οφθαλμού, των μηχανισμών της οπτικής αναζήτησης και οι μεθοδολογίες καταγραφής της μπορούν να συνδράμουν στην αξιολόγηση και βελτίωση της οπτικής επικοινωνίας, δηλαδή σε σχεδιασμό αποτελεσματικότερων χαρτών.

2.1. Βασική λειτουργία της όρασης

Η λειτουργία της όρασης πραγματοποιείται σε τρία στάδια από τρεις διαφορετικές διαδικασίες. Στο πρώτο στάδιο η πληροφορία μιας εικόνας λαμβάνεται από τους υποδοχείς της ακτινοβολίας (photoreceptors) του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (retina), στο δεύτερο στάδιο η πληροφορία κωδικοποιείται και μεταβιβάζεται από τον αμφιβληστροειδή στο οπτικό τμήμα του εγκεφάλου δια μέσω του νευρικού συστήματος και στο τρίτο στάδιο το σήμα αποκωδικοποιείται και η αρχική πληροφορία που παρατηρήθηκε από τους οφθαλμούς ανασχηματίζεται στο οπτικό μέρος του εγκεφάλου. Συχνά, για την κατανόηση των παραπάνω λειτουργιών, η διαδικασία της όρασης παρομοιάζεται με την περίπτωση μιας φωτογραφικής μηχανής (Εικ. 2.1.) ή με ένα κλειστό σύστημα τηλεόρασης.



Εικόνα 2.1: Λειτουργία της όρασης

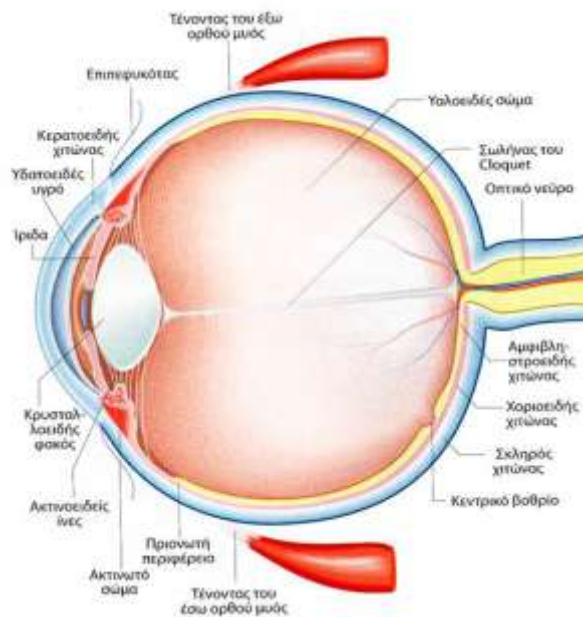
(Πηγή: <http://laser4myopia.gr/>)

Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η λειτουργία της όρασης σε παράθεση με τη λειτουργία της φωτογραφικής μηχανής. Η ακτινοβολία εισέρχεται από την κόρη, η οποία εκτελεί το ρόλο του διαφράγματος, εισέρχεται στο εσωτερικό του οφθαλμού δια μέσου του φακού και τελικά κωδικοποιείται η πληροφορία της εικόνας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ο οποίος

παρομοιάζεται με το φιλμ της μηχανής όπου το κωδικοποιημένο σήμα αναλαμβάνει το οπτικό νεύρο να το διαβιβάσει στον εγκέφαλο.

Τα χαρακτηριστικά του οφθαλμικού βολβού απεικονίζονται στην Εικ. 2.2. Όπως παρατηρείται, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (retina) αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος το βολβού και περιέχει:

- τους φωτοϋποδοχείς (photoreceptors) που αποτελούνται από τα ραβδία (rods) και τα κωνία (cones). Τα κύτταρα, αυτά, έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ακτινοβολία του φωτός σε ηλεκτρικό σήμα (neural signal) (Duckowski 2007). Τα κωνία συναντώνται στο κεντρικό βοθρίο, σε μεγάλη πυκνότητα και ευθύνονται για την κεντρική όραση ενώ τα ραβδία συναντώνται σε μεγάλη πυκνότητα 20° περιφερειακά της ωχράς κηλίδας και ευθύνονται για την περιφερειακή όραση και την ανίχνευση ερεθισμάτων (Βρεττός 2006).
- την ωχρά κηλίδα, διαμέτρου περίπου 5mm και 17° γωνία όρασης (Βρεττός 2006).
- το βοθρίο που περιλαμβάνει την κεντρική περιοχή διαμέτρου 1,5mm (5°) της ωχράς κηλίδας. Μόνο κωνία δέχονται την οπτική εικόνα με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση. Η κεντρική του περιοχή (1°) αποτελεί το λεπτότερο σημείο του αμφιβληστροειδή, καλείται κεντρικό βοθρίο και παρουσιάζει την οξύτερη και ευκρινέστερη όραση εξαιτίας της απουσίας ραβδίων και παρουσίας υψηλής πυκνότητας κωνίων (Βρεττός 2006).
- τη θηλή του οπτικού νεύρου, την περιοχή εκείνη που οι ίνες του οπτικού νεύρου εγκαταλείπουν τον αμφιβληστροειδή (Βρεττός 2006).



Εικόνα 2.2: Τα μέρη του οφθαλμού
(Πηγή: <http://www.eyepathology.gr/>)

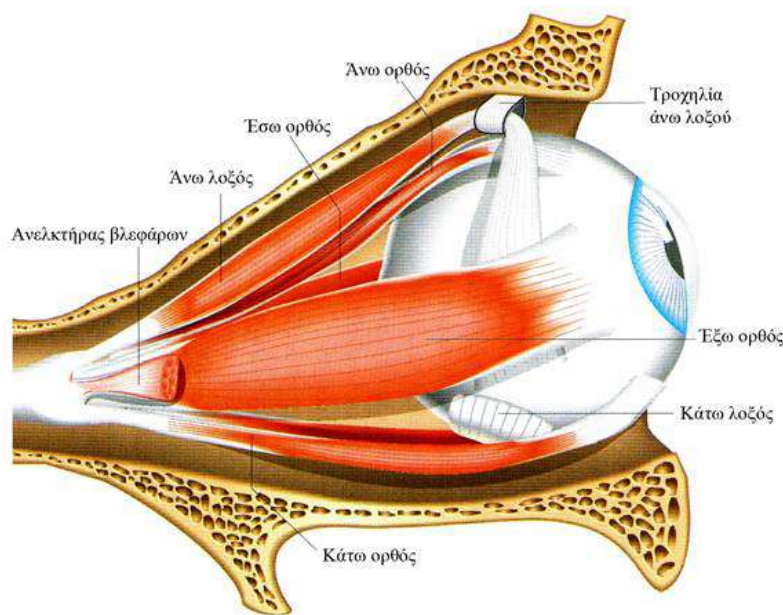
2.1.1. Είδη οφθαλμικών κινήσεων

Ο οφθαλμός κινείται με τη βοήθεια δύο συστημάτων: το ένα σύστημα είναι το οφθαλμοκινητικό σύστημα (occulomotor system), στο οποίο οφείλονται οι κινήσεις του οφθαλμικού βολβού μέσα στον κόγχο (οστέινη κοιλότητα που προστατεύει το βολβό) και το άλλο είναι το σύστημα κίνησης της κεφαλής (head movement system) το οποίο μετακινεί τον κόγχο με την κίνηση του οφθαλμού. Οι έξι οφθαλμοκινητικοί μύες δρουν πάντα ανά

ζεύγη. Συγκεκριμένα, οι οφθαλμοκινητικοί μύες και οι κινήσεις για τις οποίες είναι υπεύθυνοι, είναι οι εξής:

- Άνω και κάτω ορθός: στρέφει το βολβό προς τα επάνω και προς κάτω αντίστοιχα.
- Άνω και κάτω λοξός: κινεί το βολβό προς τα πάνω και προς τα κάτω αντίστοιχα.
- Έσω και έξω ορθός: φέρνει το βολβό προς τα μέσα (μύτη) και προς τα έξω αντίστοιχα.

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζεται η διάταξη των έξι παραπάνω εξοφθάλμιων μυών σε σχέση με τον οφθαλμικό βολβό. Προκειμένου να κινηθούν ταυτόχρονα στην ίδια κατεύθυνση οι οφθαλμοί, αναπτύσσονται συζυγείς κινήσεις και οι οφθαλμοκινητικοί μύες συνεργάζονται αρμονικά. Οι μύες που κινούν τον οφθαλμό στην ίδια κατεύθυνση λέγονται συναγωνιστές και ανταγωνιστές αυτοί που κινούν τον οφθαλμό σε αντίθετη κατεύθυνση οπότε και παρατηρούνται μη συζυγείς κινήσεις.



Εικόνα 2.3.: Η διάταξη των οφθαλμοκινητικών μυών

(Πηγή: <http://www.eyepathology.gr/>)

Το οφθαλμοκινητικό σύστημα, πέραν των συζυγικών κινήσεων, είναι υπεύθυνο και για τρεις ακόμα κατηγορίες κινήσεων: τις κινήσεις προσήλωσης, τις σακκαδικές κινήσεις και τις κινήσεις ομαλής παρακολούθησης.

Κινήσεις Προσήλωσης (fixations)

Είναι κινήσεις που σταθεροποιούν το κεντρικό βοθρίο, που βρίσκεται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα σε ακίνητο αντικείμενο ή χαρακτηριστικό και επιτυγχάνεται η προσεκτική παρατήρηση. Σύμφωνα με τον Brodersen et al. (2002) το εύρος των κινήσεων προσήλωσης κυμαίνεται από τα 100 έως 1000 ms και σύμφωνα με τη Viviani (1990) (αναφέρεται σε Goldberg & Kotval 1999) η πιο μικρή διάρκεια επεξεργασίας κατά τη διάρκεια μιας προσήλωσης κυμαίνεται από τα 100 έως 150 ms. Ακόμη, το κέντρο μιας τυπικής προσήλωσης κείται σε ακτίνα 2° έως 3° από τον παρατηρούμενο στόχο (Robinson 1979 αναφέρεται σε Goldberg & Kotval 1999). Κατά τις κινήσεις αυτές αναπτύσσονται και άλλες κινήσεις όπως το τρέμουλο (tremors), οι κινήσεις διολίσθησης (drifts) και οι

μικροσακκαδικές κινήσεις (microsaccades), οι οποίες βοηθούν στη σταθεροποίηση της προσήλωσης σε ένα σημείο. Ο Irwin (1992) αναφέρει ότι το 90% του χρόνου που βλέπουμε αφιερώνεται στις προσηλώσεις. Οι κινήσεις προσήλωσης είναι πολύ σημαντικές για την όραση, καθώς αναφέρονται στην κεντρική όραση.

Σακκαδικές Κινήσεις (saccades)

Ο Duckowski (2007) αναφέρει ότι οι σακκαδικές κινήσεις είναι ταχύτατες, εθελοντικές και αντανακλαστικές κινήσεις, που πραγματοποιούνται προκειμένου να επανατοποθετηθεί το κεντρικό βοθρίο σε μία νέα τοποθεσία της οπτικής σκηνής. Έτσι, λοιπόν, αποτελούν την ενδιάμεση κίνηση μεταξύ δύο προσηλώσεων. Το χρονικό εύρος στο οποίο εξελίσσονται κυμαίνεται από 10 έως 100ms και η ταχύτητα την οποία αναπτύσσουν είναι $700^{\circ}/\text{sec}$.

Ομαλές Κινήσεις Παρακολούθησης (smooth pursuit)

Αυτές οι κινήσεις ενεργοποιούνται όταν ανιχνεύεται οπτικά ένα κινούμενος στόχος. Ανάλογα με το εύρος της κίνησης του στόχου, τα μάτια είναι ικανά να ταυτίσουν την ταχύτητα του κινούμενου στόχου. Η μέγιστη ταχύτητα στην οποία μπορούν να φτάσουν είναι περίπου ($100^{\circ}/\text{sec}$).

Αφού παρουσιάστηκαν οι κινήσεις του οφθαλμού, αξίζει σε αυτό το σημείο να δοθεί και ο ορισμός του ίχνους της αναζήτησης (scanpath) ως η διαδοχή προσήλωσης, σακκαδικής κίνησης και προσήλωσης.

2.2. Οπτική αναζήτηση και Οπτική προσοχή

“Ο όρος της οπτικής αναζήτησης αναφέρεται στη συγκέντρωση οπτικών διαδικασιών που επιτρέπουν τον εντοπισμό αυτού που αναζητείται, χρησιμοποιώντας τη χωρική προσοχή για τη σύνδεση των χαρακτηριστικών των αντικειμένων”, Vecera (2000, σελ.355). Η λειτουργία και η συμπεριφορά της οπτικής αναζήτησης σε μία οπτική σκηνή έχει μελετηθεί αρκετά από τους ψυχολόγους με αποτέλεσμα την ανάπτυξη διάφορων θεωριών και μοντέλων της οπτικής αναζήτησης.

2.2.1. Οπτική αναζήτηση και προσοχή

Ο Neisser (1967) εισήγαγε την ιδέα του σταδίου προ-προσοχής της οπτικής αναζήτησης και όρασης. Κατά την παρατήρηση σε στάδιο προ-προσοχής, οτιδήποτε βρίσκεται στο οπτικό πεδίο του οπτικού συστήματος μπορεί να επεξεργαστεί με μια ματιά. Στη συνέχεια, η οπτική αναζήτηση και η λειτουργία της αποτέλεσε αντικείμενο πολλών ερευνητών, με αποτέλεσμα τη διάκριση των οπτικών αναζητήσεων σε τρεις κατηγορίες: τις παράλληλες και σειριακές, τις αποτελεσματικές και αναποτελεσματικές και τις αναζητήσεις μη-προσοχής, προ-προσοχής και προσοχής.

Παράλληλες και Σειριακές Αναζητήσεις

Η διάκριση αυτή υποστηρίζει τη διχοτόμηση των παράλληλων και των σειριακών παρατηρήσεων (Treisman & Gelade 1980) γίνεται με βάση τις διαδικασίες που αναπτύσσονται όταν γίνεται η επεξεργασία μιας εικόνας. Όταν κυριαρχούν οι από κάτω προς τα πάνω (bottom-up) παράλληλες διαδικασίες, αυτό συνεπάγεται ότι η επεξεργασία της πληροφορίας της οπτικής σκηνής γίνεται ασυνείδητα από την περιφερειακή όραση. Για την επεξεργασία του σταδίου αυτού υπάρχουν δύο θεωρίες σε σχέση με τα ερεθίσματα

που γίνονται αντιληπτά. Η μία υποστηρίζει ότι στις παράλληλες αναζητήσεις γίνεται ενιαία και ολιστική επεξεργασία της οπτικής σκηνής ενώ η δεύτερη ότι μόνο μερικά χαρακτηριστικά γίνονται αντιληπτά, τα οποία υπερισχύουν και “ξεπετάγονται” (pop-out effect) της οπτικής σκηνής. Στην περίπτωση που κυριαρχούν οι από πάνω προς τα κάτω (top-down) σειριακές αναζητήσεις, η επεξεργασία της οπτικής σκηνής γίνεται συνειδητά και αναπτύσσεται στην κεντρική όραση, όπου συγκεντρώνεται και η προσοχή. Στις σειριακές αναζητήσεις, ουσιαστικά, η πληροφορία που έχει ληφθεί και επεξεργαστεί κατά την παράλληλη αναζήτηση, επεξεργάζεται, αλληλεπιδρά με την ήδη αποθηκευμένη γνώση και γίνεται η εξαγωγή νέας πληροφορίας. Τα δύο στάδια αυτά είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Αποτελεσματικές και Αναποτελεσματικές Αναζητήσεις

Ο Wolfe, Cave & Franzel (1989), Cave & Wolfe (1990) είναι αντίθετοι της διχοτόμησης των σειριακών και παράλληλων αναζητήσεων και θεωρούν ότι αυτές αποτελούν τα άκρα ενός συνεχούς μέσου παρά δύο διακριτές διαδικασίες. Έτσι, γίνεται μία διαφορετική κατηγοριοποίηση, πιο περιγραφική, που εκφράζει το βαθμό αποτελεσματικότητας της οπτικής αναζήτησης σε μια οπτική σκηνή. Ο βαθμός αποτελεσματικότητας απορρέει από την κλίση της γραφικής παράστασης του χρόνου της αναζήτησης ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού σε σχέση με το μέγεθος του συνόλου -το σύνολο των στοιχείων που εμφανίζονται στην οπτική σκηνή. Όταν υπάρχουν χαρακτηριστικά που εξέχουν της οπτικής σκηνής τότε η αναζήτηση χαρακτηρίζεται αποτελεσματική και η κλίση είναι μεγάλη, ενώ αναποτελεσματική χαρακτηρίζεται η αναζήτηση η οποία επηρεάζεται από το μέγεθος τους συνόλου και η αντίδραση στον εντοπισμό συγκεκριμένου χαρακτηριστικού εμφανίζεται αργή, με κλίση είναι μικρή ή και παράλληλη με τον άξονα x. Η αντικειμενικότητα της κατηγοριοποίησης αυτής, όμως, αμφισβητείται ακόμα και από τον ίδιο το Wolfe (1998) καθώς τα όρια του βαθμού της αποτελεσματικότητας είναι αυθαίρετα.

Αναζητήσεις Μη-προσοχής, Προ-προσοχής και Προσοχής

Οι Mack et al. (1992) αντιστοιχούν τις αναζητήσεις με βάση το είδος της προσοχής που απαιτείται για να επεξεργαστούν. Οι αναζητήσεις προσοχής λαμβάνουν χώρα στην κεντρική όραση και απαιτούν οπτική προσοχή, οι αναζητήσεις προ-προσοχής γίνονται αντιληπτές από την περιφερειακή όραση και απαιτούν “κατανεμημένη προσοχή” (distributed attention) και εξέταση όλης της οπτικής σκηνής και οι αναζητήσεις μη προσοχής δεν απαιτούν ούτε κατανεμημένη προσοχή ούτε κεντρική όραση, και δεν υπάρχει κανένας σκοπός ή πρόθεση στην αναζήτηση. Ο όρος της “κατανεμημένης προσοχής” χρησιμοποιείται για να δηλώσει την παρουσία γνωσιακών και από πάνω προς τα κάτω διαδικασιών στην αναζήτηση προ-προσοχής, στην οποία στόχος αναζήτησης υπάρχει αλλά δεν είναι γνωστή η θέση του ώστε να απαιτεί την κεντρική όραση (Beck 1992, αναφέρεται σε Mack et. al 1992).

2.2.2. Μοντέλα οπτικής αναζήτησης

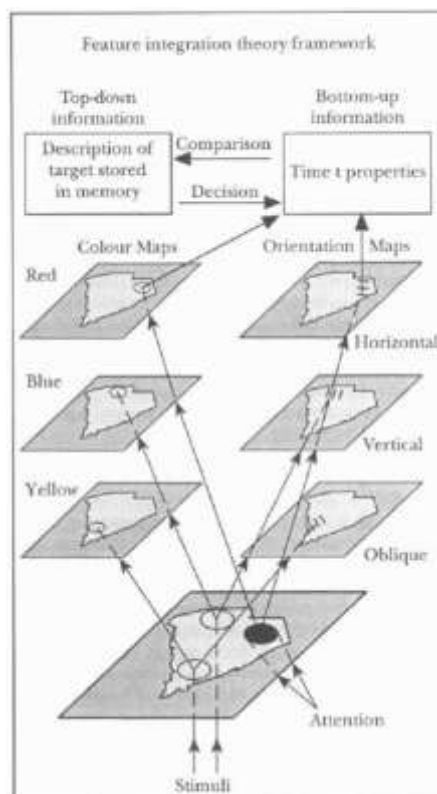
Τα μοντέλα της οπτικής αναζήτησης έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να ερμηνεύσουν τα πρώτα στάδια οπτικής επεξεργασίας και να εξηγήσουν τον τρόπο αφομοίωσης της οπτικής πληροφορίας και τη λειτουργία της οπτικής προσοχής (Κασιδώνη 2005). Πολλά μοντέλα έχουν προταθεί και σε αυτό το σημείο θα γίνει παρουσίαση τριών βασικών μοντέλων οπτικής αναζήτησης: το μοντέλο της Θεωρίας Ενοποίησης Χαρακτηριστικών, της Θεωρίας Δεσμευμένης Προσοχής και της Θεωρίας Καθοδηγούμενης Προσοχής.

Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory)

Η θεωρία αυτή εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο οπτικό σύστημα επεξεργάζεται την εικόνα κατά την πρώτη όραση (Treisman & Gelade 1980). Θεωρεί απόλυτα διαχωρισμένες τις σειριακές και παράλληλες αναζητήσεις. Μάλιστα, οι παράλληλες αναζητήσεις πραγματοποιούνται για την αναζήτηση ενός στόχου με ένα χαρακτηριστικό και διαρκούν λιγότερο, ενώ οι σειριακές για την αναζήτηση συνδυασμού χαρακτηριστικών και διαρκούν περισσότερο. Χαρακτηρίζεται από ευκολία διάκρισης της υφής, σε περίπτωση που τα όρια ορίζονται από απλά χαρακτηριστικά, και δυσκολία όταν τα όρια χαρακτηρίζονται από συνδυασμό χαρακτηριστικών. Χρησιμοποιεί τους όρους διάσταση και χαρακτηριστικό με την εξής σημασία:

- Ως διάσταση ορίζεται το “το απόλυτο εύρος μεταβολής που αναλύεται ξεχωριστά από κάποιο ανεξάρτητο λειτουργικό σύστημα” (Treisman & Gelade 1980, σελ. 99).
- Ως χαρακτηριστικό ορίζεται “μια συγκεκριμένη τιμή μιας ορισμένης διάστασης” (Treisman & Gelade 1980, σελ. 99)

Η βασική λειτουργία της είναι ότι κατά το στάδιο της προ-προσοχής τα χαρακτηριστικά της εικόνας κωδικοποιούνται νωρίς και αυτόματα ενώ τα αντικείμενα δομούνται από τα χαρακτηριστικά, που αναγνωρίζονται σε ένα μετέπειτα στάδιο επεξεργασίας χρησιμοποιώντας επικεντρωμένη προσοχή (Treisman & Gelade 1980). Συγκεκριμένα, η αρχική εικόνα θεωρείται πως αναλύεται από το οπτικό σύστημα σε χάρτες χαρακτηριστικών και σε έναν κύριο χάρτη θέσεων κατά την παράλληλη διαδικασία αναζήτησης. Ο χάρτης θέσεων συλλέγει πληροφορίες από όλους τους χάρτες χαρακτηριστικών και χρησιμεύει στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Στην Εικόνα 2.4 παρουσιάζεται ο σκελετός της θεωρίας αυτής όταν γίνεται αναζήτηση στόχου σε ένα χάρτη.



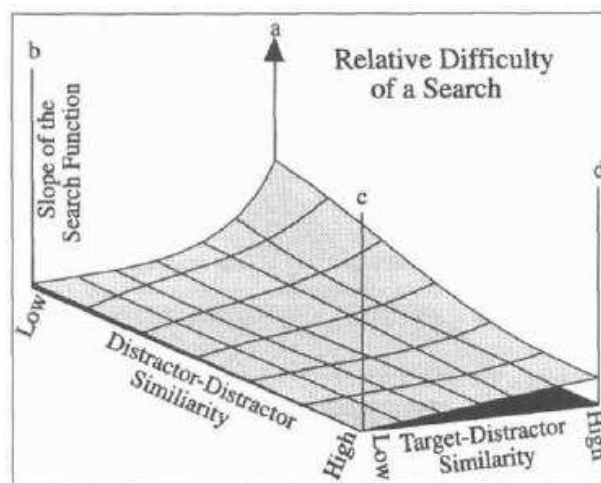
Εικόνα 2.4: Ο σκελετός της Θεωρίας Ενοποίησης Χαρακτηριστικών σε αναζήτηση στόχου σε ένα χάρτη (Πηγή: Lloyd 1997)

Η επιτυχής αναζήτηση ενός στόχου και της θέσης του πραγματοποιείται όταν αντιστοιχηθούν δύο είδη πληροφορίας. Το ένα είδος πληροφορίας περιλαμβάνεται στην υπό εξέταση εικόνα και αποτελεί την από κάτω προς τα πάνω πληροφορία (bottom-up) και το άλλο έχει προκύψει από γνώσεις και προσδοκίες του παρατηρητή και αποτελεί την από πάνω προς τα κάτω πληροφορία (top-down). Η επέκταση της θεωρίας αυτής υποστηρίζει την κατάργηση της διχοτόμησης των παράλληλων και σειριακών αναζητήσεων και την ύπαρξη περιπτώσεων ταυτόχρονης εμφάνισης και των δύο αναζητήσεων.

Θεωρία της Δεσμευμένης Προσοχής (Attention Engagement Theory)

Η θεωρία αυτή αναπτύχθηκε λίγο μετά τη Θεωρία Ενοποίησης Χαρακτηριστικών από τους Duncan & Humphreys (1989, 1992), οι οποίοι θεωρούν ότι οι παράλληλες και σειριακές διαδικασίες αποτελούν δύο άκρα ενός συνεχούς μέσου. Σύμφωνα με αυτήν, θεωρείται πως για την ενεργοποίηση μιας παράλληλης ή σειριακής αναζήτησης, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών (Duncan & Humphreys 1989, 1992). Κρίσιμο παράγοντα για το βαθμό δυσκολίας της αναζήτησης αποτελεί η ομοιότητα του στόχου με τους περισπαστές και η ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται σε μια επιφανειακή απεικόνιση σε τρισδιάστατο χώρο (Εικ. 2.5). Οι εύκολες αναζητήσεις έχουν επίπεδες κλίσεις (μικρή ομοιότητα στόχου με περισπαστές), ενώ όσο αυξάνεται η δυσκολία και απαιτούνται σειριακές διαδικασίες, οι κλίσεις γίνονται απότομες. Συγκεκριμένα:

- όταν παρατηρείται μικρή ομοιότητα στόχου με περισπαστές, οι κλίσεις της αναζήτησης είναι επίπεδες, ανεξάρτητα από την ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους,
- όσο η ομοιότητα του στόχου με τους περισπαστές αυξάνει, οι κλίσεις αυξάνονται αργά, ανεξάρτητα από την ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους και
- οι πιο δύσκολες αναζητήσεις παρατηρούνται όταν η ομοιότητα του στόχου με τους περισπαστές είναι μεγάλη και η ομοιότητα των περισπαστών μεταξύ τους είναι μικρή.



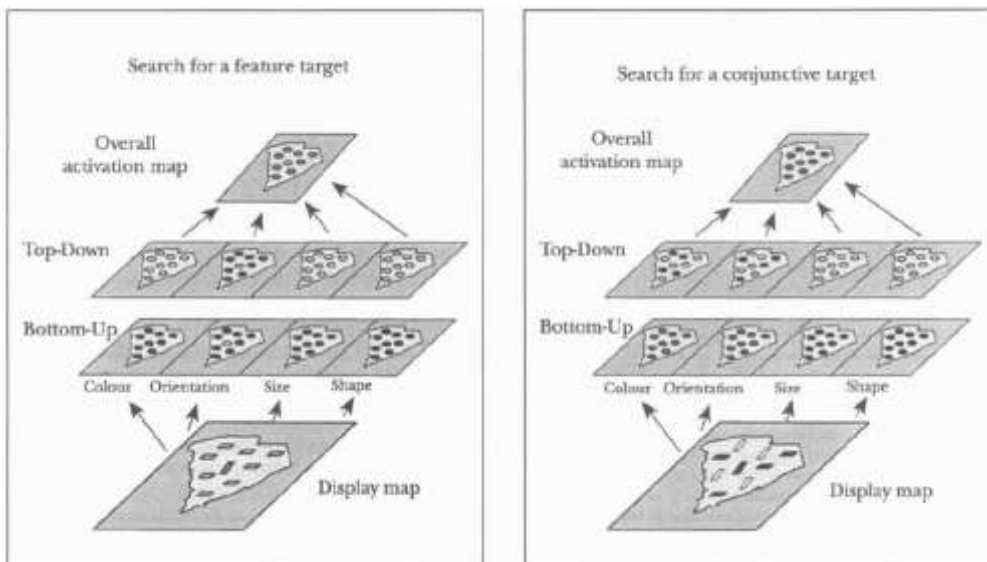
Εικόνα 2.5: Ο υποθετικός τρισδιάστατος χώρος της Θεωρίας της Δεσμευμένης Προσοχής που υποδηλώνει το βαθμό δυσκολίας της αναζήτησης ενός στόχου (Πηγή: Lloyd 1997)

Θεωρία της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης (Guided Search Theory)

Η θεωρία αυτή, των Cave & Wolfe (1990), Wolfe et al. (1989), Wolfe (1994) και Chun & Wolfe (1996), αποτελεί τροποποίηση της Θεωρίας Ενοποίησης Χαρακτηριστικών. Βασίζεται και πάλι στην ύπαρξη ενός σταδίου προ-προσοχής, παράλληλου επεξεργασίας που ακολουθείται από ένα σειριακό, με τη διαφορά πως δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Η πληροφορία από την παράλληλη αναζήτηση κατευθύνει την προσοχή στον πιο πιθανό υποψήφιο στόχο, όμως, ο εντοπισμός της θέσης του στόχου υλοποιείται κατά το στάδιο της σειριακής αναζήτησης.

Η λειτουργία της θεωρίας αυτής παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.6. Κατά την παράλληλη αναζήτηση, κωδικοποιούνται οι διάφορες διαστάσεις των αντικειμένων σε ανεξάρτητους χάρτες χαρακτηριστικών. Οι θέσεις των ξεχωριστών διαστάσεων στο χάρτη ενεργοποιούν χάρτες τόσο από κάτω προς τα πάνω όσο και από πάνω προς τα κάτω. Η ενεργοποίηση σε μια συγκεκριμένη θέση υπολογίζεται ως το άθροισμα των διαφορών μεταξύ της τιμής της θέσης αυτής και των τιμών όλων των υπολοίπων.

Με τη θεωρία αυτή ερμηνεύονται οι περιπτώσεις εμφάνισης σειριακών και παράλληλων χρόνων αναζήτησης σε συνδυαστικές αναζητήσεις διαφορετικών χαρακτηριστικών και του ίδιου χαρακτηριστικού αντίστοιχα.



Εικόνα 2.6: Αναζήτηση στόχου με κατακόρυφο προσανατολισμό (αριστερά) και αναζήτηση στόχου με κατακόρυφο προσανατολισμό και μαύρο χρώμα (δεξιά) (Πηγή: Lloyd 1997)

2.2.3. Χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την οπτική προσοχή

Η οπτική προσοχή περιγράφεται ως η διαδικασία επιλογής της πληροφορίας που παρατηρείται σε μία οπτική σκηνή. Στο πρωταρχικό στάδιο όρασης (primary vision), η πληροφορία που γίνεται αντιληπτή και επεξεργάζεται πριν την προσοχή (δηλαδή σε στάδιο της προ-προσοχής) χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει την αναζήτηση κατά το στάδιο της προσοχής. Η πληροφορία, αυτή, αφορά τα χαρακτηριστικά εκείνα που έχουν την ιδιότητα να ξεπετάγονται της οπτικής σκηνής, με αποτέλεσμα, αυτά να παρατηρούνται σε στάδιο προ-προσοχής (pre-attentive features).

Προσπάθεια για ορισμό των χαρακτηριστικών που παρατηρούνται σε στάδιο προ-προσοχής πραγματοποιήθηκε από το Bertin (1967/83), ο οποίος αναφέρει ότι οι πιθανές οπτικές

μεταβλητές που μπορεί να παρατηρηθούν σε στάδιο προ-προσοχής είναι το σχήμα, το μέγεθος, η απόχρωση του χρώματος, η ένταση του χρώματος και ο προσανατολισμός. Παρ' όλα αυτά, ο χαρακτηρισμός των παραπάνω οπτικών μεταβλητών ως πιθανά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται σε στάδιο προ-προσοχής δε συνοδεύεται από κάποια εμπειρική απόδειξη.

Μία ακόμα προσπάθεια για ορισμό των χαρακτηριστικών εκείνων που παρατηρούνται σε στάδιο προ-προσοχής έγινε από το Wolfe (1998), ο οποίος παρουσιάζει την απόχρωση του χρώματος, τον προσανατολισμό, την κίνηση, το μέγεθος, την καμπυλότητα, το στερεοσκοπικό βάθος, τη μετατόπιση "vernier", τη λάμψη, τομή γραμμών και τη χωρική θέση.

Τέλος, οι Wolfe & Horowitz (2004), σε ανασκοπική μελέτη τους, παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά εκείνα που παρατηρούνται σε στάδιο προ-προσοχής με βάση την πιθανότητα καθοδήγησης της προσοχής. Οι κατηγορίες των παρατηρούμενων χαρακτηριστικών σε στάδιο προ-προσοχής που πιθανόν να καθοδηγούν την προσοχή είναι πέντε: τα αδιαμφισβήτητα, τα πιθανά, τα ενδεχόμενα, τα αβέβαια και τα πιθανά να μην καθοδηγούν την προσοχή χαρακτηριστικά ή πιθανά μη χαρακτηριστικά. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται όλες οι κατηγορίες και τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 2.1: Πίνακας χαρακτηριστικών που καθοδηγούν την προσοχή
(Πηγή: Wolfe & Horowitz 2004)

Αδιαμφισβήτητα χαρακτηριστικά	Πιθανά χαρακτηριστικά	Ενδεχόμενα χαρακτηριστικά	Αβέβαια χαρακτηριστικά	Πιθανά μη χαρακτηριστικά
απόχρωση	τρεμοπαίξιμο	διεύθυνση φωτισμού (σκίαση)	καινούργια χαρακτηριστικά	τομές-διασταυρώσεις
κίνηση	πολωμένη φωτεινότητα	λάμψη	γράμματα	οπτική ροή
προσανατολισμός	μετατόπιση "vernier"	διαστολή	αλφαριθμητική κατηγορία	αλλαγή χρώματος
μέγεθος (περιλαμβάνονται η χωρική συχνότητα και η χωρική κλίμακα)	στερεοσκοπικό βάθος και κλίση	αριθμοί		τριδιάστατοι όγκοι
	εικονογραφικά συνθήματα βάθους	αναλογία διαστάσεων		πρόσωπα (οικεία, θυμωμένα κ.ο.κ.)
	σχήμα			το όνομα του παρατηρητή
	γραμμικές απολήξεις			σημασιολογική κατηγορία
	κλείσιμο			
	τοπολογία			
	καμπυλότητα			

Να σημειωθεί ότι τα χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον Πίνακα 2.1 είναι αντιπροσωπευτικά και δεν έχουν ερευνηθεί όλα εξαντλητικά. Τα χαρακτηριστικά απόχρωση, κίνηση, προσανατολισμός και μέγεθος έχουν κατηγοριοποιηθεί ως αδιαμφισβήτητα χαρακτηριστικά που καθοδηγούν την προσοχή, ύστερα από εκτενή έρευνα και σχετικές μελέτες. Η ερευνητική απόδειξη της κατηγοριοποίησης όσο μειώνεται η πιθανότητα καθοδήγησης της προσοχής φθίνει.

Η κίνηση, λοιπόν, αποτελεί αναμφισβήτητο και κυρίαρχο χαρακτηριστικό που παρατηρείται σε αναζητήσεις προ-προσοχής και καθοδηγεί τις αναζητήσεις προσοχής. Παράγει, λοιπόν, αποτελεσματικές αναζητήσεις, όμως, στην Κασιδώνη (2005) αναφέρεται ότι παρουσιάζει κάποιες ασυμμετρίες:

- Ενώ η ανίχνευση κινούμενου στόχου μεταξύ ακίνητων περισπαστών (μη στόχων) είναι πολύ εύκολη, η περίπτωση ακίνητου στόχου ανάμεσα σε κινούμενους περισπαστές είναι πολύ δύσκολη.
- Όταν η ταχύτητα του κινούμενου στόχου είναι μεγαλύτερη από αυτή των περισπαστών η ανίχνευσή του καθίσταται πάλι εύκολη ενώ το αντίστροφο δεν ισχύει.

Η κίνηση από μόνη της δεν αποτελεί “απτό” χαρακτηριστικό της οπτικής σκηνής και προκειμένου να γίνει αντιληπτή ορίζεται ως αλλαγή στη φωτεινότητα, στη θέση, στον προσανατολισμό ή στο μέγεθος ενός χαρακτηριστικού της οπτικής σκηνής. “Ο χώρος του χαρακτηριστικού της κίνησης θεωρείται ότι περιλαμβάνει τους άξονες της κίνησης, της ταχύτητας και της κατεύθυνσης, μπορεί όμως, αυτά τα τρία διακριτά χαρακτηριστικά να αποτελούν διαστάσεις του χαρακτηριστικού της κίνησης” (Κασιδώνη 2005, σελ. 46).

2.3. Μεθοδολογίες καταγραφής της οπτικής αναζήτησης

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται σε πειράματα που εξετάζουν την οπτική αναζήτηση είναι δύο: η μέτρηση του χρόνου αντίδρασης και της ακρίβειας (reaction time and accuracy) και η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων (eye tracking) (Wolfe 1998, Κασιδώνη 2005).

2.3.1. Μεθοδολογία υπολογισμού του χρόνου αντίδρασης και της ακρίβειας

Ως χρόνος αντίδρασης-ΧΑ (reaction time RT) ορίζεται ο χρόνος που κάνει ο παρατηρητής να διαπιστώσει αν ένας συγκεκριμένος στόχος είναι παρών ή απών από την οπτική σκηνή (Κασιδώνη 2005). Η μέτρηση του χρόνου αυτού πραγματοποιείται από την αρχή έκθεσης της οπτικής σκηνής μέχρι το υποκείμενο να απαντήσει. Ο ΧΑ αναλύεται σε δύο ξεχωριστές συναρτήσεις, ανάλογα αν με την παρουσία ή απουσία του στόχου. Είναι συνάρτηση του μεγέθους του συνόλου της πληροφορίας της οπτικής σκηνής. Από τις δύο αυτές συναρτήσεις, οι κλίσεις των γραφικών παραστάσεων χρησιμοποιούνται για να:

- Αποκαλύψουν τις διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση (παράλληλες ή σειριακές).
- Ταξινομήσουν τις αναζητήσεις ανάλογα με τον βαθμό αποτελεσματικότητάς τους.
- Φανερώσουν το κόστος της προσθήκης ενός νέου ερεθίσματος στην εικόνα. Με την προσθήκη ενός νέου ερεθίσματος, αυξάνεται ο χρόνος αναζήτησης, που συνεπάγεται μεγαλύτερη κλίση της συνάρτησης.

Ο υπολογισμός του ΧΑ συνοδεύεται από τη μέτρηση της ακρίβειας της αντίδρασης του υποκειμένου. Ουσιαστικά η μέτρηση της ακρίβειας υπολογίζεται, έτσι, ώστε να μελετηθεί η

ορθότητα των απαντήσεων των υποκειμένων ή το ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων. Όταν η ακρίβεια χρησιμοποιείται ως ανεξάρτητη μεταβλητή, προβάλλεται αρχικά το ερέθισμα για λίγο και μετά ακολουθεί μια μάσκα η οποία τερματίζει τη διαδικασία της αναζήτησης. Η ακρίβεια δίνεται συναρτήσει της χρονικής διαφοράς που μεσολαβεί από την εμφάνιση του ερεθίσματος, μέχρι την εμφάνιση της μάσκας. Ανάλογα με το αν η αναζήτηση απαιτεί την επεξεργασία των αντικειμένων σε ένα βήμα, ή απαιτείται η επεξεργασία καθενός από τα αντικείμενα ξεχωριστά, το χρονικό διάστημα εντοπισμού του στόχου αυξάνεται.

2.3.2. Μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων

Για τον έλεγχο των γνωσιακών και οπτικών διαδικασιών κατά τη σάρωση μιας οπτικής σκηνής έχει αναπτυχθεί η μέθοδος καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων. Η γνώση της θέσης κίνησης των ματιών και του χρόνου παραμονής σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο, υποστηρίζεται ότι μπορεί να αποτελέσει ισχυρό εργαλείο για τους χαρτογράφους, εφόσον θα φανερώνει τις επιδράσεις των γραφικών επιλογών των χαρτογράφων (DeLucia 1975, Jenks 1973). Από την άλλη μεριά, παρουσιάζεται και η άποψη η οποία υποστηρίζει ότι ως μέθοδος, πρακτικά, είναι δύσκολη η εφαρμογή της και δεν είναι δυνατόν να διευκρινιστεί αν στη θέση που επικεντρώνεται η ματιά, πραγματοποιείται ταυτόχρονα και προσεκτική παρατήρηση των στοιχείων που εμφανίζονται (MacEachren 1995).

Ο εντοπισμός των κινήσεων οφθαλμού (eye tracking) είναι η διαδικασία της μέτρησης και της καταγραφής είτε της κίνησης των ματιών σε σχέση με το κεφάλι ενός παρατηρητή είτε του σημείου του βλέμματος του (gaze point) πάνω σε μια οπτική σκηνή (stimulus window) (Κρασσανάκης 2009).

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα των οφθαλμικών κινήσεων αξιοποιούνται και επεξεργάζονται ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε έρευνας. Οι Goldberg & Kotval (1999), σε ερευνητική προσπάθειά τους να εκτιμήσουν την ποιότητα των υπολογιστικών διεπαφών, χρησιμοποίησαν τις πιο κοινές μεθόδους επεξεργασίας των καταγραφών οφθαλμικών κινήσεων και τις ταξινόμησαν σε δύο κατηγορίες: μετρήσεις αναζήτησης (measures of search) και μετρήσεις επεξεργασίας (measures of processing).

Μετρήσεις Αναζήτησης

Οι μετρήσεις αυτές εξετάζουν τη συμπεριφορά αναζήτησης και περιλαμβάνουν 6 υπολογισμούς:

- Το μέγεθος και τη διάρκεια του ίχνους της αναζήτησης (scanpath): εκτενές μέγεθος οπτικής αναζήτησης παράγει χωρικά μεγάλα ίχνη αναζήτησης, ενώ μεγάλη διάρκεια του ίχνους υποδηλώνει πολυπλοκότητα και όχι αποτελεσματικότητα της αναζήτησης.
- Την περιοχή του κυρτού περιγράμματος (convex hull area): χρησιμοποιείται για να περιορίσει τις περιοχές του ίχνους της αναζήτησης, όμως, το μέγεθος της περιοχής του κυρτού περιγράμματος δεν αντικατοπτρίζει πάντα το μέγεθος του ίχνους της αναζήτησης. Γι' αυτό και τα μεγέθη των δύο αυτών μετρήσεων εξετάζονται παράλληλα.
- Τη χωρική πυκνότητα: μικρή χωρική πυκνότητα υποδηλώνει άμεση και αποτελεσματική αναζήτηση σε αντίθεση με δείγματα εξαπλωμένα σε μεγάλη περιοχή που υποδηλώνουν εκτεταμένη και μη αποτελεσματική αναζήτηση.
- Τον πίνακα μετάβασης (transition matrix): ο πίνακας μετάβασης εκφράζει τη συχνότητα των μεταβάσεων των οφθαλμικών κινήσεων μεταξύ περιοχών

ενδιαφέροντος (Areas of Interest-AOI's) (Ponsoda et al. 1995). Συχνές μεταβάσεις από μία περιοχή σε μία άλλη υποδηλώνουν αναποτελεσματική σάρωση με εκτενή αναζήτηση.

- Τον αριθμό των σακκαδικών κινήσεων (number of saccades): ο αριθμός υποδηλώνει τη σχετική οργάνωση και ποσότητα της οπτικής αναζήτησης, και όσο ο αριθμός τους μεγαλώνει τόσο αυξάνει η ποσότητα αναζήτησης.
- Το πλάτος των σακκαδικών κινήσεων (saccadic amplitude): όταν η αναζήτηση κατευθύνεται ταχύτατα στους επιθυμητούς στόχους, με μικρά διαλείμματα προσηλώσεων τότε το πλάτος των σακκαδικών κινήσεων είναι μεγαλύτερο.

Μετρήσεις Επεξεργασίας

Οι μετρήσεις επεξεργασίας αναφέρονται σε μετρήσεις όπου αποκομίζεται πληροφορία και η αναζήτηση επιτρέπει περισσότερα αντικείμενα να επεξεργαστούν. Αναφορικά, οι μετρήσεις αυτές υπολογίζουν:

- Αριθμό προσηλώσεων: συνδέεται με τον αριθμό των συστατικών που χρειάζεται ο χρήστης να επεξεργαστεί.
- Διάρκεια προσηλώσεων: μικρότερης διάρκειας προσηλώσεις είναι πιο σημαντικές για το χρήστη σε σχέση με προσηλώσεις μεγαλύτερης διάρκειας, κατά τις οποίες ο χρήστης προσπαθεί να συσχετίσει ή να ερμηνεύσει το αντικείμενο που παρατηρεί.
- Αναλογία διάρκειας προσηλώσεων σε σχέση με τις σακκαδικές κινήσεις: όταν ο λόγος των δύο διαρκειών είναι μεγάλος, υποδεικνύει είτε ανάγκη για περισσότερη επεξεργασία είτε μικρότερη ενεργοποίηση αναζήτησης.
- Άλλες μετρήσεις, οι οποίες μπορεί να είναι:
 - “backtrack”-σακκαδικές κινήσεις υπό γωνία μεγαλύτερης των 90° από την αμέσως προηγούμενη σακκαδική που υποδεικνύουν αλλαγή σκοπού της αναζήτησης,
 - αναλογία προσηλώσεων πάνω στο στόχο (on-target fixations) σε σχέση με όλες τις προσηλώσεις που υποδηλώνουν το βαθμό επιτυχίας της αναζήτησης
 - ο αριθμός των προσηλώσεων “μετά-στόχου” (post-target fixations) οι οποίες έπονται των προσηλώσεων στο στόχο και τοποθετούνται σε άλλες περιοχές υποδεικνύοντας ότι ο στόχος είναι ασήμαντος.

Να αναφερθεί ότι οι ερμηνείες των παραπάνω μετρήσεων καθώς πραγματοποιήθηκαν από τους Goldberg & Kotval (1999) στηρίζονται στην πειραματική έρευνα που πραγματοποίησαν σε σχέση με την εκτίμηση αποτελεσματικών υπολογιστικών διεπαφών. Οι Brodersen & Andersen (2002) αναφέρουν, όμως, ότι οι παραπάνω μετρήσεις μπορούν να αποτελέσουν την αρχή για την αξιολόγηση των χαρτών αφού και τα υπολογιστικά συστήματα διεπαφής και οι χάρτες είναι “χάρτες” που περιέχουν τακτικό χωρικό συμβολισμό πληροφορίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Η επίδοση της οπτικής αναζήτησης σε μια οπτική σκηνή μπορεί να μετρηθεί είτε μέσω της ταχύτητας ενός υποκειμένου να αναγνωρίζει αντικείμενα σε αυτή, είτε μέσω της καταγραφής και ανάλυσης των οφθαλμικών κινήσεων. Στη χαρτογραφική έρευνα, η δεύτερη μεθοδολογία αποτελεί ένα δυνατό και πολύτιμο εργαλείο και υλοποιείται με χρήση συστήματος εντοπισμού των οφθαλμικών κινήσεων. Ένα σύστημα εντοπισμού των κινήσεων του οφθαλμού (eye tracker) είναι η συσκευή που μετράει την θέση του οφθαλμού καθώς και τις οφθαλμικές κινήσεις πάνω σε μια περιοχή ενδιαφέροντος (Κρασανάκης 2009). Η καλή γνώση των δυνατοτήτων του διαθέσιμου συστήματος καταγραφής αποτελεί παράγοντα επιρροής της ποιότητας των δεδομένων και κατ'επέκταση των αποτελεσμάτων του πειράματος. Για το λόγο αυτό, παρατίθεται περιγραφή του διαθέσιμου εξοπλισμού αλλά και ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα των δεδομένων.

3.1. Σύστημα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων

Το σύστημα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ViewPoint Eye Tracker® της εταιρίας Arrington Research.

3.1.1. Περιγραφή του συστήματος καταγραφής

Το ViewPoint Eye Tracker αποτελεί ολοκληρωμένο σύστημα για την αποτίμηση των κινήσεων του οφθαλμού μέσα από μια σειρά εργαλείων όπως είναι η ταυτόχρονη παρακολούθηση των οφθαλμικών κινήσεων και του μεγέθους της διαμέτρου της κόρης και η ανάπτυξη λογισμικού για επικοινωνία με άλλα προγράμματα και εφαρμογές.

Για τη λειτουργία του, είναι απαραίτητη η σύνδεση-ενσωμάτωση του συστήματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με δυνατότητα υποστήριξης δύο καρτών γραφικών, ώστε να καθίσταται δυνατή η ταυτόχρονη λειτουργία δύο οθονών - η οθόνη του χειριστή (primary monitor) και η οθόνη του παρατηρητή (secondary monitor). Τα δύο βασικά μέρη που συνθέτουν το σύστημα είναι ο τεχνικός εξοπλισμός (hardware) και το λογισμικό του (software). Ο τεχνικός εξοπλισμός αποτελείται από μία κάρτα γραφικών η οποία συνδέεται στη μητρική του υπολογιστή και ένα σύστημα πρόσδεσης στο οπτικό σύστημα του παρατηρητή, το οποίο φέρει πάνω του για κάθε έναν οφθαλμό μία κάμερα και μία φωτοδίοδο υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Συμπληρωματικά για τη λειτουργία του συστήματος απαραίτητη είναι, όπως προαναφέρθηκε, η σύνδεση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με δεύτερη οθόνη με χρησιμότητα την προβολή των οπτικών ερεθισμάτων στον παρατηρητή και ένα σύστημα ακινητοποίησης της κεφαλής του, ώστε να διασφαλίζεται σταθερή η θέση του οπτικού συστήματός του καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Στην Εικόνα 3.1 παρατηρείται η διάταξη του συστήματος καταγραφής ενώ στον Πίνακα 3.1 τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Εκτενέστερη περιγραφή του συστήματος αναφέρεται στον Κρασανάκη (2009).



Εικόνα 3.1: Η διάταξη του ViewPoint Eye Tracker

Πίνακας 3.1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά του ViewPoint Eye Tracker

Λειτουργικά χαρακτηριστικά ViewPoint Eye Tracker	
Μοντέλο Συστήματος	Viewpoint Eye Tracker PC-60 Arrington Research
Λειτουργία Συστήματος	Χρήση φωτοδιόδου υπέρυθρου φωτός με ταυτόχρονη καταγραφή (infrared video) Δυνατότητα μονόφθαλμης ή διόφθαλμης
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: $\pm 44^\circ$ του οπτικού τόξου κατακόρυφη: $\pm 20^\circ$ 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

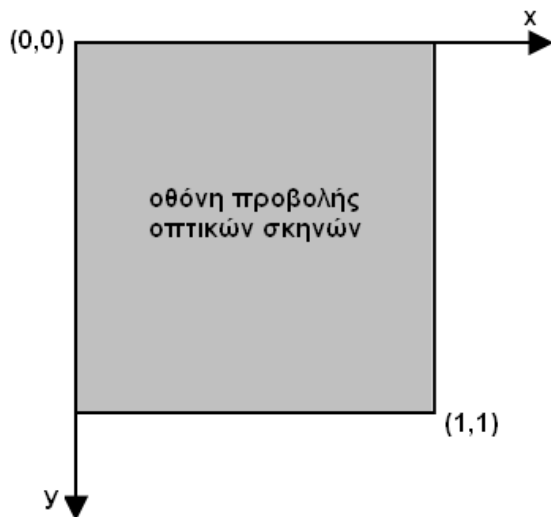
3.1.2. Σύστημα αναφοράς

Το σύστημα αναφοράς των καταγεγραμμένων συντεταγμένων (x, y) (Εικ. 3.2.α) έχει τις εξής ιδιομορφίες:

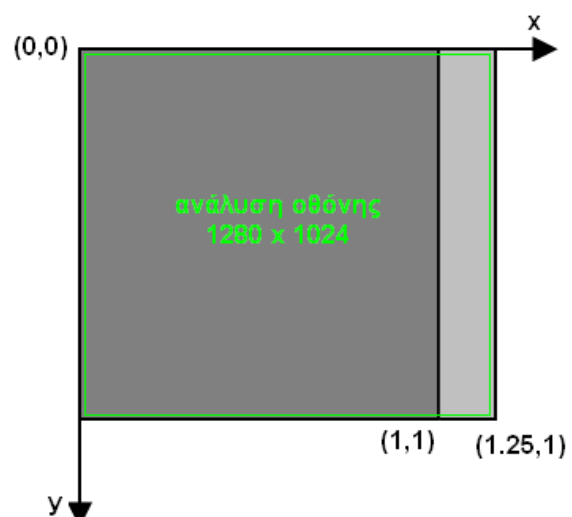
- η αρχή του συστήματος αναφοράς τοποθετείται στην άνω αριστερή γωνία της οθόνης προβολής των οπτικών σκηνών
- ο θετικός άξονας των τετμημένων (x) αυξάνεται προς τα δεξιά και ο αντίστοιχος των τεταγμένων (y) προς τα κάτω
- η κάτω δεξιά γωνία της οθόνης προβολής λαμβάνει την τιμή (1, 1).

Η διαθέσιμη οθόνη προβολής των οπτικών σκηνών είναι ορθογώνια διαστάσεων 1280x1024 εικονοστοιχεία (Εικ. 3.2.β). Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται σε αλλοίωση των καταγεγραμμένων συντεταγμένων και προκειμένου να αξιοποιήσουμε τις ορθές συντεταγμένες πρέπει να υλοποιήσουμε ένα μετασχηματισμό τους. Ο άξονας των τεταγμένων (x) πρέπει να πολλαπλασιαστεί με το πηλίκο της οριζόντιας προς την κατακόρυφη διάσταση της οθόνης σε εικονοστοιχεία. Όλες οι τετμημένες, λοιπόν, πρέπει να μετασχηματιστούν σύμφωνα με τη Σχέση 3.1, ώστε η ανάλυσή τους να οδηγήσει σε αξιόπιστα αποτελέσματα ενώ οι τεταγμένες δε χρειάζεται να μετασχηματιστούν.

$$x' = \frac{1280}{1024} * x \Rightarrow x' = 1.25 * x \text{ (Σχέση 3.1)}$$



Εικόνα 3.2.α: Το σύστημα συντεταγμένων του ViewPoint Eye Tracker (Πηγή Κρασανάκης 2009)



Εικόνα 3.2.β: Μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων για προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης (Πηγή Κρασανάκης 2009)

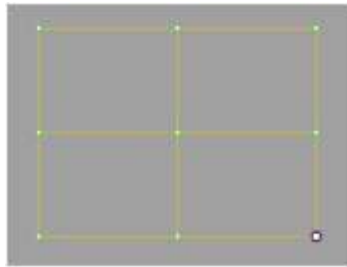
Όλα τα ερεθίσματα παρουσιάζονται στην οθόνη προβολής δια μέσου ψηφιακών αρχείων εικόνας, οπότε, προκειμένου να γίνει η ανάλυσή τους πρέπει οι καταγεγραμμένες συντεταγμένες να μετασχηματιστούν από το σύστημα του tracker στο σύστημα εικόνας σύμφωνα με τις εξής σχέσεις:

$$X = 1280 * x \Rightarrow X = 1024 * x' \text{ (Σχέση 3.2.α)}$$

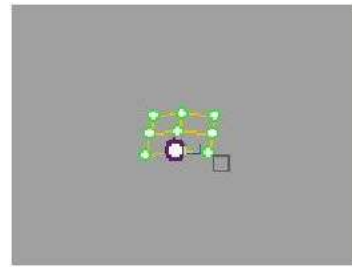
$$Y = 1024 * y \text{ (Σχέση 3.2.β)}$$

3.1.3. Βαθμονόμηση του συστήματος

Το ViewPoint Eye Tracker μεταφράζει όλες οι καταγεγραμμένες κινήσεις του οφθαλμού σε συντεταγμένες της εικόνας της οπτικής σκηνής που προβάλλεται μέσω της λειτουργίας της βαθμονόμησης. Η λειτουργία αυτή είναι η διαδικασία επίλυσης του μετασχηματισμού της μετάβασης από το σύστημα συντεταγμένων του οπτικού συστήματος του παρατηρητή στο σύστημα συντεταγμένων της οθόνης προβολής των οπτικών σκηνών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την παρατήρηση από κάθε υποκείμενο-παρατηρητή μιας σειράς από στόχους με γνωστές συντεταγμένες στην οθόνη, οι οποίοι εμφανίζονται διαδοχικά ο ένας μετά τον άλλον και με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής πραγματοποιείται ο ανασχηματισμός του καννάβου τετραγωνισμού με κορυφές τους στόχους αυτούς (Εικ. 3.3.α και 3.3.β) . Η καθετότητα και η παραλληλία των ακμών του καννάβου αποτελεί το μοναδικό και ποιοτικό τρόπο απόδοσης της ακρίβειας της βαθμονόμησης που παρέχει το σύστημα, καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής παραμέτρων και στατιστικών στοιχείων του μετασχηματισμού.



Εικόνα 3.3.α: Αρχικός καννάβος



Εικόνα 3.3.β: Τελικός καννάβος

Η μορφή των σταθερών στόχων (Εικ. 3.4) αποτελείται από συμπαγές ανοιχτό πράσινο τετράγωνο που αυξομειώνεται σε διαστάσεις-μέγεθος, ώστε να κατευθύνεται το βλέμμα (gaze point) στο λευκό σημειακό κέντρο του τετραγώνου.



Εικόνα 3.4: Στόχος βαθμονόμησης συστήματος

Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα στο χειριστή να αποφασίσει και να επιλέξει εκείνες τις παραμέτρους που εξυπηρετούν καταλληλότερα το σκοπό και την επιθυμητή ακρίβεια της πειραματικής του έρευνας μέσα από μία ποικιλία παραμέτρων. Οι παράμετροι που μπορεί να διαφοροποιηθούν για τη λειτουργία της βαθμονόμησης είναι οι εξής:

- Ο αριθμός των στόχων (δυνατότητα επιλογής μεταξύ 6, 9, 12, 16, 20, 25, 30, 36, 42, 49, 56, 64 και 72 σταθερών σημείων)

- Η απόχρωση των στόχων (δυνατότητα επιλογής απόχρωσης μέσω του χρωματικού προτύπου RGB)
- Η απόχρωση του υποβάθρου όπου εμφανίζονται οι στόχοι (δυνατότητα επιλογής απόχρωσης μέσω του χρωματικού προτύπου RGB)
- Η σειρά εμφάνισης των στόχων
- Ο χρόνος εμφάνισης στόχου
- Η χρονική διαφορά εμφάνισης μεταξύ των τετραγώνων ενός στόχου.

3.2. Ποιότητα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων

Η ποιότητα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων και κατ' επέκταση η ποιότητα των δεδομένων των οφθαλμικών κινήσεων κρίνεται μείζονος σημασίας για την εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του εκάστοτε πειράματος. Η ποιότητα των δεδομένων αυτών ορίστηκε από τους Holmqvist et al. (2011, p. 29) ως “η ιδιότητα της διαδοχής των δειγμάτων των ανεπεξέργαστων δεδομένων που παράγονται από το σύστημα καταγραφής”.

3.2.1. Παράγοντες επιρροής της ποιότητας των οφθαλμικών κινήσεων

Πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των δεδομένων. Οι Holmqvist et al. (2012, p. 3) αναφέρουν ότι μερικοί από αυτούς ανάγονται στον παρατηρητή (υποκείμενο του πειράματος), στο χειριστή του συστήματος καταγραφής, στη συσκευή καταγραφής, στην εργασία που πρέπει να διεκπεραιώσει ο παρατηρητής (task), στο περιβάλλον καταγραφής και στη γεωμετρία του συστήματος παρατηρητή-κάμερας οφθαλμού-ερεθίσματος. Στη συνέχεια, παρατίθενται αναλυτικά οι λόγοι επιρροής του καθενός παράγοντα:

- Οι *παρατηρητές* έχουν μοναδική φυσιολογία οφθαλμού, νευρολογία και ψυχολογία και διαφορετική ικανότητα να ακολουθούν οδηγίες. Συγκεκριμένες αποχρώσεις οφθαλμών (Kammer 2009) αλλά και γυαλιά, φακοί επαφής, μάσκαρα, μακριές βλεφαρίδες, βλεφαρίδες με κατεύθυνση προς τα κάτω (σκυφτά βλέφαρα) αποτελούν όλα παράγοντες αποσταθεροποίησης του οφθαλμού (Nyström et al. 2013)
- Οι *χειριστές* έχουν διαφορετικά επίπεδα ικανότητας και επιδεξιότητας, και περισσότερο έμπειροι χειριστές είναι σε θέση να καταγράψουν δεδομένα με υψηλότερη ποιότητα (Nyström et al. 2013). Οι ικανότητες του χειριστή περιλαμβάνουν την προσαρμογή της θέσης και των γωνιών της κάμερας στον οφθαλμό, τον έλεγχο της ποιότητας των δεδομένων έτσι, ώστε, να αποφασίσουν αν πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία της βαθμονόμησης καθώς και την παροχή σαφών οδηγιών στους παρατηρητές.
- Η *συσκευή καταγραφής*, η οποία αποτελείται από την κάμερα του οφθαλμού, τη φωτοδίοδο αλλά και το λογισμικό καταγραφής επισύρουν μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των δεδομένων. Μερικοί από αυτούς είναι η ανάλυση της κάμερας, οι αλγόριθμοι επίλυσης της βαθμονόμησης, η συχνότητα δειγματοληψίας της συσκευής, η δυνατότητα καταγραφής του ενός ή και των δύο οφθαλμών ταυτόχρονα.
- Η *εργασία* που έχει να φέρει εις πέρας ο παρατηρητής μπορεί να απαιτεί από αυτόν να κινηθεί ή να ανοιγοκλείσει τα μάτια του αρκετά συχνά. Στην πρώτη περίπτωση η κίνηση του παρατηρητή έρχεται σε αντιδιαστολή με τη διασφάλιση της ακινητοποίησης της κάμερας του οφθαλμού σε σχέση με το οπτικό κέντρο του

παρατηρητή, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο βλεφαρισμός οδηγεί σε επιπρόσθετη απώλεια δεδομένων - εκτός της περιπτώσεως μοντελοποίησης του βλεφαρισμού ως οφθαλμικό γεγονός.

- Το *περιβάλλον* στο οποίο διαδραματίζεται η καταγραφή των δεδομένων έχει έντονη επίδραση στην ποιότητα των δεδομένων. Οι συνθήκες φωτισμού του χώρου, η διεξαγωγή της καταγραφής σε εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο, η ύπαρξη παραγόντων απόσπασης προσοχής του παρατηρητή και τυχόν δονήσεις και κραδασμοί που μπορεί να παρατηρηθούν είναι μερικοί που πρέπει να μελετούνται και να καταγράφονται.
- Η *γεωμετρία* των σχετικών θέσεων της κάμερας του οφθαλμού, του οπτικού συστήματος του παρατηρητή και του ερεθίσματος επηρεάζει την ποιότητα των δεδομένων, όπως επηρεάζει και η θέση του κεφαλιού σε αυτό που είναι γνωστό ως *headbox* (Holmqvist et al. 2011, p. 58).

3.2.2. Ιδιότητες της ποιότητας των δεδομένων

Μερικές από τις πιο σημαντικές ιδιότητες της ποιότητας των δεδομένων είναι η ορθότητα, η ακρίβεια και το μέγεθος των έγκυρων δεδομένων κατά τη διάρκεια των προσηλώσεων (fixations). Η ορθότητα και η ακρίβεια χαρακτηρίζουν την αξιοπιστία ενός δείγματος και πολλές φορές συγχέονται εννοιολογικά ή λογίζονται ως ίδιος όρος.

Η *ορθότητα (accuracy)* ή εναλλακτικά μετατόπιση (offset) είναι μία από τις πιο σημαντικές ιδιότητες της ποιότητας των δεδομένων (Holmqvist et al. 2011, p. 41-43). Ουσιαστικά, πρόκειται για το βαθμό συμφωνίας των πραγματικών-αληθινών διευθύνσεων του βλέμματος (gaze directions) με τις αντίστοιχες καταγεγραμμένες διευθύνσεις από τη συσκευή καταγραφής. Σε ένα δείγμα, δηλαδή, η ορθότητα ορίζεται ως η γωνιακή απόσταση θ_i μεταξύ της αληθινής θέσης του βλέμματος x_i από την καταγεγραμμένη θέση του \hat{x}_i .

Η ορθότητα ή μετατόπιση ενός δείγματος υπολογίζεται σύμφωνα με τη Σχέση 3.3.

$$\theta_{offset} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i \quad (\text{Σχέση 3.3})$$

Από την άλλη μεριά, με τον όρο *ακρίβεια (precision)* αναφερόμαστε στην ικανότητα της συσκευής καταγραφής να αναπαράγει αξιόπιστα μία μέτρηση (Holmqvist et al. 2011). Υπάρχουν δύο είδη ακρίβειας: η χωρική (spatial precision) και η χρονική (temporal precision, latency) ακρίβεια. Η *χωρική ακρίβεια* και αναφέρεται στο βαθμό συνοχής των υπολογισμένων σημείων του βλέμματος (gaze points) όταν η πραγματική διεύθυνση του βλέμματος παραμένει σταθερή. Η *χρονική ακρίβεια* είναι η διαφορά μεταξύ του χρόνου της αληθινής μετακίνησης του οφθαλμού t_i και του χρόνου που καταγράφηκε από τη συσκευή \hat{t}_i (Holmqvist et al. 2012).

Σύμφωνα με τους Holmqvist et al. (2011, p. 359-369) η χωρική ακρίβεια μπορεί να υπολογιστεί μέσω διαφόρων μεθόδων μέτρησης της διασποράς, όμως, οι πιο κοινοί είναι η εκτίμηση της τυπικής απόκλισης των δειγμάτων Σχέση 3.4.α και του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMS) των γωνιακών αποστάσεων των δειγμάτων Σχέση 3.4.β.

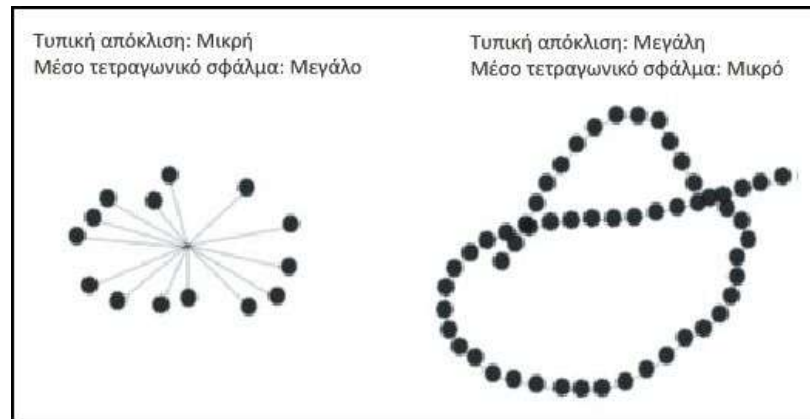
$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \hat{x}_{avg})^2} \quad (\text{Σχέση 3.4.α})$$

$$\theta_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \theta_i^2} \quad (\text{Σχέση 3.4.β})$$

Οι δύο αυτές σχέσεις εκφράζουν διαφορετικούς δείκτες της ακρίβειας. Ο πρώτος δείκτης αποτιμά το εύρος της διασποράς των δεδομένων στο σύνολό τους, ενώ ο δείκτης του μέσου

τετραγωνικού σφάλματος ουσιαστικά εξετάζει τις γωνιακές αποστάσεις μεταξύ των χρονικά διαδοχικών δειγμάτων καταγραφής.

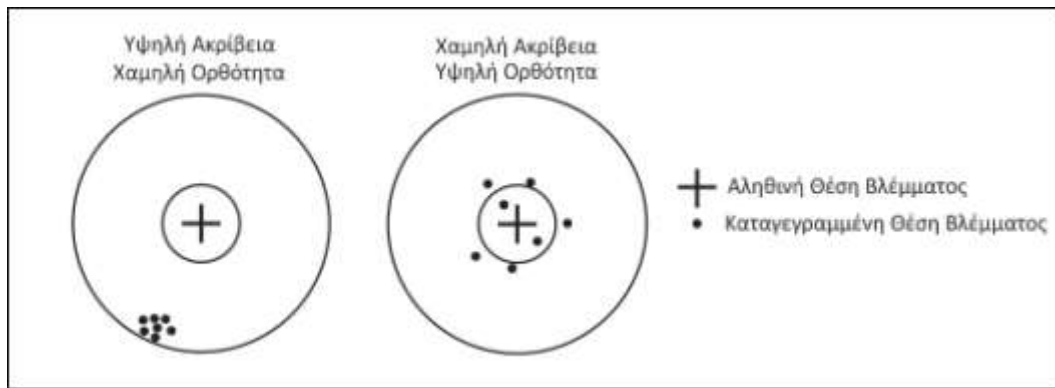
Στην Εικόνα 3.5 παρουσιάζεται αυτή η ποιοτική τους διαφορά. Το σετ των δειγμάτων δεδομένων που παρουσιάζεται αριστερά έχει μεγάλες χρονικά διαδοχικές γωνιακές αποστάσεις, κατ' επέκταση μεγάλο μέσο τετραγωνικό σφάλμα (θ_{RMS}), ενώ η διασπορά τους (s_x) είναι μικρή. Εν αντιθέσει, το σετ δεδομένων στα δεξιά έχει μικρές χρονικά διαδοχικές γωνιακές αποστάσεις -χαμηλό μέσο τετραγωνικό σφάλμα - και είναι διασκορπισμένα αρκετά -μεγάλη διασπορά (Holmqvist et al. 2012).



Εικόνα 3.5: Ποιοτική διαφορά των δεικτών s_x και θ_{RMS} της ακρίβειας (Πηγή Holmqvist et al. 2012)

Όπως αναφέρουν οι Nyström et al (2013) η ακρίβεια επηρεάζεται από τεχνικούς, κυρίως, παράγοντες του συστήματος καταγραφής, οι οποίοι σχετίζονται με την ποιότητα (ανάλυση) της κάμερας του οφθαλμού, τους αλγορίθμους υπολογισμού της θέσης της κόρης και της κερατοειδούς αντανάκλασης αλλά και με παράγοντες του εκάστοτε παρατηρητή, όπως είναι το χρώμα των ματιών του. Περιπτώσεις χαμηλής ακρίβειας μπορούν να υποβοηθηθούν μέσω εφαρμογής φίλτρων ή ακόμα και με βελτίωση του τεχνικού εξοπλισμού (μεγαλύτερη ανάλυση της κάμερας του οφθαλμού) ή των ρυθμίσεων καταγραφής (recording setup) (Nyström et al. 2013).

Για να γίνει ακόμα πιο κατανοητή η φύση των δύο παραπάνω ιδιοτήτων της ποιότητας των δεδομένων αποδίδονται σχηματικά στην Εικόνα 3.6 δύο δείγματα δεδομένων, το ένα με υψηλή ακρίβεια και χαμηλή ορθότητα και το άλλο με χαμηλή ακρίβεια και υψηλή ορθότητα.



Εικόνα 3.6: Δείγματα με διαφορετική ποιότητα δεδομένων

Η συσκευή καταγραφής πολλές φορές καταγράφει δεδομένα των οποίων οι τιμές δεν είναι λογικές. Σε αυτές τις περιπτώσεις έχουμε άκυρα δεδομένα, δηλαδή παρατηρείται απώλεια δεδομένων. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε ποικιλία παραγόντων όπως είναι η αντανάκλαση του κερατοειδούς χιτώνα ή αντικείμενα που παρεμποδίζουν την κόρη (φακοί επαφής) που οδηγούν σε αδυναμία ανίχνευσής τους και οι ελλιπείς-φτωχοί αλγόριθμοι ανάλυσης εικόνας υπεύθυνοι να ανιχνεύουν χαρακτηριστικά της εικόνας του ματιού (διαχωρισμός κόρης-ίριδας, εύρεση κέντρου της κόρης) (Nyström et al. 2013).

Έγκυρα χαρακτηρίζονται τα δεδομένα των οποίων οι τιμές τους βρίσκονται εντός των ορίων του εύρους καταγραφής της συσκευής και είναι φυσιολογικά λογικές όσο τα χαρακτηριστικά του οφθαλμού ανιχνεύονται και τα βλέφαρα είναι ανοιχτά (Holmqvist et al. 2012). Η περίπτωση μη έγκυρων δεδομένων ανάγεται σε απώλεια δεδομένων, η οποία οδηγεί σε κενά στο σήμα των κινήσεων του οφθαλμού και εκεί τίθενται ερωτήματα σχετικά με την αξιοποίηση των συγκεκριμένων δειγμάτων δεδομένων. Για παράδειγμα, οι Nyström & Holmqvist (2010), παρέβλεψαν δείγματα δεδομένων (trials) όπου το ποσοστό της απώλειας δεδομένων ήταν μεγαλύτερο από 20%.

Το ποσοστό των έγκυρων δεδομένων ενός δείγματος αποτελεί και δείκτη είτε προβλημάτων καταγραφής της συσκευής ενός συγκεκριμένου παρατηρητή είτε σε συγκεκριμένο περιβάλλον (Holmqvist et al. 2012).

3.2.3. Μέθοδοι ελέγχου βαθμονόμησης

Η βαθμονόμηση σε συστήματα καταγραφής οφθαλμικών κινήσεων τεχνικής βίντεο απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση των χαρακτηριστικών που ανιχνεύονται στην εικόνα του οφθαλμού και με φυσικό προσανατολισμό του και/ή της θέσης του βλέμματος στο χώρο του ερεθίσματος (Hammoud 2008). Η διαδικασία πραγματοποιείται με τον παρατηρητή να παρατηρεί συγκεκριμένους στόχους και οι καταγεγραμμένες συντεταγμένες να μεταφράζονται σε κινήσεις προσήλωσης (fixations) και σακκαδικές (saccades). Οι κινήσεις προσήλωσης είναι αυτές που συσχετίζονται με τις συντεταγμένες των στόχων της βαθμονόμησης οπότε η ποιότητά τους είναι σημαντική. Η κρίσιμη απόφαση της στιγμής που ο οφθαλμός προσηλώνεται πάνω στο στόχο της βαθμονόμησης λαμβάνεται από το σύστημα καταγραφής, το χειριστή ή τον παρατηρητή, όπως αναφέρουν οι Goldberg & Wichansky (2003). Οι μέθοδοι ελέγχου της βαθμονόμησης επηρεάζουν την ποιότητα των δεδομένων, για το λόγο αυτό εν συνεχεία παρατίθεται η ανάλυσή τους σύμφωνα με τους Nyström et al. (2013).

Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από το σύστημα καταγραφής (system-controlled calibration)

Σε αυτή τη μέθοδο το ίδιο το σύστημα καταγραφής αποφασίζει αυτόματα αν ο οφθαλμός βρίσκεται σταθεροποιημένος στη διεύθυνση του στόχου της βαθμονόμησης αλλά παράλληλα απαιτείται και επιβεβαίωση από το χειριστή ή τον παρατηρητή. Η απόφαση αυτή βασίζεται στην υπόθεση ότι το μάτι όταν εστιάζει σε ένα στόχο είναι σχεδόν ακίνητο για ένα μικρό χρονικό διάστημα.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η ευκολία και η ταχύτητά της, καθώς γίνεται αυτόματα και μόνο με το πέρας της λαμβάνεται η απόφαση από τον χειριστή ή τον παρατηρητή αν πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία ή να γίνει βαθμονόμηση ενός σημείου γνωστή ως “slip correction” σε στόχο ή στόχους που κρίνονται ότι δεν ανταποκρίνονται ορθά οι καταγεγραμμένες προσηλώσεις τους.

Η ταχύτητα της μεθόδου αυτής παράλληλα εισάγει και προβλήματα δυσκολίας παρακολούθησης της διαδικασίας για το χειριστή και κατ’ επέκταση εντοπισμού στιγμών που το μάτι δεν ήταν σταθερό, οπότε η απόφαση για την αξιολόγηση-αποδοχή της βαθμονόμησης καθίσταται δύσκολη. Ακόμη, η μέθοδος αυτή μπορεί να εισάγει αβεβαιότητα στην ανίχνευση των προσηλώσεων σχετικά με το κατά πόσο η καταγραφή οφθαλμού-βλέμματος υλοποιήθηκε κατά τη διάρκεια σταθερής προσήλωσης.

Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από το χειριστή (operator-controlled calibration)

Σε αυτή τη μέθοδο ο χειριστής προβάλλει κάθε στόχο στον παρατηρητή και παράλληλα εντοπίζει και καταγράφει την εστίαση του σε αυτό αφού επιβεβαιωθεί με βάση την εικόνα του οφθαλμού ότι αυτός είναι ανιχνεύσιμος και ότι το βλέμμα κατευθύνεται στο στόχο.

Τα οφέλη της μεθόδου αυτής είναι: η δυνατότητα άμεσης παρέμβασης του χειριστή και διακοπής της διαδικασίας της βαθμονόμησης όταν αντιληφθεί πιθανές ανακρίβειες και η δυνατότητα πρόβλεψης πιθανών προβλημάτων μέσω της παρατήρησης της εικόνας του οφθαλμού που μπορεί να προκύψουν σε περίπτωση μετακίνησης του κεφαλιού ή της κάμερας του οφθαλμού. Ακόμη, σε αυτή τη μέθοδο η απόφαση του χειριστή για την αποδοχή της βαθμονόμησης λαμβάνεται επειδή είναι σίγουρος ότι οφθαλμός είναι σταθερός κατά τη διάρκεια της προσήλωσης και δε βασίζεται σε υπόθεση (σε σχέση με τη βαθμονόμηση ελεγχόμενη από το σύστημα).

Από την άλλη μεριά, η χρονική καθυστέρηση λόγω λήψης της απόφασης και αποδοχής του στόχου βαθμονόμησης από το σύστημα καταγραφής αποτελεί ένα από τα μειονεκτήματά της. Για παράδειγμα, σε εργασίες λεκτικών αποφάσεων ο χρόνος αντίδρασης υπολογίζεται στα 250 ms (Nebes 1978). Ακόμη, σε περιπτώσεις όπου οι στόχοι δεν εμφανίζονται τυχαία, το γεγονός εξοικείωσης των παρατηρητών με τον ήχο του ποντικιού και το ρυθμό αποδοχής των στόχων βαθμονόμησης από το χειριστή οδηγεί σε γρήγορες μετακινήσεις του βλέμματος των παρατηρητών στο επόμενο σημείο βαθμονόμησης προτού χρόνος αποδοχής ολοκληρωθεί. Τέλος, αυτή η μέθοδος κάνει τη διαδικασία της βαθμονόμησης αρκετά αργή και απαιτεί έμπειρους χειριστές.

Βαθμονόμηση ελεγχόμενη από τον παρατηρητή (participant-controlled calibration)

Σε αυτή τη μέθοδο, οι ίδιοι οι παρατηρητές αποφασίζουν για την αποδοχή του στόχου βαθμονόμησης όταν κρίνουν ότι το μάτι του έχει σταθεροποιηθεί στην κατεύθυνση του στόχου. Η αποδοχή υλοποιείται μέσω χρήσης του ποντικιού, ο επόμενος στόχος εμφανίζεται αμέσως και επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρι να ληφθεί η απόφαση και για τον τελευταίο στόχο.

Η εκμετάλλευση της φαινομενολογικής επίγνωσης του παρατηρητή της σταθεροποίησης του οφθαλμού του και της κατεύθυνσης του βλέμματός του είναι το βασικό πλεονέκτημα αλλά και μειονέκτημα της μεθόδου. Αυτό συμβαίνει διότι εισάγεται ο υποκειμενικός παράγοντας του παρατηρητή και η εγκυρότητα και αξιοπιστία της επίγνωσής του δεν έχει εξεταστεί. Συνεπώς, η βαθμονόμηση ανάλογα με τον παρατηρητή μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα υψηλής μέχρι αποτελέσματα χαμηλής ποιότητας. Το γεγονός, όμως, ότι εκείνος είναι ο κύριος της διαδικασίας αποτελεί κίνητρο να αποδώσει καλά κατά τη βαθμονόμηση.

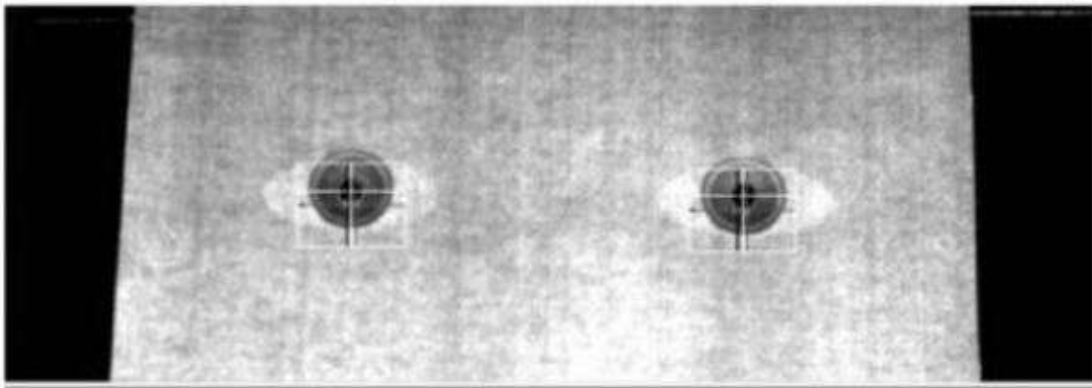
Οι περιπτώσεις παρέμβασης του χειριστή είναι η υπόδειξη επανάληψης της βαθμονόμησης σε περίπτωση κάποιου προβλήματος.

3.2.4. Μέθοδοι μέτρησης της ποιότητας των δεδομένων

Η ποιότητα των δεδομένων καταγραφής, συνήθως, μετριέται είτε με χρήση τεχνητών οφθαλμών είτε μέσω διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης.

Μέθοδος χρήσης τεχνητών οφθαλμών

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε με σκοπό τη μέτρηση της ακρίβειας δεδομένων που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ακίνητης προσήλωσης του οφθαλμού. Με τη χρήση τεχνητών οφθαλμών (Εικ. 3.7), επιτυγχάνονται προσηλώσεις απαλλαγμένες από μικροσακκαδικές κινήσεις, τρέμουλο και κινήσεις διολίσθησης. Αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούν και πολλοί κατασκευαστές συστημάτων καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων για να μετρήσουν την υψηλότερη δυνατή ακρίβεια καταγραφής των συσκευών τους.



Εικόνα 3.7: Τεχνητοί Οφθαλμοί όπως παρατηρούνται σε κάμερα οφθαλμού

Η διαδικασία που υλοποιείται για τη μέτρηση της ακρίβειας περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Υλοποιείται η βαθμονόμηση από έναν παρατηρητή ώστε να πραγματοποιηθεί υπό κανονικές συνθήκες και να είναι έτοιμο το σύστημα να καταγράψει δεδομένα συντεταγμένων.
2. Τοποθετείται ζευγάρι τεχνητών οφθαλμών στη θέση που ήταν οι οφθαλμοί του παρατηρητή και βεβαιώνεται η ακινητοποίησή τους (είναι σημαντικό να μην υπάρχουν δονήσεις από το περιβάλλον ώστε να μην επηρεαστεί η ακρίβεια από αυτές).

3. Ρυθμίζεται η θέση του βλέμματος των τεχνητών οφθαλμών να είναι στο κέντρο της περιοχής της βαθμονόμησης και στη συνέχεια γίνεται έναρξη των καταγραφών.
4. Τερματίζονται οι καταγραφές και από τα καταγεγραμμένα ανεπεξέργαστα δεδομένα υπολογίζεται η δείγμα προς δείγμα κίνηση σε διευθύνσεις, μέσω τριγωνομετρίας,
5. Τέλος, υπολογίζεται η τυπική απόκλιση ή το μέσο τετραγωνικό σφάλμα από λίγες εκατοντάδες δείγματα των οποίων η θέση του βλέμματος φαίνεται να ήταν σταθερή.

Μέθοδος διαδικασιών επικύρωσης της βαθμονόμησης

Η μέθοδος αυτή είναι η πιο διαδεδομένη για τη μέτρηση της ποιότητας των δεδομένων. Ουσιαστικά, πρόκειται για παρόμοια διαδικασία με αυτή της βαθμονόμησης, κατά την οποία στόχοι με γνωστές συντεταγμένες παρεμβάλλονται των οπτικών σκηνών του πειράματος με σκοπό τον υπολογισμό της ορθότητας και της ακρίβειας των καταγραφών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Έτσι, υλοποιείται έμμεσα έλεγχος της ακρίβειας της βαθμονόμησης του συστήματος κατά τον οποίον είτε θα γίνει αποδοχή των δεδομένων του δείγματος και ανάλυσή τους είτε απόρριψή τους. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε επικύρωση της βαθμονόμησης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία αυτή είναι το χρώμα, το σχήμα και οι θέσεις των στόχων καθώς και το χρώμα του υποβάθρου.

Σημαντικό, επίσης, ζήτημα είναι η επιλογή των δεδομένων που θα συμμετέχουν στον υπολογισμό της ακρίβειας και της ορθότητας. Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι κινήσεις προσήλωσης που έχουν προκύψει από κάποιο αλγόριθμο ανίχνευσης προσηλώσεων. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των προσηλώσεων είναι ένας ακόμα παράγοντας της ποιότητας των δεδομένων. Σε επόμενο βήμα, γίνεται ο διαχωρισμός των προσηλώσεων στους στόχους που αναφέρονται και η επιλογή μιας από τις πολλές προσηλώσεις που ανταποκρίνεται στον εκάστοτε στόχο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός του πειράματος είναι αποτίμηση της από κοινού λειτουργίας των δυναμικών μεταβλητών “διάρκεια” και “ρυθμός αλλαγής” και, συγκεκριμένα, το κατάλληλο εύρος τιμών του ρυθμού αλλαγής όσο το μέγεθος των αλλαγών παραμένει σταθερό και η μεταβολή της διάρκειας μεταβάλλεται.

Η υλοποίηση του παραπάνω στόχου για να γίνει σε χαρτογραφικό επίπεδο, έπρεπε να γίνει σε δύο στάδια-πειράματα, καθώς προηγούμενες σχετικές ερευνητικές μελέτες δεν είχαν πραγματοποιηθεί. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει ένα πείραμα όπου το σημειακό σύμβολο κινείται σε οπτικές σκηνές λευκού υποβάθρου και το δεύτερο στάδιο πείραμα, στο οποίο το σημειακό σύμβολο κινείται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο- αλληλουχία θέσεων και διάρκειας- σε χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Η εργασία ασχολήθηκε με το πρώτο στάδιο, έτσι, ώστε σε πρώτη φάση να οριστούν τα όρια της οπτικής αντίληψης της από κοινού λειτουργίας των μεταβλητών της διάρκειας και του ρυθμού αλλαγής, όταν η κίνηση αποτελεί το μοναδικό ερέθισμα. Το δεύτερο στάδιο που περιλαμβάνει το χαρτογραφικό πείραμα εξετάστηκε σε παράλληλη συνεργασία (Λόκκα 2013).

4.1. Σχεδιασμός του πειράματος

Η βασική αρχή μιας κινούμενης εικόνας είναι να αποσυνθέτει τη συνεχόμενη πραγματικότητα σε μια σειρά από παρόμοιες (όχι πανομοιότυπες) εικόνες (κοινώς γνωστές ως frames), οι οποίες όταν παρατηρηθούν ταχύτατα σε διαδοχή, παράγουν την ψευδαίσθηση της κίνησης (Koussoulakou 1990). Οι διαδοχικές εικόνες αποτελούν τις οπτικές σκηνές που συνθέτουν το πείραμα και αποτελούνται από δύο στοιχεία: το λευκό υπόβαθρο το οποίο και παραμένει σταθερό και τον κινούμενο στόχο ο οποίος μετακινείται ανά τις οπτικές σκηνές. Οι θέσεις στις οποίες μετακινείται το σημειακό σύμβολο είναι τυχαίες και επειδή στο χαρτογραφικό υπόβαθρο η πληροφορία είναι μεγάλη, το σημειακό σύμβολο δεν πρέπει ούτε να συμπίπτει ούτε να επικαλύπτεται ούτε να εφάπτεται με άλλο χαρτογραφικό σύμβολο. Έτσι το χαρτογραφικό υπόβαθρο (Εικ. 4.1) αποτέλεσε και τη βάση σχεδιασμού των μετακινήσεων του σημειακού συμβόλου.



Εικόνα 4.1: Το χαρτογραφικό υπόβαθρο

Ο χάρτης αποτελεί απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη της ευρύτερης περιοχής της Πάτρας και περιέχει ποικιλία συμβόλων γεωγραφικής πληροφορίας όπως τοπωνύμια, ισούψείς καμπύλες, οδικό και υδρογραφικό δίκτυο, εκκλησίες και τριγωνομετρικά σημεία.

Δεδομένων των διαστάσεων της οθόνης του παρατηρητή επιλέχθηκε και η ανάλυση των υποβάθρων και κατ' επέκταση των οπτικών σκηνών να είναι ίση με αυτήν, δηλαδή 1280x1024 εικονοστοιχεία (pixels).

4.1.1. Το κινούμενο σύμβολο

Η μελέτη της αντίδρασης της κίνησης του ματιού που προκαλείται από το ερέθισμα της κίνησης επιλέχθηκε να γίνει σε στάδιο προ-προσοχής, ώστε το μόνο στοιχείο που να προκαλεί την αντιληπτική προσοχή του παρατηρητή να είναι η κίνησή του. Σύμφωνα με τους Doll (1993) και Wolfe (1993), τα χαρακτηριστικά που πρώτα γίνονται αντιληπτά κατά την παράλληλη αναζήτηση (στάδιο προ-προσοχής) είναι το χρώμα, το μέγεθος, ο προσανατολισμός και η κίνηση. Έτσι, οι αποφάσεις που έπρεπε να ληφθούν για τη σχεδίαση του συμβόλου ήταν η επιλογή των κατάλληλων οπτικών μεταβλητών σχήμα, απόχρωση και μέγεθος ώστε να μην του προσδίδουν την ιδιότητα να προεξέχει (pop-out effect) της χαρτογραφικού υποβάθρου.

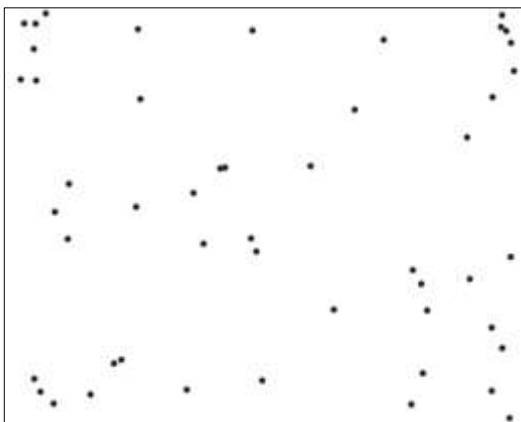
- **Σχήμα:** Αποφασίστηκε το σημειακό σύμβολο να είναι συμπαγής κύκλος -σχήμα απλό- του οποίου οι διαστάσεις (κλειστό σχήμα, δε διαθέτει απολήξεις ούτε διασταυρώσεις) δεν προκαλούν την προεξοχή του στην οπτική σκηνή. Ένας άλλος λόγος επιλογής του συσχετίζεται με το ότι λόγω της φύσης του δε μπορεί να φέρει πληροφορία προσανατολισμού.
- **Απόχρωση:** Επιλέχθηκε να σχεδιαστεί σύμβολο μαύρο, καθώς η απόχρωση αυτή είχε ήδη χρησιμοποιηθεί για την απόδοση του χάρτη. Σε αντίθετη περίπτωση, χρήση κόκκινου χρώματος, για παράδειγμα, το σύμβολο θα τραβούσε την προσοχή του παρατηρητή, καθώς έχει αποδειχθεί ότι το κόκκινο είναι ισχυρό χρώμα για την αντιληπτική προσοχή.
- **Μέγεθος:** Η επιλογή του μεγέθους απεικόνισης του κινούμενου συμβόλου στην οπτική σκηνή έγινε με βάση το ελάχιστο αντιληπτικό όριο του συμβόλου από το οπτικό σύστημα ενός παρατηρητή και με το μέγεθος των συμβόλων που απεικονίζονται στο χάρτη. Η απόσταση θέασης στην οθόνη του υπολογιστή έχει

υπολογιστεί περίπου 60 cm (Jenny et al. 2008), έτσι, ώστε να μην κουράζεται εύκολα κατά την παρακολούθηση ο παρατηρητής (το υποκείμενο) και να υποπίπτει σε βλεφαρισμό, αφαίρεση προσοχής, να έχει προβλήματα στην εστίαση ή ακόμα και να προκαλούνται ανεπιθύμητες μικροκινήσεις του κεφαλιού του που μεταφράζονται σε λανθάνουσες καταγραφές. Με βάση τα όρια της οπτικής αντίληψης για τα διάφορα σύμβολα απεικόνισης προκύπτουν διαστάσεις 0.4x0.4mm για συμπαγές τετράγωνο σε απόσταση ανάγνωσης χάρτη προσεγγιστικά 34-40 cm (Roulaeu 1984). Στην απόσταση, λοιπόν, θέασης στην οθόνη του υπολογιστή το ελάχιστο όριο της διάστασης συμπαγούς τετραγώνου είναι 0.7x0.7 mm ή 3x3 εικονοστοιχεία περίπου. Το σημειακό σύμβολο, λόγω της φύσης του σχήματός του, έπρεπε να είναι λίγο μεγαλύτερο από το συμπαγές τετράγωνο, οπότε το ελάχιστο 5x5 εικονοστοιχεία. Αφού βρέθηκαν τα ελάχιστα όρια, έπρεπε να μελετηθεί η διάστασή του σε σχέση με τα σύμβολα που απεικονίζονταν στο χαρτογραφικό υπόβαθρο ώστε το κινούμενο σύμβολο, ως σημειακό σύμβολο, να έχει παρόμοιες διαστάσεις με αυτά. Έτσι, συγκριτικά και με τα υπόλοιπα σύμβολα του χάρτη σχεδιάστηκε το κινούμενο σύμβολο με διαστάσεις 15x15 εικονοστοιχεία ή 4.41x4.41 mm, μέγεθος μεγαλύτερο του κατώτατου ορίου.

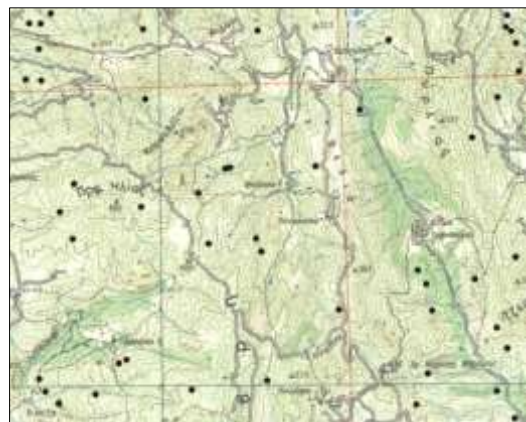
4.1.2. Οι μετακινήσεις

Οι μετακινήσεις αποφασίστηκε να χωριστούν με βάση το μέγεθός τους σε τρεις κατηγορίες, μικρές, μεσαίες και μεγάλες. Δεδομένων των διαστάσεων της οθόνης του υποκειμένου 1280x1024 εικονοστοιχεία και διαγώνιος 1640 εικονοστοιχεία, αποφασίστηκε το εύρος των μετακινήσεων να είναι περίπου 500 εικονοστοιχεία και οι τρεις κατηγορίες να είναι: οι μικρές (0-500), οι μεσαίες (500-1000) και οι μεγάλες (1000-1560). Συνολικά, λοιπόν, δημιουργήθηκαν 49 οπτικές σκηνές στις οποίες κινούμενο σύμβολο κατείχε διαφορετική θέση, με άμεσο επακόλουθο την υλοποίηση 48 μετακινήσεών του. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών μετακινήσεων υλοποιήθηκαν τυχαία διατηρώντας μία προσεγγιστική αναλογία.

Η σχεδίαση των διαδοχικών θέσεων του κινούμενου συμβόλου έγινε με υπόβαθρο το χάρτη, με σκοπό να μην εφάπτεται ή επικαλύπτεται το κινούμενο σύμβολο με κάποιο άλλο χαρακτηριστικό του. Η κατανομή των κινούμενων συμβόλων στις οπτικές σκηνές του λευκού και του χαρτογραφικού υποβάθρου, αντίστοιχα, παρουσιάζεται στις Εικόνες 4.2.α και 4.2.β.



Εικόνα 4.2.α: Η κατανομή των θέσεων του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου



Εικόνα 4.2.β: Η κατανομή των θέσεων του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του τοπογραφικού χάρτη

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται η σειρά προβολής των οπτικών σκηνών, οι συντεταγμένες του κινούμενου συμβόλου σε κάθε οπτική σκηνή και οι αποστάσεις των θέσεων του σε διαδοχικές σκηνές -που αντιστοιχούν στο μέγεθος και στο χαρακτηρισμό του είδους της μετακίνησης που υλοποιήθηκε στην τρέχουσα οπτική σκηνή.

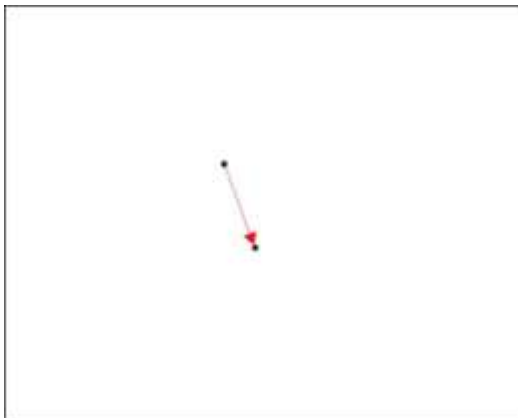
Πίνακας 4.1: Πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του σημειακού συμβόλου σε κάθε οπτική σκηνή και μετακινήσεις

Κωδικός Οπτικής Σκηνής	Τετμημένη Συμβόλου X (pixels)	Τεταγμένη Συμβόλου Y (pixels)	Απόσταση D (pixels)	Είδος
B1	73	101	-	-
B2	1039	743	1160	Μεγάλη
B3	270	873	780	Μεσαία
B4	1245	86	1260	Μεγάλη
B5	932	78	300	Μικρή
B6	465	455	600	Μεσαία
B7	606	566	180	Μικρή
B8	1198	941	700	Μεσαία
B9	1242	1008	80	Μικρή
B10	49	38	1540	Μεγάλη
B11	156	568	540	Μεσαία
B12	1200	220	1100	Μεγάλη
B13	861	250	340	Μικρή
B14	288	864	840	Μεσαία
B15	1221	47	1240	Μεγάλη
B16	1252	155	100	Μικρή
B17	74	911	1400	Μεγάλη
B18	634	915	560	Μεσαία
B19	610	56	860	Μεσαία
B20	1029	898	940	Μεσαία
B21	753	389	580	Μεσαία
B22	324	489	440	Μικρή
B23	125	501	200	Μικρή
B24	1223	18	1200	Μεγάλη
B25	335	224	920	Μεσαία
B26	531	395	260	Μικρή
B27	212	950	640	Μεσαία
B28	1137	318	1120	Μεγάλη
B29	89	943	1220	Μεγάλη
B30	159	432	500	Μικρή
B31	810	741	720	Μεσαία
B32	1224	836	420	Μικρή
B33	79	179	1320	Μεγάλη
B34	329	53	280	Μικρή
B35	1000	974	1140	Μεγάλη
B36	543	392	740	Μεσαία
B37	619	599	220	Μικρή

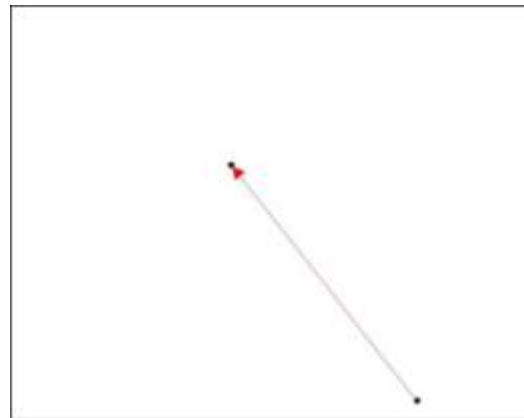
Πίνακας 4.1: Πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του κινούμενου συμβόλου σε κάθε οπτική σκηνή και μετακινήσεις (συνέχεια)

Κωδικός Οπτικής Σκηνής	Τετμημένη Συμβόλου X (pixels)	Τεταγμένη Συμβόλου Y (pixels)	Απόσταση D (pixels)	Είδος
B38	448	938	380	Μικρή
B39	1233	57	1180	Μεγάλη
B40	122	972	1440	Μεγάλη
B41	41	176	800	Μεσαία
B42	1244	612	1280	Μεγάλη
B43	77	39	1300	Μεγάλη
B44	490	580	680	Μεσαία
B45	1144	666	660	Μεσαία
B46	1025	678	120	Μικρή
B47	1004	644	40	Μικρή
B48	1198	785	240	Μικρή
B49	102	14	1340	Μεγάλη

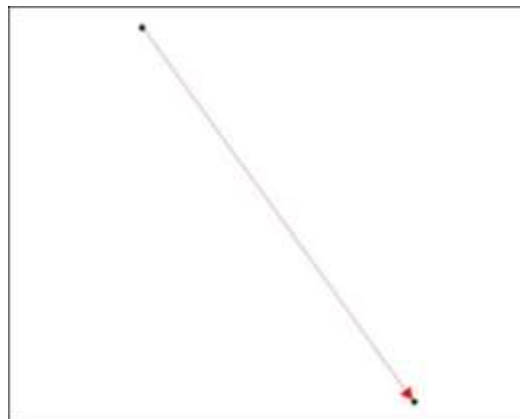
Εποπτικά, παρατίθενται και τρεις εικόνες στις οποίες το κινούμενο σύμβολο πραγματοποιεί μικρή (Εικ. 4.3.α), μεσαία (Εικ.4.3.β) και μεγάλη (Εικ.4.3.γ) μετακίνηση.



Εικόνα 4.3.α: Μικρή μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου



Εικόνα 4.3.β: Μεσαία μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου



Εικόνα 4.3.γ: Μεγάλη μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου

4.1.3. Οι διάρκειες των οπτικών σκηνών

Το πείραμα στοχεύει στην μελέτη της επιρροής και καθοδήγησης της οπτικής προσοχής (επιλεκτική προσοχή) από την πληροφορία που λαμβάνεται σε παράλληλη οπτική αναζήτηση, δηλαδή, σε στάδιο προ-προσοχής. Στο στάδιο της προ-προσοχής η οπτική αναζήτηση σε μια εικόνα συμβαίνει αυτόματα, με πολύ γρήγορο ρυθμό και αντιληπτά γίνονται τα χαρακτηριστικά εκείνα που “ξεπετάγονται” από αυτή (pop out). Η κίνηση, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί βασικό και αδιαμφισβήτητο χαρακτηριστικό που παρατηρείται προ-προσεκτικά (Wolfe 1998, Wolfe & Horowitz 2004).

Για την επιλογή των χρονικών διαρκειών των οπτικών σκηνών, ορίστηκε αρχικά το κατώτατο και το ανώτατο όριο. Από τη στιγμή που εξετάζεται η αντιληπτική προσοχή, ουσιαστικά εξετάζονται κινήσεις προσήλωσης (fixations). Σύμφωνα με τον Brodersen et al. (2002) το εύρος των κινήσεων προσήλωσης κυμαίνεται από 100 έως 1000 ms και σύμφωνα με τη Viviani (1990) (αναφέρεται σε Goldberg & Kotval 1999) η πιο μικρή διάρκεια επεξεργασίας κατά τη διάρκεια μιας προσήλωσης κυμαίνεται από 100 έως 150 ms. Έτσι, λοιπόν, ορίστηκε το κατώτατο όριο προβολής της οπτικής σκηνής να είναι 100 ms. Το ανώτατο όριο αποφασίστηκε να είναι 3 sec, ώστε να υπάρχει ένα επίπεδο ασφάλειας και σιγουριάς της αντίληψης του κινούμενου συμβόλου. Η επιλογή των ενδιάμεσων διαρκειών έγινε με πυκνότερο βήμα στις τιμές που πλησιάζουν το κατώτατο όριο και με αραιότερο βήμα τις τιμές που πλησιάζουν το ανώτατο. Ύστερα από δοκιμές, επιλέχθηκαν συνολικά 16 χρονικές διάρκειες για τις οπτικές σκηνές. Το πείραμα αποφασίστηκε να χωριστεί σε δύο μέρη, ώστε η συνολική διάρκεια του καθενός να μην προκαλεί την κόπωση του υποκειμένου και κατ'επέκταση να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα των δεδομένων. Και στα δύο μέρη του πειράματος παρουσιάζονται οι ίδιες οπτικές σκηνές και με την ίδια ακριβώς σειρά. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζεται η τακτοποίηση των επιμέρους χρονικών διαστημάτων των οπτικών σκηνών σε κατηγορίες στα δύο μέρη του πειράματος.

Πίνακας 4.2: Πίνακας χρονικών διαρκειών των οπτικών σκηνών

Κατηγορία Χρονικής Διάρκειας	Χρονική Διάρκεια (ms)	
	Α' μέρος πειράματος	Β' μέρος πειράματος
1 ^η	3000	900
2 ^η	2000	700
3 ^η	1000	500
4 ^η	800	450
5 ^η	600	350
6 ^η	400	300
7 ^η	200	250
8 ^η	100	150

Κάθε κατηγορία χρονικής διάρκειας αντιστοιχήθηκε με 6 μετακινήσεις του σημειακού συμβόλου (συνολικά 48 μετακινήσεις) και η αρχική οπτική σκηνή ορίστηκε τυχαία να έχει τη διάρκεια της τελευταίας (σχετικά μεγάλη διάρκεια). Οι συνολικές διάρκειες των δύο μερών ήταν 48.6 ms το πρώτο μέρος και 22.5 ms το δεύτερο. Ο Πίνακας 4.3 αποτελεί ένα συνοπτικό πίνακα των χαρακτηριστικών των οπτικών σκηνών των δύο μερών του πειράματος.

Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του σημειακού συμβόλου, των αποστάσεων των μετακινήσεων και της διάρκειας εμφάνισής τους στην οπτική σκηνή

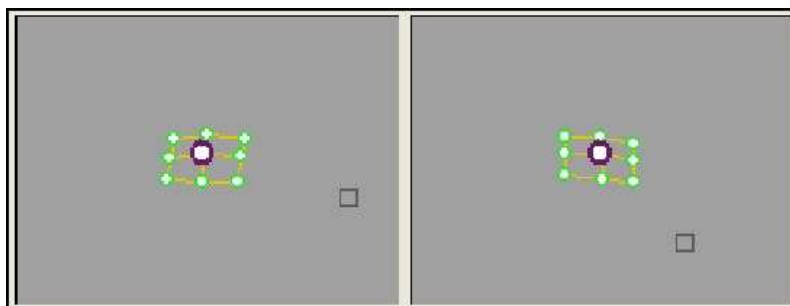
Κωδικός Οπτικής Σκηνής	Τετμημένη Συμβόλου X (pixels)	Τεταγμένη Συμβόλου Y (pixels)	Απόσταση D (pixels)	Είδος Μετακίνησης	Χρονική Διάρκεια Α' μέρους t_A (ms)	Χρονική Διάρκεια Β' μέρους t_B (ms)
B1	73	101	-	-	2000	700
B2	1039	743	1160	Μεγάλη	800	450
B3	270	873	780	Μεσαία	400	300
B4	1245	86	1260	Μεγάλη	200	250
B5	932	78	300	Μικρή	2000	700
B6	465	455	600	Μεσαία	600	350
B7	606	566	180	Μικρή	400	300
B8	1198	941	700	Μεσαία	800	450
B9	1242	1008	80	Μικρή	600	350
B10	49	38	1540	Μεγάλη	200	250
B11	156	568	540	Μεσαία	100	150
B12	1200	220	1100	Μεγάλη	2000	700
B13	861	250	340	Μικρή	3000	900
B14	288	864	840	Μεσαία	600	350
B15	1221	47	1240	Μεγάλη	1000	500
B16	1252	155	100	Μικρή	800	450
B17	74	911	1400	Μεγάλη	100	150
B18	634	915	560	Μεσαία	1000	500
B19	610	56	860	Μεσαία	400	300
B20	1029	898	940	Μεσαία	2000	700
B21	753	389	580	Μεσαία	400	300
B22	324	489	440	Μικρή	800	450
B23	125	501	200	Μικρή	400	300
B24	1223	18	1200	Μεγάλη	600	350
B25	335	224	920	Μεσαία	3000	900
B26	531	395	260	Μικρή	800	450
B27	212	950	640	Μεσαία	3000	900
B28	1137	318	1120	Μεγάλη	200	250
B29	89	943	1220	Μεγάλη	100	150
B30	159	432	500	Μικρή	600	350
B31	810	741	720	Μεσαία	2000	700
B32	1224	836	420	Μικρή	100	150
B33	79	179	1320	Μεγάλη	400	300
B34	329	53	280	Μικρή	1000	500
B35	1000	974	1140	Μεγάλη	1000	500
B36	543	392	740	Μεσαία	200	250

Πίνακας 4.3: Συγκεντρωτικός πίνακας συντεταγμένων των θέσεων του σημειακού συμβόλου, των αποστάσεων των μετακινήσεων και της διάρκειας εμφάνισής τους στην οπτική σκηνή (συνέχεια)

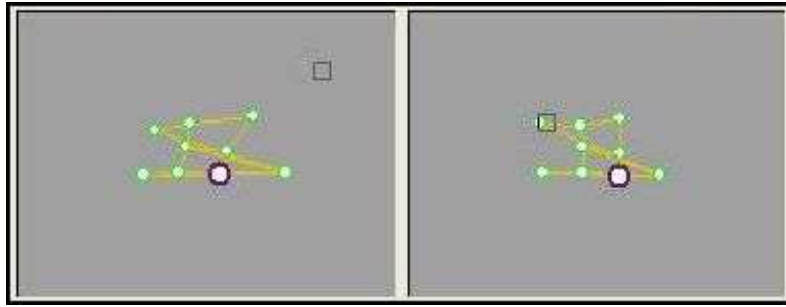
Κωδικός Οπτικής Σκηνής	Τετμημένη Συμβόλου X (pixels)	Τεταγμένη Συμβόλου Y (pixels)	Απόσταση D (pixels)	Είδος Μετακίνησης	Χρονική Διάρκεια Α' μέρους t_A (ms)	Χρονική Διάρκεια Β' μέρους t_B (ms)
B37	619	599	220	Μικρή	600	350
B38	448	938	380	Μικρή	3000	900
B39	1233	57	1180	Μεγάλη	800	450
B40	122	972	1440	Μεγάλη	100	150
B41	41	176	800	Μεσαία	2000	700
B42	1244	612	1280	Μεγάλη	200	250
B43	77	39	1300	Μεγάλη	3000	900
B44	490	580	680	Μεσαία	200	250
B45	1144	666	660	Μεσαία	1000	500
B46	1025	678	120	Μικρή	100	150
B47	1004	644	40	Μικρή	3000	900
B48	1198	785	240	Μικρή	1000	500
B49	102	14	1340	Μεγάλη	2000	700

4.2. Μεθοδολογία επικύρωσης της βαθμονόμησης

Το σύστημα του ViewPoint Eye Tracker αποκαθιστά το μετασχηματισμό των συστημάτων του οφθαλμού του κάθε υποκειμένου και της οθόνης προβολής των οπτικών σκηνών μέσω της διαδικασίας της βαθμονόμησης. Η διαδικασία αυτή, όπως προαναφέρθηκε αποτελεί παράγοντα επιρροής της ποιότητας των δεδομένων. Η μέθοδος ελέγχου της βαθμονόμησης που ουσιαστικά πραγματοποιείται είναι από το σύστημα καταγραφής. Ως ακρίβεια δεν υπάρχει δυνατότητα εξαγωγής πίνακα σφαλμάτων ή των παραμέτρων του μετασχηματισμού αλλά το λογισμικό απεικονίζει τον κάνναβο που ανασχηματίστηκε ύστερα από την παρατήρηση στόχων που εμφανίζονται σε γνωστές θέσεις στην οθόνη (Εικ. 4.4.α και 4.4.β). Έτσι, δίνεται μόνο ποιοτική πληροφορία για την ακρίβεια των καταγεγραμμένων δεδομένων και όχι ποσοτική.



Εικόνα 4.4.α: Επιτυχής ανασχηματισμός κάνναβου βαθμονόμησης των δύο οφθαλμών



Εικόνα 4.4.β: Ανεπιτυχής ανασχηματισμός καννάβου βαθμονόμησης των δύο οφθαλμών

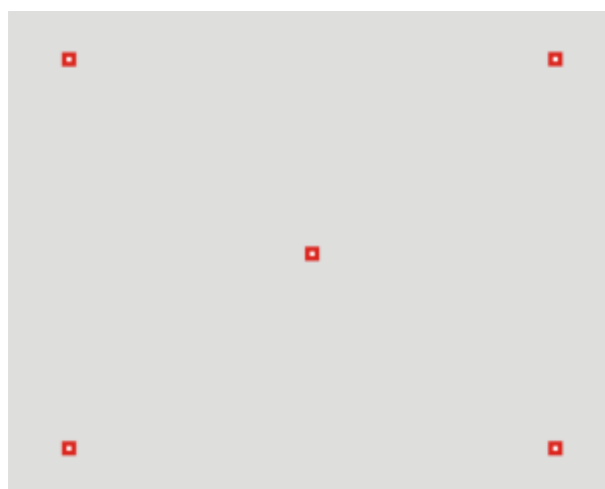
Η γνώση της ποιότητας των δεδομένων, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι πολύ σημαντική για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκε διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης.

Η διαδικασία αυτή αποτελούνταν από δύο μέρη: το πειραματικό μέρος και τη μεθοδολογία ανάλυσης των δεδομένων της.

Το πειραματικό μέρος

Το πειραματικό μέρος ήταν διαδικασία παρόμοια με αυτή της βαθμονόμησης, δηλαδή, το υποκείμενο έπρεπε να εστιάσει το βλέμμα του στους στόχους με γνωστές συντεταγμένες που προβάλλονταν στην οθόνη. Η διαδικασία αυτή σχεδιάστηκε, ώστε να υλοποιηθεί δύο φορές κατά τη διάρκεια του πειράματος, μία αμέσως μετά τη βαθμονόμηση του συστήματος και μία μετά την ολοκλήρωση του κυρίως πειράματος.

Σύμφωνα με τους Hornof & Halverson (2002) στο κέντρο της οπτικής σκηνής η ακρίβεια καταγραφής είναι η βέλτιστη και όσο απομακρυνόμαστε από αυτό τόσο μειώνεται, με χειρίστη ακρίβεια στις γωνίες της. Ακόμη εφόσον η διαδικασία θα υλοποιούνταν δύο φορές θα λειτουργούσε υπέρ της κοπώσεως του οφθαλμού του υποκειμένου. Με βάση τις παραπάνω δύο παρατηρήσεις έγινε επιλογή 5 στόχων με κατανομή ένα στόχο στο κέντρο της εικόνας και 4 στην περιφέρειά της (Εικ. 4.5) και η επιλογή της διάρκειας προβολής του καθενός ίσης με 3 δευτερόλεπτα. Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των στόχων στο σύστημα αναφοράς της συσκευής καταγραφής και της εικόνας.



Εικόνα 4.5: Η κατανομή των στόχων της βαθμονόμησης

Πίνακας 4.4.: Συντεταγμένες στόχου στα συστήματα αναφοράς του ViewPoint Eye Tracker και της εικόνας

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

Η επιλογή του υποβάθρου ήταν μία μονόχρωμη εικόνα σε απόχρωση του ανοιχτού γκρι διαστάσεων 1280x1024 εικονοστοιχεία, και ο στόχος τετράγωνος αποτελούμενος από δύο ομόκεντρα τετράγωνα το ένα τοποθετημένο στο εσωτερικό του άλλου. Το εξωτερικό τετράγωνο αποφασίστηκε να είναι χρωματισμένο κόκκινο με διαστάσεις 30x30 εικονοστοιχεία ενώ το εσωτερικό άσπρο - ώστε η ιδιότητα της αντίθεσης να καθιστά εύκολη την εστίαση του οφθαλμού στο κέντρο του λευκού τετραγώνου του στόχου- διαστάσεων 10x10 εικονοστοιχεία.

Η επιλογή των χρωμάτων στόχου και υποβάθρου έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή αντίθεση των στοιχείων που πρέπει να αναδειχθούν και η εύκολη και μη κουραστική παρατήρησή τους.

Μεθοδολογία ανάλυσης των δεδομένων

Κατά την ανάλυση των δεδομένων γινόταν ο έλεγχος της ακρίβειας των καταγραφών στους στόχους με χρήση του αλγορίθμου υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος, ο οποίος αναπτύχθηκε από τον Κρασανάκη (2013).

Τα βασικά βήματα του αλγορίθμου συνοψίζονται στα εξής:

1. Εισαγωγή των δεδομένων καταγραφής του υποκειμένου που αναφέρονται σε κάθε στόχο.
2. Εισαγωγή των συντεταγμένων των στόχων.
3. Επιλογή του οφθαλμού των δεδομένων καταγραφής που θα εξεταστούν.
4. Μετασχηματισμός των συντεταγμένων των στόχων από το σύστημα της εικόνας σε αυτό του tracker.
5. Ξεκαθάρισμα των μη έγκυρων δεδομένων.
6. Υπολογισμός μέσου όρου συντεταγμένων, απόστασης κάθε καταγραφής από το στόχο και τυπικής απόκλισης.
7. Ορισμός 5 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. Υπολογισμός συντεταγμένων κέντρου της κλάσης για κάθε στόχο από τις καταγραφές που αντιστοιχούν στην κλάση αυτή.
10. Υπολογισμός μετατόπισης του κέντρου κάθε κλάσης από το στόχο στον οποίο αντιστοιχεί.
11. Τερματισμός του αλγορίθμου.

4.3. Μεταβλητές του πειράματος

Οι συνθήκες διεξαγωγής της πειραματικής έρευνας πρέπει να είναι ίδιες για όλα τα υποκείμενα που συμμετέχουν σε αυτή. Οι μεταβλητές που επηρεάζουν την πειραματική διαδικασία (που αναλύεται σε επόμενη παράγραφο) μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: χωρικές, γεωμετρικές και μεταβλητές που αναφέρονται στη λειτουργία του συστήματος καταγραφής κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

Οι χωρικές μεταβλητές αφορούν στις συνθήκες φωτισμού του χώρου και στα υποκείμενα και αντικείμενα περισπαστές της προσοχής του υποκειμένου όταν υλοποιεί το πείραμα. Κατά την υλοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε φυσικός φωτισμός ώστε να μην προκαλείται θόρυβος κατά την ανίχνευση του οφθαλμού από την υπέρυθρη ακτινοβολία της φωτοδιόδου (Holmqvist 2011, p. 17). Το μόνο αντικείμενο που συλλαμβάνεται από την οπτική ακτίνα του υποκειμένου από τη είναι η οθόνη προβολής και η πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται μόνο υπό την παρουσία του χειριστή του συστήματος καταγραφής.

Στην δεύτερη κατηγορία αναφέρονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες που ορίζουν τη γεωμετρία του συστήματος οθόνης προβολής-υποκειμένου-κάμερας οφθαλμού. Αναλυτικά οι παράγοντες αυτοί είναι:

- απόσταση θέασης
- ύψος οπτικού κέντρου του υποκειμένου
- ύψος κέντρου προβολής οπτικών σκηνών
- ακινητοποίηση υποκειμένου
- ακινητοποίηση κάμερας του οφθαλμού

Η απόσταση θέασης αναφέρεται στην απόσταση του υποκειμένου από την οπτική σκηνή. Αυτή παραμένει σταθερή στα 60 cm, καθώς η θέση της οθόνης και ο μηχανισμός ακινητοποίησης είναι πακτωμένος στο τραπέζι στήριξης της οθόνης προβολής. Το ύψος του οπτικού κέντρου του υποκειμένου προσαρμόζεται κάθε φορά ώστε να είναι περί το κέντρο της οπτικής σκηνής. Το ύψος του κέντρου προβολής των οπτικών σκηνών είναι σταθερό στα 50.25 cm.

Η ακινητοποίηση του υποκειμένου και της κάμερας του οφθαλμού αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες της διαδικασίας, καθώς οποιαδήποτε μικρομετακίνηση ή στροφή του κεφαλιού ή της κάμερας μεταφράζεται σε διαφορετικό μετασχηματισμό των καταγεγραμμένων συντεταγμένων από αυτό που υφίστανται τα δεδομένα με τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Για την ακινητοποίηση του υποκειμένου χρησιμοποιήθηκε βάση ακινητοποίησης του κεφαλιού, η οποία έχει δυνατότητα προσαρμογής του ύψους της, ενώ για την ακινητοποίηση της κάμερας εφαρμόστηκε το σύστημα πρόσδεσης της συσκευής καταγραφής που διασφαλίζει την ακινητοποίηση της κάμερας του οφθαλμού και της φωτοδιόδου της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Η τρίτη κατηγορία συνδέεται με τις λειτουργία του συστήματος καταγραφής. Οι ρυθμίσεις της λειτουργίας του αφορούν σε αυτές της βαθμονόμησης και σε ρυθμίσεις καταγραφής των δεδομένων. Σε περιπτώσεις που δεν ορίζονται τιμές χρησιμοποιούνται προεπιλεγμένες. Για την εκτέλεση της διαδικασίας ορίστηκε ο αριθμός των στόχων, ο οποίος και αποφασίστηκε να είναι 9. Για την απόφαση αυτή, έγιναν δοκιμές βαθμονομήσεων με διαφορετικό αριθμό στόχων, ώστε να βρεθεί ο ελάχιστος αριθμός των σημείων που πετυχαίνουν την επιθυμητή ακρίβεια. Για τις υπόλοιπες ρυθμίσεις της λειτουργίας της συσκευής καταγραφής, προτιμήθηκε η λύση του αυτοματισμού και συντάχθηκε κώδικας με εντολές συμβατές του λογισμικού της. Τα περιεχόμενά της παρουσιάζεται σε επόμενη παράγραφο.

4.4. Πειραματική Διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία τηρήθηκε όμοια για όλους τους συμμετέχοντες του πειράματος. Κάθε υποκείμενο υλοποιεί ατομικά το πείραμα στην αίθουσα που είναι εγκατεστημένο το σύστημα καταγραφής και ο χειριστής του, σε συνθήκες “ελεύθερης παρατήρησης”, καθώς απαραίτητη προϋπόθεση για τη διεξαγωγή του πειράματος είναι να μην υπάρχει συγκεκριμένη εργασία να πραγματοποιήσει (task independent), αλλά να πραγματοποιηθεί σε συνθήκες ελεύθερης παρατήρησης (free viewing conditions). Μοναδικές οδηγίες παρέχονται μόνο για τη δομή του πειράματος, για τις εικόνες της βαθμονόμησης και τη στάση προσοχής που πρέπει να τηρήσει αυστηρώς καθ’ όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αυτές οι πληροφορίες δίνονται πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας σε κάθε υποκείμενο της έρευνας και εξασφαλίζουν την ομαλή διεξαγωγή της. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν:

- στη συνοπτική περιγραφή του συστήματος καταγραφής
- στις υποδείξεις σχετικά με τη σωστή στάση σώματος του υποκειμένου και τη σημαντικότητα ακινητοποίησής του καθ’ όλη τη διάρκεια του πειράματος με ιδιαίτερη σημασία την αφή του μετώπου του στο μηχανισμό ακινητοποίησης
- στις οδηγίες σχετικά με τα μέρη της πειραματικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, αναλύεται η διαδικασία της βαθμονόμησης και του ελέγχου της βαθμονόμησης, με υπόδειξη των στόχων και των επιθυμητών περιοχών που έπρεπε να εστιάσουν.

Η δομή της πειραματικής διαδικασίας αποτελείται από 7 μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά στις ρυθμίσεις καταγραφής, το δεύτερο στις ρυθμίσεις της θέσης της κάμερας του οφθαλμού και της φωτοδιόδου, το τρίτο μέρος στη διαδικασία βαθμονόμησης, το τέταρτο στη φόρτωση του αρχείου ρυθμίσεων του πειράματος, το πέμπτο στη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης, το έκτο στο κυρίως πείραμα που αποτελείται από τις 49 οπτικές σκηνές του κινούμενου συμβόλου και, τέλος, το έβδομο μέρος που αποτελεί επανάληψη του δευτέρου, δηλαδή, της επικύρωσης της βαθμονόμησης.

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται συνοπτικά οι χρονικές διάρκειες της πειραματικής διαδικασίας ανά στάδιο, που αναλύονται σε επόμενη παράγραφο.

Πίνακας 4.5: Πίνακας χρονικών διαρκειών της πειραματικής διαδικασίας

Στάδιο Πειράματος	Χρονική Διάρκεια (sec)	
	Α' μέρος πειράματος	Β' μέρος πειράματος
Βαθμονόμηση	28	28
Επικύρωση Βαθμονόμησης	15	15
Λευκή Εικόνα	2	2
Κυρίως Πείραμα	50.6	22.5
Λευκή Εικόνα	2	2
Επανάληψη Επικύρωσης Βαθμονόμησης	15	15
	333.6	298.8

Στάδιο 1 - Ρυθμίσεις καταγραφής του πειράματος

Οι ρυθμίσεις καταγραφής του πειράματος ορίζονται πριν τη διεξαγωγή του από το χειριστή και είναι οι εξής:

- η συχνότητα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων σε λειτουργία υψηλής ταχύτητας (60 Hz 320x240) - δηλαδή καταγραφή ανά 16.67 ms περίπου
- η μέθοδος εντοπισμού της κόρης (Pupil Location Method) για τον εντοπισμό του κέντρου του οπτικού συστήματος του υποκειμένου
- η καταγραφή των κινήσεων και των δύο οφθαλμών (Binocular Mode)

- ο καθορισμός της οθόνης προβολής
- η απενεργοποίηση της προβολής του ίχνους του βλέμματος στην οθόνη του υποκειμένου
- ο καθορισμός των 9 στόχων βαθμονόμησης

Στάδιο 2 -Ρυθμίσεις της θέσης της κάμερας του οφθαλμού και της υπέρυθρης φωτοδίοδου

Προκειμένου να διασφαλιστεί η συνεχής καταγραφή της κόρης του υποκειμένου, ο χειριστής ρυθμίζει τη θέση της κάμερας (γωνία 45° με τον οφθαλμό) και τις στροφές της, ώστε να καταγράφονται οι οφθαλμικές κινήσεις σε οποιαδήποτε διεύθυνση του βλέμματος. Ακόμη, τοποθετεί τη φωτοδίοδο σε γωνία περίπου 45° με την κάμερα του οφθαλμού, ώστε να επιτυγχάνεται ο βέλτιστος διαχωρισμός της κόρης από την ίριδα. Για τη διασφάλιση της καταγραφής και των δυσμενέστερων διευθύνσεων κάθε υποκείμενο εστιάζει την προσοχή του στις 4 γωνίες της οθόνης προβολής και βεβαιώνεται ο χειριστής για την ανίχνευση της κόρης.

Στάδιο 3 - Βαθμονόμηση

Κατά τη διαδικασία αυτή, προβάλλονται στην οθόνη οι 9 στόχοι-ένας ένας ξεχωριστά- ώστε το υποκείμενο να εστιάζει το βλέμμα του στο κέντρο του στόχου και να μετασηματιστούν οι οφθαλμικές κινήσεις σε συντεταγμένες στο σύστημα αναφοράς της συσκευής καταγραφής. Ο χειριστής πρέπει καθ' όλη τη διάρκεια να παρακολουθεί τη διαδικασία και σε περίπτωση τυχόν προβλημάτων ή ανεπιτυχούς ορθού ανασχηματισμού του καννάβου βαθμονόμησης να επαναλάβει τη διαδικασία ή να προβεί σε βαθμονόμηση σημείου (drift correction). Η χρονική διάρκεια της διαδικασίας αυτής είναι 28 δευτερόλεπτα περίπου.

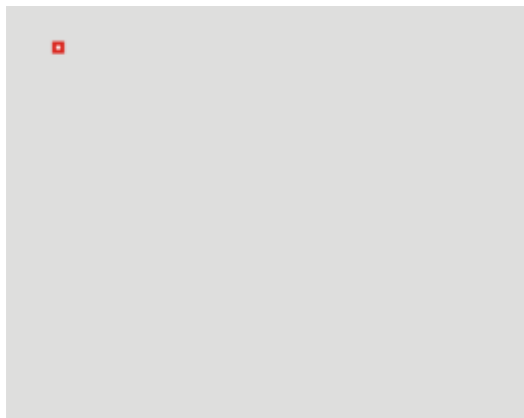
Στάδιο 4 - Φόρτωση του αρχείου των ρυθμίσεων πειράματος και έναρξη καταγραφών

Ύστερα από την ολοκλήρωση της βαθμονόμησης, γίνεται η φόρτωση του αρχείου ρυθμίσεων του πειράματος, σκοπός του οποίου είναι η διασφάλιση των ίδιων συνθηκών του πειράματος για όλους τους συμμετέχοντες και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών. Το αρχείο αυτό συντάχτηκε σε μορφή κειμένου .txt, ο κώδικάς του παρατίθεται στο Παράρτημα Α και οι ρυθμίσεις που καθορίζονται με τη φόρτωσή του είναι οι εξής:

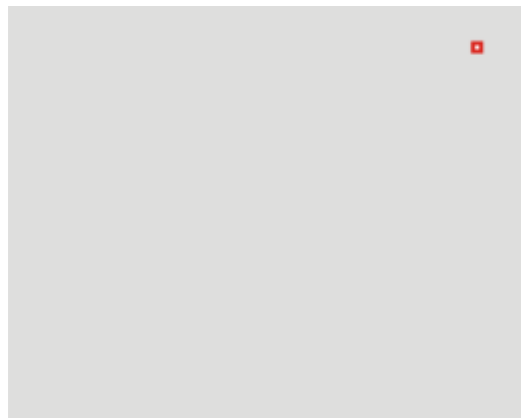
- ορισμός της οθόνης προβολής του υποκειμένου στη δεύτερη οθόνη του συστήματος
- ορισμός της συχνότητας καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων σε λειτουργία υψηλής ταχύτητας (60 Hz 320x240)
- απενεργοποίηση της εμφάνισης των προεπιλεγμένων περιοχών ενδιαφέροντος (ROIs) στην οθόνη προβολής
- απενεργοποίηση της προβολής του ίχνους του βλέμματος (POG) στην οθόνη του παρατηρητή
- έναρξη καταγραφών των οφθαλμικών κινήσεων και αποθήκευσή τους σε αρχείο με κωδικοποίηση [(Έτος)-(Μήνας)-(Ημέρα);(Ωρα)-(Λεπτά)-(Δευτερόλεπτα)]
- σειρά εμφάνισης των οπτικών σκηνών στην οθόνη προβολής
- χρονική διάρκεια κάθε οπτικής σκηνής
- αποθήκευση και κλείσιμο του αρχείου καταγραφών με την ολοκλήρωση και του σταδίου της επανάληψης του ελέγχου της ακρίβειας

Στάδιο 5 - Έλεγχος της ακρίβειας της βαθμονόμησης του συστήματος

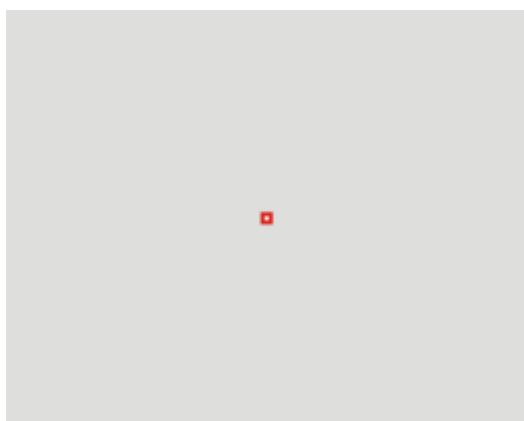
Αμέσως μετά ακολουθεί η διαδικασία του ελέγχου της βαθμονόμησης. Οι στόχοι παρουσιάζονται ένας στόχος ανά οπτική σκηνή, με διάρκεια 3 δευτερόλεπτα ο καθένας και η σειρά εμφάνισής τους παρουσιάζεται στις Εικόνες 4.6.α έως 4.6.ε.



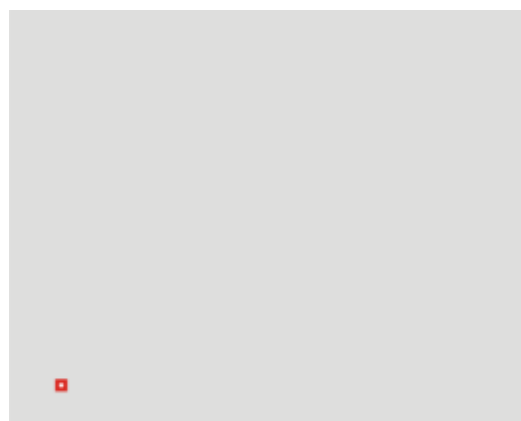
Εικόνα 4.6.α: Η οπτική σκηνή του πρώτου στόχου



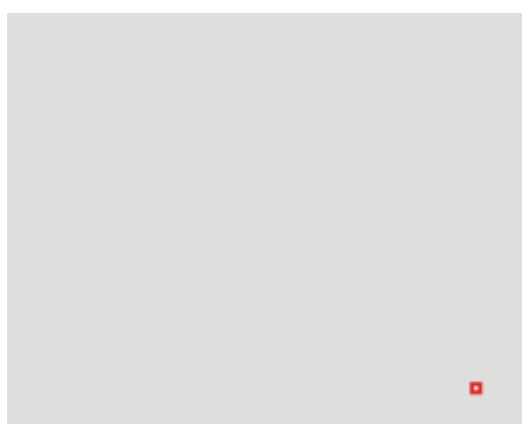
Εικόνα 4.6.β: Η οπτική σκηνή του δεύτερου στόχου



Εικόνα 4.6.γ: Η οπτική σκηνή του τρίτου στόχου



Εικόνα 4.6.δ: Η οπτική σκηνή του τέταρτου στόχου



Εικόνα 4.6.ε: Η οπτική σκηνή του πέμπτου στόχου

Στάδιο 6 - Κυρίως πείραμα

Το κυρίως πείραμα αποτελούν οι 49 οπτικές σκηνές, στις οποίες η θέση του σημειακού συμβόλου μεταβάλλεται ανά οπτική σκηνή. Η διάρκεια του σταδίου αυτού είναι 48.6s για το πρώτο μέρος του πειράματος και 21.6s για το δεύτερο. Η σειρά των οπτικών σκηνών παρατίθεται στο Παράρτημα Β.

Στάδιο 7 - Επανάληψη του ελέγχου της ακρίβειας της βαθμονόμησης του συστήματος

Μετά και την ολοκλήρωση του κυρίως πειράματος σημαντική είναι η πραγματοποίηση του ελέγχου της ακρίβειας ξανά, έτσι, ώστε να εντοπιστεί αν υπήρξε κάποια μεταβολή στη γεωμετρία του συστήματος κάμερας οφθαλμού-οπτικό κέντρο-οθόνη προβολής οπτικών σκηνών. Μικρή μεταβολή στη γεωμετρία του συστήματος μεταφράζεται σε διαφορετικό μετασχηματισμό συντεταγμένων μεταξύ των συστημάτων αναφοράς της συσκευής καταγραφής και του οφθαλμού από αυτόν που έχει υλοποιηθεί κατά το πέμπτο στάδιο (διαδικασία της βαθμονόμησης). Έτσι, χωρίς τον έλεγχο αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αποδοχή προβληματικών δεδομένων για ανάλυση.

Με το πέρας και του έβδομου σταδίου όλων των υποκειμένων ολοκληρώνεται η πειραματική διαδικασία και έχουν συλλεχθεί τα απαραίτητα δεδομένα προς ανάλυση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας ολοκληρώνεται η συλλογή των δεδομένων των οφθαλμικών κινήσεων. Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η επεξεργασία και η ανάλυσή τους, καθώς επίσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερευνητικής διαδικασίας.

Τα υποκείμενα που κλήθηκαν να συμμετάσχουν στο πείραμα είναι 41, χωρισμένα ισόποσα σε δύο ομάδες (Α και Β), εύρους ηλικίας 19-60 ετών. Συγκεκριμένα, στην πρώτη ομάδα συμμετείχαν 14 άνδρες και 6 γυναίκες, ενώ στη δεύτερη 12 άνδρες και 9 γυναίκες. Τα υποκείμενα είναι φοιτητές της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι ίδιοι παρατηρητές πραγματοποίησαν με την ίδια σειρά το πείραμα με τις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου αλλά και του τοπογραφικού χάρτη, με εξαίρεση το δεύτερο υποκείμενο του πρώτου μέρους του πειράματος που υλοποίησε μόνο το πείραμα με το χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Η μορφή των αρχείων που περιέχουν τα καταγεγραμμένα δεδομένα από τη συσκευή παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.1. Σε αυτά τα αρχεία καταγράφονται για όλες τις οπτικές σκηνές οι συντεταγμένες (x,y) του βλέμματος του οφθαλμού στην οθόνη του υποκειμένου στο σύστημα αναφοράς της συσκευής καταγραφής, ο χρόνος καταγραφής τους, η χρονική διάρκειά τους και το πλάτος και το ύψος της κόρης του οφθαλμού. Από τα παραπάνω καταγεγραμμένα στοιχεία αυτά που υποστούν επεξεργασία είναι ο χρόνος καταγραφής και οι συντεταγμένες του βλέμματος για κάθε έναν από τους δύο οφθαλμούς, ώστε να μετασχηματιστούν σε προσηλώσεις -συντεταγμένες κέντρου προσήλωσης και χρονική διάρκεια.

Αξίζει να αναφερθεί ότι παρόλο που έγινε καταγραφή των κινήσεων και των δύο οφθαλμών του κάθε υποκειμένου, τελικά αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα μόνο από τον ένα οφθαλμό και μάλιστα από αυτόν που απέδωσε καλύτερα στις διαδικασίες επικύρωσης της βαθμονόμησης.

Product Version: PC-6E	SecureBit File Version: 2.6.6.21	Program Build Date: Feb 14 2011, 14:52:46	Customer Serial Number: 200-865-1-1	Customer Name: A.A Vlachou	Customer Organization: CO-Headsita										

Time/Zone	2013 1	20	10	18	UTC										
TimeStamp	Location: 25	Invocation: 2013_12:15:53													
DateFormat	J.S.A.523														
Storing SB-SMOOCHED data:															
ScreenSize	143.017	107.263													
ViewingDistance	100														
BinocularAveragingOff															
ParallaxCorrection	0.82														
ImageShape	Fit														

idName															
idDesc															
idSession															
idName															

ATY	ADY	ALX	ALY	APX	APY	BTX	BTY	BLX	BLY	BUX	BUY	CX	CY	XCEN	
TotalTime	DeltaTime	X_BaseY_BaseRegion	PupilWidth	PupilHeight	Quality	FlareLen	TotalTime	DeltaTime	X_BaseY_BaseRegion	PupilWidth	PupilHeight	Quality	FlareLen	Cross Marker	
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
Status	StartChange 1														
0.0000	0.0000	-0.1259	0.3782-1	0.18770.13601	0.3148	0.0188	10.8388	-0.0190	0.3789-1	0.18281.08041	0.33510			+,*,**	
2.3518	2551.8403	0.87786.7073-1	1.18320.24411	0.0008	0.0108	0.0000	-0.0190	0.3788-2	1.12520.82541	0.83331					
2.874841	autoCollimation[1].Temp														
2.8856	13.9674	0.54748.35997	0.28410.12472	0.0008	1.8597	2848.8707	0.87810.8115-1	0.14940.12721	0.00002						
2.8923	16.4911	0.42910.2948-1	1.18920.18883	0.0008	1.8764	16.7095	0.43720.2889-1	0.15530.10411	0.00003						
2.9009	16.4288	0.42940.28241	1.18920.12773	0.0008	1.8830	16.8148	0.42890.28941	0.15330.10231	0.00004						
2.9188	16.4915	0.43020.2908-1	1.18880.12441	0.0167	1.8097	16.8913	0.42740.2891-1	0.15440.10231	0.00005						
2.9323	16.4246	0.42940.2850-1	1.18810.12861	0.0333	1.8263	16.8250	0.42720.2861-1	0.15340.10181	0.00006						
2.9469	16.4953	0.42920.2858-1	1.18790.12541	0.0167	1.8430	16.8321	0.42820.2872-1	0.15209.10281	0.01677						
2.9658	16.4228	0.43020.2897-1	1.18680.12841	0.0168	1.8597	16.8286	0.42830.2818-1	0.15209.10121	0.03338						
2.9823	16.4982	0.42980.2874-1	1.18610.12451	0.0333	1.8764	16.8924	0.42120.2848-1	0.14990.10121	0.05009						
2.9989	16.4264	0.42940.2835-1	1.18540.12431	0.0489	1.8930	16.8285	0.42260.2825-1	0.14810.10021	0.066810						
3.0156	16.4958	0.42940.2828-1	1.18510.12351	0.0666	1.8097	16.8313	0.42170.2859-1	0.14770.10061	0.083511						
3.0322	16.4249	0.42880.2826-1	1.18480.12311	0.0833	1.8263	16.8294	0.42140.2808-1	0.14709.10041	0.100012						
3.0489	16.4955	0.42920.2821-1	1.18320.12221	0.1008	1.8430	16.8820	0.40780.2809-1	0.14519.09761	0.116713						
3.0655	16.4251	0.42780.2878-1	1.18160.12531	0.1188	1.8596	16.8281	0.42780.2854-1	0.14589.09661	0.133314						
3.0822	16.4867	0.42710.2848	1.18020.12551	0.0167	1.8763	16.4917	0.15620.20079	0.13779.08641	0.150715						
3.0989	16.4248	0.42820.2852-1	1.18270.12371	0.0166	1.8930	16.8280	0.18110.21209	0.14809.08721	0.168416						
3.1156	16.4949	0.43070.2907-1	1.18790.12691	0.0167	1.1096	16.8923	0.14420.2031-1	0.14690.08571	0.185717						
3.1322	16.4259	0.43080.1994-1	1.18660.12491	0.0166	1.1263	16.8276	0.14470.1997-1	0.14610.08471	0.202418						
3.1489	16.4944	0.43080.1947-1	1.18460.12351	0.0167	1.1430	16.8927	0.14270.1989-1	0.14660.08371	0.219119						
3.1655	16.4264	0.42970.1880-1	1.18410.12301	0.0166	1.1596	16.8290	0.14130.1974-1	0.14630.08291	0.235820						
3.1822	16.4943	0.43080.1928-1	1.18420.12321	0.0167	1.1763	16.8925	0.14140.1979-1	0.14670.08321	0.252521						
3.1989	16.4264	0.43080.1815-1	1.18440.12011	0.0166	1.1929	16.8305	0.13320.1810-1	0.14620.08321	0.269222						
3.2156	16.4982	0.42980.1918-1	1.18730.12311	0.0167	1.2096	16.8997	0.13870.1814-1	0.14630.07311	0.285923						
3.2322	16.4244	0.43150.1888-1	1.18770.11771	0.0166	1.2262	16.8278	0.13600.1880-1	0.14630.07441	0.302624						
3.2489	16.4944	0.43070.1940-1	1.18730.11921	0.0167	1.2429	16.8928	0.13600.1840-1	0.14690.07471	0.319325						
3.2655	16.4252	0.43110.1847-1	1.18710.11411	0.0166	1.2596	16.8326	0.13580.1830-1	0.14619.07381	0.336026						
3.2822	16.4982	0.42980.1850-1	1.18660.11771	0.0167	1.2762	16.8878	0.13580.1812-1	0.14690.07361	0.352727						

Εικόνα 5.1: Απόσπασμα αρχείου δεδομένων του συστήματος καταγραφής

5.1. Ανάλυση των δεδομένων της διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης

Η ανάλυση των δεδομένων της διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, πραγματοποιείται με την εφαρμογή του αλγορίθμου των ελέγχου των καταγραφών στους στόχους. Σκοπός του συγκεκριμένου αλγορίθμου, είναι η εκτίμηση της ορθότητας των δεδομένων που καταγράφηκαν και η αποδοχή ή απόρριψη των δειγμάτων των υποκειμένων που υλοποίησαν το πείραμα.

Η διαδικασία της επικύρωσης της βαθμονόμησης υλοποιήθηκε από κάθε υποκείμενο δύο φορές, μία ακριβώς πριν το κυρίως πείραμα και μία αμέσως μετά την ολοκλήρωσή του. Έτσι, ο υπολογισμός της ποιότητας των δεδομένων αρχικά εκτελείται ανά υποκείμενο, αναφέρεται στις οπτικές σκηνές των πέντε στόχων που σχεδιάστηκαν και απώτερος σκοπός του είναι η αποδοχή ή απόρριψή τους. Ύστερα από τους παραπάνω υπολογισμούς, υπολογίζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των ιδιοτήτων της ποιότητας δεδομένων (ορθότητα, ακρίβεια και απώλεια δεδομένων) για κάθε οπτική σκηνή για το σύνολο των παρατηρητών που τελικά πραγματοποίησαν επιτυχώς την πειραματική διαδικασία.

Η απόφαση για αποδοχή ή απόρριψη του δείγματος ενός υποκειμένου στηρίζεται στον έλεγχο των τιμών της ορθότητας των δεδομένων, στη σχετική εγγύτητα των αντίστοιχων τιμών και στη γεωμετρία της κατανομής των καταγραφών πριν και μετά το πείραμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ανάλυση της ακρίβειας και της απώλειας δεδομένων

πραγματοποιήθηκε, ώστε να υλοποιηθεί ολοκληρωμένη αναφορά της ποιότητας των δεδομένων.

5.1.1. Υπολογισμός των ιδιοτήτων της ποιότητας των δεδομένων

Οι ιδιότητες, των οποίων θα πραγματοποιηθεί υπολογισμός και ανάλυσή τους είναι η ορθότητα-μετατόπιση (θ_{offset}) των καταγραφών που αντιστοιχούν στον κάθε στόχο, η ακρίβειά τους (θ_{RMS}) και ο αριθμός των άκυρων δεδομένων (απώλεια δεδομένων) στο σύνολο των καταγραφών. Η ανάλυση αυτή ακολουθεί την πρόταση των Holmqvist et al. (2012) για τη δομή της αναφοράς της ποιότητας ανάλογων δεδομένων (Πιν. 5.1) για πειραματικές έρευνες ανίχνευσης των οφθαλμικών κινήσεων. Πρέπει να αναφερθεί, όμως, ότι ο εντοπισμός των σημείων του εκάστοτε στόχου δεν πραγματοποιήθηκε μέσω αλγορίθμου υπολογισμού προσηλώσεων, αλλά με τον αλγόριθμο υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος - η λογική του οποίου περιγράφεται σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 5.1: Δομή της αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων
(Πηγή: Holmqvist et al. 2012)

Data quality	Average	SD
Calibration accuracy	0.32°	0.11°
Accuracy just before end of recording	0.61°	0.27°
Calibration precision	0.14°	0.05°
Precision just before end of recording	0.21°	0.06°
Accuracy after post-recording processing	-	-
Precision after post-recording processing	-	-
Proportion of dismissed participants	9 %	-
Proportion of lost data samples in retained data	0.3 %	0.041%

Προκειμένου να είναι πλήρης η αναφορά στην ποιότητα των δεδομένων τονίζεται ότι η ακρίβεια καταγραφής του συστήματος σε γωνιακό άνοιγμα κυμαίνεται από 0.25° έως 1°.

**Σημείωση 1:* Στους Πίνακες 5.2.α, 5.2.β, 5.3.α, 5.3.β, 5.4.α και 5.4.β που παρατίθενται παρακάτω, με έντονη κόκκινη απόχρωση αναγράφονται τα στοιχεία των υποκειμένων που κρίνονται υποψήφια προς απόρριψη.

Υπολογισμός της ορθότητας των δεδομένων

Ο υπολογισμός του δείκτη της ορθότητας των δεδομένων θ_{offset} υλοποιήθηκε σύμφωνα με τη Σχέση 3.3 και για τα δύο μέρη του πειράματος. Οι Πίνακες 5.2.α και 5.2.β παρουσιάζουν τις τιμές της μετατόπισης των δεδομένων εκφρασμένες σε εικονοστοιχεία και γωνιακό άνοιγμα σε μοίρες για κάθε υποκείμενο σε σχέση με τον εκάστοτε στόχο για τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης πριν και μετά το κυρίως πείραμα .

Πίνακας 5.2.α: Πίνακας ορθότητας των δεδομένων κάθε υποκειμένου για το πρώτο μέρος

Μέρος Α				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)
S1	28	0,40	32	0,45
S2	-	-	-	-
S3	28	0,39	64	0,90
S4	20	0,28	28	0,39
S5	21	0,30	31	0,43
S6	15	0,20	14	0,20
S7	61	0,85	176	2,45
S8	38	0,54	96	1,34
S9	16	0,22	20	0,28
S10	19	0,27	25	0,35
S11	22	0,31	14	0,19
S12	17	0,23	40	0,56
S13	32	0,45	46	0,64
S14	17	0,24	43	0,60
S15	13	0,18	43	0,60
S16	70	0,98	32	0,45
S17	52	0,72	238	3,32
S18	19	0,27	21	0,30
S19	20	0,28	13	0,19
S20	14	0,20	28	0,40
S21	63	0,88	74	1,03

Πίνακας 5.2.β: Πίνακας ορθότητας των δεδομένων κάθε υποκειμένου για το δεύτερο μέρος

Μέρος Β				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)
S1	25	0,35	33	0,46
S2	22	0,31	43	0,60
S3	14	0,20	34	0,48
S4	25	0,35	30	0,43
S5	20	0,29	24	0,34
S6	25	0,35	41	0,57
S7	31	0,44	29	0,41
S8	17	0,24	35	0,49
S9	10	0,14	15	0,22
S10	33	0,47	51	0,72
S11	18	0,25	17	0,24
S12	37	0,51	56	0,79
S13	21	0,30	21	0,30
S14	17	0,24	25	0,35

Πίνακας 5.2.β: Πίνακας ορθότητας των δεδομένων κάθε υποκειμένου για το δεύτερο μέρος (συνέχεια)

Μέρος Β				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)	Ορθότητα (pixels)	Ορθότητα (μοίρες)
S15	31	0,43	109	1,52
S16	16	0,22	37	0,51
S17	16	0,23	31	0,44
S18	15	0,21	27	0,38
S19	12	0,17	15	0,21
S20	25	0,35	91	1,28
S21	33	0,46	56	0,78

Εξετάζοντας τα στοιχεία των δύο παραπάνω πινάκων (Πιν. 5.2.α και 5.2.β), παρατηρείται ότι τα προβληματικά δείγματα δεδομένων είναι πιθανόν όσα οι τιμές της ορθότητας ξεπερνάει την 1° -που είναι και η μέγιστη ακρίβεια καταγραφής της συσκευής. Όταν η τιμή της ορθότητας, επίσης, πριν το κυρίως πείραμα είναι μεγαλύτερη από 40 εικονοστοιχεία κρίνεται πιθανή περίπτωση κακής βαθμονόμησης. Ακόμη, για όλα τα δείγματα απαιτείται διερεύνηση των αντίστοιχων τιμών πριν και μετά το κυρίως πείραμα, ώστε να βρεθούν οι περιπτώσεις όπου η απόκλιση είναι μεγαλύτερη από 30 εικονοστοιχεία. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, τα υποψήφια προς απόρριψη υποκείμενα είναι τα S3, S7, S8, S16, S17 και S21 για το πρώτο μέρος και τα S15 και S20 για το δεύτερο.

Υπολογισμός της ακρίβειας των δεδομένων

Σκοπός της διαδικασίας της επικύρωσης της βαθμονόμησης είναι η εκτίμηση της ποιότητας του μετασχηματισμού που υπολογίστηκε κατά τη βαθμονόμηση από το σύστημα του οφθαλμού σε αυτό της συσκευής καταγραφής. Ο δείκτης της τυπικής απόκλισης (s_x) αποτιμά τη διασπορά των καταγραφών που αναφέρονται σε κάθε στόχο και τη συνοχή τους, ενώ ο δείκτης του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (θ_{RMS}) αναφέρεται στις αποκλίσεις των διαδοχικών καταγραφών. Με βάση τα παραπάνω, κρίθηκε σκόπιμο, να υπολογιστεί ο δείκτης θ_{RMS} από τη Σχέση 3.5.

Πίνακας 5.3.α: Πίνακας ακρίβειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου με χρήση του δείκτη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για το πρώτο μέρος

Μέρος Α				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)
S1	37	0,52	33	0,46
S2	-	-	-	-
S3	29	0,41	65	0,91
S4	24	0,34	33	0,46
S5	23	0,32	33	0,46
S6	18	0,25	18	0,26
S7	69	0,96	309	4,34
S8	42	0,59	99	1,40
S9	17	0,23	22	0,31

Πίνακας 5.3.α: Πίνακας ακρίβειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου με χρήση του δείκτη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για το πρώτο μέρος (συνέχεια)

Μέρος Α				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)
S10	22	0,31	26	0,37
S11	24	0,34	14	0,20
S12	17	0,24	40	0,56
S13	36	0,50	49	0,68
S14	20	0,28	48	0,67
S15	14	0,20	45	0,63
S16	76	1,06	33	0,46
S17	59	0,83	305	4,28
S18	23	0,33	24	0,34
S19	22	0,31	15	0,21
S20	16	0,23	30	0,42
S21	66	0,93	78	1,10

Πίνακας 5.3.β: Πίνακας ακρίβειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου με χρήση του δείκτη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος για το δεύτερο μέρος

Μέρος Β				
Κωδικός Υποκειμένου	Πριν το κυρίως πείραμα		Μετά το κυρίως πείραμα	
	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)	RMS (pixels)	RMS (μοίρες)
S1	33	0,47	39	0,55
S2	28	0,39	44	0,62
S3	15	0,21	38	0,54
S4	26	0,36	33	0,46
S5	24	0,33	27	0,38
S6	31	0,44	42	0,60
S7	32	0,45	31	0,43
S8	19	0,27	39	0,55
S9	11	0,16	18	0,25
S10	41	0,57	57	0,80
S11	21	0,29	22	0,31
S12	44	0,62	61	0,86
S13	25	0,35	23	0,32
S14	19	0,26	27	0,38
S15	36	0,51	188	2,63
S16	17	0,24	37	0,52
S17	18	0,25	31	0,44
S18	16	0,23	33	0,47
S19	17	0,24	16	0,23
S20	27	0,38	95	1,33
S21	40	0,56	73	1,02

Τα κριτήρια για τον εντοπισμό των υποψήφιων παρατηρητών προς απόρριψη είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα για την ορθότητα των δεδομένων που αναλύθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Έτσι, σε αυτό το στάδιο υποψήφιοι προς απόρριψη είναι τα S3, S7, S8, S12, S15, S16, S17 και S21 για το πρώτο μέρος του πειράματος και τα S15, S20 και S21 για το δεύτερο μέρος.

Υπολογισμός της απώλειας δεδομένων του δείγματος

Σημαντικό για την ποιότητα των δεδομένων ενός δείγματος είναι η απώλεια δεδομένων του δείγματος, δηλαδή, ο αριθμός των καταγραφών των οποίων οι τιμές των συντεταγμένων τους δεν κυμαίνονται μεταξύ των ορίων της σκηνης. Οι Πίνακες 5.4.α και 5.4.β περιέχουν το ποσοστό των άκυρων καταγραφών για την οπτική σκηνή κάθε στόχου κατά τις διαδικασίες επικύρωσης της βαθμονόμησης και για τα δύο μέρη του πειράματος. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο συνολικός αριθμός των καταγραφών κάθε οπτικής σκηνης του κινούμενου συμβόλου είναι περίπου 180. Στο Παράρτημα παρέχονται οι πίνακες με τα αναλυτικά στοιχεία των δεδομένων για κάθε στόχο (αριθμό έγκυρων, άκυρων καταγραφών και το σύνολο αυτών).

Πίνακας 5.4.α: Πίνακας απώλειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου ανά οπτική σκηνή κάθε στόχου για το πρώτο μέρος

Μέρος Α										
Κωδικός Υποκειμένου	Απώλεια Δεδομένων (%)									
	Πριν το κυρίως πείραμα					Μετά το κυρίως πείραμα				
	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5
S1	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	1	5	4	3	0	4	3	0
S7	0	0	0	23	2	1	2	0	85	8
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
S9	1	12	2	0	0	0	2	2	0	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	0	0	2	0	4	1	0	0	0	0
S12	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
S13	2	8	1	4	0	0	23	1	4	3
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	2	0	0	3	6	0	0	0	0	2
S17	1	1	0	0	0	2	0	1	86	13
S18	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1
S19	16	2	1	2	0	16	1	3	33	2
S20	4	0	0	0	1	3	0	6	3	0
S21	3	7	3	6	11	10	9	7	9	15

Πίνακας 5.4.β: Πίνακας απώλειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου ανά οπτική σκηνή κάθε στόχου για το δεύτερο μέρος

Μέρος Β										
Κωδικός Υποκειμένου	Απώλεια Δεδομένων (%)									
	Πριν το κυρίως πείραμα					Μετά το κυρίως πείραμα				
	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
S3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
S4	0	1	0	3	0	8	1	2	0	0

Πίνακας 5.4.β: Πίνακας απώλειας των δεδομένων κάθε υποκειμένου ανά οπτική σκηνή κάθε στόχου για το δεύτερο μέρος (συνέχεια)

Μέρος Β										
Κωδικός Υποκειμένου	Απώλεια Δεδομένων (%)									
	Πριν το κυρίως πείραμα					Μετά το κυρίως πείραμα				
	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5	ΟΣΣ1	ΟΣΣ2	ΟΣΣ3	ΟΣΣ4	ΟΣΣ5
S5	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
S6	3	0	0	4	0	1	3	0	0	0
S7	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S9	2	0	1	0	0	0	0	0	3	3
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S11	3	0	0	0	3	2	0	0	6	2
S12	0	3	2	0	0	4	15	9	0	3
S13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S15	1	0	3	4	16	2	0	1	0	3
S16	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
S17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S18	1	15	11	4	4	9	0	3	1	7
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	0	3	0	0	0	0	38	2	0	9
S21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Σημείωση 2: Στις στήλες στους Πίνακες 5.4.α και 5.4.β η συντομογραφία (ΟΣΣ) αναφέρεται στην οπτική σκηνή του στόχου και ο αριθμός αναφέρεται στην κωδικοποίηση του στόχου.

Αυτό που παρατηρείται από τη μελέτη των δύο παραπάνω πινάκων (Πιν. 5.4.α και 5.4.β) είναι ότι ακραίες περιπτώσεις απώλειας μεγάλου όγκου δεδομένων δεν παρουσιάζεται. Σαν όριο για πιθανή απόρριψη δείγματος σε σχέση με το ποσοστό της απώλειας δεδομένων ορίστηκε το 20% των συνολικών καταγραφών για την οπτική σκηνή κάθε στόχου. Έτσι, τα υποψήφια προς απόρριψη υποκείμενα είναι οι S7, S13, S17 και S19 για το πρώτο μέρος και ο S20 για το δεύτερο μέρος.

5.1.2. Απολογισμός των επιτευχθέντων υποκειμένων

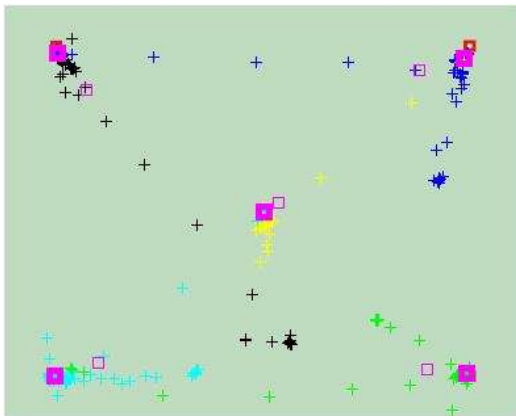
Η ποιότητα των δειγμάτων δεδομένων των υποκειμένων, λοιπόν, προκύπτει από την ανάλυση και συσχέτιση των στοιχείων των Πινάκων 5.2, 5.3 και 5.4. Με βάση τα στοιχεία αυτά, υποψήφια προς απόρριψη είναι τα υποκείμενα S3, S7, S8, S12, S13, S15, S16, S17, S19 και S21 για το πρώτο μέρος του πειράματος και οι S15, S20 και S21 για το δεύτερο μέρος αυτού.

Σημαντικό ρόλο στην τελική απόφαση για την απόρριψη των υποψήφιων υποκειμένων διαδραματίζει η διατήρηση της γεωμετρίας των καταγραφών που αναφέρονται στον αντίστοιχο στόχο πριν και μετά το κυρίως πείραμα. Η συνθήκη της διατήρησης της γεωμετρίας των καταγραφών των στόχων διασφαλίζει τη διατήρηση του ίδιου μετασχηματισμού των συντεταγμένων καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, στοιχείο που είναι κυρίαρχο για την αποδοχή του δείγματος.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων προγραμματίστηκε, έτσι, ώστε να παρέχει τη δυνατότητα εκτύπωσης των καταγραφών στην εικόνα των πέντε στόχων. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται δυνατός ο εποπτικός έλεγχος της γεωμετρίας των καταγραφών της διαδικασίας επικύρωσης της βαθμονόμησης πριν και μετά το κυρίως πείραμα. Σε αυτό το στάδιο, έγινε εντοπισμός των υποψήφιων προς απόρριψη υποκειμένων, τα οποία για το πρώτο μέρος του πειράματος είναι τα S7, S8, S16 και S17 και για το δεύτερο μέρος τα S2, S10, S12, S15 και S20.

Οι Εικόνες 5.2.α, 5.2.β αποτελούν παράδειγμα αποδεκτού δείγματος δεδομένων, καθώς παρατηρείται πως οι μέσοι όροι των καταγραφών των αντίστοιχων στόχων βρίσκονται σε παρόμοιες θέσεις πριν και μετά το κυρίως πείραμα. Σε αντίθεση, το ζεύγος του δείγματος που απεικονίζεται στις Εικόνες 5.3.α και 5.3.β απορρίπτεται, καθώς μετά το πείραμα οι θέσεις των μέσων όρων των καταγραφών των στόχων τοποθετούνται αρκετά μακριά από τους στόχους. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι κάτι μεταβλήθηκε στη σχετική γεωμετρία του συστήματος οφθαλμού-κάμερας οφθαλμού και οθόνης υποκειμένου. Μάλιστα, αν εξεταστούν προσεκτικά οι Εικόνες 5.3α & β, παρατηρείται μία μετατόπιση όλων των μέσων όρων των καταγραφών των στόχων προς τα κάτω.

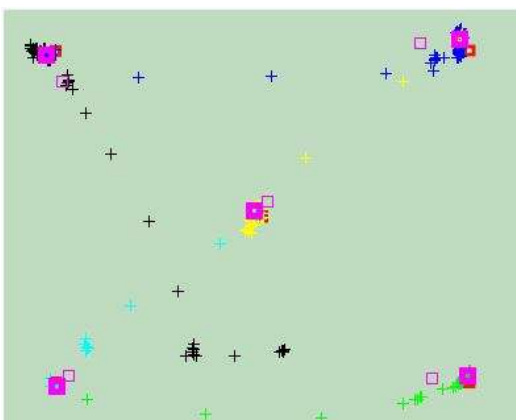
Επιπλέον, στην Εικόνα 5.4, παρουσιάζεται αναλυτικά η αντιστοιχία χρωμάτων και συμβόλων των καταγεγραμμένων δεδομένων κατά τη διαδικασία επικύρωσης της βαθμονόμησης.



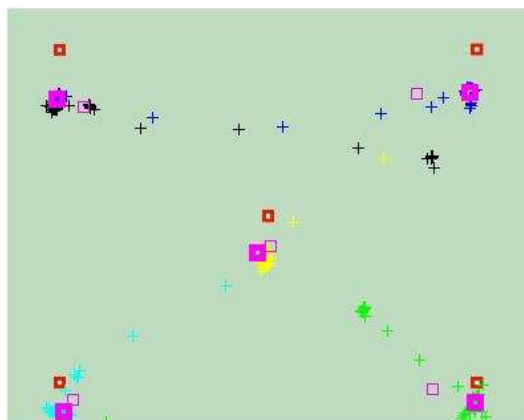
Εικόνα 5.2.α: Κατανομή καταγραφών πριν το κυρίως πείραμα αποδεκτού δείγματος



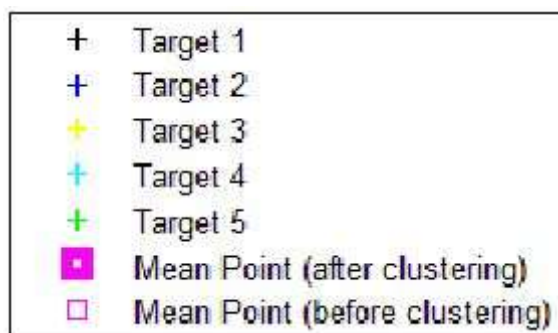
Εικόνα 5.2.β: Κατανομή καταγραφών μετά το κυρίως πείραμα αποδεκτού δείγματος



Εικόνα 5.3.α: Κατανομή καταγραφών πριν το κυρίως πείραμα απορριφθέντος δείγματος



Εικόνα 5.3.β: Κατανομή καταγραφών μετά το κυρίως πείραμα απορριφθέντος δείγματος του πειράματος στο χαρτογραφικό υπόβαθρο



Εικόνα 5.4: Υπόμνημα εικόνας στόχων και καταγραφών

Με βάση, το συνδυασμό των κριτηρίων της ορθότητας, της εγγύτητας των τιμών της πριν και μετά το κυρίως πείραμα και της σχετική γεωμετρίας των καταγραφών στην εικόνα των στόχων της βαθμονόμησης, τα δείγματα δεδομένων των υποκειμένων που τελικά απορρίπτονται είναι για το πρώτο μέρος του πειράματος τα υποκείμενα με κωδικό S7, S8, S16 και S17 και για το δεύτερο τα S2, S10, S12, S15 και S20, δηλαδή συνολικά εννέα υποκείμενα. Τα κριτήρια της ακρίβειας και της απώλειας των δεδομένων που παρατέθηκαν ενισχύουν την απόφαση για απόρριψη των υποκειμένων S7, S8, S16 και S17 για το πρώτο μέρος του πειράματος και S15 και S20 για το δεύτερο μέρος.

Ακόμη, το γεγονός ότι για το πρώτο μέρος το υποκείμενο S2 δεν υλοποίησε το πείραμα με το λευκό υπόβαθρο, αλλά υλοποίησε μόνο το χαρτογραφικό, οδηγεί σε διατήρηση της αναλογίας των αποδεκτών υποκειμένων για τα δύο μέρη του πειράματος.

5.1.3. Πίνακας αναφοράς ποιότητας των δεδομένων

Οι υπολογισμοί όλων των ιδιοτήτων της ποιότητας των δεδομένων και η τελική αποδοχή των δειγμάτων των υποκειμένων υλοποιήθηκε βασίστηκε στη δημιουργία ενός συγκεντρωτικού πίνακα. Κατ' αυτόν τον τρόπο όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη συμπλήρωση του συγκεντρωτικού πίνακα της ποιότητας βασίστηκαν στα δεδομένα που έχουν συγκεντρωθεί. Επομένως, δομήθηκε ο πίνακας αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων (Πίν. 5.5) με βάση την πρόταση των Holmqvist et al. (2012).

Πίνακας 5.5: Πίνακας αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων

Παράμετροι Ποιότητας	Μέρος Α'		Μέρος Β'	
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Ορθότητα Πριν	0,32°	0,16°	0,28°	0,28°
Ορθότητα Μετά	0,47°	0,24°	0,80°	0,29°
Ακρίβεια Πριν (RMS)	0,36°	0,17°	0,32°	0,11°
Ακρίβεια Μετά (RMS)	0,50°	0,24°	0,46°	0,18°
Απώλεια Δεδομένων των Δειγμάτων των Αποδεχθέντων Υποκειμένων	Πριν το κυρίως πείραμα	Μετά το κυρίως πείραμα	Πριν το κυρίως πείραμα	Μετά το κυρίως πείραμα
	1%	2%	1%	1%
Απορριφθέντα Υποκείμενα	20%		24%	

Αναλύοντας τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5 παρατηρούνται τα ακόλουθα:

- Οι τιμές μέσου όρου και τυπικής απόκλισης της ορθότητας και της ακρίβειας:
 - κυμαίνονται σε λογικό εύρος και μάλιστα μικρότερο του μέγιστου ορίου της ακρίβειας καταγραφής της συσκευής (1°) και
 - είναι μικρότερες πριν το κυρίως πείραμα και αυξάνονται με τη διεκπεραίωσή του, γεγονός λογικό καθώς επέρχεται κόπωση κατά τη συνεχή παρατήρηση.
- Η απώλεια δεδομένων των δειγμάτων των αποδεχθέντων υποκειμένων είναι ελάχιστη σε σχέση με το σύνολο των καταγραφών.
- Παρόλο που το ποσοστό των απορριφθέντων υποκειμένων διαφέρει μεταξύ πρώτου και δεύτερου μέρους του πειράματος (20% και 24% αντίστοιχα), διατηρείται η αναλογία των αποδεκτών υποκειμένων για τα δύο μέρη του πειράματος (16 υποκείμενα και για τα δύο μέρη του πειράματος).

5.2. Ανάλυση των καταγραφών του κυρίως πειράματος

Οι οφθαλμικές κινήσεις ανιχνεύονται και καταγράφονται με απώτερο σκοπό τη μετατροπή τους σε κινήσεις προσήλωσης και μετάβασης (saccades). Με τη μετατροπή αυτή πλέον όλα τα χαρακτηριστικά των οπτικών σκηνών που έγιναν αντιληπτά από τους οφθαλμούς μπορούν να αναγνωριστούν και να υλοποιηθεί η ανάλυση και διερεύνηση της αντιληπτικής προσοχής που πραγματοποιήθηκε.

Η ανάλυση των καταγεγραμμένων οφθαλμικών κινήσεων του πειράματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού ανοιχτού κώδικα OGAMA (Voßkübler et al. 2008). Οι λειτουργίες του προγράμματος που αξιοποιήθηκαν αφορούσαν στον υπολογισμό των προσηλώσεων κάθε υποκειμένου σε όλες τις οπτικές σκηνές του κυρίως πειράματος και η παραγωγή θερμικών χαρτών προσοχής (heatmaps). Να αναφερθεί ότι μόνο τα δείγματα των αποδεχθέντων υποκειμένων επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν.

Το λογισμικό OGAMA δίνει τη δυνατότητα επιλογής ορισμένων παραμέτρων για την ανάλυση των δειγμάτων των καταγραφών. Οι τιμές των παραμέτρων που αποφασίστηκε να επιλεγούν για την ανάλυση του πειράματος αφορούν στον υπολογισμό των προσηλώσεων και στην παραγωγή των χαρτών προσοχής και συγκεκριμένα ήταν οι εξής:

- Η μέγιστη απόσταση που ένα σημείο μπορεί να διαφέρει από το κέντρο της προσήλωσης και να εξακολουθεί να αποτελεί μέρος της είναι 20 εικονοστοιχεία.
- Ο ελάχιστος αριθμός των δειγμάτων που μπορούν να αποτελέσουν μία προσήλωση είναι 5 σημεία.
- Το οριακό εύρος ανίχνευσης μίας προσήλωσης, που στο λογισμικό αναφέρεται ως “ring size” είναι 31 εικονοστοιχεία.
- Το μέγεθος του πυρήνα παρεμβολής (kernel size) για την παραγωγή των χαρτών προσοχής (heatmaps) επιλέχθηκε να είναι η προκαθορισμένη τιμή του λογισμικού, δηλαδή 201.

5.2.1. Υπολογισμός των κινήσεων προσήλωσης

Τα δεδομένα των οφθαλμικών κινήσεων όπως είναι καταγεγραμμένα από τη συσκευή καταγραφής μετατρέπονται σε κινήσεις προσηλώσεων. Ο υπολογισμός αυτών των κινήσεων υλοποιείται με χρήση ενσωματωμένου αλγορίθμου στο λογισμικό του OGAMA, ο οποίος έχει δημοσιευθεί από την εταιρεία “LC Technologies” και σύμφωνα με τους Salvucci

& Goldberg (2000) ανήκει στην κατηγορία αλγορίθμων “τύπου διασποράς με κινούμενο παράθυρο”.

Έτσι, υλοποιήθηκαν όλοι οι υπολογισμοί των συντεταγμένων και διαρκειών των προσηλώσεων όλων των υποκειμένων για κάθε οπτική σκηνή και καταγράφηκαν σε αρχείο μαζί με πληροφορίες, όπως ο κωδικός του υποκειμένου, η οπτική σκηνή στην οποία ανιχνεύονται οι προσηλώσεις, ο χρόνος που καταγράφηκαν και τέλος, η σειρά τους στην οπτική σκηνή. Η Εικόνα 5.5 παρουσιάζει τη μορφή ενός αρχείου αναφοράς των προσηλώσεων που ανιχνεύθηκαν σε μία οπτική σκηνή.

```
# File: b14-M-350ms-raw_fix.txt
# Created: Ε=ΕμΟ,Ε=Ο Ο,,Ε., 20 Ε!ΕμΕ²Ο ΕΣΟ...Ε!Ο Ε-ΕΣΟ... 2013,9:04:35 ΕΟΕΟ
# with: OGAMA Version: 4.2.4470
# Contents: GazeFixations table.
# Applies to Projekt:blank2
#
```

ID	SubjectName	TrialID	TrialSequence	CountInTrial	StartTime	Length	PosX	PosY
27302b1	20	20	1	0	150	844,620788574219210,92350769043		
27303b1	20	20	2	233	67	350,335998535156838,4921875		
28771b11	20	20	1	0	166	861,602905273438261,827484130859		
29064b13	20	20	1	0	183	873,888000488281278,843719482422		
29065b13	20	20	2	250	67	352,588806152344895,242309570313		
29200b14	20	20	1	0	180	839,968017578125276,667724609375		
29476b16	20	20	1	0	166	890,868225097656220,290328979492		
29477b16	20	20	2	233	83	369,109344482422808,072509765625		
29613b17	20	20	1	0	150	838,56640625 237,281295776367		
29614b17	20	20	2	249	67	285,337585449219805,990356445313		
29750b18	20	20	1	0	149	844,364868164063278,067199707031		
29751b18	20	20	2	232	84	298,048004150391860,279479980469		
29884b19	20	20	1	0	167	833,256774902344282,968444824219		
29885b19	20	20	2	233	84	290,197326660156897,041076660156		
27555b3	20	20	1	0	167	875,4384765625 253,9892578125		
27695b4	20	20	1	0	283	862,001708984375222,572082519531		
27839b5	20	20	1	0	150	868,684753417969226,252807617188		
27840b5	20	20	2	233	83	285,482666015625915,899719238281		
27978b6	20	20	1	0	184	865,493347167969250,12907409668		
28108b7	20	20	1	0	150	851,776000976563238,366744995117		
28109b7	20	20	2	233	83	290,197357177734781,158386230469		
28232b8	20	20	1	0	150	855,82080078125 247,357452392578		
28369b8	20	20	1	0	150	855,82080078125 247,357452392578		
28233b8	20	20	2	217	83	265,548767089844870,400024414063		
28370b8	20	20	2	217	83	265,548767089844870,400024414063		
28508b9	20	20	1	0	167	849,047241210938231,917419433594		
28509b9	20	20	2	250	67	262,451202392578943,10400390625		

Εικόνα 5.5: Αρχείο αναφοράς των προσηλώσεων σε μια οπτική σκηνή

5.2.2. Παραγωγή χαρτών προσοχής (heatmaps)

Η παραγωγή των χαρτών προσοχής, ουσιαστικά, υλοποιείται με σκοπό την οπτικοποίηση των ανιχνευμένων περιοχών από τα υποκείμενα. Πρόκειται, ουσιαστικά για απόδοση συγχωνευμένων δεδομένων προσήλωσης όλων των υποκειμένων με τη μορφή μιας διπολικής ακολουθίας χρωμάτων στην οπτική σκηνή που αναφέρονται. Τα κέντρα των περιοχών που ανιχνεύθηκαν (των συγχωνευμένων προσηλώσεων) απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα και όσο απομακρύνεται από αυτά καταλήγουν σε πράσινο. Η ένταση των χρωμάτων συνδέεται ανάλογα με τον αριθμό των προσηλώσεων στην περιοχή και την κατανομή αυτών.

Ο χάρτης προσοχής υπολογίζεται ως δυσδιάστατη κανονική κατανομή των προσηλώσεων για κάθε οπτική σκηνή, με χρήση πυρήνα παρεμβολής μεγέθους 201.

Με την παραγωγή των χαρτών προσοχής πραγματοποιείται η πρώτη εποπτική προσέγγιση του κατάλληλου εύρους τιμών του παράγοντα της διάρκειας της δυναμικής μεταβλητής του

ρυθμού αλλαγής. Ύστερα από διερεύνησή τους, οι περιπτώσεις μη ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου μπορούν να οδηγήσουν στον προσδιορισμό του ορίου της οπτικής αντίληψης της κίνησης.

στις Εικόνες 5.6 έως 5.10 παρουσιάζονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου. Η επιλογή αναδεικνύει τα ακόλουθα στοιχεία:

- ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου σε γρήγορες μετακινήσεις
- μη ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου σε γρήγορες εναλλαγές των οπτικών σκηνών (γρήγορες μετακινήσεις)



Εικόνα 5.6: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B3



Εικόνα 5.7: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B4

Οι Εικόνες 5.6 και 5.7 απεικονίζουν περιπτώσεις ανίχνευσης και μη ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, πρόκειται για τις διαδοχικές οπτικές σκηνές με κωδικό B3 και B4, διάρκειας 400 ms και 200 ms, μεσαίας και μεγάλης μετακίνησης αντίστοιχα. Στην οπτική σκηνή B3, παρατηρείται ότι ανιχνεύεται η μετακίνηση του συμβόλου καθώς η προσήλωση συμπίπτει με τη θέση του. Το πράσινο χρώμα της προσήλωσης οφείλεται στην πολύ μικρή διάρκεια έκθεσης της οπτικής σκηνής. Η άλλη θέση προσήλωσης, που παρατηρείται στην οπτική σκηνή, αναφέρεται στο στόχο στην προηγούμενη ακριβώς οπτική σκηνή B2. Στην οπτική σκηνή B4, ο συνδυασμός της γρήγορης και μεγάλης μετακίνησης οδήγησε σε μη ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου. Η περιοχή που παρατηρείται είναι αυτή της θέσης του κινούμενου συμβόλου της αμέσως προηγούμενης. Το φαινόμενο της πρώτης προσήλωσης της τρέχουσας οπτικής σκηνής στη θέση του κινούμενου συμβόλου στην ακριβώς προηγούμενη συναντάται στην πλειοψηφία των οπτικών σκηνών.



Εικόνα 5.8: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B28



Εικόνα 5.9: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B29



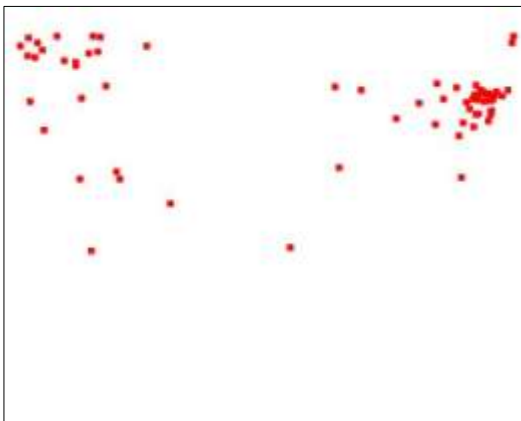
Εικόνα 5.10: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B30

Οι εικόνες 5.8, 5.9 και 5.10 αποτελούν και αυτές διαδοχικές σκηνές του κινούμενου συμβόλου. Στην οπτική σκηνή B28 πραγματοποιήθηκε γρήγορη (200 ms) και μεγάλη μετακίνηση του συμβόλου και δεν έγινε αντιληπτή από τα υποκείμενα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντιληπτική συμπεριφορά των υποκειμένων στις επόμενες δύο οπτικές σκηνές. Στη B29, στην οποία και πάλι υλοποιείται μεγάλη και ακόμα πιο γρήγορη (100 ms) μετακίνηση, παρατηρείται ότι οι θέσεις των προσηλώσεων τοποθετούνται μία στη θέση του σημειακού συμβόλου στην οπτική σκηνή B27 (προ-προηγούμενη) και μία στη νοητή ευθεία που ενώνει τις διαδοχικές θέσεις του κινούμενου συμβόλου. Ακόμη, στην οπτική σκηνή B30 στην οποία πραγματοποιήθηκε μεσαία μετακίνηση διάρκειας 600 ms, πέραν της θέσης προσήλωσης που ανιχνεύτηκε το κινούμενο σύμβολο, πραγματοποιείται προσήλωση και στη θέση του σημειακού συμβόλου στην οπτική σκηνή B28. Στην περίπτωση των παραπάνω μετακινήσεων και σε παρόμοιες περιπτώσεις, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση για την ερμηνεία τους, καθώς, παρ' όλο που δεν ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο, η πορεία των προσηλώσεων των διαδοχικών σκηνών υποδεικνύει ότι έφτασε στη θέση που κατείχε το κινούμενο σύμβολο πριν 2 οπτικές σκηνές αλλά δεν τον συνάντησε εκεί και κατευθύνθηκε στην τρέχουσα θέση του. Η περαιτέρω διερεύνηση της αντιληπτικής συμπεριφοράς σε χρονικές διάρκειες που εγγίζουν το όριο της προσήλωσης, ίσως θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τον υπολογισμό του ίχνους της πορείας του βλέμματος (scanpath) κάθε υποκειμένου.

Από τη μελέτη των χαρτών προσοχής όλων των οπτικών σκηνών προκύπτει ότι η ανίχνευση της κίνησης του σημειακού συμβόλου πραγματοποιείται προσεγγιστικά μετά τα 300ms.

5.3. Υπολογισμός των περιπτώσεων ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου

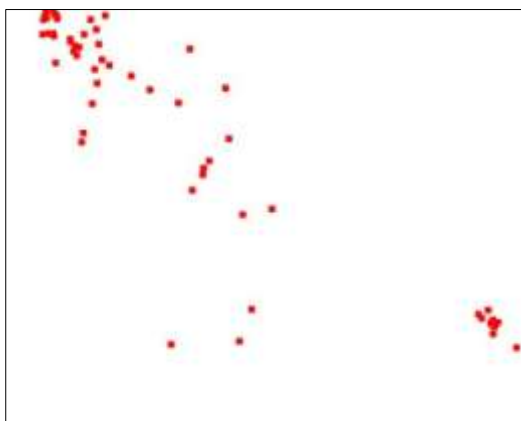
Το γεγονός ότι με τους χάρτες προσοχής οπτικοποιούνται συγχωνευμένα και όχι τα αρχικά υπολογισμένα δεδομένα προσηλωσης, καθιστά αυτή τη μέθοδο οπτικοποίησης των ανιχνευμένων περιοχών μία ενδεικτική προσέγγιση και όχι λεπτομερή. Στις Εικόνες 5.11, 5.12 και 5.13, 5.14 παρουσιάζονται οι θέσεις των προσηλώσεων όλων των υποκειμένων και ο αντίστοιχος χάρτης προσοχής των οπτικών σκηνών B12 και B49. Στο πρώτο ζευγάρι εικόνων (Εικ. 5.11 και 5.12), είναι φανερή η απλοποίηση της οπτικοποίησης των περιοχών που παρατηρήθηκαν από τα υποκείμενα στο χάρτη προσοχής, αφού η περιοχή άνω και αριστερά της εικόνας περιέχει προσηλώσεις που εκλείπουν από το χάρτη προσοχής. Στο δεύτερο ζευγάρι εικόνων (Εικ. 5.13 και 5.14), παρατηρείται πως ενώ υπάρχουν προσηλώσεις στη θέση του σημειακού συμβόλου της οπτικής σκηνής B49 (άνω και αριστερά), αυτές δεν αντιπροσωπεύονται στο χάρτη προσοχής, με αποτέλεσμα, τελικά, ενώ το κινούμενο σύμβολο έχει ανιχνευθεί, να προκύπτει λανθασμένη αντίληψη για τη μη ανίχνευση του συμβόλου με βάση το χάρτη προσοχής.



Εικόνα 5.11: Οι προσηλώσεις των υποκειμένων στην οπτική σκηνή B12



Εικόνα 5.12: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B12



Εικόνα 5.13: Οι προσηλώσεις των υποκειμένων στην οπτική σκηνή B49



Εικόνα 5.14: Χάρτης προσοχής οπτικής σκηνής B49

Έτσι, λοιπόν, αποφασίστηκε να διερευνηθεί η ανίχνευση ή μη του κινούμενου συμβόλου με βάση τις αρχικά υπολογισμένες προσηλώσεις του συνόλου των υποκειμένων και να αποδοθούν σε διάγραμμα τα παραπάνω στοιχεία συναρτήσει της χρονικής διάρκειας και της απόστασης της μετακίνησης. Ακόμη, παρατίθεται η σύγκριση του διαγράμματος στην περίπτωση του κενού υποβάθρου της οπτικής σκηνής και στην περίπτωση του τοπογραφικού χάρτη ως υπόβαθρο της οπτικής σκηνής, όπως αυτό μελετήθηκε από τη Λόκκα (2013).

5.3.1. Υπολογισμός διαγράμματος ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου

Η μεθοδολογία, που αναπτύχθηκε, εξετάζει το ποσοστό των προσηλώσεων γύρω από κάθε στόχο σε σχέση με το συνολικό αριθμό των προσηλώσεων στην οπτική σκηνή και έχει απώτερο σκοπό την παραγωγή διαγράμματος των ανιχνευμένων ή μη συμβόλων. Οι άξονες του διαγράμματος είναι το μέγεθος της χρονικής διάρκειας της μετακίνησης του σημειακού συμβόλου και το μέγεθος της απόστασης της μετακίνησής του. Προσηλώσεις, που αφορούν ένα στόχο, θεωρούνται εκείνες των οποίων η θέση τους βρίσκεται σε ακτίνα 20 εικονοστοιχείων από το κέντρο του συμβόλου. Να αναφερθεί ότι σε αυτή τη φάση, τα δεδομένα των προσηλώσεων των δύο μερών του πειράματος ενοποιήθηκαν, ώστε να οδηγήσουν σε καθολικό συμπέρασμα της επιρροής της δυναμικής μεταβλητής “ρυθμός αλλαγής” στην αποτελεσματική οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου.

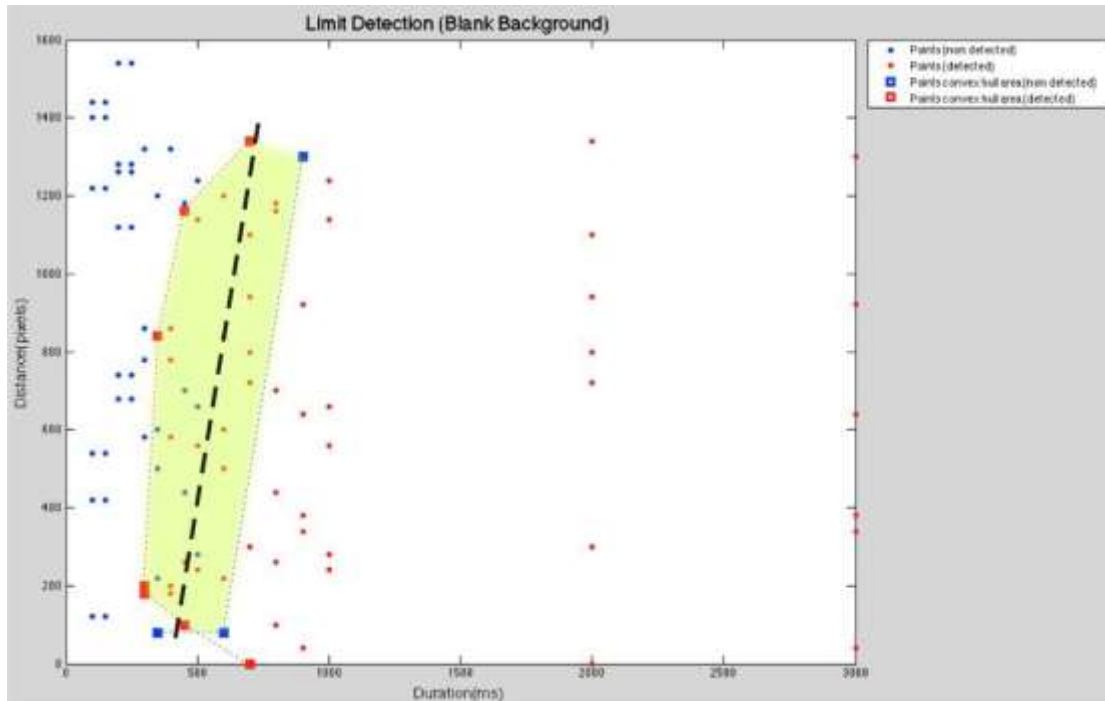
Για κάθε οπτική σκηνή, υπολογίζεται μια σειρά από μεταβλητές οι οποίες είναι:

- ο μέσος όρος της διάρκειας των προσηλώσεων γύρω από το στόχο,
- η συνολική διάρκεια των προσηλώσεων γύρω από το στόχο,
- η συνολική διάρκεια των προσηλώσεων στην οπτική σκηνή,
- το ποσοστό (%) της διάρκειας των προσηλώσεων γύρω από το στόχο σε σχέση με τη συνολική διάρκεια των προσηλώσεων της οπτικής σκηνής,
- ο αριθμός των προσηλώσεων γύρω από το στόχο,
- ο συνολικός αριθμός των προσηλώσεων στην οπτική σκηνή και
- το ποσοστό (%) του αριθμού των προσηλώσεων γύρω από το στόχο σε σχέση με το συνολικό αριθμό των προσηλώσεων της οπτικής σκηνής.

Οι τιμές των παραπάνω στοιχείων παρατίθενται στους αντίστοιχους, για κάθε μέρος του πειράματος, πίνακες του Παραρτήματος Γ.

Έχοντας υπολογίσει, λοιπόν, τα απαραίτητα στοιχεία, υλοποιήθηκε το διάγραμμα των ανιχνευμένων ή μη συμβόλων, το οποίο παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.15. Το διάγραμμα αυτό, ουσιαστικά, απεικονίζει την επιρροή της δυναμικής μεταβλητής “ρυθμός αλλαγής” στην ανίχνευση της κίνησης ενός συμβόλου σε οπτικές σκηνές λευκού υποβάθρου. Ανιχνευμένο θεωρείται το κινούμενο σύμβολο που έχει έστω και μία σε αριθμό προσηλώση σε απόσταση από το κέντρο του 20 εικονοστοιχείων, ενώ μη ανιχνευμένο θεωρείται το κινούμενο σύμβολο που έχει μηδενικό αριθμό προσηλώσεων γύρω από αυτόν. Τα σημεία του διαγράμματος (κόκκινα και μπλε) παριστάνουν τους συνδυασμούς των κινήσεων (χρονική διάρκεια και μέγεθος μετακίνησης) που πραγματοποιήθηκαν και η απόχρωσή τους εκφράζει την ανίχνευσή τους (κόκκινα σημεία) ή μη (μπλε σημεία) από τα υποκείμενα. Ακόμη, με χρήση αλγορίθμου υπολογισμού κυρτού περιγράμματος (convex hull algorithm), υπολογίστηκαν και υλοποιήθηκαν τα όρια των περιοχών των σημείων που ανιχνεύθηκαν (κόκκινη διακεκομμένη κυρτή γραμμή) και των υπολοίπων που δεν ανιχνεύθηκαν (μπλε διακεκομμένη κυρτή γραμμή). Με τον αλγόριθμο εντοπίζονται τα ακραία σημεία ενός συνόλου σημείων και η χρήση αυτών για τη χάραξη του κυρτού περιγράμματος της περιοχής του συνόλου των σημείων. Με τη σχεδίαση του κυρτού περιγράμματος των δύο

περιοχών σχηματίζεται η τομή τους, η οποία χαρακτηρίζει τις οριακές περιπτώσεις που ανιχνεύτηκε το κινούμενο σύμβολο αλλά και τις οριακές περιπτώσεις που δεν ανιχνεύθηκε. Η περιοχή αυτή θεωρείται κρίσιμη καθώς καθορίζει τις οριακές περιπτώσεις (απεικονίζεται με κίτρινη απόχρωση στο διάγραμμα). Η γραμμή του ορίου μεταξύ των ανιχνευμένων ή μη περιοχών (μαύρη διακεκομμένη γραμμή) σχεδιάστηκε ως η διάμεσος των ορίων των περιοχών ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου και βρίσκεται στο εσωτερικό της περιοχής του ορίου.



Εικόνα 5.15: Διάγραμμα ανιχνευμένων και μη συμβόλων στην περίπτωση του κενού υποβάθρου

Μελετώντας το διάγραμμα (Εικ. 5.11) μπορούν να εξαχθούν ορισμένα κρίσιμα συμπεράσματα σε σχέση με τη γραμμή και την περιοχή του ορίου, οι οποίες είναι οι εξής:

- Η γραμμή του ορίου των δύο περιοχών ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου είναι αύξουσα. Το γεγονός, αυτό, υποδηλώνει ότι η σχέση της χρονικής διάρκειας της μετακίνησης με το μέγεθός της, όσον αφορά στην ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου, είναι θετική. Σε περιπτώσεις, δηλαδή, που η μετακίνηση είναι μικρή σε μέγεθος, η αντίδραση των υποκειμένων του πειράματος είναι γρήγορη, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η μετακίνηση τόσο πιο αργά και λιγότερο αποτελεσματικά πραγματοποιείται η παρατήρηση και επομένως, η ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου.
- Ακόμη, η κλίση της νοητής γραμμής του ορίου παρατηρείται ότι είναι σχετικά μεγάλη. Αυτό σημαίνει ότι το εύρος του χρονικού ορίου της ανίχνευσης ενός κινούμενου συμβόλου σε οπτικές σκηνές λευκού υποβάθρου είναι μικρό σε σχέση με το μέγεθος της μετακίνησης, δηλαδή, ο ρυθμός αλλαγής, όπως ορίστηκε για την υλοποίηση του πειράματος, έχει μικρή επιρροή στην επιτυχία της ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές.
- Το χρονικό εύρος της περιοχής του ορίου κυμαίνεται από 300ms έως 900ms, γεγονός που καθιστά το χρονικό διάστημα αυτό κρίσιμο για την επιτυχή ή μη οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου σε οπτικές σκηνές με λευκό

υπόβαθρο. Αξίζει να αναφερθεί ότι όλες οι κινήσεις χρονικής διάρκειας 700 ms και 800ms έγιναν αντιληπτές από τα υποκείμενα.

- Η περιοχή του ορίου περιλαμβάνει περισσότερα σημεία που αντιστοιχούν σε ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου (26) σε σχέση με τα σημεία της περίπτωσης που δεν ανιχνεύθηκε (10). Συγκεκριμένα, στον Πίνακα 5.5, παρατίθενται τα στοιχεία των συνδυασμών χρονικής διάρκειας και μεγέθους μετακίνησης που ανήκουν στην περιοχή του ορίου.
- Στις περιπτώσεις των μετακινήσεων του κινούμενου συμβόλου που δεν ανιχνεύθηκαν και ανήκουν στην περιοχή του ορίου, παρατηρείται ότι στις αμέσως προηγούμενες οπτικές σκηνές - η διάρκεια των οποίων δεν ξεπερνά τα 450ms - το κινούμενο σύμβολο, επίσης, δεν ανιχνεύθηκε. Εξαίρεση αποτελεί μία οπτική σκηνή διάρκειας 700ms, στην οποία πραγματοποιήθηκε επιτυχής εντοπισμός του σημειακού συμβόλου. Το γεγονός αυτό, μπορεί να υποδηλώνει ότι σε γρήγορες μετακινήσεις, σημαντικό ρόλο έχει και η αποτελεσματικότητα της παρατήρησης - ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου - στην αμέσως προηγούμενη οπτική σκηνή.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του διαγράμματος (Εικ. 5.15) και τα παραπάνω συμπεράσματα μπορεί να επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη αλληλουχία των μετακινήσεων (χρονική διάρκεια και απόσταση) του κινούμενου συμβόλου. Το γεγονός αυτό, μπορεί να εξηγήσει περιπτώσεις, όπως η περίπτωση της ανεπιτυχούς ανίχνευσης της μεγάλης μετακίνησης του σημειακού συμβόλου που έλαβε μέρος σε 900ms, ενώ σε μετακινήσεις μικρότερης χρονικής διάρκειας - 800ms και 700ms - έχει πραγματοποιηθεί επιτυχής οπτική αναζήτηση.

Πίνακας 5.6: Πίνακας στοιχείων των μετακινήσεων εντός της περιοχής του ορίου

Διάρκεια έκθεσης	Κωδικός Οπτικών σκηνών που ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Είδος μετακίνησης που ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Κωδικός Οπτικών σκηνών που δεν ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Είδος μετακίνησης που δεν ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο
0,9	-	-	B43	Μεγάλη
0,8	B2	Μεγάλη	-	-
	B39	Μεγάλη	-	-
0,7	B12	Μεγάλη	-	-
	B20	Μεσαία	-	-
	B31	Μεσαία	-	-
	B41	Μεσαία	-	-
	B49	Μεγάλη	-	-
0,6	B6	Μεσαία	B9	Μικρή
	B14	Μεσαία	-	-
	B24	Μεγάλη	-	-
	B30	Μικρή	-	-
	B37	Μικρή	-	-
0,5	B18	Μεσαία	B34	Μικρή
	B35	Μεγάλη	B45	Μεσαία
	B48	Μικρή	-	-

Πίνακας 5.6: Πίνακας στοιχείων των μετακινήσεων εντός της περιοχής του ορίου (συνέχεια)

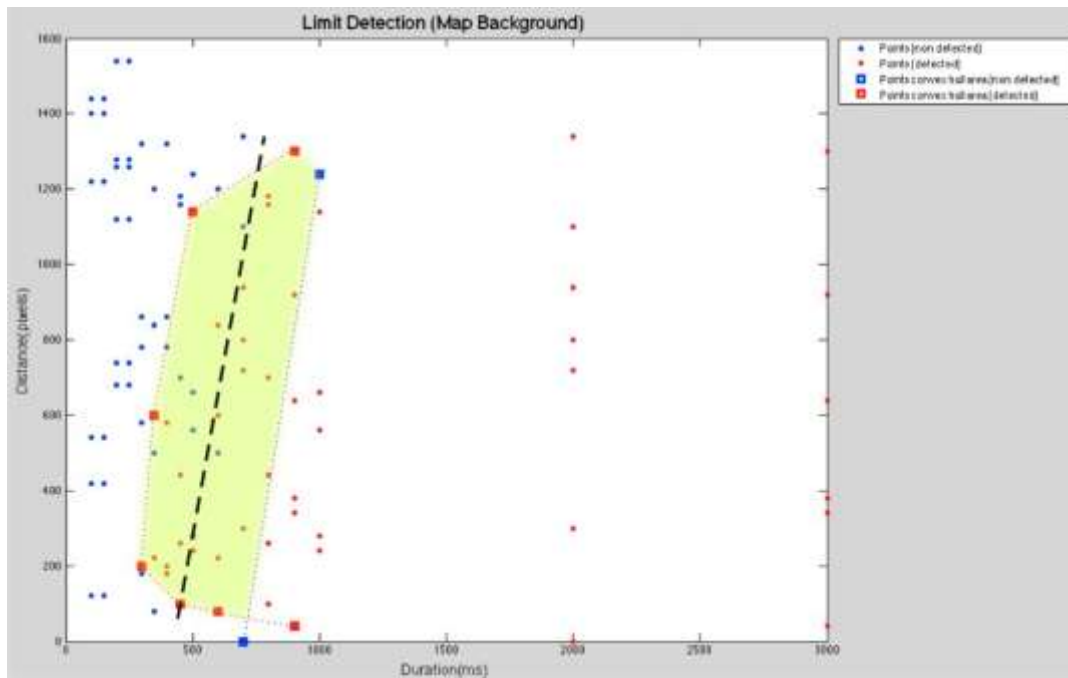
Διάρκεια έκθεσης	Κωδικός Οπτικών σκηνών που ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Είδος μετακίνησης που ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Κωδικός Οπτικών σκηνών που δεν ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο	Είδος μετακίνησης που δεν ανιχνεύθηκε το κινούμενο σύμβολο
0,45	B16	Μικρή	B8	Μεσαία
	B26	Μικρή	B22	Μικρή
	B39	Μεγάλη	-	-
0,4	B3	Μεσαία	-	-
	B7	Μικρή	-	-
	B19	Μεσαία	-	-
	B21	Μεσαία	-	-
	B23	Μικρή	-	-
0,35	B24	Μεγάλη	B6	Μεσαία
	-	-	B9	Μικρή
	-	-	B30	Μικρή
	-	-	B37	Μικρή
0,3	B23	Μικρή	-	-
	B7	Μικρή	-	-
Σύνολο	26	-	10	-

*Σημείωση 3: Με έντονη καφέ απόχρωση απεικονίζονται τα ακραία σημεία του ορίου ενώ με μαύρο τα εσωτερικά σημεία της περιοχής του ορίου.

5.3.2. Συγκριτική μελέτη του διαγράμματος ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου σε οπτικές σκηνές με λευκό υπόβαθρο και με τοπογραφικό χάρτη

Το διάγραμμα των ανιχνευμένων ή μη συμβόλων στην περίπτωση των οπτικών σκηνών με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη, παρατίθεται στην Εικόνα 5.16, όπως υλοποιήθηκε από παράλληλη έρευνα, (Λόκκα 2013).

Τα δύο διαγράμματα (για τις περιπτώσεις των οπτικών σκηνών των δύο υποβάθρων) υλοποιήθηκαν με βάση δεδομένα οφθαλμικών κινήσεων των ίδιων υποκειμένων που εκτέλεσαν τα αντίστοιχα πειράματα υπό τις ίδιες συνθήκες. Η σύγκρισή τους, λοιπόν, είναι δυνατή και μάλιστα θεμιτή για την κατανόηση της επιρροής της πυκνότητας της γεωγραφικής πληροφορίας ως υπόβαθρο των οπτικών σκηνών στην ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου.



Εικόνα 5.16: Διάγραμμα ανιχνευμένων και μη συμβόλων στην περίπτωση οπτικών σκηνών με υπόβαθρο τοπογραφικό χάρτη

Από τη σύγκριση των δύο διαγραμμάτων, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

- Η γραμμή του ορίου των δύο περιοχών ανίχνευσης ή μη του κινούμενου συμβόλου είναι, επίσης, αύξουσα και η κλίση της παρουσιάζεται ελαφρώς μικρότερη. Το γεγονός, αυτό, υποδηλώνει ότι η επιρροή της χρονικής διάρκειας (δηλαδή, ο ρυθμός αλλαγής όπως ορίστηκε στο πείραμα) στην επιτυχία της ανίχνευσης της κίνησης του συμβόλου αυξάνεται όσο αυξάνεται και η πυκνότητα της πληροφορίας της οπτικής σκηνής.
- Το χρονικό εύρος της περιοχής του ορίου κυμαίνεται από 300ms έως 1000ms, δηλαδή, είναι αυξημένο κατά 100ms με διατήρηση του κατώτατου ορίου.
- Επιπλέον, τα διαφορετικά επίπεδα περισπαστών που απεικονίζονται στον τοπογραφικό χάρτη ως υπόβαθρο φαίνεται να επηρεάζουν την αντίδραση των υποκειμένων στην οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου, με αποτέλεσμα να χρειάζονται περισσότερο χρόνο να τον εντοπίσουν σε σχέση με το λευκό υπόβαθρο. Το γεγονός αυτό υποδηλώνεται από την έκταση της περιοχής του ορίου, η οποία παρουσιάζεται πιο διευρυμένη σε σχέση με την αντίστοιχη του λευκού υποβάθρου. Παρόλα αυτά όμως, δεν επηρεάζεται ο αριθμός των σημείων που αντιστοιχούν στην ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου - διατηρείται σταθερός στα 26 σημεία - ενώ επηρεάζει λιγότερο τον αντίστοιχο της μη ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου, ο οποίος μειώνεται στα 7 σημεία από 10.

Τα στοιχεία επιτυχούς ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου στις οπτικές σκηνές του λευκού υποβάθρου και τοπογραφικού χάρτη ως υπόβαθρο παρατίθενται στον Πίνακα 5.7 και τα αντίστοιχα της ανεπιτυχούς ανίχνευσης στον Πίνακα 5.8. Τα ποσοστά επιτυχίας της ανίχνευσης, όπως προκύπτουν από τους πίνακες αυτούς είναι 56,25% και 50% σε λευκό και χαρτογραφικό υπόβαθρο, αντίστοιχα, και της μη ανίχνευσης 43,75% και 50%, αντίστοιχα. Το γεγονός αυτό ενισχύει το συμπέρασμα ότι η απόδοση ενός υποκειμένου στην οπτική αναζήτηση του κινούμενου συμβόλου σε αντίστοιχες μετακινήσεις (χρονική διάρκεια και

απόσταση) είναι αποτελεσματικότερη σε λευκό υπόβαθρο σε σχέση με το υπόβαθρο του τοπογραφικού χάρτη, στο οποίο αναπαριστάται μεγάλη πυκνότητα γεωγραφικής πληροφορίας.

Πίνακας 5.7 Συνοπτικός πίνακας στοιχείων των ανιχνευμένων σημειακών συμβόλων σε λευκό υπόβαθρο και σε υπόβαθρο τοπογραφικού χάρτη

Χρονική Διάρκεια Μετακίνησης	Περιπτώσεις ανιχνευμένης μετακίνησης του κινούμενου συμβόλου			
	Αριθμός περιπτώσεων		Είδος μετακίνησης	
	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης
3	6	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
2	6	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
1	6	5	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
0,9	5	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
0,8	6	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
0,7	6	4	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία
0,6	5	4	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία
0,5	3	2	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεγάλη
0,45	3	3	Μικρή, Μεγάλη	Μικρή
0,4	5	3	Μικρή, Μεσαία	Μικρή, Μεσαία
0,35	1	2	Μεσαία	Μικρή, Μεσαία
0,3	2	1	Μικρή	Μικρή
0,25	-	-	-	-
0,2	-	-	-	-
0,15	-	-	-	-
0,1	-	-	-	-
Ποσοστό	56,25%	50%	-	-

Πίνακας 5.8: Συνοπτικός πίνακας στοιχείων των μη ανιχνευμένων σημειακών συμβόλων σε λευκό υπόβαθρο και σε υπόβαθρο τοπογραφικού χάρτη

Χρονική Διάρκεια Μετακίνησης	Περιπτώσεις μη ανιχνευμένης μετακίνησης του κινούμενου συμβόλου			
	Αριθμός περιπτώσεων		Είδος μετακίνησης	
	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης
3	-	-	-	-
2	-	-	-	-
1	-	1	-	Μεγάλη
0,9	1	-	Μεγάλη	Μεγάλη
0,8	-	-	-	-
0,7	-	2	-	Μεγάλη
0,6	1	2	Μικρή	Μεγάλη
0,5	3	4	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη

Πίνακας 5.8: Συνοπτικός πίνακας στοιχείων των μη ανιχνευμένων σημειακών συμβόλων σε λευκό υπόβαθρο και σε υπόβαθρο τοπογραφικού χάρτη (συνέχεια)

Χρονική Διάρκεια Μετακίνησης	Περιπτώσεις μη ανιχνευμένης μετακίνησης του κινούμενου συμβόλου			
	Αριθμός περιπτώσεων		Είδος μετακίνησης	
	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης	Λευκό υπόβαθρο	Τοπογραφικός χάρτης
0,45	3	3	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μεσαία, Μεγάλη
0,4	1	3	Μεγάλη	Μεσαία, Μεγάλη
0,35	5	4	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
0,3	4	5	Μεσαία, Μεγάλη	Μεσαία, Μεγάλη
0,25	6	6	Μεσαία, Μεγάλη	Μεσαία, Μεγάλη
0,2	6	6	Μεσαία, Μεγάλη	Μεσαία, Μεγάλη
0,15	6	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
0,1	6	6	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη	Μικρή, Μεσαία, Μεγάλη
Ποσοστό	43,75%	50%	-	-

Όσον αφορά στη σύγκριση της ανίχνευσης του κινούμενου συμβόλου σε λευκό υπόβαθρο και σε υπόβαθρο τοπογραφικού χάρτη με βάση τους δύο παραπάνω πίνακες, οι πρώτες διαφορές προκύπτουν στα 1000 ms, χρονική διάρκεια στην οποία χάνει την πρώτη μετακίνηση του κινούμενου συμβόλου στο υπόβαθρο με τοπογραφικό χάρτη. Πέραν της περίπτωσης της χρονικής διάρκειας των 800ms και αυτής των 350ms -στην πρώτη περίπτωση επιτεύχθηκαν όλοι οι εντοπισμοί της κίνησης του συμβόλου και στη δεύτερη έγιναν αντιληπτές δύο μετακινήσεις του κινούμενου συμβόλου στο λευκό υπόβαθρο έναντι μίας στο υπόβαθρο τοπογραφικού χάρτη - σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις ο αριθμός των επιτυχών οπτικών αναζητήσεων του κινούμενου συμβόλου διατηρείται μεγαλύτερος στο λευκό υπόβαθρο σε σχέση με το υπόβαθρο του τοπογραφικού χάρτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων, ως μέθοδος μελέτης της οπτικής αναζήτησης, αποτελεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για τη διερεύνηση της ανίχνευσης της κίνησης χαρακτηριστικών και παραμέτρων των δυναμικών μεταβλητών. Στη σχεδίαση δυναμικών χαρτών, η μελέτη των ορίων του εύρους των δυναμικών μεταβλητών σε στάδιο προ-προσοχής μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερους και αποδοτικότερους χάρτες. Η πειραματική έρευνα που αναπτύχθηκε, εξέτασε τις τιμές των ορίων της χρονικής διάρκειας ανίχνευσης ενός σημειακού συμβόλου όταν αλλάζει θέση σε μια οπτική σκηνή. Η έρευνα αποτελεί μία πρώτη προσέγγιση και σκοπός της είναι το μοναδικό ερέθισμα που προκαλεί την οπτική αναζήτηση να είναι η κίνηση. Για το λόγο αυτό οι οπτικές σκηνές αποτελούνται από το σταθερό λευκό υπόβαθρο και τα μεταβλητά ως προς τη θέση σημειακά σύμβολα.

6.1. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της μελέτης αφορούν στη μέθοδο ανάλυσης της ακρίβειας καταγραφής των δεδομένων και στο εύρος της χρονικής διάρκειας στην οποία ανιχνεύεται η μετακίνηση ενός σημειακού συμβόλου.

6.1.1. Μέθοδος ανάλυσης της ακρίβειας των καταγραφών

Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι πάρα πολύ σημαντική για τα πειράματα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων και συνδέεται άμεσα με την ποιότητα των δεδομένων της βαθμονόμησης. Ορθός και αντιπροσωπευτικός μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων της συσκευής καταγραφής και του οφθαλμού οδηγεί σε σωστά συμπεράσματα σχετικά με την οπτική αναζήτηση. Παρ' όλα αυτά, οι περισσότερες έρευνες χρησιμοποιούν, ως αναφορά στην επιτευχθείσα ποιότητα των αποτελεσμάτων τους, την ακρίβεια καταγραφής του συστήματος και δε χρησιμοποιείται κανένα πρότυπο αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

Η μεθοδολογία ανάλυσης της ποιότητας των δεδομένων της βαθμονόμησης που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει τον υπολογισμό της επιτευχθείσας ορθότητας, ακρίβειας και απώλειας δεδομένων των δειγμάτων καταγραφής (ιδιότητες της ποιότητας των δεδομένων), όπως προτείνουν οι Holmqvist et al. (2012). Η συγκεκριμένη ανάλυση έδειξε ότι οι περιπτώσεις όπου οι τιμές των ιδιοτήτων ξεπερνούν την ακρίβεια καταγραφής του συστήματος είναι κρίσιμες για την αποδοχή ή απόρριψή τους. Η ανάγκη για σύγκριση των αντίστοιχων τιμών της επικύρωσης της βαθμονόμησης αμέσως πριν και μετά το κυρίως πείραμα, επίσης, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αποδοχή ή απόρριψη ενός δείγματος καταγραφών. Παρ' όλα αυτά συγκεκριμένα όρια των τιμών της ορθότητας, ακρίβειας και απώλειας δεδομένων για την απόρριψη των δειγμάτων δεν έχουν καθοριστεί για τα πειράματα καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων, με αποτέλεσμα η απόρριψη των υποκειμένων να γίνεται με εμπειρικό και υποκειμενικό τρόπο.

Η απόρριψη των δειγμάτων των υποκειμένων του πειράματος πραγματοποιήθηκε με βάση τον αλγόριθμο υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος (Κρασσανάκης 2013), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψιν τον παράγοντα της ορθότητας (μετατόπισης των καταγραφών από τον αντίστοιχο στόχο) αλλά και της σχετικής γεωμετρίας της κατανομής των καταγραφών στην εικόνα των στόχων της διαδικασίας της

επικύρωσης της βαθμονόμησης πριν και μετά το κυρίως πείραμα. Οι ιδιότητες της ακρίβειας και της απώλειας δεδομένων υπολογίστηκαν σε μεταγενέστερο επίπεδο και ουσιαστικά ενίσχυσαν την απόφαση επιλογής των υποκειμένων που απορρίφθηκαν. Παρ' όλα αυτά, η ανάγκη για λήψη αποφάσεων με βάση όλους τους παράγοντες της ποιότητας των δεδομένων αλλά και η σχετική γεωμετρία της κατανομής των καταγραφών στους στόχους κρίνεται, τελικά, σημαντική για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων των καταγεγραμμένων οφθαλμικών κινήσεων.

6.1.2. Εύρος χρονικής διάρκειας ανίχνευσης του κινούμενου σημειακού συμβόλου

Στόχος της πειραματικής έρευνας ήταν η εύρεση των τιμών της διάρκειας που ανιχνεύεται ένα σημειακό σύμβολο όταν αλλάζει θέση σε μια οπτική σκηνή. Η μελέτη της μετακίνησης χωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες με βάση το μέγεθός της: μικρές, μεσαίες και μεγάλες μετακινήσεις. Τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας υποδεικνύουν ότι για χρονικές διάρκειες μικρότερες 300 ms η κίνηση του συμβόλου δε γίνεται αντιληπτή από κανένα υποκείμενο για κανένα μέγεθος και είδος μετακίνησης ενώ για χρονικές διάρκειες μεγαλύτερες 900 ms η κίνηση γίνεται αντιληπτή από όλους. Έτσι, λοιπόν, ορίζεται το κρίσιμο διάστημα ανίχνευσης ενός κινούμενου σημειακού συμβόλου που κυμαίνεται από τα 300 ms έως τα 900 ms. Το διάστημα αυτό χαρακτηρίζεται ως κρίσιμο, καθώς παρατηρείται ότι σε ίδιες χρονικές διάρκειες ανιχνεύονται μερικές από τις συνολικές παρατηρήσεις και μάλιστα με τα εξής αποτελέσματα:

- Μη ανίχνευση μικρότερου μεγέθους μετακινήσεων έναντι μεγαλύτερων σε ίδια χρονική διάρκεια
- Μη ανίχνευση του σημειακού συμβόλου μικρού μεγέθους μετακίνησης σε μεγάλη χρονική διάρκεια έναντι ανίχνευσης του συμβόλου μεγαλύτερης μετακίνησης σε μικρότερη χρονική διάρκεια
- Μη ανίχνευση του σημειακού συμβόλου ενός είδους μετακίνησης σε μία χρονική διάρκεια έναντι ανίχνευσης του συμβόλου ίδιου είδους μετακίνησης σε μικρότερη χρονική διάρκεια

Οι παραπάνω περιπτώσεις, μπορεί να οφείλονται στην παράλληλη επιρροή της δυναμικής μεταβλητής “σειρά” (order), που αναφέρεται στη σειρά παρουσίασης των οπτικών σκηνών και κα' επέκταση στην αλληλουχία των μετακινήσεων και των αντίστοιχων διαρκειών. Αυτό, δικαιολογείται από το γεγονός ότι στην πλειοψηφία των παραπάνω περιπτώσεων η ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου στην αμέσως προηγούμενη οπτική σκηνή δεν είχε πραγματοποιηθεί, επίσης.

Η μελέτη των τιμών της διάρκειας που ανιχνεύεται ένα σημειακό σύμβολο όταν αλλάζει θέση εξετάστηκε και στην περίπτωση οπτικής σκηνής με τοπογραφικό χάρτη ως υπόβαθρο σε παράλληλη πειραματική εργασία (Λόκκα 2013). Με τον τρόπο αυτό κατέστη δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων, ώστε να διερευνηθεί η επιρροή της χαρτογραφικής πληροφορίας στη διάρκεια ανίχνευσης της μετακίνησης. Η κρίσιμη περιοχή, στην περίπτωση του τοπογραφικού χάρτη, προέκυψε μεγαλύτερη σε εύρος σε σχέση με την περίπτωση του λευκού υποβάθρου. Το γεγονός αυτό, υποδηλώνει πως στην περίπτωση του τοπογραφικού χάρτη, ερεθίσματα που επηρεάζουν την οπτική αναζήτηση είναι και τα διάφορα είδη της γεωγραφικής πληροφορίας (περισπαστές) πέρα από την κίνηση, με αποτέλεσμα η ανίχνευση του κινούμενου συμβόλου να καθυστερείται σε σχέση με την αντίστοιχη στο λευκό υπόβαθρο. Η παραπάνω διαπίστωση συμφωνεί με την πρόταση των Castner & Eastman (1984), σχετικά με την επιρροή της πολυπλοκότητας της πληροφορίας του χάρτη (map complexity) στην αποδοτικότητα ανάγνωσής του.

6.2. Ιδέες για μελλοντική έρευνα

Με την υλοποίηση της πειραματικής έρευνας εντοπίστηκαν διάφορα σημεία που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής έρευνας για το σχεδιασμό αποτελεσματικών και αποδοτικών δυναμικών χαρτών. Οι ιδέες, αυτές, αφορούν σε υλοποίηση πειραμάτων παρόμοιας αλλά και διαφορετικής μορφής, καθώς και έρευνας των αποδεκτών ορίων της αξιοπιστίας των καταγεγραμμένων οφθαλμικών κινήσεων. Συγκεκριμένα:

- Η πειραματική έρευνα που αναπτύχθηκε εντόπισε την περιοχή του ορίου της χρονικής διάρκειας της ανίχνευσης της κίνησης ενός σημειακού συμβόλου. Η περιοχή αυτή, κυμαίνεται από τα 300ms έως τα 900ms. Προκειμένου να ενισχυθεί η έρευνα της επιρροής της δυναμικής μεταβλητής του ρυθμού αλλαγής, μπορεί να σχεδιαστεί παρόμοιας φύσης μελέτη που να εξετάζει την ανίχνευση της κίνησης σημειακού συμβόλου σε οπτικές σκηνές λευκού υποβάθρου χρονικής διάρκειας που να αντιστοιχεί στο κρίσιμο χρονικό διάστημα (300-900 ms). Η διάταξη παράθεσης των οπτικών σκηνών θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ώστε, να επιτυγχάνονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί μετακινήσεων και χρονικών διαρκειών. Έτσι, θα είναι εφικτό να απαλειφθεί η περιοχή στην οποία η ανίχνευση δεν ακολουθεί κάποια λογική κατανομή και τα όρια μεταξύ ανίχνευσης ή μη του κινούμενου σημειακού συμβόλου θα είναι πλέον ξεκάθαρα. Η υλοποίηση παράλληλης και αντίστοιχης μελέτης (Λόκκα 2013), με οπτικές σκηνές που ως υπόβαθρο απεικονίζουν έναν τοπογραφικό χάρτη, μπορεί να οδηγήσει σε ολοκληρωμένη έρευνα της επιρροής της παραμέτρου της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής στην ανίχνευση της κίνησης.
- Οι Rinner & Ferber (2006), ύστερα από υλοποίηση ενός πιλοτικού πειράματος, συμπεραίνουν ότι διαφορετικά είδη χαρτών προκαλούν διαφορετική συμπεριφορά εξερεύνησής τους (exploration approaches). Επέκταση της έρευνας αυτής, μπορεί να αποτελέσει η υλοποίηση πειραματικής διαδικασίας μελέτης της κίνησης σε οπτικές σκηνές χαρτών διαφορετικών γεωγραφικών φαινομένων. Τα συμπεράσματα μπορεί να εμπλουτίσουν τη γνώση σχετικά με την ευαισθησία της παραμέτρου της διάρκειας του ρυθμού αλλαγής στην ανίχνευση της κίνησης σε δυναμικούς χάρτες.
- Γενική συναίνεση όσον αφορά σε αντικειμενικά πρότυπα αναφοράς της ποιότητας των δεδομένων δεν υπάρχει για τα πειράματα που εξετάζουν τις οφθαλμικές κινήσεις. Σε πολλές μελέτες αναφέρεται μόνο η ακρίβεια του συστήματος καταγραφής χωρίς κάποια αναφορά στην τελική ακρίβεια που επιτεύχθηκε στα αποτελέσματα. Η ανάγκη για έρευνα των ορίων αποδοχής δειγμάτων της ορθότητας των μετρήσεων, της ακρίβειας και της απώλειας δεδομένων των οφθαλμικών κινήσεων κρίνεται απαραίτητη, προκειμένου να παράγονται αποτελέσματα αξιόπιστα αλλά και συγκρίσιμα με αντίστοιχα αποτελέσματα πειραματικών μελετών με παρόμοιο αντικείμενο έρευνας.

Η μελέτη σχεδίασης αποτελεσματικών δυναμικών χαρτών είναι ακόμα σε εξέλιξη, επομένως, η έρευνα μέσω εμπειρικών εργασιών πρέπει να συνεχιστεί. Όπως προτείνει ο Ware (2004), η θεωρία της προ-προσεκτικής όρασης μπορεί να εφαρμοστεί στο σχεδιασμό συμβόλων για την αναπαράσταση χωρικής πληροφορίας. Η παραπάνω πρόταση μπορεί να επεκταθεί στην περίπτωση του σχεδιασμού δυναμικών χαρτών. Η επιλεκτική προσοχή αφορά στην καθοδήγηση της οπτικής αναζήτησης από χαρακτηριστικά που προεξέχουν σε μια οπτική σκηνή. Έτσι, η μελέτη των δυναμικών μεταβλητών και της επιρροής τους στην

αντιληπτική προσοχή της κίνησης (παρατηρούμενο χαρακτηριστικό σε στάδιο προ-προσοχής) κρίνεται απαραίτητη για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό δυναμικών χαρτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Beck, J. (1982). Textural segmentation. In J. Beck (Ed.), *Organization and Representation in Perception*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bertin, J. (1967). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, (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.
- Βρεττός, Γ. (2006). Μελέτη οφθαλμικών κινήσεων προσήλωσης. Μεταπτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Brodersen, L., Andersen, H. K., & Weber, S. (2002). Applying eye movement tracking for the study of map perception and map design, 4(9): 15-16 . Kort & Matrikelstyrelsen. National and Cadastre Denmark.
- Campbell, C. S., & Egbert, S. L. (1990). Animated cartography/thirty years of scratching the surface. *Cartographica*, 27(2): 24-46.
- Castner, H. W., & Eastman, J. R. (1984). Eye-movement parameters and perceived map complexity - I. *The American Cartographer*, 11(2): 107-117.
- 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.
- Cornell, B., & Robinson, A. H. (1966). Possibilities for computer animated films in cartography. *The Cartographic Journal*, 3(1): 79-82.
- DeLucia, A. A. (1975). How people read maps: Some objective evidence. *Department of Geography*, 135-144.
- 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.
- Doll, T. J. (1993). Preattentive processing in visual search. In *proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 37th Annual Meeting*, 1291-1249. Santa Monica, CA.
- Duckowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: Theory and practice* (2nd ed.). Springer. Verlag-London Limited.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1992). Beyond the search surface: Visual search and attentional engagement. *J. Exp. Psychol: Human Perception and Performance*, 18(2): 578-588.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96: 433-458.
- Goldberg, H. J., & Wichansky, A. M. (2003). Eye tracking in usability evaluation: A practitioner's guide. In J. Hyöna, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye: On cognitive and applied aspects of eye movement research*, 493-516. Amsterdam: Elsevier.
- Goldberg, J. H., & Kotval, X. P. (1999). Computer interface evaluation using eye movements methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24: 331-645.

- Hammoud, R. I. (2008). *Passive eye monitoring: Algorithms, applications and experiments*. New York: Springer.
- Holmqvist, K., Nyström, N., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press.
- 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.
- 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).
- Jenks, G. F. (1973). Visual integration in thematic mapping: Fact or fiction. *International Yearbook of Cartography*, 13: 27-35.
- Jenny, B., Jenny, H., & Räber, S. (2008). Map design for the internet. In *International Perspectives on Maps and the Internet: An Introduction*, 31-48. New York: Springer.
- Κασιδώνη, Α. (2005). Χαρακτηριστικά του σχήματος και η επίδρασή τους σε προ-προσοχής αντιληπτικές διαδικασίες. *Μεταπτυχιακή Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.*
- Kinchla, R. A. (1974). Detecting target elements in multi-element arrays: A confusability model. *Perception & Psychophysics*, 15: 149-158.
- Koussoulakou, A. (1990). *Computer-assisted cartography for monitoring spatio-temporal aspects of urban air pollution*. PhD thesis: Delft: Delft University Press.
- Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2010). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (3rd ed.). Pearson Education Limited.
- 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.
- Κρασσανάκης, Β. (2013). Λογισμικό υπολογισμού κέντρου νέφους σημείων γύρω από περιοχές ενδιαφέροντος. *Εργαστήριο Χαρτογραφίας, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π. (αδημοσίευτη εργασία)*.
- Κρασσανάκης, Β. (2009). Καταγραφή του ίχνους της οπτικής αναζήτησης: Μία μέθοδος διερεύνησης της επιλεκτικότητας της οπής ως βασικού χαρακτηριστικού του σχήματος. *Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.*
- Lloyd, R. (1997). Visual Search Processes Used in Map Reading. *Cartographica*, 34(1): 11-32
- Λόκκα, Ι. Ε. (2013). Διερεύνηση παραμέτρων δυναμικών μεταβλητών με οφθαλμικές κινήσεις σε τοπογραφικό χάρτη. *Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.*
- MacEachren, A. M. (1995). *How maps work: Representation, visualization, and design*. Department of Geography. Pennsylvania State University. The Guilford Press, New York.
- Mack, A., Tang, B., Tuma, R., Kahn, S., & Rock, I. (1992). Perceptual organization and attention. *Cognitive Psychology*, 24: 475-501.
- Νάκος, Β., & Κρασσανάκης, Β. (2013). Ενότητα 9^η : Δυναμική χάρτες. Στο σεμινάριο “Διαχείριση γεωπληροφοριών μέσω διαδικτύου - Διαδικτυακή χαρτογραφία και χαρτογραφία με πολυμέσα”. ΙΕΚΕΜ, ΤΕΕ.

- Nebes, R. D. (1978). Vocal versus manual response as a determinant of age difference in simple reaction time. *Journal of Gerontology*, 33: 884-889.
- 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.
- Nyström, M., & Holmqvist, K. (2010). An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eyetracking data. *Behavior Research Methods*, 42: 188-204.
- Petchenik, B.B. (1983). A map maker's perspective on map design research 1950-1980. *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*, D.R.F. Taylor (ed.), 37-65, New York: John Wiley & Sons.
- Ponsoda, V., Scott, D., & Findlay, J.M. (1995). A probability vector and transition matrix analysis of eye movements during visual search. *Acta Psychologica*, 88: 167-185.
- Rinner, C., & Ferber, S. (2006). Eye movements in map comparison - Preliminary results and lessons learned. Abstract and presentation at the Canadian Cartographic Association's annual meeting (in conjunction with GeoTec conference). Ottawa, Canada.
- Robinson, G. H. (1979) Dynamics of the eye and head during movement between displays: A qualitative and quantitative guide for designers. *Human Factors*, 21(3): 343-352.
- Roulaeu, B. (1984). Theory of cartographic expression and design. In B. Roulaeu, *Basic Cartography for Students and Technicians*, 1: 81-111. International Cartographic Association, Hampshire.
- Salvucci, D. D., & Goldberg, J. H. (2000). Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In *Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications - ETRA '00*, 71-78. New York, USA: ACM Press.
- 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.
- Vecera, S. (2000). Toward a biased competition account of object-based segregation and attention. *Brain and Mind*, 1: 353-384.
- Viewpoint Eye Tracker® (2010) Software User Guide, from Arrington Research.
- Viviani, P. (1990). In E. Kowler (Ed.), *Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes*, Ch. 8. Elsevier Science, Amsterdam.
- Voßkübler, 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.
- Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design* (2nd ed.). Elsevier, London.

- Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2004). What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? In *Natural Reviews Neuroscience*, 5: 1-7.
- Wolfe, J. M. (1998). Visual search. In H. Pashler (Ed.) *Attention 1*: 13-73, University College London Press, London, UK.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1: 202-238.
- Wolfe, J. M. (1993). Guided search 2.0: The upgrade. In *proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 37th Annual Meeting*, 1295-1299. Santa Monica, CA.
- Wolfe, J. M., Cave, K. R., & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative of the feature integration model for visual search. *Journal of Experiment Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3): 419-433.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://laser4myopia.gr/>

<http://www.eyepathology.gr/>

<http://el.wikipedia.org/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Αρχείο ρυθμίσεων του πειράματος (setting file)

```
stimWind_FullDisplay 2
setWindow STIMULUS SHOW
```

```
//video Mode
videoMode Speed2
```

```
//set controls
//set gaze display
gazeGraphicsOptions -ROI
```

```
//set stimulus display
stimulusGraphicsOptions -POG
```

```
// Must initialize the StateSpace before using (re-using) it.
```

```
stateSpaceInit
pictureList_Init
pictureList_AddName "autocalibration/1_S.bmp" //1
pictureList_AddName "autocalibration/3_S.bmp" //2
pictureList_AddName "autocalibration/5_S.bmp" //3
pictureList_AddName "autocalibration/7_S.bmp" //4
pictureList_AddName "autocalibration/9_S.bmp" //5
pictureList_AddName "autocalibration/blank_0.bmp" //6
pictureList_AddName "propeirama_blank/b1-1160.bmp" //7
pictureList_AddName "propeirama_blank/b2-780.bmp" //8
pictureList_AddName "propeirama_blank/b3-1260.bmp" //9
pictureList_AddName "propeirama_blank/b4-300.bmp" //10
pictureList_AddName "propeirama_blank/b5-600.bmp" //11
pictureList_AddName "propeirama_blank/b6-180.bmp" //12
pictureList_AddName "propeirama_blank/b7-700.bmp" //13
pictureList_AddName "propeirama_blank/b8-80.bmp" //14
pictureList_AddName "propeirama_blank/b9-1540.bmp" //15
pictureList_AddName "propeirama_blank/b10-540.bmp" //16
pictureList_AddName "propeirama_blank/b11-1100.bmp" //17
pictureList_AddName "propeirama_blank/b12-340.bmp" //18
pictureList_AddName "propeirama_blank/b13-840.bmp" //19
pictureList_AddName "propeirama_blank/b14-1240.bmp" //20
pictureList_AddName "propeirama_blank/b15-100.bmp" //21
pictureList_AddName "propeirama_blank/b16-1400.bmp" //22
pictureList_AddName "propeirama_blank/b17-560.bmp" //23
pictureList_AddName "propeirama_blank/b18-860.bmp" //24
pictureList_AddName "propeirama_blank/b19-940.bmp" //25
pictureList_AddName "propeirama_blank/b20-580.bmp" //26
pictureList_AddName "propeirama_blank/b21-440.bmp" //27
pictureList_AddName "propeirama_blank/b22-200.bmp" //28
pictureList_AddName "propeirama_blank/b23-1200.bmp" //29
pictureList_AddName "propeirama_blank/b24-920.bmp" //30
pictureList_AddName "propeirama_blank/b25-260.bmp" //31
pictureList_AddName "propeirama_blank/b26-640.bmp" //32
pictureList_AddName "propeirama_blank/b27-1120.bmp" //33
pictureList_AddName "propeirama_blank/b28-1220.bmp" //34
pictureList_AddName "propeirama_blank/b29-500.bmp" //35
pictureList_AddName "propeirama_blank/b30-720.bmp" //36
```

```

pictureList_AddName "propeirama_blank/b31-420.bmp" //37
pictureList_AddName "propeirama_blank/b32-1320.bmp" //38
pictureList_AddName "propeirama_blank/b33-280.bmp" //39
pictureList_AddName "propeirama_blank/b34-1140.bmp" //40
pictureList_AddName "propeirama_blank/b35-740.bmp" //41
pictureList_AddName "propeirama_blank/b36-220.bmp" //42
pictureList_AddName "propeirama_blank/b37-380.bmp" //43
pictureList_AddName "propeirama_blank/b38-1180.bmp" //44
pictureList_AddName "propeirama_blank/b39-1440.bmp" //45
pictureList_AddName "propeirama_blank/b40-800.bmp" //46
pictureList_AddName "propeirama_blank/b41-1280.bmp" //47
pictureList_AddName "propeirama_blank/b42-1300.bmp" //48
pictureList_AddName "propeirama_blank/b43-680.bmp" //49
pictureList_AddName "propeirama_blank/b44-660.bmp" //50
pictureList_AddName "propeirama_blank/b45-120.bmp" //51
pictureList_AddName "propeirama_blank/b46-40.bmp" //52
pictureList_AddName "propeirama_blank/b47-240.bmp" //53
pictureList_AddName "propeirama_blank/b48-1340.bmp" //54
pictureList_AddName "propeirama_blank/b49-teliko.bmp" //55
pictureList_AddName "autocalibration/blank_02.bmp" //56
pictureList_AddName "autocalibration/1_S2.bmp" //57
pictureList_AddName "autocalibration/3_S2.bmp" //58
pictureList_AddName "autocalibration/5_S2.bmp" //59
pictureList_AddName "autocalibration/7_S2.bmp" //60
pictureList_AddName "autocalibration/9_S2.bmp" //61
pictureList_AddName "autocalibration/blank_03.bmp" //62
pictureList_EndAction {stateJump 63} // when end of picture list comes, goto state#71

fkey_cmd 9 { stateJump 24} // when the user presses FKEY 9 then jump to state 6 and close datafile

// **** open datafile
//dataFile_NewUniqueExtension "_propeirama.txt"
//dataFileName
dataFile_NewName "C:\Documents and Settings\Viewer\Desktop\ViewPoint2.8.6.21 LATEST
VERSION\ViewPoint2.8.6.21\Data\propeirama_IA\_propeirama.txt"
dataFile_NewUnique

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

// *** STATE 1 presents next preference picture ***
stateMode 1
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 2 // after 3 seconds, goto state#2

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

// *** STATE 3 presents next preference picture ***
stateMode 3
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }

```

```
stateTimeout 3 4 // after 3 seconds, goto state#4

// *** STATE 4 presents next preference picture ***
stateMode 4
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 5 // after 3 seconds, goto state#5

// *** STATE 5 presents next preference picture ***
stateMode 5
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 6 // after 3 seconds, goto state#6

// *** STATE 6 presents next preference picture ***
stateMode 6
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 7 // after 2 seconds, goto state#7

// *** STATE 7 presents next preference picture ***
stateMode 7
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 8 // after 2 seconds, goto state#8

// *** STATE 8 presents next preference picture ***
stateMode 8
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 9 // after 0.8 seconds, goto state#9

// *** STATE 9 presents next preference picture ***
stateMode 9
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 10 // after 0.4 seconds, goto state#10

// *** STATE 10 presents next preference picture ***
stateMode 10
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 11 // after 0.2 seconds, goto state#11

// *** STATE 11 presents next preference picture ***
stateMode 11
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 12 // after 2 seconds, goto state#12

// *** STATE 12 presents next preference picture ***
stateMode 12
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 13 // after 0.6 seconds, goto state#13

// *** STATE 13 presents next preference picture ***
```

```
stateMode 13
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 14 // after 0.4 seconds, goto state#14

// *** STATE 14 presents next preference picture ***
stateMode 14
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 15 // after 0.8 seconds, goto state#15

// *** STATE 15 presents next preference picture ***
stateMode 15
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 16 // after 0.6 seconds, goto state#16

// *** STATE 16 presents next preference picture ***
stateMode 16
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 17 // after 0.2 seconds, goto state#17

// *** STATE 17 presents next preference picture ***
stateMode 17
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 18 // after 0.1 seconds, goto state#18

// *** STATE 18 presents next preference picture ***
stateMode 18
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 19 // after 2 seconds, goto state#19

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

// *** STATE 20 presents next preference picture ***
stateMode 20
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 21 // after 0.6 seconds, goto state#21

// *** STATE 21 presents next preference picture ***
stateMode 21
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 22 // after 1 seconds, goto state#22

// *** STATE 22 presents next preference picture ***
stateMode 22
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
```



```
stateTimeout 0.8 23 // after 0.8 seconds, goto state#23

// *** STATE 23 presents next preference picture ***
stateMode 23
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 24 // after 0.1 seconds, goto state#24

// *** STATE 24 presents next preference picture ***
stateMode 24
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 25 // after 1 seconds, goto state#25

// *** STATE 25 presents next preference picture ***
stateMode 25
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 26 // after 0.4 seconds, goto state#26

// *** STATE 26 presents next preference picture ***
stateMode 26
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 27 // after 2 seconds, goto state#27

// *** STATE 27 presents next preference picture ***
stateMode 27
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 28 // after 0.4 seconds, goto state#28

// *** STATE 28 presents next preference picture ***
stateMode 28
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 29 // after 0.8 seconds, goto state#29

// *** STATE 29 presents next preference picture ***
stateMode 29
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 30 // after 0.4 seconds, goto state#30

// *** STATE 30 presents next preference picture ***
stateMode 30
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 31 // after 0.6 seconds, goto state#31

// *** STATE 31 presents next preference picture ***
stateMode 31
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 32 // after 3 seconds, goto state#32

// *** STATE 32 presents next preference picture ***
```

```
stateMode 32
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 33 // after 0.8 seconds, goto state#33

// *** STATE 33 presents next preference picture ***
stateMode 33
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 34 // after 3 seconds, goto state#34

// *** STATE 34 presents next preference picture ***
stateMode 34
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 35 // after 0.2 seconds, goto state#35

// *** STATE 35 presents next preference picture ***
stateMode 35
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 36 // after 0.1 seconds, goto state#36

// *** STATE 36 presents next preference picture ***
stateMode 36
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 37 // after 0.6 seconds, goto state#37

// *** STATE 37 presents next preference picture ***
stateMode 37
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 38 // after 2 seconds, goto state#38

// *** STATE 38 presents next preference picture ***
stateMode 38
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 39 // after 0.1 seconds, goto state#39

// *** STATE 39 presents next preference picture ***
stateMode 39
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.4 40 // after 0.4 seconds, goto state#40

// *** STATE 40 presents next preference picture ***
stateMode 40
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 41 // after 1 seconds, goto state#41

// *** STATE 41 presents next preference picture ***
stateMode 41
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
```

```
stateTimeout 1 42 // after 1 seconds, goto state#42

// *** STATE 42 presents next preference picture ***
stateMode 42
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 43 // after 0.2 seconds, goto state#43

// *** STATE 43 presents next preference picture ***
stateMode 43
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.6 44 // after 0.6 seconds, goto state#44

// *** STATE 44 presents next preference picture ***
stateMode 44
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 45 // after 3 seconds, goto state#45

// *** STATE 45 presents next preference picture ***
stateMode 45
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.8 46 // after 0.8 seconds, goto state#46

// *** STATE 46 presents next preference picture ***
stateMode 46
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 47 // after 0.1 seconds, goto state#47

// *** STATE 47 presents next preference picture ***
stateMode 47
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 48 // after 2 seconds, goto state#48

// *** STATE 48 presents next preference picture ***
stateMode 48
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 49 // after 0.2 seconds, goto state#49

// *** STATE 49 presents next preference picture ***
stateMode 49
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 50 // after 3 seconds, goto state#50

// *** STATE 50 presents next preference picture ***
stateMode 50
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.2 51 // after 0.2 seconds, goto state#51

// *** STATE 51 presents next preference picture ***
```

```
stateMode 51
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 52 // after 1 seconds, goto state#52

// *** STATE 52 presents next preference picture ***
stateMode 52
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 0.1 53 // after 0.1 seconds, goto state#53

// *** STATE 53 presents next preference picture ***
stateMode 53
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 54 // after 3 seconds, goto state#54

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

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

// *** STATE 56 presents next preference picture ***
stateMode 56
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 2 57 // after 2 seconds, goto state#57

// *** STATE 57 presents next preference picture ***
stateMode 57
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 58 // after 3 seconds, goto state#58

// *** STATE 58 presents next preference picture ***
stateMode 58
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 59 // after 3 seconds, goto state#59

// *** STATE 59 presents next preference picture ***
stateMode 59
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 60 // after 3 seconds, goto state#60

stateMode 60
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 61 // after 3 seconds, goto state#61
```

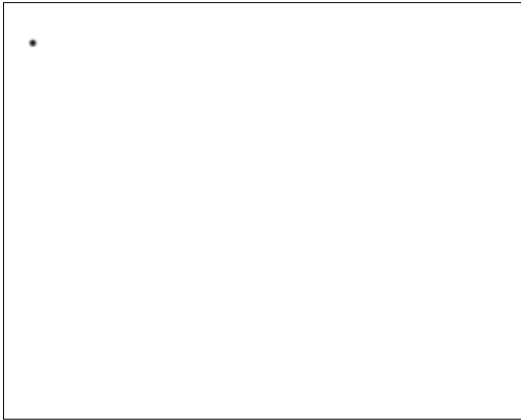
```
stateMode 61
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 3 62 // after 3 seconds, goto state#62
stateMode 62
stateLabel "present next preference picture"
stateCommand { pictureList_ShowNext }
stateTimeout 1 63 // after 1 seconds, goto state#63

// *** STATE 63 close data file***`
stateMode 63
stateLabel "closes datafile"
stateCommand {dataFile_Close }
stateTimeout 1 0 // immediately, goto state#0

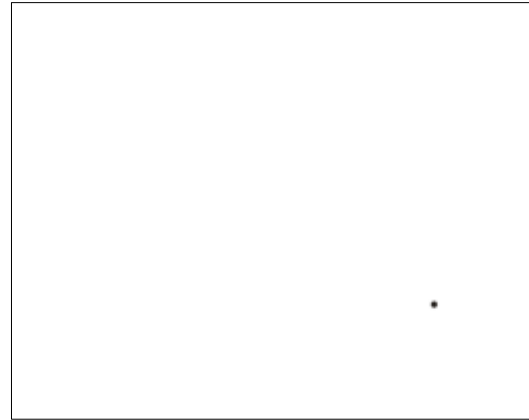
stateJump 1
stateDump
stateEngine On
end
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Σειρά παρουσίασης των οπτικών σκηνών του κυρίως πειράματος



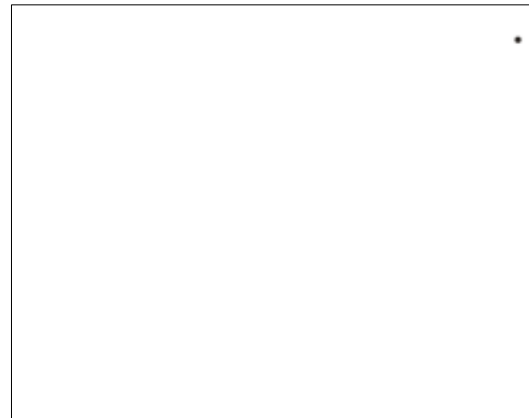
Εικόνα Β.1: Οπτική Σκηνή Β1



Εικόνα Β.2: Οπτική Σκηνή Β2



Εικόνα Β.3: Οπτική Σκηνή Β3



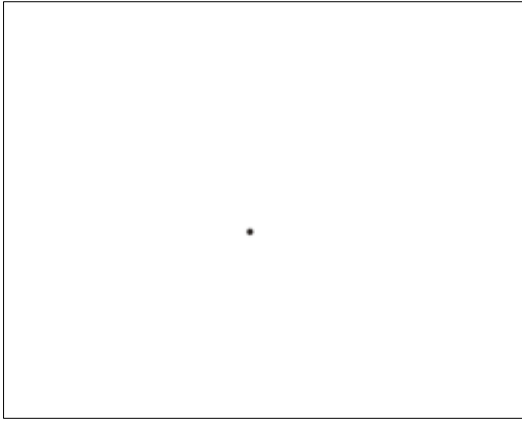
Εικόνα Β.4: Οπτική Σκηνή Β4



Εικόνα Β.5: Οπτική Σκηνή Β5



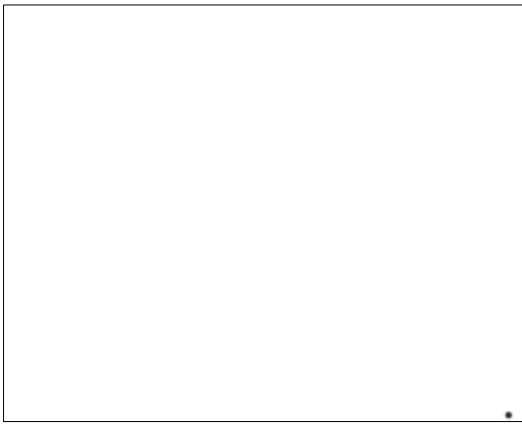
Εικόνα Β.6: Οπτική Σκηνή Β6



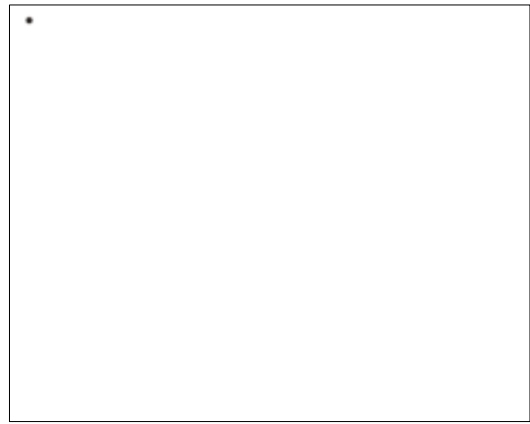
Εικόνα Β.7: Οπτική Σκηνή Β7



Εικόνα Β.8: Οπτική Σκηνή Β8



Εικόνα Β.9: Οπτική Σκηνή Β9



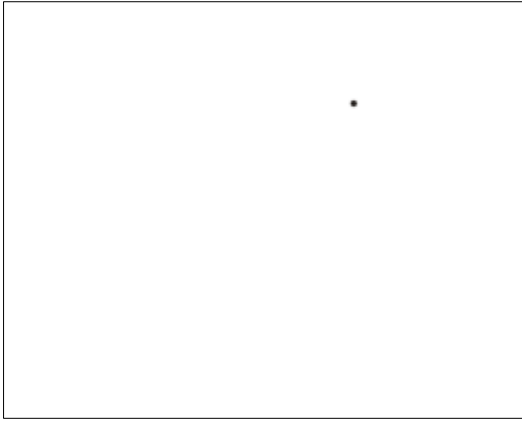
Εικόνα Β.10: Οπτική Σκηνή Β10



Εικόνα Β.11: Οπτική Σκηνή Β11



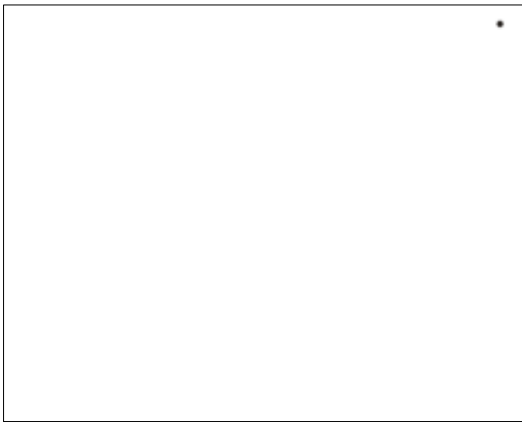
Εικόνα Β.12: Οπτική Σκηνή Β12



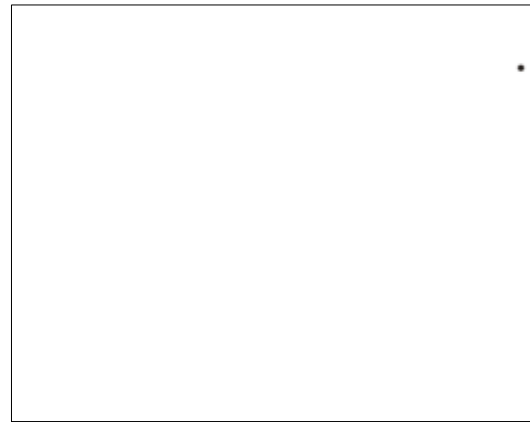
Εικόνα Β.13: Οπτική Σκηνή Β13



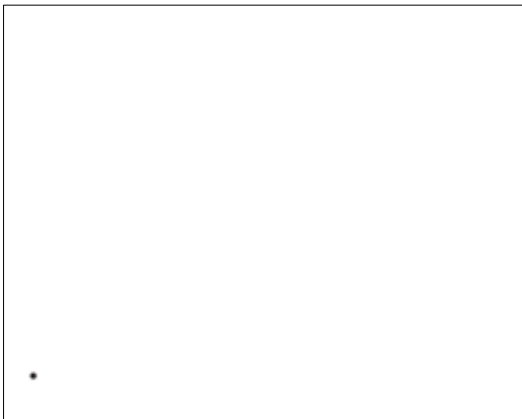
Εικόνα Β.14: Οπτική Σκηνή Β14



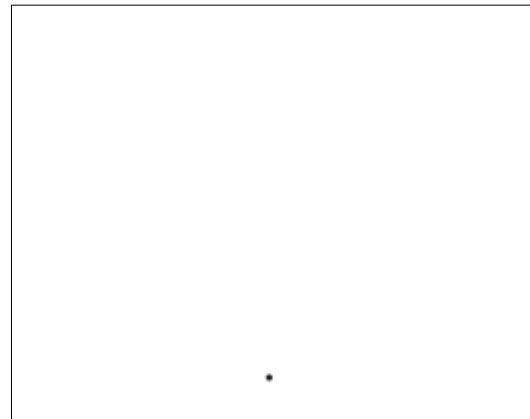
Εικόνα Β.15: Οπτική Σκηνή Β15



Εικόνα Β.16: Οπτική Σκηνή Β16



Εικόνα Β.17: Οπτική Σκηνή Β17



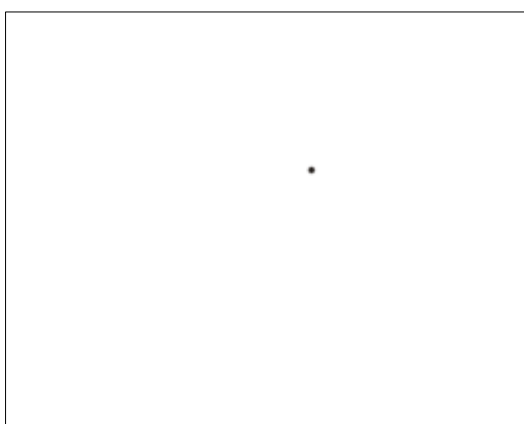
Εικόνα Β.18: Οπτική Σκηνή Β18



Εικόνα Β.19: Οπτική Σκηνή Β19



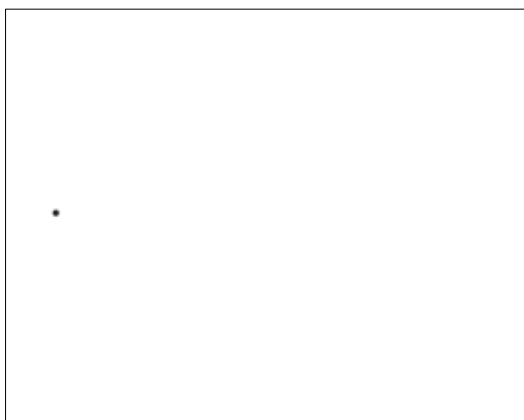
Εικόνα Β.20: Οπτική Σκηνή Β20



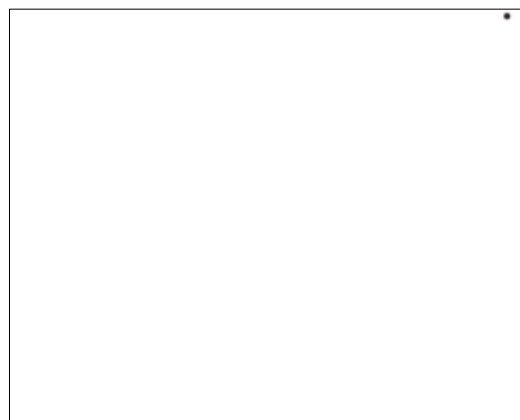
Εικόνα Β.21: Οπτική Σκηνή Β21



Εικόνα Β.22: Οπτική Σκηνή Β22



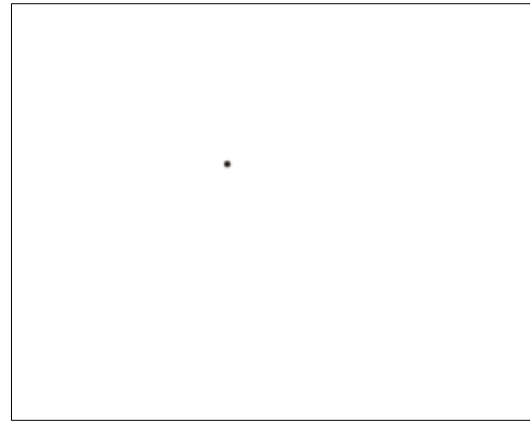
Εικόνα Β.23: Οπτική Σκηνή Β23



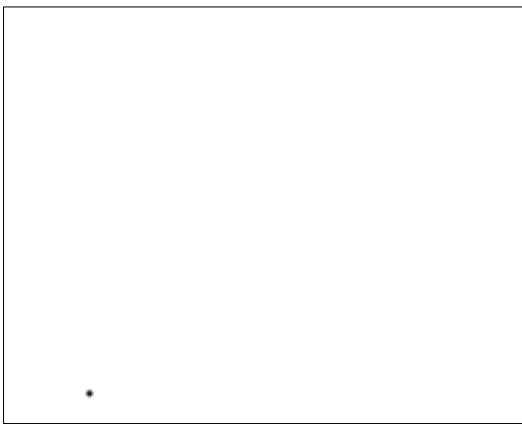
Εικόνα Β.24: Οπτική Σκηνή Β24



Εικόνα Β.25: Οπτική Σκηνή Β25



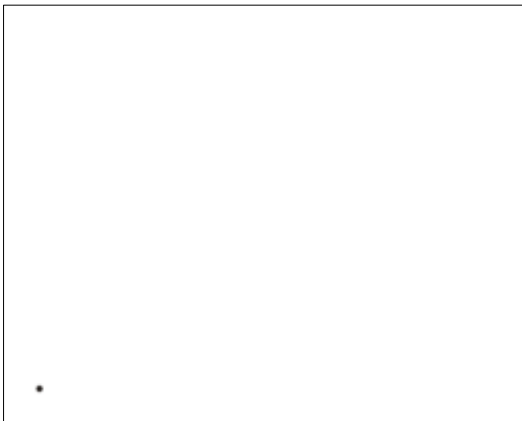
Εικόνα Β.26: Οπτική Σκηνή Β26



Εικόνα Β.27: Οπτική Σκηνή Β27



Εικόνα Β.28: Οπτική Σκηνή Β28



Εικόνα Β.29: Οπτική Σκηνή Β29



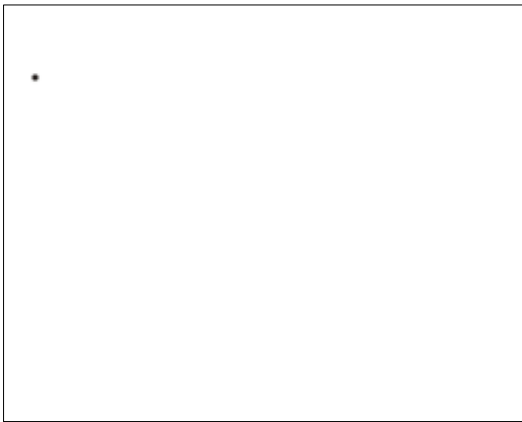
Εικόνα Β.30: Οπτική Σκηνή Β30



Εικόνα Β.31: Οπτική Σκηνή Β31



Εικόνα Β.32: Οπτική Σκηνή Β32



Εικόνα Β.33: Οπτική Σκηνή Β33



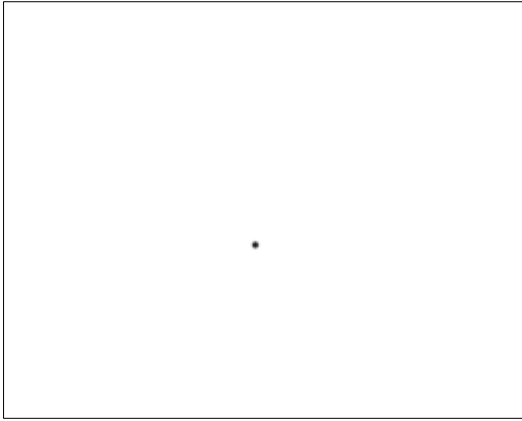
Εικόνα Β.34: Οπτική Σκηνή Β34



Εικόνα Β.35: Οπτική Σκηνή Β35



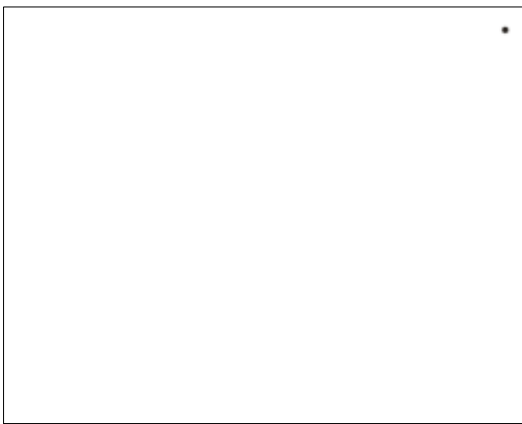
Εικόνα Β.36: Οπτική Σκηνή Β36



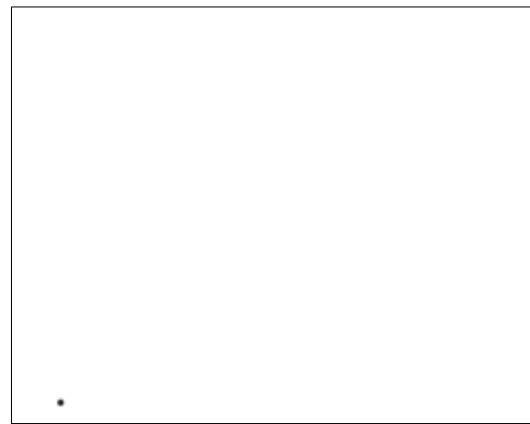
Εικόνα Β.37: Οπτική Σκηνή Β37



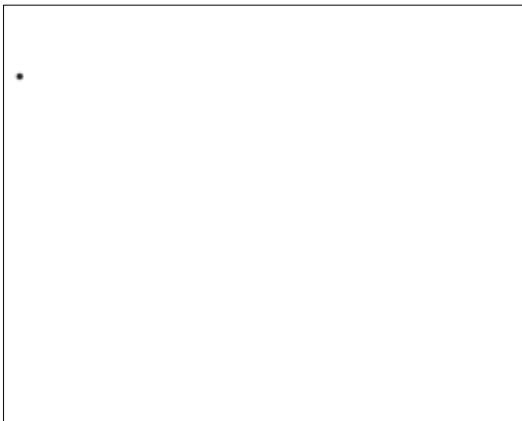
Εικόνα Β.38: Οπτική Σκηνή Β38



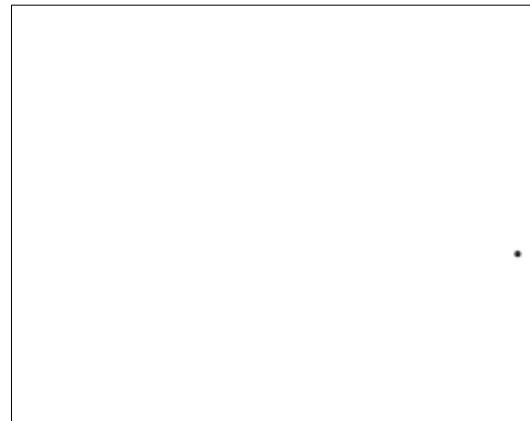
Εικόνα Β.39: Οπτική Σκηνή Β39



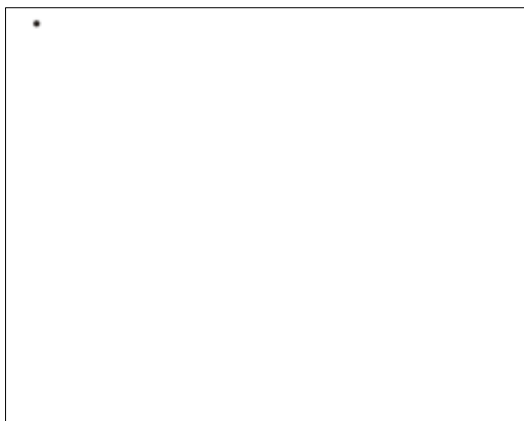
Εικόνα Β.40: Οπτική Σκηνή Β40



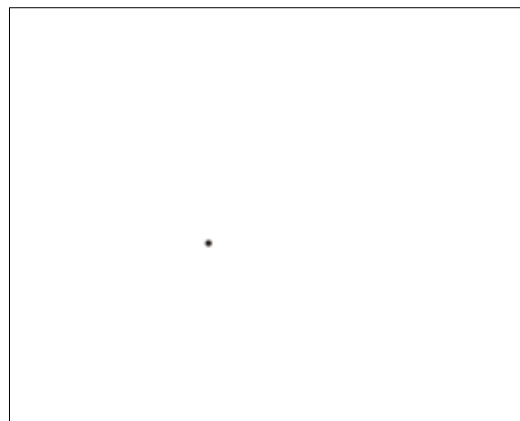
Εικόνα Β.41: Οπτική Σκηνή Β41



Εικόνα Β.42: Οπτική Σκηνή Β42



Εικόνα Β.43: Οπτική Σκηνή Β43



Εικόνα Β.44: Οπτική Σκηνή Β44



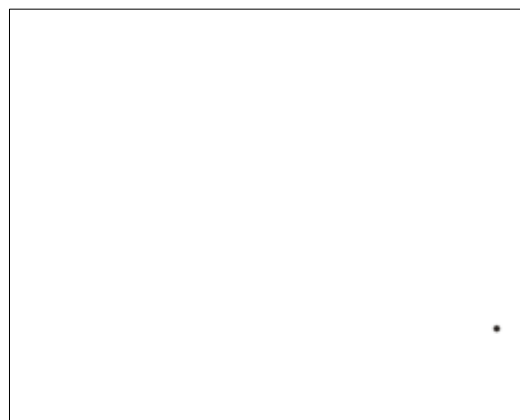
Εικόνα Β.45: Οπτική Σκηνή Β45



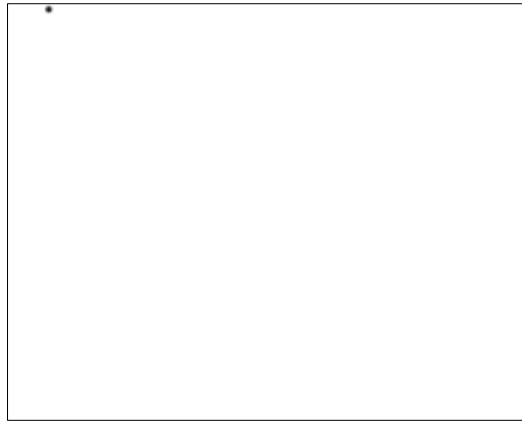
Εικόνα Β.46: Οπτική Σκηνή Β46



Εικόνα Β.47: Οπτική Σκηνή Β47



Εικόνα Β.48: Οπτική Σκηνή Β48



Εικόνα Β.49: Οπτική Σκηνή Β49

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Πίνακες που περιέχουν τον αριθμό και τα ποσοστά των προσηλώσεων όλων των υποκειμένων για κάθε οπτική σκηνή του πειράματος και για τα δύο μέρη.

Πίνακας Γ.1: Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Α

Οπτική Σκηνή	Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων
B1	907,2	9072	26977	33,63	10	69	14,49
B2	316,5	1899	10242	18,54	6	46	13,04
B3	78,333	235	4476	5,25	3	30	10
B4	0	0	2150	0	0	17	0
B5	746,182	8208	25935	31,65	11	51	21,57
B6	181	1267	7373	17,18	7	44	15,91
B7	147,333	884	4834	18,29	6	31	19,35
B8	288,667	866	10440	8,3	3	44	6,82
B9	0	0	7676	0	0	35	0
B10	0	0	2199	0	0	15	0
B11	0	0	166	0	0	2	0
B12	920,25	7362	24298	30,3	8	69	11,59
B13	278,571	1950	42318	4,61	7	56	12,5
B14	144,667	434	7275	5,97	3	46	6,52
B15	482,75	1931	11941	16,17	4	53	7,55
B16	395,625	3165	10626	29,79	8	39	20,51
B17	0	0	606	0	0	8	0
B18	238,667	716	12283	5,83	3	61	4,92
B19	83	83	3717	2,23	1	28	3,57
B20	673,444	6061	25060	24,19	9	70	12,86
B21	128	384	4156	9,24	3	29	10,34
B22	323	1615	10588	15,25	5	45	11,11
B23	94,333	283	5010	5,65	3	29	10,34
B24	111,333	334	6620	5,05	3	43	6,98
B25	957,75	7662	38477	19,91	8	66	12,12

Πίνακας Γ.1: Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Α (συνέχεια)

Οπτική Σκηνή	Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων
B26	275,778	2482	10807	22,97	9	44	20,45
B27	856,3	8563	36714	23,32	10	75	13,33
B28	0	0	2563	0	0	17	0
B29	0	0	166	0	0	2	0
B30	116,667	350	6132	5,71	3	40	7,5
B31	442,286	3096	25413	12,18	7	56	12,5
B32	0	0	744	0	0	10	0
B33	0	0	3210	0	0	28	0
B34	399	1197	13318	8,99	3	44	6,82
B35	485,667	2914	12856	22,67	6	50	12
B36	0	0	2350	0	0	16	0
B37	253,4	1267	7042	17,99	5	36	13,89
B38	1127,5	11275	39210	28,76	10	68	14,71
B39	200,25	801	8823	9,08	4	49	8,16
B40	0	0	784	0	0	11	0
B41	841,778	7576	25594	29,6	9	71	12,68
B42	0	0	2387	0	0	15	0
B43	1091,6	5458	35049	15,57	5	98	5,1
B44	0	0	2300	0	0	16	0
B45	437,5	1750	12490	14,01	4	51	7,84
B46	0	0	749	0	0	10	0
B47	1354,5	10836	41560	26,07	8	55	14,55
B48	499,444	4495	18982	23,68	9	62	14,52
B49	716	3580	22373	16	5	66	7,58

Πίνακας Γ.2: Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Β

Οπτική Σκηνή	Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων
B1	183,333	1100	8662	12,7	6	50	12
B2	133	133	4492	2,96	1	29	3,45
B3	0	0	2617	0	0	18	0
B4	0	0	2431	0	0	18	0
B5	344,333	1033	8440	12,24	3	45	6,67
B6	0	0	3630	0	0	28	0
B7	67	67	2960	2,26	1	23	4,35
B8	0	0	5030	0	0	32	0
B9	0	0	4294	0	0	22	0
B10	0	0	2950	0	0	16	0
B11	0	0	1051	0	0	13	0
B12	186	186	7786	2,39	1	48	2,08
B13	405,333	2432	12602	19,3	6	48	12,5
B14	84	84	3563	2,36	1	27	3,7
B15	0	0	4792	0	0	30	0
B16	167	167	5753	2,9	1	31	3,23
B17	0	0	1363	0	0	13	0
B18	117	117	4540	2,58	1	35	2,86
B19	0	0	2536	0	0	21	0
B20	254,5	1018	8836	11,52	4	41	9,76
B21	0	0	2828	0	0	22	0
B22	0	0	5412	0	0	34	0
B23	69	69	3467	1,99	1	19	5,26
B24	0	0	3312	0	0	22	0
B25	445,75	1783	12074	14,77	4	42	9,52
B26	217	434	5567	7,8	2	31	6,45
B27	403,4	2017	11902	16,95	5	41	12,2
B28	0	0	2412	0	0	16	0
B29	0	0	1133	0	0	12	0
B30	0	0	3065	0	0	26	0
B31	242	968	8795	11,01	4	44	9,09

Πίνακας Γ.2: Πίνακας προσηλώσεων όλων των υποκειμένων ανά οπτική σκηνή μέρος Β (συνέχεια)

Οπτική Σκηνή	Μέση διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης γύρω από το στόχο (ms)	Ολική διάρκεια εστίασης σε κάθε οπτική σκηνή (ms)	% εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό	Αριθμός εστιάσεων γύρω από στόχο	Αριθμός εστιάσεων σε κάθε οπτική σκηνή	% αριθμού εστιάσεων γύρω από στόχο προς ολικό αριθμό εστιάσεων
B32	0	0	1605	0	0	15	0
B33	0	0	2861	0	0	17	0
B34	0	0	5702	0	0	33	0
B35	92	184	4967	3,7	2	32	6,25
B36	0	0	2299	0	0	16	0
B37	0	0	3964	0	0	22	0
B38	355,333	1066	12219	8,72	3	42	7,14
B39	0	0	4280	0	0	31	0
B40	0	0	1561	0	0	16	0
B41	133	133	6987	1,9	1	36	2,78
B42	0	0	2694	0	0	16	0
B43	0	0	10876	0	0	52	0
B44	0	0	2632	0	0	18	0
B45	0	0	5659	0	0	36	0
B46	0	0	1630	0	0	15	0
B47	409,667	4916	12514	39,28	12	40	30
B48	150,5	301	6546	4,6	2	35	5,71
B49	266	266	7747	3,43	1	41	2,44