



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ**

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΙΧΝΟΥΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ:  
ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΟΠΗΣ  
ΩΣ ΒΑΣΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ**

**Διπλωματική Εργασία**  
Κρασανάκης Βασίλειος

**Επίβλεψη**  
Φιλιππακοπούλου Β.  
Καθηγήτρια ΕΜΠ

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009**



**Προλογικό Σημείωμα**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κ. Β. Φιλίππακοπούλου, για την ανάθεση του παρόντος θέματος και για τη συνεχή καθοδήγηση κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Β. Νάκο για τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις του σε όλα τα στάδια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ όλους όσους συμμετείχαν στο χαρτογραφικό πείραμα.

Κρασανάκης Βασίλειος



## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Περίληψη</b>	1
<b>Abstract</b>	2
<b>Εισαγωγή</b>	3
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Ο ρόλος του σχήματος στην ψυχολογία και τη χαρτογραφία</b>	7
1.1 Η έννοια της οπτικής αναζήτησης	8
1.2 Τα είδη της οπτικής αναζήτησης	8
1.3 Μοντέλα οπτικής αναζήτησης	10
1.3.1 Η Θεωρία Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών	11
1.3.2 Το Μοντέλο της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης	12
1.3.3 Η Θεωρία της Ομοιότητας	12
1.3.4 Το Μοντέλο του Επηρεασμένου Ανταγωνισμού	13
1.4 Η έννοια του σχήματος στην ψυχολογία	13
1.5 Η έννοια του σχήματος στη χαρτογραφία	14
1.6 Συνθήκες διεξαγωγής πειραμάτων	15
1.7 Ψυχολογικά πειράματα για τη μελέτη του σχήματος	16
1.8 Χαρτογραφικά πειράματα για τη μελέτη του σχήματος	18
1.8.1 Πειράματα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας	19
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Η λειτουργία του οπτικού συστήματος</b>	29
2.1 Η διαδικασία της όρασης	30
2.1.1 Ο οφθαλμός	30
2.1.2 Η λειτουργία των ραβδοειδών και των κωνικών κυττάρων	33
2.1.3 Η μετάδοση της οπτική πληροφορία στον εγκέφαλο	35
2.2 Η διακριτική ικανότητα των οφθαλμών	36
2.3 Το σύστημα παρατήρησης	37
2.4 Τύποι οφθαλμικών κινήσεων	37
2.4.1 Οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης	37
2.4.2 Σακκαδικές κινήσεις	39
2.4.3 Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης	39
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Η μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων</b>	41
3.1 Εντοπισμός κινήσεων οφθαλμού	42
3.2 Τεχνικές εντοπισμού οφθαλμού	42
3.2.1 Η τεχνική της Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφίας	43
3.2.2 Τεχνικές που στηρίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής	43
3.2.3 Τεχνικές που χρησιμοποιούν κάμερες, οι οποίες αναλύουν εικόνες	44
3.3 ViewPoint Eye Tracker	47
3.3.1 Συνοπτική περιγραφή του συστήματος	47
3.3.2 Λειτουργία του συστήματος	48
3.3.3 Μέθοδοι εντοπισμού του οπτικού κέντρου	49
3.3.4 Αυτοβαθμονόμηση του συστήματος	51
3.3.5 Το σύστημα συντεταγμένων του συστήματος	52

3.3.6 Μεγέθη καταγραφής	53
3.3.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος	56
3.3.8 Βαθμονόμηση του συστήματος	57
3.4 Η μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης σε χαρτογραφικά πειράματα	64
<b>Κεφάλαιο 4°: Η διεξαγωγή του χαρτογραφικού πειράματος</b>	<b>67</b>
4.1 Το χαρτογραφικό πείραμα	68
4.1.1 Οι χάρτες	68
4.1.2 Τα σύμβολα	72
4.1.3 Τα υποκείμενα της έρευνας	73
4.1.4 Καθορισμός των μεταβλητών του πειράματος	73
4.1.5 Η πειραματική διαδικασία	75
4.2 Αποτελέσματα πειράματος	79
4.2.1 Μεθοδολογία διερεύνησης του οπτικού ίχνους	80
4.2.2 Διερεύνηση των οπτικών σκηνών	82
4.2.3 Διερεύνηση των χρόνων αναζήτησης	111
<b>Κεφάλαιο 5°: Συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα</b>	<b>115</b>
5.1 Συμπεράσματα	116
5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	118
<b>Κεφάλαιο 6°: Βιβλιογραφικές και δικτυακές πηγές</b>	<b>123</b>
6.1 Βιβλιογραφικές πηγές	124
6.2 Δικτυακές πηγές	127
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α</b>	<b>129</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β</b>	<b>135</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ</b>	<b>151</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ</b>	<b>155</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε</b>	<b>157</b>

## Πίνακας Σχημάτων

<b>Σχήμα 1.1</b>	: Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της σειριακής αυτοτερματιζόμενης αναζήτησης	9
<b>Σχήμα 1.2</b>	: Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της παράλληλης αναζήτησης	10
<b>Σχήμα 1.3</b>	: Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της σειριακής εξαντλητικής αναζήτησης	10
<b>Σχήμα 1.4</b>	: Ζεύγος τριγωνικού σχήματος και σχήματος τύπου βέλους των πειραμάτων των Julesz & Bergen	16
<b>Σχήμα 1.5</b>	: Ζεύγος ανεστραμμένου «10» και σχήματος τύπου «S» των πειραμάτων των Julesz & Bergen	16
<b>Σχήμα 1.6</b>	: Ζεύγος τριγωνικού σχήματος και σχήματος τύπου βέλους των πειραμάτων του Enns	17
<b>Σχήμα 1.7</b>	: Ζεύγος ανεστραμμένου «10» και σχήματος τύπου «S» των πειραμάτων του Enns	17
<b>Σχήμα 1.8</b>	: Οπτικές σκηνές πειραμάτων Treisman & Souther	17
<b>Σχήμα 1.9</b>	: Σχήματα πειραμάτων του Chen	18
<b>Σχήμα 1.10</b>	: Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με απλό υπόβαθρο	19
<b>Σχήμα 1.11</b>	: Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο	22
<b>Σχήμα 1.12</b>	: Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη	25
<b>Σχήμα 2.1</b>	: Προσομοίωση του οπτικού συστήματος με ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης	30
<b>Σχήμα 2.2</b>	: Οριζόντια διατομή του οφθαλμικού βολβού	31
<b>Σχήμα 2.3</b>	: Εξωτερικό μέρος οφθαλμού	32
<b>Σχήμα 2.4</b>	: Η περιστροφική κίνηση του οφθαλμού μέσω των οφθαλμικών μυών	32
<b>Σχήμα 2.5</b>	: Εύρος οπτικής γωνίας οφθαλμού	33
<b>Σχήμα 2.6</b>	: Η κατανομή των ραβδίων και των κωνίων στον αμφιβληστροειδή του αριστερού ματιού	34
<b>Σχήμα 2.7</b>	: Η ευαισθησία των οπτικών κυττάρων	34
<b>Σχήμα 2.8</b>	: Η πορεία του φωτός μέχρι τα οπτικά κύτταρα	35
<b>Σχήμα 2.9</b>	: Η οπτική οδός	36
<b>Σχήμα 2.10</b>	: Συζυγής κίνηση	37
<b>Σχήμα 2.11</b>	: Μη-Συζυγής κίνηση	37
<b>Σχήμα 2.12</b>	: Το φαινόμενο του μετεικάσματος	38
<b>Σχήμα 2.13</b>	: Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης σε σχέση με το μέγεθος των κωνίων στον κέντρο του αμφιβληστροειδή	39

<b>Σχήμα 3.1</b>	: Ηλεκτρο-οφθαλμογραφία	43
<b>Σχήμα 3.2</b>	: Εμφύτευση επαγωγικού πηνίου σε φακό επαφής	44
<b>Σχήμα 3.3</b>	: Σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, προσαρμοσμένο στο κεφάλι του παρατηρητή	44
<b>Σχήμα 3.4</b>	: Σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, όπου η θέση μεταξύ κάμερας-οφθαλμού και οπτικού συστήματος-οθόνης προβολής ερεθισμάτων παραμένει σταθερή	45
<b>Σχήμα 3.5</b>	: Τα είδωλα Purkinje	46
<b>Σχήμα 3.6</b>	: Η διάταξη των δύο οθόνων του συστήματος καταγραφής	47
<b>Σχήμα 3.7</b>	: Η διάταξη της φωτοδιόδου και της κάμερας του συστήματος καταγραφής	48
<b>Σχήμα 3.8</b>	: Διαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης	49
<b>Σχήμα 3.9</b>	: Εντοπισμός του κέντρου της κόρης του οφθαλμού	50
<b>Σχήμα 3.10</b>	: Εντοπισμός του κέντρου της κόρης του οφθαλμού και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς	50
<b>Σχήμα 3.11</b>	: Η μορφή του σταθερού σημείου-στόχου στην διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης	51
<b>Σχήμα 3.12</b>	: Το σύστημα συντεταγμένων του Viewpoint Eye Tracker	52
<b>Σχήμα 3.13</b>	: Μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων για την προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης	53
<b>Σχήμα 3.14</b>	: Μορφή του αρχείου καταγραφής	55
<b>Σχήμα 3.15</b>	: Το υπόβαθρο το σταθερών στόχων που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία της βαθμονόμησης	59
<b>Σχήμα 3.16</b>	: Λογικό διάγραμμα ροής του αλγορίθμου της βαθμονόμησης	63
<b>Σχήμα 3.17</b>	: Ο υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης $\alpha_{ij}$	64
<b>Σχήμα 4.1</b>	: Ο χάρτης-υπόβαθρο	69
<b>Σχήμα 4.2</b>	: Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στην περιφέρεια: (α) στο κάτω άκρο, αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) στο δεξί άκρο, κάτω από το κέντρο	69
<b>Σχήμα 4.3</b>	: Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο μέσο: (α) κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) πάνω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο	70
<b>Σχήμα 4.4</b>	: Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο κέντρο	70
<b>Σχήμα 4.5</b>	: Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει	70
<b>Σχήμα 4.6</b>	: Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στην περιφέρεια: (α) στο κάτω άκρο και αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) στο δεξί άκρο και πάνω από το κέντρο	71
<b>Σχήμα 4.7</b>	: Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο μέσο: (α) πάνω και αριστερά σε σχέση με το	



	κέντρο και (β) κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο	71
<b>Σχήμα 4.8</b>	: Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο κέντρο	71
<b>Σχήμα 4.9</b>	: Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων(α και β) όπου το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει	72
<b>Σχήμα 4.10</b>	: Η σειρά εμφάνισης των οπτικών σκηνών στην οθόνη προβολής	77
<b>Σχήμα 4.11</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4_0	82
<b>Σχήμα 4.12</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4_0	82
<b>Σχήμα 4.13</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4_0	82
<b>Σχήμα 4.14</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4_0	83
<b>Σχήμα 4.15</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4_1	83
<b>Σχήμα 4.16</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4_1	84
<b>Σχήμα 4.17</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4_1	84
<b>Σχήμα 4.18</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4_1	84
<b>Σχήμα 4.19</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4_2	85
<b>Σχήμα 4.20</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4_2	85
<b>Σχήμα 4.21</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4_2	86
<b>Σχήμα 4.22</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4_2	86
<b>Σχήμα 4.23</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4_3	87
<b>Σχήμα 4.24</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4_3	87
<b>Σχήμα 4.25</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4_3	87
<b>Σχήμα 4.26</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4_3	88
<b>Σχήμα 4.27</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4_4	88
<b>Σχήμα 4.28</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4_4	89
<b>Σχήμα 4.29</b>	: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην	



<b>Σχήμα 4.51</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_1	98
<b>Σχήμα 4.52</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_1	99
<b>Σχήμα 4.53</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_1	99
<b>Σχήμα 4.54</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_1	99
<b>Σχήμα 4.55</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_2	100
<b>Σχήμα 4.56</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_2	100
<b>Σχήμα 4.57</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_2	101
<b>Σχήμα 4.58</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_2	101
<b>Σχήμα 4.59</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_3	102
<b>Σχήμα 4.60</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_3	102
<b>Σχήμα 4.61</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_3	102
<b>Σχήμα 4.62</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_3	103
<b>Σχήμα 4.63</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_4	103
<b>Σχήμα 4.64</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_4	104
<b>Σχήμα 4.65</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_4	104
<b>Σχήμα 4.66</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_4	104
<b>Σχήμα 4.67</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_5	105
<b>Σχήμα 4.68</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_5	105
<b>Σχήμα 4.69</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_5	106
<b>Σχήμα 4.70</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_5	106
<b>Σχήμα 4.71</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_6	107
<b>Σχήμα 4.72</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην	

οπτική σκηνή P5_6	107
<b>Σχήμα 4.73</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_6	107
<b>Σχήμα 4.74</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_6	108
<b>Σχήμα 4.75</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_7	108
<b>Σχήμα 4.76</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_7	109
<b>Σχήμα 4.77</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_7	109
<b>Σχήμα 4.78</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_7	109
<b>Σχήμα 4.79</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5_8	110
<b>Σχήμα 4.80</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5_8	110
<b>Σχήμα 4.81</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5_8	111
<b>Σχήμα 4.82</b> : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5_8	111
<b>Σχήμα 5.1</b> : Η οθόνη βαθμονόμησης με τα δύο σταθερά σημεία	119

## Πίνακας Πινάκων

<b>Πίνακας 1.1</b> : Αποτελέσματα πειράματος με απλό υπόβαθρο, στις περιπτώσεις παρόντος ή απόντος στόχου, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	19
<b>Πίνακας 1.2</b> : Αποτελέσματα πειράματος με απλό υπόβαθρο, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και στην περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	20
<b>Πίνακας 1.3</b> : Αποτελέσματα πειράματος με σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο, στις περιπτώσεις παρόντος ή απόντος στόχου, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	22
<b>Πίνακας 1.4</b> : Αποτελέσματα πειράματος με σύνθετο υπόβαθρο, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και στην περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	22
<b>Πίνακας 1.5</b> : Αποτελέσματα πειράματος με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	26
<b>Πίνακας 1.6</b> : Αποτελέσματα πειράματος με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και στην περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα	26
<b>Πίνακας 3.1</b> : Τα μεγέθη της καταγραφής	54
<b>Πίνακας 3.2</b> : Τα χαρακτηριστικά του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης Viewpoint Eye Tracker	56
<b>Πίνακας 3.3</b> : Τα χαρακτηριστικά του υπολογιστικού συστήματος	57
<b>Πίνακας 3.4</b> : Στοιχεία εικόνας υποβάθρου	59
<b>Πίνακας 3.5</b> : Συντεταγμένες των κέντρων των σταθερών στόχων	60
<b>Πίνακας 4.1</b> : Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές του χαρτογραφικού πειράματος	72
<b>Πίνακας 4.2</b> : Η τοποθέτηση του συμβόλου-στόχου στις οπτικές σκηνές του χαρτογραφικού πειράματος	78
<b>Πίνακας 4.3</b> : Ο δείκτης εκτίμησης της ακρίβειας στις δύο βαθμονομήσεις (πριν και μετά την εμφάνιση των χαρτών) για τα υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα	79
<b>Πίνακας 4.4</b> : Χρόνος αναζήτησης των υποκειμένων 1-10 στις οπτικές σκηνές του πειράματος	111
<b>Πίνακας 4.5</b> : Χρόνος αναζήτησης των υποκειμένων 11-21 στις οπτικές σκηνές του πειράματος	112
<b>Πίνακας 4.6</b> : Μέσος χρόνος αναζήτησης στις οπτικές σκηνές του πειράματος	112
<b>Πίνακας 4.7</b> : Χρόνοι αναζήτησης γεωμετρικού και εικονογραφικού συμβόλου ανάλογα με την παρουσία ή όχι του στόχου και ανάλογα με τη θέση του στο χάρτη στις περιπτώσεις που αυτός υπάρχει	113

<b>Πίνακας 4.8</b> :	Χρόνοι αναζήτησης γεωμετρικού και εικονογραφικού συμβόλου ανάλογα με την παρουσία ή όχι του στόχου και ανάλογα με τη θέση του στο χάρτη στις περιπτώσεις που αυτός υπάρχει	113
<b>Πίνακας 4.9</b> :	Σύγκριση των αντίστοιχων χρόνων αναζήτησης για τα δύο χαρτογραφικά πειράματα	114



Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την μελέτη και τη διερεύνηση του χαρτογραφούμενου οπτικού ίχνους που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της αναζήτησης στόχων πάνω σε μια οπτική σκηνή. Για την διεξαγωγή της έρευνας, σχεδιάστηκε ένα χαρτογραφικό πείραμα, το οποίο χρησιμοποιεί τα υπόβαθρα και τα σύμβολα ενός προηγούμενου χαρτογραφικού πειράματος του εργαστηρίου Χαρτογραφίας. Τα σύμβολα που διαδραματίζουν το ρόλο των στόχων χαρακτηρίζονται από την τοπολογική ιδιότητα της οπής, η οποία τα κάνει μοναδικά σε σχέση με τους συμπαγείς περισπαστές. Ο παράγοντας της επιλεκτικότητας της συγκεκριμένης ιδιότητας του σχήματος εξετάζεται τόσο στην περίπτωση των γεωμετρικών όσο και στην αντίστοιχη των εικονογραφικών συμβόλων. Η μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων συνδυάζεται με τις κλασσικές μεθόδους διεξαγωγής ομοειδών πειραμάτων, δίνοντας μια νέα μορφή αποτελεσμάτων, η οποία παρέχει ένα εμπλουτισμένο σύνολο πληροφοριών για την διαδικασία της οπτικής αναζήτησης.

### **Abstract**

The aim of the present diploma thesis is the study of the visual trace, which is generated during the search on targets on a visual scene. For the performance of the research, a cartographic experiment was designed, which uses the base map and the symbols of a previous cartographic experiment done in the laboratory of Cartography. The symbols that play the role of targets have a hole as a topological property, which makes them unique compare to the compact distractors. The factor of selectivity of this property of shape is examined both in the case of geometric and pictorial symbols. The methodology of eye movements recording combined with traditional methods of similar experiments, is giving a new type of results, providing an enriched set of information on the process of visual search.





Η διερεύνηση του ίχνους, το οποίο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της οπτικής αναζήτησης συμβόλων πάνω σε χαρτογραφικά υπόβαθρα, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων είναι δυνατόν χρησιμοποιηθεί ως βασική μεθοδολογία για την διεξαγωγή χαρτογραφικών πειραμάτων. Η μεθοδολογία αυτή είναι σε θέση να εξηγήσει τα αποτελέσματα χαρτογραφικών ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί με τις κλασσικές μεθόδους καταγραφής του χρόνου αναζήτησης και της ορθότητας των απαντήσεων των υποκειμένων. Η μελέτη συστημάτων καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων, για την διεξαγωγή χαρτογραφικών πειραμάτων, ξεκίνησε από τους Castner και Lywood, το 1978. Η μεθοδολογία, έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως για την αξιολόγηση ή την σύγκριση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, στα πλαίσια του αντικειμένου της αυτοματοποιημένης Χαρτογραφίας αλλά και για τη μελέτη και την ερμηνεία του παράγοντα της εμπειρίας των παρατηρητών κατά την ανάγνωση τοπογραφικών χαρτών. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, μελετάται η επιλεκτικότητα της τοπολογικής ιδιότητας της οπής, η οποία αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του σχήματος κατά τον σχεδιασμό των συμβόλων ενός χάρτη. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται δίνει μια νέα μορφή στη διερεύνηση των χαρακτηριστικών του σχήματος. Τα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί, σε προηγούμενες εργασίες, με σκοπό την μελέτη των ιδιοτήτων των χαρτογραφικών συμβόλων εξετάζουν τόσο την τοπολογική ιδιότητα της οπής όσο και την αντίστοιχη της ύπαρξης των γραμμικών απολήξεων στη διαδικασία του σχεδιασμού. Η διερεύνηση του ίχνους είναι σε θέση να συμπληρώσει τις μελέτες αυτές, δίνοντας απαντήσεις σε ερωτήματα που δεν έχουν να κάνουν μόνο με το χρονικό διάστημα της οπτικής αναζήτησης αλλά και με τη μορφή του ίχνους που δημιουργείται πάνω στην οπτική σκηνή. Επιπλέον, η μεθοδολογία παρέχει τη δυνατότητα παρατήρησης των σημείων ενδιαφέροντος κατά τη διάρκεια της οπτικής αναζήτησης πάνω σε ένα χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, γίνεται αναφορά στο ρόλο που διαδραματίζει το σχήμα στα επιστημονικά πεδία της Ψυχολογίας και της Χαρτογραφίας. Παρουσιάζεται η έννοια, τα είδη καθώς και οι θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί για την προσέγγιση των διαδικασιών της οπτικής αναζήτησης. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα ψυχολογικά και τα χαρτογραφικά πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό την μελέτη του σχήματος. Στο τέλος του κεφαλαίου, γίνεται μια εκτενής παρουσίαση των χαρτογραφικών πειραμάτων που έχουν πραγματοποιηθεί για τη μελέτη του σχήματος, από το εργαστήριο Χαρτογραφίας.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία της όρασης στον ανθρώπινο οργανισμό και αναλύονται τα μέρη του οφθαλμού, ο οποίος αποτελεί το αισθητήριο όργανο του οπτικού συστήματος. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην ειδική λειτουργία των ραβδοειδών και των κωνικών κυττάρων, στον τρόπο μετάδοσης της οπτικής πληροφορίας και στην διακριτική ικανότητα των οφθαλμών. Παρατίθεται επίσης η έννοια του συστήματος παρατήρησης καθώς και οι διαφορετικοί τύποι οφθαλμικών κινήσεων.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων καθώς και οι διάφορες τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για τον εντοπισμό του οφθαλμού. Παρουσιάζεται το σύστημα καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή της παρούσας έρευνας καθώς και η διαδικασία της βαθμονόμησης που αναπτύχθηκε για τον έλεγχο της ακρίβειας του. Στο τέλος του 3<sup>ου</sup> κεφαλαίου, παρουσιάζονται κάποια πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί με τη μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, στα πλαίσια της χαρτογραφικής έρευνας.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται το χαρτογραφικό πείραμα που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Αρχικά, παρουσιάζονται τα χαρτογραφικά υπόβαθρα, τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές που χρησιμοποιήθηκαν και δίνονται πληροφορίες σχετικά με τα υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα. Επιπλέον,

καθορίζονται οι παράμετροι του πειράματος και περιγράφονται τα στάδια διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας. Στη συνέχεια, αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν, με βάση το δείκτη ακρίβειας που υπολογίζεται κατά τη διάρκεια των βαθμονομήσεων του συστήματος και αναπτύσσεται η μεθοδολογία διερεύνησης του οπτικού ίχνους, η οποία βασίζεται στον καθορισμό 5 κριτηρίων, τα οποία επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Η διερεύνηση των χαρτογραφούμενων οπτικών ιχνών συμπληρώνεται από την αντίστοιχη των χρόνων αναζήτησης, στο τέλος του 4<sup>ου</sup> κεφαλαίου.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας καθώς και τις προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Στο 6<sup>ο</sup> παρατίθενται οι βιβλιογραφικές και οι δικτυακές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν στην διεξαγωγή της παρούσας έρευνας.

Στο παράρτημα Α υπάρχουν οδηγίες για τη χρήση του προγράμματος βαθμονόμησης που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού Matlab. Ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος παρατίθεται στο παράρτημα Β. Το παράρτημα Γ περιέχει οδηγίες για το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για την απομόνωση των χρόνων αναζήτησης κάθε οπτικής σκηνής από το αρχείο καταγραφής ενώ στο παράρτημα Δ παρατίθεται ο αντίστοιχος πηγαίος κώδικας. Τέλος, στο παράρτημα Ε, παρουσιάζεται το αρχείο των ρυθμίσεων του χαρτογραφικού πειράματος.



**Κεφάλαιο 1**

*«Ο ρόλος του σχήματος στην ψυχολογία και τη χαρτογραφία»*

## 1.1 Η έννοια της οπτικής αναζήτησης

Ο όρος «οπτική αναζήτηση», στην ψυχολογία, αναφέρεται στο σύνολο εκείνων των οπτικών διαδικασιών που κάνουν δυνατό τον εντοπισμό ενός αναζητούμενου στόχου, χρησιμοποιώντας τη χωρική προσοχή για τη σύνδεση των χαρακτηριστικών των αντικειμένων (Vecera 2000). Ο όρος «αναζήτηση» έχει διαφορετική σημασία από αυτόν της «διάκρισης». Ως «διάκριση» ορίζεται εκείνη η διαδικασία της αναγνώρισης διαφορών μεταξύ δύο αντιληπτικών μονάδων. Ο όρος «αναζήτηση» αναφέρεται στην δυνατότητα παρατήρησης της ύπαρξης ενός αντικειμένου ή ενός χαρακτηριστικού του αντικειμένου αυτού.

Στη χαρτογραφία, κατά τον Lloyd, «η ενέργεια αναζήτησης αποτελεί βασική λειτουργία στα πλαίσια ανάγνωσης ενός χάρτη» (1997). Η οπτική αναζήτηση, σε ένα χάρτη, ενεργοποιείται σε κάθε παρατήρηση του. Η αναζήτηση μπορεί να είναι προσεκτική ή μη, γεγονός το οποίο εξαρτάται από την πρόθεση του παρατηρητή για την αναζήτηση ενός συγκεκριμένου στόχου (από πάνω προς τα κάτω παρατήρηση), από την πυκνότητα και τη μορφή των συμβόλων που εμφανίζονται στο χάρτη καθώς και από την γραφική οργάνωση του χάρτη, η επίδραση της οποίας είναι άμεση στον παρατηρητή (Eastman 1985).

## 1.2 Τα είδη της οπτικής αναζήτησης

Η κατηγοριοποίηση των ειδών των οπτικών αναζητήσεων, που πραγματοποιούνται συχνότερα, αναφέρεται στην εργασία του Lloyd (1988). Τα τρία είδη οπτικής αναζήτησης είναι τα ακόλουθα:

- Η σειριακή αυτοτερματιζόμενη αναζήτηση
- Η παράλληλη αναζήτηση
- Η σειριακή εξαντλητική αναζήτηση

Η σειριακή αυτοτερματιζόμενη αναζήτηση (serial self-terminating search) αναφέρεται στην οπτική διαδικασία, κατά την οποία το υποκείμενο της αναζήτησης εξετάζει κάθε σύμβολο ξεχωριστά μέχρι να εντοπίσει το επιθυμητό στοιχείο (Howard 1983, Sternberg 1969). Τα βασικά χαρακτηριστικά των σειριακών αυτοτερματιζόμενων διαδικασιών είναι τα εξής:

- Ο αριθμός των σφαλμάτων της διαδικασίας είναι σχετικά μικρός.
- Ο χρόνος αντίδρασης που απαιτείται για την εύρεση ενός συμβόλου στο χάρτη-υπόβαθρο είναι γραμμική συνάρτηση του συνολικού αριθμού των συμβόλων.
- Ο χρόνος αντίδρασης των αρνητικών απαντήσεων, δηλαδή κατά την αναζήτηση συμβόλων που δεν υπάρχουν, είναι γραμμική συνάρτηση του συνολικού αριθμού των συμβόλων που εμφανίζονται στο χάρτη.

Στη σειριακή αυτοτερματιζόμενη αναζήτηση, η κλίση της συνάρτησης του χρόνου αντίδρασης και του αριθμού των συμβόλων, είναι δύο φορές πιο απότομη στην περίπτωση των αρνητικών απαντήσεων (Σχήμα 1.1). Το γεγονός αυτό συμβαίνει καθώς τα υποκείμενα αναγκάζονται να εξετάσουν τα σύμβολα, στο σύνολο τους, μέχρι να καταλήξουν στο συμπέρασμα της απουσίας του αναζητούμενου στόχου. Αντίθετα, ο μέσος όρος των θετικών απαντήσεων απαιτεί την εξέταση των μισού αριθμού των συνολικών συμβόλων του υποβάθρου.

Η παράλληλη αναζήτηση (parallel search) είναι εκείνο το είδος της οπτικής αναζήτησης κατά το οποίο όλα τα σύμβολα του χάρτη-υποβάθρου σαρώνονται ταυτόχρονα (Sternberg 1969). Η διαδικασία της παράλληλης αναζήτησης εμφανίζει τρία βασικά χαρακτηριστικά:

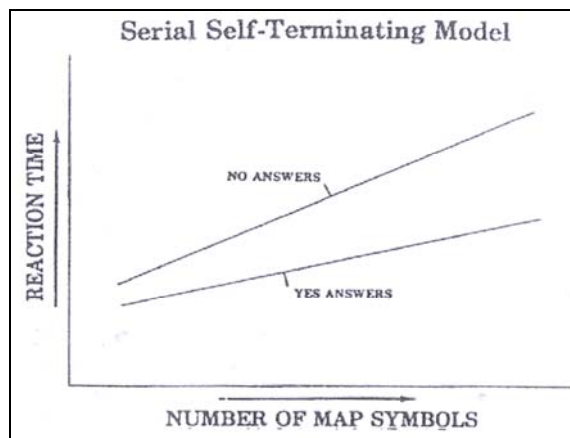
- Η ύπαρξη σφαλμάτων στην διαδικασία είναι αρκετά πιθανή
- Ο χρόνος αντίδρασης δεν σχετίζεται με τον αριθμό των συμβόλων του χάρτη
- Ο χρόνος που απαιτούν οι αρνητικές και οι θετικές αναζητήσεις, για τον ίδιο αριθμό συμβόλων, είναι κατά προσέγγιση ο ίδιος (Σχήμα 1.2).

Στην περίπτωση της σειριακής εξαντλητικής αναζήτησης (serial exhaustive process) ο παρατηρητής εξετάζει κάθε σύμβολο ξεχωριστά και στη συνέχεια όλα τα σύμβολα μαζί πριν να οδηγηθεί στην απόφαση του (Howard 1983, Sternberg 1969). Βασικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας είναι τα εξής:

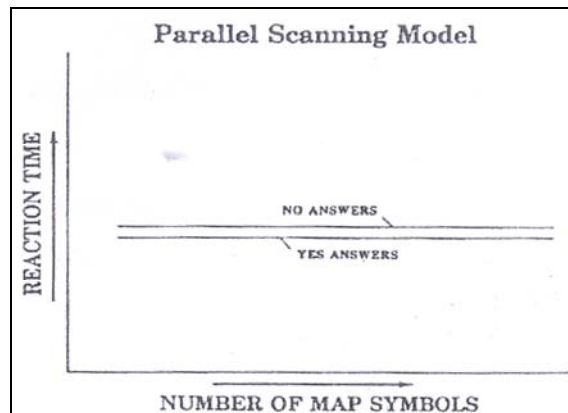
- Οι θετικές αναζητήσεις συνδέονται γραμμικά με τον αριθμό των συμβόλων του χάρτη.
- Οι αρνητικές αναζητήσεις συνδέονται επίσης γραμμικά με τον αριθμό των συμβόλων που υπάρχουν στο χάρτη.

Στη σειριακά εξαντλητική αναζήτηση, οι γραμμικές συναρτήσεις που αντιστοιχούν στις θετικές και τις αρνητικές απαντήσεις εμφανίζουν την ίδια κλίση (Σχήμα 1.3). Η συγκεκριμένη διαδικασία αναζήτησης είναι λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιηθεί, σε σχέση με τις υπόλοιπες, από έναν παρατηρητή. Το γεγονός αυτό συμβαίνει, καθώς δεν είναι λογικό να συνεχίζεται η αναζήτηση ενός συμβόλου το οποίο έχει ήδη εντοπισθεί.

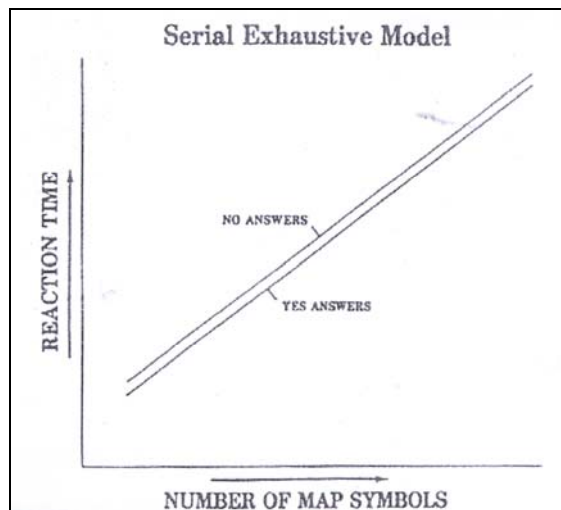
Στα σχήματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η μορφή του διαγράμματος που απεικονίζει τον χρόνο αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων του χάρτη, για κάθε ένα είδος αναζήτησης:



**Σχήμα 1.1 :** Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της σειριακής αυτοτερματιζόμενης αναζήτησης (πηγή: Lloyd 1988)



**Σχήμα 1.2 :** Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της παράλληλης αναζήτησης (πηγή: Lloyd 1988)



**Σχήμα 1.3 :** Μορφή διαγράμματος χρόνου αντίδρασης σε συνάρτηση με τον αριθμό των συμβόλων, στην περίπτωση του μοντέλου της σειριακής εξανθητικής αναζήτησης (πηγή: Lloyd 1988)

Από τα είδη αναζήτησης που αναφέρονται παραπάνω, η σειριακή αυτοτερματιζόμενη διαδικασία αναζήτησης εμφανίζεται ως η πιο «ασφαλής» μέθοδος, καθώς ο παρατηρητής με τη συγκεκριμένη μέθοδο αναζήτησης ελαχιστοποιεί τον αριθμό των πιθανών σφαλμάτων του. Στην περίπτωση που ο παρατηρητής χρησιμοποιεί την παράλληλη αναζήτηση, ως μία ταχύτερη σε σχέση με την προηγούμενη διαδικασία, λαμβάνει το ρίσκο της εμφάνισης περισσότερων λαθών στην τελική του απόφαση ύπαρξης ή μη του στόχου.

### 1.3 Μοντέλα οπτικής αναζήτησης

Για την προσέγγιση των διαδικασιών της οπτικής αναζήτησης, έχουν αναπτυχθεί διάφορες θεωρίες (μοντέλα). Τα μοντέλα που παρουσιάζονται παρακάτω είναι εκείνα τα οποία έχουν επικρατήσει. Η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης αποτελεί ένα ζήτημα αρκετά σύνθετο, το οποίο δεν έχει κατανοηθεί πλήρως. Έτσι, κανένα από τα μοντέλα



αυτά δεν είναι σε θέση να δώσει μια πλήρη εξήγηση στις σειριακές ή τις παράλληλες μορφές αναζήτησης των παρατηρητών.

### 1.3.1 Η Θεωρία Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών

Στη Θεωρία Ενοποίησης των Χαρακτηριστικών (Feature Integration Theory) η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης πραγματοποιείται σε δύο στάδια (Treisman 1986, Treisman & Gelade 1980). Το πρώτο στάδιο αποτελεί την προ-προσεκτική παρατήρηση κατά την οποία η αναζήτηση γίνεται παράλληλα με σκοπό την αναγνώριση των βασικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων που εμφανίζονται στην οπτική σκηνή. Το δεύτερο στάδιο αναζήτησης, το οποίο πραγματοποιείται με πιο αργούς ρυθμούς από τον παρατηρητή, αποτελείται από την αναζήτηση που προϋποθέτει την συγκέντρωση του παρατηρητή και το συνδυασμό των χαρακτηριστικών των αντικειμένων της οπτικής σκηνής. Στο δεύτερο στάδιο της διαδικασίας, η αναζήτηση γίνεται σειριακά. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη θεωρία, πραγματοποιείται διαχωρισμός μεταξύ των στόχων που εμφανίζουν ένα μοναδικό χαρακτηριστικό (feature targets) και των στόχων οι οποίοι δεν έχουν κάποιο μοναδικό χαρακτηριστικό σε σχέση με τους μη στόχους (nonfeature targets). Στην περίπτωση της ύπαρξης μοναδικού χαρακτηριστικού στο στόχο, η αναζήτησή του πραγματοποιείται χωρίς την απαίτηση της επικέντρωσης της προσοχής του παρατηρητή. Η αναζήτηση αυτή γίνεται παράλληλα. Αντίθετα, στην περίπτωση της ομοιότητας του στόχου με τους μη-στόχους (περισπαστές) απαιτείται η συγκέντρωση της προσοχής του παρατηρητή σε κάθε στοιχείο ξεχωριστά, με διαδοχικό τρόπο για την εύρεση του αναζητούμενου στόχου. Η αναζήτηση που πραγματοποιείται στην περίπτωση αυτή είναι σειριακή. Επιπλέον, σύμφωνα με την θεωρία της ενοποίησης των χαρακτηριστικών, στην περίπτωση της διαδικασίας διάκρισης υψής, τα όρια ορίζονται ευκολότερα στην περίπτωση που αποτελούνται από απλά χαρακτηριστικά σε σχέση με όρια τα οποία αποτελούνται από τον συνδυασμό χαρακτηριστικών.

Σύμφωνα με την θεωρία της ενοποίησης των χαρακτηριστικών, οι διαδικασίες αναζήτησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως πηγές πληροφορίας, είναι δύο. Πρόκειται για την διαδικασία της αναζήτησης που πραγματοποιείται «από κάτω προς τα πάνω» και για την αντίστοιχη διαδικασία «από πάνω προς τα κάτω», για την απόκτηση της πληροφορίας. Στην περίπτωση της «από κάτω προς τα πάνω» διαδικασίας, η απόκτηση της πληροφορίας πραγματοποιείται από το ερέθισμα που δημιουργούν τα σύμβολα, τα οποία εξετάζονται από τον παρατηρητή. Αντίθετα, στην περίπτωση που έχουμε «από πάνω προς τα κάτω» αναζήτηση, η διαδικασία βασίζεται στην εμπειρία ή την υπάρχουσα γνώση του παρατηρητή.

Με την διατύπωση πιο πρόσφατων εκδοχών της θεωρίας γίνεται μια προσπάθεια εξήγησης των αναζητήσεων οι οποίες δεν προκύπτουν από σειριακή ή παράλληλη αναζήτηση (Treisman & Gormica 1988). Οι περιπτώσεις που εξετάστηκαν ήταν δύο. Στην πρώτη περίπτωση, πραγματοποιείται σειριακή επεξεργασία για την αναζήτηση του χαρακτηριστικού, λόγω της ομοιότητας του στόχου με τους μη-στόχους. Στην δεύτερη περίπτωση που εξετάστηκε, πραγματοποιούνται συνδυαστικές αναζητήσεις με χαρακτηριστικά παραλλήλων αναζητήσεων, λόγω της μεγάλης διαφοροποίησης των στόχων από τους μη-στόχους. Μετά τη διατύπωση της νέας εκδοχής της θεωρίας ενοποίησης των χαρακτηριστικών, παύει να υπάρχει ο διαχωρισμός μεταξύ της παράλληλης και της σειριακής αναζήτησης και υποστηρίζεται η άποψη της ταυτόχρονης ύπαρξής τους. Στις περιπτώσεις της ανομοιότητας του στόχου με τους περισπαστές υπερισχύει η παράλληλη αναζήτηση, ενώ όταν υπάρχει ομοιότητα μεταξύ όλων των συμβόλων του χάρτη, η αναζήτηση που υπερισχύει είναι η σειριακή και ο χρόνος που απαιτείται για τον εντοπισμό του επιθυμητού στόχου είναι μεγαλύτερος (Treisman &

Gormica 1988). Τέλος, οι Treisman & Gormica διατύπωσαν μια πρόταση, σύμφωνα με την οποία υπάρχει η πιθανότητα γρήγορης αναζήτησης σε στοιχεία τα οποία δεν εμφανίζουν μια προφανή ανομοιότητα. Στην περίπτωση αυτή είναι πιθανόν κάποιιο από τους στόχους περισπαστές να ομαδοποιούνται κάνοντας την αναζήτηση μέσα στις ομάδες και ανάμεσα τους παράλληλη και σειριακή αντίστοιχα.

### 1.3.2 Το Μοντέλο της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης

Στο Μοντέλο της Καθοδηγούμενης Αναζήτησης (Guided Search Model) το στάδιο της παράλληλης αναζήτησης διαχωρίζεται από εκείνο της σειριακής (Hoffman 1979). Κατά την διάρκεια της προ-προσεκτικής παρατήρησης δεν λαμβάνεται καμία απόφαση από τον παρατηρητή. Οι αποφάσεις του παρατηρητή λαμβάνονται στο σειριακό στάδιο αναζήτησης, το οποίο διαδέχεται το παράλληλο. Στο μοντέλο της καθοδηγούμενης αναζήτησης εισάγεται η έννοια του «οπτικού θορύβου». Ο θόρυβος αυτός έχει να κάνει με άγνωστους παράγοντες οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να επεμβαίνουν στην αναζήτηση ή τη διάκριση του στόχου και είναι σε θέση να επιβραδύνουν την αναζήτηση χαρακτηριστικού. Πιθανές μεταβλητές του «οπτικού θορύβου» είναι ο μεγάλος αριθμός ερεθισμάτων ή η μεταξύ τους διαφοροποίηση. Η εμφάνιση του θορύβου αυτού γίνεται σε συνδυαστικές αναζητήσεις εμποδίζοντας την ενεργοποίηση του στόχου μεταξύ των στόχων-περισπαστών. Στις περιπτώσεις που το επίπεδο του «οπτικού θορύβου» είναι χαμηλό, τότε οι χρόνοι αναζήτησης της σειριακής διαδικασίας που εντοπίζει το στόχο είναι αντίστοιχοι με αυτούς της παράλληλης. Στην αντίθετη περίπτωση του υψηλού επιπέδου θορύβου, η αναζήτηση λαμβάνει χώρα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα με χρόνους αντίστοιχους σειριακής αναζήτησης (Wolfe & Cave 1989).

### 1.3.3 Η Θεωρία της Ομοιότητας

Στην Θεωρία της Ομοιότητας (Similarity Theory) ο διαχωρισμός μεταξύ της σειριακής και της παράλληλης αναζήτησης δεν είναι απαραίτητος (Duncan & Humphreys 1989). Οι δύο διαδικασίες αποτελούν τα δύο άκρα ενός συνεχούς μέσου. Η μεταβλητή που επηρεάζει την αναζήτηση του στόχου είναι η ομοιότητά του με τους περισπαστές καθώς και η ομοιότητα μεταξύ των μη-στόχων. Στην περίπτωση που οι στόχοι είναι όμοιοι με τους περισπαστές και οι μη στόχοι είναι περισσότερο ανόμοιοι μεταξύ τους, η αναζήτηση γίνεται δυσκολότερα. Η θεωρία της ομοιότητας αποτελείται από τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο, που αποτελεί ένα παράλληλο στάδιο αντιληπτικής περιγραφής (perceptual description), ομαδοποιούνται τα τμήματα ενός συνόλου (π.χ. τα γράμματα που αποτελούν μια λέξη) στις «δομικές μονάδες», οι οποίες προετοιμάζουν τον παρατηρητή, χωρίς να ασκούν άμεσο έλεγχο στη συμπεριφορά. Το δεύτερο στάδιο αποτελεί μια διαδικασία επιλογής, όπου ο παρατηρητής απορρίπτει τους περισπαστές οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε ομάδες και όχι ο καθένας ξεχωριστά. Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την έννοια της οπτικής βραχυπρόθεσμης μνήμης (visual short-term memory-VSTM) σύμφωνα με την οποία για την εισαγωγή πληροφορίας υπεισέρχονται παράλληλες διαδικασίες που κάνουν τη μνήμη VSTM να «γεμίσει». Η VSTM πρέπει να «αδειάσει» για την επόμενη εισαγωγή πληροφορίας που ακολουθεί. Οι περίοδοι μεταξύ των διαδοχικών εισαγωγών πληροφορίας χαρακτηρίζονται από σειριακές διαδικασίες.

### 1.3.4 Το Μοντέλο του Επηρασμένου Ανταγωνισμού

Σύμφωνα με το Μοντέλο του Επηρασμένου Ανταγωνισμού (The Biased Competition Model) η προσοχή του παρατηρητή κατευθύνεται σε θέσεις και όχι σε αντικείμενα (Desimone & Duncan 1995). Η οπτική σκηνή παρέχει πληροφορίες για τις θέσεις των αντικειμένων καθώς και για τα χαρακτηριστικά τους. Η προσοχή του παρατηρητή κατευθύνεται με βάση δύο διαφορετικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται ως πηγές πληροφορίας. Πρόκειται, όπως αναφέρθηκε και στη θεωρία ενοποίησης των χαρακτηριστικών, για τις «από κάτω προς τα πάνω» και για την «από πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες αναζήτησης. Οι «από κάτω προς τα πάνω» διαδικασίες, προέρχονται από τα ερεθίσματα που δημιουργούνται από την παρατήρηση της οπτικής σκηνής, ενώ οι διαδικασίες με κατεύθυνση «από πάνω προς τα κάτω» προέρχονται μόνο από τις γνώσεις και την εμπειρία του παρατηρητή. Στην περίπτωση των «κάτω-πάνω» πληροφοριών, οι τελευταίες είναι σε θέση να κατευθύνουν την προσοχή του παρατηρητή μόνο στην περίπτωση που είναι ισχυρές, διαφορετικά δεν έχουν αυτήν τη δυνατότητα. Οι «πάνω-κάτω» πληροφορίες παρέχονται στο υποκείμενο της έρευνας με την περιγραφή του αναζητούμενου στόχου ή με την προβολή του στόχου πριν την διαδικασία της οπτικής αναζήτησης στην εμφανιζόμενη σκηνή. Οι γνώσεις αυτές αποθηκεύονται στην οπτικά βραχυπρόθεσμη μνήμη (VTSM). Ως αποτελεσματική χαρακτηρίζεται μια αναζήτηση στην οποία ο ζητούμενος στόχος «ξεπετάγεται» από την οπτική σκηνή λόγω αντιληπτικών επιρροών (Vecera 2000). Οι επιρροές αυτές μπορεί να είναι η εμφάνιση αγνώστων ή ασυνήθιστων συμβόλων με τα οποία δεν υπάρχει εξοικείωση του παρατηρητή. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όταν δεν υπάρχει κάποιο ερέθισμα που να «ξεπετάγεται» από την οπτική σκηνή, η αναζήτηση γίνεται σειριακά.

### 1.4 Η έννοια του σχήματος στην ψυχολογία

Στην ψυχολογία, η έννοια του «σχήματος» είναι διαφορετική από εκείνη της «μορφής». Ο όρος «μορφή» αναφέρεται στα τοπικά χαρακτηριστικά και αφορά τις ιδιότητες του περιγράμματος ενός αντικειμένου. Ο όρος «σχήμα» αναφέρεται στη συνολική μορφή ενός αντικειμένου, στο περίγραμμα του και στη δομή της εσωτερικής επιφάνειας. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του συμβόλου «+» το οποίο έχει το σχήμα του συμβόλου συν και η μορφή του περιλαμβάνει τέσσερις απολήξεις γραμμών και μία τομή (Wolfe & Bennett 1997). Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί και διαφορετικοί ορισμοί για τη μορφή και το σχήμα ενός αντικειμένου (Donnelly 2000, Treisman 1993). Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών ορισμών για αυτές τις έννοιες του σχήματος και της μορφής ενός αντικειμένου δηλώνει ότι ο μεταξύ τους διαχωρισμός δεν είναι ξεκάθαρος. Ως «αντικείμενο» θεωρείται κάθε μετρήσιμη οντότητα (Wolfe & Bennett 1997). Με βάση τον ορισμό αυτό δύο αντικείμενα είναι δυνατόν να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά μορφής αλλά διαφορετικό σχήμα. Για παράδειγμα, τα γράμματα «V» και «L» έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά μορφής, καθώς αποτελούνται από δύο απολήξεις άλλα η διάταξη της μορφολογία τους είναι διαφορετική, έτσι, έχουν διαφορετικό σχήμα.

Σύμφωνα με τον Wolfe (2000) οι σημαντικότερες διαστάσεις του σχήματος είναι οι γραμμικές απολήξεις, η κλειστότητα, η τοπολογία και οι διασταυρώσεις, οι οποίες και διακρίνονται προ-προσεκτικά. Οι γραμμικές απολήξεις είναι τα άκρα των γραμμικών τμημάτων (Julesz 1984, Bergen and Julesz 1983, Julesz 1981). Σύμφωνα με την Julesz (1984) το ανθρώπινο μάτι μπορεί να εκτιμήσει τον αριθμό των απολήξεων αλλά όχι την ακριβή τους θέση κατά την προ-προσεκτική παρατήρηση. Οι γραμμικές απολήξεις δηλώνουν την μη ύπαρξη κλειστότητας, ενώ ο όρος «κλειστότητα» αναφέρεται με τη σειρά του στη μη ύπαρξη απολήξεων. Η τοπολογία αποτελεί τη διάσταση του σχήματος

η οποία λαμβάνει μέρος, μαζί με άλλες, στην ασυνείδητη αντίληψη των σχημάτων. Βασικότερες τοπολογικές ιδιότητες είναι η ύπαρξη οπής, η συνδεσιμότητα, η κλειστότητα και οι σχέσεις εντός-εκτός ή εσωτερικού-εξωτερικού. Ως διασταύρωση ορίζεται η τομή μεταξύ δύο ευθυγράμμων τμημάτων.

### 1.5 Η έννοια του σχήματος στη χαρτογραφία

Ο Bertin (1967) εισήγαγε την έννοια των οπτικών μεταβλητών στην χαρτογραφία. Οι οπτικές μεταβλητές, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό των συμβόλων ενός χάρτη, είναι η θέση, το μέγεθος, η ένταση, η υφή, η απόχρωση, ο προσανατολισμός και το σχήμα. Το σχήμα αποτελεί μία από τις σημαντικότερες οπτικές μεταβλητές. Στη χαρτογραφία, σε αντίθεση με τη ψυχολογία, ο όρος «σχήμα» ταυτίζεται με τον όρο «μορφή». Ο Bertin υποστηρίζει ότι το σχήμα δεν αποτελεί μια επιλεκτική μεταβλητή, χωρίς βέβαια να το έχει αποδείξει πειραματικά και έτσι αμφισβητείται από πολλούς. Με τον όρο «επιλεκτική προσοχή» εννοούμε εκείνη την ικανότητα να παρατηρείται η διάσταση μιας σκηνής και να αγνοείται μια άλλη. Ο αυστηρός διαχωρισμός μεταξύ επιλεκτικών και μη επιλεκτικών μεταβλητών δεν είναι δυνατός χωρίς να ληφθεί υπόψη η δυναμική αλληλεπίδραση των συμβόλων με το χάρτη (MacEachren 1995). Έτσι, είναι δυνατόν, το σχήμα να είναι μη επιλεκτική μεταβλητή όμως σε συνδυασμό με μία άλλη οπτική μεταβλητή να μετατρέπεται σε επιλεκτική, για παράδειγμα ο συνδυασμός του σχήματος με την οπτική μεταβλητή της απόχρωσης για το σχεδιασμό ενός συμβόλου.

Το σχήμα, σε σχέση με τις υπόλοιπες οπτικές μεταβλητές που όρισε ο Bertin, θεωρείται ως μια ιδιαίτερη οπτική μεταβλητή για το σχεδιασμό των συμβόλων ενός χάρτη. Το γεγονός αυτό συμβαίνει καθώς άλλες οπτικές μεταβλητές, όπως το μέγεθος και η απόχρωση, ορίζονται μέσα σε ένα συγκεκριμένο διάστημα τιμών. Αντίθετα, το σχήμα είναι δυνατόν να τροποποιηθεί και να προκύψουν πολλά διαφορετικά σύμβολα. Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί στα σημειακά σύμβολα, είτε στα γεωμετρικά ή στα εικονογραφικά σύμβολα ή και στο συνδυασμό τους. Τα γεωμετρικά σύμβολα απεικονίζουν ένα αντικείμενο με απλά γεωμετρικά σύμβολα (π.χ. κύκλος, τετράγωνο), ενώ τα εικονογραφικά έχουν παρόμοια εμφάνιση με τα αντικείμενα που αντιπροσωπεύουν. Ο συνδυασμός ενός αφαιρετικού συμβόλου με ένα εικονογραφικό, παράγει ένα σύμβολο που ονομάζεται συνδυετικό. Στην περίπτωση των σημειακών συμβόλων, σε αντίθεση με τα αντίστοιχα γραμμικά και επιφανειακά, ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων που μπορούν να επιλεγθούν για το σχεδιασμό είναι αρκετά μεγάλος. Στο σχεδιασμό ενός γραμμικού συμβόλου το σχήμα παίρνει τη μορφή του αντικειμένου το οποίο και απεικονίζει (π.χ. η απεικόνιση ενός δρόμου). Στην περίπτωση των επιφανειακών συμβόλων, το σχήμα καθορίζεται από το περίγραμμα της οντότητας που περιγράφει, το εσωτερικό της οποίας μπορεί να συμπληρώνεται από μια άλλη οπτική μεταβλητή, όπως την απόχρωση.

Σύμφωνα με τον Keates (1982) τα σημειακά σύμβολα διαχωρίζονται σε εικονικά και σε συμβατικά. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα εικονικά ή εικονογραφικά σύμβολα είναι εκείνα τα σύμβολα των οποίων η μορφή είναι όμοια με το αντικείμενο που αντιπροσωπεύουν, ενώ τα συμβατικά ή αφαιρετικά ή γεωμετρικά σύμβολα δεν έχουν σχέση με τη μορφή του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν. Αργότερα, εισάγεται από τον Robinson (1984) η έννοια του βαθμού εικονικότητας στα σύμβολα. Έτσι, τα σύμβολα διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τα εικονογραφικά, τα συσχετικά και τα γεωμετρικά. Με τη συγκεκριμένη διαδοχή, αν θεωρηθεί ένα συνεχές μέσο συμβολισμού, το ένα άκρο είναι το αναλογικό ή μιμητικό άκρο και το άλλο άκρο εκπροσωπεί το αντίστοιχο αυθαίρετο. Το αναλογικό άκρο, που αντιστοιχεί στα εικονογραφικά σύμβολα θα πρέπει

να είναι αναγνωρίσιμο από τον παρατηρητή χωρίς την ύπαρξη υπομνήματος στο χάρτη. Η δεύτερη κατηγορία, των συσχετικών συμβόλων, αποτελούν συνδυασμό των δύο άλλων άκρων του μέσου, ενώ τα γεωμετρικά σύμβολα έχουν αυθαίρετη σχέση με το αντικείμενο που απεικονίζουν. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ίδιο σύμβολο, ανάλογα με το αντικείμενο το οποίο αντιπροσωπεύει, είναι δυνατόν να κατατάσσεται σε διαφορετική θέση του συνεχούς μέσου.

## 1.6 Συνθήκες διεξαγωγής πειραμάτων

Η διεξαγωγή πειραμάτων στην ψυχολογία αποτελεί μια απαραίτητη διαδικασία για την μελέτη της ανάγνωσης και της επεξεργασίας μιας οπτικής σκηνής και κατ' επέκταση στη χαρτογραφία για την μελέτη της οπτικής αναζήτησης πάνω σε χάρτες. Τα υποκείμενα που λαμβάνουν μέρος σε ψυχολογικά ή χαρτογραφικά πειράματα καλούνται να υποβληθούν σε μία από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Αναζήτηση ενός στόχου, που μπορεί είναι παρών ή απών, σε μια οπτική σκηνή που είναι δυνατόν να περιέχει μικρό ή μεγάλο αριθμό στόχων περισπαστών.
- Διάκριση της υφής (texture segregation), με ταχύτητα και ακρίβεια, μεταξύ δύο περιοχών οι οποίες είναι δυνατόν να αποτελούνται από παρεμφερή ή ανόμοια αντικείμενα διατεταγμένα με τυχαίο ή μη τυχαίο τρόπο.
- Στην εκτίμηση ή ακόμα και την μέτρηση στοιχείων της οπτικής σκηνής τα οποία διαθέτουν από κοινού ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Οι διαδικασίες που εφαρμόζονται συνήθως σε πειράματα οπτικής αναζήτησης ανήκουν στις δύο πρώτες κατηγορίες. Τα στοιχεία που εξετάζονται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων των πειραμάτων είναι η ταχύτητα και η ορθότητα των απαντήσεων των υποκειμένων της έρευνας. Ο χρόνος μέσα στον οποίο το υποκείμενο της έρευνας δίνει την απάντηση για το αν ο στόχος είναι παρών ή απών στην οπτική σκηνή ονομάζεται χρόνος αντίδρασης (reaction time). Ο χρόνος αντίδρασης είναι μέγεθος ανάλογο του επιπέδου δυσκολίας εντοπισμού του στόχου. Μεγαλύτεροι χρόνοι αντίδρασης δίνουν πιο απότομες κλίσεις της συνάρτησης του χρόνου αντίδρασης με το σύνολο των αριθμών των συμβόλων. Από την κλίση της συγκεκριμένης συνάρτησης, η οπτική αναζήτηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως σειριακή ή παράλληλη.

Η αποτελεσματικότητα των πειραμάτων εξαρτάται από μια σειρά διαφορετικών παραγόντων, οι οποίοι ποικίλουν ανάλογα με τη μορφή και τις απαιτήσεις κάθε πειράματος και είναι δυνατόν να υφίστανται και να συνδυάζονται παρεμβαίνοντας στην διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας. Οι παράμετροι που διαδραματίζουν το βασικότερο ρόλο στην αποτελεσματικότητα των πειραμάτων έχουν να κάνουν με το σχεδιασμό του πειράματος καθώς και με το κάθε υποκείμενο της έρευνας.

Παράγοντες που είναι ανεξάρτητοι από το κάθε υποκείμενο είναι οι ακόλουθοι:

- Ο αριθμός των υποκειμένων που συμμετέχουν στην έρευνα.
- Ο αριθμός των οπτικών σκηνών, στις οποίες καλείται το κάθε υποκείμενο για την εύρεση του στόχου καθώς και ο αριθμός των δοκιμών στις οποίες υποβάλλεται το κάθε υποκείμενο της έρευνας
- Το χρονικό διάστημα της έκθεσης της κάθε οπτικής σκηνής.
- Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί για τη διαδοχή των οπτικών σκηνών του πειράματος

Οι παράμετροι που έχουν να κάνουν με τον εκάστοτε παρατηρητή είναι:

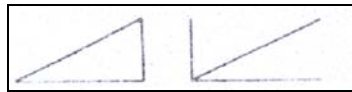
- Η οικειότητα του υποκειμένου με τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στο πείραμα που διεξάγεται.

- Η διάθεση και η σοβαρότητα με την οποία αντιμετωπίζει το υποκείμενο την πειραματική διαδικασία.
- Η κόπωση του παρατηρητή που είναι σε θέση να προκαλέσει την αδιαφορία του, λόγω του μεγάλου αριθμού οπτικών σκηνών οι οποίες εμφανίζονται.
- Η συμμετοχή του υποκειμένου σε παρεμφερή πειράματα οπτικής αναζήτησης.

### 1.7 Ψυχολογικά πειράματα για τη μελέτη του σχήματος

Διάφορα ψυχολογικά πειράματα έχουν διεξαχθεί με σκοπό την μελέτη της λειτουργίας του σχήματος κατά την οπτική αναζήτηση. Συγκεκριμένα, έχουν γίνει πειράματα στα οποία μελετάται η ύπαρξη γραμμικών απολήξεων καθώς και η τοπολογική ιδιότητα της ύπαρξης οπής σε ένα σχήμα.

Οι Julesz & Bergen (1983) πραγματοποίησαν πειράματα για την μελέτη των γραμμικών απολήξεων των αντικειμένων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν, σε αρκετές περιπτώσεις, δεν συμφωνούν μεταξύ τους, ωστόσο υπάρχουν κάποια κύρια συμπεράσματα. Αντικείμενα με τον ίδιο αριθμό γραμμικών τμημάτων, με το ίδιο μέγεθος και ίδιο προσανατολισμό αλλά με διαφορετικό αριθμό απολήξεων, διακρίνονται εύκολα επιτυχώς. Στην περίπτωση που ο αριθμός των γραμμικών τμημάτων είναι ο ίδιος με τον αριθμό των γραμμικών απολήξεων, ισχύει το αντίθετο συμπέρασμα. Τα ζεύγη σχημάτων που εξετάστηκαν για τη εξαγωγή των παραπάνω συμπερασμάτων ήταν: ορθογώνιο τριγωνικό σχήμα-σχήμα τύπου βέλους (Σχήμα 1.4) και σχήμα ανεστραμμένου «10»-σχήμα «S» (Σχήμα 1.5). Τα πειράματα επαναλήφθηκαν από τον Enns (1986). Τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια. Ο Enns έλαβε υπόψη του και την ιδιότητα της κλειστότητας που παρουσιάζουν το ορθογώνιο τριγωνικό σχήμα καθώς και το σχήμα του ανεστραμμένου «10» και διαπίστωσε ότι τα σχήματα του πρώτου πειράματος των Julesz & Bergen έχουν το ίδιο μήκος γραμμικών τμημάτων ενώ στο δεύτερο πείραμα τα κατακόρυφα γραμμικά τμήματα έχουν μήκος ίσο με το 1/5 των αντίστοιχων οριζοντίων. Ο Enns επανέλαβε τα πειράματα μειώνοντας το μήκος των κατακόρυφων τμημάτων στο 1/5 των οριζοντίων για το πρώτο ζεύγος των πειραμάτων των Julesz & Bergen (Σχήμα 1.6) και τροποποίησε το δεύτερο ζεύγος ώστε όλα τα γραμμικά τμήματα να έχουν το ίδιο μήκος (Σχήμα 1.7). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν αντίθετα από τα αρχικά, ωστόσο λόγω του μεγαλύτερου αριθμού ορθών απαντήσεων, η άποψη που υπερισχύει είναι η αρχική.



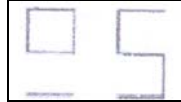
**Σχήμα 1.4 :** Ζεύγος τριγωνικού σχήματος και σχήματος τύπου βέλους των πειραμάτων των Julesz & Bergen (1983)



**Σχήμα 1.5 :** Ζεύγος ανεστραμμένου «10» και σχήματος τύπου «S» των πειραμάτων των Julesz & Bergen (1983)

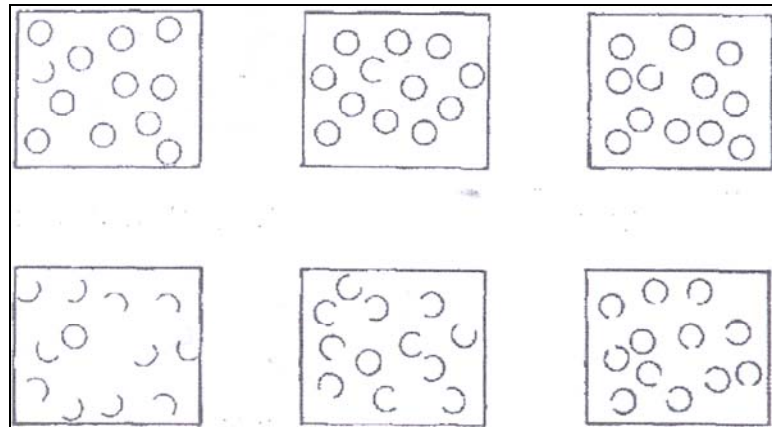


**Σχήμα 1.6 :** Ζεύγος τριγωνικού σχήματος και σχήματος τύπου βέλους των πειραμάτων του Enns (1986)



**Σχήμα 1.7 :** Ζεύγος ανεστραμμένου «10» και σχήματος τύπου «S» των πειραμάτων του Enns (1986)

Οι Treisman & Souther (1985) διεξήγαγαν πειράματα, σύμφωνα με τα οποία προέκυψαν ότι σύμβολα-στόχοι, που έχουν γραμμικές απολήξεις, εντοπίζονται σε χρόνους παράλληλης αναζήτησης μεταξύ συμβόλων περισπαστών που έχουν την ιδιότητα της κλειστότητας. Παράλληλη επίσης χαρακτηρίζεται η αναζήτηση κατά την οποία οι μη στόχοι διαφέρουν αρκετά από το στόχο. Στην περίπτωση που οι περισπαστές αποτελούνται από γραμμικές απολήξεις η αναζήτηση γίνεται σειριακά. Τα σχήματα που χρησιμοποίησαν οι Treisman & Souther ήταν κλειστοί κύκλοι και κύκλοι με τυχαία τοποθετημένα κενά, μεγεθών ίσων με το 1/8 ,το 1/4 και το 1/2 της περιφέρειας του κύκλου (Σχήμα 1.8). Στις δοκιμές που έγιναν, σε μερικές περιπτώσεις, ο ζητούμενος στόχος ήταν ο κλειστός κύκλος και σε άλλες ο ανοιχτός κύκλος.

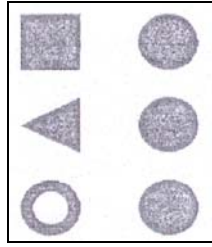


**Σχήμα 1.8 :** Οπτικές σκηνές πειραμάτων Treisman & Souther (1985)

Οι Cheal & Lyon (1992) πραγματοποίησαν ένα ακόμα πείραμα, αποδεικνύοντας ότι η αναζήτηση ενός στόχου με μεγαλύτερο αριθμό απολήξεων σε σχέση με τους στόχους περισπαστές είναι δυσκολότερη. Το ζεύγος συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος ήταν ένα σχήμα «S» και ένα σχήμα «E». Η αναζήτηση του σχήματος «S», με τις δύο απολήξεις, μεταξύ των σχημάτων «E», με τις τρεις απολήξεις, ήταν αποτελεσματικότερη από την αναζήτηση των «E» μεταξύ των «S».

Σχετικά με την τοπολογική ιδιότητα, της ύπαρξης οπής αποδείχθηκε από πείραμα του Chen (2001) πως τα στοιχεία με την ιδιότητα αυτή εντοπίζονται γρηγορότερα. Στο πείραμα αυτό, ο Chen χρησιμοποίησε τρία συμπαγή σχήματα, ένα κύκλο, ένα τετράγωνο και ένα τρίγωνο και ένα κύκλο με μία οπή (Σχήμα 1.9). Ο κύκλος με την οπή διακρινόταν καλύτερα από το συμπαγές τρίγωνο και τετράγωνο σε σχέση με τον συμπαγή κύκλο. Τα συμπαγή σχήματα που χρησιμοποιήθηκαν, σε αντίθεση με τον

κύκλο με την ιδιότητα της οπής, χαρακτηρίζονται ως τοπολογικά ισοδύναμα καθώς είναι δυνατόν, κάτω από την επίδραση κάποιας παραμόρφωσης, να προκύψει το ένα από το άλλο.



Σχήμα 1.9 : Σχήματα πειραμάτων του Chen (2001)

### 1.8 Χαρτογραφικά πειράματα για τη μελέτη του σχήματος

Τα χαρτογραφικά πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί, ερευνούν τη λειτουργία του σχήματος σημειακών συμβόλων. Συγκεκριμένα, αναζητούνται εκείνα τα σχήματα που αντιπροσωπεύουν ένα στοιχείο του χάρτη και είναι δυνατόν να εντοπιστούν ταχύτερα και με τη βέλτιστη ορθότητα από έναν παρατηρητή. Διαφορετικές σειρές πειραμάτων από χαρτογράφους-ερευνητές έχουν διεξαχθεί εξετάζοντας την επίδραση του σχήματος κατά την αναζήτηση σημειακών συμβόλων.

Ο Kilkoynne (1973) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αντίδραση ενός παρατηρητή είναι πιο άμεση όταν αναζητούνται εικονογραφικά σύμβολα σε σχέση με τα αντίστοιχα αφαιρετικά. Στο πείραμα που διεξήγαγε, χρησιμοποίησε αφαιρετικά και εικονογραφικά σύμβολα ζητώντας από τα υποκείμενα της έρευνας του να εκτελέσουν διαφορετικά είδη αναζήτησης, όπως απαρίθμηση εικονογραφικών και γεωμετρικών συμβόλων και σύγκριση και έλεγχο των συμβόλων του χάρτη. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και ο Phillips (1973), ο οποίος διεξήγαγε πειράματα χρησιμοποιώντας σύνθετα εικονογραφικά και γεωμετρικά σύμβολα πάνω σε απλό υπόβαθρο.

Οι Forrest & Castner (1985) μελέτησαν μια ειδική κατηγορία σημειακών συμβόλων. Πρόκειται για τα τουριστικά σύμβολα, στα οποία υπάρχει η απαίτηση του γρήγορου εντοπισμού και του άμεσου προσδιορισμού, από τον παρατηρητή, του στοιχείου το οποίο αντιπροσωπεύουν. Για την διεξαγωγή των πειραμάτων σχεδιάστηκαν 72 διαφορετικά σύμβολα, τεσσάρων κατηγοριών και κάθε κατηγορία περιείχε έξι διαφορετικές θεματικές ενότητες, των τριών συμβόλων η καθεμία. Αφαιρετικά σύμβολα με περιγράμματα, συσχετικά σύμβολα με περιγράμματα, εικονογραφικά σύμβολα με περιγράμματα και εικονογραφικά σύμβολα χωρίς περιγράμματα ήταν οι τέσσερις κατηγορίες των συμβόλων των πειραμάτων των Forrest & Castner. Όλα τα σύμβολα είχαν μαύρο χρώμα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές κλίμακες χαρτογραφικών υποβάθρων (1:25000 και 1:125000). Ο ζητούμενος στόχος παρουσιαζόταν στα υποκείμενα σε μία κάρτα πριν την αναζήτηση στο χάρτη. Τα πειράματα έδειξαν ότι τα αφαιρετικά σύμβολα εντοπίζονται γρηγορότερα σε σχέση με τα εικονογραφικά. Επίσης, ταχύτερος είναι ο εντοπισμός των εικονογραφικών συμβόλων με περίγραμμα, σε σχέση με τα αντίστοιχα χωρίς περίγραμμα. Σύμφωνα με τα πειράματα, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με τα αφαιρετικά, γεγονός το οποίο δηλώνει την άμεση συσχέτιση των εικονογραφικών συμβόλων σε σχέση με το στοιχείο που απεικονίζουν.



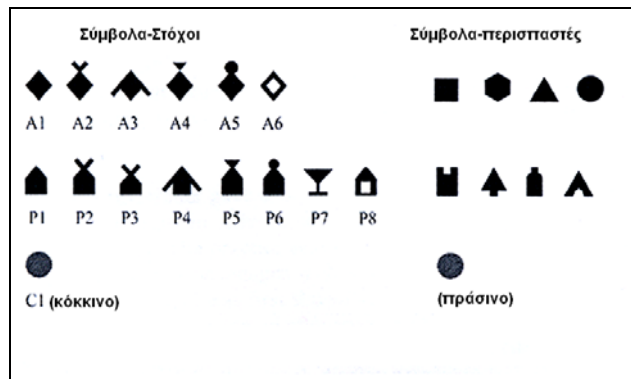
### 1.8.1 Πειράματα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας

Η επιρροή της ιδιότητας των γραμμικών απολήξεων και της ύπαρξης οπής στο σχήμα, μελετήθηκε από το εργαστήριο Χαρτογραφίας της Σ.Α.Τ.Μ. του Ε.Μ.Π., σε μια σειρά τριών διαφορετικών πειραμάτων (Michaelidou et al. 2005, Πούλιου 2006, Τσαγκαράκη 2007). Παρακάτω, παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία διεξαγωγής καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε κάθε ένα από τα πειράματα αυτά.

#### Πείραμα 1 (Michaelidou et al. 2005)

Το πρώτο χαρτογραφικό πείραμα πραγματοποιήθηκε με σκοπό την μελέτη των ιδιοτήτων του σχήματος σημειακών αφαιρετικών και εικονογραφικών συμβόλων, σε περιπτώσεις όπου ο αναζητούμενος στόχος είναι παρών ή απών. Για την διεξαγωγή του πειράματος, δημιουργήθηκαν χάρτες όπου το σύμβολο στόχος ήταν τοποθετημένο στο κέντρο, στο μέσο και στην περιφέρεια. Το χαρτογραφικό υπόβαθρο των συμβόλων ήταν απλό και δεν περιείχε στοιχεία ονοματολογίας ή στοιχεία υπομνήματος.

Τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα που σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ως στόχοι και ως περισπαστές φαίνονται στο σχήμα 1.10 που ακολουθεί:



**Σχήμα 1.10 :** Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με απλό υπόβαθρο (πηγή: Michaelidou et al. 2005)

Τα αποτελέσματα του πειράματος με απλό υπόβαθρο παρουσιάζονται στους πίνακες 1.1 και 1.2 που ακολουθούν:

**Πίνακας 1.1 :** Αποτελέσματα πειράματος με απλό υπόβαθρο, στις περιπτώσεις παρόντος ή απόντος στόχου, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή: Michaelidou et al. 2005)

Αφαιρετικά σύμβολα							
Στόχος-παρών				Στόχος-απών			
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)
A1	2118	752	75	A1	4576	1571	98
A2	1322	315	95	A2	3012	1127	100
A3	1466	449	95	A3	3048	1130	98
A4	1398	320	98	A4	3085	1095	100
A5	1385	307	96	A5	2761	1140	99

A6	989	198	98	A6	2572	908	98
C1	901	321	99	C1	1207	641	100
Εικονογραφικά σύμβολα							
Στόχος-παρών				Στόχος-απών			
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)
P1	2685	932	84	P1	5729	1825	98
P2	2368	659	90	P2	5051	1641	99
P3	2334	586	92	P3	5101	1701	98
P4	2692	866	80	P4	5497	2063	90
P5	2718	783	82	P5	5608	1669	97
P6	2776	1198	80	P6	5776	1900	82
P7	1826	490	95	P7	5074	1245	98
P8	1355	324	99	P8	3994	1242	98

**Πίνακας 1.2 :** Αποτελέσματα πειράματος με απλό υπόβαθρο, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και σ την περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή: Michaelidou et al. 2005)

Αφαιρετικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)
A1	1322	793	A1	2356	1037	A1	3203	1219
A2	874	296	A2	1362	524	A2	1809	454
A3	943	420	A3	1548	741	A3	2012	567
A4	941	352	A4	1204	364	A4	2112	590
A5	934	300	A5	1370	472	A5	1913	471
A6	752	165	A6	942	228	A6	1274	334
C1	808	315	C1	941	364	C1	957	442
Εικονογραφικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)
P1	1607	1086	P1	3140	1438	P1	3650	1414
P2	1284	626	P2	3501	900	P2	3573	1358
P3	1115	626	P3	2741	756	P3	3298	988
P4	1935	1261	P4	2794	1141	P4	3580	1380
P5	2249	1211	P5	2956	1130	P5	3013	1151
P6	2254	1581	P6	2962	1634	P6	3254	1347
P7	1196	569	P7	2166	861	P7	2072	669
P8	922	355	P8	1247	423	P8	1897	589

Για να εξεταστεί κατά πόσο οι διαφορές στους μέσους χρόνους αναζήτησης(ΧΑ) ήταν στατιστικά σημαντικές έγιναν τα απαραίτητα t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν στις περιπτώσεις των αφαιρετικών και των εικονογραφικών συμβόλων παρουσιάζονται παρακάτω:

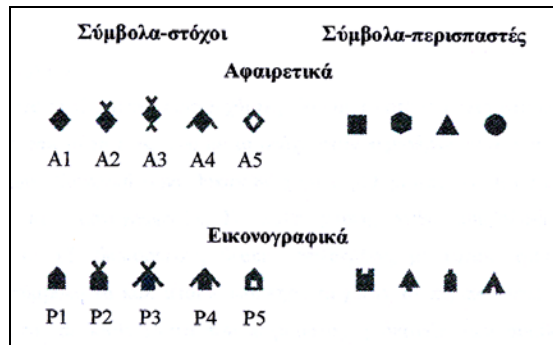
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν παρών, όλα τα ζεύγη συμβόλων παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ( $p < 0,05$ ) στους μέσους ΧΑ με εξαίρεση τα ζεύγη A2-A5, A4-A5, A3-A5 και A3-A4.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, στην περίπτωση που ο στόχος ήταν απών, όλοι οι μέσοι όροι των ΧΑ εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ), εκτός από τις περιπτώσεις των ζευγών A2-A3, A2-A4 και A3-A4.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν παρών, όλα τα ζεύγη συμβόλων παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ( $p < 0,05$ ) στους μέσους ΧΑ εκτός από τα ζεύγη P2-P3, P1-P4, P1-P5, P1-P6, P4-P5, P4-P6 και P5-P6.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν απών, όλοι οι μέσοι όροι των ΧΑ εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ), εκτός από τις περιπτώσεις των ζευγών P4-P5, P4-P1, P4-P6, P5-P1, P5-P6 και P1-P6.

Το κόκκινο κυκλικό σημειακό σύμβολο όταν εντοπιζόταν ανάμεσα σε πράσινους κυκλικούς σημειακούς περισπαστές, όπως ήταν αναμενόμενο, εμφανίζει το μικρότερο μέσο ΧΑ σε σχέση με τα υπόλοιπα αφαιρετικά σύμβολα. Σχετικά με τα υπόλοιπα συμπαγή σύμβολα, παρατηρείται ότι δίνοντας στο σύμβολο ένα μοναδικό χαρακτηριστικό σε σχέση με τα σύμβολα περισπαστές, η αναζήτηση του γίνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Έτσι ο στόχος A1 (συμπαγής ρόμβος) εμφανίζει μεγαλύτερους ΧΑ σε σχέση με τους A2, A3, A4, A5 και A6, με το στόχο A6, ο οποίος έχει οπή, να έχει τα μικρότερα ΧΑ σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η παρατήρηση αυτή ισχύει, αναζητώντας το στόχο στο κέντρο, το μέσο και την περιφέρεια του χάρτη. Σχετικά με τα σύμβολα με το διαφορετικό αριθμό και θέση απολήξεων, παρατηρείται ότι δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές στην περίπτωση που ο στόχος βρίσκεται στο κέντρο του υποβάθρου. Ωστόσο όσο κινούμαστε προς την περιφέρεια, οι ΧΑ αυξάνονται χωρίς όμως να υπάρχει κάποιος στόχος που να ξεχωρίζει σημαντικά.

Στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων, η αναζήτηση του συμβόλου P1 (απλό συμπαγές σπιτάκι) δεν επηρεάζεται πάντα από την προσθήκη απολήξεων. Βέβαια, όπως στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων, το σπιτάκι με την οπή ξεχωρίζει με τους μικρότερους ΧΑ, σε σχέση με τα υπόλοιπα σύμβολα, στο κέντρο, το μέσο και την περιφέρεια του υποβάθρου. Επιπλέον, το σύμβολο P7 το οποίο διαφέρει από τη μορφή των συμβόλων-περισπαστών παρουσιάζει εξίσου μικρούς ΧΑ. Τα σύμβολα P7 και P8 έχουν την ιδιότητα να εμφανίζουν ανομοιότητα με τους περισπαστές που υπάρχουν στο υπόβαθρο. Όσον αφορά τη θέση των συμβόλων, όσο εμφανίζονται στο κέντρο, η διαφορά στο ΧΑ δεν είναι σημαντική μεταξύ του συμβόλου με την οπή και των υπόλοιπων συμβόλων με την ιδιότητα των απολήξεων. Ωστόσο το γεγονός αυτό δεν ισχύει όταν κινούμαστε προς το μέσο ή την περιφέρεια του υποβάθρου.

## Πείραμα 2 (Πούλιου 2006)

Το δεύτερο πείραμα εξετάζει τις ιδιότητες του σχήματος κατά τη διάρκεια της αναζήτησης σημειακών αφαιρετικών και εικονογραφικών συμβόλων σε ένα χάρτη με σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές που σχεδιάστηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος παρουσιάζονται στο σχήμα 1.11 που ακολουθεί:



**Σχήμα 1.11 :** Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο (πηγή : Πούλιου 2006)

Τα αποτελέσματα του πειράματος με το σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο παρουσιάζονται στους πίνακες 1.3 και 1.4 που ακολουθούν:

**Πίνακας 1.3 :** Αποτελέσματα πειράματος με σύνθετο χαρτογραφικό υπόβαθρο, στις περιπτώσεις παρόντος ή απόντος στόχου, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή : Πούλιου 2006)

Αφαιρετικά σύμβολα							
Στόχος-παρών				Στόχος-απών			
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)
A1	2093	785	70	A1	4278	1918	97
A2	1438	401	95	A2	3201	1366	98
A3	1366	298	97	A3	3224	1477	97
A4	1735	572	94	A4	3688	1795	100
A5	1314	335	96	A5	2770	1515	100
Εικονογραφικά σύμβολα							
Στόχος-παρών				Στόχος-απών			
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Σωστές Απαντήσεις (%)
P1	2482	886	72	P1	4925	1841	98
P2	2221	677	86	P2	4474	1815	100
P3	1903	452	89	P3	4189	1837	98
P4	2591	865	73	P4	5001	2136	98
P5	1477	379	97	P5	3431	1276	100

**Πίνακας 1.4 :** Αποτελέσματα πειράματος με σύνθετο υπόβαθρο, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και σ την περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή : Πούλιου 2006)

Αφαιρετικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)
A1	1310	535	A1	2326	947	A1	3261	1189

A2	937	578	A2	1482	489	A2	1950	574
A3	991	314	A3	1248	355	A3	1903	557
A4	1072	443	A4	1920	890	A4	2291	896
A5	863	326	A5	1364	678	A5	1766	493
Εικονογραφικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (msec)	Τυπική Απόκλιση (msec)
P1	1454	937	P1	3119	1158	P1	3161	930
P2	1295	724	P2	2463	777	P2	3017	1222
P3	1275	394	P3	1935	726	P3	2621	808
P4	1749	942	P4	2653	1221	P4	3673	1549
P5	997	335	P5	1463	530	P5	1975	632

Επιπλέον, για την ανάλυση των αποτελεσμάτων έγιναν τα t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων τα οποία έδειξαν ότι οι ΧΑ ήταν στατιστικά μεγαλύτεροι ( $p < 0.05$ ) στις περιπτώσεις που ο στόχος ήταν απών, σε σχέση με τις αντίστοιχες με το στόχο να είναι παρών στην οπτική σκηνή.

Συγκεκριμένα, τα t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων έδειξαν:

- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν παρών, παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) μεταξύ των συμβόλων-στόχων εκτός από τα ζεύγη A2-A3 και A3-A5.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν απών, οι διαφορές στους ΧΑ είναι για όλα τα ζεύγη, εκτός από το A2-A3, στατιστικά σημαντικές ( $p < 0.05$ ).
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν είναι τοποθετημένα στο κέντρο, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) παρουσιάζουν τα ζεύγη A1-A2, A1-A3, A1-A5, A3-A5 και A4-A5.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν είναι τοποθετημένα στο μέσο του υποβάθρου, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) των ΧΑ αντιστοιχεί στα ζεύγη A1-A3, A4-A3, A2-A3, A1-A5, A4-A5, A1-A2, A4-A2 και A1-A4.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, στην περίπτωση που τα σύμβολα είναι τοποθετημένα στην περιφέρεια, τότε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται σε όλα τα ζεύγη εκτός από A3-A5, A2-A5, A2-A3 και A4-A2.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν παρών, παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) μεταξύ των συμβόλων-στόχων εκτός από τα ζεύγη P1-P2 και P1-P4.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν ο στόχος ήταν απών, παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) στους ΧΑ για όλα τα σύμβολα εκτός από το ζεύγος P1-P4.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν είναι τοποθετημένα στο κέντρο, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) παρουσιάζουν τα ζεύγη P3-P5, P2-P5, P1-P5, P4-P5, P3-P4 και P2-P4.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν τα είναι τοποθετημένα στο μέσο του υποβάθρου, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) των ΧΑ αντιστοιχεί στα ζεύγη P1-P3, P4-P3, P2-P3, P1-P5, P4-P5, P2-P5 και P3-P5.

- Στα εικονογραφικά σύμβολα, στην περίπτωση που τα σύμβολα είναι τοποθετημένα στην περιφέρεια, τότε στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται σε όλα τα ζεύγη εκτός από τα P2-P3 και P1-P2.

Στα αφαιρετικά σύμβολα, οι σωστές απαντήσεις ήταν περισσότερες, στις περιπτώσεις που ο στόχος ήταν απών, με το στόχο A5 (ρόμβος με οπή) να εμφανίζει τα μεγαλύτερα ποσοστά ορθότητας απαντήσεων. Επιπλέον, οι ΧΑ ήταν μικρότεροι όταν ο στόχος ήταν παρών. Η αναζήτηση του συμβόλου A5 γίνεται σε μικρότερο χρόνο σε σχέση με τα υπόλοιπα εικονογραφικά σύμβολα. Επίσης, μικρούς ΧΑ δίνει και η ύπαρξη απολήξεων. Ακόμα, οι ρόμβοι με τις δύο απολήξεις δίνουν, με μικρή διαφορά, μεγαλύτερους ΧΑ σε σχέση με το ρόμβο με τις τέσσερις απολήξεις. Επίσης, συγκρίνοντας τους ρόμβους με τις δύο απολήξεις (σύμβολο A2 και σύμβολο A4), οι χρόνοι αναζήτησης είναι μικρότεροι όταν οι απολήξεις βρίσκονται στη κορυφή του ρόμβου.

Όπως παρατηρήθηκε για τα αφαιρετικά σύμβολα, οι χρόνοι αναζήτησης είναι μικρότεροι όσο τα σύμβολα τοποθετούνται από την περιφέρεια προς το κέντρο του χάρτη. Οι στόχοι A2 και A3 (A2 ο στόχος με τις δύο απολήξεις στην κορυφή του και A3 ο στόχος με τις τέσσερις απολήξεις), όταν βρίσκονται στην περιφέρεια δεν δίνουν σημαντικές διαφορές όταν βρίσκονται στο κέντρο ή στην περιφέρεια του χάρτη. Στην περίπτωση όμως, που οι στόχοι με τον διαφορετικό αριθμό απολήξεων βρίσκονται στο μέσο, οι ΧΑ διαφέρουν και ο στόχος με τις τέσσερις απολήξεις εμφανίζει μικρότερους σε σχέση με τους στόχους των δύο απολήξεων. Η διαφορά αυτή μεγαλώνει περισσότερο στην περίπτωση του στόχου των δύο απολήξεων, τοποθετημένων στο κέντρο.

Σχετικά με τα εικονογραφικά σύμβολα, ο μεγαλύτερος αριθμός σωστών απαντήσεων αντιστοιχεί και πάλι στις περιπτώσεις που ο στόχος ήταν απών. Ο στόχος P1 (σπίτι χωρίς την οπή και χωρίς την ύπαρξη απολήξεων) εμφανίζει το μικρότερο αριθμό ορθών απαντήσεων, ενώ ο στόχος P5 (σπίτι με μια οπή) το μεγαλύτερο. Ο στόχος P4 (σπίτι χωρίς την ιδιότητα της οπής, με την ύπαρξη δύο απολήξεων στο κέντρο του) εμφανίζει τους μεγαλύτερους ΧΑ, ενώ ο στόχος P5 εντοπίζεται ταχύτερα σε σχέση με τα υπόλοιπα εικονογραφικά σύμβολα. Επιπλέον, η αναζήτηση του εικονογραφικού συμβόλου με την οπή γίνεται με μικρότερους ΧΑ, ανεξάρτητα από το γεγονός αν ο στόχος βρίσκεται στο κέντρο, στο μέσο ή στην περιφέρεια του χάρτη. Σχετικά με την ύπαρξη απολήξεων, ο στόχος P2, στον οποίο οι απολήξεις βρίσκονται στην κορυφή του συμβόλου και ο στόχος P3, στον οποίο υπάρχουν τέσσερις απολήξεις εμφανίζουν μικρότερους ΧΑ σε σχέση με το ΧΑ του στόχου P4 με τις δύο απολήξεις στο κέντρο. Το γεγονός αυτό παρατηρήθηκε και στις δύο περιπτώσεις απουσίας ή παρουσίας του στόχου.

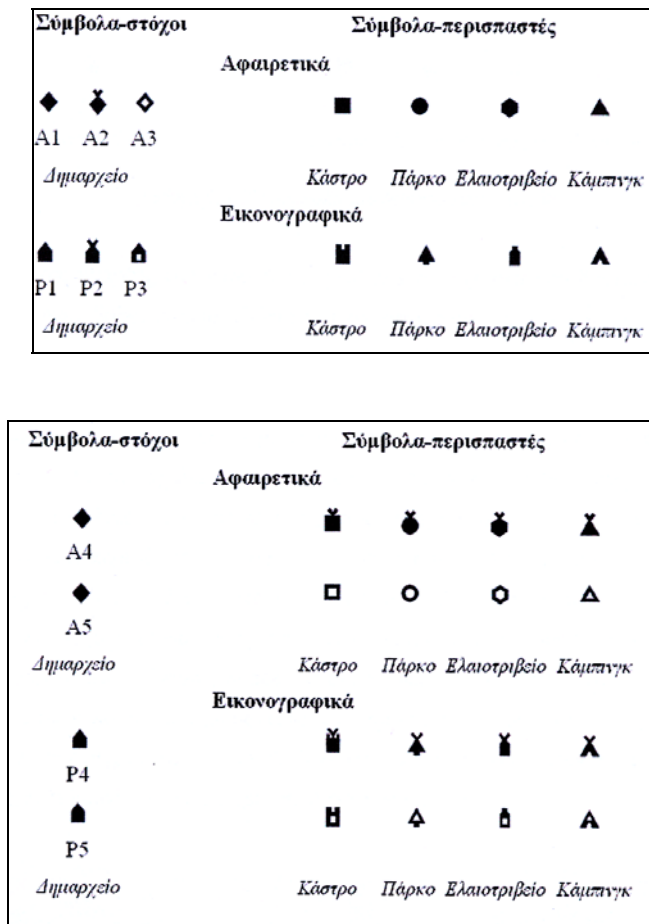
Οι ΧΑ, στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων, όπως παρατηρήθηκε και στα αφαιρετικά, είναι μικρότεροι στο κέντρο και μεγαλώνουν όσο κινούμαστε προς την περιφέρεια. Σχετικά με τον αριθμό των απολήξεων του στόχου, ο στόχος P3 με τις τέσσερις απολήξεις εμφανίζει μικρότερους ΧΑ ανεξάρτητα με το αν βρίσκεται στο κέντρο, στο μέσο ή στην περιφέρεια του χάρτη. Επιπλέον, συγκρίνοντας τους δύο στόχους με τον ίδιο αριθμό απολήξεων, σε διαφορετική θέση, στο κέντρο, το μέσο και την περιφέρεια του χάρτη, παρατηρούμε ότι ο στόχος με τις δύο απολήξεις στην κορυφή υπερτερεί σε σχέση με το στόχο P4, στον οποίο οι απολήξεις βρίσκονται στο κέντρο.

Από άποψη ορθότητας των απαντήσεων παρατηρήθηκε ότι στις περιπτώσεις που ο στόχος ήταν παρών, τα αφαιρετικά σύμβολα εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τα εικονογραφικά. Αντίθετα, στις περιπτώσεις που ο στόχος ήταν παρών, τα εικονογραφικά σύμβολα έδωσαν μεγαλύτερο ποσοστό σωστών απαντήσεων. Ωστόσο, οι διαφορές των ποσοστών είναι πολύ μικρές.

Οι ΧΑ των αντίστοιχων αφαιρετικών και εικονογραφικών συμβόλων (A1-P1, A2-P2, A3-P3, A4-P4 και A5-P5) διαφέρουν. Τα αφαιρετικά σύμβολα εμφανίζουν μικρότερους ΧΑ σε σχέση με τα εικονογραφικά.

### Πείραμα 3 (Τσαγκαράκη 2007)

Το πείραμα εξετάζει τις ιδιότητες των σχημάτων σημειακών συμβόλων πάνω σε ένα υπόβαθρο το οποίο προσεγγίζει τη μορφή ενός πραγματικού χάρτη. Το υπόβαθρο αυτό συνοδεύεται επιπλέον και από ένα υπόμνημα επεξήγησης των συμβόλων-στόχων. Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές που δημιουργήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος, φαίνονται στο σχήμα 1.12 που ακολουθεί:



Σχήμα 1.12: Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές στο πείραμα με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη (πηγή : Τσαγκαράκη 2007)

Τα αποτελέσματα του πειράματος, με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη, παρουσιάζονται στους πίνακες 1.5 και 1.6 που ακολουθούν:

**Πίνακας 1.5 :** Αποτελέσματα πειράματος με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή : Τσαγκαράκη 2007)

Αφαιρετικά σύμβολα				Εικονογραφικά Σύμβολα			
Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Σωστές Απαντήσεις (%)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Σωστές Απαντήσεις (%)
A1	4.96	3.99	98	A1	4.24	3.21	97
A2	3.16	1.65	100	A2	4.43	3.22	99
A3	2.52	1.39	100	A3	3.1	2.18	99
A4	4.48	3.56	100	A4	4.42	2.86	100
A5	2.43	1.53	100	A5	3.31	2.17	100

**Πίνακας 1.6 :** Αποτελέσματα πειράματος με υπόβαθρο που προσεγγίζει πραγματικό χάρτη, για την αναζήτηση του στόχου στο κέντρο, στο μέσο και στην περιφέρεια, για τα αφαιρετικά και τα εικονογραφικά σύμβολα (πηγή : Τσαγκαράκη 2007)

Αφαιρετικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)
A1	2.75	2.72	A1	5.2	4.13	A1	7.1	3.79
A2	2.23	1.59	A2	3.34	1.64	A2	3.92	1.24
A3	1.91	0.96	A3	2.26	0.81	A3	3.4	1.75
A4	3.97	3.78	A4	4.63	3.4	A4	4.85	3.50
A5	1.97	0.82	A5	2.44	1.11	A5	2.86	2.20
Εικονογραφικά σύμβολα								
Κέντρο			Μέσο			Περιφέρεια		
Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)	Στόχος	Μέσος ΧΑ (sec)	Τυπική Απόκλιση (sec)
P1	4.11	3.61	P1	3.69	2.61	P1	4.90	3.28
P2	3.4	3.02	P2	4.27	3.00	P2	5.64	3.28
P3	2.44	2.08	P3	2.94	1.71	P3	3.93	2.45
P4	3.45	2.88	P4	4.35	2.80	P4	5.47	2.64
P5	2.45	1.74	P5	3.24	2.21	P5	4.24	2.20

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων και για την εξαγωγή συμπερασμάτων έγιναν τα t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων. Οι στατιστικοί έλεγχοι που έγιναν είχαν επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και έδειξαν τα εξής:

- Στα αφαιρετικά σύμβολα, οι διαφορές των ΧΑ ήταν στατιστικά σημαντικές ( $p < 0.05$ ) για όλα τα ζεύγη αφαιρετικών συμβόλων, εκτός από τις περιπτώσεις των ζευγών A4-A1 και A3-A5.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν τα σύμβολα-στόχοι είναι τοποθετημένα στο κέντρο του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για όλα τα ζεύγη εκτός από τα A2-A1, A2-A5 και A5-A3.



- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν τα σύμβολα είναι τοποθετημένα στο μέσο του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για όλα τα ζεύγη εκτός από τα δύο ζεύγη A4-A1 και A5-A3.
- Στα αφαιρετικά σύμβολα, όταν οι στόχοι είναι τοποθετημένοι στην περιφέρεια του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για όλα τα ζεύγη εκτός από τα A2-A3, A2-A4 και A5-A3.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν τα σύμβολα-στόχοι είναι τοποθετημένα στο κέντρο του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για όλα τα ζεύγη εκτός από τα P1-P2, P1-P4, P2-P4 και P3-P5.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν είναι τοποθετημένα στο μέσο του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για τα ζεύγη P2-P3, P2-P5, P3-P4 και P4-P5.
- Στα εικονογραφικά σύμβολα, όταν είναι τοποθετημένα στην περιφέρεια του χάρτη, στατιστικά σημαντικές διαφορές( $p < 0.05$ ) παρουσιάζονται για τα ζεύγη P2-P3, P2-P5, P3-P4 και P4-P5.

Το ποσοστό των ορθών απαντήσεων, για τα τέσσερα από τα πέντε αφαιρετικά σύμβολα είναι 100%, ενώ ο μεγαλύτερος ΧΑ αντιστοιχεί στο στόχο A1 (ρόμβος χωρίς οπή και χωρίς απολήξεις ανάμεσα σε συμπαγής περισπαστές), ενώ ο μικρότερος ΧΑ αντιστοιχεί στο στόχο A5 (συμπαγής ρόμβος ανάμεσα σε περισπαστές με οπές). Στην περίπτωση που ως στόχος θεωρείται ο συμπαγής ρόμβος, τότε ανάλογα με τους περισπαστές, οι οποίοι είναι συμπαγής για το στόχο A1, με απολήξεις για το στόχο A4 και με οπές για το στόχο A5, οι ΧΑ μικραίνουν αντίστοιχα, με μικρότερο χρόνο, όπως αναφέρθηκε, αυτό του στόχου A5 με τους περισπαστές με τις οπές.

Σχετικά με τη θέση του συμβόλου στο χάρτη, οι ΧΑ αυξάνονται όσο από το κέντρο προς την περιφέρεια του χάρτη. Ο στόχος A4, ο οποίος αποτελείται από ένα συμπαγή ρόμβο και περισπαστές απολήξεων, φαίνεται να παρουσιάζει δυσκολία στον εντοπισμό του ακόμα και αν βρίσκεται στο κέντρο της οπτικής σκηνής. Το ίδιο ισχύει και στις περιπτώσεις που ο στόχος A4 βρίσκεται στο μέσο ή στην περιφέρεια.

Οι ΧΑ, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συμπαγής στόχοι με συμπαγής περισπαστές (στόχοι P1, P2 και P4), είναι μεγαλύτεροι σε σχέση με τους στόχους A3 και A5, που αντιστοιχούν σε στόχο με οπή και συμπαγής περισπαστές και σε στόχο συμπαγή με περισπαστές που αποτελούνται από οπές αντίστοιχα. Ο μεγαλύτερος ΧΑ αντιστοιχεί στο σπιτάκι με τις απολήξεις στη κορυφή (στόχος P2) και ο μικρότερος στο σπιτάκι με την οπή.

Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων ήταν μεγαλύτερα στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων. Βέβαια, η διαφορά με τα εικονογραφικά είναι πολύ μικρή σε αυτή την περίπτωση. Εξετάζοντας την αντιστοιχία των στόχων A1-P1, A2-P2, A3-P3, A4-P4 και A5-P5, τα αφαιρετικά σύμβολα, εντοπίζονται γρηγορότερα, καθώς εμφανίζουν μικρότερους χρόνους αναζήτησης. Η παρατήρηση αυτή, ισχύει για όλες τις θέσεις των συμβόλων του χάρτη (κέντρο-μέσο και περιφέρεια).

Συνοπτικά, τα αποτελέσματα που προέκυψαν, μετά τη διεξαγωγή των χαρτογραφικών πειραμάτων του εργαστηρίου Χαρτογραφίας, είναι τα εξής:

- Ο χρόνος αναζήτησης είναι μικρότερος στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων σε σχέση με τα αντίστοιχα εικονογραφικά.

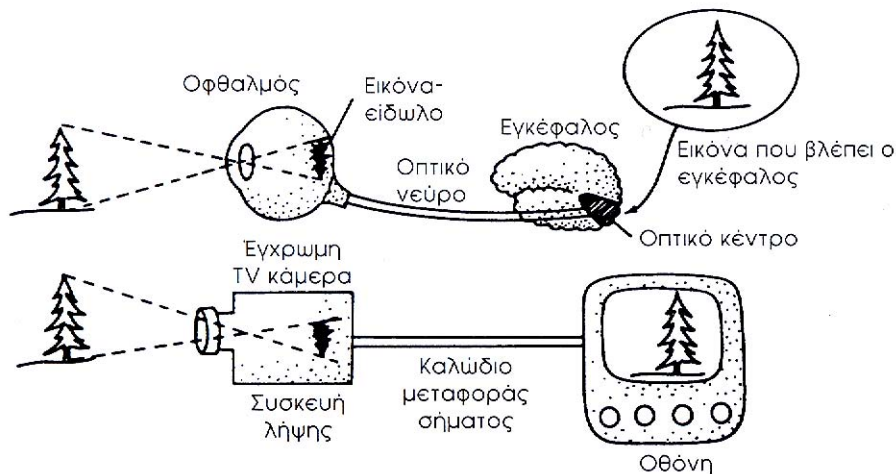
- Όταν, το σύμβολο-στόχος απουσιάζει από την οπτική σκηνή, η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης, διαρκεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων, η ύπαρξη μιας μοναδικής ιδιότητας στο στόχο(γραμμικές απολήξεις ή ύπαρξη οπής) συμβάλλει στην ταχύτερη εύρεση του στόχου.
- Στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων, η ύπαρξη οπής (και όχι οι γραμμικές απολήξεις) είναι εκείνη η ιδιότητα του σχήματος, η οποία συμβάλλει στην ταχύτερη εύρεση του στόχου.
- Στα αφαιρετικά και στα εικονογραφικά σύμβολα, η τοπολογική ιδιότητα της ύπαρξης οπής εμφανίζεται ως «ισχυρότερη» σε σχέση με την αντίστοιχη των γραμμικών απολήξεων, καθώς συμβάλλει στην ταχύτερη αναζήτηση των συμβόλων-στόχων.
- Ο χρόνος αναζήτησης ενός συμβόλου-στόχου, αυξάνεται όσο κινούμαστε από το κέντρο προς την περιφέρεια του χάρτη.
- Η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης δεν επηρεάζεται από τη θέση στην οποία βρίσκεται ο προς αναζήτηση στόχος, όταν αυτός υποδεικνύεται στο υποκείμενο που συμμετέχει στη έρευνα.



## 2.1 Η διαδικασία της όρασης

Η διαδικασία της όρασης στον ανθρώπινο οργανισμό πραγματοποιείται με τη βοήθεια τριών διαφορετικών λειτουργιών. Πρόκειται για τη λειτουργία των οφθαλμών, η οποία έγκειται στην εστίαση μιας εικόνας του φυσικού κόσμου στην φωτοευαίσθητη επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, για την λειτουργία του συστήματος των νευρικών ινών, το οποίο μεταφέρει την πληροφορία της παρατηρούμενης εικόνας στο εσωτερικό του εγκεφάλου και για την οπτική περιοχή που βρίσκεται στο φλοιό του εγκεφάλου, όπου δημιουργείται η εικόνα. Οι παραπάνω λειτουργίες αποτελούν τις τρεις βασικές συνιστώσες της όρασης. Στην περίπτωση που κάποια από τις τρεις συνιστώσες δεν λειτουργεί, τότε η διαδικασία της όρασης δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί και έχουμε τύφλωση.

Το οπτικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού είναι δυνατόν να προσομοιαστεί με ένα κλειστό κύκλωμα έγχρωμης τηλεόρασης (Σχήμα 2.1). Στο σύστημα αυτό ο φακός της συσκευής λήψης αντιστοιχεί στον κερατοειδή χιτώνα, το καλώδιο με το οποίο μεταφέρεται το σήμα στο οπτικό νεύρο και η οθόνη προβολής είναι αντίστοιχη στην οπτική περιοχή του φλοιού του εγκεφάλου, όπου αναπλάθεται η εικόνα.



**Σχήμα 2.1 :** Προσομίωση του οπτικού συστήματος με ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (πηγή: Cameron et al 2001)

### 2.1.1 Ο οφθαλμός

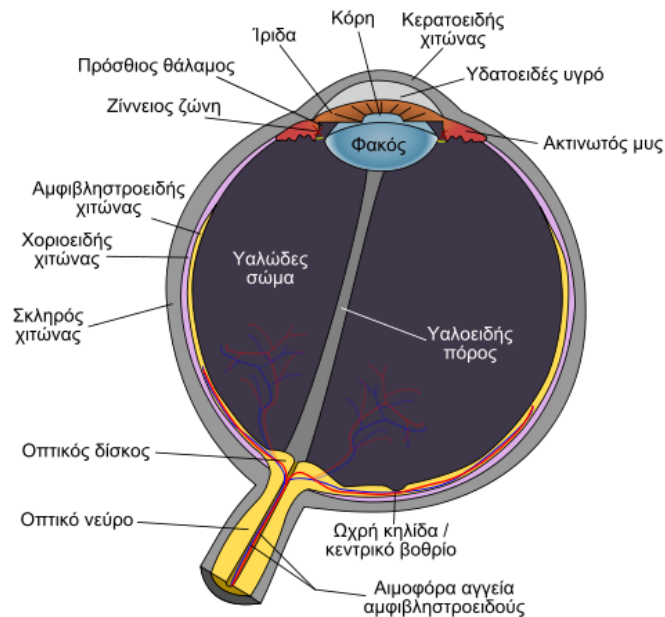
Το αισθητήριο όργανο του οπτικού συστήματος αποτελείται από τον οφθαλμικό βολβό, τα βλέφαρα, τη δακρυϊκή συσκευή και τους εξωβολβικούς μυς. Αισθητήριο όργανο είναι εκείνη η συνιστώσα της οπτικής διαδικασίας που λειτουργεί πριν μεταφερθεί η πληροφορία στον εγκέφαλο. Ο οφθαλμικός βολβός (Σχήμα 2.2) έχει σφαιρικό σχήμα και το τοίχωμα του αποτελείται από τρεις βασικούς χιτώνες:

- τον αμφιβληστροειδή χιτώνα (retina), ο οποίος καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της εσωτερικής επιφάνειας του οφθαλμικού βολβού και εφάπτεται στον χοριοειδή. Η δομή του αμφιβληστροειδούς είναι πολύπλοκη. Στο μπροστά μέρος του αποτελείται από την τυφλή ή ιριδοακτινωτή μοίρα, ενώ το πίσω μέρος του περιέχει την οπτική μοίρα και τα φωτοϋποδεκτικά όργανα. Ο αμφιβληστροειδής είναι το φωτοευαίσθητο τμήμα του οφθαλμού το οποίο μετατρέπει τις φωτεινές εικόνες σε ηλεκτρικές νευρικές ώσεις που μεταφέρονται στον εγκέφαλο. Τα

φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, τα οποία αποτελούν το όργανο υποδοχής, διακρίνονται στα ραβδία και τα κωνία.

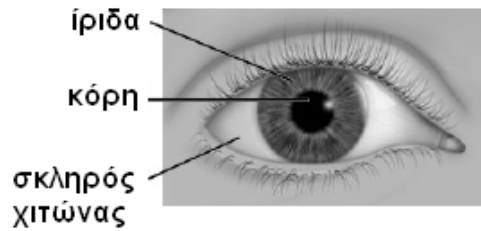
- τον αγγειώδη χιτώνα που αποτελείται από το χοριοειδή χιτώνα (choroid) που φέρει τα αιμοφόρα αγγεία του ματιού και καλύπτει εξωτερικά το σκληρό χιτώνα, το ακτινωτό σώμα και την ίριδα (iris), η οποία αποτελεί έναν έγχρωμο δίσκο που βρίσκεται μπροστά από τον φακό του ματιού και περιέχει την κόρη (pupil). Ο χοριοειδής συνδέεται με την ίριδα μέσω του ακτινωτού σώματος. Η κόρη, που περιέχεται στην ίριδα, υφίσταται συστολή, σε συνθήκες έντονου φωτισμού, ενώ όταν η ποσότητα του προσπίπτοντος φωτός είναι μικρή, διαστέλλεται.
- τον ινώδη ή σκληροκερατοειδή χιτώνα, ο οποίος διακρίνεται στον σκληρό χιτώνα (sclera), που αποτελεί το λευκό μέρος του ματιού και στον κερατοειδή χιτώνα (cornea), που βρίσκεται μπροστά από την κόρη και την ίριδα. Σκοπός του σκληροκερατοειδούς χιτώνα είναι η προστασία του ματιού και η διατήρηση του σχήματος του.

Το εσωτερικό μέρος του οφθαλμικού βολβού αποτελείται από τον κρυσταλλοειδή φακό, η κυρτότητα του οποίου μεταβάλλεται με τη βοήθεια του ακτινωτού μυ με σκοπό την εστίαση του φωτός στον αμφιβληστροειδή. Επιπλέον, μεταξύ του κερατοειδή χιτώνα και του φακού, υπάρχει το υδατοειδές υγρό. Το μέρος στο εσωτερικό του οφθαλμικού βολβού που βρίσκεται πίσω από τον φακό αποτελείται από το υαλώδες σώμα. Το τελευταίο αποτελεί μια ημίρευστη διαφανή ουσία που συντελεί στη διατήρηση του σχήματος του βολβού και στη συγκράτηση του αμφιβληστροειδούς.



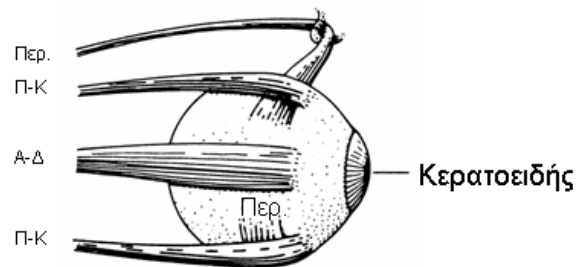
**Σχήμα 2.2 :** Οριζόντια διατομή του οφθαλμικού βολβού (πηγή: <http://el.wikipedia.org>)

Το εξωτερικό μέρος του οφθαλμού φαίνεται στο σχήμα 2.3. που ακολουθεί:



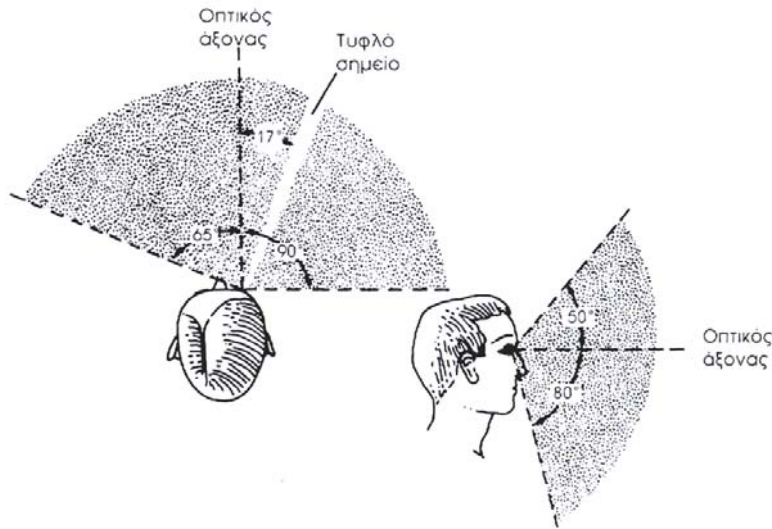
Σχήμα 2.3 : Εξωτερικό μέρος οφθαλμού

Τα βλέφαρα λειτουργούν ως προστατευτικά καλύμματα του οφθαλμικού βολβού και περιέχουν τους ταρσαίους αδένες που παράγουν μια λιπαρή ουσία, η οποία εμποδίζει με τη σειρά της την συγκόλληση μεταξύ των βλεφάρων. Η δακρυϊκή συσκευή περιέχει το δακρυϊκό αδένος, ρόλος του οποίου είναι η έκκριση των δακρύων. Οι ρύθμιση των κινήσεων του οφθαλμικού βολβού πραγματοποιείται με την βοήθεια των εξωβολβικών ή αλλιώς οφθαλμοκινητικών μυών (άνω ορθός, κάτω ορθός, έσω ορθός, έξω ορθός, άνω λοξός και κάτω λοξός). Οι έξι μύες λειτουργούν ανά ζεύγη: ένα ζεύγος είναι αρμόδιο για την προς τα πάνω και προς τα κάτω κίνηση, ένα ζεύγος για την αριστερή και δεξιά κίνηση και ένα ζεύγος ελέγχει την περιστροφή (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4 : Η περιστροφική κίνηση του οφθαλμού μέσω των οφθαλμικών μυών (πηγή: Cameron et al 2001)

Κάθε ένας από τους δύο οφθαλμούς έχει τη δυνατότητα παρατήρησης αντικειμένων που βρίσκονται σε ένα αρκετά μεγάλο οπτικό πεδίο (Σχήμα 2.5).



**Σχήμα 2.5 :** Εύρος οπτικής γωνίας οφθαλμού (πηγή: Cameron et al 2001)

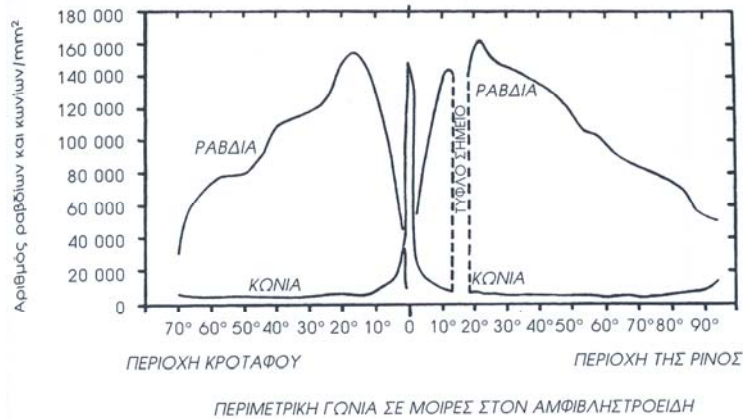
Ο συνδυασμός και των δύο οφθαλμών του οπτικού συστήματος, μας παρέχει μια καλή αντίληψη του βάθους και βοηθάει στην ανάπτυξη της τρισδιάστατης απεικόνισης. Βέβαια, ακόμα και στην περίπτωση της μονό-οφθαλμικής παρατήρησης, η όραση είναι επαρκής για τις περισσότερες από τις ανθρώπινες ανάγκες.

### 2.1.2 Η λειτουργία των ραβδοειδών και των κωνικών κυττάρων

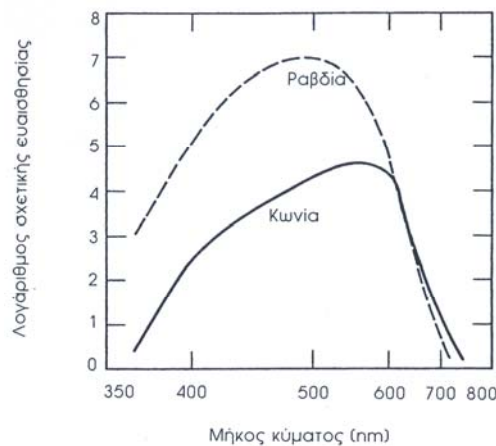
Τα ραβδία και τα κωνία, αποτελούν τα κύτταρα του αμφιβληστροειδή χιτώνα τα οποία ευαισθητοποιούνται κατά την πρόσπτωση των οπτικών ακτίνων, οι οποίες αφού διέλθουν από την ίριδα εστιάζονται μέσω του φακού στην επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς.

Τα ραβδία, ο αριθμός των οποίων ανέρχεται περίπου στα 120 εκατομμύρια σε κάθε οφθαλμό (Σχήμα 2.6), είναι τα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς τα οποία ενεργοποιούνται σε συνθήκες χαμηλότερου φωτισμού και είναι υπεύθυνα για την σκοτοπική όραση. Τα ραβδοειδή κύτταρα ενεργοποιούνται σε μήκη κύματος από 400 έως 600 nm (Σχήμα 2.7), εύρος το οποίο τους προσδίδει μεγαλύτερη ευαισθησία στο μπλε-πράσινο φως (510nm). Ο αριθμός τους αυξάνεται όσο κινούμαστε προς την περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς.

Τα κωνία, ο αριθμός των οποίων είναι περίπου 6.5 εκατομμύρια σε κάθε οφθαλμό (Σχήμα 2.6), ενεργοποιούνται σε συνθήκες κανονικής όρασης και είναι υπεύθυνα για την φωτοπική όραση. Η κεντρική περιοχή του βοθρίου, που αποτελεί το κέντρο του αμφιβληστροειδούς χιτώνα, αποτελείται κυρίως από τα κωνικά κύτταρα. Τα τελευταία διαχωρίζονται σε κωνία α, β, γ, τα οποία εμφανίζουν μέγιστη ευαισθησία σε μήκη κύματος 400nm (μπλε), 530 nm (πράσινο) και 570nm (κόκκινο) αντίστοιχα (Σχήμα 2.7).



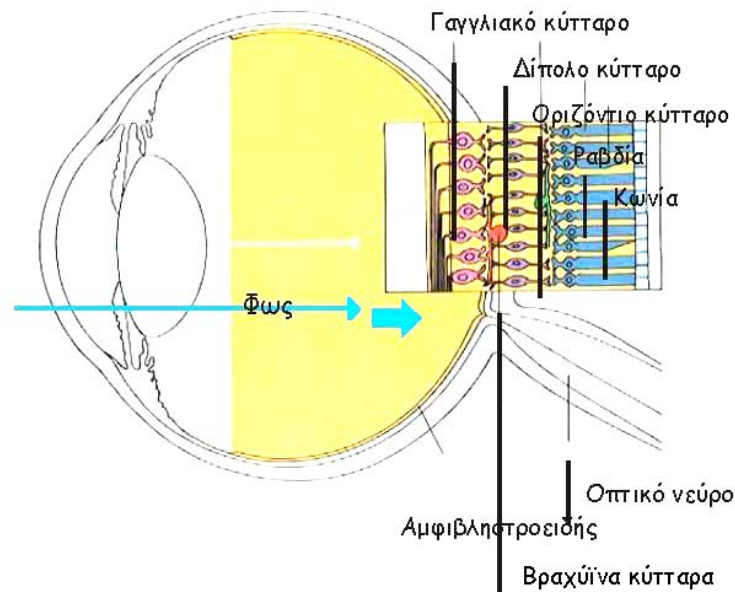
**Σχήμα 2.6 :** Η κατανομή των ραβδίων και των κωνίων στον αμφιβληστροειδή του αριστερού ματιού (πηγή: Cameron et al 2001)



**Σχήμα 2.7 :** Η ευαισθησία των οπτικών κυττάρων (πηγή: Cameron et al 2001)

Τα οπτικά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς αποτελούν την αρχή της οπτικής οδού, η συνέχεια της οποίας αποτελείται από νευρικά κύτταρα, οι νευρικές ίνες των οποίων αποτελούν το οπτικό νεύρο (Σχήμα 2.8). Κατά την πρόσπτωση του φωτός, στον οφθαλμό, τα ραβδία και τα κωνία περιέχουν φωτοευαίσθητες ουσίες οι οποίες υφίστανται μεταβολές. Αποτέλεσμα των μεταβολών αυτών, είναι η δημιουργία ηλεκτρικών σημάτων τα οποία, μέσω της οπτικής οδού, οδηγούνται στο οπτικό κέντρο του εγκεφάλου, όπου και αναπλάθεται η παρατηρούμενη οπτική σκηνή.

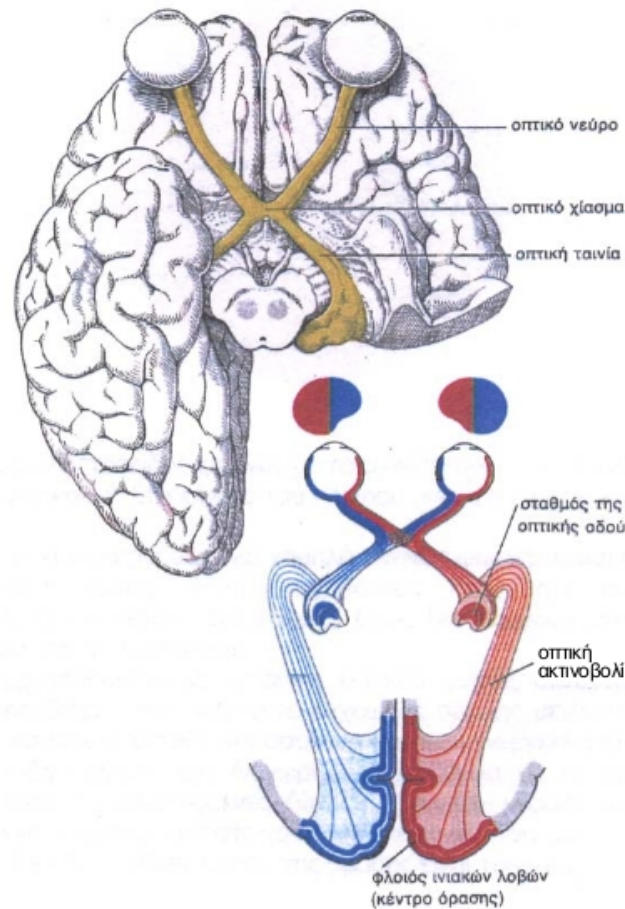




Σχήμα 2.8 : Η πορεία του φωτός μέχρι τα οπτικά κύτταρα (πηγή: <http://panacea.med.uoa.gr>)

### 2.1.3 Η μετάδοση της οπτική πληροφορία στον εγκέφαλο

Η διασταύρωση των νευρικών ινών που προέρχεται από τα δύο οπτικά νεύρα, επιτυγχάνεται σε μια δομή που ονομάζεται οπτικό χιάσμα (Σχήμα 2.9). Οι μισές νευρικές ίνες κάθε οπτικού νεύρου συνεχίζουν την πορεία τους προς το άλλο ημισφαίριο. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται οι οπτικές ταινίες, οι οποίες περιέχουν ίνες μέσα και από τους δύο οφθαλμούς του οπτικού συστήματος. Οι ταινίες αυτές καταλήγουν στο κέντρο της όρασης το οποίο βρίσκεται στον οπτικό φλοιό. Ο φλοιός αυτός αποτελείται από ένα σύνολο περιοχών κάθε μία από τις οποίες έχει να κάνει με διαφορετικά οπτικά γνωρίσματα (π.χ. το σχήμα, το χρώμα, τη κίνηση).



Σχήμα 2.9 : Η οπτική οδός ( πηγή: Μαγκανιώτη, Νικητοπούλου 2005)

## 2.2 Η διακριτική ικανότητα των οφθαλμών

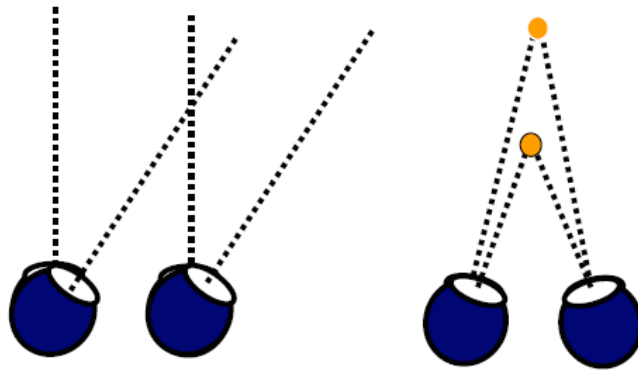
Με τον όρο διακριτική ικανότητα νοείται η ικανότητα στην ανίχνευση οποιασδήποτε χωρικής, χρονικής ή χρωματικής μεταβολής στο οπτικά παρατηρούμενο πεδίο. Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα είναι ένα ανομοιόμορφο σύστημα όρασης που παρέχει υψηλή διακριτική ικανότητα σε ένα μικρό κεντρικό οπτικό πεδίο. Το πεδίο αυτό περιβάλλεται από μια περιοχή όπου η διακριτική ικανότητα είναι χαμηλή αλλά συντελεί στην παρατήρηση και την ανίχνευση οπτικών μεταβολών και της κατεύθυνσής τους. Η κεντρική όραση είναι εκείνη που δίνει τη δυνατότητα της λεπτομερέστερης επεξεργασίας των οπτικών ερεθισμάτων και του διαχωρισμού των περιγραμμάτων και των ορίων μεταξύ των αντικειμένων. Επιπλέον το κεντρικό πεδίο όρασης δίνει τη δυνατότητα της αντίληψης του βάθους του παρατηρούμενου πεδίου. Η κατανόηση του προσανατολισμού στο χώρο, της αντίληψης της κίνησης και τον εντοπισμό των διαφόρων αντικειμένων πραγματοποιείται μέσω της περιφερειακής όρασης.

### 2.3 Το σύστημα παρατήρησης

Το σύστημα παρατήρησης (gaze system) αποτελεί ένα μηχανισμό ο οποίος βοηθάει το οπτικό σύστημα να εντοπίζει τα αντικείμενα ενδιαφέροντος και να κρατάει σταθερά στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου. Η προσήλωση του βλέμματος ελέγχεται από δύο υποσυστήματα. Το οφθαλμοκινητικό σύστημα (occulomotor system) που με τη βοήθεια των εξωβολβικών μυών είναι σε θέση να μετακινεί τους οφθαλμούς μέσα στον κόγχο και το σύστημα κίνησης του κεφαλιού (head movement system) το οποίο μετακινεί τον κόγχο με την κίνηση του οφθαλμού.

### 2.4 Τύποι οφθαλμικών κινήσεων

Ανάλογα με την κατεύθυνση, οι οφθαλμικές κινήσεις διακρίνονται σε συζυγείς (conjugate) και μη-συζυγείς (non-conjugate) κινήσεις. Στην περίπτωση των συζυγών κινήσεων (Σχήμα 2.10), οι δύο οφθαλμοί κινούνται στην ίδια κατεύθυνση, ενώ στην περίπτωση των μη-συζυγών (Σχήμα 2.11) σε διαφορετική.



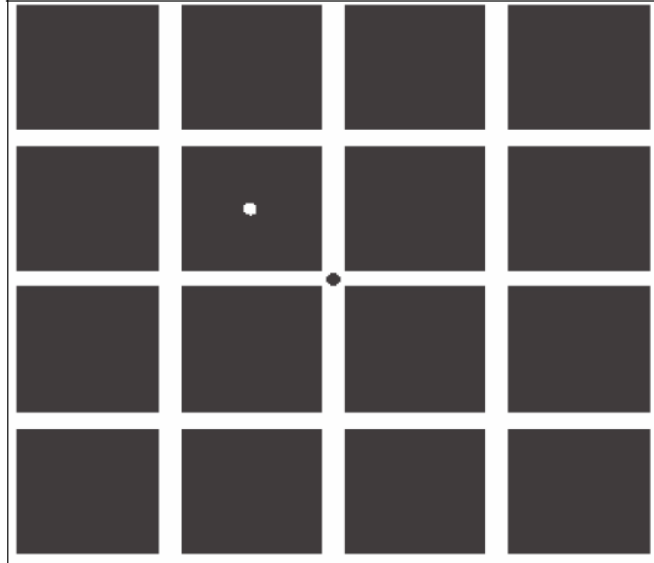
Σχήμα 2.10 : Συζυγής κίνηση  
(πηγή: ΠΛΑΪΝΗΣ 2006)

Σχήμα 2.11 : Μη-Συζυγής κίνηση  
(πηγή: ΠΛΑΪΝΗΣ 2006)

Μια μη-συζυγής κίνηση, είναι δυνατόν, να είναι είτε συγκλίνουσα ή αποκλίνουσα. Επιπλέον, για την επίτευξη των μη-συζυγών κινήσεων απαιτείται περισσότερος χρόνος σε σχέση με τις συζυγείς καθώς η διαδικασία δημιουργίας τους είναι περισσότερο πολύπλοκη και απαιτεί περισσότερη επεξεργασία από τον ανθρώπινο εγκέφαλο.

#### 2.4.1 Οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης

Όταν το βλέμμα επικεντρώνεται σε ένα σημείο, οι οφθαλμοί βρίσκονται σε συνεχή εκούσια κίνηση. Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης είναι αποτέλεσμα της «ανταγωνιστικής» δράσης των οφθαλμοκινητικών μυών. Η συνεχής κίνηση των οφθαλμών τη στιγμή της επικέντρωσης της προσοχής σε ένα συγκεκριμένο σημείο μπορεί να γίνει αντιληπτή μέσω του φαινομένου του μετεϊκάσματος. Στο σχήμα 2.12, εστιάζοντας για περίπου μισό λεπτό στην μαύρη κηλίδα και αμέσως μετά στην άσπρη, οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτές.



**Σχήμα 2.12** : Το φαινόμενο του μετεικάσματος (πηγή: ΠΛΑΪΝΗΣ 2006)

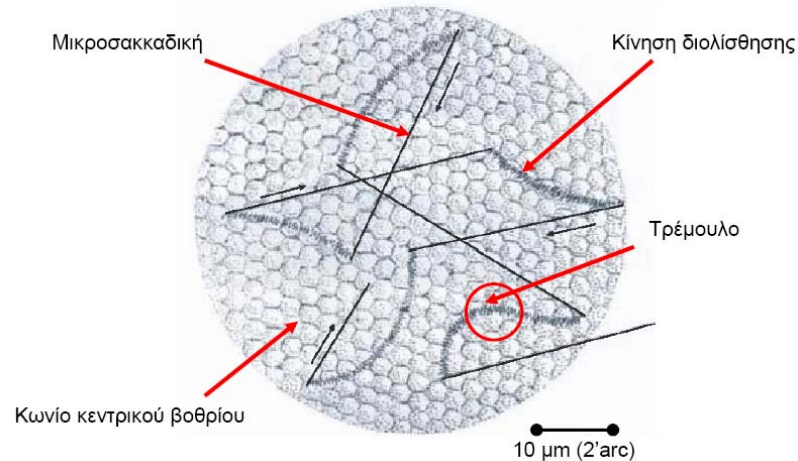
Οι οφθαλμικές κινήσεις που πραγματοποιούνται κατά την προσήλωση είναι τριών ειδών: το τρέμουλο, οι κινήσεις διολίσθησης και οι μικροσακκαδικές κινήσεις.

Το τρέμουλο (tremors) ή διαφορετικά φυσιολογικός νυσταγμός είναι μια σειρά ταλαντωτικών κινήσεων που κρατούν τους νεύρωνες σε συνεχή λειτουργία. Πρόκειται για απεριοδικές κυματοειδείς κινήσεις με συχνότητα περίπου 90Hz. Είναι οι μικρότερες οφθαλμικές κινήσεις, με πλάτος που είναι περίπου ίσο με τη διάμετρο του κωνίου στην περιοχή του βοθρίου. Η καταγραφή του τρέμουλου είναι δύσκολη, ενώ η συγκεκριμένη κίνηση διαφέρει για τα δύο μάτια.

Οι κινήσεις διολίσθησης (drifts) είναι καμπυλοειδείς κινήσεις που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με το τρέμουλο και μεταξύ των μικροσακκαδικών κινήσεων. Με την πραγματοποίηση των κινήσεων διολίσθησης, το είδωλο του αντικειμένου κινείται δια μέσου των φωτοϋποδοχέων. Οι κινήσεις διολίσθησης έχουν καταγραφεί και ως συζυγείς και ως μη-συζυγείς κινήσεις.

Οι μικροσακκαδικές κινήσεις (microsaccades) είναι απότομες κινήσεις που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της προσήλωσης και μεταφέρουν το είδωλο στο βοθρίο μετά την απομάκρυνση του λόγω των κινήσεων διολίσθησης.

Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης σε σχέση με το μέγεθος των κωνίων στο κέντρο του αμφιβληστροειδή φαίνονται στο σχήμα 2.13 που ακολουθεί:



**Σχήμα 2.13 :** Οι οφθαλμικές κινήσεις προσήλωσης σε σχέση με το μέγεθος των κωνίων στον κέντρο του αμφιβληστροειδή (πηγή: ΠΛΑΪΝΗΣ 2006)

#### 2.4.2 Σακκαδικές κινήσεις

Οι σακκαδικές κινήσεις (saccades) αποτελούν εκούσιες κινήσεις του οφθαλμού, οι οποίες γίνονται πιο γρήγορα από όλες τις κινήσεις του ανθρώπινου σώματος (περίπου  $700^{\circ}/\text{sec}$ ) και έχουν πολύ μικρή διάρκεια (50 ms). Το πλάτος και η κατεύθυνση τους είναι ακούσια, ενώ η ταχύτητά τους καθορίζεται από την εκκεντρότητα του στόχου. Οι σακκαδικές κινήσεις, είναι δυνατόν να εμφανίζονται ακόμα και αν δεν υπάρχει στόχος, δηλαδή στο σκοτάδι. Οι σακκαδικές κινήσεις επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά του στόχου και είναι σχεδόν όμοιες στους δύο οφθαλμούς.

#### 2.4.3 Ομαλές κινήσεις παρακολούθησης

Οι ομαλές κινήσεις παρακολούθησης (smooth pursuit movements) είναι κινήσεις που μας επιτρέπουν την παρακολούθηση κινούμενων αντικειμένων στο μεταβαλλόμενο οπτικό μας πεδίο. Η μέγιστη ταχύτητά τους (περίπου  $100^{\circ}/\text{sec}$ ) είναι πολύ μικρότερη από αυτή των σακκαδικών κινήσεων, ενώ η ταχύτητα απόκρισης τους έχει να κάνει με το κατά πόσο είναι προβλέψιμη ή όχι η κατεύθυνση του κινούμενου στόχου-αντικειμένου.





### 3.1 Εντοπισμός κινήσεων οφθαλμού

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 ή του σημείου του βλέμματος του (gaze point) πάνω σε μια οπτική σκηνή (stimulus window). Η οπτική σκηνή μπορεί να είναι η εικόνα που προβάλλεται σε μια οθόνη υπολογιστή, σε μια τηλεόραση ή να αποτελεί το φυσικό χώρο. Ένα σύστημα εντοπισμού οφθαλμού (eye tracker) είναι η συσκευή που μετράει την θέση του οφθαλμού καθώς και τις οφθαλμικές κινήσεις πάνω σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με τους Scott και Findley(1993), ένα ιδανικό σύστημα εντοπισμού και καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Να μην παρεμποδίζει το οπτικό πεδίο του παρατηρητή
- Να μην έρχεται σε επαφή με τον παρατηρητή ή να εφαρμόζει πάνω του χωρίς να τον παρεμποδίζει στην παρατήρηση
- Να έχει ακρίβεια μερικών λεπτών της μοίρας, η οποία επηρεάζεται από την επίδραση της μη γραμμικότητας, του θορύβου, των διαταραχών και άλλων πηγών σφαλμάτων
- Να έχει μια διακριτική ικανότητα 1 λεπτού της μοίρας, ώστε να αντιλαμβάνεται τη μικρότερη δυνατή κίνηση του οφθαλμού
- Να έχει τη δυνατότητα καταγραφής κινήσεων από 1' έως 45° με ταχύτητες από 1 arcmin/sec μέχρι 800°/sec
- Να διαθέτει μια συχνότητα δειγματοληψίας πάνω από 100Hz
- Να έχει τη δυνατότητα απόκρισης σε πραγματικό χρόνο
- Να έχει τη δυνατότητα καταγραφής οποιασδήποτε κίνησης του οφθαλμού
- Να έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και στους δύο οφθαλμούς του οπτικού συστήματος
- Να μπορεί να καταγράψει τις κινήσεις του κεφαλιού και του σώματος
- Να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς παρατηρητές

Οι παραπάνω προϋποθέσεις δεν είναι αναγκαίες για την ύπαρξη ενός συστήματος εντοπισμού του οφθαλμού και των οφθαλμικών κινήσεων.

### 3.2 Τεχνικές εντοπισμού οφθαλμού

Ένα σύστημα εντοπισμού του οφθαλμού είναι δυνατό να χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνικές για τον εντοπισμό του οφθαλμού και την παρατήρηση των κινήσεών του. Χρησιμοποιώντας ως κριτήρια τον τρόπο επαφής του συστήματος με τον παρατηρητή, το είδος των δεδομένων που συλλέγονται καθώς και τη μεθοδολογία ανάλυσης και επεξεργασίας τους, διακρίνουμε τρεις διαφορετικές τεχνικές:

- Η τεχνική της Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφίας
- Τεχνικές που στηρίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής
- Τεχνικές που χρησιμοποιούν κάμερες, οι οποίες αναλύουν τις εικόνες που συλλέγονται

Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας για κάθε μια από τις παραπάνω τεχνικές εντοπισμού.



### 3.2.1 Η τεχνική της Ηλεκτρο-Οφθαλμογραφίας

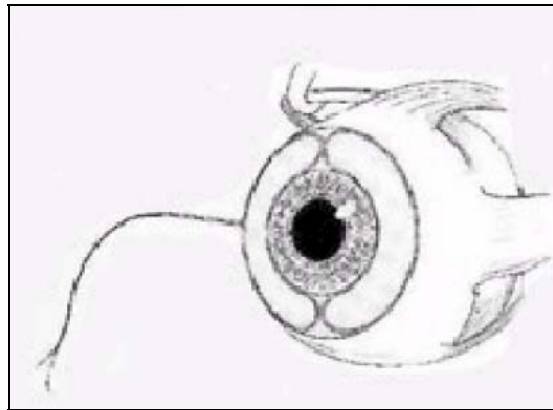
Η ηλεκτρο-οφθαλμογραφία (electro-oculography, EOG) είναι μια τεχνική εντοπισμού του οφθαλμού, η οποία βασίζεται στο ηλεκτρικό δυναμικό του δέρματος και στη δημιουργία ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου το οποίο κινείται μαζί με τον οφθαλμό (Σχήμα 3.1). Συγκεκριμένα, τοποθετούνται στον παρατηρητή ηλεκτρόδια στην περιοχή του δέρματος γύρω από το οπτικό του σύστημα και συλλέγονται τα δυναμικά που δημιουργούνται λόγω της κίνησης των οφθαλμών του. Η συγκεκριμένη τεχνική μετράει τις σχετικές θέσεις του οφθαλμού με το κεφάλι του παρατηρητή και δεν είναι γενικά κατάλληλη για την καταγραφή του βλέμματος (“point of regard”) του παρατηρητή σε μια οπτική σκηνή. Η ηλεκτρο-οφθαλμογραφία βρίσκει εφαρμογή στη μελέτη του ύπνου, της ικανότητας της ανάγνωσης και της οπτικής κόπωσης ενός παρατηρητή.



Σχήμα 3.1 : Ηλεκτρο-οφθαλμογραφία (πηγή: <http://www.qubitsystems.com>)

### 3.2.2 Τεχνικές που στηρίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής

Με την εφαρμογή τεχνικών που βασίζονται στη χρήση ειδικών τύπων φακών επαφής (Σχήμα 3.2), ο εντοπισμός της κίνησης του οφθαλμού μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια. Δύο είναι οι βασικές μέθοδοι για την χρήση φακών επαφής σε εφαρμογές εντοπισμού οφθαλμού. Η πρώτη μέθοδος αναφέρεται στον εντοπισμό της θέσης του οφθαλμού με βάση τις ανακλάσεις των ακτινών φωτός. Στη μέθοδο αυτή τοποθετούνται στο φακό επαφής επίπεδες ανακλαστικές επιφάνειες, ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση της θέσης του οφθαλμού μέσω των ανακλάσεων. Στη δεύτερη μέθοδο ο υπολογισμός της θέσης του οφθαλμού πραγματοποιείται με χρήση ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Στη μέθοδο αυτή εγκαθίσταται στο φακό επαφής ένα πηνίο επαγωγής, μικροσκοπικού μεγέθους. Ο εντοπισμός της θέσης του οφθαλμού γίνεται με τη βοήθεια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου υψηλής συχνότητας γύρω από το κεφάλι του παρατηρητή. Οι συγκεκριμένες τεχνικές, όπως και η ηλεκτρο-οφθαλμογραφία, δεν είναι κατάλληλες για την καταγραφή του βλέμματος του παρατηρητή και επιπλέον η φύση των διαδικασιών που πραγματοποιούνται δεν τις καθιστούν διαθέσιμες για καθημερινή εφαρμογή.



Σχήμα 3.2 : Εμφύτευση επαγωγικού πηνίου σε φακό επαφής (πηγή: ΠΛΑΪΝΗΣ 2006)

### 3.2.3 Τεχνικές που χρησιμοποιούν κάμερες, οι οποίες αναλύουν εικόνες

Τα συστήματα που χρησιμοποιούν κάμερες για τον εντοπισμό του οφθαλμού στηρίζονται στην ανάκλαση του φωτός από τον οφθαλμό. Το φως σε αυτού του είδους τις εφαρμογές είναι κυρίως υπέρυθρο. Στο σχήμα 3.3 απεικονίζεται ένα σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης το οποίο είναι προσαρμοσμένο στο κεφάλι του παρατηρητή (Head-Mounted Display). Επιπλέον, στο σχήμα 3.4 φαίνεται ένα άλλο σύστημα καταγραφής όπου η σχετική θέση μεταξύ κάμερας-οφθαλμού και η αντίστοιχη οπτικού συστήματος-οθόνης προβολής ερεθισμάτων παραμένει σταθερή (Head-Fixed).



Σχήμα 3.3 : Σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, προσαρμοσμένο στο κεφάλι του παρατηρητή (πηγή: <http://www.arringtonresearch.com>)



**Σχήμα 3.4 :** Σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, όπου η θέση μεταξύ κάμερας-οφθαλμού και οπτικού συστήματος-οθόνης προβολής ερεθισμάτων παραμένει σταθερή (πηγή:<http://www.yorku.ca>)

Σύμφωνα με τους Glenstrup και Engell-Nielsen (1995) οι τεχνικές αυτές είναι δυνατόν να κατηγοριοποιηθούν στις εξής μεθόδους:

- Ανίχνευση της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα
- Ανίχνευση της κόρης
- Συσχέτιση ανάκλασης από την κόρη και τον κερατοειδή χιτώνα
- Διπλή Απεικόνιση ειδώλων Purkinje
- Ανάκλαση από τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και απεικόνιση του τελευταίου με χρήση τεχνητού νευρωνικού δικτύου

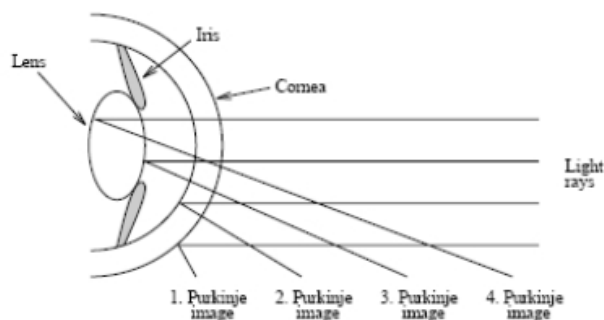
Η μέθοδος της ανίχνευσης της περιφέρειας του κερατοειδούς χιτώνα (limbus tracking) στηρίζεται σε ανακλάσεις της ίριδας και του σκληρού χιτώνα του οφθαλμού. Η περιφέρεια του κερατοειδούς ορίζεται ως το όριο μεταξύ του σκληρού χιτώνα και της ίριδας του οφθαλμού. Η περιφέρεια αυτή είναι εύκολα ανιχνεύσιμη λόγω της διαφοράς των τόνων μεταξύ του λευκού μέρους του σκληρού χιτώνα (μέσος όρος τόνου 220) και της ίριδας (μέσος όρος τόνου 90). Ο εντοπισμός της θέσης πραγματοποιείται με βάση τη σχετική θέση του ορίου του κερατοειδούς μέσα στον οφθαλμό. Για την εφαρμογή της μεθόδου, η οποία βασίζεται στον υπολογισμό σχετικής θέσης, η σχετική σταθεροποίηση του κεφαλιού και της συσκευής εντοπισμού κρίνεται απαραίτητη. Σύμφωνα με τους Scott και Findlay (1991), η μέθοδος θεωρείται κατάλληλη μόνο για τελείως οριζόντια ανίχνευση οφθαλμού, λόγω της επαναλαμβανόμενης κάλυψης της περιφέρειας του κερατοειδούς από τα βλέφαρα του εξωτερικού μέρους του οφθαλμού.

Στη μέθοδος ανίχνευσης της κόρης (pupil tracking) εντοπίζεται το όριο μεταξύ της κόρης και της ίριδας του οφθαλμού, το οποίο και αποτελεί το μικρότερο διακριτό όριο του οφθαλμού. Στη συγκεκριμένη μέθοδο, χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διαφορικού φωτισμού, με τη χρήση υπέρυθρων πηγών φωτισμού (infrared light) με σκοπό τη δημιουργία του φαινομένου της σκούρας-φωτεινής κόρης (dark-bright pupil). Σύμφωνα με τους Zhu και Ji (2005), ο εντοπισμός της περιφέρειας της κόρης πραγματοποιείται με την αφαίρεση της εικόνας με τη σκούρα κόρη (dark pupil) από την αντίστοιχη εικόνα της φωτεινής κόρης (bright pupil). Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου, σε σχέση με την προηγούμενη, είναι το γεγονός ότι τα μάτια δεν επικαλύπτονται τόσο συχνά από τα

βλέφαρα και έτσι ο εντοπισμός της κόρης είναι διαθέσιμος στην παράλληλη και την οριζόντια διάσταση, ενώ η προηγούμενη μέθοδος υπερτερεί στο γεγονός ότι στην περίπτωση του εντοπισμού της κόρης, οι τόνοι της τελευταίας και της ίριδας του οφθαλμού είναι δυσκολότερα διαχωρίσιμοι. Η συσκευή εντοπισμού που χρησιμοποιείται, όπως και στην περίπτωση του εντοπισμού της περιφέρειας του κερατοειδούς, θα πρέπει να είναι σταθεροποιημένη σε σχέση με το κεφάλι του παρατηρητή.

Η μέθοδος της συσχέτισης της ανάκλασης της κόρης και του κερατοειδούς χιτώνα (video-based combined pupil-corneal reflection) βασίζεται στην μέτρηση της απόστασης των ανακλάσεων του αμφιβληστροειδούς χιτώνα και του πρώτου εκ των τεσσάρων ειδώλων Purkinje, όταν προσπίπτει υπέρυθρο φως στην επιφάνεια του οφθαλμού (Σχήμα 3.5). Τα είδωλα Purkinje αποτελούν ανακλάσεις που παρατηρούνται στα όρια μεταξύ των φακών και του κερατοειδούς χιτώνα. Οι δύο ανακλάσεις μπορούν να καταγραφούν με video, με χρήση καμερών που είναι ευαίσθητες στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι σχετικές αποστάσεις των ανακλάσεων αυτών μεταβάλλονται με την κίνηση του οφθαλμού, κάνοντας δυνατό τον εντοπισμό του βλέμματος σε μια οπτική σκηνή. Για την ορθή εφαρμογή της μεθόδου, η λήψη της εικόνας του οφθαλμού θα πρέπει να κινείται σε ικανοποιητικά επίπεδα ανάλυσης και εστίασης.

Στη μέθοδο της Διπλής Απεικόνισης ειδώλων Purkinje (Dual-Purkinje-Imaging) ο εντοπισμός του οφθαλμού πραγματοποιείται μέσω του εντοπισμού της σχετικής θέσης μεταξύ του πρώτου και του τέταρτου ειδώλου Purkinje που δημιουργούνται με την πρόσπτωση της υπέρυθρης πηγής φωτισμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αρκετά ακριβής, λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες δειγματοληψίας που φτάνουν μέχρι και τα 4000 Hz και απαιτεί αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός του ασθενούς τέταρτου ειδώλου Purkinje.



**Σχήμα 3.5 :** Τα είδωλα Purkinje (πηγή: Μαρκάκη 2005)

Η μέθοδος της ανάκλασης από τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και της απεικόνισης του με χρήση τεχνητού νευρωνικού δικτύου αναπτύχθηκε από τους Baluha και Pomerleau (1994). Από την μεριά της παρατηρούμενης οπτικής σκηνής τοποθετείται μια σταθερή πηγή φωτισμού προς τον παρατηρητή και χρησιμοποιείται μια κάμερα η οποία έχει ως οπτικό πεδίο ολόκληρο το κεφάλι του παρατηρητή. Το σύστημα εξάγει την εικόνα του οφθαλμού με κέντρο την φωτεινή περιοχή του ειδώλου σε ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο. Το νευρωνικό δίκτυο πριν από κάθε δειγματοληψία είναι απαραίτητο να «εκπαιδευτεί» με το οπτικό σύστημα και το κεφάλι του παρατηρητή. Η «εκπαίδευση» του συστήματος πραγματοποιείται με την παρακολούθηση του οφθαλμού (τουλάχιστον για 3 min) κατά την κίνηση του κέρσορα στην οθόνη ενδιαφέροντος. Μετά από το στάδιο της εκπαίδευσης, το σύστημα ακολουθεί μια αυτόματη διαδικασία εκπαίδευσης με χρήση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί κατά το πρώτο στάδιο. Η διάρκεια της αυτόματης

εκπαίδευσης είναι περίπου 30 min και δεν επαναλαμβάνεται με την επαναχρησιμοποίηση του συστήματος εντοπισμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλες ακρίβειες ( $1.5^{\circ}$  - $2.0^{\circ}$ ), αλλά έχει ένα βασικό πλεονέκτημα. Ο παρατηρητής έχει τη δυνατότητα της κίνησης του κεφαλιού του σε ένα τετράγωνο εύρους 30 cm, γεγονός το οποίο δίνει περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στην κίνηση του παρατηρητή.

### 3.3 ViewPoint Eye Tracker

Το σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης που χρησιμοποιήθηκε είναι το ViewPoint EyeTracker®.

#### 3.3.1 Συνοπτική περιγραφή του συστήματος

Το σύστημα Eye Tracker αποτελεί ένα εργαλείο για την καταγραφή των κινήσεων του βλέμματος ενός παρατηρητή, κατά τη διάρκεια της παρατήρησης οπτικών σκηνών που προβάλλονται σε μία οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή χαρτογραφικών και ψυχολογικών πειραμάτων καθώς και για πειράματα διαφόρων επιστημονικών αντικειμένων, όπου η κατεύθυνση και η θέση της κίνησης του ανθρώπινου οφθαλμού διαδραματίζει σημαντικό ρόλο.

Το σύστημα καταγραφής απαρτίζουν δύο βασικά μέρη, η συσκευή καταγραφής (hardware) και το λογισμικό επεξεργασίας (software) των δεδομένων. Το σύστημα αυτό έχει «ενσωματωθεί» σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος χρησιμοποιεί δύο κάρτες γραφικών. Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατόν να υπάρχουν δύο οθόνες στη διάθεση του συστήματος (Σχήμα 3.6). Η πρώτη εκ των δύο οθόνων (Primary Monitor), χρησιμοποιείται από τον χειριστή του, ενώ η δεύτερη οθόνη (Secondary Monitor) λειτουργεί εξυπηρετώντας την προβολή της οπτικής σκηνής.



Σχήμα 3.6 : Η διάταξη των δύο οθόνων του συστήματος καταγραφής

Η συσκευή καταγραφής, αποτελείται από μια κάρτα η οποία, εσωτερικά, συνδέεται στη μητρική μονάδα του υπολογιστικού συστήματος και εξωτερικά αποτελείται από ένα σύστημα πρόσδεσης του συστήματος στο οπτικό σύστημα του παρατηρητή. Με

τη βοήθεια του συστήματος πρόσδεσης, κάτω από κάθε έναν από τους δύο οφθαλμούς του παρατηρητή υπάρχει μια κάμερα και μία φωτοδίοδος υπέρυθρου φωτός. Η λειτουργία του συστήματος καταγραφής συμπληρώνεται από έναν μηχανισμό ακινητοποίησης του κεφαλιού, ο οποίος συντελεί στην σταθεροποίηση της θέσης του οπτικού συστήματος του υποκειμένου και της οθόνης προβολής, για το χρονικό διάστημα διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας.

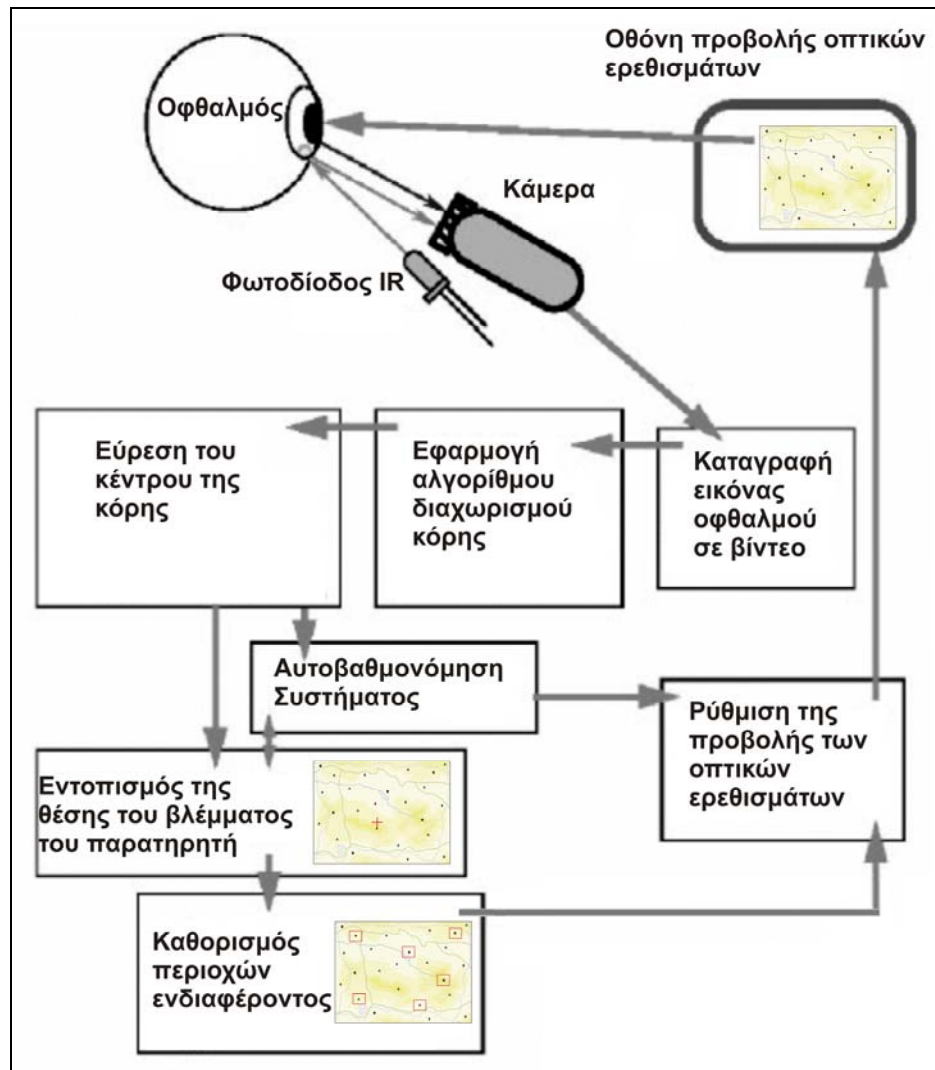
### 3.3.2 Λειτουργία του συστήματος

Η φωτοδίοδος υπέρυθρου φωτός, η οποία βρίσκεται προσδεμένη κάτω από το μάτι του παρατηρητή φωτίζει τον οφθαλμικό βολβό ενώ ταυτόχρονα η εικόνα καταγράφεται με τη βοήθεια της κάμερας που υπάρχει δίπλα στο φακό υπέρυθρου (Σχήμα 3.7). Ο φωτισμός επιτρέπει τον διαχωρισμό της περιοχής της κόρης από αυτήν της ίριδας. Ουσιαστικά, μεταξύ των δύο αυτών περιοχών (κόρης και ίριδας) οξύνεται η χρωματική διαφοροποίηση. Με την εφαρμογή ενός κατωφλίου στους χρωματικούς τόνους που εμφανίζονται στην εικόνα του οφθαλμού, ο διαχωρισμός της κόρης και κατά συνέπεια του κέντρου του οφθαλμού του παρατηρητή καθίσταται δυνατός. Επιπλέον, η κάμερα το συστήματος καταγράφει την ανάκλαση του υπέρυθρου φωτός, στον οφθαλμό του παρατηρητή. Το σύστημα, αντλώντας δεδομένα από την εικόνα του οφθαλμού και εφαρμόζοντας αλγόριθμους κατάτμησης (segmentation algorithms) εντοπίζει το κέντρο της κόρης καθώς και τη θέση της ανάκλασης του φωτός. Το σύστημα, για κάθε παρατηρητή, κατασκευάζει έναν μαθηματικό μετασχηματισμό. Ο μετασχηματισμός αυτός, αποτελεί μια συνάρτηση, η οποία αντιστοιχίζει τις συντεταγμένες της κίνησης του οφθαλμού του παρατηρητή με το σύστημα μέτρησης των συντεταγμένων των οπτικών ερεθισμάτων, τα οποία προβάλλονται στην οθόνη του συστήματος (Secondary Monitor). Η εύρεση της συνάρτησης αυτής, πραγματοποιείται μέσα από μια διαδικασία αυτοβαθμονόμησης του συστήματος (calibration), η εφαρμογή της οποίας είναι απαραίτητη και πρέπει να γίνεται ανεξάρτητα για κάθε παρατηρητή. Μετά την εύρεση της συνάρτησης καταγραφής της κίνησης, το σύστημα είναι σε θέση να καταγράψει οποιαδήποτε κίνηση της οπτικής παρατήρησης που πραγματοποιείται πάνω σε οπτικές σκηνές, οι οποίες προβάλλονται στην οθόνη.



Σχήμα 3.7 : Η διάταξη της φωτοδίοδου και της κάμερας του συστήματος καταγραφής (παρατηρητής : Κασκαμπάς Νικόλαος)

Η λειτουργία του συστήματος καταγραφής απεικονίζεται διαγραμματικά στο σχήμα 3.8 που ακολουθεί:



Σχήμα 3.8 : Διαγραμματική απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης

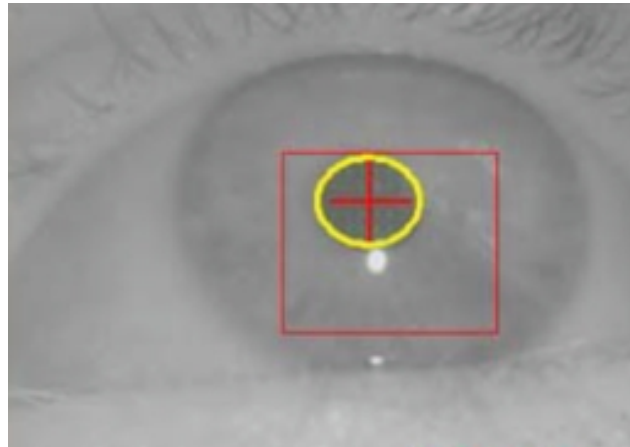
### 3.3.3 Μέθοδοι εντοπισμού του οπτικού κέντρου

Το σύστημα χρησιμοποιεί 3 διαφορετικές μεθόδους για τον εντοπισμό του κέντρου το οπτικού συστήματος του παρατηρητή:

- Εντοπισμός του κέντρου της κόρης του οφθαλμού του παρατηρητή
- Εντοπισμός ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς
- Εντοπισμός του διανύσματος του κέντρου της κόρης και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς

Η μέθοδος εντοπισμού της κόρης (Pupil Location Method) είναι ευαίσθητη σε οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις του οπτικού κέντρου του παρατηρητή (μετακινήσεις πάνω στο επίπεδο που του άξονα x και του αντίστοιχου y του οπτικού κέντρου) και λιγότερο ευαίσθητη σε μετακινήσεις κατά μήκος του άξονα z (κάθετος άξονας στο επίπεδο των αξόνων x και y). Το σύστημα δίνει τη δυνατότητα ορισμού του

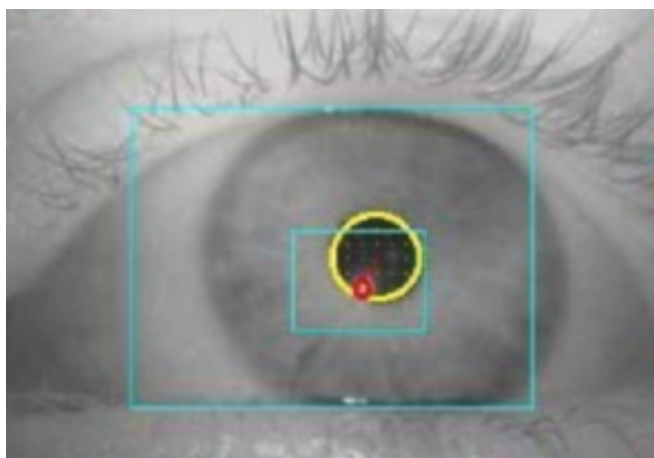
τετραγώνου μέσα στο οποίο κινείται η κόρη του οφθαλμού, ώστε να είναι δυνατόν να καταγράφονται όλες οι πιθανές οφθαλμικές κινήσεις (Σχήμα 3.9).



**Σχήμα 3.9** : Εντοπισμός του κέντρου της κόρης του οφθαλμού (πηγή: ViewPoint EyeTracker®)

Η μέθοδος εντοπισμού της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Glint Location Method) εμφανίζει την ίδια ευαισθησία με την προηγούμενη μέθοδο ως προς τις κινήσεις του οφθαλμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος εντοπισμού δεν χρησιμοποιείται και συμπεριλαμβάνεται για εκπαιδευτικούς σκοπούς στο σύστημα.

Αντίθετα, η μέθοδος εντοπισμού του διανύσματος του κέντρου της κόρης και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Pupil-Glint Vector) εμφανίζεται ισχυρότερη σε μετακινήσεις κατά τον οριζόντιο και κατά τον κατακόρυφο άξονα και περισσότερο ευαίσθητη σε μετακινήσεις κατά τον άξονα z του συστήματος του οπτικού κέντρου. Όταν η απόσταση μεταξύ του οφθαλμού και της κάμερας του συστήματος δεν παραμένει σταθερή, η κλίμακα καταγραφής αλλάζει και συνεπώς αλλάζει το μήκος του διανύσματος. Όπως και στην περίπτωση της μεθόδου εντοπισμού του κέντρου της κόρης, το σύστημα δίνει τη δυνατότητα ορισμού του τετραγώνου όπου μπορεί να υπάρξει μια πιθανή μετακίνηση της κόρης του οφθαλμού και επιπλέον για την αξιοποίηση της συγκεκριμένης μεθόδου ορίζεται και το τετράγωνο όπου υπάρχει η ανάκλαση που προκύπτει από την φωτοδίοδο του συστήματος (Σχήμα 3.10).



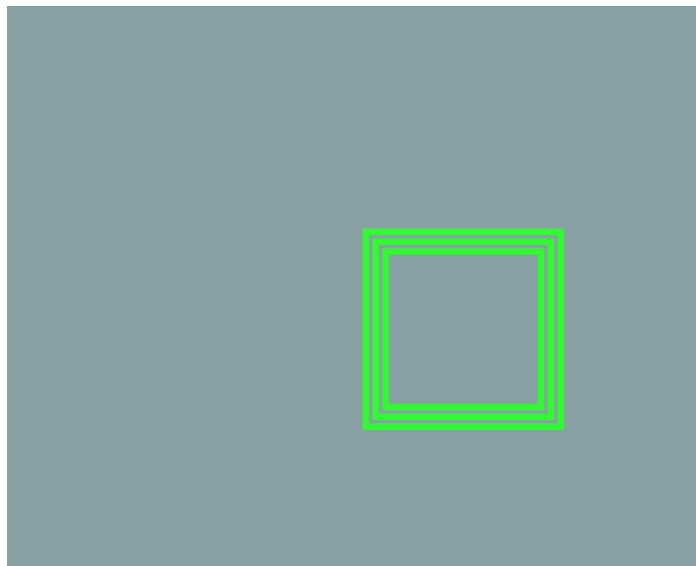
**Σχήμα 3.10** : Εντοπισμός του κέντρου της κόρης του οφθαλμού και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (πηγή: ViewPoint EyeTracker®)



### 3.3.4 Αυτοβαθμονόμηση του συστήματος

Η αυτοβαθμονόμηση του συστήματος (calibration) αποτελεί την διαδικασία κατά την οποία το σύστημα συντεταγμένων του οπτικού συστήματος του παρατηρητή συσχετίζεται με το αντίστοιχο της οθόνης προβολής των οπτικών σκηνών. Εντοπίζεται εκείνη η μαθηματική συνάρτηση η οποία έχει τη δυνατότητα να απεικονίζει τις οφθαλμικές μετακινήσεις στο σύστημα συντεταγμένων της οθόνης του συστήματος καταγραφής.

Η διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης του συστήματος πραγματοποιείται μέσω της παρατήρησης σταθερών σημείων-στόχων που προβάλλονται στην οθόνη του συστήματος. Οι σταθεροί αυτοί στόχοι εμφανίζονται σε μορφή τετραγώνων, το μέγεθος των οποίων συνεχώς μειώνεται στη διάρκεια προβολής κάθε συγκεκριμένου στόχου (σχήμα 3.11). Με αυτό τον τρόπο, ο παρατηρητής εστιάζει το βλέμμα του στο στόχο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το σύστημα με τη σειρά του, εντοπίζει τη θέση του οφθαλμού μέσα στο διάστημα αυτό. Έτσι είναι δυνατόν να αντιστοιχηθεί η συγκεκριμένη θέση του οφθαλμού με τη αντίστοιχη στην οθόνη προβολής. Οι στόχοι που εμφανίζονται έχουν σκοπό να καλύψουν θέσεις στην οθόνη προβολής, ώστε μετά το τέλος της διαδικασίας να μπορεί να γίνει αντιστοίχιση κάθε θέσης του οφθαλμού με την αντίστοιχη θέση στην οθόνη.



**Σχήμα 3.11** : Η μορφή του σταθερού σημείου-στόχου στην διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης

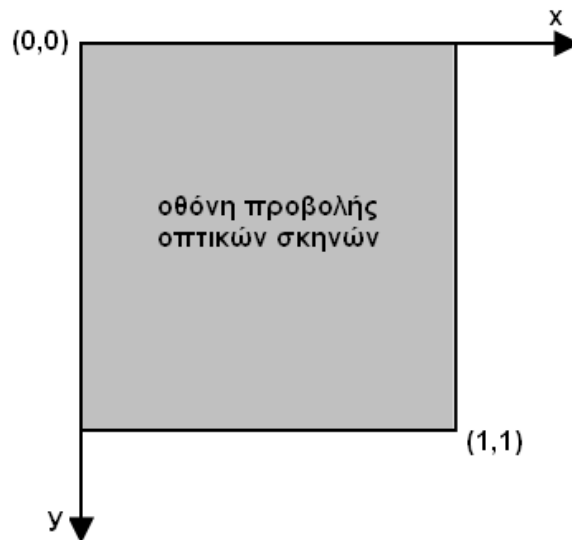
Οι παράμετροι της διαδικασίας της αυτοβαθμονόμησης είναι οι εξής:

- Ο συνολικός αριθμός των σταθερών σημείων-στόχων (δυνατότητα επιλογής μεταξύ 6, 9, 12, 16, 20, 25, 30, 36, 42, 49, 56, 64 και 72 σταθερών σημείων)
- Η απόχρωση των συμβόλων-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 (π.χ. τυχαία)
- Ο χρόνος εμφάνισης κάθε τετραγώνου, κάθε σημείου-στόχου
- Η χρονική διαφορά μεταξύ των τετραγώνων ενός σημείου-στόχου.

Η επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων της αυτοβαθμονόμησης, έχει άμεση σχέση με το σχεδιασμό και την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας. Για την επιλογή αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη δύο βασικοί παράγοντες. Πρόκειται για την επιζητούμενη ακρίβεια και για την κόπωση του παρατηρητή. Η αυτοβαθμονόμηση του συστήματος είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται για κάθε παρατηρητή ξεχωριστά. Η επιζητούμενη ακρίβεια έχει σχέση με την πειραματική διαδικασία ενώ ο παράγοντας της κόπωσης έχει σχέση με τη συνολική διάρκεια της αυτοβαθμονόμησης.

### 3.3.5 Το σύστημα συντεταγμένων του συστήματος

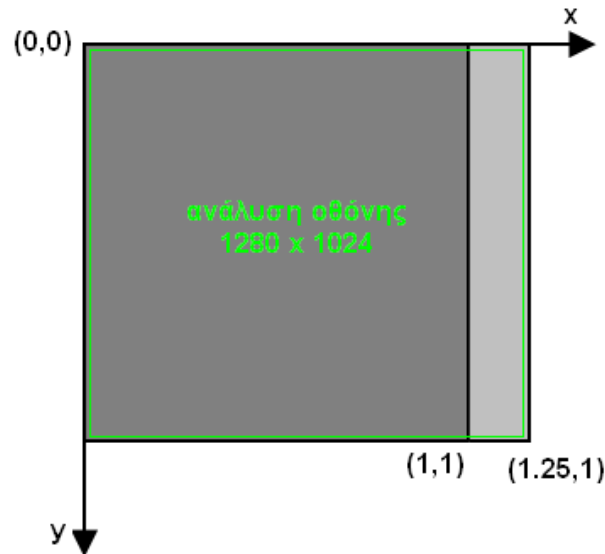
Το σύστημα συντεταγμένων του συστήματος ορίζεται στο σχήμα 3.12, ως εξής:



Σχήμα 3.12 : Το σύστημα συντεταγμένων του Viewpoint Eye Tracker

Η αρχή του συστήματος βρίσκεται στο πάνω αριστερό άκρο της οθόνης προβολής. Οι θετικές φορές των αξόνων είναι προς τα δεξιά και προς τα κάτω για τον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα. Το σύστημα δίνει στην κάτω δεξιά γωνία της οθόνης προβολής το ζεύγος συντεταγμένων (1,1). Έτσι στην περίπτωση που θέλουμε να επεξεργαστούμε τις συντεταγμένες των καταγραφών (για παράδειγμα στην διαδικασία της βαθμονόμησης που περιγράφεται παρακάτω), πολλαπλασιάζουμε την οριζόντια συντεταγμένη με το πηλίκο της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα της ανάλυσης της οθόνης. Συγκεκριμένα, η δευτερεύουσα οθόνη του συστήματος (οθόνη προβολής των οπτικών σκηνών) που χρησιμοποιήθηκε, είχε ανάλυση 1280x1024 (Σχήμα 3.13). Έτσι για την επεξεργασία των συντεταγμένων, η οριζόντια συντεταγμένη μετασχηματίζεται ως εξής:

$$x' = \frac{1280}{1024} \cdot x \Rightarrow x' = 1.25 \cdot x$$



**Σχήμα 3.13 :** Μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων για την προσαρμογή του στην ανάλυση της οθόνης

### 3.3.6 Μεγέθη καταγραφής

Οι καταγραφές του συστήματος εντοπισμού της οφθαλμικής κίνησης αποθηκεύονται σε ένα αρχείο σταθερού – καθορισμένου πλάτους (ASCII), το οποίο δημιουργείται κάθε φορά από τον χειριστή του συστήματος. Ο τελευταίος, ανοίγει το αρχείο (το άνοιγμα του αρχείου γίνεται ταυτόχρονα με τη δημιουργία του) όταν η διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης του συστήματος έχει ολοκληρωθεί για το υποκείμενο που συμμετέχει στην πειραματική διαδικασία.

Για κάθε σημείο της καταγραφής, τα στοιχεία που περιέχονται στο αρχείο καταγραφής είναι τα ακόλουθα:

- Ο συνολικός χρόνος που έχει διανυθεί από την δημιουργία του αρχείου μέχρι τη χρονική στιγμή της καταγραφής (Total Time).
- Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από το προηγούμενο σημείο καταγραφής (Delta Time).
- Οι συντεταγμένες  $x$ ,  $y$  ως προς σύστημα συντεταγμένων του συστήματος ( $X\_Gaze$ ,  $Y\_Gaze$ ).
- Την περιοχή ενδιαφέροντος (region of interest) στην οποία ανήκει το σημείο καταγραφής (Region)
- Το εύρος της κόρης του παρατηρητή κανονικοποιημένο ως προς το εύρος του παραθύρου (Eye Camera window) καταγραφής βίντεο (Pupil Width).
- Ο λόγος των διαστάσεων των εφραπτόμενων πλευρών στην κόρη του υποκειμένου (Pupil Aspect).
- Ένας δείκτης ο οποίος δηλώνει την ποιότητα της καταγραφής (Quality).
- Η διάρκεια επικέντρωσης της προσοχής (Fixation).
- Η στρέψη του οφθαλμού (Torsion).
- Ο αύξων αριθμός του σημείου.

Επιπλέον, στο αρχείο καταγραφής γίνεται διαχωρισμός των καταγραφών ανάλογα με την εικόνα που προβαλλόταν στην δευτερεύουσα οθόνη του συστήματος (οθόνη προβολής).

Ο τύπος των μεγεθών της καταγραφής μπορεί να έχει μια από τις ακόλουθες μορφές:

- integer: ακέραιος αριθμός
- float: αριθμός κινητής υποδιαστολής
- list: ακέραιος αριθμός ο οποίος αντιπροσωπεύει χαρακτηριστικές τιμές, κάθε μια από τις οποίες εκπροσωπεί με τη σειρά της μια ομάδα (π.χ. μια περιοχή ενδιαφέροντος)

Στον πίνακα 3.1 που ακολουθεί εμφανίζεται ο τύπος καθώς και κάποιες απαραίτητες παρατηρήσεις για κάθε ένα από τα μεγέθη της καταγραφής.

**Πίνακας 3.1 :** Τα μεγέθη της καταγραφής

Μέγεθος Καταγραφής	Τύπος Μεγέθους	Παρατηρήσεις
Total Time (TT)	float	Μέτρηση σε sec
Delta Time (DT)	float	Μέτρηση σε msec
X_Gaze (LX)	float	Ελάχιστη τιμή:0, Μέγιστη Τιμή:1 (εύρος του συστήματος συντεταγμένων του συστήματος καταγραφής)
Y_Gaze (LY)	float	Ελάχιστη τιμή:0, Μέγιστη Τιμή:1 (εύρος του συστήματος συντεταγμένων του συστήματος καταγραφής)
Region (RI)	list	Ένα σημείο της καταγραφής είναι δυνατόν να ανήκει σε δύο ή περισσότερες περιοχές(π.χ. 2,5) αλλά είναι επίσης δυνατόν να μην ανήκει σε καμία (Το μέγεθος παίρνει την χαρακτηριστική τιμή -1)
Pupil Width (PW)	float	Χαρακτηριστικές τιμές: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.125(1/8) αντιστοιχεί σε διάμετρο κόρης 2mm</li> <li>• 0.375(3/8) αντιστοιχεί σε διάμετρο κόρης 8mm</li> </ul>
Pupil Aspect (PA)	float	Η τιμή 1 αντιπροσωπεύει το κύκλο(κυκλική κόρη)
Quality (QU)	integer	Εύρος τιμών:1-5, Η τιμή 1 δηλώνει μια επιτυχή καταγραφή, ενώ μια καταγραφή όπου η τιμή του δείκτη είναι 5 έχει αποτύχει
Fixation (FX)	float	Η τιμή 0 δηλώνει μια γρήγορη κίνηση του ματιού
Torsion (CNT)	float	Υπολογίζεται σε βαθμούς. Η χαρακτηριστική τιμή -998 δηλώνει ότι δεν έχει υπολογιστεί το μέγεθος, ενώ η τιμή -999 δηλώνει ότι είναι εκτός εύρους
Count	integer	-

Στο σχήμα 3.14 παρουσιάζεται ένα απόσπασμα ενός αρχείου καταγραφής του συστήματος:

```

3 Product Version: PC60
3 Executable File Version: 2.8.3,33
3 Program Build Date: Oct 26 2005, 22:48:37
3 Customer Serial Number: 200-560-1-1
3 Customer Name: A.A Vlachou
3 Customer Organization: CO-Anadelta
3
3 -----
3 TimeValues 2009 5 8 8 50 47 UTC
3 TimeStamp Παρασκευή, 8 Μαΐου 2009, 11:50:47 πμ
3 DataFormat 2.7.0.95
3 Storing UN-SMOOTHED data.
3 ScreenSize 375 299.707
3 ViewingDistance 555
3 ImageShape Actual
3 -----
6 ATT ADT ALX ALY ARI APW APA AQU AFX CNT MRK
5 TotalTime DeltaTime X_Gaze Y_Gaze Region PupilWidth PupilAspect Quality Fixation Count Marker
7 0.000000 FrameRate 29.97
16 0.000000 STARTUP.BMP
10 0.0000 0.0000 0.4696 0.5021 0 0.0960 0.7841 1 0.0336 0 +
10 0.0333 33.3151 0.4673 0.4962 0 0.0960 0.7794 1 0.0667 1
10 0.0666 33.3229 0.4669 0.4871 0 0.0966 0.8199 1 0.1000 2
10 0.1000 33.3200 0.4647 0.4915 0 0.0955 0.8241 1 0.1334 3
10 0.1333 33.3235 0.4632 0.4891 0 0.0955 0.8154 1 0.1667 4
10 0.1666 33.3186 0.4686 0.4841 0 0.0940 0.7672 1 0.1998 5
10 0.1999 33.3215 0.4673 0.4962 0 0.0960 0.7794 1 0.2333 6
10 0.2332 33.3212 0.4694 0.4995 0 0.0957 0.7962 1 0.2668 7
10 0.2666 33.3252 0.4694 0.4995 0 0.0957 0.7962 1 0.3001 8
10 0.2999 33.3516 0.4671 0.5054 0 0.0967 0.7507 1 0.3335 9
10 0.3332 33.2869 0.4668 0.4926 0 0.0933 0.7548 1 0.3666 10
10 0.3665 33.3208 0.4497 0.4155 0 0.0929 0.7282 1 0.3998 11
10 0.3999 33.3246 0.4140 0.3291 0 0.0925 0.7471 1 0.4333 12
10 0.4332 33.3208 0.4125 0.3194 -1 0.0959 0.7302 1 0.0333 13
10 0.4665 33.3202 0.4125 0.3194 -1 0.0959 0.7302 1 0.0666 14
10 0.4998 33.3231 0.4152 0.3183 -1 0.0980 0.7101 1 0.0335 15
10 0.5331 33.3210 0.4152 0.3183 -1 0.0980 0.7101 1 0.0667 16
10 0.5665 33.3213 0.4152 0.3183 -1 0.0980 0.7101 1 0.0999 17
10 0.5998 33.3202 0.4152 0.3183 -1 0.0980 0.7101 1 0.1334 18
10 0.6331 33.3217 0.4152 0.3183 -1 0.0980 0.7101 1 0.1665 19
10 0.6664 33.3220 0.4169 0.3249 -1 0.1014 0.6899 1 0.2000 20
10 0.6997 33.3209 0.4194 0.3204 -1 0.1009 0.6841 1 0.2332 21
10 0.7331 33.3229 0.4194 0.3204 -1 0.1009 0.6841 1 0.2666 22
10 0.7664 33.3200 0.4169 0.3249 -1 0.1014 0.6899 1 0.2996 23

```

Σχήμα 3.14 : Μορφή του αρχείου καταγραφής

### 3.3.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος

Στον πίνακα 3.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται, συγκεντρωτικά, τα χαρακτηριστικά του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης:

**Πίνακας 3.2 :** Τα χαρακτηριστικά του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης Viewpoint Eye Tracker

Μοντέλο συστήματος	Viewpoint Eye Tracker PC-60 Arrington Research
Λειτουργία συστήματος	Χρήση φωτοδιόδου υπερύθρου φωτός με ταυτόχρονη καταγραφή βίντεο(infrared video) Δυνατότητα μονόφθαλμης ή διόφθαλμης παρατήρησης
Μέθοδοι	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ανίχνευση της κόρης(Pupil Location)</li> <li>• Ανίχνευση της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Glint Location)</li> <li>• Ανίχνευση της κόρης και της ανάκλασης του αμφιβληστροειδούς (Pupil-Glint Vector)</li> </ul>
Ακρίβεια	0.25 <sup>ο</sup> -1.00 <sup>ο</sup> του οπτικού τόξου
Διακριτική ικανότητα	0.15 <sup>ο</sup> του οπτικού τόξου
Συχνότητα δειγματοληψίας	30Hz και 60 Hz(δυνατότητα επιλογής από το χρήστη)
Οπτικό εύρος καταγραφής	Οριζόντια:± 44 <sup>ο</sup> του οπτικού τόξου Κατακόρυφη:± 20 <sup>ο</sup> του οπτικού τόξου
Στοιχεία καταγραφής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συντεταγμένες οριζόντιας και κατακόρυφης θέσης του βλέμματος</li> <li>• Ύψος και πλάτος της κόρης</li> <li>• Στρέψη του οφθαλμού</li> <li>• Αντιστοίχιση θέσης βλέμματος με περιοχές ενδιαφέροντος(ROIs)</li> <li>• Χρόνος μεταξύ κάθε καταγραφής</li> <li>• Χρόνος εστίασης του βλέμματος</li> <li>• Συνολικός χρόνος καταγραφής</li> </ul>

Τα χαρακτηριστικά του υπολογιστικού συστήματος, όπου «ενσωματώθηκε» το σύστημα καταγραφής, εμφανίζονται στον πίνακα 3.3:

**Πίνακας 3.3 :** Τα χαρακτηριστικά του υπολογιστικού συστήματος

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

### 3.3.8 Βαθμονόμηση του συστήματος

Η διαδικασία της βαθμονόμησης του συστήματος Eye Tracker πραγματοποιείται με σκοπό τον έλεγχο της λειτουργίας του. Ο έλεγχος αυτός υλοποιείται μέσα από την εύρεση ενός δείκτη από στατιστικά στοιχεία της καταγραφής των κινήσεων του οφθαλμού του υποκειμένου. Ο δείκτης της βαθμονόμησης δίνει μια εκτίμηση της ακρίβειας που είναι δυνατόν να επιτευχθεί κατά την διαδικασία διεξαγωγής πειραμάτων.

#### Περιγραφή της διαδικασίας

Η διαδικασία της βαθμονόμησης πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε υποκείμενο, που συμμετέχει στην έρευνα και αποτελεί μια απαραίτητη διαδικασία για την διεξαγωγή πειραμάτων με τη χρήση του συστήματος Eye Tracker. Κατά την διαδικασία της βαθμονόμησης, προβάλλεται στην οθόνη του συστήματος μια εικόνα (υπόβαθρο) η οποία περιέχει 9 «σταθερούς στόχους», με γνωστές συντεταγμένες. Πριν από τη διεξαγωγή του πειράματος ζητείται στο υποκείμενο της έρευνας να επικεντρώσει το βλέμμα του σε κάθε έναν από τους σταθερούς στόχους, σύμφωνα με τη σειρά της αρίθμησης τους, για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η διαδικασία ολοκληρώνεται

όταν το υποκείμενο έχει παρατηρήσει και τους 9 σταθερούς στόχους της οθόνης. Η διεξαγωγή του πειράματος είναι δυνατόν να ξεκινήσει όταν η ακρίβεια του συστήματος, η οποία υποδεικνύεται από το δείκτη της βαθμονόμησης, βρίσκεται μέσα στο επιθυμητό όριο. Η διαδικασία της βαθμονόμησης επαναλαμβάνεται μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, με σκοπό να ελεγχθεί αν η ακρίβεια του συστήματος έχει παραμείνει μέσα στο ανεκτό όριο.

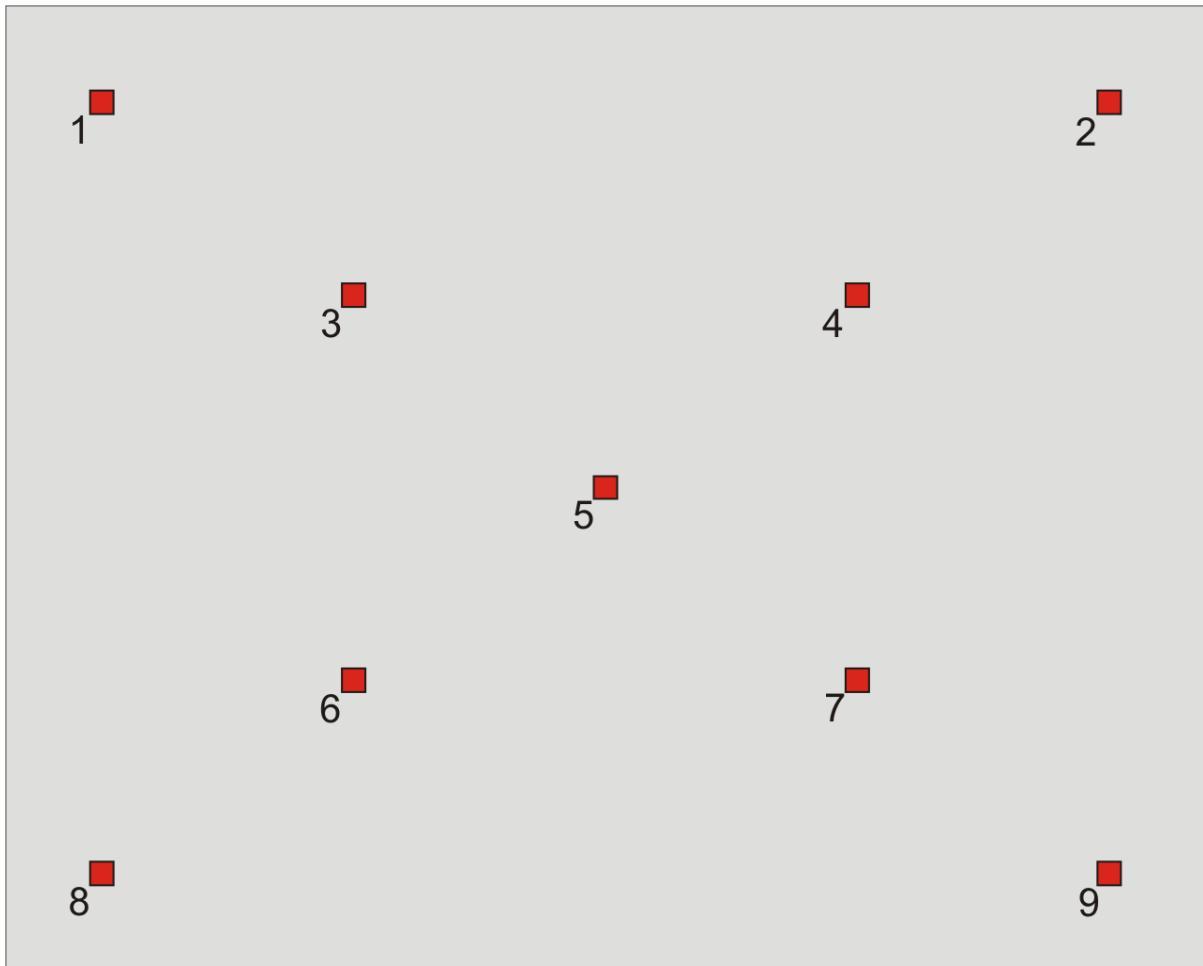
### **Εικόνα υποβάθρου σταθερών στόχων**

Στην κατασκευή του υποβάθρου, το οποίο είναι απαραίτητο για την βαθμονόμηση του συστήματος, θεμελιώδη ρόλο διαδραματίζουν τα ακόλουθα στοιχεία:

- Οι σταθεροί στόχοι θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις περιοχές της οθόνης στην οποία προβάλλονται. Έτσι τοποθετούνται στο κέντρο, στο μέσο αλλά και στα άκρα της οθόνης προβολής.
- Η εικόνα του υποβάθρου θα πρέπει να έχει εκείνη τη διακριτική ανάλυση η οποία επιτρέπει την σωστή απεικόνιση της στο σύνολο της οθόνης προβολής. Με άλλα λόγια, η ανάλυση της οθόνης θα πρέπει να ταυτίζεται με την αντίστοιχη ανάλυση της εικόνας σε εικονοστοιχεία (pixels) ώστε η τελευταία να μην υπόκεινται σε παραμόρφωση κατά την προβολή της. Βέβαια, είναι δυνατόν η εικόνα του υποβάθρου να έχει μεγαλύτερη ανάλυση από αυτήν της οθόνης, με την προϋπόθεση ο λόγος της κάθετης προς την οριζόντια πλευρά να ταυτίζεται με τον αντίστοιχο της ανάλυσης της οθόνης.
- Οι οπτικές μεταβλητές του σχήματος, του μεγέθους και της απόχρωσης θα πρέπει να επιλεγθούν έτσι ώστε η παρατήρηση των σταθερών στόχων, από τα υποκείμενα της έρευνας, να γίνεται χωρίς να αποσπάται η προσοχή των τελευταίων από άλλα στοιχεία της προβολής.

Για την βαθμονόμηση του συστήματος σχεδιάστηκαν συνολικά εννέα στόχοι. Κάθε στόχος αποτελεί ένα κόκκινο συμπαγές τετράγωνο με μαύρο περίγραμμα. Στα άκρα της εικόνας τοποθετήθηκαν περιμετρικά τέσσερις στόχοι, ομοίως και στο μέσο της, ενώ στο κέντρο τοποθετήθηκε ένας στόχος. Κάθε ένας από τους στόχους αριθμήθηκε, ώστε να διατηρείται η ίδια σειρά παρατήρησης από όλα τα υποκείμενα. Η κατανομή των στόχων στην εικόνα του υποβάθρου της βαθμονόμησης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.15 που ακολουθεί:





**Σχήμα 3.15 :** Το υπόβαθρο το σταθερών στόχων που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία της βαθμονόμησης

Τα στοιχεία της εικόνας του υποβάθρου παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4 :

**Πίνακας 3.4 :** Στοιχεία εικόνας υποβάθρου

Ανάλυση εικόνας	1280 x 1024 pixels
Τύπος αρχείου	Bitmap Image(.bmp)
Μέγεθος αρχείου	3.75 MB
Απόχρωση γκριζου υποβάθρου	(R,G,B)=(222,222,221)
Απόχρωση στόχων	Περίγραμμα: (R,G,B)=(31,26,23) Εσωτερικό: (R,G,B)=(218,37,29)
Μέγεθος Στόχων	25 x 25 pixels

Οι συντεταγμένες των κέντρων των σταθερών στόχων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.5 :

**Πίνακας 3.5 :** Συντεταγμένες των κέντρων των σταθερών στόχων

Στόχος	Σύστημα Αναφοράς Eye Tracker		Σύστημα Εικόνας (Μέτρηση σε εικονοστοιχεία)	
	x	y	i	j
1	0.1000	0.1000	102	102
2	1.1500	0.1000	1178	102
3	0.3625	0.3000	371	307
4	0.8875	0.3000	909	307
5	0.6250	0.5000	640	512
6	0.3625	0.7000	371	717
7	0.8875	0.7000	909	717
8	0.1000	0.9000	102	922
9	1.1500	0.9000	1178	922

Όπως αναφέρθηκε, το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιεί το σύστημα Eye Tracker ορίζεται με κέντρο την πάνω αριστερή γωνία της οθόνης προβολής και θετική κατεύθυνση των αξόνων προς τα δεξιά για τον οριζόντιο άξονα x και προς τα κάτω για τον άξονα y. Η μέγιστη συντεταγμένη που μπορεί να λάβει ο άξονας x, στα όρια της οθόνης, αντιστοιχεί στην τιμή 1.25, ενώ η αντίστοιχη τιμή στον άξονα y είναι η τιμή 1.00. Τα διανύσματα που ορίζουν τις κατευθύνσεις των αξόνων, στα δύο συστήματα αναφοράς, είναι ομόρροπα. Η σχέση που συνδέει τις συντεταγμένες του συστήματος αναφοράς του Eye Tracker με τις αντίστοιχες του συστήματος της εικόνας, είναι η εξής:

$$(i,j)^{[\text{pixels}]} = 1024 \left[ \frac{\text{pixels}}{\text{eye tracker units}} \right] \cdot (x,y)^{[\text{eye tracker units}]}$$

### Αλγόριθμος Βαθμονόμησης

Κάθε υποκείμενο που συμμετέχει στην έρευνα καλείται να παρατηρήσει, με τη σειρά, κάθε έναν από τους στόχους που εμφανίζονται στην οθόνη προβολής του συστήματος. Έτσι δημιουργείται ένα σύνολο καταγραφών, το οποίο ουσιαστικά αποτελείται από εννέα διαφορετικά νέφη σημείων (γύρω από κάθε έναν από τους εννέα στόχους). Ο αλγόριθμος της βαθμονόμησης, κατασκευάστηκε με σκοπό τον έλεγχο της ακρίβειας του συστήματος. Η λειτουργία του αλγορίθμου γίνεται σε επτά στάδια. Παρακάτω παρουσιάζεται η λειτουργία κάθε σταδίου:

#### Στάδιο 1

Υπολογισμός της απόστασης κάθε σημείου της καταγραφής από κάθε ένα από τους σταθερούς στόχους της οθόνης βαθμονόμησης, μέσω της αναλυτικής σχέσης:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

για  
i=1,2,...,9

$j=1,2,\dots,n$ , όπου  $n$  ο συνολικός αριθμός των σημείων καταγραφής  
 Σε κάθε σημείο καταγραφής αντιστοιχούν 9 αποστάσεις.

### Στάδιο 2

Εύρεση της ελάχιστης απόστασης για κάθε σημείο καταγραφής και αντιστοίχιση του με το σταθερό στόχο της οθόνης βαθμονόμησης. Για κάθε σταθερό στόχο, δημιουργείται μια περιοχή επιρροής του, η οποία αποτελεί ουσιαστικά τον γεωμετρικό τόπο των σημείων της καταγραφής που απέχουν την ελάχιστη απόσταση από το συγκεκριμένο σταθερό στόχο. Τα νοητά πολύγωνα, τα οποία οριοθετούν τις περιοχές επιρροής των σταθερών στόχων, είναι τα γνωστά πολύγωνα Thiessen.

### Στάδιο 3

Για κάθε σταθερό στόχο και για τα σημεία που βρίσκονται μέσα στην περιοχή επιρροής του, υπολογίζεται η μέση τιμή των αποστάσεων και η τυπική της απόκλιση, μέσω των ακόλουθων αναλυτικών σχέσεων:

$$\bar{d}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{j=1}^{n_i} d_{i,j}$$

και

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n_i-1} \cdot \sum_{j=1}^{n_i} (d_{i,j} - \bar{d}_i)^2}$$

όπου

$\bar{d}_i$  : η μέση απόσταση που αντιστοιχεί στο σταθερό στόχο  $i$

$n_i$  : ο αριθμός των σημείων που βρίσκονται εντός της περιοχής επιρροής του σταθερού στόχου  $i$ .

$d_{i,j}$  : η απόσταση του σημείου καταγραφής  $j$  από το σταθερό στόχο  $i$

$\sigma_i$  : η τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί σταθερό στόχο  $i$

### Στάδιο 4

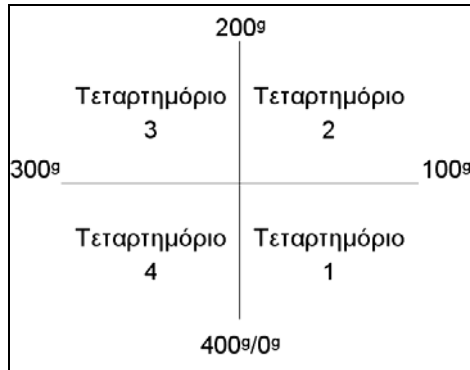
Για κάθε σταθερό στόχο, ελέγχονται οι αποστάσεις από τα σημεία καταγραφής, τα οποία υπάρχουν στην περιοχή επιρροής του. Τα σημεία των οποίων η απόσταση από το σταθερό στόχο είναι μεγαλύτερη από το τριπλάσιο της τυπικής απόκλισης ( $d_{i,j} \geq 3\sigma_i$ ) εξαιρούνται από την περιοχή επιρροής.

### Στάδιο 5

Για κάθε σταθερό στόχο, υπολογίζεται ξανά ο μέσος όρος των αποστάσεων καθώς και η τυπική απόκλιση των σημείων καταγραφής που βρίσκονται στην περιοχή επιρροής του.

### Στάδιο 6

Κάθε περιοχή επιρροής, που αντιστοιχεί σε ένα σταθερό στόχο, χωρίζεται σε τεταρτημόρια με κέντρο το στόχο αυτό. Μέσω του υπολογισμού της γωνίας διεύθυνσης κάθε σημείου, εντοπίζεται ο αριθμός των σημείων που βρίσκονται σε κάθε ένα από τα τέσσερα τεταρτημόρια.



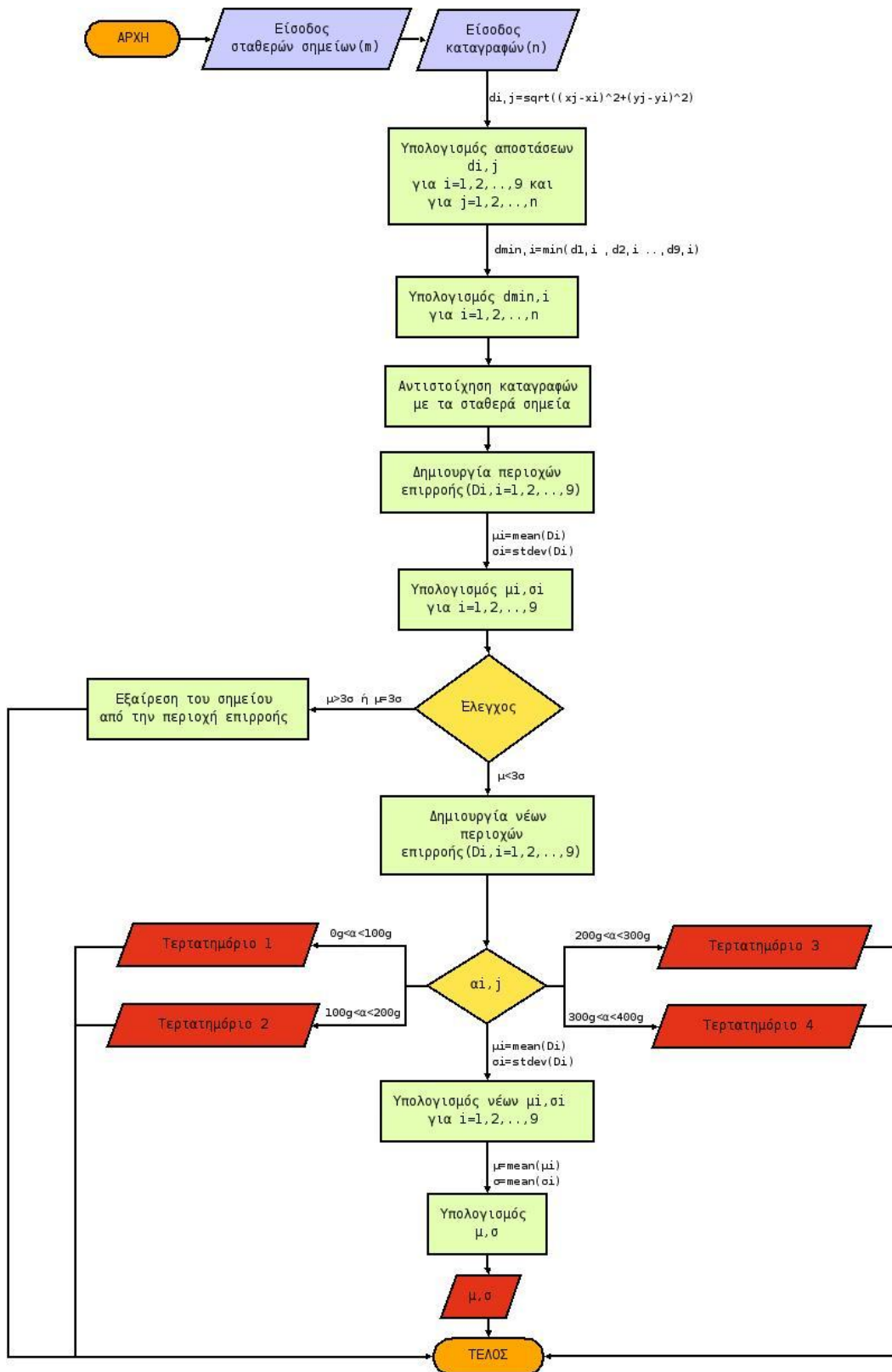
Ο υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης παρουσιάζεται διαγραμματικά στο σχήμα 3.17.

### Στάδιο 7

Υπολογίζεται ο μέσος όρος των μέσων αποστάσεων όλων των σταθερών στόχων καθώς και η μέση τυπική απόκλιση τους

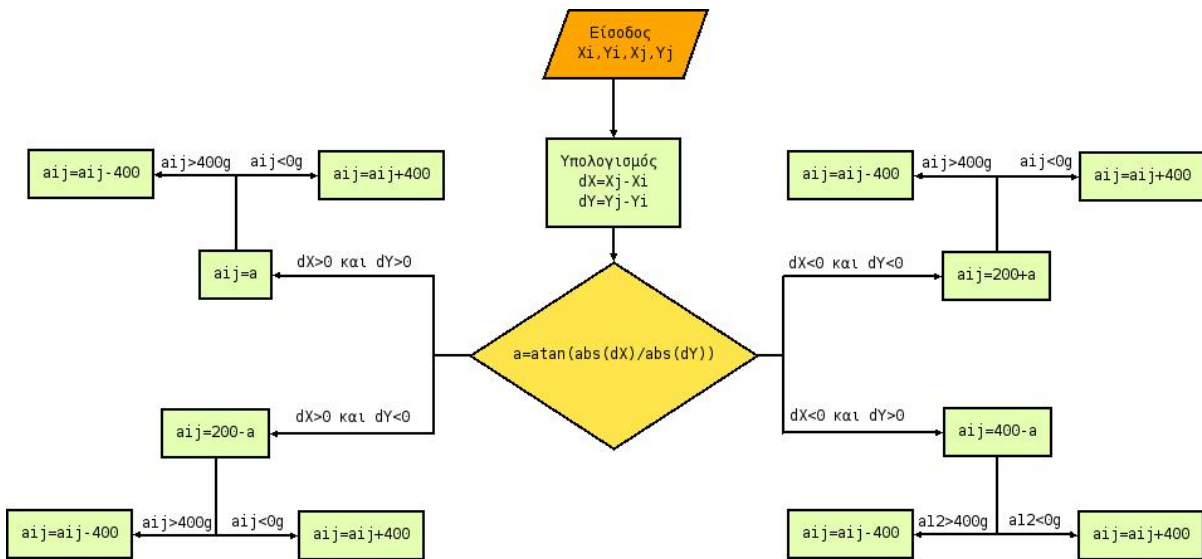
Στο σχήμα 3.16, απεικονίζεται το λογικό διάγραμμα ροής του αλγορίθμου της βαθμονόμησης.

Λογικό Διάγραμμα Ροής του Αλγορίθμου της Βαθμονόμησης



Σχήμα 3.16 : Λογικό διάγραμμα ροής του αλγορίθμου της βαθμονόμησης

Ο υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης  $a_{ij}$  γίνεται με βάση το ακόλουθο διάγραμμα:



Σχήμα 3.17 : Ο υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης  $a_{ij}$

Ο μέσος όρος των μέσων αποστάσεων, μαζί με την μέση τυπική απόκλιση αποτελεί το δείκτη της βαθμονόμησης. Ο δείκτης αυτός δίνει την εκτίμηση της ακρίβειας των καταγραφών που μπορούν να γίνουν κατά την παρατήρηση οπτικών σκηνών από το υποκείμενο της έρευνας, στην οθόνη προβολής του συστήματος.

### 3.4 Η μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης σε χαρτογραφικά πειράματα

Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων έχει χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος διεξαγωγής χαρτογραφικών πειραμάτων. Οι Castner και Lywood (1978) περιγράφουν τη λειτουργία και την οργάνωση των παραμέτρων ενός συστήματος καταγραφής με σκοπό τη χρησιμοποίηση σε χαρτογραφικά πειράματα. Παρακάτω παρουσιάζεται το περιεχόμενο τριών χαρτογραφικών πειραμάτων, όπου γίνεται χρήση της μεθοδολογίας καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων. Στο πρώτο από αυτά διερευνάται η επίδραση της εμπειρίας του παρατηρητή κατά την ανάγνωση τοπογραφικών χαρτών. Το δεύτερο πείραμα έχει ως σκοπό την ανάπτυξη κριτηρίων για την αξιολόγηση του σχεδιασμού της επιφάνειας διαδραστικών συστημάτων διαχείρισης γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Στο τρίτο χαρτογραφικό πείραμα, όπου χρησιμοποιείται η μεθοδολογία της οφθαλμικής καταγραφής, αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού της διεπιφάνειας δύο διαφορετικών διαδραστικών χαρτών.

Το πρώτο χαρτογραφικό πείραμα πραγματοποιήθηκε από τους Kang-Tsung Chang, James Antes και Thomas Lenzen (1985). Το πείραμα είχε σαν σκοπό την ερμηνεία του παράγοντα επίδρασης της εμπειρίας στην ανάγνωση και στην ικανότητα ερμηνείας πληροφοριών κατά την ανάγνωση τοπογραφικών χαρτών. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δέκα χάρτες, οι οποίοι αναπαρίσταναν περιοχές με χαμηλά υψόμετρα, όπου υπήρχαν αραιές ισοϋψείς γραμμές και περιοχές μεγαλύτερων υψόμετρων, όπου οι υψομετρικές γραμμές ήταν πυκνές. Οι πέντε από τους δέκα χάρτες περιλάμβαναν μόνο ισοϋψείς γραμμές για την αναπαράσταση του ανάγλυφου, ενώ η αντίστοιχη πληροφορία στους άλλους πέντε απεικονιζόταν με το συνδυασμό των

υψομετρικών καμπύλων με παράλληλη σκίαση του αναγλύφου. Οι χάρτες δεν περιείχαν κάποια επιπρόσθετα στοιχεία, όπως υπόμνημα ή στοιχεία ονοματολογίας. Τα υποκείμενα που συμμετείχαν στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν συνολικά 44 και είχαν ταξινομηθεί σε δύο ομάδες των 22 ατόμων, την ομάδα των έμπειρων αναγνώστων και στην αντίστοιχη με τους παρατηρητές χωρίς εμπειρία στην ανάγνωση τοπογραφικών χαρτών. Σε κάθε υποκείμενο της έρευνας, προβαλλόταν κάθε χάρτης για 20 δευτερόλεπτα, ενώ καταγράφονται οι οφθαλμικές κινήσεις. Μετά την προβολή κάθε χάρτη, τα υποκείμενα καλούνταν να απαντήσουν σε ερωτήματα σχετικά με τις υψομετρικές πληροφορίες της αντίστοιχης απεικόνισης. Συγκεκριμένα, σε κάθε υποκείμενο δινόταν ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο περιείχε έναν τετραγωνικό κάναβο διαστάσεων 4x4. Κάθε υποκείμενο έπρεπε να συμπληρώσει τις περιοχές με τα μεγαλύτερα και τα μικρότερα υψόμετρα, τοποθετώντας το γράμμα Η και το γράμμα L αντίστοιχα. Επιπλέον, κάθε ερωτηματολόγιο περιείχε ένα χάρτη με τρεις διαφορετικές υψομετρικές γραμμές. Τα υποκείμενα έπρεπε να κυκλώσουν το τέλος εκείνου του τμήματος της γραμμής που αντιστοιχούσε στο μεγαλύτερο υψόμετρο του χάρτη. Από τις οφθαλμικές καταγραφές προκύπτει ο αριθμός των σημείων εστίασης του βλέμματος (fixations) των υποκειμένων. Ο αριθμός αυτός δηλώνει τα κέντρα προσοχής ενώ ο χρόνος που διαρκεί κάθε μία εστίαση εκπροσωπεί το ποσοστό της δυσκολίας για την ερμηνεία της πληροφορίας που υφίσταται στο συγκεκριμένο σημείο. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι ο παράγοντας της εμπειρίας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης ενός τοπογραφικού χάρτη. Οι έμπειροι αναγνώστες χαρτών είναι πιο ικανοί στην διαδικασία οπτικοποίησης του αναγλύφου καθώς έχουν την δυνατότητα να ερμηνεύουν καλύτερα την πληροφορία που παρέχεται από τις ισοΰψείς γραμμές.

Το δεύτερο χαρτογραφικό πείραμα το οποίο χρησιμοποιεί την μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης πραγματοποιήθηκε από τον Takashi Morita (1991). Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να αξιολογήσει το σχεδιασμό της διεπιφάνειας ενός διαδραστικού συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών (GIS). Το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη μελέτη ήταν ένα σύστημα που παρείχε πληροφορίες σχετικές με τις χρήσεις γης, τα χαρακτηριστικά των κτιρίων και κανονισμούς οριοθέτησης συνοικιών (City Planning Information System, CPIS). Οι οφθαλμικές κινήσεις του υποκειμένου που συμμετείχε στην έρευνα καταγράφονταν με σκοπό να παρακολουθείται η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης κατά την εκτέλεση δύο εργασιών που του είχαν υποδειχθεί. Η πρώτη εργασία είχε να κάνει με την αντιστοίχιση ενός βασικού χαρτογραφικού υποβάθρου με μία διεύθυνση που του δίνεται, ενώ η δεύτερη προς εκτέλεση εργασία έχει να κάνει με την εμφάνιση ενός θεματικού χάρτη ο οποίος περιέχει κωδικοποιημένα με διαφορετικούς χρωματισμούς κτίρια, κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε διαφορετική κατηγορία. Για την εκτέλεση των εργασιών αυτών, χρησιμοποιούνται από τον παρατηρητή τα διάφορα παράθυρα της εφαρμογής. Ενώ οι οφθαλμικές κινήσεις του υποκειμένου καταγράφονται στη διάρκεια εκτέλεσης των δύο εργασιών, τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την αξιολόγηση του σχεδιασμού της διεπιφάνειας του συστήματος έχουν να κάνουν με τα εξής στοιχεία:

- τη θέση του κύριου μενού επιλογών του λογισμικού
- τη διάρθρωση των διαφορετικών παραθύρων που αποτελούν το σύστημα
- τη σειρά των επιλογών που ακολουθεί το υποκείμενο
- τη σειρά ανάγνωσης των θεματικών χαρτών
- την ύπαρξη ιδίομορφων οφθαλμικών κινήσεων

Μετά τη διερεύνηση των οφθαλμικών κινήσεων, σύμφωνα με τα κριτήρια που σημειώνονται παραπάνω, η συγκεκριμένη έρευνα επιβεβαιώνει το γεγονός ότι οι

συνθήκες κανονικής όρασης αντιστοιχούν στην περιοχή που βρίσκεται μεταξύ του πάνω μέρους και του κέντρου της οπτικής σκηνής. Στη θέση αυτή θα πρέπει να είναι τοποθετημένο και το παράθυρο του κύριου μενού του συστήματος. Επιπλέον, η διάρθρωση των παραθύρων επιλογών θα πρέπει να έχει μια οργανωμένη μορφή ώστε να αποφεύγονται άσκοπες οφθαλμικές κινήσεις. Όπως προκύπτει από την έρευνα, θα πρέπει να παρέχονται οδηγίες στο χειριστή του συστήματος για τα επόμενα βήματα που μπορεί να ακολουθήσει. Επιπλέον, προκύπτει ότι προτιμότερο να εντάσσονται διαφορετικές πληροφορίες σε διαφορετικούς χάρτες παρά να υπάρχει ένας θεματικός χάρτης, ο οποίος περιλαμβάνει πολλές κατηγορίες πληροφοριών. Σύμφωνα με το πέμπτο κριτήριο, προκύπτει ότι το υποκείμενο της έρευνας εστιάζει σε στοιχεία της οθόνης τα οποία μετακινούνται. Έτσι, τα μετακινούμενα στοιχεία που δεν είναι σημαντικά πρέπει να ελαχιστοποιούνται ώστε να αποφεύγεται η κόπωση του χειριστή του συστήματος. Ο Morita θεωρεί απαραίτητο το στοιχείο της ύπαρξης ενός κυρίου μενού σε ένα διαδραστικό σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών, αντιστοιχίζοντας τη λειτουργία του ανάλογη με αυτήν του υποβάθρου στους χάρτες. Η οθόνη του συστήματος θα πρέπει να αποτελείται από δύο μέρη. Πρόκειται για το κύριο παράθυρο επιλογών και για το μέρος που απεικονίζει τις γεωγραφικές πληροφορίες.

Το τρίτο χαρτογραφικό πείραμα σχεδιάστηκε από τους Arzu Çöltekin, Simone Garlandini, Benedikt Heil και Sara Irina Fabrikant (2008) και περιλαμβάνει την αξιολόγηση δύο ηλεκτρονικών χαρτών κάνοντας χρήση της μεθοδολογίας καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης. Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι να βοηθήσει στο σχεδιασμό των διεπιφανειών που παρατίθενται στο διαδίκτυο (online map interfaces) προς χρήση. Για την διεξαγωγή του πειράματος, τα 30 υποκείμενα της έρευνας καλούνται να απαντήσουν σε τρία ερωτήματα πάνω στους δύο χάρτες. Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος απευθύνονται στο μέσο χρήστη του διαδικτύου. Ο ένας από τους δύο χάρτες ήταν ένας εθνικός άτλαντας των Η.Π.Α. (Natlals) και ο άλλος περιείχε πληροφορίες σχετικά με το έγκλημα και τη φτώχεια στις Η.Π.Α.(Carto.net). Οι ερωτήσεις που κλήθηκαν να απαντήσουν τα υποκείμενα κατατάσσονται σε διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας. Το πρώτο ερώτημα έχει να κάνει με την εύρεση ενός αριθμού επιθέσεων σε μια συγκεκριμένη χώρα, για ένα συγκεκριμένο έτος. Το δεύτερο ερώτημα έχει να κάνει με την εύρεση μιας χώρας μιας συγκεκριμένης πολιτείας η οποία εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό δολοφονιών για το ίδιο έτος, ενώ στο τρίτο ερώτημα τα υποκείμενα καλούνται να αναζητήσουν την ύπαρξη ή μη συσχέτισης μεταξύ του ποσοστού της φτώχειας και των δολοφονιών, για το ίδιο έτος. Με την διεξαγωγή του πειράματος, για κάθε υποκείμενο πραγματοποιείται έλεγχος ως προς την ικανοποίηση του με τη χρήση του κάθε λογισμικού, ως προς την αποδοτικότητα του και ως προς την ορθότητα ολοκλήρωσης των εργασιών που πρέπει να εκτελέσει (SEE:Satisfaction, Efficiency, Effectiveness). Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων συνδυάζεται η μεθοδολογία της οφθαλμικής καταγραφής με τις κλασσικές μεθόδους που στηρίζονται στο χρόνο απόκρισης των υποκειμένων και στην ορθότητα εκτέλεσης της εργασίας. Επιπλέον, τα υποκείμενα συμπληρώνουν ένα ερωτηματολόγιο με απαντήσεις τυποποιημένης κλίμακας (System Usability Scale, SUS) ώστε να συγκριθούν οι δύο χάρτες ως προς τον παράγοντα της ευχρηστίας. Τα δεδομένα που εξάγονται από την οφθαλμική καταγραφή είναι οι περιοχές των χαρτών όπου εστιάζουν το βλέμμα τους με προσοχή τα υποκείμενα (fixations) καθώς και η χαρτογράφηση του οπτικού ίχνους, το οποίο περιλαμβάνει τα σημεία εστίασης και τις κινήσεις για την διαδοχική μετάβαση σε αυτά (fixations, saccades) και δημιουργείται κατά την εκτέλεση των εργασιών που ζητούνται. Το αποτέλεσμα της έρευνας δείχνει ότι προτιμάται η χρήση του δεύτερου χάρτη (Carto.net) και προτείνει τη βελτίωση της διεπιφάνειας του άτλαντα, ώστε να γίνει πιο εύχρηστος.





## 4.1 Το χαρτογραφικό πείραμα

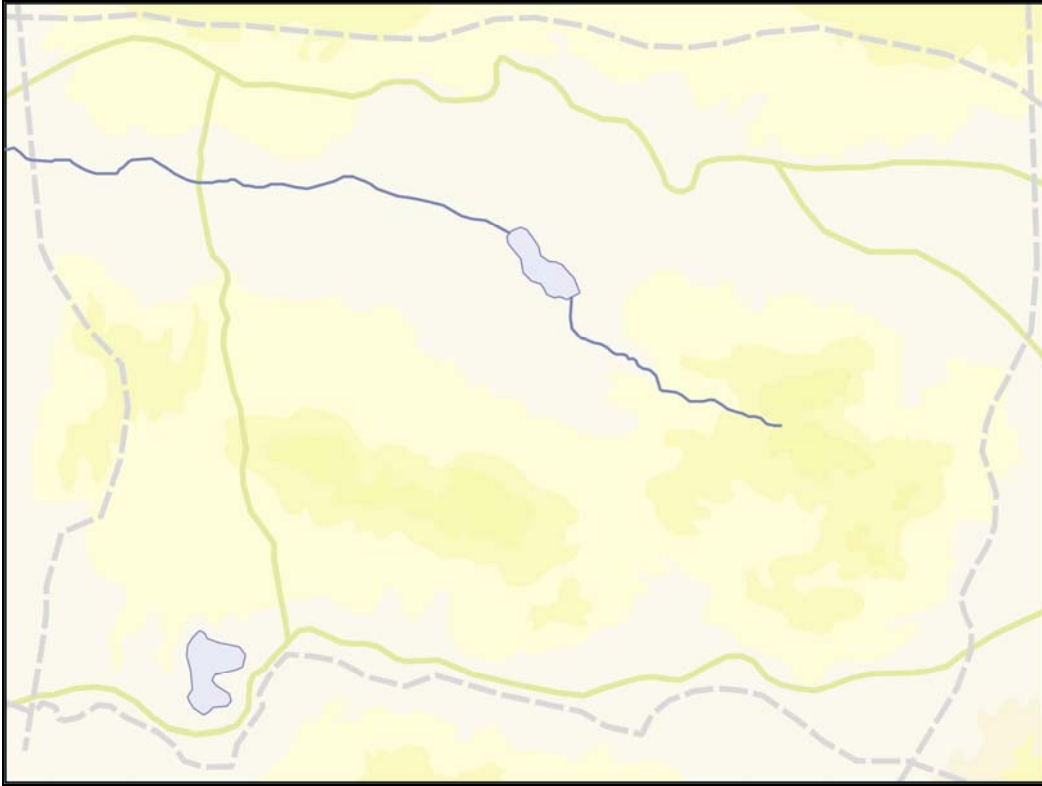
Το χαρτογραφικό πείραμα πραγματοποιήθηκε με σκοπό την διερεύνηση των οφθαλμικών κινήσεων των υποκειμένων, κατά την αναζήτηση σημειακών συμβόλων σε χαρτογραφικά υπόβαθρα. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο σύμβολα-στόχοι, ένα αφαιρετικό και ένα εικονογραφικό. Τα σύμβολα αυτά διαθέτουν την μοναδική ιδιότητα της ύπαρξης οπής, η οποία τα κάνει «μοναδικά» σε σχέση με τα σύμβολα περισπαστές. Η δυνατότητα της προτυποποίησης της μορφής των οφθαλμικών κινήσεων αποτελεί θεμελιώδες ερώτημα, το οποίο δίνει το έναυσμα για την διεξαγωγή της έρευνας. Η μέθοδος διεξαγωγής βασίζεται στην καταγραφή του ίχνους της οφθαλμικής μετακίνησης, κατά τη στιγμή της παρατήρησης. Η καταγραφή των κινήσεων του οφθαλμού μας δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουμε κατά πόσο υπάρχει ή όχι μια συγκεκριμένη μορφή «οπτικής μετάβασης», ανάλογα με τη θέση του συμβόλου-στόχου στο χάρτη.

Επιπλέον, η ανάλυση των αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης του οπτικού ίχνους των υποκειμένων, συμπληρώνεται από την καταγραφή των χρόνων αναζήτησης των συμβόλων-στόχων. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα άμεσης σύνδεσης των αποτελεσμάτων της μεθόδου με τις κλασικές πειραματικές μεθόδους. Οι κλασικές αυτές μέθοδοι στηρίζονται στην χρονομέτρηση της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης και στην ορθότητα της απάντησης του υποκειμένου για τον εντοπισμό ή την επιβεβαίωση της απουσίας των αναζητούμενων σημειακών συμβόλων.

### 4.1.1 Οι χάρτες

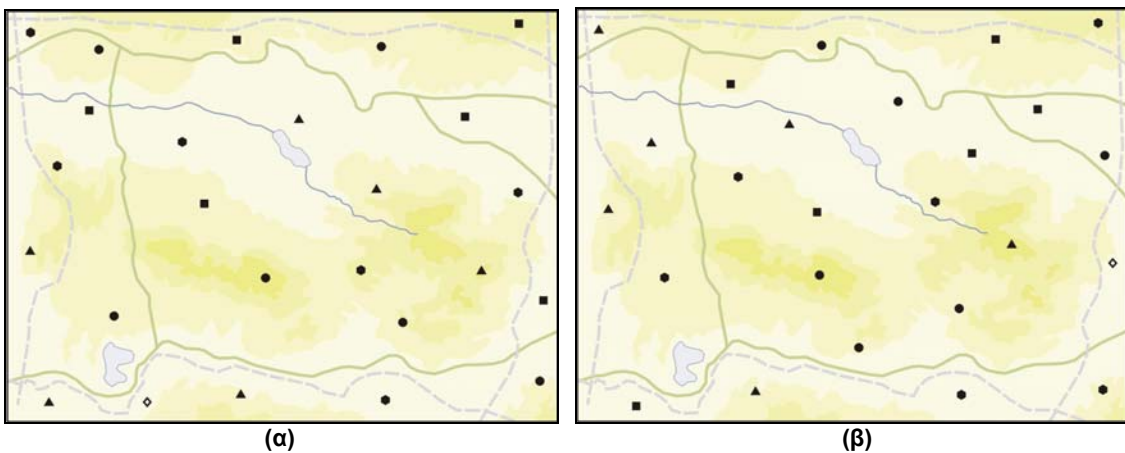
Οι χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν, είχαν δημιουργηθεί στα πλαίσια ενός παλαιότερου χαρτογραφικού πειράματος του εργαστηρίου Χαρτογραφίας. Τα υποκείμενα καλούνται να αναζητήσουν τα σύμβολα-στόχους, σε 16 χάρτες. Οι 8 από αυτούς αποτελούνται από αφαιρετικά σύμβολα, ενώ οι υπόλοιποι 8 περιέχουν τα αντίστοιχα εικονογραφικά. Όλοι οι χάρτες έχουν κοινό υπόβαθρο και σε κάθε έναν από αυτούς αλλάζει η θέση του συμβόλου-στόχου, αν υπάρχει, καθώς και η κατανομή των συμβόλων-περισπαστών.

Στο κοινό υπόβαθρο των χαρτών (Σχήμα 4.1), απεικονίζονται διάφορες υψομετρικές ζώνες σε αποχρώσεις ωχρού κίτρινου, δύο λίμνες και ένα ποτάμι με μπλε απόχρωση, δρόμοι με πράσινο χρώμα και όρια τοποθεσίας στην απόχρωση του γκρι. Το υπόβαθρο αυτό δεν συμπληρώνεται από υπόμνημα συμβόλων και δεν περιέχει ονοματολογία.

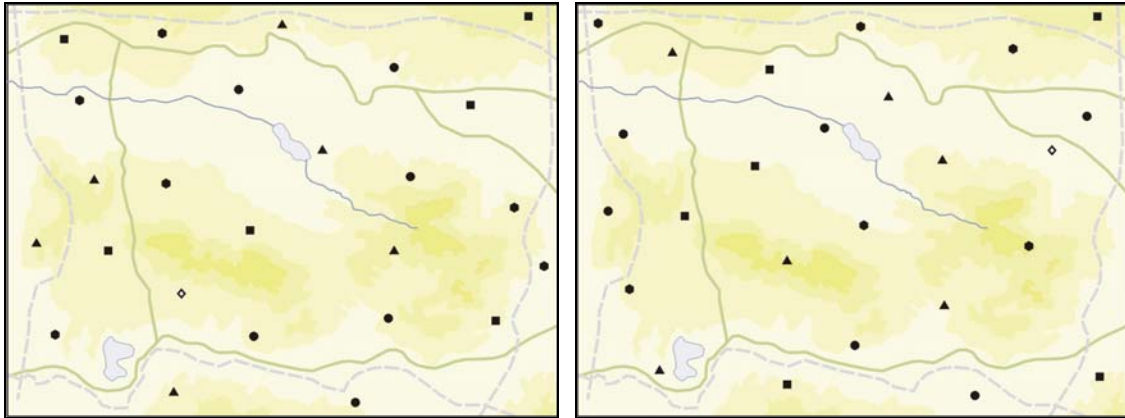


Σχήμα 4.1 : Ο χάρτης-υπόβαθρο

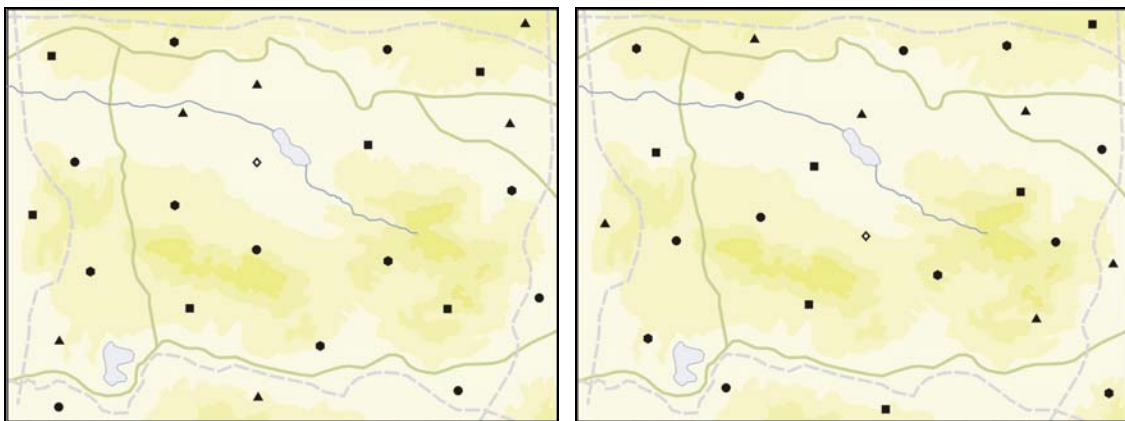
Η κατανομή των συμβόλων-στόχων, στις περιπτώσεις που εμφανίζονται, καθώς και των συμβόλων περισπαστών είναι εκείνη που διαφοροποιεί κάθε έναν από τους χάρτες του πειράματος. Στους 8 χάρτες των αφαιρετικών συμβόλων, 2 απεικονίζουν το σύμβολο-στόχο στην περιφέρεια τους (Σχήμα 4.2), 2 στο μέσο (Σχήμα 4.3), 2 στο κέντρο (Σχήμα 4.4) και σε 2 χάρτες το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει (Σχήμα 4.5). Αντίστοιχη κατανομή εμφανίζεται και στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων (Σχήματα 4.6, 4.7, 4.8 και 4.9 αντίστοιχα).



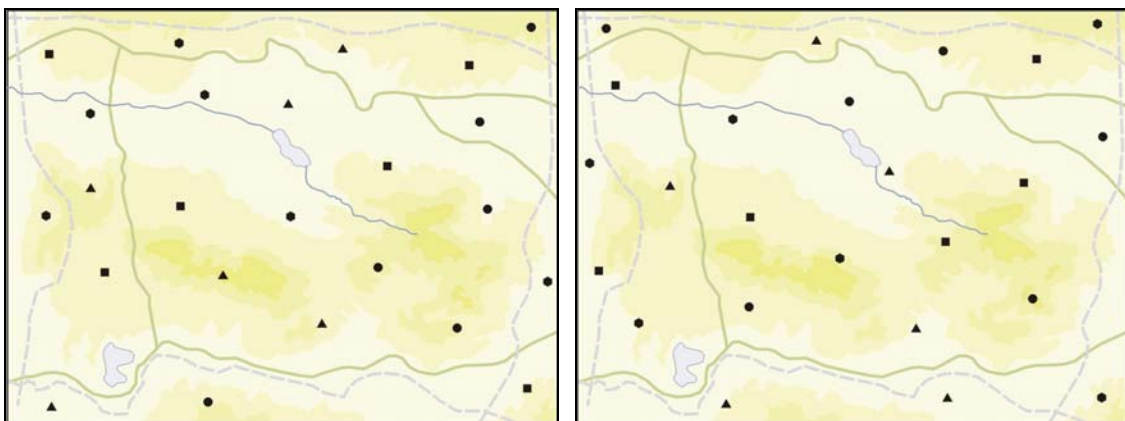
Σχήμα 4.2 : Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στην περιφέρεια: (α) στο κάτω άκρο , αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) στο δεξί άκρο, κάτω από το κέντρο



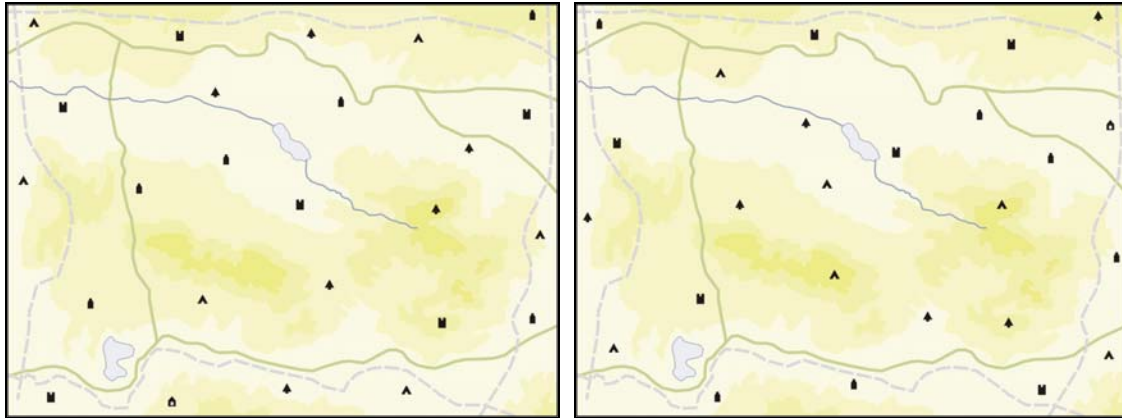
Σχήμα 4.3 : Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο μέσο: (α) κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) πάνω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο



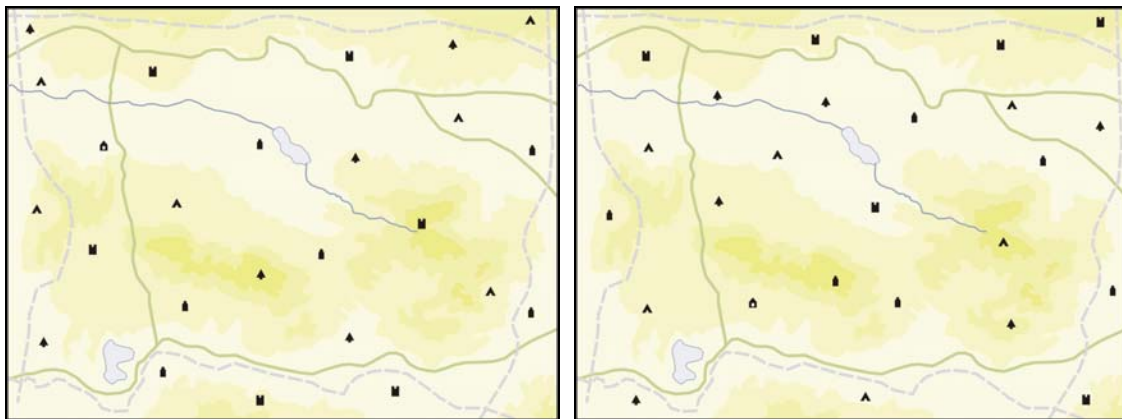
Σχήμα 4.4 : Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο κέντρο



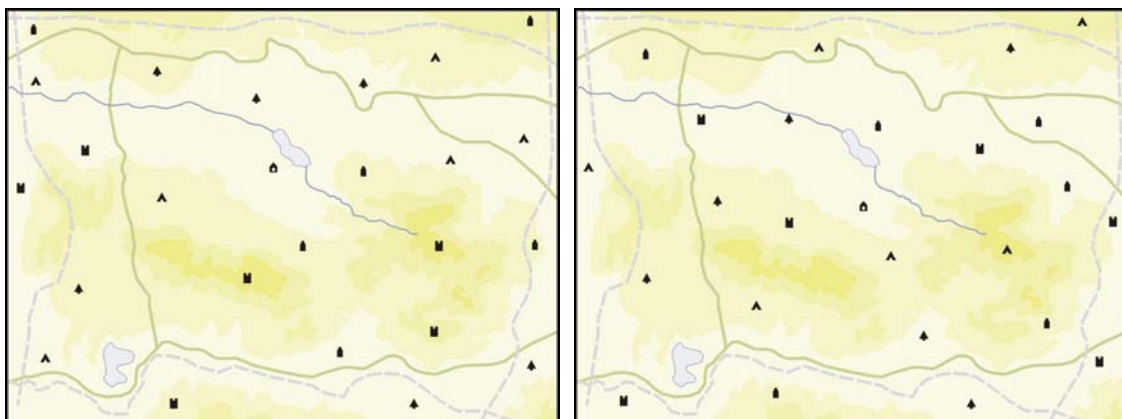
Σχήμα 4.5 : Χάρτες αφαιρετικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει



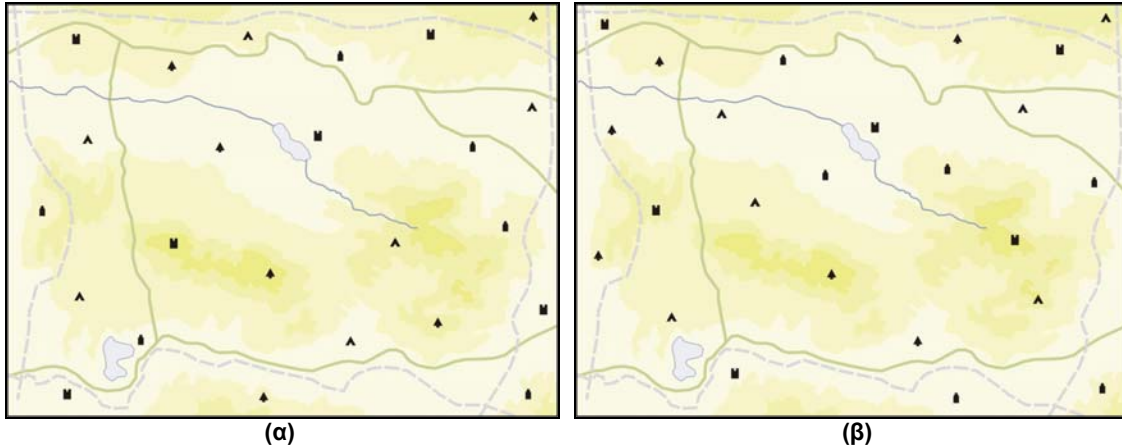
**Σχήμα 4.6 :** Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στην περιφέρεια: (α) στο κάτω άκρο και αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) στο δεξι άκρο και πάνω από το κέντρο



**Σχήμα 4.7 :** Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο μέσο: (α) πάνω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο και (β) κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο



**Σχήμα 4.8 :** Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων (α και β) όπου το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στο κέντρο



Σχήμα 4.9: Χάρτες εικονογραφικών συμβόλων(α και β) όπου το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει

Η ανάλυση των χαρτών που είχαν χρησιμοποιηθεί στο παλαιότερο πείραμα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας, ήταν 1024x768 εικονοστοιχεία. Η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε για την προβολή των οπτικών σκηνών του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης είχε ανάλυση 1280x1024 εικονοστοιχεία. Προκειμένου να διατηρηθούν οι ίδιες συνθήκες, οι χάρτες τοποθετήθηκαν στο κέντρο της οθόνης προβολής και μεταξύ των ορίων του χάρτη και της οθόνης υπήρχε κενό υπόβαθρο. Έτσι κάθε χάρτης που προβλήθηκε μέσω του συστήματος καταγραφής, είχε την ίδια ανάλυση με την οθόνη προβολής, ώστε να μην εμφανίζει παραμορφώσεις και επιπλέον απεικονίζεται στις ίδιες διαστάσεις σε σχέση με το προηγούμενο πείραμα.

#### 4.1.2 Τα σύμβολα

Τα χαρτογραφικά σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα (Πίνακας 4.1), αποτελούν ένα μέρος των συμβόλων που είχαν σχεδιαστεί στα πλαίσια του προηγούμενου πειράματος του εργαστηρίου Χαρτογραφίας. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 5 αφαιρετικά και 5 εικονογραφικά σύμβολα.

Στην περίπτωση των αφαιρετικών συμβόλων, το ρόλο του συμβόλου-στόχου διαδραματίζει ένας ρόμβος, ο οποίος εμφανίζει την τοπολογική ιδιότητα της οπής, ενώ τα σύμβολα-περισπαστές είναι ένα τετράγωνο, ένα εξάγωνο, ένα τρίγωνο και ένας κύκλος. Οι περισπαστές είναι συμπαγείς και έχουν όπως και ο στόχος μαύρο χρώμα.

Το σύμβολο-στόχος, στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων, αποτελεί ένα σπιτάκι, το οποίο χαρακτηρίζεται από τη μοναδική ιδιότητα της οπής, σε σχέση με τους συμπαγείς περισπαστές. Το ρόλο των τελευταίων διαδραματίζουν ένα κάστρο, ένα δέντρο, μια φιάλη και μία σκηνή. Όλα τα σύμβολα έχουν μαύρο χρώμα.

Πίνακας 4.1 : Τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές του χαρτογραφικού πειράματος

Σύμβολο-Στόχος	Σύμβολα-Περισπαστές
<b>Αφαιρετικά Σύμβολα</b>	
◊	■ ● ▲
<b>Εικονογραφικά Σύμβολα</b>	
🏠	🏰 🌲 🍷 🏕️

Τα σύμβολα-περισπαστές, τόσο στην περίπτωση των αφαιρετικών όσο και των εικονογραφικών συμβόλων, είναι τοποθετημένα σε τυχαίες θέσεις και απέχουν μεταξύ τους σχεδόν την ίδια απόσταση, ώστε να είναι ομοιόμορφα κατανομημένα. Κάθε ένα από τα σύμβολα των περισπαστών υπάρχει 6 φορές σε κάθε χάρτη. Έτσι κάθε ένας από τους τελευταίους, περιέχει συνολικά 24 περισπαστές, συν 1 στόχο, στην περίπτωση που αυτός υπάρχει. Η διάταξη των συμβόλων, στους χάρτες είναι μοναδική.

#### 4.1.3 Τα υποκείμενα της έρευνας

Στο χαρτογραφικό πείραμα, συμμετείχαν συνολικά 21 άτομα, 13 άντρες και 8 γυναίκες. Η συμμετοχή των υποκειμένων στην πειραματική διαδικασία ήταν ανεξάρτητη και κάθε άτομο δεν γνώριζε εκ των προτέρων στοιχεία σχετικά με την διαδικασία. Οι πληροφορίες που δόθηκαν στα υποκείμενα της έρευνας είχαν να κάνουν με μια σύντομη περιγραφή του συστήματος καταγραφής και τη μεθοδολογία διεξαγωγής της διαδικασίας.

#### 4.1.4 Καθορισμός των μεταβλητών του πειράματος

Ο καθορισμός και η διατήρηση των συνθηκών της πειραματικής διαδικασίας αποτελούν αναγκαία στοιχεία για την διεξαγωγή της έρευνας. Όλα τα υποκείμενα που συμμετέχουν σε αυτήν, πρέπει να λειτουργούν και να παρατηρούν κάτω από την επίδραση των ίδιων παραγόντων. Με αυτόν τον τρόπο, τα στοιχεία προς διερεύνηση που προκύπτουν από κάθε υποκείμενο, έχουν το ίδιο βάρος.

Οι παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό του παρόντος χαρτογραφικού πειράματος, έχουν να κάνουν τόσο με τη γεωμετρική διάταξη του συστήματος: συσκευή καταγραφής-χειριστής συστήματος-υποκείμενο, όσο και με την διαχείριση παραμέτρων που έχουν να κάνουν με τη σωστή λειτουργία του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη παράμετροι που σχετίζονται με τις οπτικές σκηνές οι οποίες προβάλλονται κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

Οι μεταβλητές της πειραματικής διαδικασίας, οι οποίες έχουν να κάνουν με τη γεωμετρική διάταξη, είναι οι ακόλουθες:

- Η θέση της οθόνης προβολής του συστήματος
- Η θέση του υποκειμένου της έρευνας
- Η θέση του χειριστή του συστήματος
- Η απόσταση μεταξύ του υποκειμένου και της οθόνης προβολής
- Το ύψος του κέντρου της προβολής των οπτικών σκηνών
- Το ύψος του οπτικού συστήματος του παρατηρητή

Τα στοιχεία που επηρεάζουν την λειτουργία και την ακρίβεια στην καταγραφή της οφθαλμικής κίνησης του υποκειμένου και έχουν να κάνουν με τη ρύθμιση του συστήματος καταγραφής, είναι τα εξής:

- Η επιλογή των παραμέτρων της αυτοβαθμονόμησης του συστήματος
- Ο σχεδιασμός της οθόνης βαθμονόμησης, για την εκτίμηση της ακρίβειας της οφθαλμικής καταγραφής.
- Η σταθεροποίηση της απόστασης του υποκειμένου και της οθόνης προβολής
- Η σταθεροποίηση της σχετικής θέσης της κάμερας καταγραφής και του οφθαλμού του υποκειμένου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας
- Ο φωτισμός του οφθαλμού του υποκειμένου για το συνεχή διαχωρισμό της κόρης από την ίριδα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος

Οι παράγοντες που συνδέονται με τις σκηνές που προβάλλονται στην οθόνη του συστήματος, είναι οι ακόλουθοι:

- Ο αριθμός των προβαλλόμενων οπτικών σκηνών
- Η σειρά προβολής των οπτικών σκηνών
- Ο τρόπος εναλλαγής των οπτικών σκηνών
- Ο χώρος που καταλαμβάνει κάθε οπτική σκηνή στην οθόνη προβολής

Η απόσταση μεταξύ των υποκειμένων και της οθόνης προβολής παρέμεινε σταθερή για όλη την περίοδο διεξαγωγής των πειραμάτων και ίση με 55.50 εκατοστά. Το ύψος του κέντρου της οθόνης προβολής καθορίστηκε στα 31 εκατοστά, ενώ το μέσο ύψος του οπτικού κέντρου των υποκειμένων μετρήθηκε στα 39.5 εκατοστά.

Οι παράγοντες της αυτοβαθμονόμησης του συστήματος, έχουν να κάνουν με τα σημεία εστίασης που χρησιμοποιεί το σύστημα για την συσχέτιση του συστήματος αναφοράς του οπτικού κέντρου του υποκειμένου και του συστήματος μέτρησης συντεταγμένων στην οθόνη. Τα σημεία εστίασης του υποκειμένου ουσιαστικά αποτελούν τετράγωνα, το μέγεθος των οποίων μειώνεται και καταλήγει τελικά σε ένα σημείο. Η εμφάνιση των σημείων με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζει τη συνεχή παρατήρησή τους από το υποκείμενο της έρευνας, χωρίς να υφίσταται αποπροσανατολισμός του βλέμματος του τελευταίου. Για την διαδικασία αυτή, ορίστηκαν 20 σημεία. Ο χρόνος εμφάνισης κάθε τετραγώνου, κάθε σημείου, ορίστηκε στα 30 ms, ενώ η χρονική διαφορά μεταξύ των συνεχώς μειούμενων τετραγώνων ορίστηκε στα 200 ms. Τα τετράγωνα έχουν πράσινο χρώμα και εμφανίζονται πάνω σε γκρι υπόβαθρο.

Η οθόνη βαθμονόμησης, η οποία περιγράφεται σε προηγούμενο κεφάλαιο, αποτελείται από 9 σταθερά σημεία-στόχους τα οποία καλύπτουν την περιφέρεια, το μέσο και το κέντρο της οθόνης προβολής του συστήματος. Για τον πλήρη έλεγχο της ακρίβειας των μετρούμενων στοιχείων, η οθόνη της βαθμονόμησης εμφανίζεται πριν και μετά τη διεξαγωγή του πειράματος. Σε κάθε υποκείμενο ζητήθηκε, η εστίαση σε κάθε σταθερό στόχο της οθόνης βαθμονόμησης, για το χρονικό διάστημα των 6 δευτερολέπτων, με σκοπό την εξασφάλιση ενός ομοιόμορφου αριθμού καταγραφών για όλους τους στόχους. Έτσι, επιτυγχάνεται η δυνατότητα μιας ισοβαρούς εκτίμησης της ακρίβειας του συστήματος, σε όλες τις θέσεις της οθόνης προβολής.

Οι παράγοντες που έχουν άμεση σχέση με τις οπτικές σκηνές που προβάλλονται στην οθόνη του συστήματος διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μεθοδολογία διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας. Η τελευταία περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο.

### **Ο παράγοντας της ακινητοποίησης του υποκειμένου**

Η διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας απαιτεί την πλήρη ακινητοποίηση του υποκειμένου κατά τη διάρκειά της, ώστε να παραμένουν πάντα σταθερές δύο σχετικές θέσεις:

- Η σχετική θέση μεταξύ της κάμερας του συστήματος και του οφθαλμού του υποκειμένου, ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία της μεθόδου ανίχνευσης του κέντρου του οπτικού συστήματος.
- Η σχετική θέση μεταξύ του οπτικού κέντρου του υποκειμένου και της οθόνης προβολής των οπτικών σκηνών, ώστε η κλίμακα παρατήρησης να είναι η ίδια για όλα τα υποκείμενα που συμμετέχουν στην έρευνα.

Για την σταθεροποίηση της πρώτης σχετικής θέσης, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα πρόσδεσης του συστήματος Eye Tracker, το οποίο συντελεί στην



«προσαρμογή» της κάμερας και της υπέρυθρης φωτοδίοδου στο κεφάλι του υποκειμένου. Είναι σημαντικό να μείνει σταθερή αυτή η σχέση κάμερας-οφθαλμού καθώς διαφορετικά μετατοπίζεται η αρχή του συστήματος συντεταγμένων του οπτικού κέντρου. Στην περίπτωση αυτή, η μαθηματική συνάρτηση που έχει βρεθεί κατά την διαδικασία της βαθμονόμησης, απεικονίζει της μετακινήσεις του μετατοπισμένου πλέον οφθαλμού (ως προς αυτή τη σχέση) σε εσφαλμένες θέσεις.

Με σκοπό να διατηρηθεί σταθερή η απόσταση μεταξύ υποκειμένου και οθόνης προβολής χρησιμοποιήθηκε ένας μηχανισμός ακινητοποίησης του κρανίου. Ο μηχανισμός αυτός έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται ανάλογα με το ύψος του κεφαλιού του υποκειμένου. Επιπλέον, ο ίδιος μηχανισμός εξασφαλίζει την απουσία περιστροφικών κινήσεων του κεφαλιού του υποκειμένου και κατά συνέπεια του οπτικού του συστήματος. Οι περιστροφικές κινήσεις της κεφαλής, όταν η σχετική θέση κάμερας-οφθαλμού παραμένει σταθερή, προκαλούν την στροφή του συστήματος αναφοράς και την απεικόνιση του ίχνους του υποκειμένου σε λάθος θέση (το ίχνος έχει τη σωστή μορφή αλλά έχει αποκτήσει μια γωνία στροφής).

Ο συνδυασμός των «απαιτήσεων» του συστήματος κάνει κατανοητό το γεγονός ότι κατά τη διεξαγωγή του πειράματος απαιτείται σχεδόν η πλήρης ακινητοποίηση του οπτικού συστήματος του υποκειμένου. Η ακινητοποίηση του υποκειμένου διαδραματίζει το σημαντικότερο ρόλο στη διαδικασία καταγραφής ώστε η απεικόνιση του ίχνους του βλέμματος των υποκειμένων να πραγματοποιείται στην ορθή θέση, στον πραγματικό προσανατολισμό και τη σωστή κλίμακα. Το ποσοστό της ακινητοποίησης του υποκειμένου κατά την χρονική διάρκεια της διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας ελέγχεται με τη διαδικασία της βαθμονόμησης. Στη διαδικασία αυτή, η οποία περιγράφεται σε προηγούμενο κεφάλαιο, ελέγχεται κατά πόσο διαφέρει η θέση του βλέμματος που απεικονίζεται από την πραγματική θέση, στο άκρο, το μέσο και το κέντρο της οθόνης προβολής.

#### 4.1.5 Η πειραματική διαδικασία

Η υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιείται σε διαφορετικά στάδια. Πριν από την συμμετοχή κάθε υποκειμένου στο χαρτογραφικό πείραμα, κάθε στάδιο περιγράφεται πλήρως, ώστε να μην διακόπτεται η εκτέλεση του πειράματος. Στην περίπτωση αυτή, όπου η διαδικασία του πειράματος είναι ενιαία, μειώνεται ο συνολικός χρόνος διεξαγωγής. Έτσι, αντιμετωπίζεται, μερικώς, ο παράγοντας της κόπωσης του παρατηρητή, ο οποίος πρέπει να παραμείνει ακίνητος για το χρονικό διάστημα της διαδικασίας. Το χαρτογραφικό πείραμα περιέχει τα ακόλουθα στάδια:

##### Στάδιο 1

*Φόρτωση του αρχείου των ρυθμίσεων του πειράματος στο σύστημα καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης.*

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σημαντικό στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι οι συνθήκες του πειράματος πρέπει να παραμείνουν σταθερές για όλα τα υποκείμενα που συμμετέχουν στην έρευνα. Ουσιαστικά, το συγκεκριμένο αρχείο που φορτώνεται στο σύστημα, έχει να κάνει με αριθμητικές παραμέτρους που έχουν επιλεγεί για τη διεξαγωγή του πειράματος καθώς και με τον τρόπο εμφάνισης της οθόνης του χειριστή και του υποκειμένου. Το αρχείο, αλλάζει τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις που έχουν οριστεί στο σύστημα, ώστε να προσαρμοστεί στις ανάγκες του πειράματος και περιέχει μόνο τις ρυθμίσεις που τροποποιούνται και όχι όλες τις παραμέτρους της λειτουργίας του. Με

άλλα λόγια, όσες μεταβλητές δεν περιέχονται στο αρχείο των ρυθμίσεων, παίρνουν την προεπιλεγμένη τιμή (default) που δίνει ο κατασκευαστής. Το αρχείο ρυθμίζει τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Τον αριθμό των σημείων που χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του συστήματος και εμφανίζονται με τη μορφή μειούμενων τετραγώνων.
- Το χρόνο εμφάνισης κάθε τετραγώνου του κάθε σημείου.
- Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την εμφάνιση δύο διαδοχικών τετραγώνων ενός σημείου.
- Την απενεργοποίηση της εμφάνισης των προεπιλεγμένων περιοχών ενδιαφέροντος (ROIs) στην οθόνη προβολής του συστήματος.
- Την απενεργοποίηση της εμφάνισης του σημείο όπου στρέφεται το βλέμμα του υποκειμένου (POG)
- Την επιλογή για τη λειτουργία του συστήματος σε λειτουργία υψηλής ακρίβειας (High Precision Mode:30 Hz, 640 x 480)
- Την επιλογή της εμφάνισης των οπτικών σκηνών σε πραγματικό μέγεθος.
- Τη μετάβαση της οθόνης για την εμφάνιση των οπτικών σκηνών στην δεύτερη οθόνη του συστήματος
- Τη σειρά εμφάνισης των οπτικών σκηνών στην οθόνη προβολής
- Το πλήκτρο εναλλαγής των οπτικών σκηνών

Η δημιουργία του αρχείου των ρυθμίσεων, πραγματοποιείται καλώντας συναρτήσεις, του λογισμικού περιβάλλοντος του συστήματος και ορίζοντας σε αυτές τις επιθυμητές τιμές. Επιπλέον, εκτός από το αρχείο των ρυθμίσεων, δίνεται στο σύστημα η απόσταση του υποκειμένου και της οθόνης προβολής.

## Στάδιο 2

*Ρύθμιση της θέσης της κάμερας και της υπέρυθρης φωτοδιόδου σε σχέση με τον οφθαλμό του υποκειμένου.*

Η κάμερα του συστήματος ρυθμίζεται ώστε να είναι σε θέση να καταγράφει σε βίντεο το μάτι του υποκειμένου, σε οποιαδήποτε οφθαλμική κίνηση και αν πραγματοποιείται. Επιπλέον, η φωτοδίοδος μετακινείται ώστε να παρέχει αρκετό φωτισμό στον οφθαλμό, προσφέροντας το διαχωρισμό της κόρης από τον οφθαλμό. Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του συστήματος, ζητείται από το υποκείμενο να εστιάσει την προσοχή του σε όλες τις γωνίες της οθόνης προβολής, ώστε να διαπιστωθεί από το χρήστη, αν η κόρη διαχωρίζεται στη διάρκεια της συγκεκριμένης παρατήρησης.

## Στάδιο 3

*Αυτοβαθμονόμηση του συστήματος*

## Στάδιο 4

*Δημιουργία και έναρξη του αρχείου της καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων*

Τα αρχεία των καταγραφών των οφθαλμικών κινήσεων των υποκειμένων κωδικοποιούνται ακολουθώντας την ακόλουθη μορφή ονομασίας:

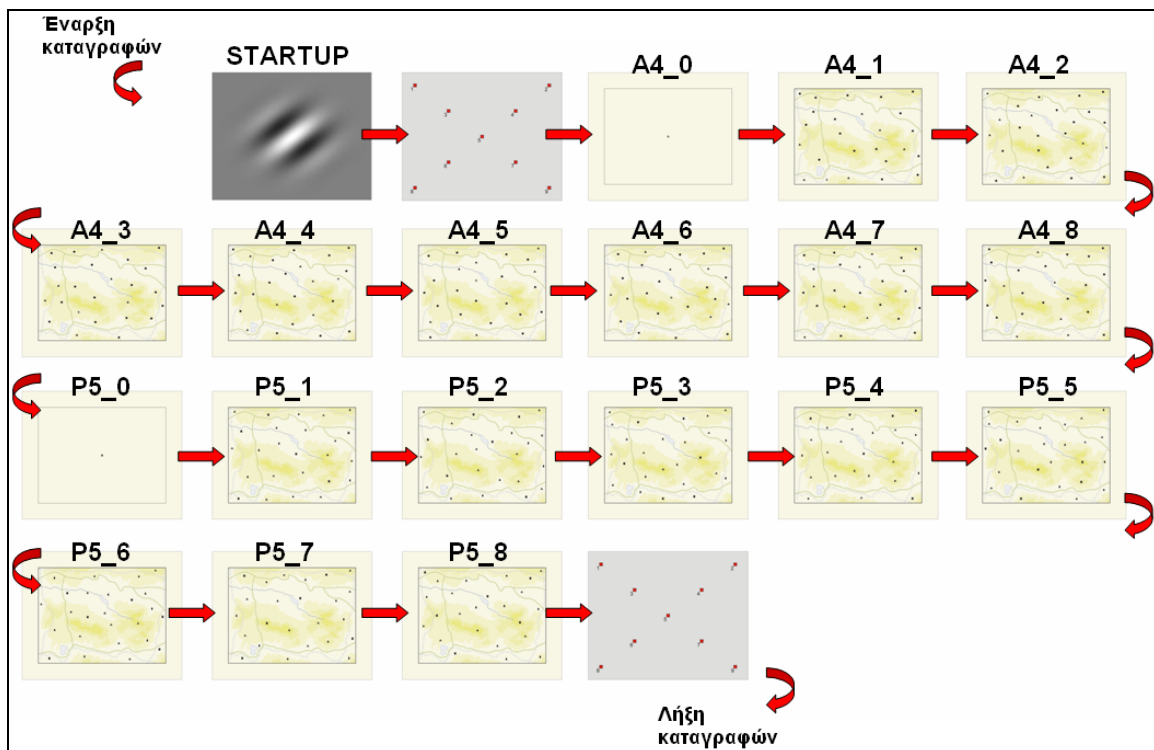
[Υποκείμενο]\_[Ημερομηνία Διεξαγωγής Πειράματος(Ημέρα-Μήνα-Έτος)]

π.χ. Subject1\_080509

## Στάδιο 5

*Εμφάνιση των οπτικών σκηνών στην οθόνη προβολής του συστήματος*

Αρχικά μετά τη δημιουργία και την έναρξη του αρχείου καταγραφής, εμφανίζεται η οθόνη βαθμονόμησης, η οποία έχει δημιουργηθεί για την εκτίμηση της ακρίβειας του συστήματος στις διαφορετικές θέσεις της οθόνης. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της βαθμονόμησης από το υποκείμενο, εμφανίζεται η οπτική σκηνή που περιέχει στο κέντρο της, το γεωμετρικό σημειακό σύμβολο με την χαρακτηριστική ιδιότητα της οπής. Τα υποκείμενα της έρευνας καλούνται να αναζητήσουν το σύμβολο αυτό, στους 8 χάρτες που ακολουθούν, δίνοντας εντολή στο χειριστή του συστήματος να αλλάξει την οπτική σκηνή, όταν εντοπίσουν το σύμβολο ή αν βεβαιωθούν ότι δεν υπάρχει στο χάρτη που το αναζητούν. Μετά από τους 8 χάρτες των γεωμετρικών συμβόλων, εμφανίζεται το εικονογραφικό σημειακό σύμβολο, το οποίο χαρακτηρίζεται επίσης από την ιδιότητα της οπής. Ακολουθούν άλλοι 8 χάρτες, η εναλλαγή των οποίων λαμβάνει χώρα με όμοιο τρόπο. Μετά την εμφάνιση και του τελευταίου χάρτη, όπου αναζητείται το σύμβολο, εμφανίζεται ξανά η οθόνη βαθμονόμησης του συστήματος. Το υποκείμενο καλείται να εκτελέσει ξανά τη διαδικασία αυτή, με σκοπό τον πλήρη έλεγχο της ακρίβειας των καταγραφών. Σημειώνεται ότι τα υποκείμενα, που συμμετείχαν στην έρευνα, δεν γνώριζαν για τη μορφή και τις ιδιότητες των δύο σημειακών συμβόλων που επρόκειτο να αναζητήσουν. Η σειρά των οπτικών σκηνών που εμφανίζονται στην οθόνη προβολής παρουσιάζεται διαγραμματικά. Το σχήμα 4.10 που ακολουθεί συμπληρώνεται από τον πίνακα των οπτικών σκηνών (Πίνακας 4.2), ο οποίος περιέχει επιπλέον και την πληροφορία για την τοποθεσία του αναζητούμενου στόχου πάνω στο χάρτη, στην περίπτωση που ο τελευταίος υπάρχει.



**Σχήμα 4.10 :** Η σειρά εμφάνισης των οπτικών σκηνών στην οθόνη προβολής

**Πίνακας 4.2 :** Η τοποθέτηση του συμβόλου-στόχου στις οπτικές σκηνές του χαρτογραφικού πειράματος

Πίνακας Οπτικών Σκηνών	
Οπτική Σκηνή	Πληροφορίες
STARTUP	Παρεμβάλλεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ της δημιουργίας του αρχείου καταγραφής και της έναρξης της διαδικασίας της βαθμονόμησης. Οι καταγραφές πάνω στην συγκεκριμένη οπτική σκηνή δεν χρησιμοποιούνται προς επεξεργασία.
A4_0	Απεικονίζει στο κέντρο της το ζητούμενο σημειακό, γεωμετρικό σύμβολο(ρόμβος, ο οποίος εμφανίζει την χαρακτηριστική τοπολογική ιδιότητα της οπής) .
A4_1	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια(στο κάτω άκρο, αριστερά σε σχέση με το κέντρο).
A4_2	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια(στο δεξί άκρο και κάτω από το κέντρο).
A4_3	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο(κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο).
A4_4	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο(πάνω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο).
A4_5	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο.
A4_6	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο.
A4_7	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Στην οπτική σκηνή περιέχονται μόνο τα σύμβολα-περισπαστές, το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει.
A4_8	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα γεωμετρικά σύμβολα. Στην οπτική σκηνή περιέχονται μόνο τα σύμβολα-περισπαστές, το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει.
P5_0	Απεικονίζει στο κέντρο της το ζητούμενο σημειακό, εικονογραφικό σύμβολο(σπιτάκι με την χαρακτηριστική τοπολογική ιδιότητα της οπής) .
P5_1	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια(στο κάτω άκρο, αριστερά σε σχέση με το κέντρο).
P5_2	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια(στο δεξί άκρο και πάνω από το κέντρο).
P5_3	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο(πάνω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο).
P5_4	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο(κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο).
P5_5	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο.
P5_6	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Ο ζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο.
P5_7	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Στην οπτική σκηνή περιέχονται μόνο τα σύμβολα-περισπαστές, το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει.
P5_8	Περιλαμβάνει, ομοιόμορφα κατανεμημένα εικονογραφικά σύμβολα. Στην οπτική σκηνή περιέχονται μόνο τα σύμβολα-περισπαστές, το σύμβολο-στόχος δεν υπάρχει.

**Στάδιο 6**

*Κλείσιμο του αρχείου καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων*

## 4.2 Αποτελέσματα πειράματος

Για κάθε ένα από τα υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα, υπολογίστηκε ο δείκτης της ακρίβειας της καταγραφής της οφθαλμικής τους κίνησης, μέσω του προγράμματος βαθμονόμησης που δημιουργήθηκε. Ο δείκτης υπολογίζεται σε δύο χρονικές περιόδους:

- Αμέσως μετά τη διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης και πριν την προβολή της οπτικής σκηνής που περιέχει το πρώτο σύμβολο-στόχο (A4\_0).
- Μετά την αναζήτηση του δεύτερου συμβόλου στόχου στο τελευταίο χάρτη του πειράματος (P5\_8).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν απεικονίζονται στον πίνακα 4.3 που ακολουθεί:

**Πίνακας 4.3 :** Ο δείκτης εκτίμησης της ακρίβειας στις δύο βαθμονομήσεις(πριν και μετά την εμφάνιση των χαρτών) για τα υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα

Υποκείμενο	Βαθμονόμηση 1	Βαθμονόμηση 2
1	20	25
2	26	37
3	38	31
4	28	48
5	30	48
6	30	68
7	30	περιοχές χωρίς καταγραφές(2) min:29 max:69
8	41	περιοχές χωρίς καταγραφές(7) min:18 max:55
9	42	περιοχές χωρίς καταγραφές(2,9) min:34 max:65
10	32	περιοχές χωρίς καταγραφές(6,7,8,9) min:30 max:55
11	33	περιοχές χωρίς καταγραφές(5,9) min:32 max:73
12	47	περιοχές χωρίς καταγραφές(4,5,7,8,9) min:46 max:76
13	49	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,2,4,5,6,8,9) min:26 max:32
14	51	περιοχές χωρίς καταγραφές(2,4,6) min:35 max:135
15	περιοχές χωρίς καταγραφές(1)	περιοχές χωρίς καταγραφές(2)

	min:23 max:68	min:14 max:128
16	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,2,3,4,8,9) min:61 max:103	περιοχές χωρίς καταγραφές(2,4,8) min:56 max:133
17	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,5,6,8) min:26 max:73	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,2,3,4,5,7,8,9) min:40 max:40
18	περιοχές χωρίς καταγραφές(2) min:10 max:43	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,5,6,8,9) min:30 max:50
19	περιοχές χωρίς καταγραφές(2) min:26 max:51	περιοχές χωρίς καταγραφές(3,4,6,9) min:22 max:91
20	περιοχές χωρίς καταγραφές(7) min:22 max:54	περιοχές χωρίς καταγραφές(1,2,4,7,8) min:0 max:6
21	περιοχές χωρίς καταγραφές(9) min:23 max:81	περιοχές χωρίς καταγραφές(2,3,6) min:43 max:88

Ο δείκτης εκτίμησης της ακρίβειας είναι εκφρασμένος σε εικονοστοιχεία της οθόνης. Η ανάλυση τη οθόνης προβολής που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1280x1024 εικονοστοιχεία. Οι φυσικές διαστάσεις της οθόνης είναι 376.3x301.1 χιλιοστά. Έτσι 1 εκατοστό στην οθόνη αντιστοιχεί περίπου σε 34 εικονοστοιχεία.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη του ίχνους του βλέμματος των παρατηρητών, διαδραματίζει το ποσοστό ακινητοποίησης του υποκειμένου, το οποίο υποδεικνύεται από τον δείκτη ακρίβειας. Έτσι για την επεξεργασία και την ανάλυση του οπτικού ίχνους χρησιμοποιήθηκαν οι οφθαλμικές καταγραφές 8 υποκειμένων (υποκειμένα 1-8 του πίνακα), όπου η ακρίβεια που έχει επιτευχθεί μας επιτρέπει να ξεκινήσουμε τη διερεύνηση. Σημειώνεται ότι στις περιπτώσεις των υποκειμένων 7 και 8, η βαθμονόμηση έχει ξεφύγει από τα όρια της περιοχής επιρροής ενός σημείο-στόχου (στόχος 2 και 7 αντίστοιχα). Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν στα άκρα τις οθόνης προβολής έξω από τα όρια των χαρτών όπου γίνεται η αναζήτηση των στόχων. Έτσι, οι οφθαλμικές καταγραφές των δύο αυτών υποκειμένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση του οπτικού ίχνους.

Οι καταγραφές των υπόλοιπων υποκειμένων συμμετέχουν μόνο στην εύρεση των χρόνων αναζήτησης κάθε οπτικής σκηνής και δεν χρησιμοποιούνται στην διερεύνηση του χαρτογραφημένου οφθαλμικού στίγματος.

#### 4.2.1 Μεθοδολογία διερεύνησης του οπτικού ίχνους

Η μελέτη των οπτικών καταγραφών πραγματοποιείται με σκοπό να διερευνηθεί αν υπάρχει ή όχι μια μορφή τυποποίησης των οφθαλμικών κινήσεων των υποκειμένων, ανάλογα με την παρουσία ή μη του συμβόλου-στόχου και μεταξύ των διαφορετικών

τοποθετήσεων του στο χαρτογραφικό υπόβαθρο. Γίνεται η προσπάθεια διερεύνησης κάθε είδους ομοιότητας μεταξύ των αντίστοιχων ίχνων των καταγραφών, στα σημεία εστίασης της προσοχής και στην πορεία που ακολουθείται στη διάρκεια της αναζήτησης των στόχων.

Η διερεύνηση των παραπάνω στοιχείων απαιτεί τον καθορισμό μιας ενιαίας μεθοδολογίας, η οποία πρέπει να ακολουθηθεί ώστε τα ίχνη του βλέμματος, που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη οπτική σκηνή, να μπορούν να αποκτήσουν ένα κοινό μέτρο σύγκρισης μεταξύ των διαφορετικών υποκειμένων. Η υλοποίηση αυτού του κοινού μέτρου σύγκρισης πραγματοποιείται μέσα από την κατασκευή μιας σειράς κριτηρίων.

Τα κριτήρια που ορίστηκαν, ώστε το σύνολο των οφθαλμικών κινήσεων των υποκειμένων να καταστεί συγκρίσιμο, είναι τα ακόλουθα:

**Κριτήριο 1**

*Η θέση του σημείου της οπτικής σκηνής όπου ξεκινάει η αναζήτηση του συμβόλου στόχου*

**Κριτήριο 2**

*Η μορφή του ίχνους που δημιουργείται από την οφθαλμική καταγραφή πάνω σε κάθε οπτική σκηνή*

**Κριτήριο 3**

*Η κατεύθυνση του ίχνους σε σχέση με τη θέση του στην οπτική σκηνή*

**Κριτήριο 4**

*Τα σημεία εστίασης της προσοχής του υποκειμένου (fixations) κατά τη διάρκεια της οπτικής αναζήτησης*

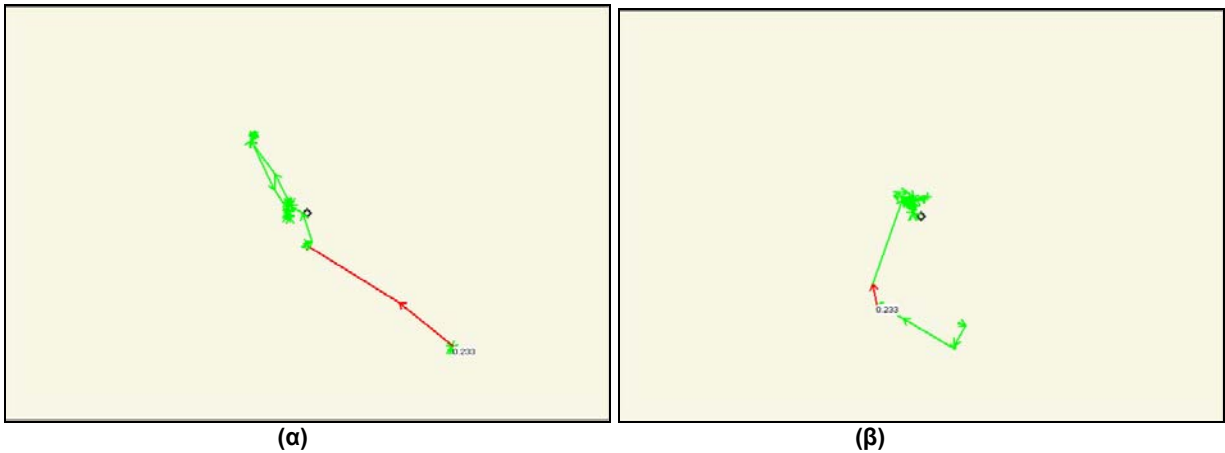
**Κριτήριο 5**

*Έλεγχος αν το υποκείμενο βεβαιώνεται ή όχι ξανά αν ο εντοπισμός που έγινε αντιστοιχούσε στο σωστό σύμβολο, για τις περιπτώσεις όπου υπάρχει ο ζητούμενος στόχος*

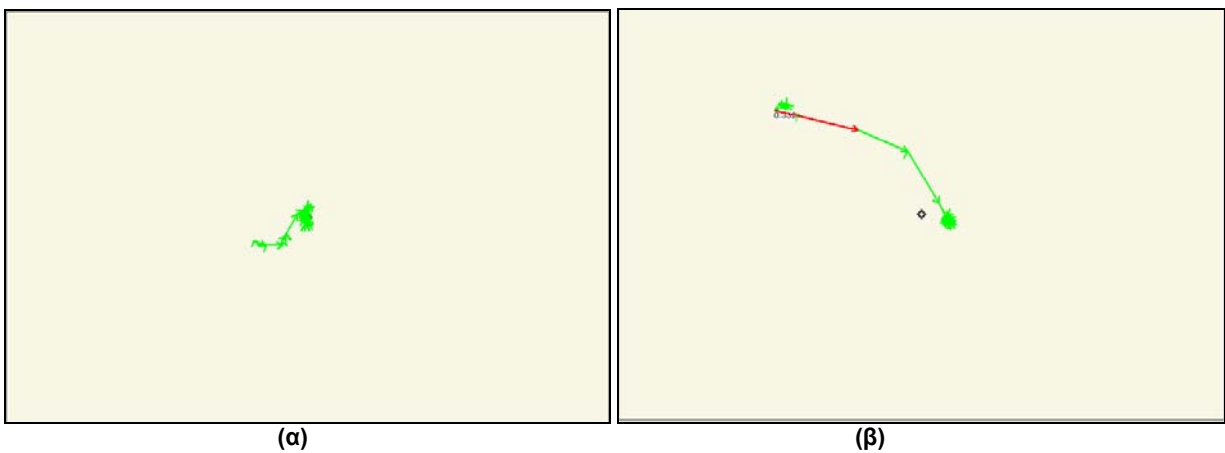
Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε, συγκρίνοντας τις οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων, ανά οπτική σκηνή. Παρακάτω γίνεται η ανάλυση των οπτικών σκηνών, σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίστηκαν. Στις οθόνες όπου χαρτογραφείται το ίχνος της οπτικής μετακίνησης (Σχήματα 4.11-4.82), τα σημεία εστίασης της προσοχής (fixations) απεικονίζονται με πράσινο χρώμα, ενώ οι γρήγορες κινήσεις του οφθαλμού (saccades) εμφανίζονται με κόκκινο.

## 4.2.2 Διερεύνηση των οπτικών σκηνών

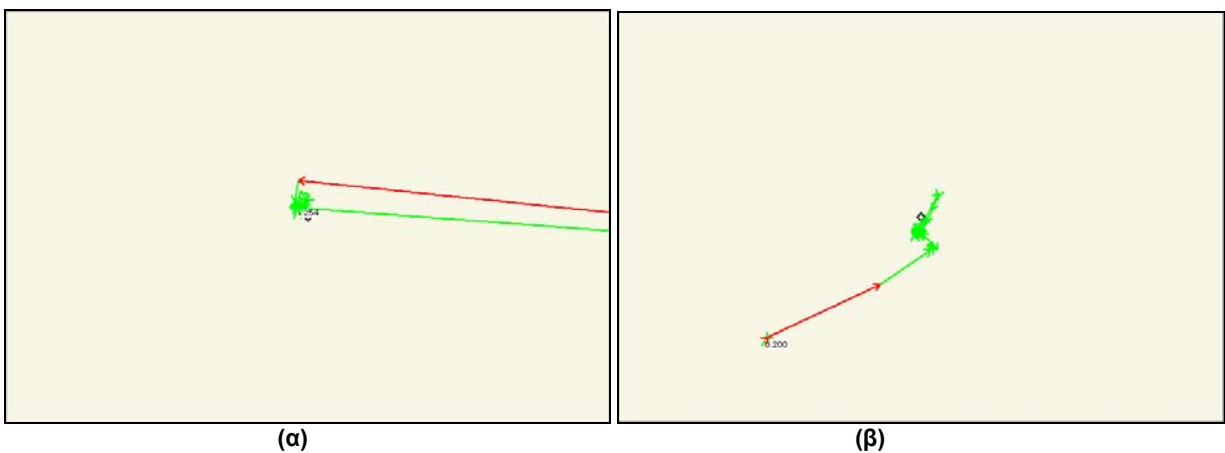
### Οπτική σκηνή A4\_0



Σχήμα 4.11 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_0

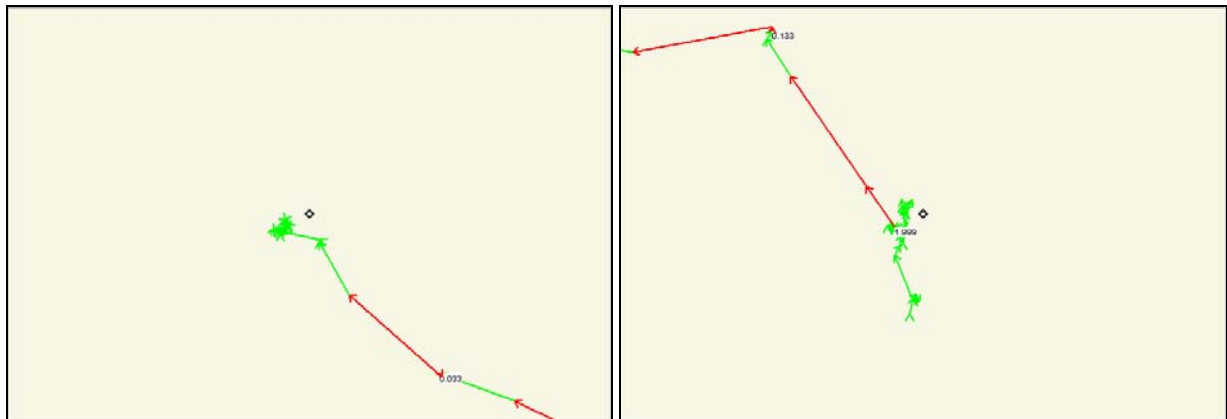


Σχήμα 4.12 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_0



Σχήμα 4.13 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_0





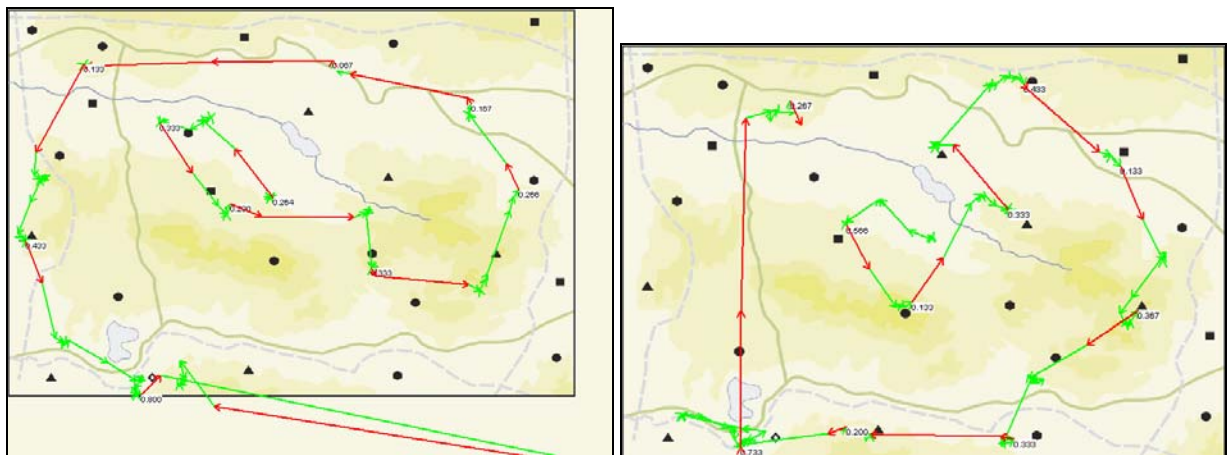
(α)

(β)

Σχήμα 4.14 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_0

Η οπτική σκηνή A4\_0 περιέχει στο κέντρο της το γεωμετρικό σημειακό σύμβολο με την χαρακτηριστική ιδιότητα της οπής και χρησιμοποιείται ώστε να παρουσιαστεί ο αναζητούμενος στόχος. Όλα τα υποκείμενα εστιάζουν αμέσως στο κέντρο της προβαλλόμενης σκηνής.

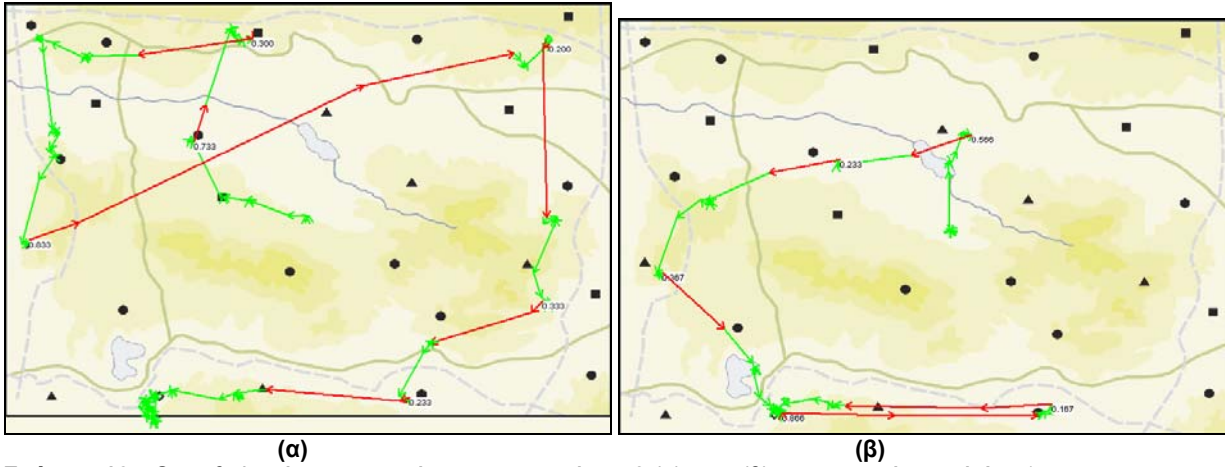
#### Οπτική σκηνή A4\_1



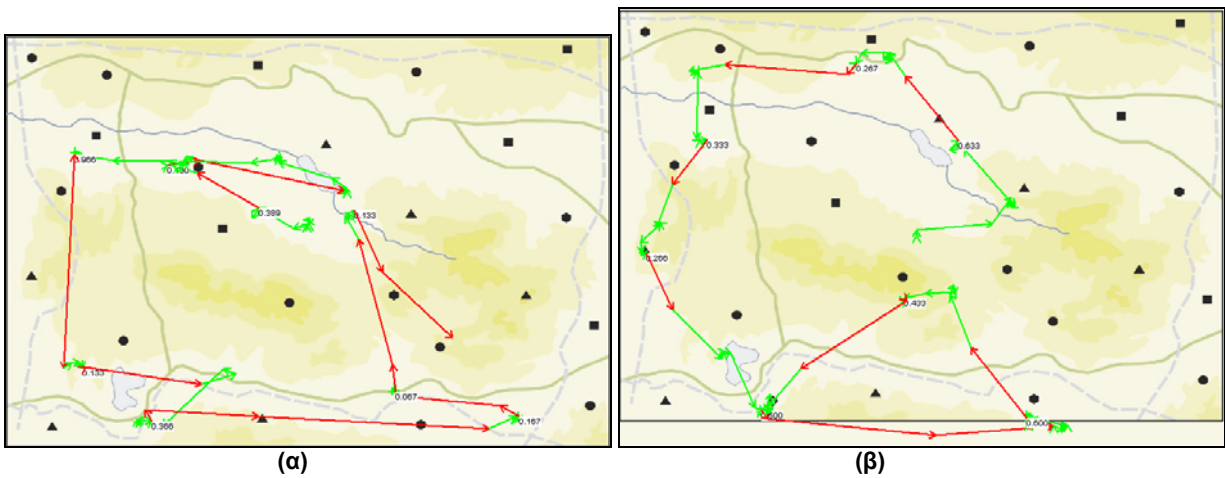
(α)

(β)

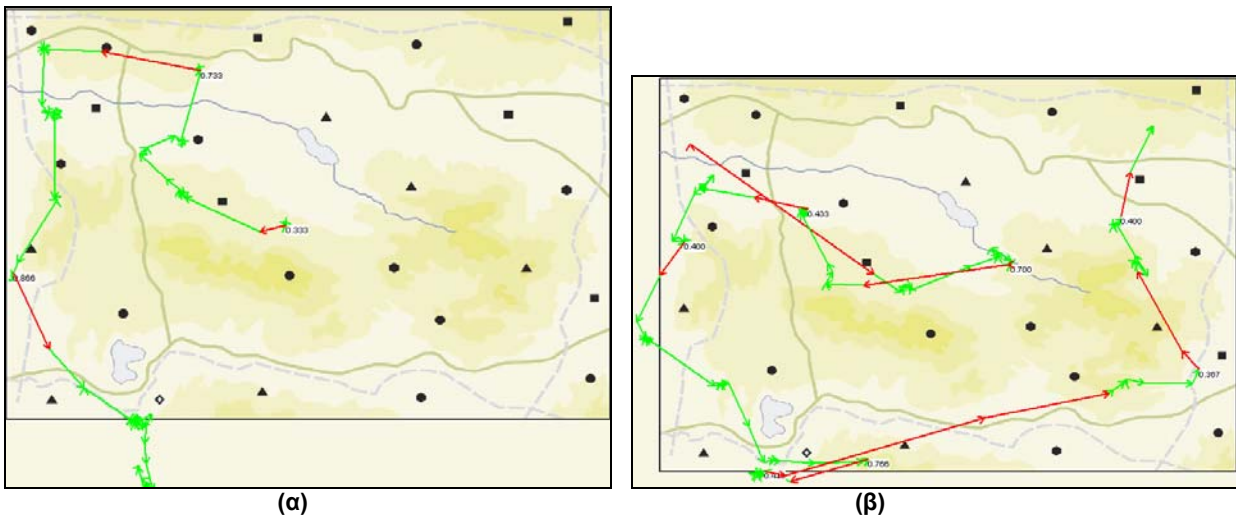
Σχήμα 4.15 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_1



Σχήμα 4.16 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4(β) στην οπτική σκηνή A4\_1



Σχήμα 4.17: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_1

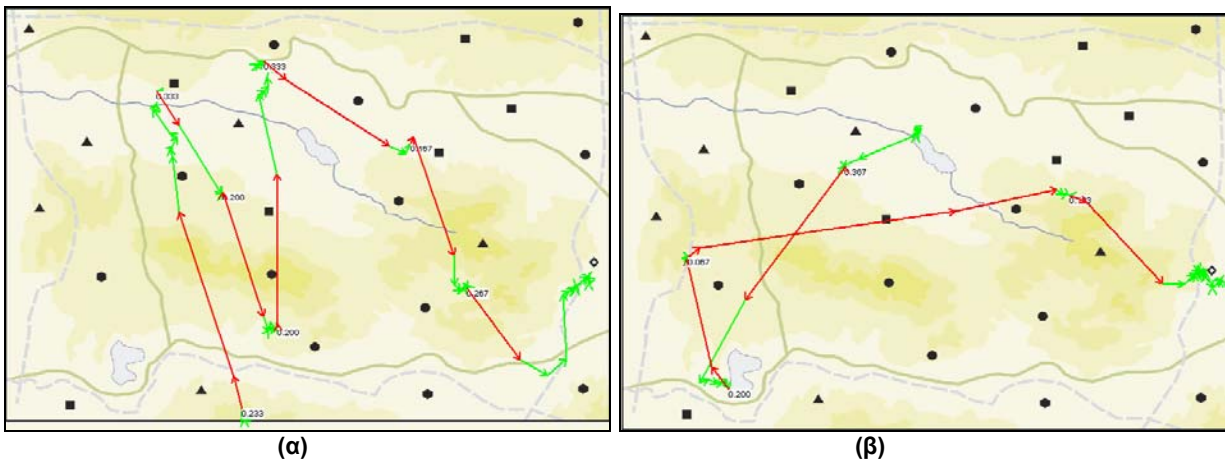


Σχήμα 4.18 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_1

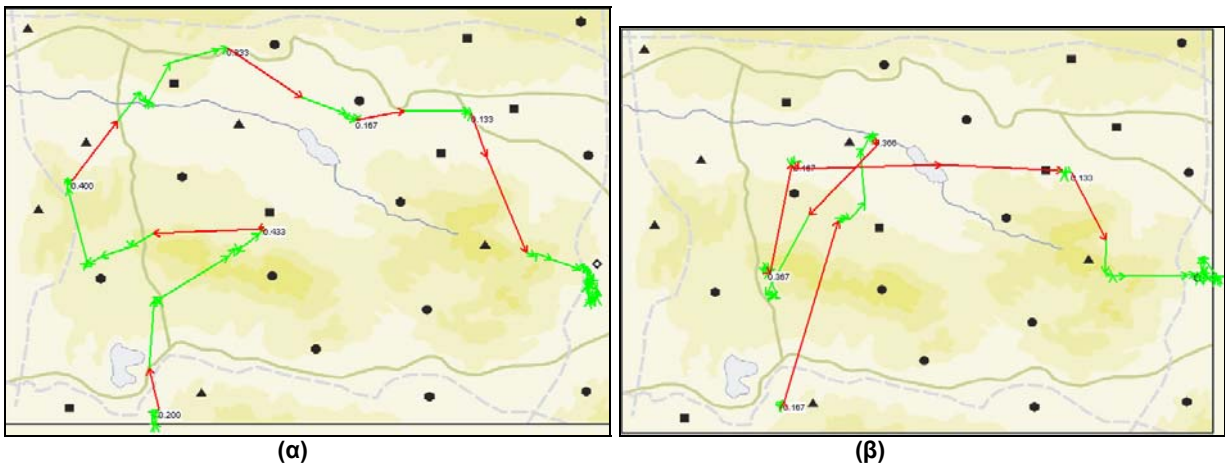
Η οπτική σκηνή αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα και ο ζητούμενος στόχος έχει τοποθετηθεί στην περιφέρεια (κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο) του χάρτη. Το σημείο από όπου και τα 8 υποκείμενα ξεκινούν την αναζήτηση του στόχου είναι το

κέντρο της προβαλλόμενης σκηνής. Τα υποκείμενα ακολουθούν μια σπειροειδή πορεία ή ένα μέρος αυτής (υποκείμενο 4) μέχρι τη εύρεση του στόχου. Η κατεύθυνση της πορείας είναι αριστερόστροφη για τα υποκείμενα 1, 4, 5, 6, 7 και 8, ενώ τα υποκείμενα 2 και 3 εκτελούν μια αριστερόστροφη κίνηση στην αρχή της αναζήτησης, γύρω από το κέντρο του χάρτη, ολοκληρώνοντας την αναζήτηση του στόχου με δεξιόστροφα φορά. Τα υποκείμενα ξεκινώντας από το κέντρο κινούνται προς τα άκρα του χάρτη, εστιάζοντας στις περιοχές όπου υπάρχει σύμβολο. Η μετάβαση, η οποία καταγράφεται πάνω στις περιοχές που δεν έχουν τοποθετηθεί σύμβολα, γίνεται με σακκαδικές κινήσεις. Τα υποκείμενα 1, 2, 4, 6 και 8 επιβεβαιώνονται αν έχουν εντοπίσει σωστά το στόχο.

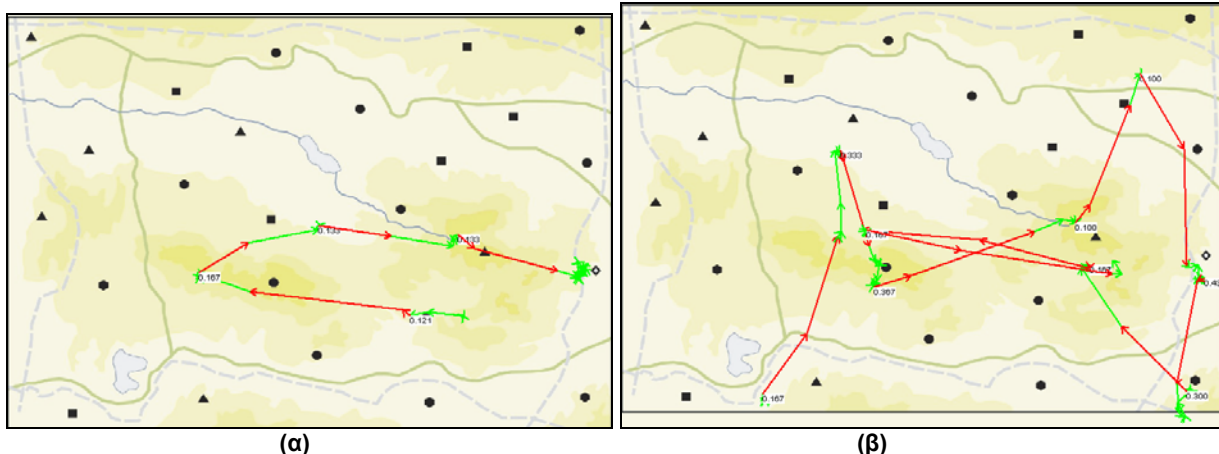
### Οπτική σκηνή A4\_2



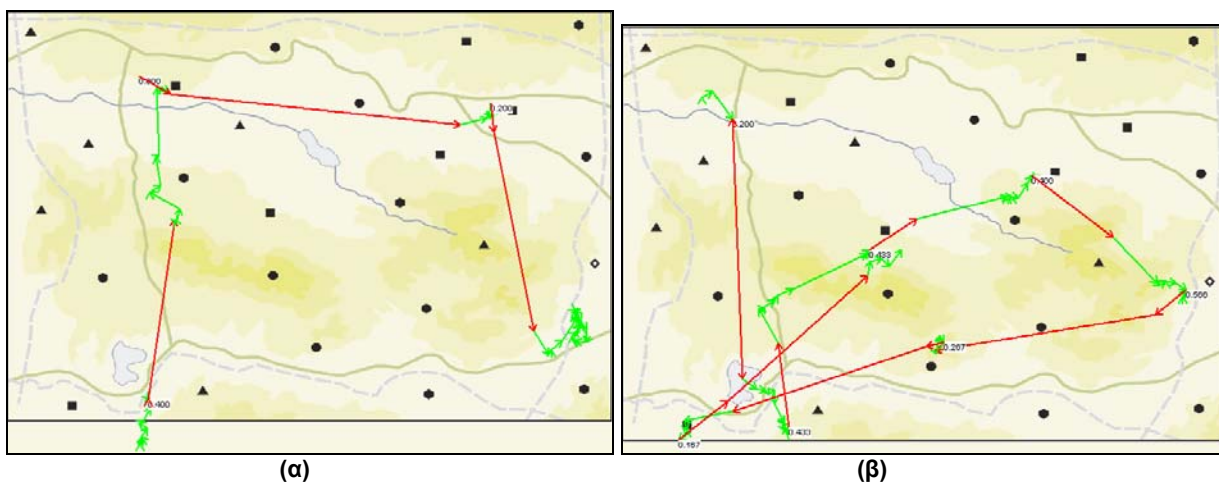
Σχήμα 4.19 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_2



Σχήμα 4.20 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_2



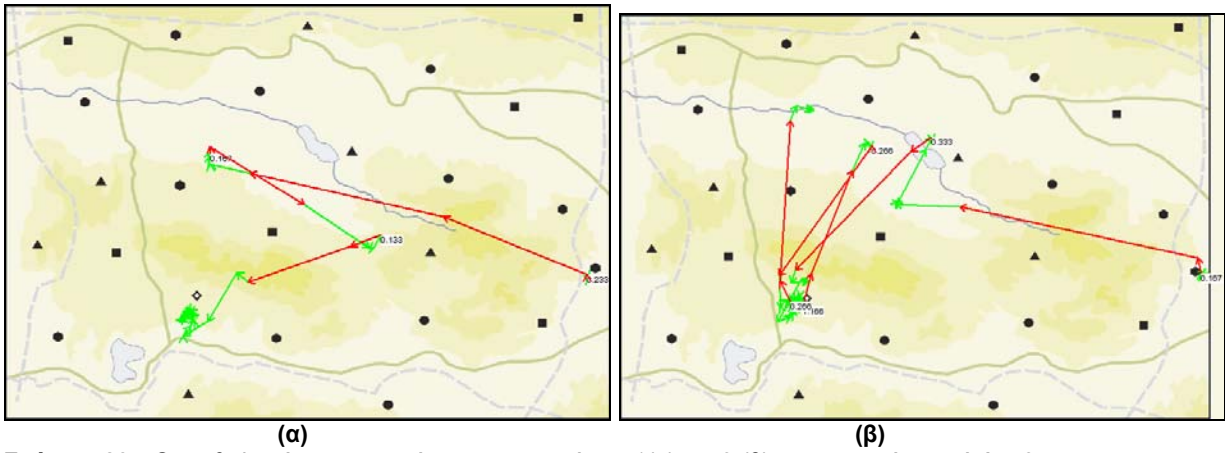
Σχήμα 4.21 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_2



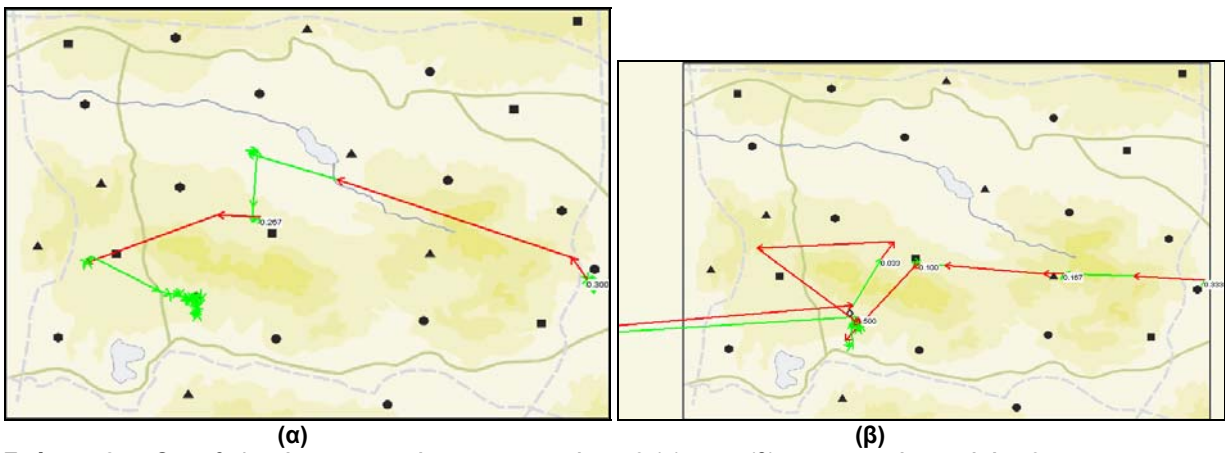
Σχήμα 4.22 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_2

Η οπτική σκηνή αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα και ο ζητούμενος στόχος έχει τοποθετηθεί στην περιφέρεια (κάτω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο) του χάρτη. Η αναζήτηση στον χάρτη για τα πέντε από τα οχτώ υποκείμενα (υποκείμενα 1, 3, 4, 6 και 7) ξεκινάει από την κάτω αριστερή γωνία του χάρτη, όπου ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή. Το υποκείμενο 5 δεν εμφανίζει την ίδια συμπεριφορά, ενώ τα υποκείμενα 2 και 8 ξεκινούν την αναζήτηση από διαφορετικό σημείο (μέσο πάνω από το κέντρο και πάνω αριστερό άκρο του χάρτη αντίστοιχα) αλλά το βλέμμα τους κατευθύνεται αμέσως στη θέση όπου ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή. Τα υποκείμενα 1, 2, 3, 4, 6, 7 και 8 κινούνται προς το στόχο εκτελώντας μία κίνηση με καμπύλη μορφή, όπως φαίνεται και στα σχήματα. Στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 3 και 7 η καμπύλη αυτή διέρχεται από το άνω αριστερό άκρο του χάρτη. Το ίχνος της οπτικής αναζήτησης, στις περιπτώσεις των υπόλοιπων υποκειμένων έχει την ίδια μορφή αλλά καταλαμβάνει μικρότερο χώρο στο χάρτη (η αναζήτηση φτάνει μέχρι το κέντρο από όπου κατευθύνεται προς το κέντρο). Όλα τα υποκείμενα εστιάζουν στις περιοχές του υποβάθρου όπου υπάρχουν σύμβολα, ενώ οι μετακινήσεις στις περιοχές όπου υπάρχει μόνο υπόβαθρο είναι σακκαδικές. Κανένα από τα υποκείμενα δεν διέρχεται ξανά από το σημείο όπου είναι τοποθετημένος ο στόχος, μετά την εύρεση του.

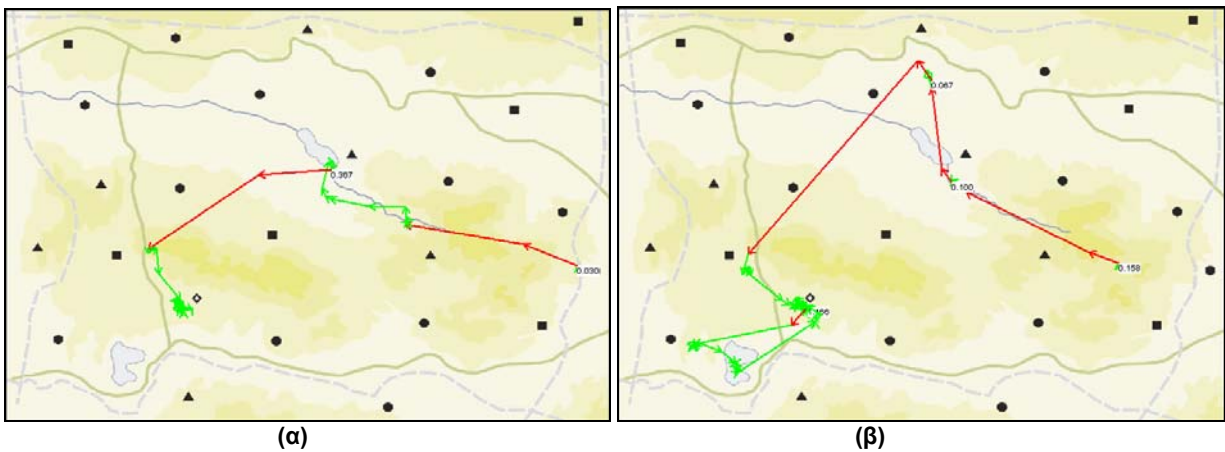
## Οπτική σκηνή A4\_3



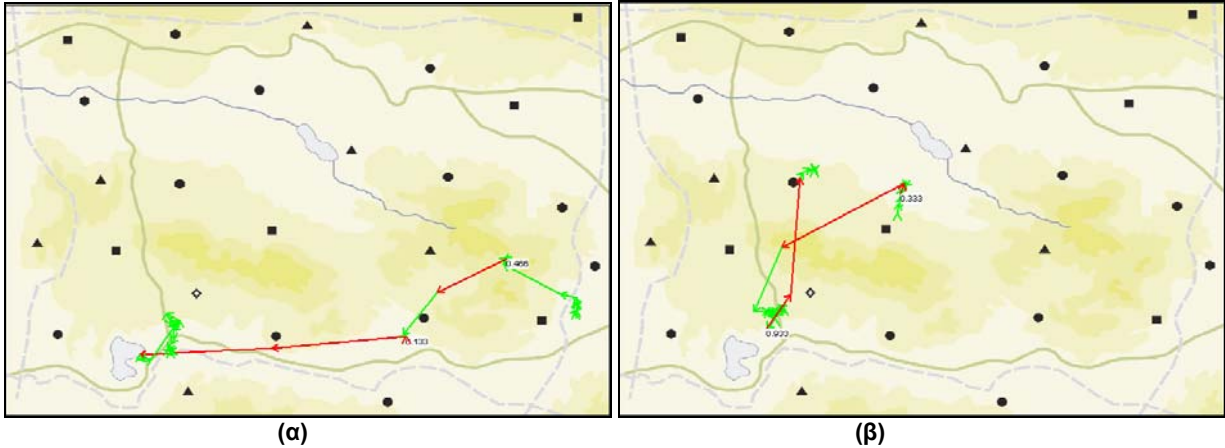
Σχήμα 4.23 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_3



Σχήμα 4.24 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_3



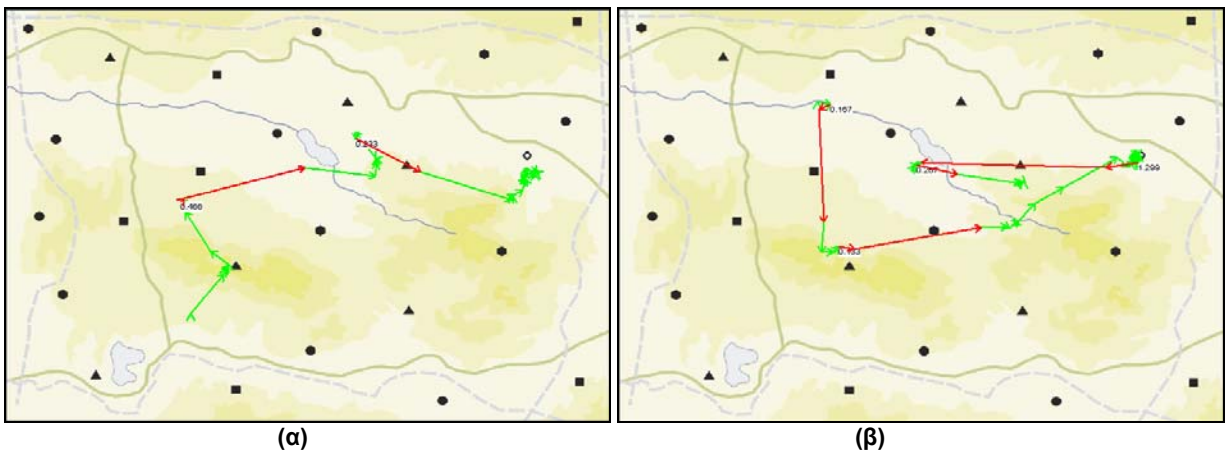
Σχήμα 4.25 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_3



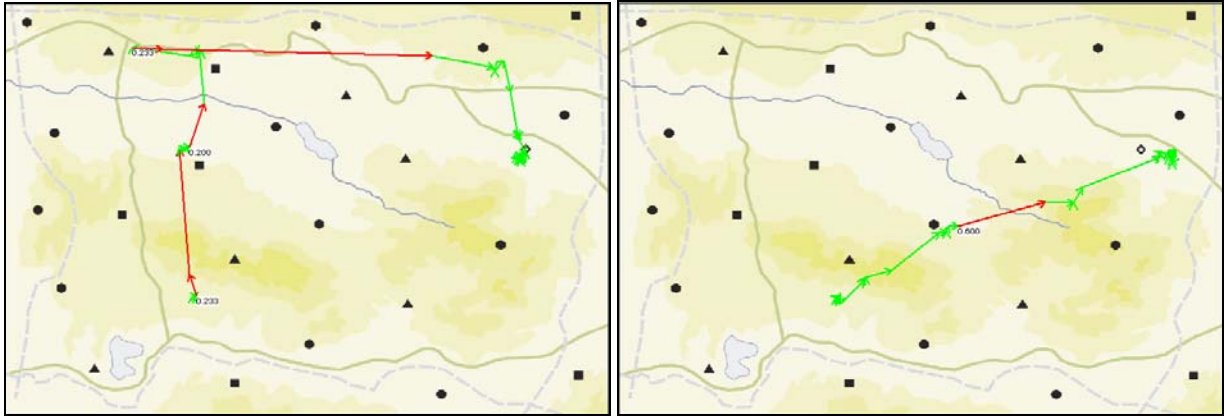
Σχήμα 4.26 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_3

Στην οπτική σκηνή A4\_3, η οποία αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα, ο αναζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο του χάρτη (κάτω αριστερά σε σχέση με το κέντρο του χάρτη). Τα υποκείμενα 1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 ξεκινούν την αναζήτηση από το σημείο όπου ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή. Τα υποκείμενα κινούνται προς το ζητούμενο στόχο εκτελώντας την ίδια καμπύλη κίνηση, η οποία στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 3 και 6 καταλαμβάνει περισσότερο χώρο στο χάρτη (γίνεται αναζήτηση στο μέσο του χάρτη, το οποίο βρίσκεται πάνω από το κέντρο). Το κέντρο του χάρτη αποτελεί χαρακτηριστικό σημείο εστίασης για τα υποκείμενα 1,2,3,4,5,7 και 8 κατά τη διάρκεια της αναζήτησης. Τα υποκείμενα 2 και 4 εστιάζουν για δεύτερη φορά την προσοχή τους στο σημείο όπου βρίσκεται ο στόχος, ώστε να επιβεβαιωθούν για την εύρεση του.

#### Οπτική σκηνή A4\_4



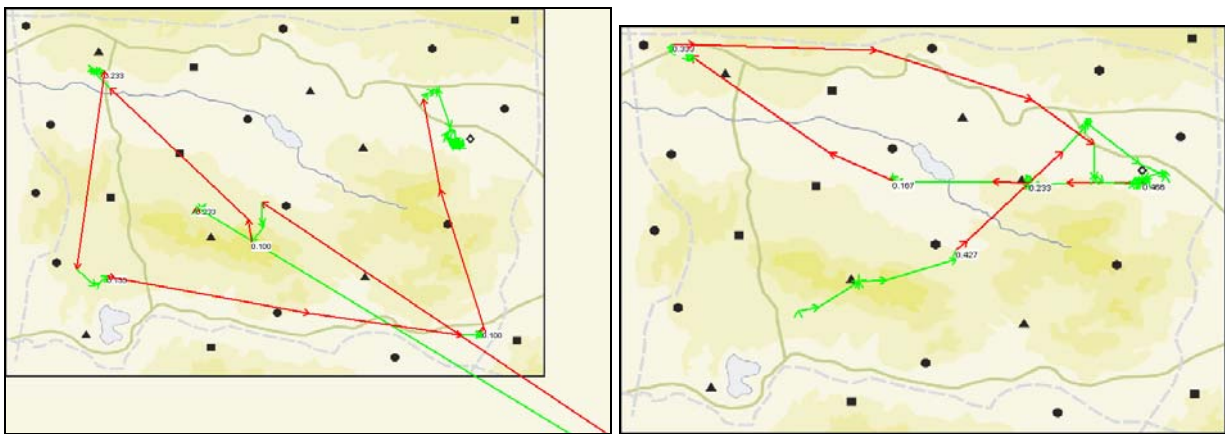
Σχήμα 4.27 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_4



(α)

(β)

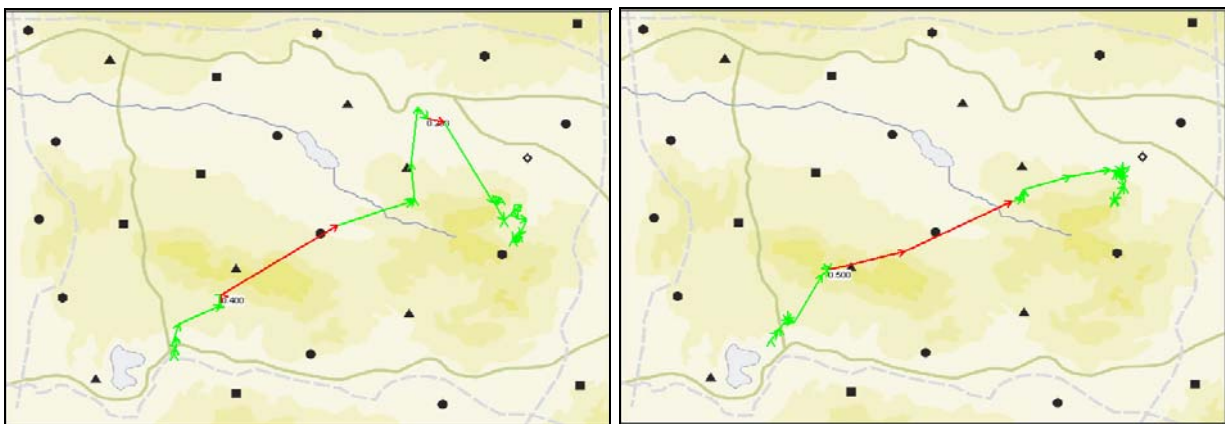
Σχήμα 4.28: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_4



(α)

(β)

Σχήμα 4.29 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_4



(α)

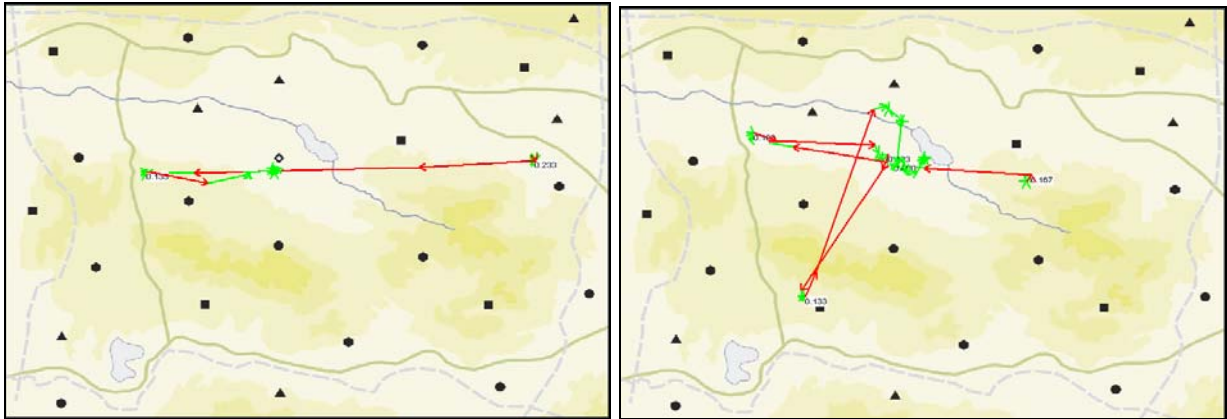
(β)

Σχήμα 4.30 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_4

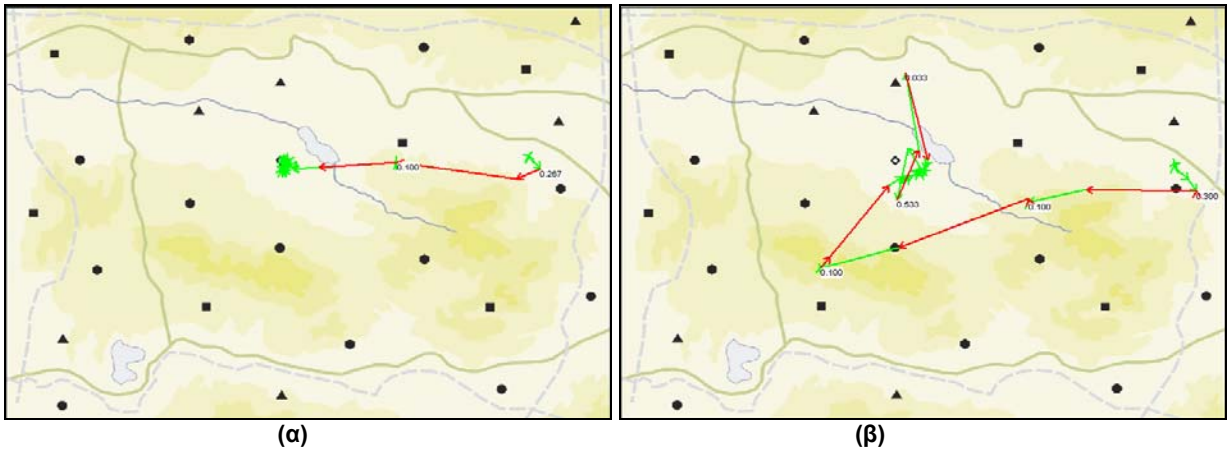
Ο ζητούμενος στόχος, στην περίπτωση της οπτικής σκηνής A4\_4 που αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα, έχει τοποθετηθεί στο μέσο του χάρτη (πάνω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο). Τα υποκείμενα 1, 3, 4, 6, 7 και 8 ξεκινούν την αναζήτηση από το σημείο όπου ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην οπτική σκηνή A4\_3, ενώ το υποκείμενο 5 διέρχεται κατά τη διάρκεια της αναζήτησης από το σημείο αυτό. Η εύρεση του στόχου γίνεται με μία σχεδόν ευθεία κίνηση στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 4, 6, 7 και 8

(Η ευθεία αυτή, για τις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 4, 6, 7 και 8, ορίζεται από το σημείο όπου βρισκόταν ο προηγούμενος στόχος με το σημείο όπου βρίσκεται ο στόχος στην συγκεκριμένη οπτική σκηνή, ενώ το υποκείμενο 2 εκτελεί ευθεία κίνηση από το κέντρο του χάρτη προς το στόχο). Τα υποκείμενα 3 και 5 εκτελούν μια καμπυλόγραμμη κίνηση της ίδιας μορφής, αλλά με διαφορετική κατεύθυνση (δεξιόστροφη για το υποκείμενο 3 και αριστερόστροφη για το υποκείμενο 5). Μόνο το υποκείμενο 6, επιβεβαιώνεται για την εύρεση του στόχου.

### Οπτική σκηνή A4\_5

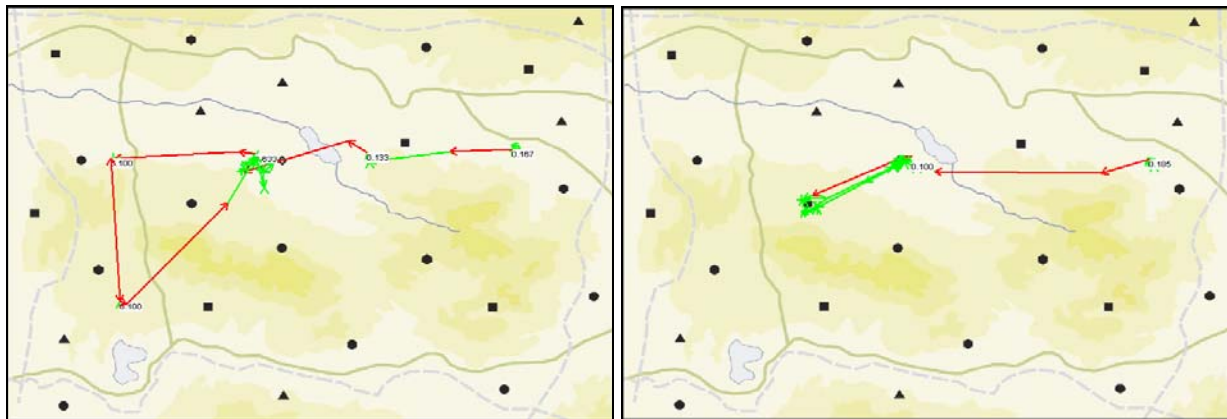


Σχήμα 4.31 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_5

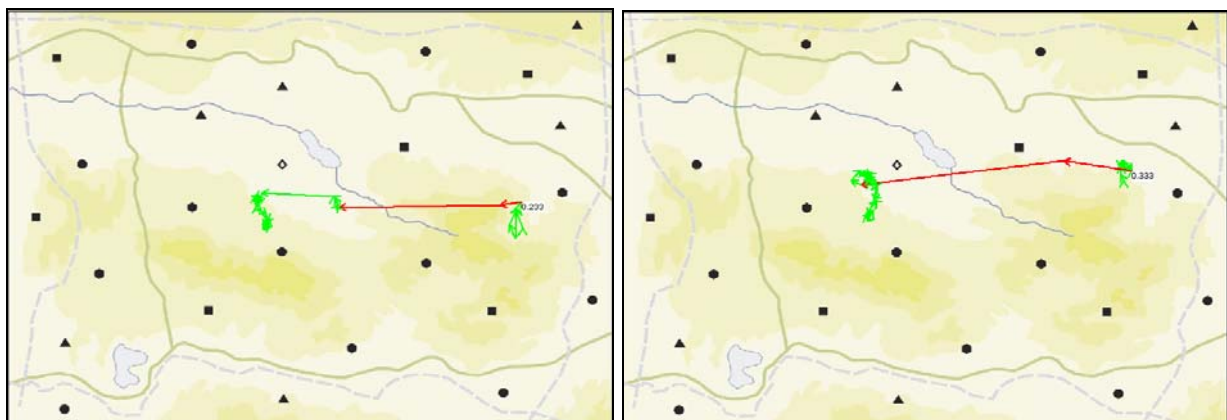


Σχήμα 4.32 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_5





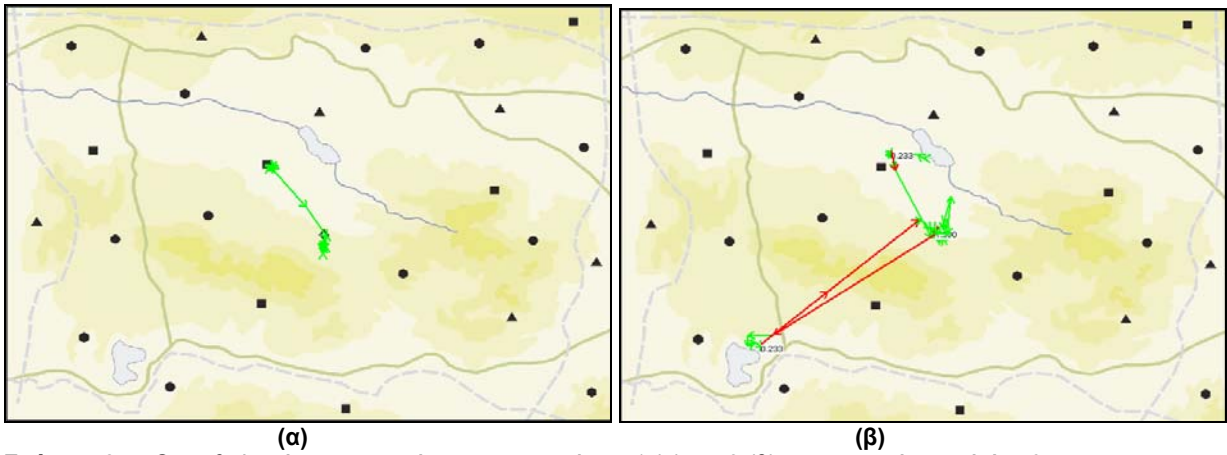
Σχήμα 4.33 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_5



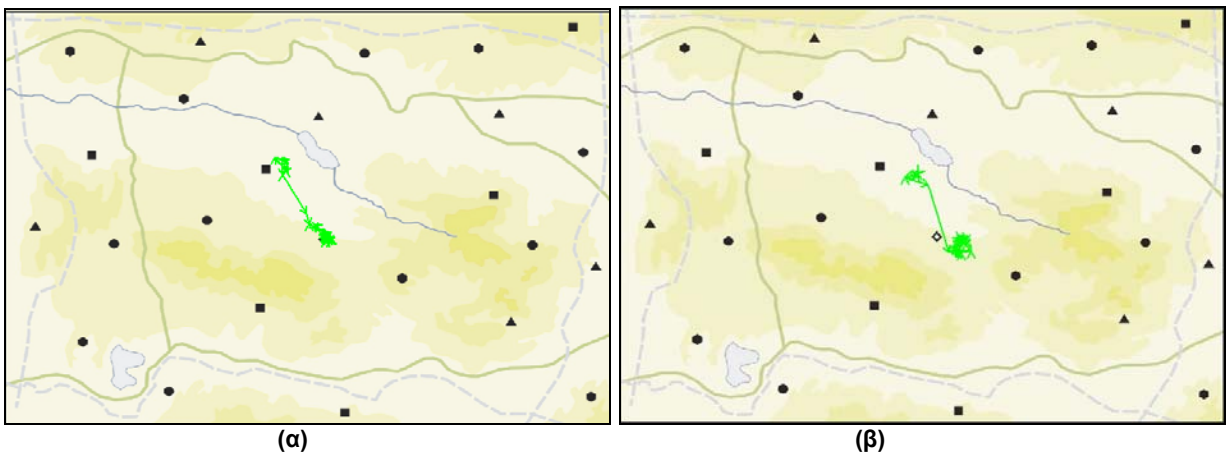
Σχήμα 4.34 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_5

Η οπτική σκηνή A4\_5 αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα. Το αναζητούμενο σημειακό γεωμετρικό σύμβολο έχει τοποθετηθεί στο κέντρο της. Όλα τα υποκείμενα, εκτός από το υποκείμενο 2 που αποκλίνει ελάχιστα, ξεκινούν την αναζήτηση από το σημείο όπου είχε τοποθετηθεί ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή. Τα υποκείμενα 1, 2, 3, 5, 6, 7 και 8 εκτελούν ευθεία κίνηση και κατευθύνονται αμέσως προς το στόχο. Το υποκείμενο 4 εκτελεί μια καμπύλη κίνηση, μεταβαίνοντας πριν την εύρεση του στόχου στο μέσο του χάρτη (κάτω αριστερά σε σχέση με το κέντρο). Τα υποκείμενα 1, 2, 4, 5, 6 και 8 αναζητούν για δεύτερη φορά το στόχο προς επιβεβαίωση του εντοπισμού του.

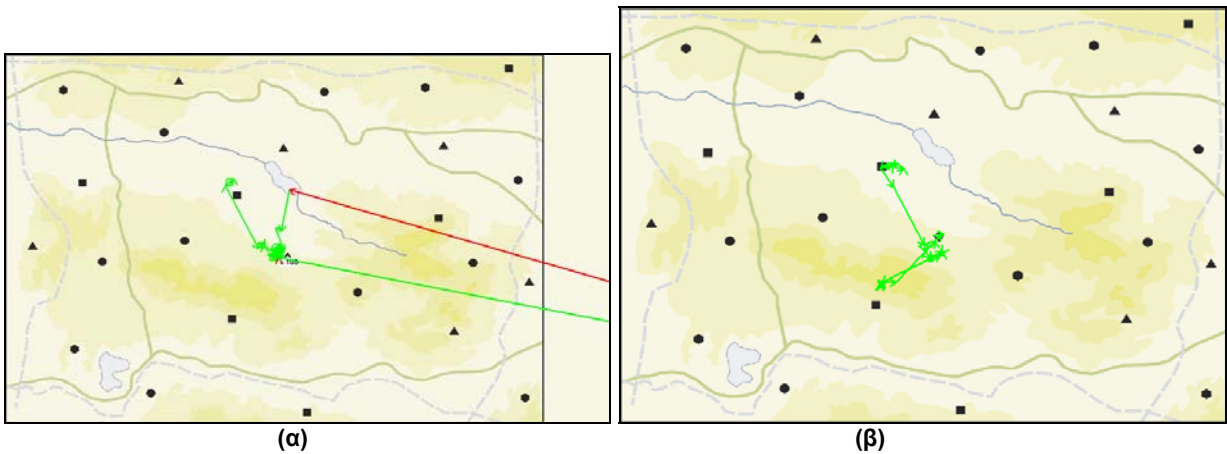
## Οπτική σκηνή A4\_6



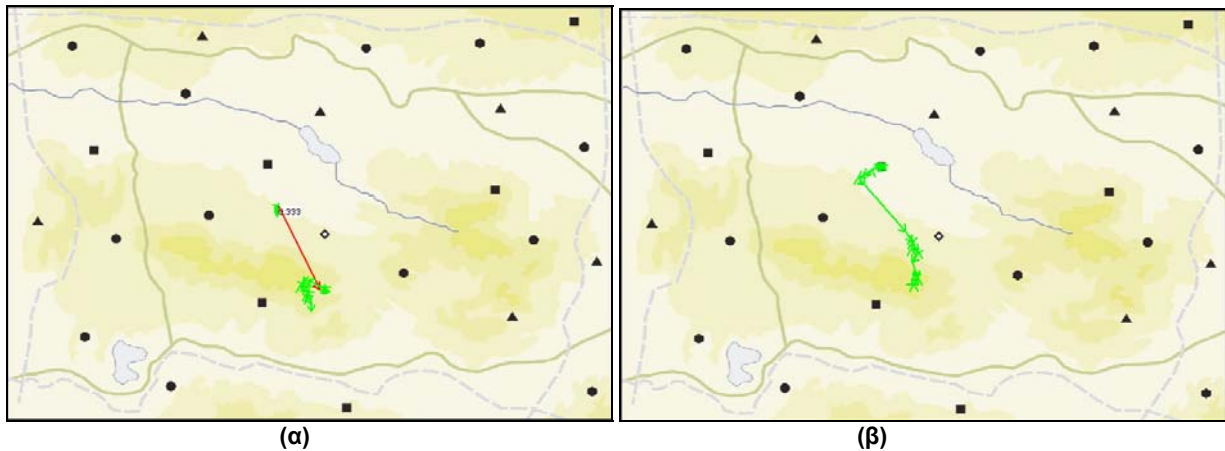
Σχήμα 4.35 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_6



Σχήμα 4.36 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_6



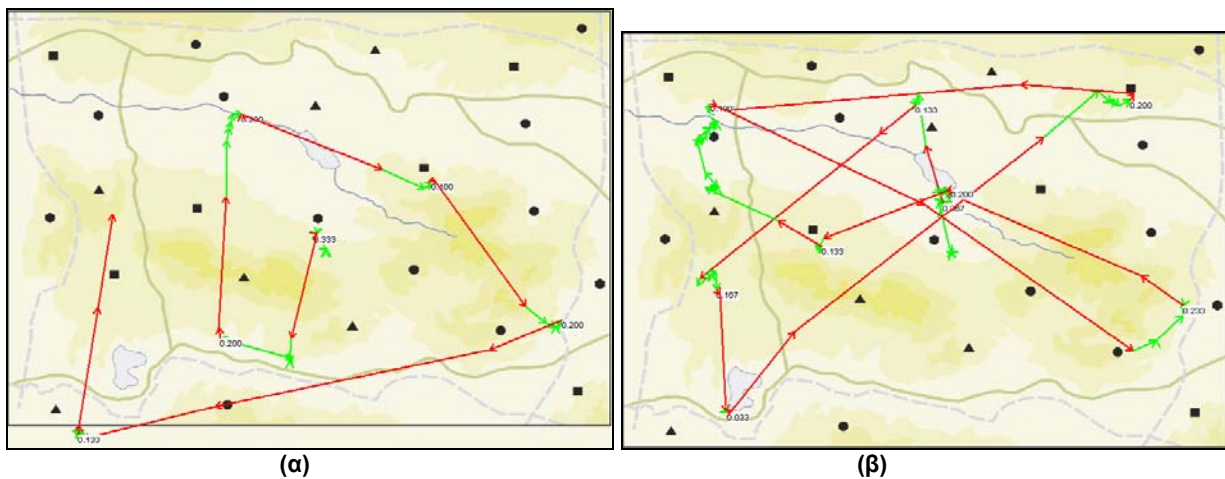
Σχήμα 4.37 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_6



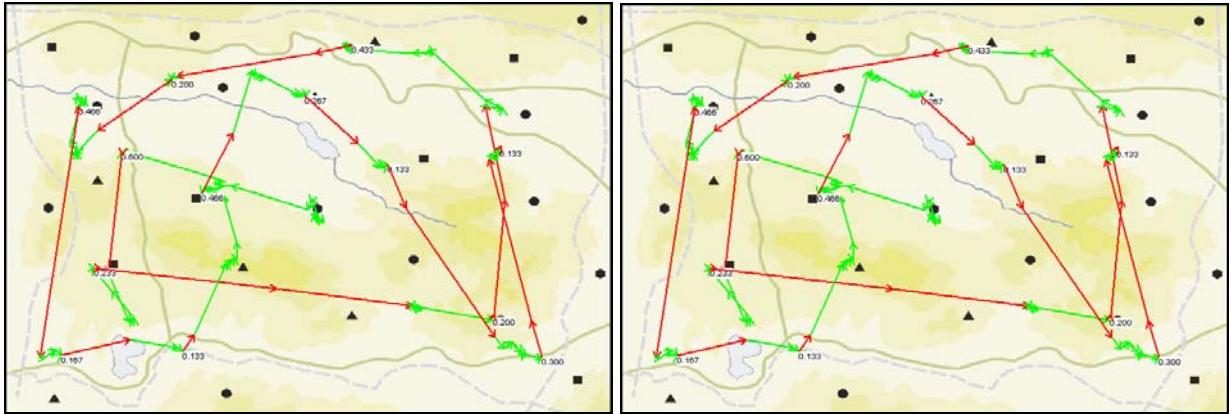
**Σχήμα 4.38 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_6

Στην οπτική σκηνή A4\_6, η οποία αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα, ο στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο. Τα υποκείμενα ξεκινούν από το σημείο όπου βρισκόταν ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή και εντοπίζουν αμέσως τον στόχο, χωρίς να γίνεται κάποια μετάβαση σε άλλες περιοχές του χάρτη. Τα υποκείμενα 2, 5 και 6 εντοπίζουν για δεύτερη φορά το ζητούμενο στόχο.

#### Οπτική σκηνή A4\_7



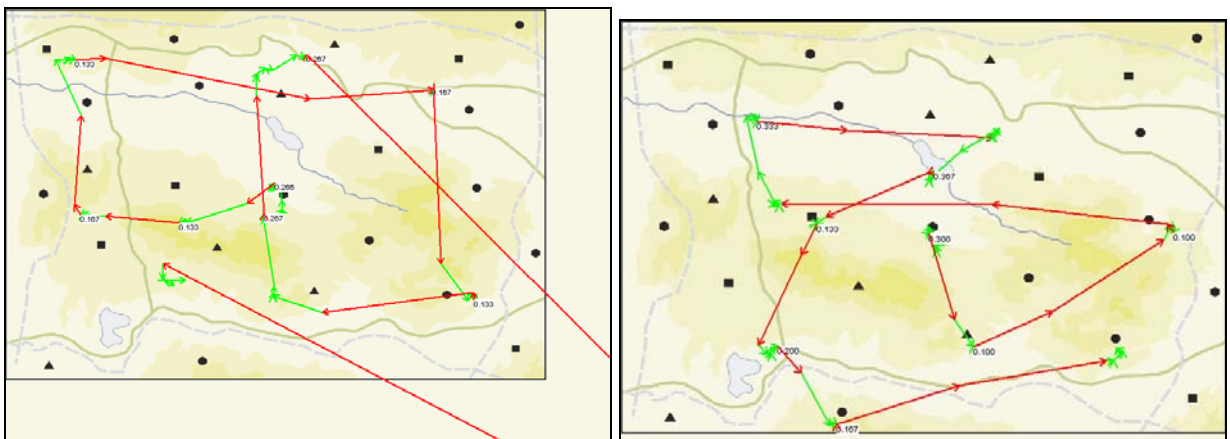
**Σχήμα 4.39 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_7



(α)

(β)

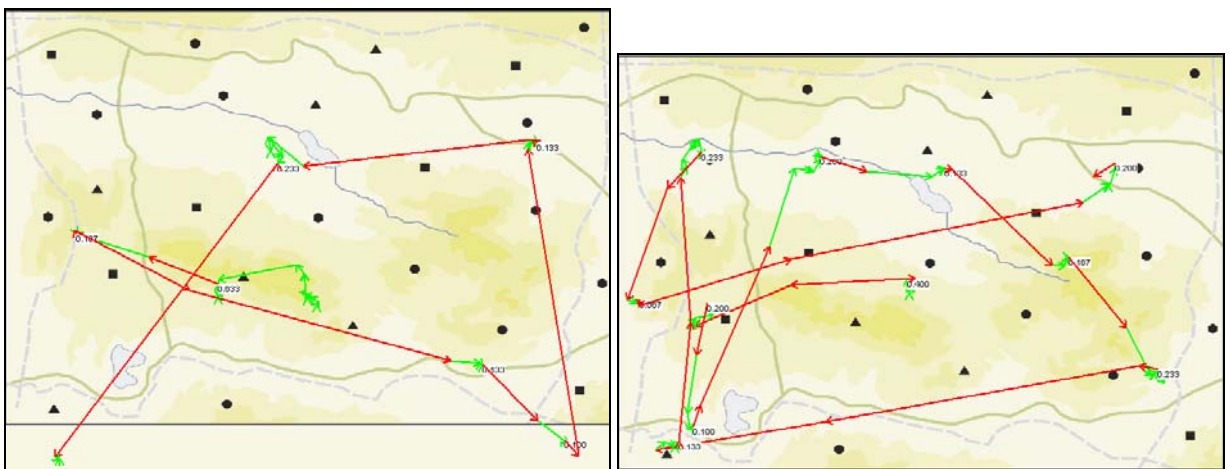
Σχήμα 4.40 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_7



(α)

(β)

Σχήμα 4.41 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_7



(α)

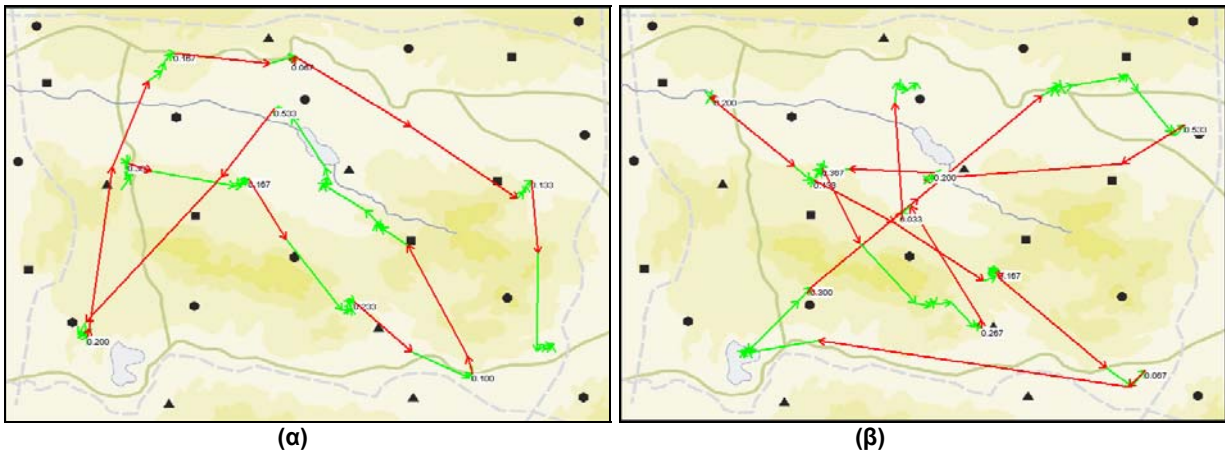
(β)

Σχήμα 4.42 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) αντίστοιχα στην οπτική σκηνή A4\_7

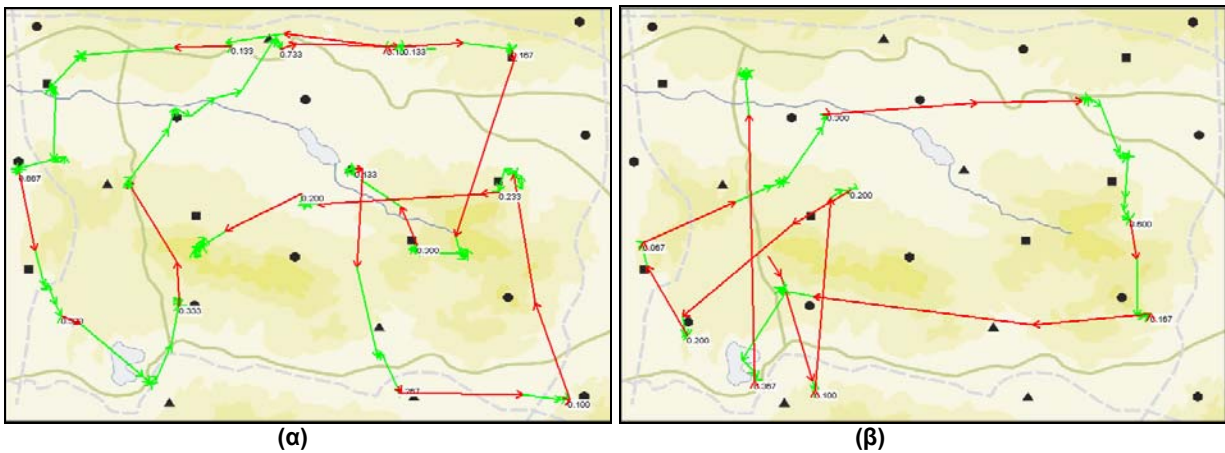
Η οπτική σκηνή A4\_7 αποτελείται από γεωμετρικά σύμβολα και το σύμβολο που διαδραματίζει το ρόλο του στόχου, απουσιάζει. Όλα τα υποκείμενα ξεκινούν την αναζήτηση από το κέντρο του χάρτη όπου ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην οπτική σκηνή A4\_6. Τα υποκείμενα της έρευνας εκτελούν μια σπειροειδή κίνηση, η οποία

καταλαμβάνει όλο το χάρτη. Η κίνηση αυτή ξεκινάει από το κέντρο και επεκτείνεται προς τα άκρα του χάρτη. Η κίνηση έχει δεξιόστροφη φορά για τα υποκείμενα 1, 5 και 8, ενώ τα υποκείμενα 2, 3, 4, 6 και 7 την εκτελούν αριστερόστροφα. Όλα τα υποκείμενα εστιάζουν στις περιοχές του υποβάθρου που υπάρχουν σύμβολα. Οι μετακινήσεις στις περιοχές όπου υπάρχει μόνο υπόβαθρο και δεν καταλαμβάνονται από σύμβολα γίνονται γρήγορα (εκτέλεση σακκαδικών κινήσεων).

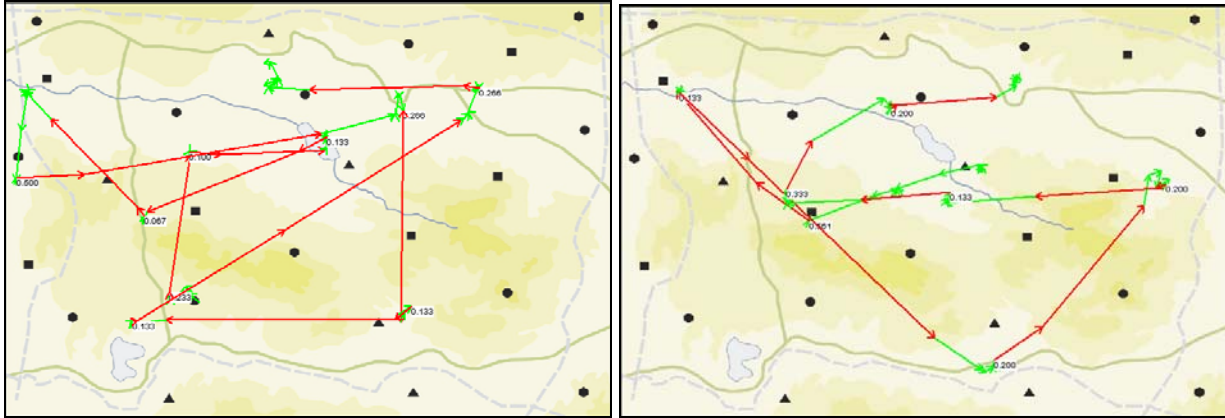
### Οπτική σκηνή A4\_8



Σχήμα 4.43 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή A4\_8



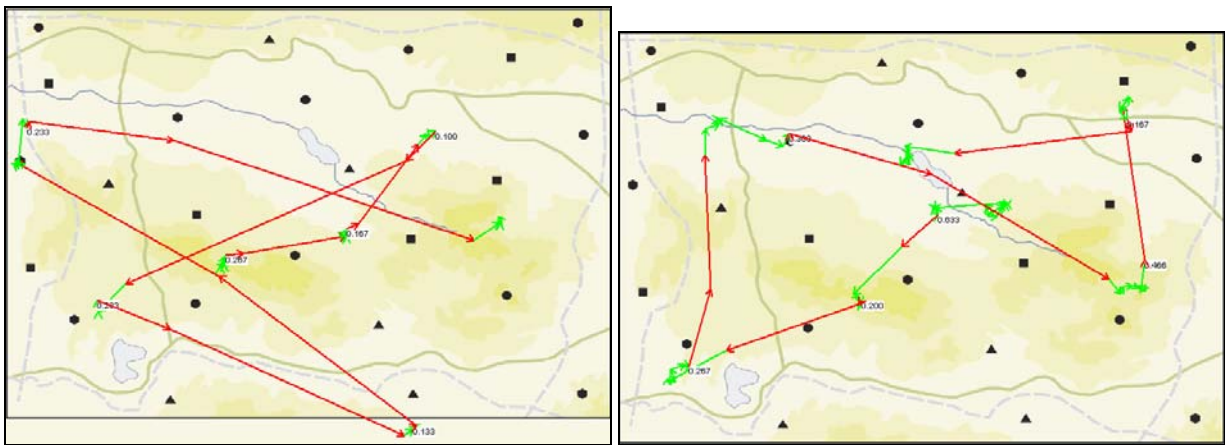
Σχήμα 4.44 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή A4\_8



(α)

(β)

**Σχήμα 4.45 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή A4\_8



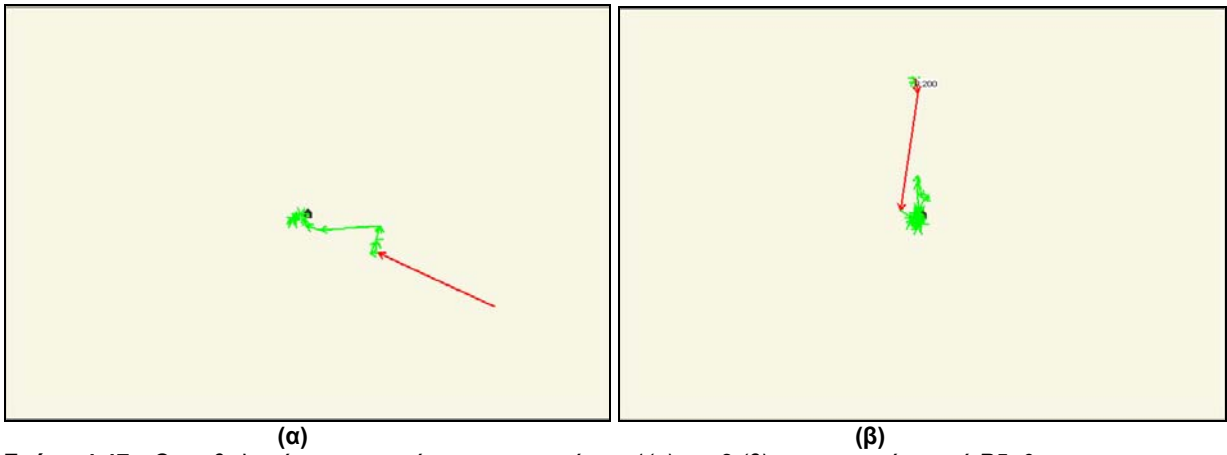
(α)

(β)

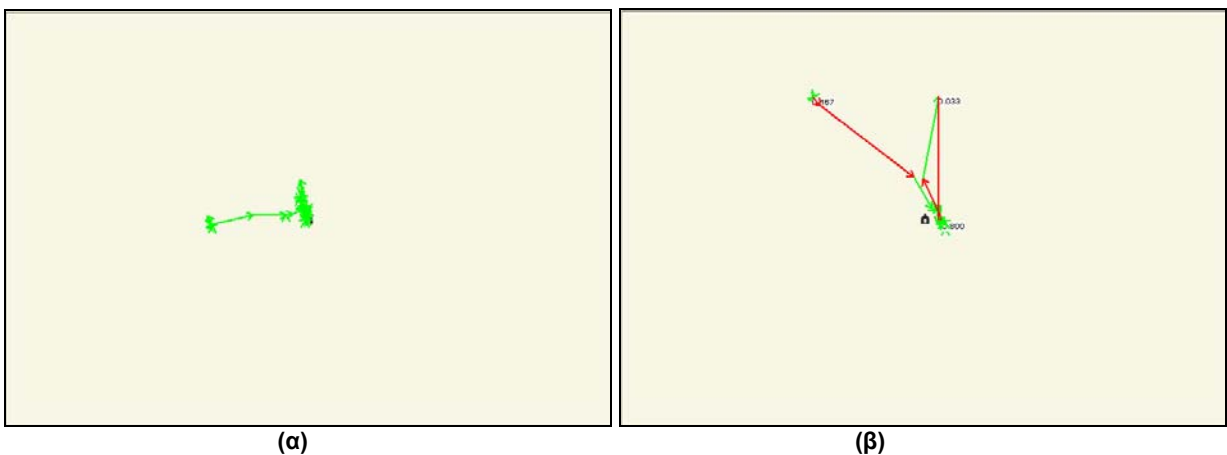
**Σχήμα 4.46 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή A4\_8

Η οπτική σκηνή A4\_8 απεικονίζει ένα σύνολο γεωμετρικών συμβόλων. Ο αναζητούμενος στόχος απουσιάζει. Μόνο τα δύο από τα οχτώ υποκείμενα (υποκείμενα 1 και 2) ξεκινούν την αναζήτηση από το σημείο όπου σταμάτησε η προηγούμενη αναζήτηση. Η οφθαλμική κίνηση των υποκειμένων δεν ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη τυποποίηση. Τα υποκείμενα εκτελούν διαδοχικές καμπύλες κινήσεις. Οι καμπύλες οι οποίες αντιστοιχούν στην αρχή της αναζήτησης των υποκειμένων, έχουν αριστερόστροφη φορά για τα υποκείμενα 1, 2, 3, 4 και 7, ενώ η έναρξη των καμπύλων της οφθαλμικής καταγραφής στα υποκείμενα 5, 6 και 8 γίνεται δεξιόστροφα.

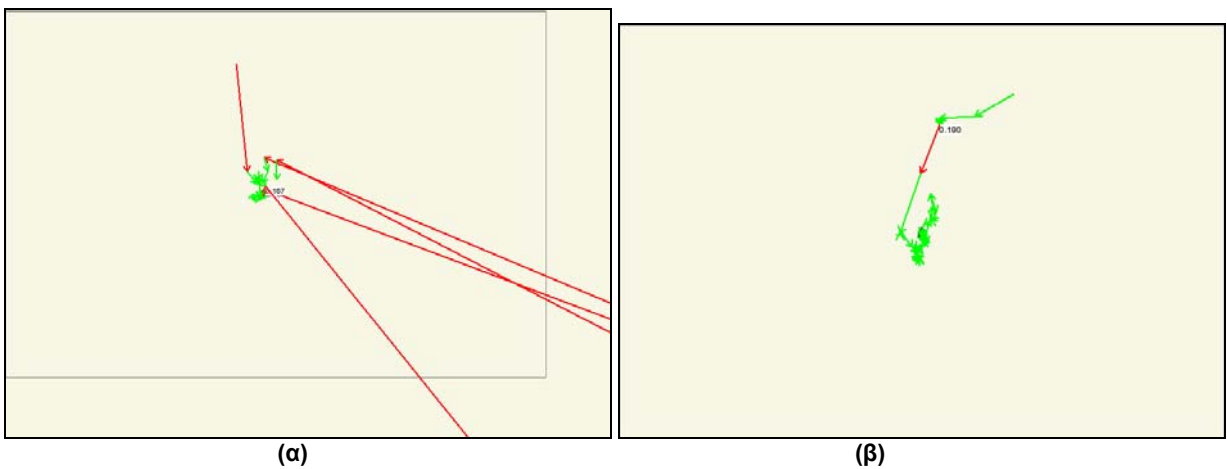
**Οπτική σκηνή P5\_0**



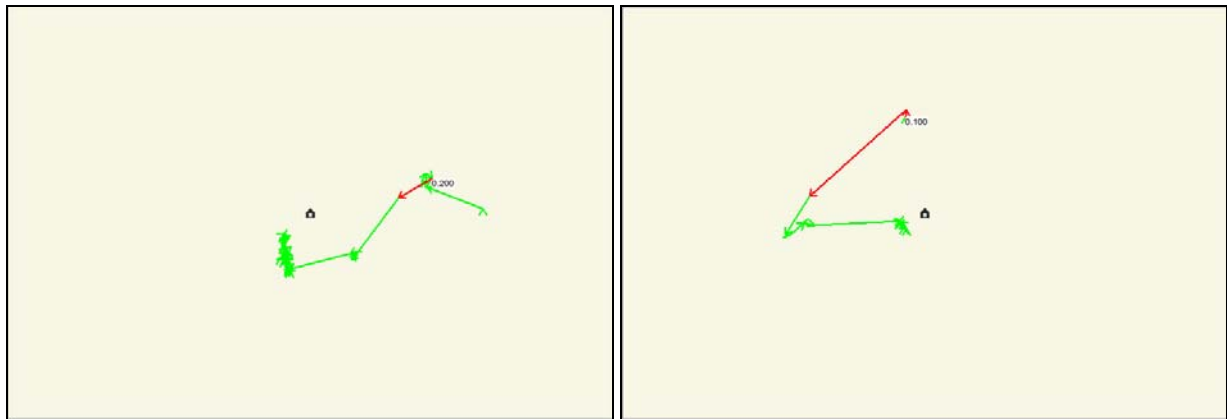
**Σχήμα 4.47 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_0



**Σχήμα 4.48 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_0



**Σχήμα 4.49 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_0



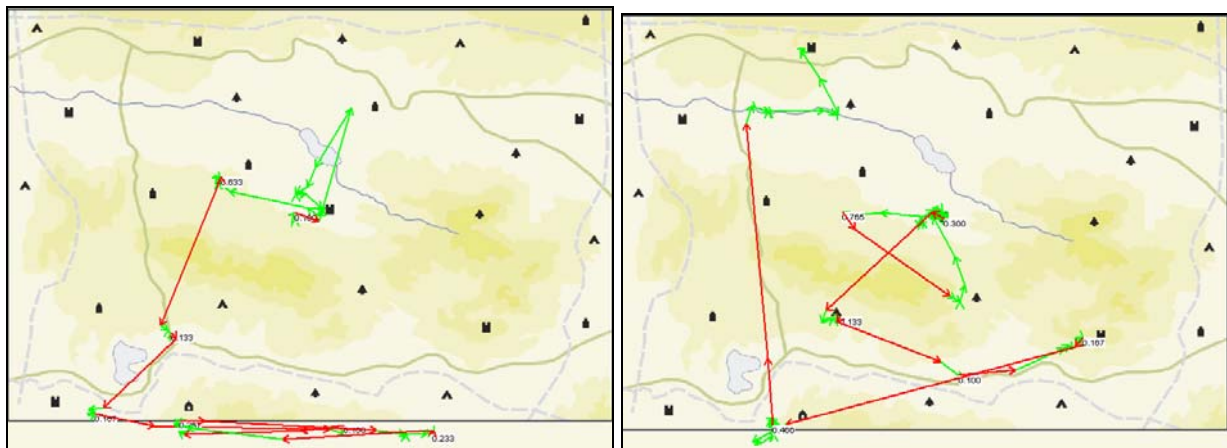
(α)

(β)

**Σχήμα 4.50 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_0

Η οπτική σκηνή P5\_0 περιέχει στο κέντρο της το εικονογραφικό σημειακό σύμβολο με την χαρακτηριστική ιδιότητα της οπής. Η οπτική σκηνή χρησιμοποιείται με σκοπό να παρουσιαστεί ο αναζητούμενος στόχος. Όλα τα υποκείμενα εστιάζουν αμέσως στο κέντρο της προβαλλόμενης σκηνής.

### Οπτική σκηνή P5\_1

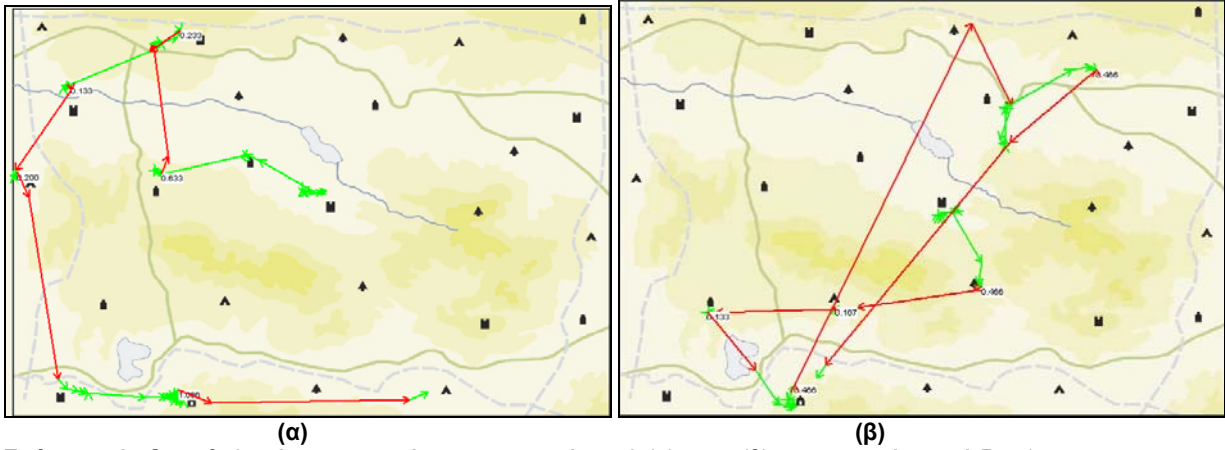


(α)

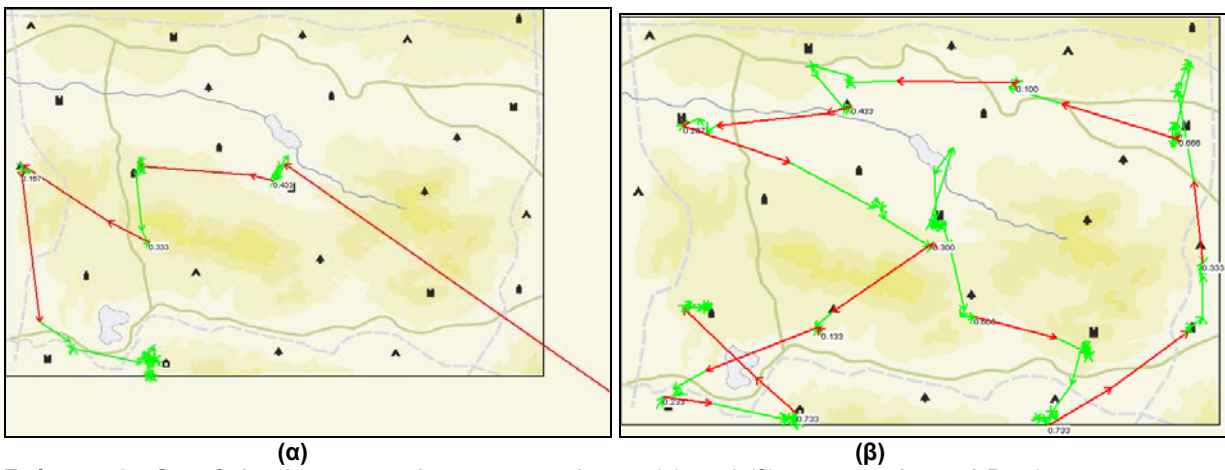
(β)

**Σχήμα 4.51:** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_1

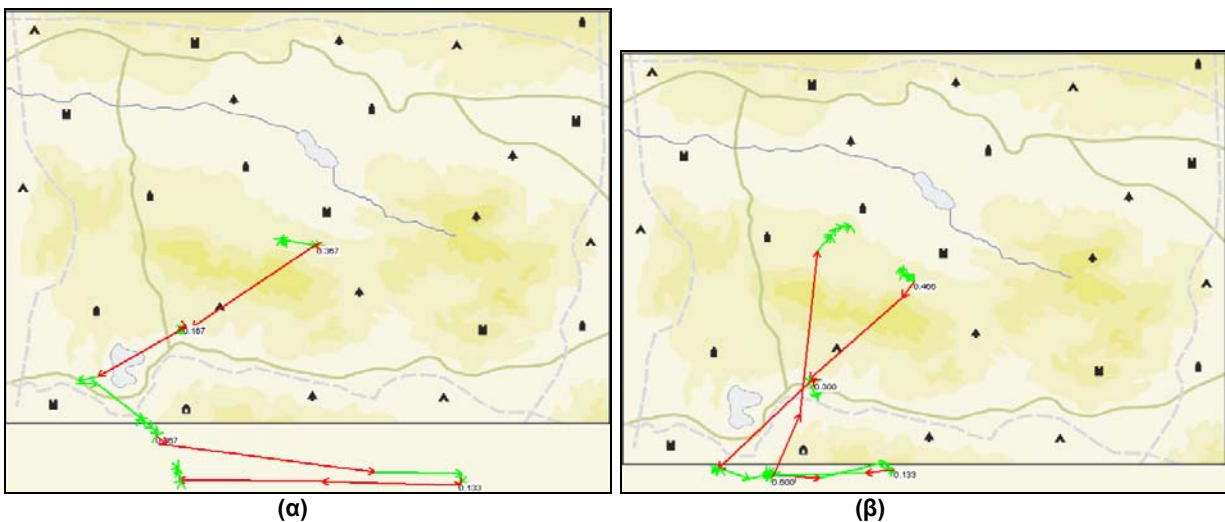




Σχήμα 4.52: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_1



Σχήμα 4.53 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_1

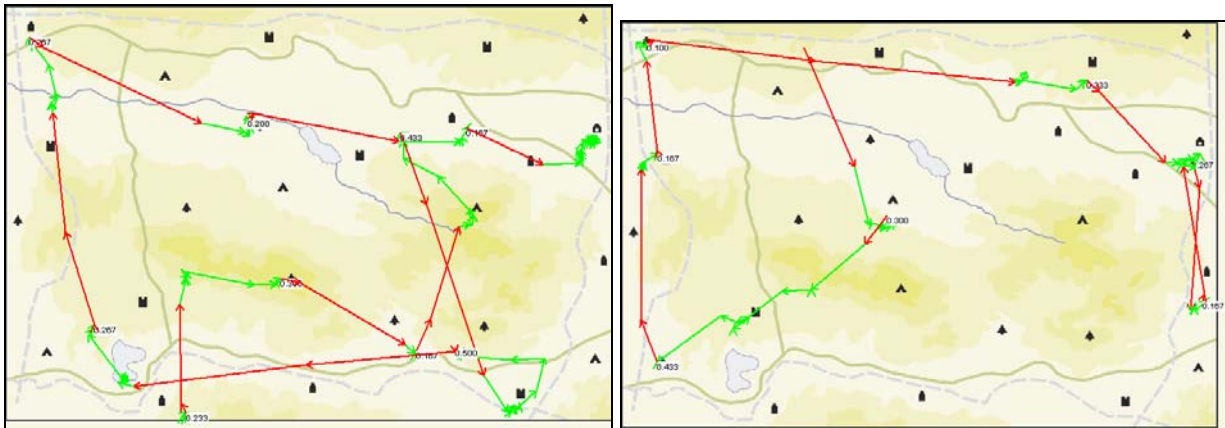


Σχήμα 4.54 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_1

Η οπτική σκηνή P5\_1 αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα. Ο αναζητούμενος στόχος έχει τοποθετηθεί στο άκρο του χάρτη (κάτω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο). Η έναρξη της αναζήτησης, για όλα τα υποκείμενα γίνεται από το κέντρο της

προβαλλόμενης σκηνής, στη θέση που είχε παρουσιαστεί ο στόχος κατά την προβολή της σκηνής P5\_0. Το υποκείμενο 6 εκτελεί μια σπειροειδής κίνηση για την εύρεση του στόχου με αριστερόστροφη φορά. Το ίχνος της οπτικής μετακίνησης που αντιστοιχεί στο υποκείμενο 3 αποτελεί ένα κομμάτι κίνησης ίδιας μορφής, με την ίδια μάλιστα φορά. Τα υποκείμενα 1, 2, 4 και 6 εμφανίζουν ένα ίχνος που θυμίζει το γράμμα «S». Το ίχνος των υποκειμένων 1 και 2 έχει τον ίδιο προσανατολισμό και παρουσιάζει συμμετρία ως προς τα αντίστοιχα ίχνη των υποκειμένων 3 και 4 (πρόκειται για την ίδια συμμετρική κίνηση, η οποία διαγράφεται με διαφορετική φορά για τα δύο ζεύγη). Τα υποκείμενα 7 και 8 εντοπίζουν το ζητούμενο στόχο με μία σχεδόν ευθεία κίνηση από το κέντρο του χάρτη. Οι θέσεις εστίασης του βλέμματος των υποκειμένων, μέχρι και την χρονική στιγμή της εύρεσης του ζητούμενου στόχου, αντιστοιχούν στις περιοχές γύρω από τα σύμβολα του χάρτη. Σημείο εστίασης για το υποκείμενο 7, όπου η μετακίνηση γίνεται ευθύγραμμα, αποτελεί και η λίμνη, η οποία είναι χαρακτηριστικό σημείο του χαρτογραφικού υποβάθρου. Η επιβεβαίωση για την εύρεση το στόχου γίνεται από τα υποκείμενα 1, 4, 7 και 8.

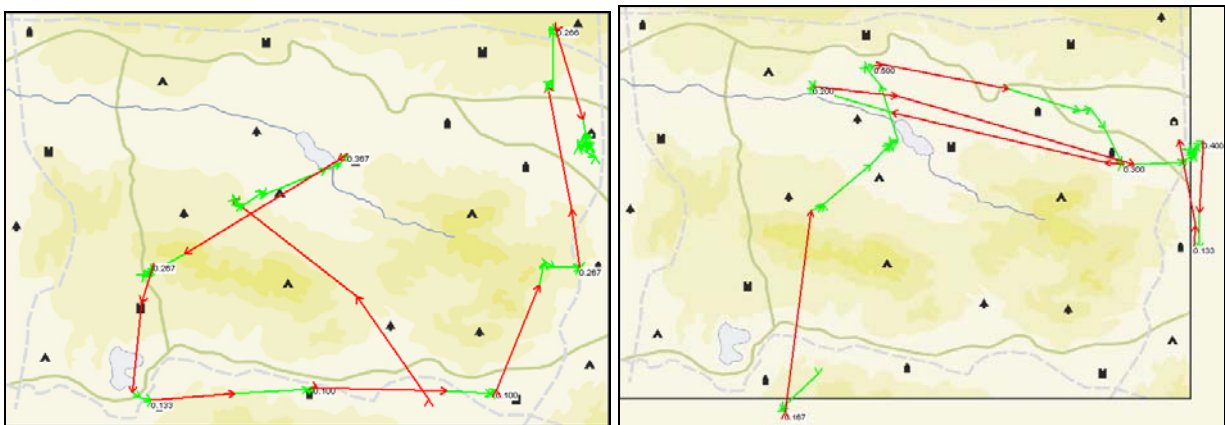
### Οπτική σκηνή P5\_2



(α)

(β)

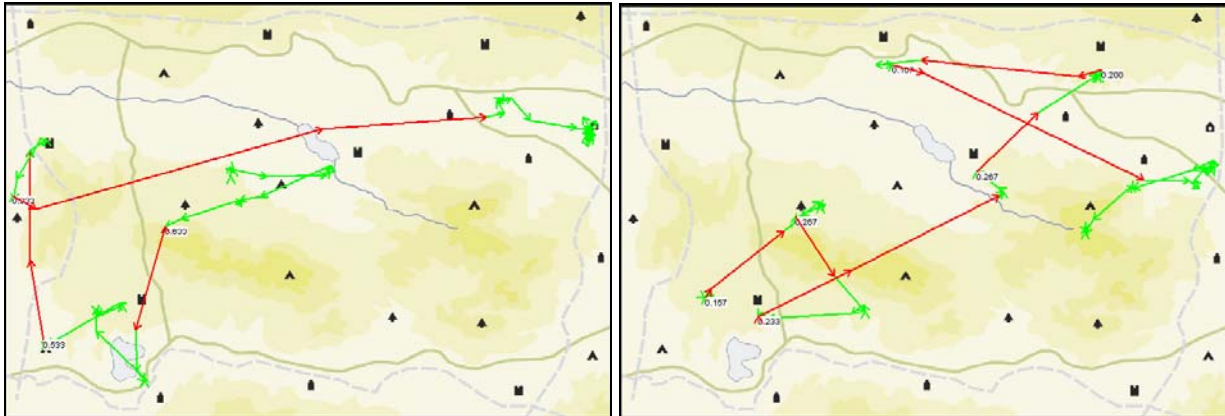
Σχήμα 4.55 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_2



(α)

(β)

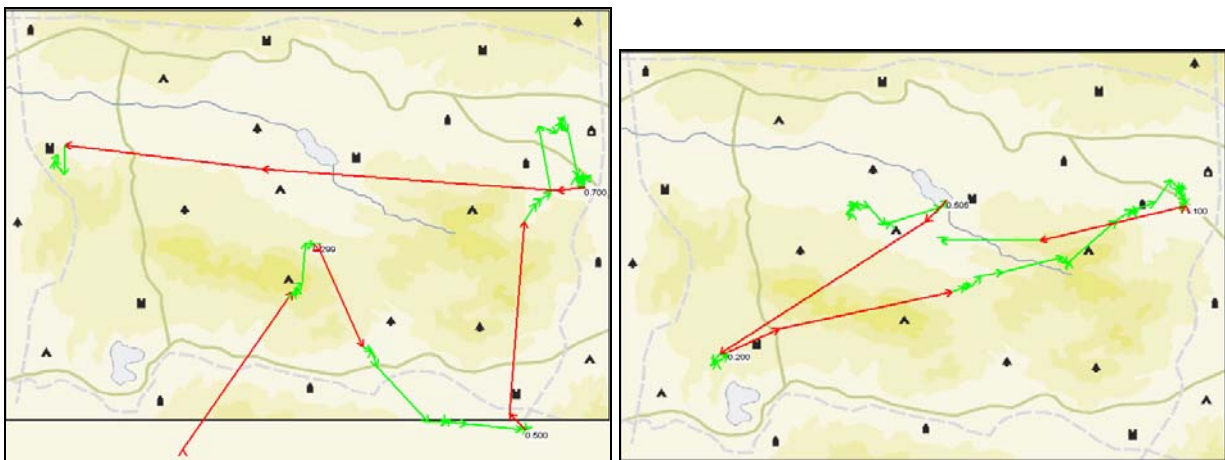
Σχήμα 4.56 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_2



(α)

(β)

Σχήμα 4.57 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (α) στην οπτική σκηνή P5\_2



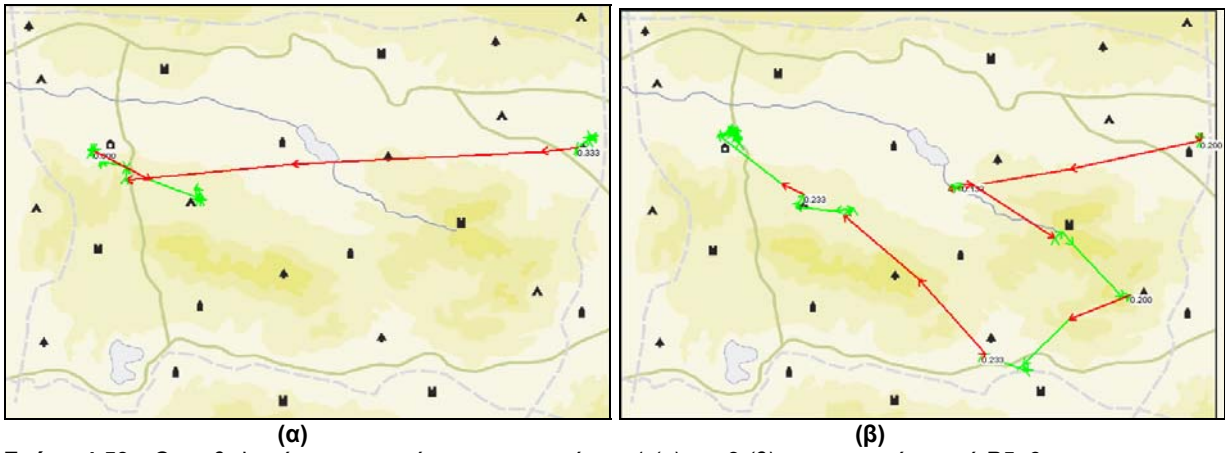
(α)

(β)

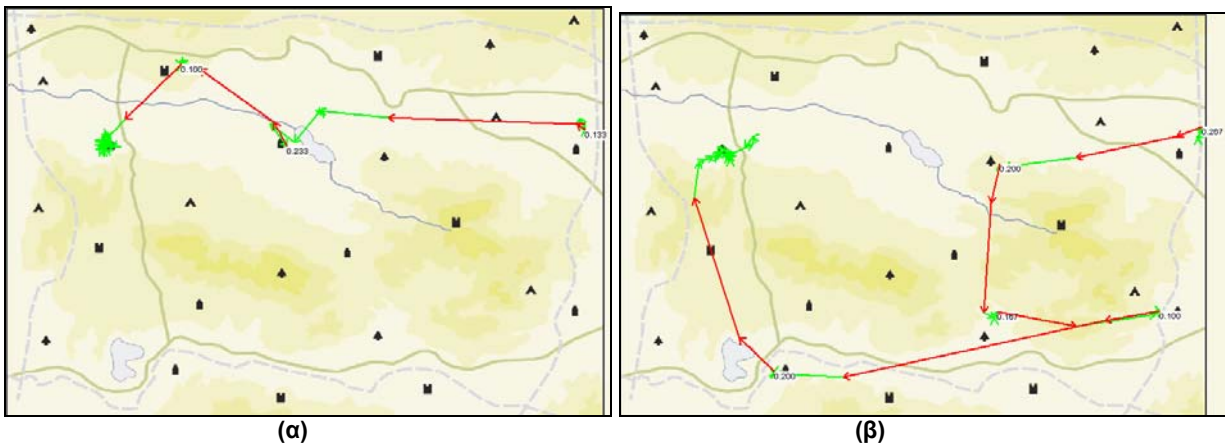
Σχήμα 4.58 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7(α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_2

Η οπτική σκηνή P5\_2 περιέχει εικονογραφικά σύμβολα και ο στόχος με την ιδιότητα της οπής τοποθετείται στο άκρο της (πάνω και δεξιά σε σχέση με το κέντρο). Η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης ξεκινάει από το κέντρο της σκηνής στις περιπτώσεις των υποκειμένων 2, 3, 5, 7 και 8, ενώ η έναρξη του ίχνους της καταγραφής για τα υποκείμενα 1 και 4 βρίσκεται στη θέση του προηγούμενου στόχου. Τα υποκείμενα 1, 2, 3, 4, 5, 7 και 8 οδηγούνται στην εύρεση του στόχου εκτελώντας μια καμπύλη κίνηση, η οποία γίνεται δεξιόστροφα στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 4 και 5 και αριστερόστροφα για τις αντίστοιχες των 3, 7 και 8 (δεξιόστροφες καμπύλες). Τα σημεία εστίασης των υποκειμένων αντιστοιχούν σε θέσεις όπου υπάρχουν σύμβολα στο χάρτη, ενώ η μετακίνηση πάνω απλό χαρτογραφικό υπόβαθρο πραγματοποιείται με την εκτέλεση σακκαδικών κινήσεων. Τα υποκείμενα 2 και 4 διέρχονται ξανά από τη θέση του στόχου προς επιβεβαίωση της εύρεσης του.

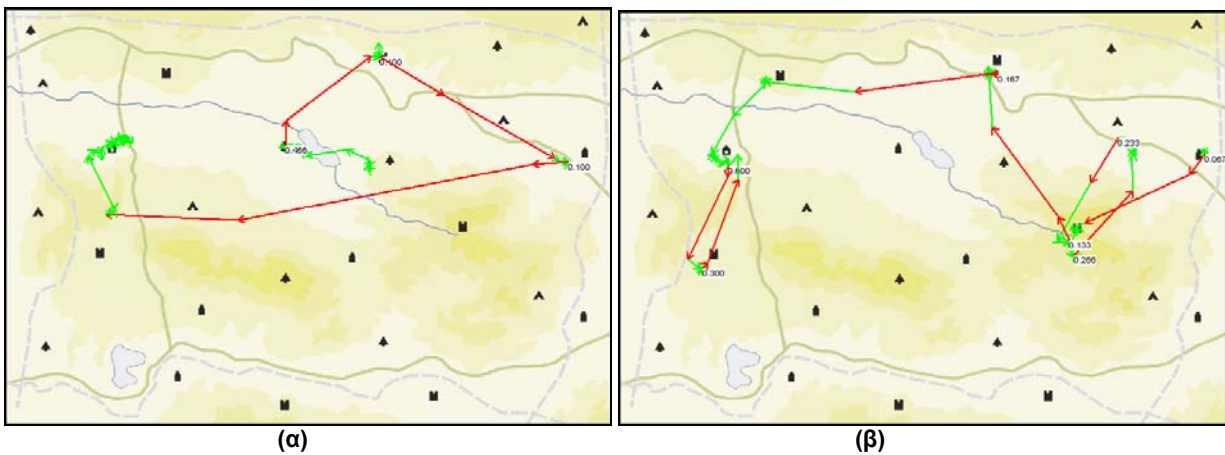
## Οπτική σκηνή P5\_3



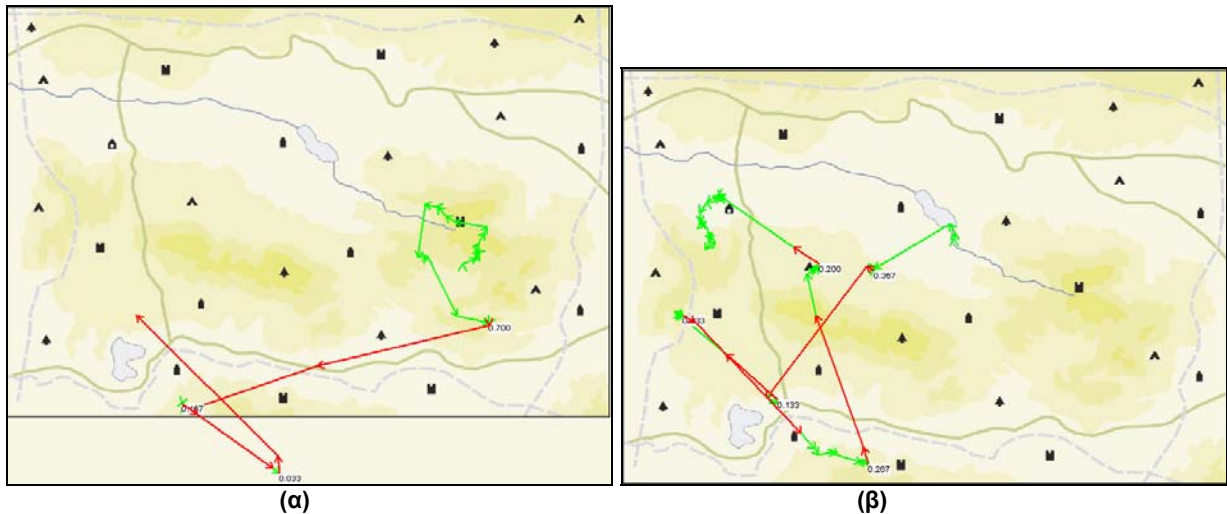
Σχήμα 4.59 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_3



Σχήμα 4.60 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_3



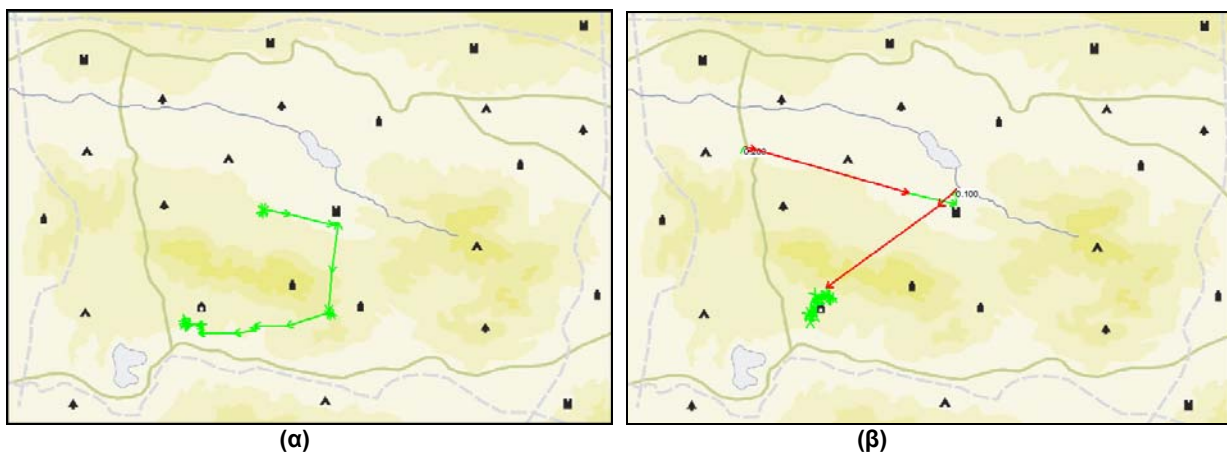
Σχήμα 4.61 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_3



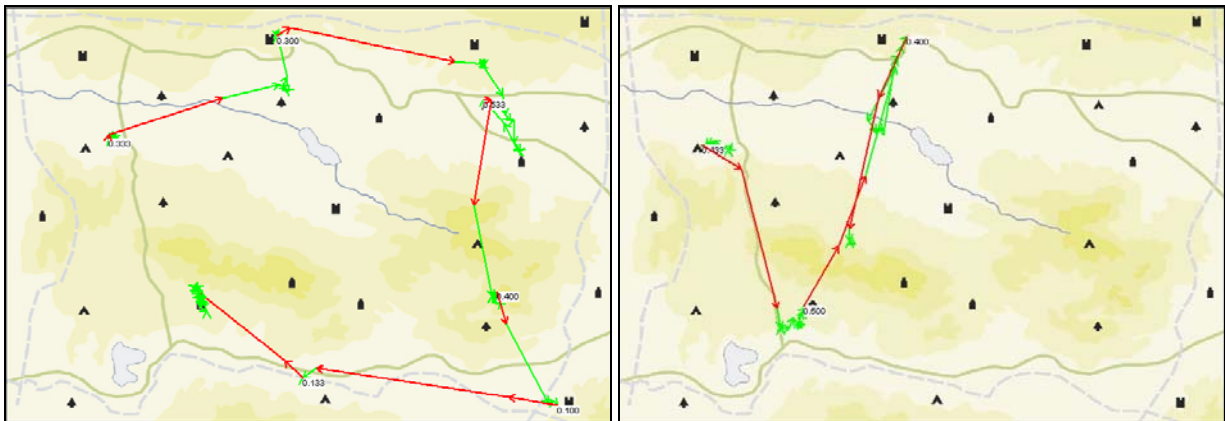
Σχήμα 4.62: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_3

Η οπτική σκηνή P5\_3 αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα και το σύμβολο που διαδραματίζει το ρόλο του στόχου είναι τοποθετημένο στο μέσο του χάρτη (πάνω και αριστερά σε σχέση με το κέντρο). Τα υποκείμενα 1, 2, 3, 4 και 6 ξεκινούν την αναζήτηση από το αριστερό άκρο του χάρτη, όπου είχε τοποθετηθεί στην προηγούμενη οπτική σκηνή ο αναζητούμενος στόχος. Η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης στο υποκείμενο 5 παρά το γεγονός ότι δεν αρχίζει από το ίδιο σημείο, κατευθύνεται και εστιάζει σε αυτό πριν την εύρεση του στόχου. Το ίχνος μετακίνησης που δημιουργείται για τα υποκείμενα 1, 3 και 5 (μετά την εστίαση στη θέση του προηγούμενου στόχου) έχει σχεδόν ευθύγραμμη μορφή. Το αντίστοιχο των υποκειμένων 2, 4 και 6, όπως καταγράφεται, είναι ευθύγραμμο μέχρι το μέσο του χάρτη και από το σημείο αυτό και μετά η εύρεση του στόχου γίνεται με μία καμπύλη κίνηση (δεξιόστροφη για τα υποκείμενα 2 και 4 και αριστερόστροφη για το υποκείμενο 6). Οι περιοχές όπου υπάρχει εστίαση του βλέμματος αντιστοιχούν σε θέσεις του υποβάθρου όπου απεικονίζονται σύμβολα. Μόνο το ίχνος του υποκειμένου 6 δηλώνει την επιβεβαίωση του για την εύρεση του στόχου.

#### Οπτική σκηνή P5\_4



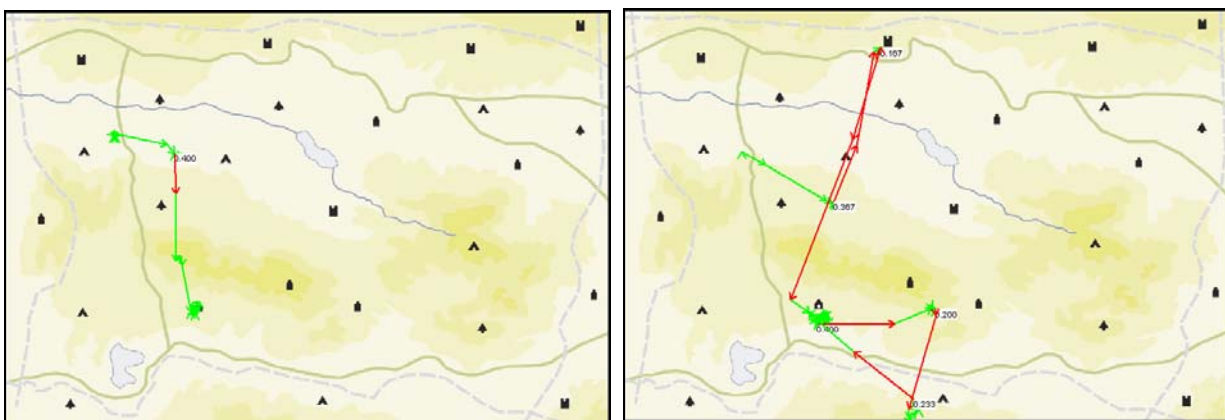
Σχήμα 4.63 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_4



(α)

(β)

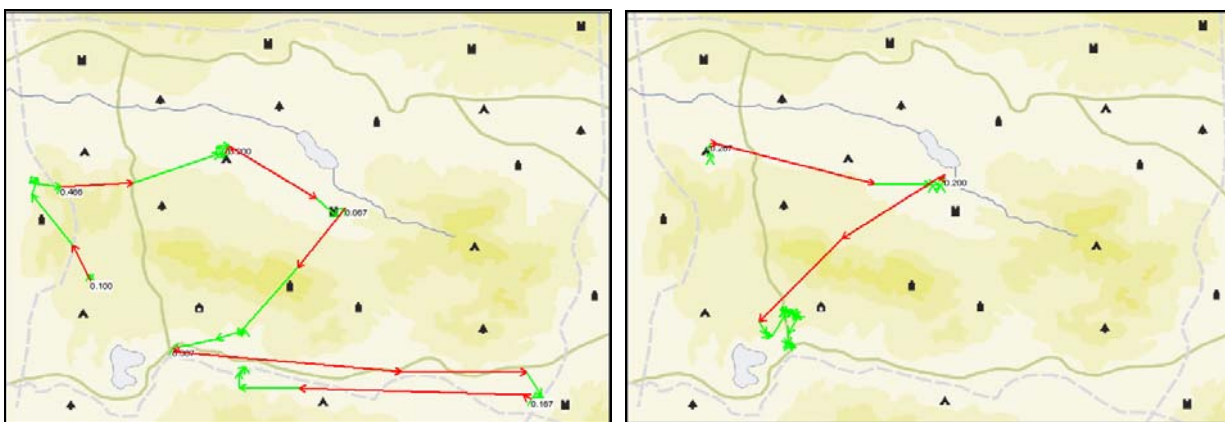
Σχήμα 4.64 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_4



(α)

(β)

Σχήμα 4.65 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_4



(α)

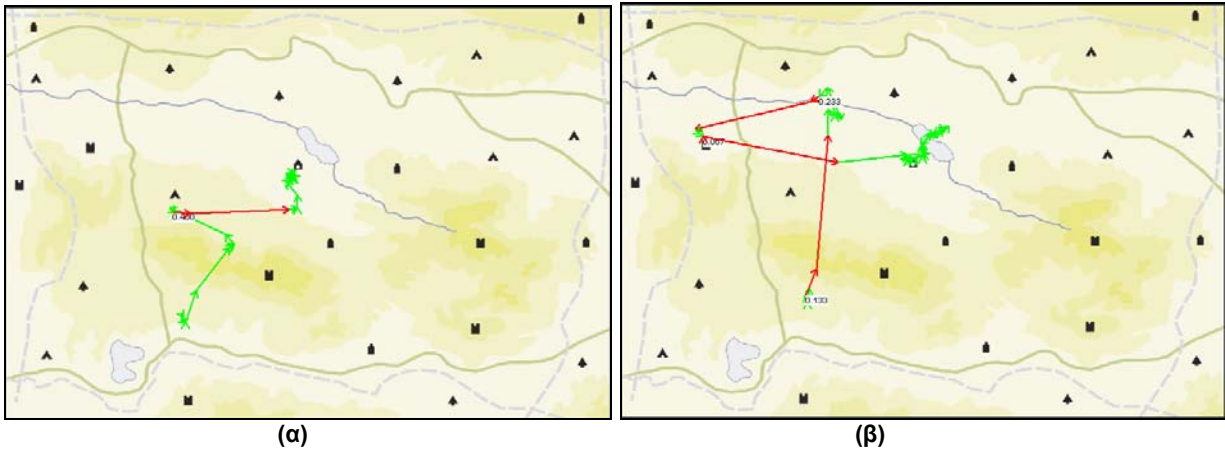
(β)

Σχήμα 4.66 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_4

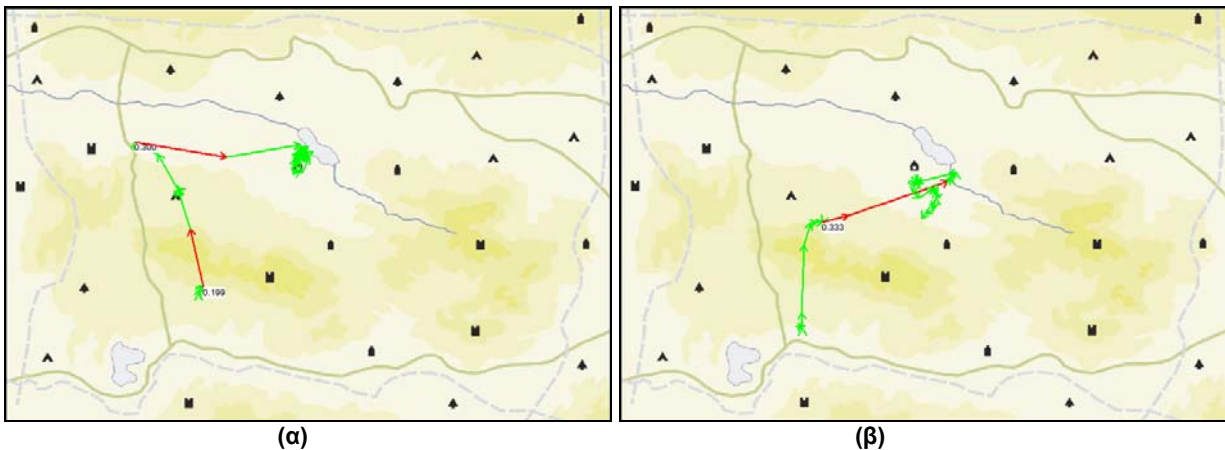
Στην οπτική σκηνή P5\_4, η οποία αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα, ο αναζητούμενος στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο του χάρτη (κάτω αριστερά σε σχέση με το κέντρο). Για τα υποκείμενα 2, 3, 4, 5, 6 και 8 η οπτική αναζήτηση ξεκινάει από το σημείο όπου είχε τοποθετηθεί το προηγούμενο σύμβολο-στόχος. Η μορφή του ίχνους στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 3, 7 και 8 είναι καμπυλόγραμμη με δεξιόστροφη φορά. Η καμπύλη αυτή κατευθύνεται από το σημείο έναρξης προς το

κέντρο της οπτικής σκηνής, για τις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 7 και 8 ενώ στην περίπτωση του 3, η καμπύλη του ίχνους καταλαμβάνει περισσότερο χώρο στο χάρτη(το υποκείμενο αναζητά το στόχο στα άκρα της οπτικής σκηνής). Η καταγραφή του οπτικού ίχνους, στις περιπτώσεις των υποκειμένων 4 και 5, είναι ευθύγραμμη με κατεύθυνση προς το στόχο. Τα σημεία εστίασης του βλέμματος των υποκειμένων αντιστοιχούν σε θέσεις γύρω από τα σύμβολα του υποβάθρου. Η επιβεβαίωση για την εύρεση του στόχου γίνεται στις περιπτώσεις των υποκειμένων 6 και 7.

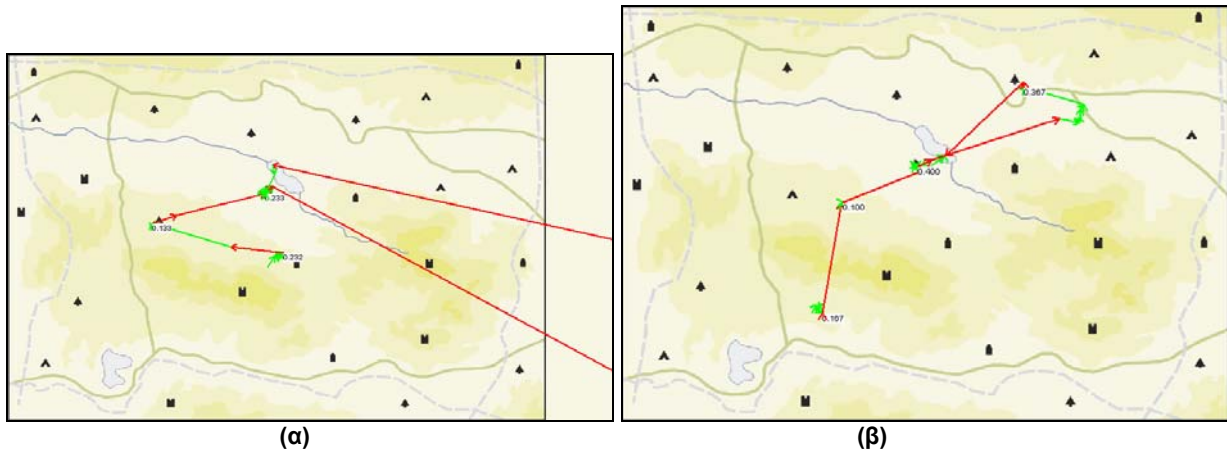
### Οπτική σκηνή P5\_5



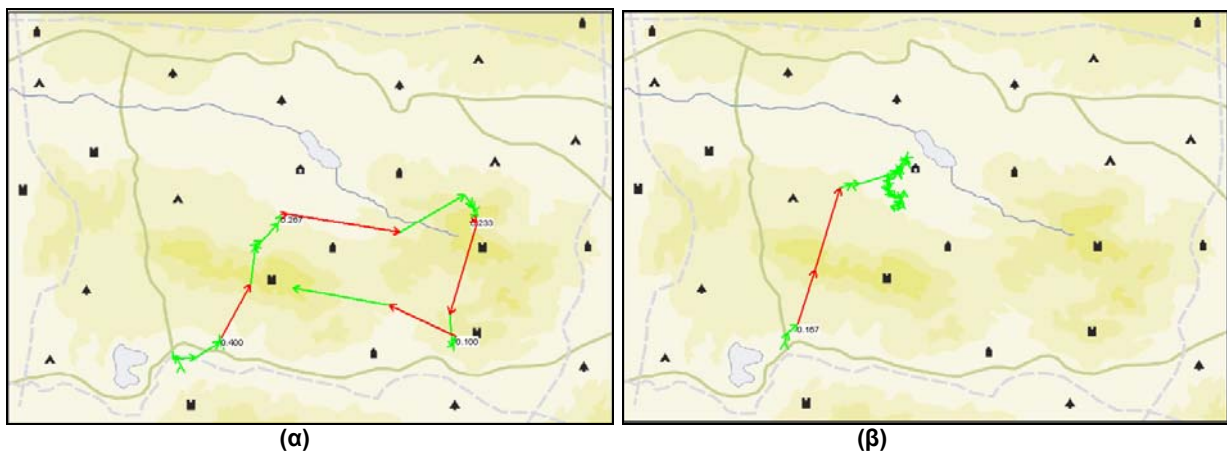
Σχήμα 4.67 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1 (α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_5



Σχήμα 4.68 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_5



**Σχήμα 4.69 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_5

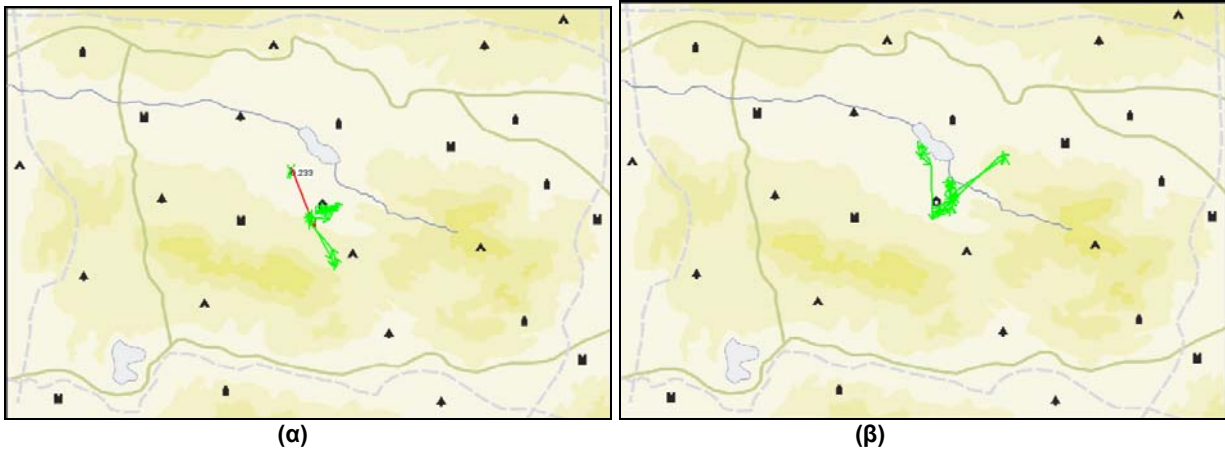


**Σχήμα 4.70 :** Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_5

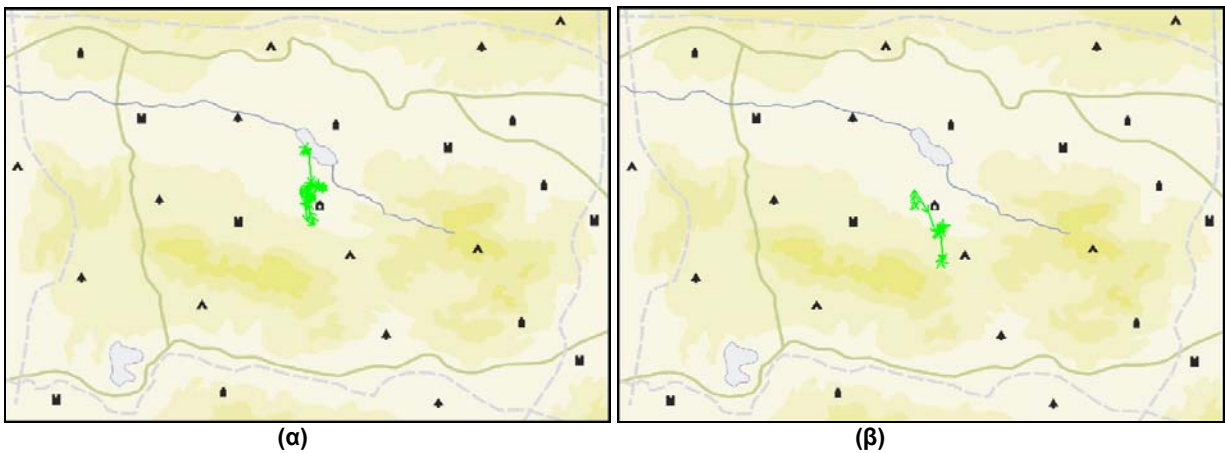
Η οπτική σκηνή P5\_5 αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα και ο στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο της. Η οπτική αναζήτηση έχει ως σημείο έναρξης τη θέση όπου είχε τοποθετηθεί ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή για τις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 2, 3, 4, 6, 7 και 8. Η εύρεση του στόχου πραγματοποιείται με μία σχεδόν ευθεία κίνηση, στις περισσότερες περιπτώσεις (το υποκείμενο 2 εκτελεί, πριν την μετάβαση στο στόχο, αναζήτηση στο πάνω αριστερό μέσο του χάρτη). Η απόκλιση από την ευθύγραμμη κίνηση, παρατηρείται λόγω της εστίασης στα σύμβολα περισπαστές στις περιπτώσεις των υποκειμένων 1, 3, 4 και 7. Επιβεβαίωση για την εύρεση του στόχου πραγματοποιείται από το υποκείμενο 6.



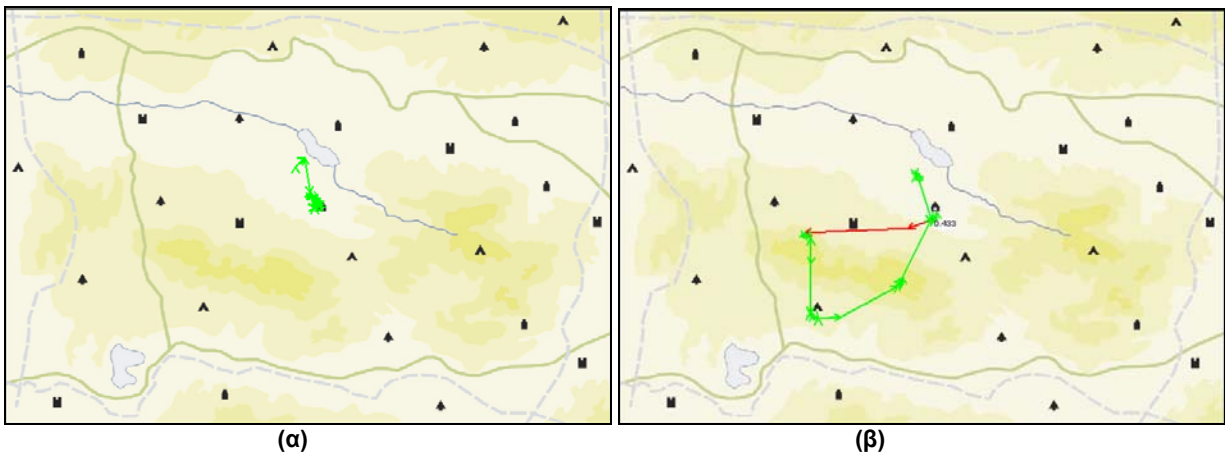
## Οπτική σκηνή P5\_6



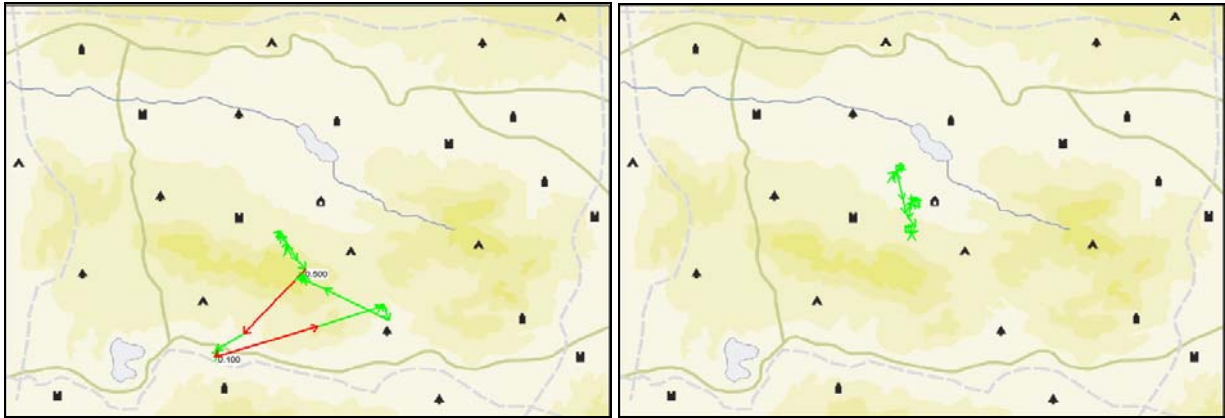
Σχήμα 4.71 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2(β) στην οπτική σκηνή P5\_6



Σχήμα 4.72: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3(α) και 4(β) στην οπτική σκηνή P5\_6



Σχήμα 4.73: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5(α) και 6(β) στην οπτική σκηνή P5\_6



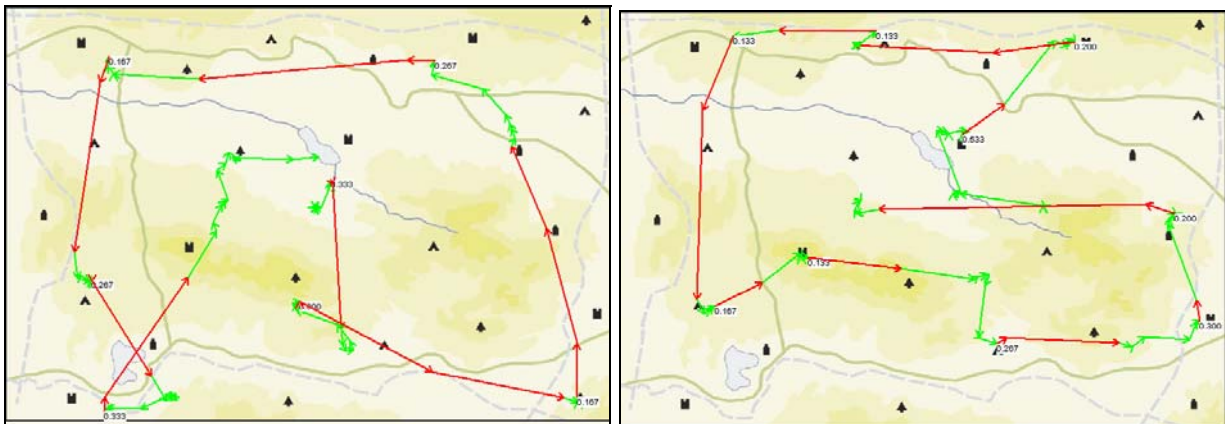
(α)

(β)

Σχήμα 4.74: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_6

Η οπτική σκηνή P5\_6, όπου ο στόχος είναι τοποθετημένος στο κέντρο, αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα. Τα υποκείμενα της έρευνας, ξεκινώντας από τη θέση όπου είχε τοποθετηθεί ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή, τον εντοπίζουν στη νέα του θέση εκτελώντας μια κίνηση ευθύγραμμης μορφής. Το ίχνος των υποκειμένων 6 και 7 δηλώνει ότι ο στόχος εντοπίζεται ξανά μετά την εύρεση του.

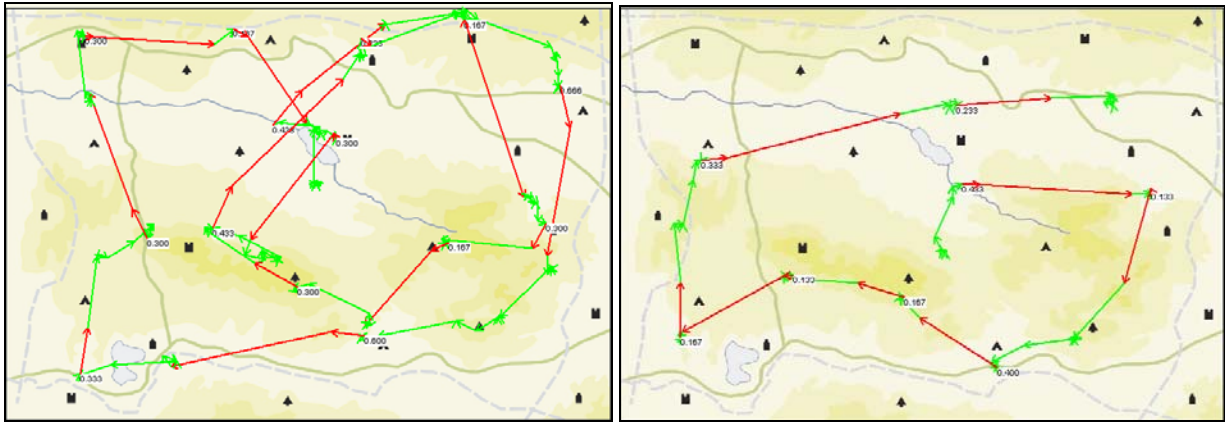
### Οπτική σκηνή P5\_7



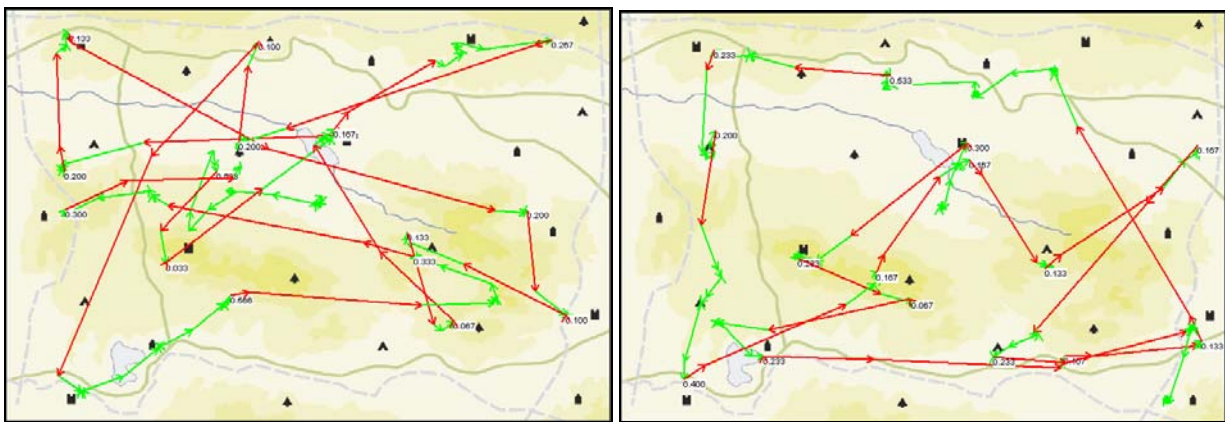
(α)

(β)

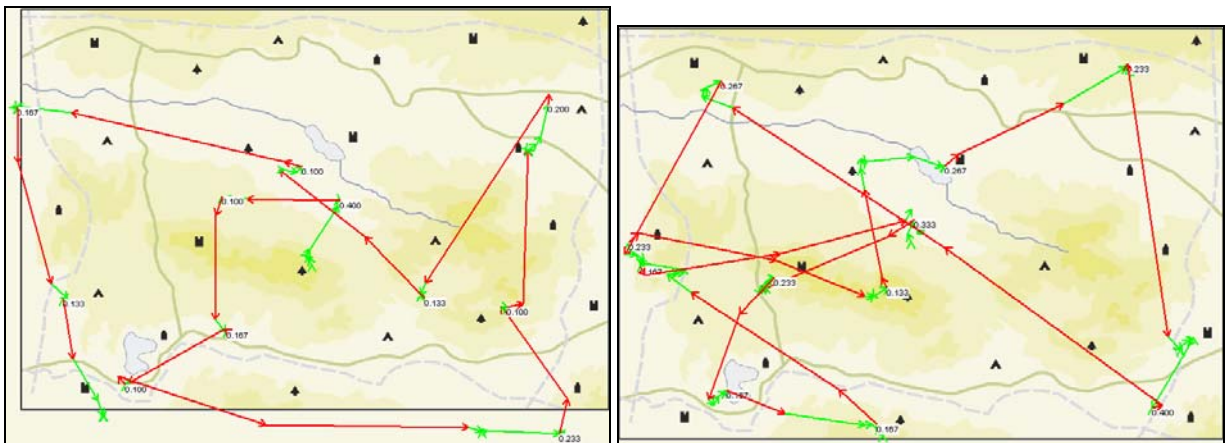
Σχήμα 4.75 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_7



Σχήμα 4.76 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_7



Σχήμα 4.77 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_7

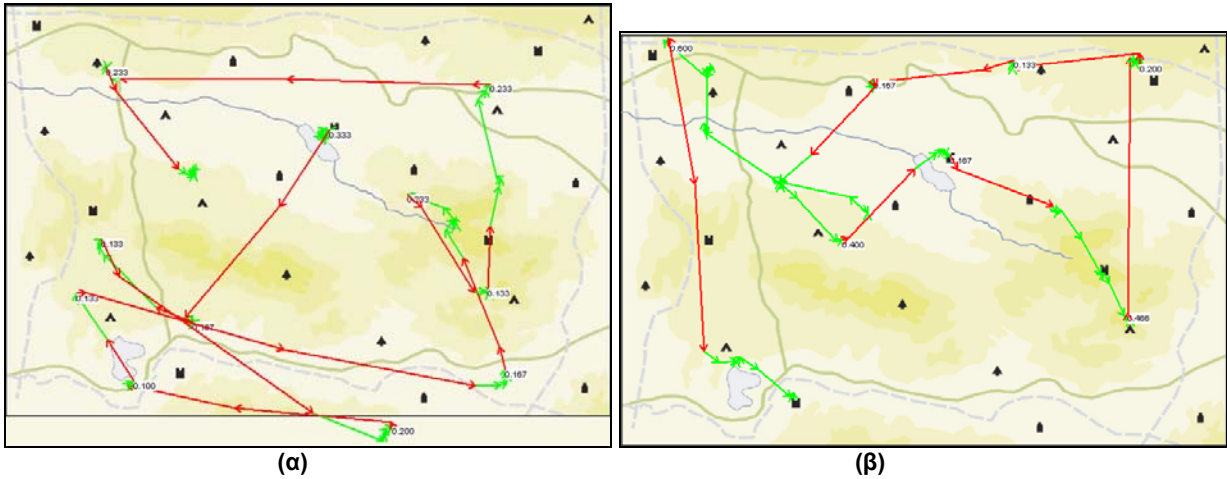


Σχήμα 4.78 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_7

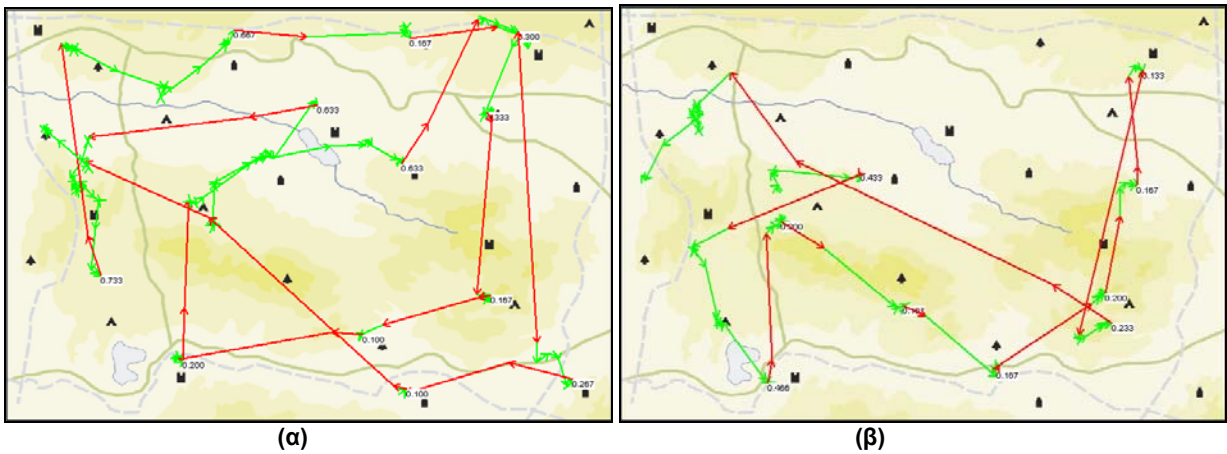
Η οπτική σκηνή P5\_7 αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα. Το σύμβολο-στόχος με την χαρακτηριστική ιδιότητα της οπής απουσιάζει. Τα υποκείμενα ξεκινούν την αναζήτηση από το κέντρο του χάρτη, όπου είχε τοποθετηθεί ο στόχος στην οπτική σκηνή P5\_6. Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1, 2, 3, 4, 6 και 7 εμφανίζουν μια σπειροειδή μορφή, η οποία είναι αριστερόστροφη στις περιπτώσεις των

υποκειμένων 1, 3 και 7 και δεξιόστροφες σε αυτές των υποκειμένων 2, 4 και 6. Οι καταγραφές των υποκειμένων 5 και 8 δεν φαίνεται να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη μορφή. Τα υποκείμενα εστιάζουν περισσότερο σε περιοχές του χάρτη, όπου υπάρχουν σύμβολα.

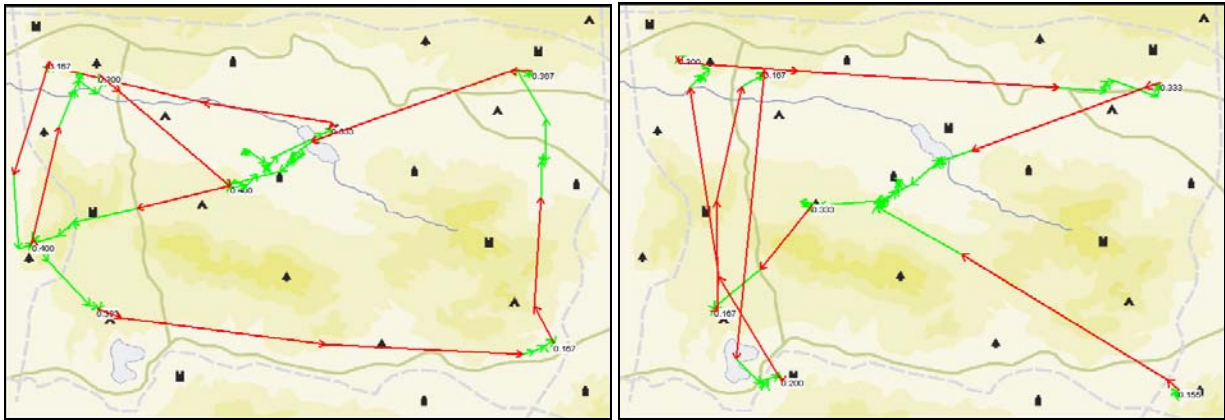
### Οπτική σκηνή P5\_8



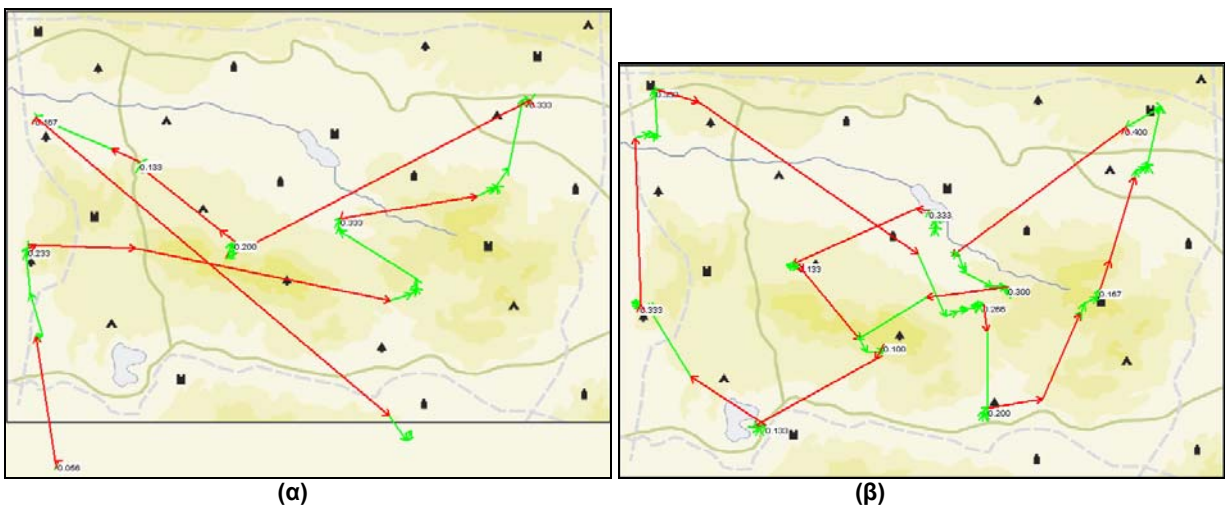
Σχήμα 4.79 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 1(α) και 2 (β) στην οπτική σκηνή P5\_8



Σχήμα 4.80 : Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 3 (α) και 4 (β) στην οπτική σκηνή P5\_8



Σχήμα 4.81: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 5 (α) και 6 (β) στην οπτική σκηνή P5\_8



Σχήμα 4.82: Οι οφθαλμικές καταγραφές των υποκειμένων 7 (α) και 8 (β) στην οπτική σκηνή P5\_8

Η οπτική σκηνή P5\_8 αποτελείται από εικονογραφικά σύμβολα και η αναζήτηση πραγματοποιείται χωρίς την ύπαρξη του συμβόλου στόχου. Τα υποκείμενα 1, 2 και 8 ξεκινούν την αναζήτηση από το σημείο όπου είχε ολοκληρωθεί η αντίστοιχη στην προηγούμενη οπτική σκηνή του πειράματος. Οι μετακίνηση των οφθαλμών των υποκειμένων στο χαρτογραφικό υπόβαθρο, δεν έχει κάποια συγκεκριμένη μορφή.

#### 4.2.3 Διερεύνηση των χρόνων αναζήτησης

Οι χρόνοι αναζήτησης των υποκειμένων στις οπτικές σκηνές, απομονώθηκαν από το αρχείο, το οποίο δημιουργείται κατά την καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων τους, στη χρονική διάρκεια διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας. Στους πίνακες 4.4 και 4.5 που ακολουθούν, εμφανίζεται ο χρόνος αναζήτησης, σε κάθε οπτική σκηνή, των 21 υποκειμένων που συμμετείχαν στην έρευνα.

Πίνακας 4.4 : Χρόνος αναζήτησης των υποκειμένων 1-10 στις οπτικές σκηνές του πειράματος

Οπτική σκηνή	Χρόνος αναζήτησης υποκειμένων 1-10 (sec)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A4_0	2.0993	1.9993	2.3659	2.2325	2.7649	2.0326	2.8656	2.3992	2.8989	2.5324
A4_1	3.8986	4.0319	4.6650	2.7656	2.9314	3.6653	3.4654	4.0652	3.9318	3.1655

A4_2	2.8990	2.7990	3.2321	2.6657	2.0320	2.9322	2.3658	2.9656	3.2988	2.1659
A4_3	1.6992	2.6657	2.4325	1.8660	1.6989	2.7990	1.6326	1.7328	2.1325	1.5661
A4_4	1.6660	2.3658	2.2658	1.5661	2.5983	2.3658	1.4994	1.7994	1.8659	1.6661
A4_5	1.3328	2.1992	1.9660	1.6993	1.7987	1.5994	1.2328	1.5994	1.4661	1.5661
A4_6	1.3661	2.1326	1.6661	1.4994	1.5656	1.2662	1.0329	1.5328	1.6993	1.2662
A4_7	1.6993	2.9656	4.5651	2.5657	2.3984	2.5324	1.9326	2.8656	11.8289	2.2991
A4_8	2.6324	3.2322	5.0982	2.7989	2.8314	2.5324	1.7327	2.6990	6.9640	1.9993
P5_0	1.6327	2.2659	1.7994	1.6327	1.3990	1.7660	2.4657	1.3328	2.2325	1.7327
P5_1	2.3325	2.8323	2.6324	2.1325	2.6315	5.7312	1.5327	2.3991	3.4986	1.5994
P5_2	4.0652	2.4658	2.8324	2.1325	2.7981	2.6990	1.9326	2.1046	3.6986	1.8660
P5_3	1.6328	2.5657	1.8660	2.3657	2.0986	2.3657	1.2329	2.0992	1.5993	3.0656
P5_4	1.5661	2.1325	2.9323	1.7327	1.5989	2.1325	1.8992	1.5994	3.9491	1.3662
P5_5	1.3329	2.1993	1.6660	1.4328	1.5657	1.3662	1.2662	1.5994	2.0325	1.4328
P5_6	1.2995	2.1992	1.4994	1.2662	1.2991	1.2662	1.0663	1.2662	1.7327	1.0996
P5_7	2.8656	2.7656	5.6979	2.7323	4.6303	4.7648	2.7656	3.4654	7.8304	2.1326
P5_8	3.0988	3.0656	5.4314	3.3321	3.4644	3.0321	2.0992	3.4321	5.3313	2.3325

Πίνακας 4.5 : Χρόνος αναζήτησης των υποκειμένων 11-21 στις οπτικές σκηνές του πειράματος

Οπτική σκηνή	Χρόνος αναζήτησης υποκειμένων 11-21 (sec)										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A4_0	2.7323	1.9653	3.2312	1.7993	2.7990	2.0326	2.5324	2.5991	1.9993	2.0326	2.3991
A4_1	2.5990	2.6648	7.0620	2.4991	2.5324	2.3991	2.8322	4.5984	9.0635	2.5324	3.1656
A4_2	3.0321	1.9653	4.3304	4.6649	2.1325	1.8993	1.8993	1.4661	4.4984	3.8653	2.2659
A4_3	2.0658	1.6322	3.4311	1.5994	1.6328	1.9327	1.2662	3.1655	4.5651	1.8660	1.9660
A4_4	2.0658	2.1319	3.3644	1.5328	1.7327	2.0659	1.3661	2.0327	4.8650	1.3994	1.5995
A4_5	1.5660	1.6988	2.0653	1.0329	2.3658	2.0659	1.2662	1.3995	2.9989	1.5994	1.7660
A4_6	1.7660	1.7321	2.3318	1.1329	1.5661	1.0330	1.1995	1.4995	2.5657	1.4994	1.7660
A4_7	3.4653	2.8980	3.7975	3.4654	1.9660	2.2659	2.8655	1.8660	3.7987	2.3325	2.5656
A4_8	2.6656	2.8981	4.6636	2.6323	2.2659	2.2326	2.8989	1.9993	4.5648	3.2322	2.3991
P5_0	2.0659	1.7655	2.0653	1.8659	1.5994	1.4662	1.7327	1.4994	1.6994	1.4328	1.4994
P5_1	2.2658	3.0646	3.2978	2.4657	1.8660	2.3658	3.6319	2.0660	3.9986	1.9327	1.8660
P5_2	2.9322	2.0987	6.0129	2.3991	2.6657	3.8653	1.6328	2.1659	3.0656	2.5991	2.5991
P5_3	2.2325	1.5323	3.4977	2.2991	4.0985	1.6660	2.5657	2.3659	3.6654	1.8660	2.0326
P5_4	1.9992	2.3651	3.3311	1.1996	1.5661	2.2659	2.6989	1.8993	2.5325	1.5994	2.3991
P5_5	1.8992	1.7989	3.9974	1.1995	1.6661	3.9986	1.4661	1.4662	2.1992	1.7327	1.8994
P5_6	1.6660	1.2658	2.4983	0.9663	1.2329	1.5994	1.3328	1.9327	2.1658	1.3995	1.7661
P5_7	2.7990	2.5983	6.9287	2.1658	2.6657	3.3988	3.6319	2.0326	5.1648	2.6323	3.1655
P5_8	3.6319	2.3985	5.8295	1.9992	3.6987	3.0322	3.0321	2.7324	4.9649	1.4994	3.2322

Οι μέσοι χρόνοι αναζήτησης που προκύπτουν ανά οπτική σκηνή εμφανίζονται στον πίνακα 4.6 :

Πίνακας 4.6 : Μέσος χρόνος αναζήτησης στις οπτικές σκηνές του πειράματος

Οπτική σκηνή	Μέσος χρόνος αναζήτησης(sec)
A4_0	2.3958
A4_1	3.7397
A4_2	2.8274
A4_3	2.1594
A4_4	2.0864
A4_5	1.7278
A4_6	1.5771
A4_7	3.1876

<b>A4_8</b>	3.0939
<b>P5_0</b>	1.7596
<b>P5_1</b>	2.6735
<b>P5_2</b>	2.7920
<b>P5_3</b>	2.3197
<b>P5_4</b>	2.1317
<b>P5_5</b>	1.8675
<b>P5_6</b>	1.5152
<b>P5_7</b>	3.6588
<b>P5_8</b>	3.3653

Στον πίνακα 4.7 που ακολουθεί, εμφανίζονται οι μέσοι χρόνοι αναζήτησης, στις περιπτώσεις των γεωμετρικών και των εικονογραφικών συμβόλων ανάλογα με την παρουσία ή την απουσία του στόχου. Επιπλέον, στον ίδιο πίνακα, εμφανίζονται οι μέσοι χρόνοι αναζήτησης ανάλογα με τις διαφορετικές θέσεις του στόχου, στις περιπτώσεις ο τελευταίος υπάρχει στην σκηνή αναζήτησης.

**Πίνακας 4.7 :** Χρόνοι αναζήτησης γεωμετρικού και εικονογραφικού συμβόλου ανάλογα με την παρουσία ή όχι του στόχου και ανάλογα με τη θέση του στο χάρτη στις περιπτώσεις που αυτός υπάρχει

<b>Γεωμετρικά σύμβολα</b>	<b>Στόχος παρών</b>	2.353 sec	<b>περιφέρεια</b>	3.284 sec
			<b>μέσο</b>	2.123 sec
			<b>κέντρο</b>	1.652 sec
	<b>Στόχος απών</b>	3.141 sec		
<b>Εικονογραφικά σύμβολα</b>	<b>Στόχος παρών</b>	2.217 sec	<b>περιφέρεια</b>	2.733 sec
			<b>μέσο</b>	2.226 sec
			<b>κέντρο</b>	1.691 sec
		<b>Στόχος απών</b>	3.512 sec	

Τα δύο σημειακά σύμβολα, έχουν χρησιμοποιηθεί ως στόχοι προς αναζήτηση μεταξύ των ίδιων συμβόλων περισπαστών και στο ίδιο υπόβαθρο, σε προηγούμενο χαρτογραφικό πείραμα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας (Michaelidou et al. 2005). Οι αντίστοιχοι μέσοι χρόνοι αναζήτησης παρουσιάζονται στον πίνακα 4.8 που ακολουθεί:

**Πίνακας 4.8 :** Χρόνοι αναζήτησης γεωμετρικού και εικονογραφικού συμβόλου ανάλογα με την παρουσία ή όχι του στόχου και ανάλογα με τη θέση του στο χάρτη στις περιπτώσεις που αυτός υπάρχει (πηγή: Michaelidou et al. 2005)

<b>Γεωμετρικά σύμβολα</b>	<b>Στόχος παρών</b>	0.989 sec	<b>περιφέρεια</b>	1.274sec
			<b>μέσο</b>	0.942 sec
			<b>κέντρο</b>	0.752 sec
	<b>Στόχος απών</b>	2.572 sec		
<b>Εικονογραφικά σύμβολα</b>	<b>Στόχος παρών</b>	1.355 sec	<b>περιφέρεια</b>	1.897 sec
			<b>μέσο</b>	1.247 sec
			<b>κέντρο</b>	0.922 sec
		<b>Στόχος απών</b>	3.994 sec	

Οι αντίστοιχοι χρόνοι αναζήτησης διαφέρουν στις δύο πειραματικές διαδικασίες. Στον πίνακα 4.9, παρουσιάζονται οι διαφορές που εμφανίζονται ανάλογα με την τοποθέτηση του συμβόλου στις διαφορετικές περιοχές του χάρτη(στην περιφέρεια, στο μέσο και στο κέντρο) καθώς και η διαφορά των χρόνων κατά τη διάρκεια της αναζήτησης του στόχου όταν αυτός απουσιάζει.

**Πίνακας 4.9 :** Σύγκριση των αντίστοιχων χρόνων αναζήτησης για τα δύο χαρτογραφικά πειράματα

<b>Θέση του στόχου στο χάρτη</b>	<b>Γεωμετρικά σύμβολα</b>	<b>Εικονογραφικά σύμβολα</b>
<b>Περιφέρεια</b>	-2.010 sec	-0.836 sec
<b>Μέσο</b>	-1.181 sec	-0.979 sec
<b>Κέντρο</b>	-0.900 sec	-0.769 sec
<b>Μ.Ο. (παρουσία στόχου)</b>	-1.364 sec	-0.861 sec
<b>Απουσία στόχου</b>	-0.569 sec	0.482 sec





## 5.1 Συμπεράσματα

Η καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων αποτελεί μια μέθοδο, η οποία μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την εικόνα του οπτικού ίχνους που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της αναζήτησης σε οπτικές σκηνές. Επιπλέον, η ίδια μεθοδολογία είναι σε θέση να υποδείξει εκείνα τα σημεία των προβαλλόμενων σκηνών στα οποία εστιάζουν την προσοχή τους τα υποκείμενα κατά την ανάγνωση ενός χάρτη. Για την διεξαγωγή των συμπερασμάτων, αναλύεται η μορφή των χαρτογραφούμενων οφθαλμικών ιχνών των υποκειμένων σύμφωνα με τα κριτήρια που έχουν οριστεί κατά το σχεδιασμό του πειράματος. Επιπροσθέτως, η καταγραφή των χρόνων αναζήτησης μας δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης του πειράματος με το πείραμα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας (Michaelidou et al. 2005), το οποίο χρησιμοποιεί τους ίδιους στόχους και το ίδιο χαρτογραφικό υπόβαθρο.

Η παρατήρηση με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης και η σύγκριση των αντίστοιχων χαρτογραφούμενων οπτικών ιχνών των υποκειμένων, οδηγεί στην εξαγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων:

- Το σημείο από όπου ξεκινάει η αναζήτηση πάνω σε μία οπτική σκηνή, αντιστοιχεί κατά το πλείστον στη θέση όπου βρισκόταν τοποθετημένο το σύμβολο-στόχος στην προηγούμενη σκηνή. Επιπλέον, υπάρχουν περιπτώσεις υποκειμένων όπου η έναρξη της οπτικής αναζήτησης δεν πραγματοποιείται από τη θέση αυτή. Στις περιπτώσεις αυτές, τα υποκείμενα κατευθύνονται, πριν από κάθε άλλη διαδικασία αναζήτησης, προς τη θέση τοποθέτησης του στόχου στην προηγούμενη οπτική σκηνή.
- Όταν ο στόχος είναι τοποθετημένος στο μέσο ή στο κέντρο του χάρτη, η μετάβαση από το άκρο και από το μέσο αντίστοιχα γίνεται με μια σχεδόν ευθεία κίνηση (η μορφή της προσεγγίζει ένα ευθύγραμμο τμήμα το οποίο ορίζεται από το σημείο που ήταν τοποθετημένος ο στόχος στην προηγούμενη οπτική σκηνή και το σημείο που αντιστοιχεί στη θέση του στόχου).
- Τα σημεία όπου εστιάζουν την προσοχή τους τα υποκείμενα (fixations) κατά τη διάρκεια της οπτικής αναζήτησης αντιστοιχούν σε θέσεις όπου είναι τοποθετημένα τα σύμβολα ή σε θέσεις όπου το χαρτογραφικό υπόβαθρο γίνεται πιο σύνθετο (π.χ. στη θέση όπου η υπάρχουν οι λίμνες) σε σχέση με το υπόλοιπο. Η «οπτική μετάβαση», από σύμβολο σε σύμβολο (για την επιβεβαίωση αν αποτελεί ή όχι το ζητούμενο στόχο) γίνεται με σακκαδικές κινήσεις (saccades).
- Η επιβεβαίωση των υποκειμένων ως προς την εύρεση του στόχου, είναι ανεξάρτητη από το σημείο όπου αυτός είναι τοποθετημένος.
- Στις περιπτώσεις που ο στόχος είναι τοποθετημένος στο άκρο ή απουσιάζει, το οπτικό ίχνος καταλαμβάνει μεγαλύτερο μέρος της σκηνής σε σχέση με την αναζήτηση του στόχου στις οπτικές σκηνές, όπου το αναζητούμενο σύμβολο βρίσκεται στο μέσο ή το κέντρο.
- Οι αναζητήσεις που πραγματοποιούνται, όταν απουσιάζει το σύμβολο-στόχος δεν φαίνεται να έχουν κάποια συγκεκριμένη μορφή ή κατεύθυνση. Συνήθως, σ' αυτές τις περιπτώσεις, η αναζήτηση ξεκινάει από το κέντρο ή το μέσο του χάρτη και εκτείνεται προς τα άκρα του. Το οπτικό ίχνος δημιουργείται από ένα σύνολο περιστροφικών κινήσεων ή πολλών διαφορετικών καμπυλόγραμμων κινήσεων, οι οποίες όμως δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο.

Από την διερεύνηση των χρόνων αναζήτησης των υποκειμένων κατά τη διάρκεια της αναζήτησης των δύο στόχων στις αντίστοιχες οπτικές σκηνές, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στην περίπτωση που ο στόχος είναι παρών στην οπτική σκηνή, η αναζήτηση πραγματοποιείται ταχύτερα. Το στοιχείο αυτό ισχύει για την αναζήτηση στα υπόβαθρα με τα γεωμετρικά σύμβολα και σε εκείνα με τα αντίστοιχα εικονογραφικά.
- Στην περίπτωση που ο στόχος είναι παρών, η αναζήτηση στα γεωμετρικά σύμβολα διαρκεί περίπου το ίδιο χρονικό διάστημα από την αντίστοιχη αναζήτηση στα εικονογραφικά σύμβολα.
- Στην περίπτωση που το σύμβολο-στόχος υπάρχει στην οπτική σκηνή, η αναζήτηση διαρκεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην περίπτωση που αυτός είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια, μικρότερο χρονικό διάστημα όταν έχει τοποθετηθεί στο μέσο, ενώ οι μικρότεροι χρόνοι αναζήτησης αντιστοιχούν στις περιπτώσεις όπου ο στόχος έχει τοποθετηθεί στο κέντρο της οπτικής σκηνής. Έτσι, τόσο στην περίπτωση των γεωμετρικών, όσο και στην αντίστοιχη των εικονογραφικών συμβόλων, οι χρόνοι αναζήτησης αυξάνονται όσο η τοποθέτηση του στόχου γίνεται προς τα άκρα του χαρτογραφικού υποβάθρου.
- Στην περίπτωση που ο στόχος απουσιάζει από την οπτική σκηνή, η διαδικασία της οπτικής αναζήτησης διαρκεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην περίπτωση των εικονογραφικών συμβόλων.

Συγκρίνοντας τους χρόνους αναζήτησης με τους αντίστοιχους του προηγούμενου χαρτογραφικού πειράματος, προκύπτει μια χρονική διαφορά, η οποία είναι περίπου ίση με 1 sec (διαφορά 1.364 sec στα αφαιρετικά σύμβολα και 0.861 sec στα αντίστοιχα εικονογραφικά) στην περίπτωση που ο στόχος είναι παρών στην οπτική σκηνή. Επιπλέον, οι χρόνοι αναζήτησης που είχαν προκύψει για τα γεωμετρικά σύμβολα ήταν μικρότεροι από τα αντίστοιχα εικονογραφικά, στο προηγούμενο χαρτογραφικό πείραμα. Οι χρονικές διαφορές που προκύπτουν οφείλονται, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, στη διαφορετική φύση της πειραματικής διαδικασίας που έχει ακολουθηθεί για τη διεξαγωγή των δύο χαρτογραφικών πειραμάτων. Παρατηρούμε, ότι τα υποκείμενα εκτελούν την οπτική αναζήτηση στις δύο πρώτες οπτικές σκηνές του πειράματος, όπου τα σύμβολα είναι αφαιρετικά και το σύμβολο-στόχος είναι τοποθετημένο στην περιφέρεια, σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από την αντίστοιχη αναζήτηση, όπου τα σύμβολα είναι εικονογραφικά και ο στόχος είναι τοποθετημένος στην περιφέρεια. Ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας των υποκειμένων, στις συνθήκες του πειράματος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και είναι σε θέση να αμβλύνει το χρονικό διάστημα των οπτικών αναζητήσεων στις οπτικές σκηνές που προβάλλονται αρχικά. Επιπλέον, οι χρονικές διαφορές στους χρόνους αναζήτησης που προκύπτουν στις υπόλοιπες περιπτώσεις, είναι πολύ πιθανόν να οφείλονται στο χρόνο αντίδρασης του χειριστή του συστήματος. Ο χρόνος αντίδρασης έχει να κάνει με το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη χρονική στιγμή της εύρεσης του ζητούμενου στόχου ή της επιβεβαίωσης του υποκειμένου για την απουσία του στην οπτική σκηνή μέχρι την χρονική στιγμή που ο χειριστής του συστήματος πατάει το πλήκτρο για την εναλλαγή του προβαλλόμενου χάρτη.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τους χρόνους αναζήτησης επιβεβαιώνονται από τις καταγραφές των οπτικών ίχνων που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της οπτικής αναζήτησης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο χρόνος αναζήτησης του συμβόλου αυξάνεται στις περιπτώσεις όπου απουσιάζει ο ζητούμενος στόχος, αντίστοιχα όσο κινούμαστε από το κέντρο προς τα άκρα του χάρτη για την εύρεση του ζητούμενου στόχου. Παρατηρώντας τα χαρτογραφούμενα ίχνη που δημιουργούνται είναι δυνατόν να εξηγηθεί η ύπαρξη της χρονικής διαφοράς. Τα οπτικά ίχνη που αντιστοιχούν σε αναζητήσεις όπου ο στόχος απουσιάζει έχουν πιο σύνθετη μορφή και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο μέρος της οπτικής σκηνής. Αντίστοιχα, η πολυπλοκότητα του οπτικού ίχνους εξαρτάται από την τοποθέτηση του στόχου. Στα

άκρα του χάρτη εμφανίζονται, πιο σύνθετες μορφές οπτικών ιχνών, άρα και μεγαλύτεροι χρόνοι αναζήτησης (ή και αντίστροφα), ενώ με την τοποθέτηση του συμβόλου στόχου, η μορφή του ίχνους απλοποιείται.

## 5.2 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Η μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης αποτελεί ένα σπουδαίο εργαλείο για την διεξαγωγή χαρτογραφικών (και όχι μόνο) ερευνών. Η χαρτογράφηση του οπτικού ίχνους που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παρατήρησης ενός χάρτη αναπαριστά την οπτική μετακίνηση του βλέμματος του αναγνώστη, δίνοντας πληροφορίες σχετικές με τη μορφή αυτής της μετακίνησης, τη κατεύθυνση της, το μέγεθος της πολυπλοκότητας της αλλά και πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τα σημεία εστίασης του ενδιαφέροντος. Η παρούσα εργασία, αποτέλεσε μια πρώτη προσπάθεια, ώστε να κατανοηθούν οι παράμετροι και ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος καταγραφής. Στα πλαίσια της έρευνας, σχεδιάστηκε ένα χαρτογραφικό πείραμα, η βάση του οποίου στηρίζεται σε ένα παλαιότερο πείραμα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας. Η έρευνα είναι δυνατόν να επεκταθεί, διερευνώντας επιπλέον τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σε όμοια αλλά και διαφορετικής μορφής χαρτογραφικά πειράματα.

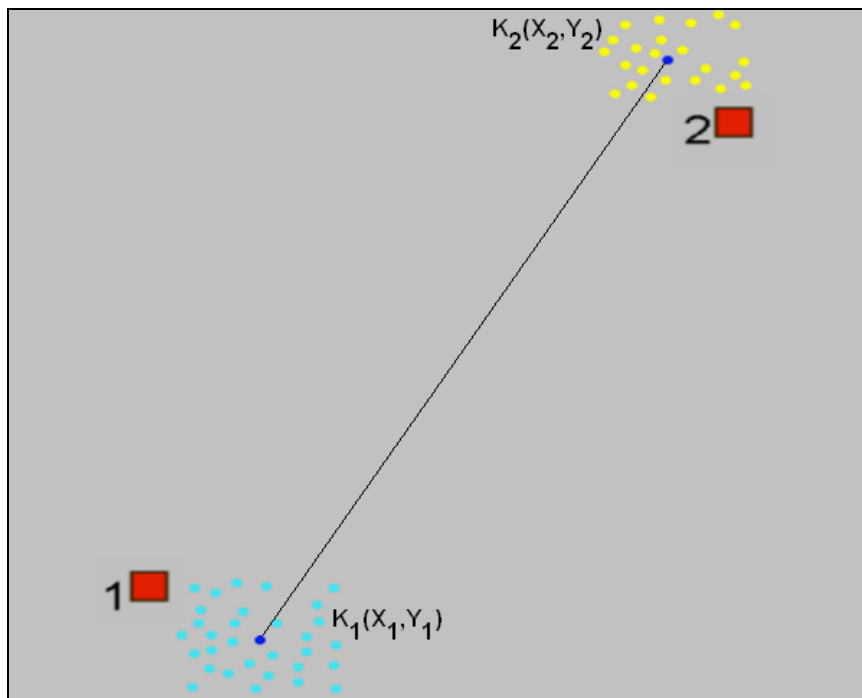
Ξεκινώντας από το σύστημα καταγραφής, ένα βασικό στοιχείο το οποίο είναι δυνατόν να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής έρευνας είναι η περαιτέρω διερεύνηση των παραμέτρων και των μεθόδων που χρησιμοποιεί το σύστημα για την καταγραφή της οφθαλμικής κίνησης. Ειδικά, θα παρουσίαζε μεγάλο ενδιαφέρον, η μελέτη των παραμέτρων της αυτοβαθμονόμησης του συστήματος. Η αξιολόγηση των μεταβλητών του συστήματος μπορεί να γίνει μέσω των στοιχείων που υπολογίζονται από το πρόγραμμα βαθμονόμησης, το οποίο δημιουργήθηκε για τον έλεγχο της ακρίβειας των καταγραφών.

Ο παράγοντας της ακινητοποίησης του υποκειμένου, στην περίπτωση που το αποτέλεσμα της καταγραφής είναι η καμπύλη του οπτικού ίχνους, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας. Οποιαδήποτε μετακίνηση του υποκειμένου γίνεται εμφανής στη διαδικασία ανάλυσης του χαρτογραφούμενου ίχνους. Το αποτύπωμα των οφθαλμικών κινήσεων, στις περιπτώσεις που αλλάζει η σχετική θέση του οπτικού κέντρου του υποκειμένου και της οθόνης προβολής ή η αντίστοιχη της κάμερας του συστήματος με τον οφθαλμό, φαίνεται να εμφανίζεται μετατοπισμένο πάνω στην οπτική σκηνή, χωρίς να χάνεται η μορφή του. Η μετακίνηση του υποκειμένου κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας γίνεται εύκολα αντιληπτή στην δεύτερη βαθμονόμηση του συστήματος, το υπόβαθρο της οποίας αποτελεί και την τελευταία οπτική σκηνή του πειράματος. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο, είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι το υποκείμενο έχει μετακινηθεί, αλλά δεν γνωρίζουμε τη χρονική στιγμή που έγινε η μετακίνηση αυτή. Οι μετατοπίσεις του υποκειμένου, ουσιαστικά, αντιστοιχούν σε μια αλλαγή του συστήματος αναφοράς του οπτικού κέντρου. Θα ήταν δυνατόν να διορθωθούν οι θέσεις των μετατοπισμένων οπτικών ιχνών, στην περίπτωση που γνωρίζαμε σε ποιο χρονικό σημείο έγινε η μετακίνηση.

Μια λύση που προτείνεται είναι ο έλεγχος του παράγοντα της ακινητοποίησης του υποκειμένου μετά την ολοκλήρωση της οπτικής αναζήτησης σε κάθε οπτική σκηνή (ή μετά από την προβολή κάποιου συγκεκριμένου αριθμού σκηνών, για παράδειγμα ανά 3 ή 4 σκηνές). Ο έλεγχος μπορεί να πραγματοποιηθεί τοποθετώντας σταθερά σημεία στην οθόνη προβολής (αντίστοιχα με τους 9 σταθερούς στόχους της οθόνης βαθμονόμησης) τα οποία θα παρατηρεί το υποκείμενο για κάποιο χρονικό διάστημα. Ο αριθμός, η συχνότητα εμφάνισης και η θέση των σημείων στην οθόνη θα πρέπει να

επιλεχθούν κατάλληλα, ώστε να μην αυξάνεται σε μεγάλο ποσοστό ο χρόνος διεξαγωγής, ο οποίος με τη σειρά του οδηγεί στην κόπωση του υποκειμένου με άμεση συνέπεια τη φθίνουσα απόδοσή του. Ένας τρόπος διόρθωσης των συντεταγμένων των καταγραφών του συστήματος, λόγω της σχετικής μετακίνησης της θέσης του οπτικού κέντρου του υποκειμένου με την οθόνη προβολής του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης περιγράφεται παρακάτω:

Έστω ότι τοποθετούμε δύο σταθερούς στόχους στην οθόνη προβολής(στόχοι 1 και 2 στο σχήμα) και έστω οι αντίστοιχες καταγραφές που αναφέρονται σε κάθε ένα από τα δύο σημεία (Σχήμα 5.1). Η αντιστοίχιση των σημείων της καταγραφής με τα σταθερά σημεία γίνεται με τρόπο όμοιο με τον αντίστοιχο της διαδικασίας της βαθμονόμησης. Για κάθε μία από τις δύο ομάδες των σημείων καταγραφής, βρίσκουμε το κέντρο βάρους.



Σχήμα 5.1 : Η οθόνη βαθμονόμησης με τα δύο σταθερά σημεία

Το σημείο  $K_1(x_1, y_1)$  αντιστοιχεί στις οφθαλμικές καταγραφές κατά τη συγκέντρωση της προσοχής του υποκειμένου στο σημείο 1 και το  $K_2(x_2, y_2)$  στις αντίστοιχες για το σημείο 2. Η διόρθωση των συντεταγμένων πραγματοποιείται με την εφαρμογή μιας μετάθεσης, μιας στροφής και με την αλλαγή της κλίμακας του ευθύγραμμου τμήματος  $K_1-K_2$ , ώστε να ταυτιστεί με το αντίστοιχο τμήμα 1-2. Ουσιαστικά, η διαδικασία της βαθμονόμησης αναφέρεται στην εύρεση των τεσσάρων παραμέτρων ενός μετασχηματισμού ομοιότητας(μετάθεση, στροφή και κλίμακα), η οποία πραγματοποιείται ως εξής:

Αν  $(x_1, y_1)$  οι συντεταγμένες του σημείου 1 και  $(x_2, y_2)$  οι συντεταγμένες του σημείου 2, στο σύστημα αναφοράς της εικόνας όπου έχουν προσδιοριστεί και οι αντίστοιχες συντεταγμένες των σημείων  $K_1$  και  $K_2$  και αν  $a, b, c$  και  $d$  οι παράμετροι του μετασχηματισμού ομοιότητας, τότε έχουμε:

$$X_1 = ax_1 + by_1 + c$$

$$Y_1 = -bx_1 + ay_1 + d$$

$$X_2 = ax_2 + by_2 + c$$

$$Y_2 = -bx_2 + ay_2 + d$$

Το παραπάνω σύστημα, σε μορφή πινάκων γράφεται ως εξής:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & -x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & -x_2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$$

Οι παράμετροι του μετασχηματισμού δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & -x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & -x_2 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix}$$

Μετά την εύρεση των τεσσάρων παραμέτρων, οι διορθωμένες συντεταγμένες, προκύπτουν από την αντίστροφη σχέση του μετασχηματισμού ομοιότητας:

$$\begin{bmatrix} x_\delta \\ y_\delta \end{bmatrix} = \frac{1}{a^2 + b^2} \cdot \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X-c \\ Y-d \end{bmatrix}$$

Οι συνθήκες και η μεθοδολογία διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας είναι δυνατόν να τροποποιηθούν με το σχεδιασμό μιας διαφορετικής μορφής πειράματος. Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι ο παράγοντας της ακινητοποίησης του υποκειμένου επιδρά τόσο στην κόπωση του υποκειμένου (κατά συνέπεια στην απόδοσή του) όσο και στην ακρίβεια των μεγεθών της καταγραφής, στην περίπτωση που οι οπτικές σκηνές προβάλλονται σε μία οθόνη. Η τροποποίηση των συνθηκών του χαρτογραφικού πειράματος μπορεί να επιτευχθεί αν τη θέση της οθόνης προβολής καταλάβει ο φυσικός χώρος. Τα υποκείμενα είναι δυνατόν να υποβάλλονται σε μια διαδικασία παρατήρησης πραγματικών αναλογικών χαρτών, ενώ η οθόνη προβολής του συστήματος θα χρησιμοποιείται μόνο για την βαθμονόμησή του. Έτσι, ο χρόνος διεξαγωγής μπορεί να αυξηθεί καθώς ο παράγοντας της κόπωσης περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό. Βέβαια, στην περίπτωση που η παρατήρηση γίνεται με αυτές τις συνθήκες, αλλάζει και ο τρόπος ανάλυσης της οφθαλμικής καταγραφής, η οποία δεν πραγματοποιείται πλέον σε μια απεικόνιση δύο διαστάσεων, όπως αυτή της οθόνης προβολής, αλλά στον τρισδιάστατο χώρο.

Η μεθοδολογία που έχει χρησιμοποιηθεί στα προηγούμενα χαρτογραφικά πειράματα του εργαστηρίου Χαρτογραφίας ήταν διαφορετική. Ωστόσο, τα χαρτογραφικά υπόβαθρα, τα σύμβολα-στόχοι και τα σύμβολα-περισπαστές της πειραματικής

διαδικασίας που σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, είχαν σχεδιαστεί στα πλαίσια του πρώτου πειράματος (Michaelidou et al. 2005). Η επανάληψη και των τριών πειραμάτων κάνοντας χρήση της μεθοδολογίας καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης, με την αντίστοιχη αναζήτηση όλων των στόχων, θα ήταν σε θέση να δώσει περισσότερες απαντήσεις στα πλαίσια της έρευνας. Δημιουργούνται ερωτήματα σχετικά με τα σημεία προσοχής και την μορφή του οπτικού ίχνους που δημιουργείται κατά την παρατήρηση ενός χάρτη τόσο στην περίπτωση που το χαρτογραφικό υπόβαθρο γίνεται πιο σύνθετο όσο και στην περίπτωση όπου ο χάρτης συνοδεύεται από υπόμνημα.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, έγινε η διερεύνηση των παραμέτρων διεξαγωγής μιας πειραματικής διαδικασίας με τη μεθοδολογία καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης. Επιπλέον, σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε το χαρτογραφικό πείραμα το οποίο μας έδωσε την εικόνα του οπτικού ίχνους που δημιουργείται κατά την αναζήτηση ενός γεωμετρικού και ενός εικονογραφικού συμβόλου με την τοπολογική ιδιότητα της οπής. Η διερεύνηση της μορφής του οπτικού ίχνους παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Τα κριτήρια που ορίστηκαν για αυτή τη διαδικασία αποτελούσαν περισσότερο μια «ποιοτική» προσέγγιση. Το πρόβλημα της διερεύνησης είναι δυνατόν να αποκτήσει ποσοτική διάσταση, η οποία θα βασίζεται στον ορισμό δεικτών ομοιότητας των καμπύλων των χαρτογραφούμενων ιχνών. Με αυτόν τον τρόπο, η διαδικασία της σύγκρισης μεταξύ των αντίστοιχων ιχνών των υποκειμένων μπορεί να αυτοματοποιηθεί, μειώνοντας τα περιθώρια του σφάλματος.







## 6.1 Βιβλιογραφικές πηγές

- Baluja S., Pommerleau D. (1994). Non-Intrusive Gaze Tracking using Artificial Neural Networks, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA
- Bergen J. R., Julesz B. (1983). Textons, the fundamental elements in preattentive vision and perception of textures, *Bell Sys Tech. J.*, 62, 1619-1646
- Bertin J. C. (1983). *Semiology of Graphics : Diagrams, Networks, Maps*, Berlin:Madison: University of Wisconsin Press (French edition 1967)
- Cameron J. R., Skofronik J. G., Grant R.M. (2001), Φυσική του ανθρωπίνου σώματος
- Castner H., Lywood D. (1978), Eye movement recording / some approaches to the study of map perception, *The Canadian Cartographer*, 15(December), 142-150
- Chang K.T., Lenzen T., Antes J. (1985), The Effect of Experience on Reading Topographic Relief Information: Analyses of Performance and Eye Movements, *The Cartographic Journal*, 22, 88-94
- Cheal M. & Lyon D. (1992). Attention in visual search: Multiple search classes, *Perception and Psychophysics*, 52(2), 113-138
- Chen L. (2001). Perceptual organization: to reverse back the inverted (upside-down) question of feature binding, *Visual Cognition*, 8, 287-303
- Coltekin A., Garlandini S., Heil B., Fabrikant S. I. (2008), Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study with Eye Movement Analysis, *Proceedings of 17<sup>th</sup> International Research Symposium on Computer-based Cartography*, Shepherdstown, West Virginia, USA
- Desimone R., Duncan J. (1995). Nelson, E.S. (1994). Color detection on bivariate choropleth maps: The visual search process, *Cartographica*, 31(4), 33-43
- Donnelly N., Found A., Muller H. J. (2000). Are shape differences detected in preattentive vision?, *Visual Cognition* 2000, 7(6), 719-741
- Duchowski A.T. (2007). *Eye Tracking Methodology, Theory and Practice*, Second Edition, Springer
- Duncan J., Humphreys G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity, *Psych. Review*, 96, 433-458
- Eastman J. R. (1985). Cognitive Models and Cartographic Design Research, *Cartographic Journal*, 22(2), 95-101. Clark University, Worcester, MA, USA
- Enns J. (1986). Seeing textons in context, *Perception & Psychophysics*, 39, 143-147
- Forrest D., Castner H. W. (1985). The design and perception of point symbols for tourist maps, *Cartographic Journal*, 22, 11-19

- Glenstrup A. J., Engell-Nielsen T. (1995). Eye Controlled Media: Present and Feature State, University of Copenhagen
- Hoffman J. E. (1979). A tow-stage model of visual search, Perception & Psychophysics, 25, 319-327
- Howard D. (1983). Cognitive Psychology, New York: Macmillan Publishing Co.
- Julesz B. (1981). Textons, the elements of texture perception, and their interactions, Nature, 290, 91-97
- Julesz B. (1984). A brief outline of the texton theory of human vision, Trends in Neuroscience, 7(Feb), 41-45
- Κασιδώνη Α. (2005). Χαρακτηριστικά του σχήματος και η αντίληψη σε προ-προσοχής αντιληπτικές διαδικασίες, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ. ,Ε.Μ.Π.
- Keates J. S. (1982). Understanding Maps, Longman, London
- Kilkoyone J. R. (1973). Pictographic symbols in cartography: a study of efficient map reading, Ph. D Dissertation, University of Washington
- Λεωνίδου Α. (2004). Οπτικά Μοντέλα του Οφθαλμού
- Lloyd R. (1988). Searching for Map Symbols: The cognitive processes, The American Cartographer, 15, 363-377
- Lloyd R. (1997). Visual search processes used in map reading, Cartographica, 34 ,11-32
- MacEachren A.M. (1995), How Maps Work :Representation, Visualization, and Design, Department of Geography, Pennsylvania State University, The Guilford Press, New York
- Μαγκανιώτη Α., Νικητοπούλου Σ. (2005). Εξελιγμένες τεχνικές επεξεργασίας και ανάλυσης ψηφιακών εικόνων αμφιβληστροειδούς με χρήση πλατφόρμας MATLAB, Διπλωματική Εργασία, Σ.Η.Μ.Μ.Υ, Ε.Μ.Π.
- Μαρκάκη Β.(2005), Υπολογισμός Παραμέτρων Κίνησης Οφθαλμού μέσω Κάμερας με Χρήση Τεχνικών Επεξεργασίας Εικόνας, Μεταπτυχιακή Εργασία, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό στη Βιοϊατρική Τεχνολογία, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Σ.Η.Μ.Μ.Υ, Ε.Μ.Π.
- Michaelidou E., Filippakopoulou V., Nakos B., Petropoulou A. (2005) ,Designing Point Map Symbols: The effect of preattentive attribute of shape, Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, Spain
- Morita T.(1991), Criteria for evaluation of display design in an interactive GIS using the eye movement measurement method, Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Cartographic Association Conference, 2, 886-890

- Πετροπούλου Α. (2002). Η συμβολή των θεωριών για την όραση, την αντίληψη και την προσοχή στη χαρτογραφική έρευνα. Εμπειρική έρευνα της επίδρασης της χωρικής συχνότητας στην επιλεκτικότητα του σχήματος, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.
- Phillips W. F. (1973). A study of symbol design for elementary school maps, Ph. D Dissertation, University of Kansas
- Πλαϊνης Σ. (2006). Ινστιτούτο οπτικής και όρασης, Οφθαλμικές Κινήσεις, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Οπτική και Όραση».
- Πλαϊνης Σ. (2007). Ινστιτούτο οπτικής και όρασης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Διακριτική ικανότητα του οφθαλμού – Οπτική οξύτητα.
- Πούλιου Ε. (2006). Η επίδραση χαρακτηριστικών του σχήματος στην αναζήτηση σημειακών συμβόλων, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.
- Robinson A. H., Morrison J. L., Muehrcke P. C., Kimerling A. J., Guptill S. C. (2002). Στοιχεία Χαρτογραφίας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- Robinson A. H., Sale R. D. Morrison J.L., Muehrcke P.C. (1984), Elements of Cartography, New York: Wiley
- Scott D., Findlay J. M. (1991). Visual search, eye movements and display analysis, IBM Ltd., Hursley, UK
- Sternberg S. (1969). Memory-Scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments, American Scientist, 57, 421-457
- Treisman A. & Souther J. (1985). Search asymmetry: A diagnostic for preattentive processing of separable features, Journal of Experimental Psychology: General, 114, 285-310
- Treisman A. (1986). Features and objects in visual processing, Scientific America, 255, 114B-125
- Treisman A. (1993). The perception of features and objects. Attention: Selection, awareness and control, 5-35, Oxford: Calendron Press
- Treisman A., Gelade G. (1980) . A feature-integration theory of attention, Cognitive Psychology, 12, 97-136
- Treisman A., Gormican S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries, Psych. Review, 95, 15-48
- Τσαγκαράκη Α. (2007). Η επίδραση χαρακτηριστικών του σχήματος και της εικονικότητας στην αναζήτηση σημειακών συμβόλων σε χάρτη, Μεταπτυχιακή Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.
- Vecera S. (2000). Toward a biased competition account of object-based segregation and attention. Brain and Mind

ViewPoint EyeTracker®, PC-60 Software User Guide, Arrington Research

Wolfe J. M. (2000). Visual Attention, Da Valois KK(ed) Seeing 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, CA, Academic Press, 335-386

Wolfe J. M., Bennett S. C. (1997). Preattentive Object Files: Shapeless bundles of basic features, Vision Research, 37(1), 25-44

Wolfe J. M., Cave K. R. (1989). Deploying visual attention: The guided search model, In T. Trosciano & A. Blake (Eds), AI and the Eye, 79-103, Chichester, UK: Wiley and Sons

Zhu Z., Ji Q. (2005). Robust real-time eye detection and tracking under variable lighting conditions and various face orientations, Computer Vision and Image Understanding, 98(1), 124-154

## **6.2 Δικτυακές πηγές**

<http://el.wikipedia.org>

<http://optics-vision.med.uoc.gr>

<http://panacea.med.uoa.gr>

<http://www.arringtonresearch.com>

<http://www.qubitsystems.com>

<http://www.yorku.ca>





## Οδηγίες για τη χρήση του προγράμματος βαθμονόμησης του συστήματος

Για την χρήση του προγράμματος βαθμονόμησης, πρέπει αρχικά να απομονωθούν τα δεδομένα της καταγραφής που αφορούν την βαθμονόμηση πριν την εμφάνιση του πρώτου στόχου προς αναζήτηση και τα αντίστοιχα για την δεύτερη βαθμονόμηση που πραγματοποιείται μετά την εμφάνιση του τελευταίου χάρτη του πειράματος. Τα δεδομένα αυτά, εξάγονται από το αρχείο το οποίο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της καταγραφής.

Το αρχείο, που αφορά την πρώτη βαθμονόμηση του συστήματος (before calibration) περιέχει τα δεδομένα του αρχείου καταγραφής που παρεμβάλλονται μεταξύ των κεφαλίδων της ακόλουθης μορφής:

```
16      t1      experiment_images/1280x1024_before_experiment.bmp
16      t2      experiment_images/A4_0.bmp
```

αντίστοιχα για την δεύτερη βαθμονόμηση του συστήματος, τα δεδομένα περιέχονται μεταξύ των ακόλουθων κεφαλίδων:

```
16      t3      experiment_images/1280x1024_after_experiment.bmp
12      t4      END
```

όπου  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  :οι αντίστοιχοι χρόνοι από την έναρξη του αρχείου καταγραφής

Στο παράδειγμα που ακολουθεί φαίνεται, η αρχή και το τέλος των στοιχείων που αποτελούν την πρώτη και τη δεύτερη βαθμονόμηση του συστήματος κατά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, όπως προκύπτουν από το αρχείο καταγραφής:

16	2.683465	experiment_images/1280x1024_before_experiment.bmp								
10	2.6991	33.3469	0.4406	0.3253	-1	0.1088	0.6682	1	0.1471	81
10	2.7324	33.2977	0.4391	0.3412	-1	0.1074	0.7346	1	0.1666	82
10	2.7657	33.3254	0.4390	0.3429	-1	0.1073	0.7409	1	0.1998	83
10	2.7990	33.3165	0.4416	0.3324	-1	0.1075	0.7873	1	0.2333	84
10	2.8323	33.3218	0.4416	0.3324	-1	0.1075	0.7873	1	0.2663	85
10	2.8656	33.317	0.4416	0.3369	-1	0.1073	0.7875	1	0.2999	86
10	2.8990	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1088	0.7806	1	0.3331	87
10	2.9323	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1285	0.6284	1	0.3665	88
10	2.9657	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1124	0.5995	1	0.3998	89
10	2.9990	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1054	0.6631	1	0.0333	90
10	3.0322	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1042	0.6168	1	0.0665	91
10	3.0656	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.1039	0.5698	1	0.0335	92
10	3.0989	33.3216	0.4416	0.3369	-1	0.0947	0.6165	1	0.0666	93
10	3.1322	33.3216	0.0765	0.1041	-1	0.0955	0.6139	1	0.1001	94
10	3.1655	33.3197	0.0765	0.1041	-1	0.0955	0.6139	1	0.0332	95
10	3.1989	33.3232	0.0749	0.0888	-1	0.0963	0.5723	1	0.0667	96
10	3.2322	33.3203	0.0708	0.0879	-1	0.0952	0.5730	1	0.0998	97
10	3.2655	33.3211	0.0743	0.0916	-1	0.0965	0.5651	1	0.1335	98
10	3.2988	33.3231	0.0699	0.0894	-1	0.0947	0.5758	1	0.1668	99
10	3.3321	33.3216	0.0687	0.0919	-1	0.0941	0.5762	1	0.1999	100
10	3.3655	33.3190	0.0680	0.1054	-1	0.0929	0.6149	1	0.2333	101
10	3.3988	33.3232	0.0602	0.1035	-1	0.0892	0.6027	1	0.2666	102
10	3.4321	33.3218	0.0602	0.1035	-1	0.0892	0.6027	1	0.2998	103
10	3.4654	33.3210	0.0602	0.1035	-1	0.0892	0.6027	1	0.3333	104

Έναρξη των γραμμών του αρχείου καταγραφής που αφορούν την πρώτη βαθμονόμηση



10	50.7152				-1	0.0989	0.9424	1	0.1327	1522
10	50.7486				-1	0.0989	0.9424	1	0.1664	1523
10	50.7820				-1	0.0989	0.9424	1	0.1997	1524
10	50.8154	33.2454	0.7782	0.8237	-1	0.0995	0.9113	1	0.2329	1525
10	50.8488	33.3266	0.7782	0.8237	-1	0.0995	0.9113	1	0.2663	1526
10	50.8819	33.3203	0.7812	0.8314	-1	0.0993	0.9327	1	0.2993	1527
10	50.9152	33.3224	0.7046	0.7612	3	0.1030	0.8158	1	0.3329	1528
16	50.928850	experiment_images/A4_0.bmp								
10	50.9485	33.3260	0.6925	0.7538	3	0.0961	0.9055	1	0.3760	1529
10	50.9818	33.3160	0.6933	0.7441	3	0.0981	0.8734	1	0.0234	1530
10	51.0151	33.3215	0.6897	0.7437	3	0.0958	0.9037	1	0.0567	1531
10	51.0485	33.3214	0.6934	0.7408	3	0.0974	0.8889	1	0.0335	1532
10	51.0818	33.3218	0.6900	0.7432	3	0.0956	0.9059	1	0.0666	1533
10	51.1151	33.3203	0.6896	0.7413	3	0.0952	0.9168	1	0.1000	1534
10	51.1484	33.3224	0.6896	0.7413	3	0.0952	0.9168	1	0.1334	1535
10	51.1817	33.3210	0.6934	0.7408	3	0.0974	0.8889	1	0.1668	1536
16	90.760875	experiment_images/1280x1024_after_experiment.bmp								
10	90.7677	33.3333	0.3500	0.4630	-1	0.1027	0.7710	1	0.2882	2724
10	90.7910	33.3151	0.3662	0.4841	-1	0.0976	0.7624	1	0.3003	2725
10	90.8143	33.3151	0.3662	0.4803	-1	0.0976	0.7529	1	0.0329	2726
10	90.8676	33.3151	0.3662	0.4803	-1	0.0976	0.7529	1	0.0665	2727
10	90.9009				-1	0.0970	0.7912	1	0.0996	2728
10	90.9343				-1	0.0973	0.7813	1	0.1330	2729
10	90.9676				-1	0.0996	0.7509	1	0.1664	2730
10	91.0009				-1	0.0974	0.7735	1	0.1996	2731
10	145.048			296	3	0.1035	0.9115	1	0.2000	4353
10	145.081			236	3	0.1018	0.9200	1	0.2332	4354
10	145.1150			8236	3	0.1018	0.9200	1	0.2665	4355
10	145.1483			0.8236	3	0.1018	0.9200	1	0.2998	4356
10	145.1817			0.8240	3	0.0989	0.9581	1	0.3331	4357
10	145.2150	33.3211	0.6834	0.8171	3	0.1000	0.9184	1	0.3663	4358
10	145.2482	33.3219	0.6485	0.7846	3	0.1055	0.8658	1	0.3998	4359
10	145.2816	33.3221	0.5653	0.7122	-1	0.0977	0.8858	1	0.0334	4360
12	145.304225	END								

Τελευταία γραμμή του αρχείου καταγραφής που αφορά την πρώτη βαθμονόμηση

Έναρξη των γραμμών του αρχείου καταγραφής που αφορούν τη δεύτερη βαθμονόμηση

Τελευταία γραμμή του αρχείου καταγραφής που αφορά τη δεύτερη βαθμονόμηση

Το πρόγραμμα βαθμονόμησης έχει υλοποιηθεί στο περιβάλλον του μαθηματικού λογισμικού Matlab. Έτσι, για την εκτέλεση του, είναι απαραίτητη η ύπαρξη του συγκεκριμένου λογισμικού. Για την λειτουργία του προγράμματος, πρέπει αρχικά στο πεδίο Current Directory να τοποθετηθεί η διεύθυνση του συστήματος, όπου περιέχεται ο φάκελος με τον αλγόριθμο βαθμονόμησης (Η προεπιλεγμένη διεύθυνση του συστήματος η οποία χρησιμοποιείται από το λογισμικό, αντιστοιχεί στο φάκελο work που υπάρχει στα αρχεία που εγκαθίστανται στο σκληρό δίσκο μαζί με την εγκατάσταση του λογισμικού). Στον φάκελο της βαθμονόμησης, πρέπει να τοποθετηθούν και τα δύο αρχεία που αντιστοιχούν στις δύο βαθμονομήσεις του συστήματος.

Για την εκτέλεση του προγράμματος, πληκτρολογούμε στο παράθυρο εντολών(Command Window) του λογισμικού, τη λέξη calibration. Έπειτα, επιλέγουμε το αρχείο της βαθμονόμησης. Στο παράθυρο εντολών, τυπώνεται η αναφορά με τα στοιχεία της βαθμονόμησης που έχουν προκύψει από το συγκεκριμένο αρχείο. Επιπλέον, εμφανίζεται η θέση των σημείων της καταγραφής που συμμετείχαν στην εκτίμηση της ακρίβειας του συστήματος, στο σύστημα αναφοράς του συστήματος καταγραφής της οφθαλμικής κίνησης Eye Tracker, καθώς και η κατανομή τους πάνω στο υπόβαθρο της βαθμονόμησης.

Στο επόμενο παράδειγμα, φαίνεται η μορφή της αναφοράς του προγράμματος καθώς και των διαγραμμάτων με τις θέσεις των σημείων:

### Μορφή αρχείου αναφοράς, του προγράμματος βαθμονόμησης

Eye Tracking System  
Calibration

Calculate Statistics

#### System Informations

---

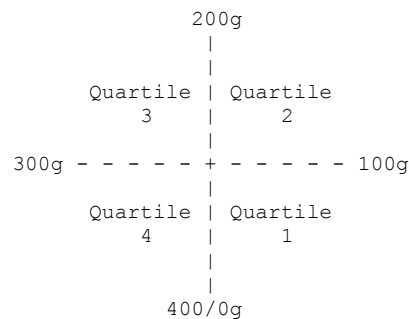
Number of fixed points: 9  
 Number of measured points: 1448  
 Max of x axis(eye tracker units): 1.25  
 Max of y axis(eye tracker units): 1.00  
 Screen Resolution : 1280 x 1024 pixels  
 Screen Dimensions : 37.70 x 30.15 cm  
 Screen-Subject Distance : 55.50 cm  
 Height of Optical Centre : 39.50 cm  
 Height of Screen Centre : 31.00 cm

---

#### Distances

Fixed Point	Average Distance (eye tracker units)	Stand. Deviation (eye tracker units)	Average Distance (pixels)	Stand. Deviation (pixels)
1	0.015	0.0076	15	8
2	0.014	0.0095	15	10
3	0.036	0.0071	37	7
4	0.018	0.0110	18	11
5	0.022	0.0079	23	8
6	0.025	0.0090	26	9
7	0.015	0.0086	15	9
8	0.013	0.0075	14	8
9	0.016	0.0087	17	9
Total Accuracy	0.020	0.0085	20	9

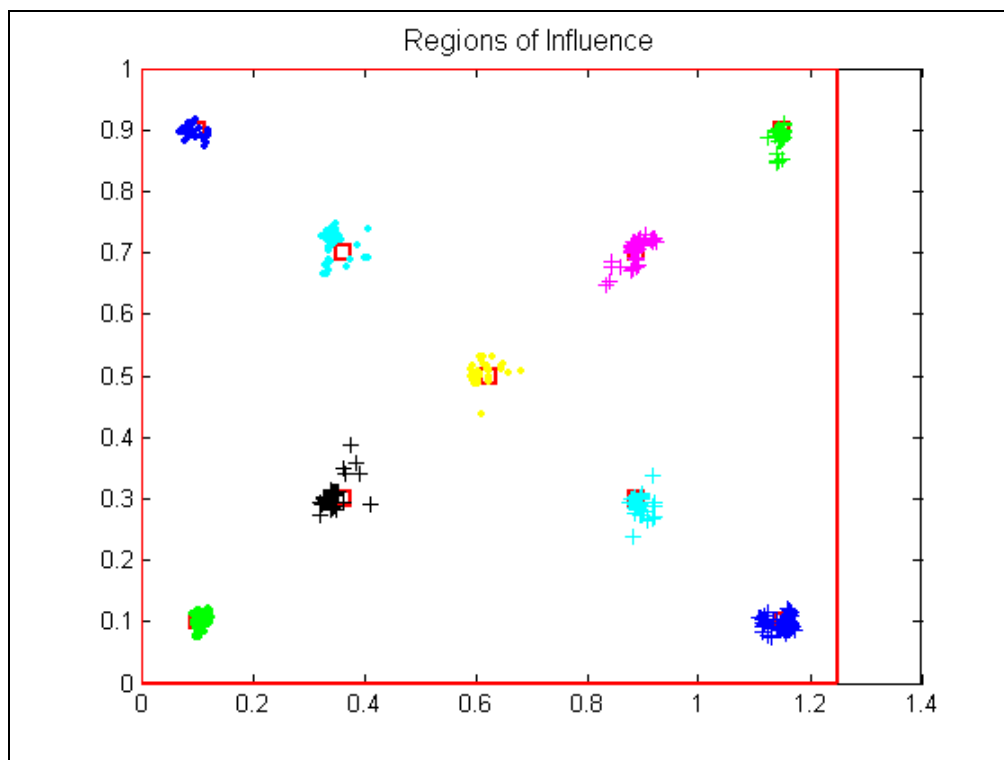
#### Quartile Analysis



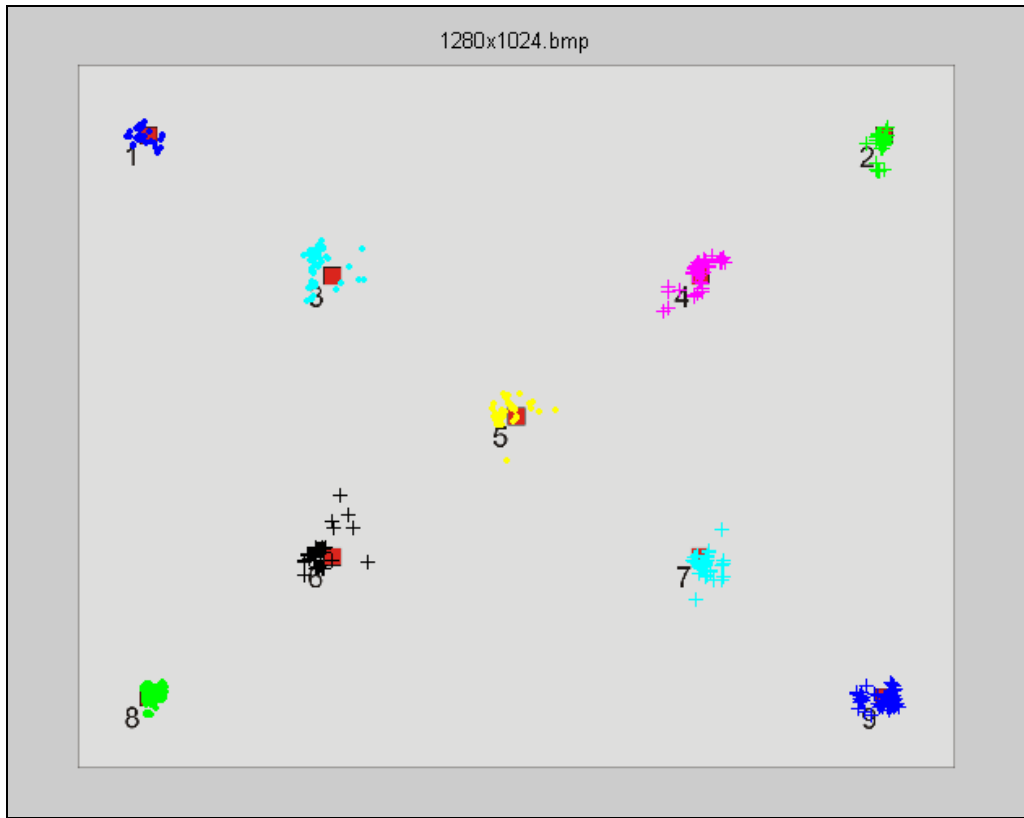
Fixed Point	Number of Points	Number of Points(3σ)	Quartile 1 (0-100 grad)	Quartile 2 (100-200 grad)	Quartile 3 (200-300 grad)	Quartile 4 (300-400 grad)
1	135	132	12	1	36	83
2	148	141	19	2	3	91
3	154	149	5	2	130	12
4	164	160	6	34	109	11
5	161	153	6	7	63	48
6	162	159	2	5	50	100
7	175	158	66	39	1	42
8	171	164	32	91	28	12
9	178	169	67	29	8	65

Points ratio

Fixed Point	Quartile 1 (%)	Quartile 2 (%)	Quartile 3 (%)	Quartile 4 (%)
1	9.1	0.8	27.3	62.9
2	13.5	1.4	2.1	64.5
3	3.4	1.3	87.2	8.1
4	3.8	21.3	68.1	6.9
5	3.9	4.6	41.2	31.4
6	1.3	3.1	31.4	62.9
7	41.8	24.7	0.6	26.6
8	19.5	55.5	17.1	7.3
9	39.6	17.2	4.7	38.5



Θέσεις των σημείων καταγραφής, στις μονάδες του συστήματος αναφοράς του συστήματος καταγραφής Eye Tracker



Θέσεις των σημείων καταγραφής πάνω στο υπόβαθρο της βαθμονόμησης



## Πηγαίος κώδικας προγράμματος βαθμονόμησης του συστήματος καταγραφής των οφθαλμικών κινήσεων(Eye Tracker)

Το πρόγραμμα βαθμονόμησης, δημιουργήθηκε στο περιβάλλον του μαθηματικού λογισμικού Matlab. Ο βασικός αλγόριθμος του προγράμματος περιέχεται στο αρχείο calibration.m, ενώ τα αρχεία target.m και direction\_angle.m περιέχουν βοηθητικές συναρτήσεις για την εκτέλεση του.

### calibration.m

```
clear all
close all
clc
format long g

%fixed points coords
%point 1
x1=0.1;
y1=0.1;
%point 2
x2=1.15;
y2=0.1;
%point 3
x3=0.3625;
y3=0.3;
%point 4
x4=0.8875;
y4=0.3;
%point 5
x5=0.625;
y5=0.5;
%point 6
x6=0.3625;
y6=0.7;
%point 7
x7=0.8875;
y7=0.7;
%point 8
x8=0.1;
y8=0.9;
%point 9
x9=1.15;
y9=0.9;

P1=[x1 y1];
P2=[x2 y2];
P3=[x3 y3];
P4=[x4 y4];
P5=[x5 y5];
P6=[x6 y6];
P7=[x7 y7];
P8=[x8 y8];
P9=[x9 y9];
%coords of records
[coords,path]=uigetfile('*.txt','Fixed Calibration File');
coords =load(coords);
coords=coords(:,4:5);
x=(1280/1024)*coords(:,1);
y=coords(:,2);
n=size(coords);
n=n(1,1);

%point 1
%calculate distances
d1=zeros(n,3);
d1(:,1)=x;
d1(:,2)=y;
```

```
m1=zeros(n,1);
for i=1:n
    m1(i,1)=sqrt(((x(i)-x1)^2)+((y(i)-y1)^2));
end
d1(:,3)=m1;

%point 2
%calculate distances
d2=zeros(n,3);
d2(:,1)=x;
d2(:,2)=y;
m2=zeros(n,1);
for i=1:n
    m2(i,1)=sqrt(((x(i)-x2)^2)+((y(i)-y2)^2));
end
d2(:,3)=m2;

%point 3
%calculate distances
d3=zeros(n,3);
d3(:,1)=x;
d3(:,2)=y;
m3=zeros(n,1);
for i=1:n
    m3(i,1)=sqrt(((x(i)-x3)^2)+((y(i)-y3)^2));
end
d3(:,3)=m3;

%point 4
%calculate distances
d4=zeros(n,3);
d4(:,1)=x;
d4(:,2)=y;
m4=zeros(n,1);
for i=1:n
    m4(i,1)=sqrt(((x(i)-x4)^2)+((y(i)-y4)^2));
end
d4(:,3)=m4;

%point 5
%calculate distances
d5=zeros(n,3);
d5(:,1)=x;
d5(:,2)=y;
m5=zeros(n,1);
for i=1:n
    m5(i,1)=sqrt(((x(i)-x5)^2)+((y(i)-y5)^2));
end
d5(:,3)=m5;

%point 6
%calculate distances
d6=zeros(n,3);
d6(:,1)=x;
d6(:,2)=y;
m6=zeros(n,1);
for i=1:n
    m6(i,1)=sqrt(((x(i)-x6)^2)+((y(i)-y6)^2));
end
d6(:,3)=m6;

%point 7
%calculate distances
d7=zeros(n,3);
d7(:,1)=x;
d7(:,2)=y;
m7=zeros(n,1);
for i=1:n
    m7(i,1)=sqrt(((x(i)-x7)^2)+((y(i)-y7)^2));
end
```

```

d7(:,3)=m7;

%point 8
%calculate distances
d8=zeros(n,3);
d8(:,1)=x;
d8(:,2)=y;
m8=zeros(n,1);
for i=1:n
    m8(i,1)=sqrt(((x(i)-x8)^2)+((y(i)-y8)^2));
end
d8(:,3)=m8;

%point 9
%calculate distances
d9=zeros(n,3);
d9(:,1)=x;
d9(:,2)=y;
m9=zeros(n,1);
for i=1:n
    m9(i,1)=sqrt(((x(i)-x9)^2)+((y(i)-y9)^2));
end
d9(:,3)=m9;

%region 1
Points_1=zeros(1,2);
for i=1:n
if d1(i,3)<d2(i,3) & d1(i,3)<d3(i,3) & d1(i,3)<d4(i,3) & d1(i,3)<d5(i,3) & d1(i,3)<d6(i,3) & d1(i,3)<d7(i,3) & d1(i,3)<d8(i,3) &
d1(i,3)<d9(i,3)
Points_1=[Points_1;d1(i,1:2)];
end
end
Points_1;
s1=size(Points_1);
s1=s1(1,1);
Points_1=Points_1(2:s1,:);
stats_1=target(P1,Points_1);
size1=size(Points_1);
size1=size1(1,1);

%3s(Point1)
s1=size(Points_1);
s1=s1(1,1);
Points_1_3s=zeros(1,2);
for i=1:s1
if (sqrt(((Points_1(i,1)-x1)^2)+((Points_1(i,2)-y1)^2))<(3*stats_1(2,1)))
    Points_1_3s=[Points_1_3s;Points_1(i,:)];
end
end
s1=size(Points_1_3s);
s1=s1(1,1);
Points_1_3s=Points_1_3s(2:s1,:);
Points_1=Points_1_3s;
stats_1=target(P1,Points_1);

%calculate direction angles(Point 1)
s1=size(Points_1);
s1=s1(1,1);
direction_angles_1=zeros(s1,1);
for i=1:s1
    direction_angles_1(i,1)=direction_angle(P1,Points_1(i,:));
end
%quartiles(Point 1)
count1_1=0;%direction angles 0-100 grads
count2_1=0;%direction angles 100-200 grads
count3_1=0;%direction angles 200-300 grads
count4_1=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s1
    if direction_angles_1(i,1)>0 & direction_angles_1(i,1)<100
        count1_1=count1_1+1;
    end
end

```



```

end
if direction_angles_1(i,1)>100 & direction_angles_1(i,1)<200
count2_1=count2_1+1;
end
if direction_angles_1(i,1)>200 & direction_angles_1(i,1)<300
count3_1=count3_1+1;
end
if direction_angles_1(i,1)>300 & direction_angles_1(i,1)<400
count4_1=count4_1+1;
end
end

%region 2
Points_2=zeros(1,2);
for i=1:n
if d2(i,3)<d1(i,3) & d2(i,3)<d3(i,3) & d2(i,3)<d4(i,3) & d2(i,3)<d5(i,3) & d2(i,3)<d6(i,3) & d2(i,3)<d7(i,3) & d2(i,3)<d8(i,3) &
d2(i,3)<d9(i,3)
Points_2=[Points_2;d2(i,1:2)];
end
end
Points_2;
s2=size(Points_2);
s2=s2(1,1);
Points_2=Points_2(2:s2,:);
stats_2=target(P2,Points_2);
size2=size(Points_2);
size2=size2(1,1);

%3s(Point2)
s2=size(Points_2);
s2=s2(1,1);
Points_2_3s=zeros(1,2);
for i=1:s2
if (sqrt(((Points_2(i,1)-x2)^2)+((Points_2(i,2)-y2)^2))<(3*stats_2(2,1)))
Points_2_3s=[Points_2_3s;Points_2(i,:)];
end
end
s2=size(Points_2_3s);
s2=s2(1,1);
Points_2_3s=Points_2_3s(2:s2,:);
Points_2=Points_2_3s;
stats_2=target(P2,Points_2);

%calculate direction angles(Point 2)
s2=size(Points_2);
s2=s2(1,1);
direction_angles_2=zeros(s2,1);
for i=1:s2
direction_angles_2(i,1)=direction_angle(P2,Points_2(i,:));
end
%quartiles(Point 2)
count1_2=0;%direction angles 0-100 grads
count2_2=0;%direction angles 100-200 grads
count3_2=0;%direction angles 200-300 grads
count4_2=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s2
if direction_angles_2(i,1)>0 & direction_angles_2(i,1)<100
count1_2=count1_2+1;
end
if direction_angles_2(i,1)>100 & direction_angles_2(i,1)<200
count2_2=count2_2+1;
end
if direction_angles_2(i,1)>200 & direction_angles_2(i,1)<300
count3_2=count3_2+1;
end
if direction_angles_2(i,1)>300 & direction_angles_2(i,1)<400
count4_2=count4_2+1;
end
end
end

```

```

%region 3
Points_3=zeros(1,2);
for i=1:n
if d3(i,3)<d1(i,3) & d3(i,3)<d2(i,3) & d3(i,3)<d4(i,3)& d3(i,3)<d5(i,3) & d3(i,3)<d6(i,3)& d3(i,3)<d7(i,3)& d3(i,3)<d8(i,3)&
d3(i,3)<d9(i,3)
Points_3=[Points_3;d3(i,1:2)];
end
end
Points_3;
s3=size(Points_3);
s3=s3(1,1);
Points_3=Points_3(2:s3,:);
stats_3=target(P3,Points_3);
size3=size(Points_3);
size3=size3(1,1);

%3s(Point3)
s3=size(Points_3);
s3=s3(1,1);
Points_3_3s=zeros(1,2);
for i=1:s3
if (sqrt(((Points_3(i,1)-x3)^2)+((Points_3(i,2)-y3)^2))<(3*stats_3(2,1)))
Points_3_3s=[Points_3_3s;Points_3(i,:)];
end
end
s3=size(Points_3_3s);
s3=s3(1,1);
Points_3_3s=Points_3_3s(2:s3,:);
Points_3=Points_3_3s;
stats_3=target(P3,Points_3);

%calculate direction angles(Point 3)
s3=size(Points_3);
s3=s3(1,1);
direction_angles_3=zeros(s3,1);
for i=1:s3
direction_angles_3(i,1)=direction_angle(P3,Points_3(i,:));
end
%quartiles(Point 3)
count1_3=0;%direction angles 0-100 grads
count2_3=0;%direction angles 100-200 grads
count3_3=0;%direction angles 200-300 grads
count4_3=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s3
if direction_angles_3(i,1)>0 & direction_angles_3(i,1)<100
count1_3=count1_3+1;
end
if direction_angles_3(i,1)>100 & direction_angles_3(i,1)<200
count2_3=count2_3+1;
end
if direction_angles_3(i,1)>200 & direction_angles_3(i,1)<300
count3_3=count3_3+1;
end
if direction_angles_3(i,1)>300 & direction_angles_3(i,1)<400
count4_3=count4_3+1;
end
end

%region 4
Points_4=zeros(1,2);
for i=1:n
if d4(i,3)<d1(i,3) & d4(i,3)<d2(i,3) & d4(i,3)<d3(i,3)& d4(i,3)<d5(i,3) & d4(i,3)<d6(i,3)& d4(i,3)<d7(i,3)& d4(i,3)<d8(i,3)&
d4(i,3)<d9(i,3)
Points_4=[Points_4;d4(i,1:2)];
end
end
Points_4;
s4=size(Points_4);
s4=s4(1,1);
Points_4=Points_4(2:s4,:);

```

```

stats_4=target(P4,Points_4);
size4=size(Points_4);
size4=size4(1,1);

%3s(Point4)
s4=size(Points_4);
s4=s4(1,1);
Points_4_3s=zeros(1,2);
for i=1:s4
if (sqrt(((Points_4(i,1)-x4)^2)+((Points_4(i,2)-y4)^2))<(3*stats_4(2,1))
    Points_4_3s=[Points_4_3s;Points_4(i,:)];
end
end
s4=size(Points_4_3s);
s4=s4(1,1);
Points_4_3s=Points_4_3s(2:s4,:);
Points_4=Points_4_3s;
stats_4=target(P4,Points_4);

%calculate direction angles(Point 4)
s4=size(Points_4);
s4=s4(1,1);
direction_angles_4=zeros(s4,1);
for i=1:s4
    direction_angles_4(i,1)=direction_angle(P4,Points_4(i,:));
end
%quartiles(Point 4)
count1_4=0;%direction angles 0-100 grads
count2_4=0;%direction angles 100-200 grads
count3_4=0;%direction angles 200-300 grads
count4_4=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s4
    if direction_angles_4(i,1)>0 & direction_angles_4(i,1)<100
        count1_4=count1_4+1;
    end
    if direction_angles_4(i,1)>100 & direction_angles_4(i,1)<200
        count2_4=count2_4+1;
    end
    if direction_angles_4(i,1)>200 & direction_angles_4(i,1)<300
        count3_4=count3_4+1;
    end
    if direction_angles_4(i,1)>300 & direction_angles_4(i,1)<400
        count4_4=count4_4+1;
    end
end
end

%region 5
Points_5=zeros(1,2);
for i=1:n
if d5(i,3)<d1(i,3) & d5(i,3)<d2(i,3) & d5(i,3)<d3(i,3) & d5(i,3)<d4(i,3) & d5(i,3)<d6(i,3) & d5(i,3)<d7(i,3) & d5(i,3)<d8(i,3) &
d5(i,3)<d9(i,3)
Points_5=[Points_5;d5(i,1:2)];
end
end
Points_5;
s5=size(Points_5);
s5=s5(1,1);
Points_5=Points_5(2:s5,:);
stats_5=target(P5,Points_5);
size5=size(Points_5);
size5=size5(1,1);

%3s(Point5)
s5=size(Points_5);
s5=s5(1,1);
Points_5_3s=zeros(1,2);
for i=1:s5
if (sqrt(((Points_5(i,1)-x5)^2)+((Points_5(i,2)-y5)^2))<(3*stats_5(2,1))
    Points_5_3s=[Points_5_3s;Points_5(i,:)];
end
end

```

```

end
s5=size(Points_5_3s);
s5=s5(1,1);
Points_5_3s=Points_5_3s(2:s5,:);
Points_5=Points_5_3s;
stats_5=target(P5,Points_5);
%calculate direction angles(Point 5)
s5=size(Points_5);
s5=s5(1,1);
direction_angles_5=zeros(s5,1);
for i=1:s5
    direction_angles_5(i,1)=direction_angle(P5,Points_5(i,:));
end
%quartiles(Point 5)
count1_5=0;%direction angles 0-100 grads
count2_5=0;%direction angles 100-200 grads
count3_5=0;%direction angles 200-300 grads
count4_5=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s5
    if direction_angles_5(i,1)>0 & direction_angles_5(i,1)<100
        count1_5=count1_5+1;
    end
    if direction_angles_5(i,1)>100 & direction_angles_5(i,1)<200
        count2_5=count2_5+1;
    end
    if direction_angles_5(i,1)>200 & direction_angles_5(i,1)<300
        count3_5=count3_5+1;
    end
    if direction_angles_5(i,1)>300 & direction_angles_5(i,1)<400
        count4_5=count4_5+1;
    end
end

%region 6
Points_6=zeros(1,2);
for i=1:n
    if d6(i,3)<d1(i,3) & d6(i,3)<d2(i,3) & d6(i,3)<d3(i,3) & d6(i,3)<d4(i,3) & d6(i,3)<d5(i,3) & d6(i,3)<d7(i,3) & d6(i,3)<d8(i,3) &
        d6(i,3)<d9(i,3)
        Points_6=[Points_6;d6(i,1:2)];
    end
end
Points_6;
s6=size(Points_6);
s6=s6(1,1);
Points_6=Points_6(2:s6,:);
stats_6=target(P6,Points_6);
size6=size(Points_6);
size6=size6(1,1);

%3s(Point6)
s6=size(Points_6);
s6=s6(1,1);
Points_6_3s=zeros(1,2);
for i=1:s6
    if (sqrt(((Points_6(i,1)-x6)^2)+((Points_6(i,2)-y6)^2))<(3*stats_6(2,1)))
        Points_6_3s=[Points_6_3s;Points_6(i,:)];
    end
end
s6=size(Points_6_3s);
s6=s6(1,1);
Points_6_3s=Points_6_3s(2:s6,:);
Points_6=Points_6_3s;
stats_6=target(P6,Points_6);
%calculate direction angles(Point 6)
s6=size(Points_6);
s6=s6(1,1);
direction_angles_6=zeros(s6,1);
for i=1:s6
    direction_angles_6(i,1)=direction_angle(P6,Points_6(i,:));
end

```

```

%quartiles(Point 6)
count1_6=0;%direction angles 0-100 grads
count2_6=0;%direction angles 100-200 grads
count3_6=0;%direction angles 200-300 grads
count4_6=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s6
    if direction_angles_6(i,1)>0 & direction_angles_6(i,1)<100
        count1_6=count1_6+1;
    end
    if direction_angles_6(i,1)>100 & direction_angles_6(i,1)<200
        count2_6=count2_6+1;
    end
    if direction_angles_6(i,1)>200 & direction_angles_6(i,1)<300
        count3_6=count3_6+1;
    end
    if direction_angles_6(i,1)>300 & direction_angles_6(i,1)<400
        count4_6=count4_6+1;
    end
end

%region 7
Points_7=zeros(1,2);
for i=1:n
    if d7(i,3)<d1(i,3) & d7(i,3)<d2(i,3) & d7(i,3)<d3(i,3) & d7(i,3)<d4(i,3) & d7(i,3)<d5(i,3) & d7(i,3)<d6(i,3) & d7(i,3)<d8(i,3) &
        d7(i,3)<d9(i,3)
        Points_7=[Points_7;d7(i,1:2)];
    end
end
Points_7;
s7=size(Points_7);
s7=s7(1,1);
Points_7=Points_7(2:s7,:);
stats_7=target(P7,Points_7);
size7=size(Points_7);
size7=size7(1,1);

%3s(Point7)
s7=size(Points_7);
s7=s7(1,1);
Points_7_3s=zeros(1,2);
for i=1:s7
    if (sqrt(((Points_7(i,1)-x7)^2)+((Points_7(i,2)-y7)^2))<(3*stats_7(2,1)))
        Points_7_3s=[Points_7_3s;Points_7(i,:)];
    end
end
end
s7=size(Points_7_3s);
s7=s7(1,1);
Points_7_3s=Points_7_3s(2:s7,:);
Points_7=Points_7_3s;
stats_7=target(P7,Points_7);
%calculate direction angles(Point 7)
s7=size(Points_7);
s7=s7(1,1);
direction_angles_7=zeros(s7,1);
for i=1:s7
    direction_angles_7(i,1)=direction_angle(P7,Points_7(i,:));
end
%quartiles(Point 7)
count1_7=0;%direction angles 0-100 grads
count2_7=0;%direction angles 100-200 grads
count3_7=0;%direction angles 200-300 grads
count4_7=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s7
    if direction_angles_7(i,1)>0 & direction_angles_7(i,1)<100
        count1_7=count1_7+1;
    end
    if direction_angles_7(i,1)>100 & direction_angles_7(i,1)<200
        count2_7=count2_7+1;
    end
    if direction_angles_7(i,1)>200 & direction_angles_7(i,1)<300

```

```

    count3_7=count3_7+1;
    end
    if direction_angles_7(i,1)>300 & direction_angles_7(i,1)<400
        count4_7=count4_7+1;
    end
end

%region 8
Points_8=zeros(1,2);
for i=1:n
    if d8(i,3)<d1(i,3) & d8(i,3)<d2(i,3) & d8(i,3)<d3(i,3) & d8(i,3)<d4(i,3) & d8(i,3)<d5(i,3) & d8(i,3)<d6(i,3) & d8(i,3)<d7(i,3) &
        d8(i,3)<d9(i,3)
        Points_8=[Points_8;d8(i,1:2)];
    end
end
Points_8;
s8=size(Points_8);
s8=s8(1,1);
Points_8=Points_8(2:s8,:);
stats_8=target(P8,Points_8);
size8=size(Points_8);
size8=size8(1,1);

%3s(Point8)
s8=size(Points_8);
s8=s8(1,1);
Points_8_3s=zeros(1,2);
for i=1:s8
    if (sqrt(((Points_8(i,1)-x8)^2)+((Points_8(i,2)-y8)^2))<(3*stats_8(2,1)))
        Points_8_3s=[Points_8_3s;Points_8(i,:)];
    end
end
s8=size(Points_8_3s);
s8=s8(1,1);
Points_8_3s=Points_8_3s(2:s8,:);
Points_8=Points_8_3s;
stats_8=target(P8,Points_8);
%calculate direction angles(Point 8)
s8=size(Points_8);
s8=s8(1,1);
direction_angles_8=zeros(s8,1);
for i=1:s8
    direction_angles_8(i,1)=direction_angle(P8,Points_8(i,:));
end
%quartiles(Point 8)
count1_8=0;%direction angles 0-100 grads
count2_8=0;%direction angles 100-200 grads
count3_8=0;%direction angles 200-300 grads
count4_8=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s8
    if direction_angles_8(i,1)>0 & direction_angles_8(i,1)<100
        count1_8=count1_8+1;
    end
    if direction_angles_8(i,1)>100 & direction_angles_8(i,1)<200
        count2_8=count2_8+1;
    end
    if direction_angles_8(i,1)>200 & direction_angles_8(i,1)<300
        count3_8=count3_8+1;
    end
    if direction_angles_8(i,1)>300 & direction_angles_8(i,1)<400
        count4_8=count4_8+1;
    end
end

%region 9
Points_9=zeros(1,2);
for i=1:n
    if d9(i,3)<d1(i,3) & d9(i,3)<d2(i,3) & d9(i,3)<d3(i,3) & d9(i,3)<d4(i,3) & d9(i,3)<d5(i,3) & d9(i,3)<d6(i,3) & d9(i,3)<d7(i,3) &
        d9(i,3)<d8(i,3)
        Points_9=[Points_9;d9(i,1:2)];
    end
end

```

```

end
end
Points_9;
s9=size(Points_9);
s9=s9(1,1);
Points_9=Points_9(2:s9,:);
stats_9=target(P9,Points_9);
size9=size(Points_9);
size9=size9(1,1);
%3s(Point9)
s9=size(Points_9);
s9=s9(1,1);
Points_9_3s=zeros(1,2);
for i=1:s9
if (sqrt(((Points_9(i,1)-x9)^2)+((Points_9(i,2)-y9)^2))<(3*stats_9(2,1))
    Points_9_3s=[Points_9_3s;Points_9(i,:)];
end
end
s9=size(Points_9_3s);
s9=s9(1,1);
Points_9_3s=Points_9_3s(2:s9,:);
Points_9=Points_9_3s;
stats_9=target(P9,Points_9);
%calculate direction angles(Point 9)
s9=size(Points_9);
s9=s9(1,1);
direction_angles_9=zeros(s9,1);
for i=1:s9
    direction_angles_9(i,1)=direction_angle(P9,Points_9(i,:));
end
%quartiles(Point 9)
count1_9=0;%direction angles 0-100 grads
count2_9=0;%direction angles 100-200 grads
count3_9=0;%direction angles 200-300 grads
count4_9=0;%direction angles 300-400 grads
for i=1:s9
    if direction_angles_9(i,1)>0 & direction_angles_9(i,1)<100
        count1_9=count1_9+1;
    end
    if direction_angles_9(i,1)>100 & direction_angles_9(i,1)<200
        count2_9=count2_9+1;
    end
    if direction_angles_9(i,1)>200 & direction_angles_9(i,1)<300
        count3_9=count3_9+1;
    end
    if direction_angles_9(i,1)>300 & direction_angles_9(i,1)<400
        count4_9=count4_9+1;
    end
end
end

%plot statistics
fprintf('-----\n')
fprintf('                Eye Tracking System\n')
fprintf('                Calibration\n')
fprintf('-----\n')
fprintf('                Calculate Statistics\n\n\n')

fprintf('    System Informations\n')
fprintf('_____ \n')
fprintf('Number of fixed points: 9\n')
fprintf('Number of measured points: %.f\n',n)
fprintf('Max of x axis(eye tracker units): 1.25\n')
fprintf('Max of y axis(eye tracker units): 1.00\n')
fprintf('Screen Resolution : 1280 x 1024 pixels\n')
fprintf('Screen Dimensions : 37.70 x 30.15 cm \n')
fprintf('Screen-Subject Distance : 55.50 cm\n')
fprintf('Height of Optical Centre : 39.50 cm\n')
fprintf('Height of Screen Centre : 31.00 cm\n')
fprintf('_____ \n\n\n')

```

```

printf('                Distances\n')
printf('_____
\n')
printf('Fixed      Average Distance  Stand. Deviation  Average Distance  Stand. Deviation\n')
printf('Point      (eye tracker units) (eye tracker units) (pixels)          (pixels)\n')
printf('_____
\n')
printf(' 1          %3f          %4f          %f
\n', stats_1(1,1), stats_1(2,1), 1024*stats_1(1,1), 1024*stats_1(2,1))
printf(' 2          %3f          %4f          %f
\n', stats_2(1,1), stats_2(2,1), 1024*stats_2(1,1), 1024*stats_2(2,1))
printf(' 3          %3f          %4f          %f
\n', stats_3(1,1), stats_3(2,1), 1024*stats_3(1,1), 1024*stats_3(2,1))
printf(' 4          %3f          %4f          %f
\n', stats_4(1,1), stats_4(2,1), 1024*stats_4(1,1), 1024*stats_4(2,1))
printf(' 5          %3f          %4f          %f
\n', stats_5(1,1), stats_5(2,1), 1024*stats_5(1,1), 1024*stats_5(2,1))
printf(' 6          %3f          %4f          %f
\n', stats_6(1,1), stats_6(2,1), 1024*stats_6(1,1), 1024*stats_6(2,1))
printf(' 7          %3f          %4f          %f
\n', stats_7(1,1), stats_7(2,1), 1024*stats_7(1,1), 1024*stats_7(2,1))
printf(' 8          %3f          %4f          %f
\n', stats_8(1,1), stats_8(2,1), 1024*stats_8(1,1), 1024*stats_8(2,1))
printf(' 9          %3f          %4f          %f
\n', stats_9(1,1), stats_9(2,1), 1024*stats_9(1,1), 1024*stats_9(2,1))
total_Average_Distance_eye_tracker_units=(stats_1(1,1)+stats_2(1,1)+stats_3(1,1)+stats_4(1,1)+stats_5(1,1)+stats_6(1,1)+stats_7(1,1)+stats_8(1,1)+stats_9(1,1))/9;
total_Stand_Deviation_eye_tracker_units=(stats_1(2,1)+stats_2(2,1)+stats_3(2,1)+stats_4(2,1)+stats_5(2,1)+stats_6(2,1)+stats_7(2,1)+stats_8(2,1)+stats_9(2,1))/9;
total_Average_Distance_pixels=1024*total_Average_Distance_eye_tracker_units;
total_Stand_Deviation_pixels=1024*total_Stand_Deviation_eye_tracker_units;
printf('Total\n')
printf('Accuracy      %3f          %4f          %f
\n', total_Average_Distance_eye_tracker_units, total_Stand_Deviation_eye_tracker_units, total_Average_Distance_pixels, total_Stand_Deviation_pixels)
printf('_____
\n\n\n')
printf('                Quartile Analysis\n\n')
printf('                200g\n')
printf('                |\n')
printf('                |\n')
printf('                Quartile | Quartile\n')
printf('                3 | 2\n')
printf('                |\n')
printf('                300g - - - - + - - - - 100g\n')
printf('                |\n')
printf('                Quartile | Quartile\n')
printf('                4 | 1\n')
printf('                |\n')
printf('                |\n')
printf('                400/0g\n')
printf('_____
\n')
printf('Fixed      Number of      Number of      Quartile 1      Quartile 2      Quartile 3      Quartile 4\n')
printf('Point      Points      Points(3σ)      (0-100 grad)      (100-200 grad)      (200-300 grad)      (300-400 grad)\n')
printf('_____
\n')
printf(' 1          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size1, s1, count1_1, count2_1, count3_1, count4_1)
printf(' 2          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size2, s2, count1_2, count2_2, count3_2, count4_2)
printf(' 3          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size3, s3, count1_3, count2_3, count3_3, count4_3)
printf(' 4          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size4, s4, count1_4, count2_4, count3_4, count4_4)
printf(' 5          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size5, s5, count1_5, count2_5, count3_5, count4_5)
printf(' 6          %f          %f          %f          %f          %f
\n', size6, s6, count1_6, count2_6, count3_6, count4_6)

```



```

fprintf(' 7      %.f      %.f      %.f      %.f      %.f
%.fn',size7,s7,count1_7,count2_7,count3_7,count4_7)
fprintf(' 8      %.f      %.f      %.f      %.f      %.f
%.fn',size8,s8,count1_8,count2_8,count3_8,count4_8)
fprintf(' 9      %.f      %.f      %.f      %.f      %.f
%.fn',size9,s9,count1_9,count2_9,count3_9,count4_9)
fprintf('_____
\n\n\n')

fprintf('          Points ratio\n')
fprintf('_____
\n')
fprintf('Fixed   Quartile 1   Quartile 2   Quartile 3   Quartile 4\n')
fprintf('Point   (%%)         (%%)         (%%)         (%%)\n')
fprintf('_____
\n')
fprintf(' 1      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_1/s1,100*count2_1/s1,100*count3_1/s1,100*count4_1/s1)
fprintf(' 2      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_2/s2,100*count2_2/s2,100*count3_2/s2,100*count4_2/s2)
fprintf(' 3      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_3/s3,100*count2_3/s3,100*count3_3/s3,100*count4_3/s3)
fprintf(' 4      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_4/s4,100*count2_4/s4,100*count3_4/s4,100*count4_4/s4)
fprintf(' 5      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_5/s5,100*count2_5/s5,100*count3_5/s5,100*count4_5/s5)
fprintf(' 6      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_6/s6,100*count2_6/s6,100*count3_6/s6,100*count4_6/s6)
fprintf(' 7      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_7/s7,100*count2_7/s7,100*count3_7/s7,100*count4_7/s7)
fprintf(' 8      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_8/s8,100*count2_8/s8,100*count3_8/s8,100*count4_8/s8)
fprintf(' 9      %.1f      %.1f      %.1f
%.1fn',100*count1_9/s9,100*count2_9/s9,100*count3_9/s9,100*count4_9/s9)
fprintf('_____
\n')

fprintf('-----\n')

fprintf('\n\n')
%plot regions
figure
plot(x1,1-y1,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x2,1-y2,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x3,1-y3,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x4,1-y4,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x5,1-y5,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x6,1-y6,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x7,1-y7,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x8,1-y8,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(x9,1-y9,'rs','Linewidth',2)
hold on
plot(Points_1(:,1),1-Points_1(:,2),'b.')
hold on
plot(Points_2(:,1),1-Points_2(:,2),'g+')
hold on
plot(Points_3(:,1),1-Points_3(:,2),'c.')
hold on
plot(Points_4(:,1),1-Points_4(:,2),'m+')
hold on
plot(Points_5(:,1),1-Points_5(:,2),'y.')
hold on
plot(Points_6(:,1),1-Points_6(:,2),'k+')
hold on
plot(Points_7(:,1),1-Points_7(:,2),'c+')

```

```

hold on
plot(Points_8(:,1),1-Points_8(:,2),'g.')
hold on
plot(Points_9(:,1),1-Points_9(:,2),'b+')
hold on
[x,y]=meshgrid(0:1.25:1.25,0:1:1);
plot(x,y,'-r','LineWidth',2)
hold on
plot(x',y','-r','LineWidth',2)
title('Regions of Influence','FontSize',12,'Color','k')

figure
imshow('1280x1024.bmp')
hold on
plot(1024*Points_1(:,1),1024*Points_1(:,2),'b.')
hold on
plot(1024*Points_2(:,1),1024*Points_2(:,2),'g+')
hold on
plot(1024*Points_3(:,1),1024*Points_3(:,2),'c.')
hold on
plot(1024*Points_4(:,1),1024*Points_4(:,2),'m+')
hold on
plot(1024*Points_5(:,1),1024*Points_5(:,2),'y.')
hold on
plot(1024*Points_6(:,1),1024*Points_6(:,2),'k+')
hold on
plot(1024*Points_7(:,1),1024*Points_7(:,2),'c+')
hold on
plot(1024*Points_8(:,1),1024*Points_8(:,2),'g.')
hold on
plot(1024*Points_9(:,1),1024*Points_9(:,2),'b+')

```

### target.m

```

%T_coords(1x2):(x,y)
%P_coords(nx2):((x1,y1),(x2,y2).....(xn,yn))
function T=target(T_coords,P_coords)
T=zeros(2,1);
n=size(P_coords);
n=n(1,1);

%Target
x=T_coords(1,1);
y=T_coords(1,2);

%Distances
D=zeros(n,1);
for i=1:n
D(i,1)=sqrt(((x-P_coords(i,1))^2)+(y-P_coords(i,2))^2);
end
D_means=mean(D);
D_stdev=std(D);

T=[D_means;D_stdev];

```

### direction\_angle.m

```

%calculate direction angle(grades)
function a12=direction_angle(p1,p2)
x1=p1(1,1);
y1=p1(1,2);
x2=p2(1,1);
y2=p2(1,2);

```

```
dx=x2-x1;
dy=y2-y1;

a=(200/pi())*atan(abs(dx)/abs(dy));
a=abs(a);
a12=a;

if dx>0 & dy>0
a12=a;
elseif dx>0 & dy<0
a12=200-a;
elseif dx<0 & dy<0
a12=200+a;
elseif dx<0 & dy>0
a12=400-a;
else
a12=a;
end

if a12>400
a12=a12-400;
end

if a12<0
a12=a12+400;
end
```





### Οδηγίες για την απομόνωση των χρόνων αναζήτησης κάθε οπτικής σκηνής από το αρχείο καταγραφής

Για την απομόνωση των χρόνων αναζήτησης των οπτικών σκηνών, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα στο περιβάλλον του μαθηματικού λογισμικού Matlab. Η χρήση του προγράμματος απαιτεί την μορφοποίηση του αρχείου των οφθαλμικών καταγραφών το οποίο δημιουργείται κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Η τροποποίηση του αρχείου πραγματοποιείται, με αφαίρεση των αρχικών γραμμών, οι οποίες περιέχουν σαν πρώτο τους στοιχείο τον αριθμό 3. Επίσης διαγράφονται οι γραμμές που ακολουθούν και ξεκινούν με τους αριθμούς 6,5 και 7. Οι γραμμές που έχουν ως πρώτο στοιχείο τους τον αριθμό 16, δηλώνουν την εμφάνιση της οπτικής σκηνής με την ονομασία που περιέχεται στην 3<sup>η</sup> στήλη της γραμμής (στην ενδιάμεση στήλη περιέχεται ο χρόνος που έχει περάσει από την αρχή του πειράματος μέχρι και την εμφάνιση της συγκεκριμένης οπτικής σκηνής). Οι γραμμές που ξεκινούν με τον αριθμό 10 αναφέρονται στις καταγραφές των σημείων της οφθαλμικής κίνησης. Η 1<sup>η</sup> στήλη κάθε γραμμής διαδραματίζει το ρόλο ενός δείκτη. Δίνοντας στον δείκτη αυτό την κατάλληλη τιμή μπορούμε να διαχωρίσουμε τις καταγραφές που ανήκουν στην κάθε οπτική σκηνή. Έτσι, ανάλογα με την οπτική σκηνή, αντικαθιστούμε τις γραμμές που περιέχουν τους χρόνους εμφάνισης και την ονομασία τους (η 1<sup>η</sup> στήλη τους περιέχει το νούμερο 16) με τις ακόλουθες αντίστοιχες γραμμές, κατά περίπτωση:

- Οπτική σκηνή με την αρχική οθόνη:

```
16      0.000000  STARTUP.BMP
      ↓↓
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

- Οπτική σκηνή με το υπόβαθρο της πρώτης βαθμονόμησης του συστήματος

```
16      t1  experiment_images/1280x1024_before_experiment.bmp
      ↓↓
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

- Οπτικές σκηνές που αποτελούν τους χάρτες του πειράματος

π.χ. για την οπτική σκηνή A4\_6

```
16      t2  experiment_images/A4_6.bmp
      ↓↓
16 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

- Οπτική σκηνή με το υπόβαθρο της δεύτερης βαθμονόμησης του συστήματος

```
16      t3  experiment_images/1280x1024_after_experiment.bmp
      ↓↓
20 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Η τελευταία γραμμή του αρχείου καταγραφής, αρχίζει από το νούμερο 12, περιέχει στην 2<sup>η</sup> στήλη της το συνολικό χρόνο της καταγραφής και την χαρακτηριστική λέξη END που δηλώνει το τέλος του αρχείου. Η γραμμή αυτή αντικαθίσταται ως εξής:

```

12      t4  END
      ↓
12 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

Τέλος στην δεύτερη γραμμή του αρχείου που έχει ήδη τροποποιηθεί μετά τις παραπάνω αλλαγές, υπάρχει στην τελευταία στήλη το σύμβολο «+», το οποίο και διαγράφουμε.

Το αρχείο παίρνει την μορφή ενός πίνακα, από τον οποίο απομονώνονται οι χρόνοι αναζήτησης των οπτικών σκηνών. Για την εκτέλεση του προγράμματος πληκτρολογούμε στο παράθυρο εντολών (Command Window) τη λέξη count, αφού πρώτα έχουμε τοποθετήσει στη διεύθυνση του συστήματος την τοποθεσία όπου περιέχεται το πρόγραμμα. Στην ίδια τοποθεσία, τοποθετούνται και τα τροποποιημένα αρχεία καταγραφής. Το πρόγραμμα εκτελείται ζητώντας το τροποποιημένο αρχείο. Αφού δοθεί το αρχείο, στο παράθυρο εντολών του λογισμικού τυπώνονται οι χρόνοι αναζήτησης του υποκειμένου σε κάθε οπτική σκηνή σε sec.

Παρακάτω φαίνεται η μορφή στην οποία τυπώνονται οι αντίστοιχοι χρόνοι αναζήτησης:

A4_0	2.0993
A4_1	3.8986
A4_2	2.8990
A4_3	1.6992
A4_4	1.6660
A4_5	1.3328
A4_6	1.3661
A4_7	1.6993
A4_8	2.6324
P5_0	1.6327
P5_1	2.3325
P5_2	4.0652
P5_3	1.6328
P5_4	1.5661
P5_5	1.3329
P5_6	1.2995
P5_7	2.8656
P5_8	3.0988

*Η μορφή παρουσίασης των χρόνων αναζήτησης για κάθε οπτική σκηνή όπως προκύπτουν μετά την τροποποίηση του αρχείου της οφθαλμικής καταγραφής και την εκτέλεση του προγράμματος*







### Πηγαίος κώδικας του προγράμματος για την απομόνωση των χρόνων αναζήτησης των οπτικών σκηνών

Το πρόγραμμα για την απομόνωση των χρόνων αναζήτησης των οπτικών σκηνών δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Matlab. Ο κώδικας του προγράμματος περιέχεται στο αρχείο count.m το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω:

#### count.m

```
clear all
clc

[records,path]=uigetfile('* .txt','Records');
records=load(records);
n=size(records);
n=n(1,1);
records=records(:,1:2);
scenes=zeros(19,2);
c=1;
for i=1:n
    if records(i,1)==16
        scenes(c,2)=records(i-1,2);
        c=c+1;
        scenes(c,1)=records(i+1,2);
    end
end

for i=1:n
    if records(i,1)==20
        scenes(c,2)=records(i-1,2);
    end
end

scenes=scenes(2:19,:);
times=zeros(18,1);
for i=1:18
    times(i,1)=scenes(i,2)-scenes(i,1);
end

for i=1:9
    fprintf('A4_%.f   %.4f\n',i-1,times(i,1))
end

for j=10:18
    fprintf('P5_%.f   %.4f\n',j-10,times(j,1))
end
```



**Αρχείο Ρυθμίσεων Πειράματος**

```
//ViewPoint Eye Tracker
```

```
//File of Settings
```

```
//calibration
```

```
calibration_Points 20
```

```
calibration_StimulusDuration 200
```

```
calibration_WarningTime 30
```

```
//set controls
```

```
//set gaze display
```

```
gazeGraphicsOptions -ROI
```

```
//set stimulus display
```

```
stimulusGraphicsOptions -POG
```

```
//video Mode
```

```
videoMode Precision
```

```
//set image in actual size
```

```
stimulus_ImageShape Actual
```

```
//show monitor 2
```

```
stimWind_FullDisplay 2
```

```
setWindow STIMULUS SHOW
```

```
//insert picture list
```

```
pictureList_Init
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_0.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_1.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_2.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_3.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_4.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_5.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_6.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_7.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/A4_8.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_0.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_1.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_2.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_3.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_4.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_5.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_6.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_7.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/P5_8.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/1280x1024_after_experiment.bmp
```

```
pictureList_AddName experiment_images/1280x1024_before_experiment.bmp
```

```
//next image button
```

```
fkey_cmd 12 pictureList_ShowNext
```

```
END
```