



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

Πολυτεχνική Σχολή  
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Διπλωματική Εργασία

---

**Ανάπτυξη συστήματος υποβοήθησης γρήγορου εντοπισμού του τελευταίου  
σημείου εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο, βασισμένο σε δεδομένα  
οφθαλμικής ιχνηλάτησης πραγματικού χρόνου**

---

Σεϊτανίδης Νικόλαος  
Α.Μ. 1072553

Επιβλέπων  
Ξένος Μιχαήλ, Καθηγητής

Συνεπιβλέποντες  
Μηνάς Δημοσθένης, Υποψήφιος Διδάκτορας  
Φωτόπουλος Άγγελος, Υποψήφιος Διδάκτορας

Μέλος Επιτροπής Αξιολόγησης  
Ρήγκου Μαρία, Επίκ. Καθηγήτρια  
Βογιατζάκη Ελένη, ΕΔΙΠ

Πάτρα, 2024



© Copyright συγγραφής Σεϊτανίδης Νικόλαος, 2024

© Copyright θέματος Ξένος Μιχαήλ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Μιχάλη Ξένο, ο οποίος συνέβαλε σημαντικά στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς η εμπειρία του αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην εξέλιξη της εργασίας μου. Επίσης, δεν μπορώ να παραλείψω τη συμβολή των υποψηφίων διδακτόρων του Πανεπιστημίου Πατρών, Δημοσθένη Μηνά και Άγγελου Φωτόπουλου, οι οποίοι ήταν συνεπιβλέποντες. Η άμεση επικοινωνία και συνεχής καθοδήγηση επιτάχυνε και βελτίωνε συνεχώς το έργο μου. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά όλα τα άτομα που συμμετείχαν τόσο στα πιλοτικά πειράματα μου όσο και στα τελικά, καθώς χωρίς αυτούς δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου για όλα τα χρόνια γαλούχησης, υπομονής και στήριξης τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς και την αδιάλειπτη παρουσία τους σε κάθε βήμα της ζωής μου.

## Πρόλογος

Στη σύγχρονη εποχή, η ανάγκη για ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών παραθύρων στις ψηφιακές συσκευές είναι όλο και πιο έντονη, προκαλώντας πολλές φορές δυσκολίες στους χρήστες, όπως την απώλεια της συγκέντρωσης και την καθυστέρηση στην ολοκλήρωση των εργασιών τους. Ιδιαίτερα, η εναλλαγή μεταξύ παραθύρων συχνά οδηγεί στην ανάγκη εντοπισμού του τελευταίου σημείου εστίασης, κάτι που μπορεί να προκαλέσει κόπωση και να αυξήσει το χρόνο ολοκλήρωσης μιας εργασίας. Η χρήση της τεχνολογίας οφθαλμικής ιχνηλάτησης (eye tracking) προσφέρει τη δυνατότητα για κατανόηση και ανάλυση της οπτικής συμπεριφοράς των χρηστών σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η ανά χείρας διπλωματική εργασία εστιάζει στη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών κατά την εναλλαγή παραθύρων και την ανάπτυξη ενός συστήματος υποβοήθησης που θα εμφανίζει το τελευταίο σημείο εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο. Μέσω της καταγραφής και ανάλυσης eye tracking δεδομένων, το σύστημα που υλοποιείται για το γρήγορο εντοπισμό του τελευταίου σημείου εστίασης, σκοπεύει να βελτιώσει την εμπειρία των χρηστών, επιτρέποντάς τους να βρίσκουν γρηγορότερα το σημείο όπου είχαν εστιάσει, διευκολύνοντας την επαναφορά της προσοχής τους και μειώνοντας την κόπωση κατά τη διάρκεια της εργασίας.

## Περίληψη

Η ανά χείρας διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών κατά την εναλλαγή μεταξύ πολλαπλών παραθύρων εργασίας μέσω της τεχνολογίας οφθαλμικής ιχνηλάτησης (eye tracking). Στόχος την έρευνας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος υποβοήθησης των χρηστών για την πιο εύκολη εύρεση του τελευταίου σημείου εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο κατά την εναλλαγή πολλαπλών παραθύρων, μειώνοντας το συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης των εργασιών του χρήστη και βελτιώνοντας την εμπειρία του κατά τη διάρκεια χρήσης του συστήματος. Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας διεξήχθησαν eye tracking πειράματα με συνολικά 86 χρήστες, εκ των οποίων 18 χρήστες για τα πιλοτικά πειράματα, ενώ από τους 68 που συμμετείχαν στο τελικό πείραμα, οι 51 θεωρήθηκαν έγκυροι. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας αναλύθηκε η οπτική συμπεριφορά τους και η δυνατότητα του συστήματος να απεικονίσει το τελευταίο σημείο εστίασης σε κείμενο σε πραγματικό χρόνο ώστε να βοηθήσει το χρήστη να το εντοπίσει. Στη συνέχεια τα οφθαλμικά δεδομένα που εξήχθησαν από τους συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε εξατομικευμένη ανάλυση της συμπεριφοράς των συμμετεχόντων στο πείραμα και σε στατιστική ανάλυση, με τα αποτελέσματα να αναλύονται στην εργασία. Τέλος, προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα στον τομέα της αλληλεπίδρασης ανθρώπου με υπολογιστή, καθώς και η ανάπτυξη βοηθητικών τεχνολογιών και παρόμοιων συστημάτων για τη βελτίωση της υποστήριξης και της εμπειρίας του χρήστη.

## **Abstract**

This thesis focuses on the study of user behaviour when switching between multiple task windows using eye tracking technology. The aim of the research is to implement a tool to assist users in finding the last focus point on a pop-up window more easily when switching between multiple windows, reducing the overall time to complete the user's tasks and improving the user's experience during the system usage. As part of the thesis, eye tracking experiments were conducted with a total of 88 users, of which 20 users for the pilot experiments, while of the 68 who participated in the final experiment, 51 were considered valid. During the experimental process, their visual behaviour and the system's ability to display the last focus point in text in real time to help the user locate it were analysed. The data was then subjected to individualized analysis of the experiment participants' behaviour and statistical analysis of the eye data extracted from the participants, with the results analysed in the paper. Finally, directions for future research in the area of human-computer interaction are suggested, as well as the development of assistive technologies and similar systems to improve user support and experience.



# Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>11</b>
<b>Εισαγωγή</b>	<b>11</b>
1.1 Σημασία του προβλήματος	11
1.2 Στόχοι της Εργασίας	12
1.3 Μεθοδολογία Προσέγγισης	12
1.4 Συνεισφορά	14
1.5 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας	14
<b>2</b>	<b>16</b>
<b>Οφθαλμική ιχνηλάτηση και θεωρητικό πλαίσιο</b>	<b>16</b>
2.1 Eye tracking και πεδία εφαρμογής	16
2.2 Tobii Pro Spectrum και λειτουργία των eye trackers	17
2.3 Σημαντικές Μετρικές και Ορολογία	19
2.4 Θεωρητική υποστήριξη δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης σε κείμενο	22
<b>3</b>	<b>24</b>
<b>Προδιαγραφές και σχεδίαση συστήματος</b>	<b>24</b>
3.1 Ανάλυση τεχνικής υποδομής	24
3.1.1 Χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python	24
3.1.2 Χρήση PostgreSQL για αποθήκευση δεδομένων πραγματικού χρόνου	25
3.2 Αλγόριθμος επεξεργασίας δεδομένων πραγματικού χρόνου και δημιουργία του δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης	25
3.2.1 Ορισμός του τελευταίου σημείου εστίασης	26
3.2.2 Επικοινωνία βάσης δεδομένων με κώδικα σε πραγματικό χρόνο	28
3.2.3 Δημιουργία και σχεδιασμός του δείκτη εστίασης	30
3.2.3.1 Πιλοτικά πειράματα για το σχεδιασμό του δείκτη εστίασης	30
3.2.3.2 Υλοποίηση του δείκτη εστίασης	32
<b>4</b>	<b>34</b>
<b>Πειραματική Διαδικασία</b>	<b>34</b>
4.1 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	34
4.2 Προετοιμασία και Υλοποίηση Πειραμάτων	35
4.2.1 Εξοπλισμός και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	35
4.2.2 Προετοιμασία σεναρίου για το πείραμα	36
4.2.3 Συνθήκες πειράματος	38
4.2.4 Οδηγίες προς συμμετέχοντες	39
4.2.5 Φάσεις του πειράματος	40

<b>4.3</b>	<b>Ερωτηματολόγια, Συνεντεύξεις και Αποτελέσματα .....</b>	<b>42</b>
4.3.1	Ερωτηματολόγια και Αποτελέσματα.....	42
4.3.2	Συνεντεύξεις και Αποτελέσματα .....	49
<b>4.4</b>	<b>Διαδικασία μετά το πείραμα .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>.....</b>	<b>51</b>
	<b>Ανάλυση των Αποτελεσμάτων.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Παρατήρηση Δεδομένων.....</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Μέθοδοι και Τεχνικές Eye tracking Ανάλυσης .....</b>	<b>52</b>
5.2.1	Χρήση του Tobii Pro Lab .....	52
5.2.2	Eye Tracking Ανάλυση και τοποθέτηση ΑΟΙ.....	54
<b>5.3</b>	<b>Στατιστική ανάλυση δεδομένων και συμπεράσματα .....</b>	<b>58</b>
5.3.1	Ερευνητικό Ερώτημα 1 .....	61
5.3.2	Ερευνητικό Ερώτημα 2 .....	64
5.3.3	Ερευνητικό Ερώτημα 3 .....	66
5.3.4	Ερευνητικό Ερώτημα 4 .....	69
<b>6</b>	<b>.....</b>	<b>72</b>
	<b>Συμπεράσματα και Προοπτικές .....</b>	<b>72</b>
<b>6.1</b>	<b>Σύνοψη.....</b>	<b>72</b>
<b>6.2</b>	<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>72</b>
<b>6.3</b>	<b>Μελλοντική εργασία.....</b>	<b>73</b>
	<b>Βιβλιογραφία- Αναφορές.....</b>	<b>75</b>

## Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Το κόκκινο κουτί σαν δείκτης εύρεσης του τελευταίου σημείο εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο. ....	13
Εικόνα 2: Ο Tobii Pro Spectrum 300Hz eye tracker που χρησιμοποιήθηκε. ....	18
Εικόνα 3: Τα υλικά εξαρτήματα (hardware components) ενός eye tracker. ....	19
Εικόνα 4: Μια διαδρομή σάρωσης (scan path) σε ένα κείμενο σε συνδυασμό στερεωμάτων (fixations), σακκαδικών κινήσεων (saccades) και οπισθοδρομήσεων (regression) [12]. ....	21
Εικόνα 5: Μονοπάτι βλέμματος χρήστη λίγο πριν αλλάξει παράθυρο από το taskbar. ....	27
Εικόνα 6: Scanpath του χρήστη με fixation points τη στιγμή πριν αλλάξει παράθυρο από το taskbar. ....	27
Εικόνα 7: Τα 2 mock ups των υποψήφιων δεικτών εστίασης που εμφανίστηκαν στην οθόνη του χρήστη. ....	31
Εικόνα 8: Στιγμιότυπο από την καταγραφή οθόνης του χρήστη όταν εμφανίζεται το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης. ....	32
Εικόνα 9: Οι 4 διαφορετικές συνθήκες που προκύπτουν στο πείραμα. ....	39
Εικόνα 10: Δέσμευση ραντεβού για το πείραμα από τους χρήστες στην πλατφόρμα Doodle. ....	40
Εικόνα 11: Φόρμα συναίνεσης και αποδοχής καταγραφής δεδομένων του χρήστη. ....	41
Εικόνα 12: Αποτελέσματα βαθμονόμησης ενός χρήστη στο Tobii Pro Lab.[20]. ....	52
Εικόνα 13: Η θέση του ματιού του χρήστη όταν καταγράφονται δεδομένα στην οθόνη (gaze point)[21]. ....	53
Εικόνα 14: Υπολογισμός του χρόνου ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη. ....	55
Εικόνα 15: Περιοχή ενδιαφέροντος (πορτοκαλί) στην επιφάνεια του κειμένου με τις περιπτώσεις χρήσης. ....	56
Εικόνα 16: Περιοχή ενδιαφέροντος (μπλε) στο τελευταίο σημείο εστίασης. ....	57
Εικόνα 17: Περιοχή ενδιαφέροντος (πράσινη) στο σημείο μετά το τελευταίο σημείο εστίασης(μπλε). ....	58
Εικόνα 18: Οι μεταβλητές (Variable View) που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση στην SPSS. ....	59
Εικόνα 19: Ενδεικτικό δείγμα των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο SPSS Statistics. ....	59
Εικόνα 20: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ1. ....	61
Εικόνα 21: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 1. ....	61
Εικόνα 22: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 1. ....	62
Εικόνα 23: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 1. ....	63
Εικόνα 24: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ2. ....	64
Εικόνα 25: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 2. ....	64
Εικόνα 26: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 2. ....	65
Εικόνα 27: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 2. ....	66
Εικόνα 28: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ3. ....	66
Εικόνα 29: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 3. ....	67
Εικόνα 30: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 3. ....	67
Εικόνα 31: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 3. ....	68
Εικόνα 32: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ4. ....	69
Εικόνα 33: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 4. ....	69
Εικόνα 34: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 4. ....	70

---

Εικόνα 35: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 4.....	71
--	----

---

## Λίστα Γραφημάτων

Γράφημα 1: Κατανομή ηλικιών συμμετεχόντων .....	42
Γράφημα 2: Κατανομή φύλων συμμετεχόντων.....	42
Γράφημα 3: Κατανομή επιπέδου εκπαίδευσης συμμετεχόντων .....	4Error! Bookmark not defined.
Γράφημα 4: Κατανομή επιπέδου της αγγλικής γλώσσας των συμμετεχόντων.....	4Error! Bookmark not defined.
Γράφημα 5: Κατανομή επιπέδου εξοικείωσης των συμμετεχόντων με τη γλώσσα προγραμματισμού C .....	44
Γράφημα 6: Κατανομή συμμετεχόντων με ή χωρίς νευρολογικές παθήσεις.....	44
Γράφημα 7: Κατανομή συμμετεχόντων με μαθησιακές δυσκολίες .....	45
Γράφημα 8: Μαθησιακές δυσκολίες των χρηστών .....	45
Γράφημα 9: Κατανομή απαντήσεων της 1 <sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου .....	46
Γράφημα 10: Κατανομή απαντήσεων της 2 <sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.....	47
Γράφημα 12: Κατανομή απαντήσεων της 3 <sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου .....	47
Γράφημα 13: Κατανομή απαντήσεων της 4 <sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου .....	48

## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Πίνακας FutureWorkData στη βάση δεδομένων. ....	29
Πίνακας 2: Πίνακας Previous_Tabs στη βάση δεδομένων. ....	30

## Συντομογραφίες

RBLFP	Red Box at Last Focus Point
AOI	Area Of Interest
HCI	Human Computer Interaction
ADHD	Attention Deficit Hyperactivity Disorder





## Γλωσσάρι ή Απόδοση Όρων

Red Box at Last Focus Point	Κόκκινο Κουτί στο Τελευταίο Σημείο Εστίασης
Eye tracking	Οφθαλμικός Ιχνηλάτηση
Human Computer Interaction	Αλληλεπίδραση Ανθρώπου - Υπολογιστή
Eye tracker	Οφθαλμικός Ιχνηλάτης
Taskbar	Γραμμή εργασιών
Use Case	Περίπτωση Χρήσης
Time Frame	Χρονικό Πλαίσιο
Attention Deficit Hyperactivity Disorder	Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας
Dyslexia	Δυσλεξία
Concentration Problem	Πρόβλημα Συγκέντρωσης
Heatmap	Θερμικός Χάρτης
Red Box	Κόκκινο Κουτί



# 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Σημασία του προβλήματος

Η σύγχρονη πραγματικότητα, με τις αυξανόμενες απαιτήσεις και την ανάγκη για γρήγορους ρυθμούς εργασίας, ασκεί πίεση στους εργαζόμενους, προκαλώντας αυξημένο φόρτο εργασίας και ψυχολογική καταπόνηση. Πολλοί εργαζόμενοι καλούνται να διαχειριστούν ταυτόχρονα πολλές και διαφορετικές εργασίες, γεγονός που επιτείνει την ανάγκη για έξυπνα και αποτελεσματικά εργαλεία υποστήριξης που θα τους βοηθούν να διεκπεραιώνουν τα καθήκοντά τους πιο γρήγορα, αποδοτικά και προκαλώντας λιγότερη κούραση. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εργαζόμενοι έχουν ανοιχτά πολλά παράθυρα εφαρμογών, γεγονός που δυσκολεύει την ανάκτηση της σωστής πληροφορίας όταν χρειάζεται να επιστρέψουν σε ένα παράθυρο που είχαν ανοίξει πιο πριν. Ακόμα και όταν εναλλάσσονται ανάμεσα σε δύο παράθυρα, είναι σύνηθες να μην θυμούνται που είχαν μείνει. Αυτό αυξάνει την κούραση και το άγχος τους, καθώς χάνουν πολύτιμο χρόνο προσπαθώντας να εντοπίσουν το τελευταίο σημείο στο οποίο εργάζονταν. Η συνεχής αυτή αναζήτηση πληροφορίας και η αποδιοργάνωση που προκύπτει μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της παραγωγικότητας και σε αυξημένο μη παραγωγικό άγχος. Για αυτόν το λόγο, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη αποδοτικών υποστηρικτικών τεχνολογιών, που έχουν ως στόχο όχι μόνο να ενισχύσουν την παραγωγικότητα αλλά και να μειώσουν το άγχος και την πίεση που προκαλούν αυτές οι καθημερινές προκλήσεις. Τέτοια εργαλεία υποστηρίζουν τους χρήστες στην ταχύτερη ανάκτηση πληροφοριών, επιτρέποντάς τους να επιστρέφουν γρήγορα στο έργο τους, μειώνοντας την αίσθηση αποδιοργάνωσης και διευκολύνοντας την ομαλή ροή της εργασίας.

## 1.2 Στόχοι της Εργασίας

Οι στόχοι της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνουν τρεις βασικές κατευθύνσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν την αρχική έρευνα πριν την υλοποίηση του εργαλείου, ύστερα την υλοποίηση του εργαλείου και, τέλος, την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του. Αρχικά, επιδιώκεται η μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών σε συνθήκες πολλαπλών εναλλαγών παραθύρων μέσω eye tracking πειραμάτων με στόχο την κατανόηση της συμπεριφοράς τους κατά τη διάρκεια της συχνής εναλλαγής παραθύρων. Στη συνέχεια, προγραμματίστηκε η ανάπτυξη και υλοποίηση του συστήματος RBLFP (Red Box at Last Focus Point) που εμφανίζει έναν δείκτη για την επισήμανση του τελευταίου σημείου εστίασης σε ένα αναδυόμενο παράθυρο, όταν ο χρήστης επιστρέφει σε αυτό. Το εργαλείο αυτό αποσκοπεί στη διευκόλυνση της ταχύτερης εύρεσης του τελευταίου σημείου εστίασης, με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας του χρήστη κατά την εργασία του. Έπειτα, επιδιώχθηκε η αξιολόγηση τόσο της αποτελεσματικότητας αυτού του εργαλείου κατά τη χρήση του σε συνθήκες που απαιτούν συνεχή εναλλαγή παραθύρων, όσο και της βελτίωσης της συνολικής εμπειρίας του χρήστη. Τέλος, μέσα από τα πειράματα συλλέχθηκαν δεδομένα για μελλοντική έρευνα της συμπεριφοράς του χρήστη όταν υποβάλλεται σε παρόμοιες συνθήκες εναλλαγής μεταξύ τουλάχιστον δύο παραθύρων.

## 1.3 Μεθοδολογία Προσέγγισης

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, όπως αναφέρονται παρακάτω:

- **Βιβλιογραφική έρευνα:** το αρχικό βήμα περιλαμβάνει μελέτη βιβλιογραφίας της τεχνολογίας οφθαλμικής ιχνηλάτησης (eye tracking). Έπειτα, έγινε εστίαση σε βιβλιογραφική έρευνα που αφορά τον ιδανικό σχηματισμό του δείκτη που θα εμφανίζεται στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο ώστε να συνεχιστεί στα επόμενα βήματα η υλοποίηση του.
- **Διεξαγωγή πιλοτικών πειραμάτων:** στην αρχή υπήρχαν διάφοροι προτεινόμενοι σχεδιασμοί για το δείκτη εντοπισμού του τελευταίου σημείου εστίασης. Οπότε διεξάχθηκαν μερικά πιλοτικά πειράματα, στα οποία έγινε παρουσίαση των διάφορων σχεδιασμών των κουτιών υπό καθορισμένες συνθήκες. Σκοπός ήταν να βρεθεί ο δείκτης με το μικρότερο χρόνο μέχρι το πρώτο στερέωμα, δηλαδή έγινε εστίαση στο χρόνο εντοπισμού του δείκτη στο κείμενο που παρουσιάστηκε. Σε συνδυασμό με την ανατροφοδότηση από τους συμμετέχοντες έγινε η τελική επιλογή του δείκτη εντοπισμού, δηλαδή ένα κόκκινο κουτί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.

**Use case 1**

The program takes as input a four digit number num from the user, calculates the sum of num's digits and then the product of the digits if num with each other, calculates the square of the sum of the digits and prints the values calculated by the program. At first, the system defines the int function named sumOfDigits in which the system sums the digits of the four-digit number and at the end the sum is returned. Then the system defines the int function named productOfDigits in which the system multiplies the digits of the four-digit number with each other and at the end the product is returned as a variable named product. Then the main function is defined, where the four variables num, digitSum, squareOfSum, digitProduct are defined. The user is asked to give an input as the four digit number. Then the system gives value in variable digitSum as the value that the sumOfDigits returns to calculate the sum of the digits calling the function sumOfDigits. Then the system gives value in variable digitProduct as the value that the productOfDigits returns to calculate the product of the digits calling the function productOfDigits. finally, the system prints the values of num, digitSum, digitProduct, squareOfSum.

User Input (Income)	Sum of digits	Product of digits
1234	10	24

Εικόνα 1: Το κόκκινο κουτί σαν δείκτης εύρεσης του τελευταίου σημείο εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο.

- **Ανάπτυξη συστήματος RBLFP:** το επόμενο βήμα περιλάμβανε την ανάπτυξη του συστήματος RBLFP κατά το οποίο θα εμφανίζεται το κόκκινο κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης όταν ο χρήστης θα επιστρέφει σε ένα αναδυόμενο παράθυρο.
- **Σχεδιασμός και υλοποίηση πειραμάτων:** κατά τη διάρκεια αυτού του βήματος έγινε η οργάνωση και η διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας. Έγινε προσεκτική επιλογή των συνθηκών προκειμένου να μην υποθάλπουν το σύστημα RBLFP και να μπορούν να εξαχθούν έγκυρα αποτελέσματα. Για να εξασφαλιστεί αυτό, έγιναν για 2<sup>η</sup> φορά πιλοτικά πειράματα για να ελεγχθεί η εγκυρότητα του σεναρίου, καθώς και η αλληλεπίδραση του συστήματος RBLFP με τους συμμετέχοντες. Τέλος, βάσει του πειραματικού πρωτοκόλλου που δημιουργήθηκε, διεξήχθη το τελικό πείραμα με 68 χρήστες, από τους οποίους θεωρήθηκαν οι 51 έγκυροι.
- **Eye tracking ανάλυση δεδομένων:** στο συγκεκριμένο βήμα ορίστηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα, βάσει των οποίων έγινε η eye tracking ανάλυση με τη βοήθεια του λογισμικού Tobii Pro Lab. Συγκεκριμένα, τέθηκαν οι περιοχές ενδιαφέροντος (AOI) για κάθε ερευνητικό ερώτημα για τους χρήστες οι οποίοι θεωρήθηκαν έγκυροι. Από τις περιοχές ενδιαφέροντος έγινε εξαγωγή δεδομένων εντός των περιοχών ενδιαφέροντος που τέθηκαν, μέσω ορισμένων μετρικών που επιλέχθηκαν.
- **Στατιστική ανάλυση δεδομένων:** πρόκειται για το βήμα στο οποίο αναλύεται στατιστικά εάν το σύστημα RBLFP βοήθησε το χρήστη να ολοκληρώσει την εργασία που του ανατέθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος. Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις περιοχές ενδιαφέροντος της eye tracking ανάλυσης, συγκρίθηκαν στατιστικά μεταξύ τους βάσει κάθε ερευνητικού ερωτήματος ώστε να αποδειχθεί εάν η χρήση και η μη χρήση του συστήματος έχουν κάποια στατιστική διαφορά ή όχι.
- **Διεξαγωγή συμπερασμάτων:** αποτελεί το τελικό βήμα κατά το οποίο αναλύονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν τόσο από την eye tracking και στατιστική ανάλυση, όσο και από όλη τη διαδικασία υλοποίησης του συστήματος RBLFP και τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

## 1.4 Συνεισφορά

Στη σύγχρονη εποχή, όπου οι υπολογιστές και οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής, όλοι οι χρήστες υπολογιστών έρχονται αντιμέτωποι με την ανάγκη να διαχειρίζονται πολλαπλά παράθυρα και εφαρμογές. Αυτό το φαινόμενο συχνά οδηγεί σε προβλήματα όπως η δυσκολία εντοπισμού του τελευταίου σημείου εστίασης όταν γίνεται εναλλαγή μεταξύ δύο ή περισσότερων παραθύρων. Αυτό επηρεάζει τόσο απλούς χρήστες του υπολογιστή όσο και επαγγελματίες που εργάζονται με υπολογιστές υπό απαιτητικές συνθήκες. Στο πλαίσιο αυτό, η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, η οποία αναπτύσσει ένα υποστηρικτικό εργαλείο για την επισήμανση του τελευταίου σημείου εστίασης, επιλύει αυτό το πρόβλημα τόσο για τους κοινούς χρήστες όσο και για τους χρήστες που εργάζονται μέσω του.

Συνεπώς, με τη χρήση του υποστηρικτικού συστήματος RBLFP βελτιώνεται η αλληλεπίδραση ανθρώπου με υπολογιστή (Human and Computer Interaction- HCI). Άρα, η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αποτελεί βάση για τη δημιουργία νέων παρόμοιων τεχνολογιών βασισμένες στο πεδίο HCI, καθώς κατά τη βιβλιογραφική έρευνα δεν βρέθηκε πλούσια βιβλιογραφία όσον αφορά αυτόματη ένδειξη ενός σημείου σε κείμενο με eye tracking δεδομένα παρά μόνο χειροκίνητη. Επιπλέον, ανοίγει το δρόμο για τη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών όταν αναζητούν συγκεκριμένα σημεία σε κείμενα ή όταν προσπαθούν να εντοπίσουν το σημείο από το οποίο επιθυμούν να συνεχίσουν την ανάγνωση. Εξαιτίας των προοπτικών για μελλοντική εργασία αποθηκεύτηκαν τόσο τα eye tracking δεδομένα των χρηστών, όσο και η καταγραφή οθόνης κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων και η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων των χρηστών με τα εργαλεία εστίασης μπορούν να προσφέρουν πολύτιμα ευρήματα για τη βελτίωση της εμπειρίας χρήστη και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που υποστηρίζουν τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ευχρηστίας σε συνθήκες πολλαπλής εναλλαγής παραθύρων.

## 1.5 Διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται η δομή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, τόσο σε κεφάλαια όσο και σε υποκεφάλαια. Η εργασία ξεκινά στο **Κεφάλαιο 2** με μια παρουσίαση της τεχνολογίας οφθαλμικής ιχνηλάτησης, περιλαμβάνοντας τα πεδία εφαρμογής του eye tracking, αναφέροντας στη συνέχεια το Tobii Pro Spectrum eye tracker και το λογισμικό Tobii Pro Lab που χρησιμοποιήθηκαν για τη διπλωματική εργασία. Έπειτα, το **Κεφάλαιο 3** επικεντρώνεται στην ανάλυση της τεχνικής υποδομής και των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, με έμφαση στη γλώσσα προγραμματισμού Python και τη βάση δεδομένων PostgreSQL. Ακολουθεί η περιγραφή του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για να φιλτράρει τα δεδομένα του χρήστη για την εξαγωγή του τελευταίου σημείου εστίασης και τη δημιουργία και εμφάνιση του δείκτη σε αυτό το σημείο, η επικοινωνία του κώδικα με τη βάση δεδομένων και ο σχεδιασμός του δείκτη εστίασης. Στην πειραματική διαδικασία, που περιγράφεται στο **Κεφάλαιο 4**, αναλύονται τα ερευνητικά ερωτήματα και οι υποθέσεις, η προετοιμασία και υλοποίηση των

πειραμάτων, καθώς και τα εργαλεία και οι συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ περιγράφονται λεπτομερώς τα ερωτηματολόγια, οι συνεντεύξεις και τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων, η οποία εστιάζει στην παρατήρηση των δεδομένων, ενώ αναλύονται και οι μέθοδοι της eye tracking ανάλυσης και της στατιστικής ανάλυσης, με σκοπό την απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα. Τέλος, η εργασία κλείνει με το **Κεφάλαιο 6** με τη συνοπτική παρουσίαση των συμπερασμάτων και τις προοπτικές για μελλοντική έρευνα.

# 2

## Οφθαλμική ιχνηλάτηση και θεωρητικό πλαίσιο

### 2.1 Eye tracking και πεδία εφαρμογής

Ο οφθαλμικός ιχνηλάτης (eye tracker) είναι μια συσκευή που μετρά και καταγράφει τη θέση και την κίνηση των ματιών ενός χρήστη και το μέγεθος της κόρης του, επιτρέποντας την ανίχνευση του σημείου όπου ο εστιάζει κάθε δεδομένη στιγμή, με τη διαδικασία αυτή να ονομάζεται οφθαλμική ιχνηλάτηση (eye tracking). Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση των κινήσεων των ματιών, με τις οπτικές μεθόδους να είναι οι πιο δημοφιλείς. Αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση φωτός, συνήθως υπέρυθρου, το οποίο αντανακλάται από το μάτι και ανιχνεύεται από κάμερες ή άλλους ειδικά σχεδιασμένους οπτικούς αισθητήρες. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται στη συνέχεια για την εξαγωγή της κίνησης των ματιών βάσει των αλλαγών στις αντανακλάσεις. Η οφθαλμική ιχνηλάτηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε οθόνες υπολογιστών, στον πραγματικό κόσμο ή σε εικονική πραγματικότητα, ενώ οι οφθαλμικοί ιχνηλάτες μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα ή να ενσωματωθούν σε άλλες τεχνολογίες, όπως XR headsets, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και οχήματα [1][2].

Η τεχνολογία της οφθαλμικής ιχνηλάτησης (eye tracking) έχει βρει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, αξιοποιώντας την ικανότητά της να καταγράφει και να αναλύει τις κινήσεις των ματιών σε πραγματικό χρόνο. Οι τομείς αναφέρονται παρακάτω:

- **Διαφήμιση:** Με τη βοήθεια του eye tracking μετριέται η οπτική προσοχή σε κάποιον ιστότοπο και εστιάζει κυρίως στην αντίδραση του χρήστη σε ερεθίσματα όπως διαφημίσεις και εικόνες προϊόντων. Με την παρακολούθηση των κινήσεων των ματιών των θεατών της ιστοσελίδας, οι επιχειρήσεις ηλεκτρονικού εμπορίου μπορούν να βελτιστοποιήσουν το σχεδιασμό του ιστότοπου, τις τοποθετήσεις προϊόντων και τις στρατηγικές διαφήμισης για την προσέλκυση και τη διατήρηση πελατών. Έτσι, με τα eye tracking δεδομένα των καταναλωτών παρέχονται πληροφορίες σχετικά με το ποια στοιχεία μιας ιστοσελίδας ή ενός ηλεκτρονικού καταστήματος τραβούν την προσοχή τους, βοηθώντας τις επιχειρήσεις να βελτιώσουν την εμπειρία των χρηστών και να δημιουργήσουν την ανάγκη στους θεατές της ιστοσελίδας να γίνουν καταναλωτές [3].



- **Ψυχολογία και Ιατρική:** Με τη βοήθεια του eye tracking, στην ιατρική μελετώνται οι κινήσεις των ματιών για τη διάγνωση νευρολογικών και μαθησιακών διαταραχών, όπως η δυσλεξία και η διαταραχή ελλειμματικής προσοχής και υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ) [4][5], καθώς οι οφθαλμικές κινήσεις αντανακλούν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα άτομα με τέτοιες διαταραχές. Μέσω της ανάλυσης αυτών των δεδομένων, μπορούν να προβλεφθούν οι αναγνώστες με και χωρίς δυσλεξία, βελτιώνοντας έτσι τη διαδικασία διάγνωσης και παρέμβασης. Παράλληλα, στην ψυχολογία, το eye tracking συμβάλλει στην ανάλυση της οπτικής επεξεργασίας και αποκαλύπτει σημαντικές πληροφορίες για τις γνωστικές διεργασίες, όπως η προσοχή και η αντίληψη. Βάσει των eye tracking δεδομένων, οι ερευνητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πώς οι άνθρωποι επεξεργάζονται πληροφορίες και πώς αντιδρούν σε συναισθηματικά ή γνωστικά ερεθίσματα, βελτιώνοντας τις μεθόδους αξιολόγησης και θεραπείας [6].
- **Εκπαίδευση:** Ο τομέας της εκπαίδευσης μπορεί να συνδυαστεί με την υποστήριξη του eye tracking για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αφομοιώνουν καλύτερα την πληροφορία σε κείμενο ή διαφάνειες. Συγκεκριμένα, μπορεί να αναλυθεί το μοτίβο οπτικής προσοχής σε διαφάνειες PowerPoint, όπου περιέχεται κείμενο σε συνδυασμό με εικόνες. Με αυτόν τον τρόπο, η διάταξη μεταξύ κειμένου και εικόνων στις διαφάνειες μπορεί να βελτιστοποιηθεί, προκειμένου να αυξηθεί η αποδοτικότητα και η κατανόηση των μαθητών, μειώνοντας παράλληλα το γνωστικό τους φορτίο κατά την αλληλεπίδραση με το διδακτικό υλικό [7][8].
- **Αθλητισμός:** Η τεχνολογία eye tracking είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην ανάλυση και βελτίωση της απόδοσης των αθλητών, αποκαλύπτοντας πώς οι οφθαλμικές κινήσεις συνδέονται με τη λήψη αποφάσεων και τις αντιδράσεις τους κατά τη διάρκεια των αγώνων. Οι ερευνητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτήν την τεχνολογία για να εντοπίσουν ποια ερεθίσματα τραβούν την προσοχή των αθλητών σε κρίσιμες στιγμές. Έχοντας αυτά τα δεδομένα, η προπόνηση θα βασιστεί σε αυτά ώστε κατά τη διάρκεια των αγώνων οι αθλητές να είναι περισσότερο αποδοτικοί [9].

## 2.2 Tobii Pro Spectrum και λειτουργία των eye trackers

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε ο Tobii Pro Spectrum 300Hz, ο οποίος απεικονίζεται στην Εικόνα 2. Ανήκει στην κατηγορία video-based eye tracker, οι οποίοι αποτελούνται από 3 βασικά εξαρτήματα. Αυτά είναι οι μονάδες φωτισμού με φως κοντά στο υπέρυθρο φάσμα (Near-infrared light illumination modules), οι αισθητήρες κάμερας (eye tracking camera) και ο επεξεργαστής (processor), όπως φαίνονται και στην Εικόνα 3. Ο επεξεργαστής είναι υπεύθυνος για την ανίχνευση εικόνων, τη δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου του ματιού και την εφαρμογή του αλγόριθμου χαρτογράφησης του βλέμματος.



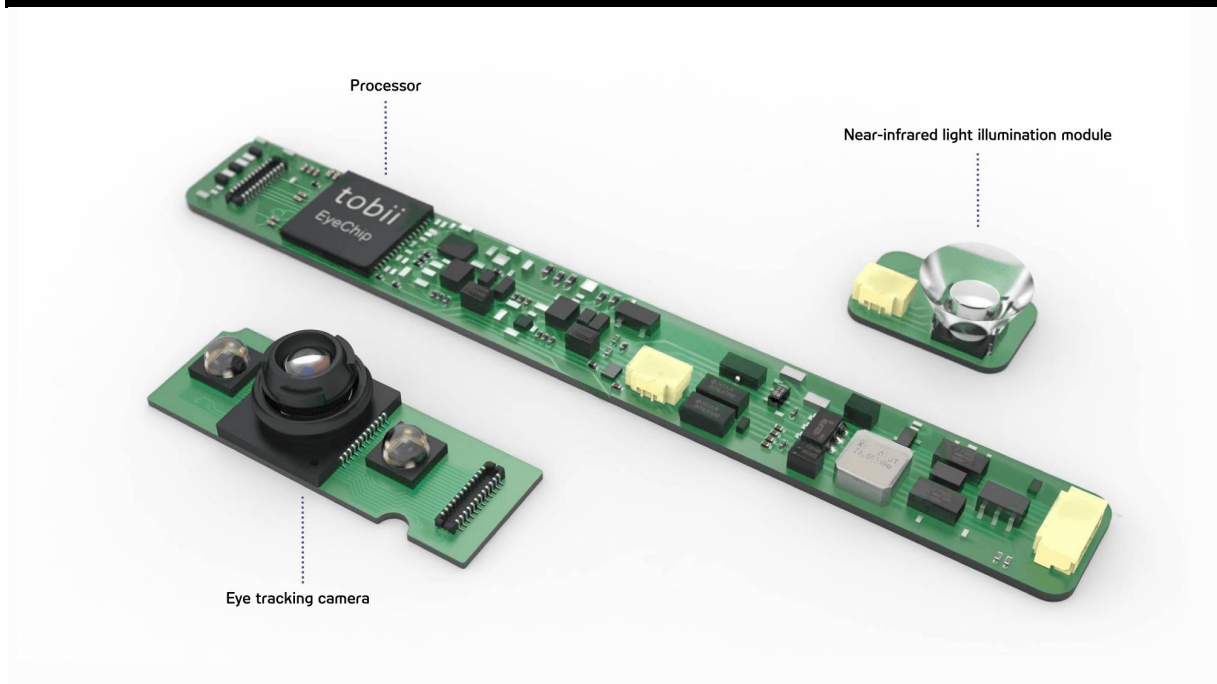
Εικόνα 2: Ο Tobii Pro Spectrum 300Hz eye tracker που χρησιμοποιήθηκε.<sup>1</sup>

Η διαδικασία της οφθαλμικής ιχνηλάτησης περιλαμβάνει 3 βασικά στάδια:

- Κατά το 1<sup>ο</sup> στάδιο, χρησιμοποιείται υπέρυθρο φως από το υλικό του eye tracker για να φωτίσει τα μάτια του χρήστη, δημιουργώντας ανακλάσεις στην κόρη και στον κερατοειδή. Η αντανάκλαση στον κερατοειδή παρακολουθείται σε σχέση με τη θέση της κόρης για τον υπολογισμό του σημείου εστίασης του βλέμματος (μέθοδος pupil-center corneal reflection - PCCR).
- Κατά το 2<sup>ο</sup> στάδιο, γίνεται η ανίχνευση της ανάκλασης, η οποία προκύπτει από το φωτισμό του ματιού του χρήστη από υπέρυθρο φως, από τους αισθητήρες του eye tracker. Οι κάμερες των eye trackers είναι ευαίσθητες στο υπέρυθρο φως και καταγράφουν εικόνες των ματιών και των ανακλάσεων. Οι κάμερες τοποθετούνται απέναντι από το χρήστη, με σαφή οπτική γωνία προς τα μάτια, με σκοπό να καταγράψουν τις κινήσεις των ματιών του χρήστη με ακρίβεια.
- Κατά το 3<sup>ο</sup> στάδιο, οι εικόνες που καταγράφονται αποστέλλονται για επεξεργασία και ανάλυση στον επεξεργαστή. Εκεί, οι αλγόριθμοι ανάλυσης εικόνας δημιουργούν ένα τρισδιάστατο μοντέλο του ματιού και υπολογίζουν το σημείο εστίασης του βλέμματος χωρίς περιορισμούς στην κίνηση του κεφαλιού. Οι αλγόριθμοι αυτοί ανιχνεύουν την κόρη και την αντανάκλαση στον κερατοειδή και, με βάση τη μεταξύ τους σχέση, υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια το σημείο που κοιτάζει ο χρήστης. Η ακρίβεια απόδοσης του σημείου εστίασης του χρήστη με ακρίβεια επηρεάζεται κυρίως την απόκλιση της ανίχνευσης της αντανάκλασης της κόρης του ματιού του χρήστη με την πραγματική θέση της κόρης του χρήστη.

---

<sup>1</sup> [https://tobii.imagevault.app/publishedmedia/sz1u9ztbhedr6eh4ie19/TobiiPro-Spectrum-side-bottom-up-2\\_1.jpg](https://tobii.imagevault.app/publishedmedia/sz1u9ztbhedr6eh4ie19/TobiiPro-Spectrum-side-bottom-up-2_1.jpg)



Εικόνα 3: Τα υλικά εξαρτήματα (hardware components) ενός eye tracker.<sup>2</sup>

Για να αξιοποιηθούν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά για τη διεξαγωγή έρευνας, απαιτείται η χρήση ειδικού λογισμικού για eye tracker. Ένας eye tracker μπορεί να είναι ενσωματωμένος είτε σε ειδικά γυαλιά που καταγράφουν δεδομένα ακόμα και σε εξωτερικό περιβάλλον, είτε σε ειδικά ακουστικά (headset) με εκτεταμένη πραγματικότητα (extended reality -XR ), είτε βασισμένος σε οθόνες, όπως και ο Tobii Pro Spectrum που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία [10]. Το Tobii Pro Lab, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη διπλωματική εργασία, είναι το λογισμικό που υποστηρίζει τη διεξαγωγή έρευνας με δεδομένα eye tracking. Παρέχει ένα σύνολο λειτουργιών που περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την επαναπροβολή καταγραφών, την ανάλυση και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων σε ένα περιβάλλον φιλικό προς το χρήστη. Το Tobii Pro Lab αποτέλεσε ένα κρίσιμο εργαλείο για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, επιτρέποντας την αποτελεσματική διαχείριση και αξιοποίηση των δεδομένων eye tracking.

## 2.3 Σημαντικές Μετρικές και Ορολογία

Οι κινήσεις των ματιών αποτελούν μία από τις συχνότερες ανθρώπινες συμπεριφορές, εμφανιζόμενες κατά μέσο όρο τρεις φορές ανά δευτερόλεπτο. Αποτελούν ένδειξη της πληροφορίας που δέχεται το άτομο τη δεδομένη στιγμή. Η τεχνολογία του eye tracking επιτρέπει την παρακολούθηση και ανάλυση του τρόπου με τον οποίο το άτομο εστιάζει το βλέμμα του σε ένα αντικείμενο, προσφέροντας τη δυνατότητα να εντοπιστεί με ακρίβεια το

<sup>2</sup> <https://www.tobii.com/imagevault/publishedmedia/0p8vzuqykx1bjzubzo7z/Tobii-Integration-platform.png?w=2048&q=80>

κεντρικό σημείο της οπτικής του προσοχής, καθώς και να παρακολουθηθεί η πορεία της οπτικής του εστίασης. Για την ανάλυση της οφθαλμικής συμπεριφοράς των χρηστών, έχουν καθοριστεί συγκεκριμένες μετρικές, οι οποίες στηρίζονται κυρίως στις δύο βασικές κινήσεις των ματιών: τα στερεώματα (fixations) και τις σακκαδικές κινήσεις (saccades) [11][12][13]. Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, δόθηκε έμφαση σε μετρικές που βασίζονται στα στερεώματα. Για να διευκολυνθεί η κατανόηση των αναφορών σε αυτές τις μετρικές και τους σχετικούς όρους, θα παρουσιαστούν κάποιες από τις βασικές μετρικές, αλλά και ορολογίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας.

### **Στερέωμα (fixation)**

Τα στερεώματα (fixations) αναφέρονται στις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες τα μάτια παραμένουν σταθερά σε έναν οπτικό στόχο, επιτρέποντας τη σταθερή αντίληψη και τη συλλογή οπτικής πληροφορίας. Είναι η πιο συχνά καταγεγραμμένη κατάσταση στα eye tracking δεδομένα. Η μέτρηση των στερεωμάτων επιτρέπει την αξιολόγηση της προσοχής που δίνεται σε συγκεκριμένα σημεία, όπως μια λέξη κατά τη διάρκεια ανάγνωσης ενός κειμένου, με τη διάρκεια τους να κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 200 και 300 χιλιοστών του δευτερολέπτου.

### **Σακκαδική κίνηση (saccade)**

Οι σακκαδικές κινήσεις (saccades) είναι γρήγορες μετακινήσεις των ματιών που συμβαίνουν μεταξύ των στερεωμάτων και διαρκούν έως 30-80 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Κατά τη διάρκεια μιας σακκαδικής κίνησης, τα μάτια κινούνται με εξαιρετικά υψηλή ταχύτητα, η οποία μπορεί να φτάσει ακόμη και τις 500 μοίρες ανά δευτερόλεπτο. Εξαιτίας αυτής της ταχύτητας, δεν συλλέγονται νέες πληροφορίες κατά τη διάρκεια της κίνησης, καθιστώντας το φαινόμενο της σακκαδικής κίνησης την ταχύτερη κίνηση που μπορεί να κάνει ο άνθρωπος. Είναι επίσης αποδεκτό ότι κατά τη διάρκεια μιας σακκαδικής κίνησης η όραση είναι ουσιαστικά ανενεργή, καθώς δεν γίνεται επεξεργασία νέων οπτικών ερεθισμάτων.

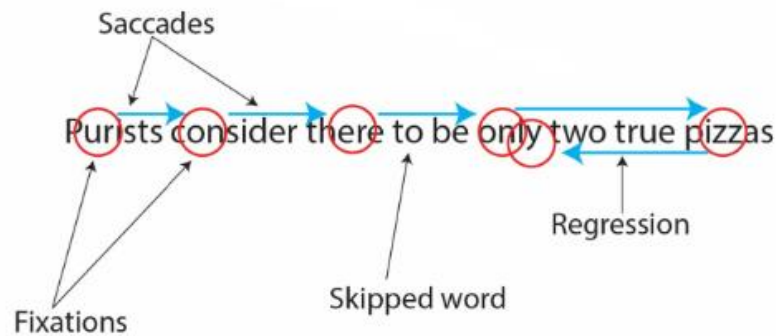
### **Οπισθοδρόμηση (regression)**

Η οπισθοδρόμηση (regression) στην ανάγνωση είναι μια κίνηση των ματιών προς μια προηγούμενη περιοχή του κειμένου. Όταν η οπισθοδρόμηση γίνεται μεταξύ λέξεων, αυτό μπορεί να υποδεικνύει την κατανόηση της λέξης. Ωστόσο, όταν δεν γίνεται μεταξύ λέξεων, ενδέχεται να υποδεικνύει δυσκολία στην κατανόηση του κειμένου ή την ανάγκη ανάκλησης πληροφοριών από το προηγούμενο μέρος του κειμένου. Η οπισθοδρόμηση είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μπορεί να δώσει πληροφορίες για πιθανή απώλεια μνήμης. Η αυξημένη συχνότητα οπισθοδρομήσεων ενδέχεται να συνδέεται με αμνησία, καθώς ένα άτομο που πάσχει από αμνησία μπορεί να κάνει περισσότερες παλινδρομήσεις. Παρ' όλα αυτά, μπορεί επίσης να συμβεί όταν ο χρήστης προσπαθεί να ανακαλέσει κάποια πληροφορία από μια προηγούμενη περιοχή ενδιαφέροντος.

### **Διαδρομή σάρωσης (scan path)**

Η διαδρομή σάρωσης (scan path) είναι η οπτικοποίηση των "διαδρομών των οφθαλμοκινητικών γεγονότων μέσα στο χώρο σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο," που απεικονίζουν την κίνηση του ματιού στο χώρο. Αποτελούν έναν συνδυασμό στερεωμάτων (fixations), σακκαδικών κινήσεων (saccades) και παλινδρομήσεων (regressions),

προσφέροντας έτσι μια ολοκληρωμένη εικόνα της οπτικής διαδρομής και της προσοχής του ατόμου κατά τη διάρκεια της παρακολούθησης. Ένα παράδειγμα μια διαδρομής σάρωσης σε ένα κείμενο παρουσιάζεται στην Εικόνα 4:.



Εικόνα 4: Μια διαδρομή σάρωσης (scan path) σε ένα κείμενο σε συνδυασμό στερεωμάτων (fixations), σακκαδικών κινήσεων (saccades) και οπισθοδρομήσεων (regression) [12].

#### Περιοχή ενδιαφέροντος (Area Of Interest - AOI)

Οι ερευνητές αναλύουν τα δεδομένα της οπτικής κατεύθυνσης εστιάζοντας σε συγκεκριμένες περιοχές εντός των ερεθισμάτων, όπως διαγράμματα, κώδικες πηγαίου κώδικα ή σημεία κειμένου, οι οποίες ονομάζονται Περιοχές Ενδιαφέροντος (AOIs). Αυτές οι περιοχές αντιπροσωπεύουν τμήματα που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την έρευνα, είτε επειδή είναι κρίσιμα για την εξαγωγή σωστών απαντήσεων από τους συμμετέχοντες είτε λόγω της γενικής τους σχετικότητας με τους στόχους της μελέτης. Οι περιοχές ενδιαφέροντος επιλέγονται με βάση τα ενδιαφέροντα του ερευνητή και μπορούν να προσαρμοστούν ή να τροποποιηθούν κατά τη διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων, προκειμένου να ευθυγραμμιστούν καλύτερα με τους ερευνητικούς στόχους.

#### Συνολικός αριθμός στερεωμάτων (total number of fixation)

Ο συνολικός αριθμός στερεωμάτων αφορά τα στερεώματα εντός μιας περιοχής ενδιαφέροντος. Ένας μεγαλύτερος αριθμός στερεωμάτων σε ένα ερέθισμα υποδηλώνει ότι η διαδικασία αναζήτησης σχετικών πληροφοριών δεν είναι αποδοτική, καθώς το άτομο προσπαθεί να επεξεργαστεί τις πληροφορίες [14]. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό κάθε φορά να ορίζεται η περιοχή ενδιαφέροντος για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων για τον αυξημένο αριθμό στερεωμάτων. Ο λόγος είναι ότι σε κείμενο σαν περιοχή ενδιαφέροντος, μεγαλύτερος αριθμός στερεωμάτων δείχνει πως απαιτείται περισσότερος χρόνος να κατανοηθεί το κείμενο, ενώ σε κώδικα δείχνει περισσότερο αφοσιωμένη προσοχή στον κώδικα.

#### Χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα (time to first fixation)

Ο χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα είναι ο χρόνος που απαιτείται μέχρι να παρατηρηθεί ή να εντοπιστεί το πρώτο στερέωμα εντός μιας περιοχής ενδιαφέροντος, περιλαμβάνοντας το χρόνο από την είσοδο στην AOI μέχρι το πρώτο στερέωμα. Χρησιμοποιείται ευρέως σε

έρευνες σχετικές με οπτική αναζήτηση. Ο υψηλός χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα σε μια περιοχή ενδιαφέροντος δείχνει πως η περιοχή δεν είναι άμεσα προφανής και απαιτείται περισσότερος χρόνος για τον εντοπισμό της. Συμπερασματικά, για το γρήγορο εντοπισμό ενός σημείου απαιτείται μικρός χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα σε μια περιοχή ενδιαφέροντος.

## **2.4 Θεωρητική υποστήριξη δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης σε κείμενο**

Στη συγκεκριμένη ενότητα εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται υποβοήθηση μέσω ενός δείκτη όταν αυτός εμφανίζεται στο τελευταίο σημείο εστίασης σε ένα κείμενο. Να σημειωθεί πως κατά τη βιβλιογραφική έρευνα δεν βρέθηκε κάποιο παρόμοιο σύστημα στο οποίο εμφανίζεται κάποιος δείκτης στο τελευταίο σημείο εστίασης κατά την εναλλαγή παραθύρων. Οπότε, η δημιουργία του συστήματος προσεγγίστηκε από την ανάγκη των χρηστών για υποβοήθηση εύρεσης ενός σημείου στο κείμενο ώστε να συνεχίσουν να διαβάσουν από το σημείο που είχαν μείνει κατά την εναλλαγή παραθύρων. Αυτή η κατάσταση αυξάνει σημαντικά το γνωστικό φορτίο (cognitive overload) του χρήστη, καθώς καλείται να επεξεργαστεί ταυτόχρονα πολλαπλές πηγές πληροφοριών. Αυτή η διαδικασία διακόπτει τη ροή της σκέψης του, καθιστώντας δύσκολο να θυμηθεί πού είχε εστιάσει στο προηγούμενο παράθυρο, μειώνοντας έτσι την αποδοτικότητά του [28].

Οπότε, από την ανάγκη των χρηστών για υπενθύμιση του τελευταίου σημείου εστίασης προκύπτει η δημιουργία ενός δείκτη στο σημείο που είχαν μείνει στο κείμενο. Ωστόσο, για να αποτελέσει αυτός ο δείκτης εργαλείο υποβοήθησης, θα πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο που να είναι πραγματικά χρήσιμος για τους χρήστες. Μία αποτελεσματική προσέγγιση είναι η υπογράμμιση του σημείου, καθώς η υπογράμμιση προσελκύει την προσοχή του χρήστη και διευκολύνει την ανάκληση του υπογραμμισμένου σημείου [29]. Έτσι, ο χρήστης θα είναι σε θέση να εντοπίζει πιο γρήγορα το τελευταίο σημείο εστίασης, καταναλώνοντας λιγότερο χρόνο για την εργασία του.

Παρόλα αυτά, κρίνεται αναγκαία η σωστή επιλογή σχεδιασμού του δείκτη εστίασης ώστε να είναι όντως αποτελεσματικός και να βοηθά όντως το χρήστη στην εργασία του. Για αυτόν το σκοπό, διεξήχθη επιπλέον βιβλιογραφική έρευνα προκειμένου να επιλεγούν των χαρακτηριστικών του δείκτη εστίασης για να αποδειχθεί όντως η αποτελεσματικότητά του. Δεδομένου όμως πως δεν βρέθηκε κάποια έρευνα κατά την οποία να υλοποιήθηκε δείκτης που να εμφανίζεται σε κάθε εναλλαγή παραθύρου, πραγματοποιήθηκαν πιλοτικά πειράματα για να αποδειχθεί η αποδοτικότητα της χρήσης του δείκτη. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στο σχεδιασμό του δείκτη αποτελεί το χρώμα του. Υπήρχαν αρκετές επιλογές χρώματος, όπως κίτρινο, μπλε, πράσινο ή κόκκινο. Σκοπός είναι η εύρεση ενός χρώματος το οποίο προσελκύει γρήγορα το βλέμμα του χρήστη, δηλαδή θα εμφανίζει μικρότερο χρόνο μέχρι την πρώτη εστίαση σε αυτό. Όμως, τα θερμά χρώματα (όπως το κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο) είναι αυτά που προκαλούν περισσότερη διέγερση και προσοχή του βλέμματος του χρήστη συγκριτικά με τα ψυχρά χρώματα (όπως το μπλε) [15]. Συγκεκριμένα, ένα περισσότερο έντονο χρώμα είναι πιο πιθανό να κατευθύνει την προσοχή [16]. Λαμβάνοντας υπόψιν πως ο δείκτης θα πρέπει να έχει μερικώς διάφανο χρώμα για να επιτρέπει στους

χρήστες να διακρίνουν το περιεχόμενο πίσω από το κουτί, επιλέχθηκε το κόκκινο σαν χρώμα του κουτιού, ενώ ένας θερμικός χάρτης με κόκκινο χρώμα στο κέντρο και κίτρινο με πράσινο χρώμα στα σημεία που έχουν προηγηθεί στερεώματα. Η επιλογή του κόκκινου χρώματος εξασφαλίζει ότι η ένταση του χρώματος διατηρείται και η προσοχή του χρήστη καθοδηγείται αποτελεσματικά. Αντίθετα, η χρήση κίτρινου ή πορτοκαλί χρώματος, σε συνδυασμό με τη διαφάνεια, θα μείωνε την ένταση του κουτιού και θα επηρέαζε τη δυνατότητα να τραβήξει την προσοχή. Επομένως, το κόκκινο κρίθηκε ως η καταλληλότερη επιλογή για την αποτελεσματική κατεύθυνση της προσοχής. Όμως, υπήρχε η περίπτωση να ήταν πιο ευχάριστο στο χρήστη το κίτρινο χρώμα και να μην προκαλούσε την αίσθηση κινδύνου, όπως κάνει το κόκκινο [16]. Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε σαν 2<sup>ος</sup> υποψήφιος δείκτης το heatmap με κόκκινο, κίτρινο και πράσινο χρώμα .

# 3

## Προδιαγραφές και σχεδίαση συστήματος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται η τεχνική υποδομή της εργασίας και ο αλγόριθμος επεξεργασίας των δεδομένων σε συνδυασμό με την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων. Ειδικότερα, εξετάζεται η επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού Python για την ανάπτυξη του συστήματος, εστιάζοντας στα πλεονεκτήματα που προσφέρει για την επεξεργασία των eye tracking δεδομένων και τη δημιουργία της γραφικής διεπαφής του δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης. Παράλληλα, περιγράφεται η δημιουργία και χρήση της PostgreSQL για την αποθήκευση και διαχείριση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, αναλύεται η διαδικασία δημιουργίας του δείκτη εστίασης, η οποία περιλαμβάνει τη σχεδίαση του δείκτη για την ακριβή απεικόνιση του τελευταίου σημείου εστίασης, καθώς και την επικοινωνία μεταξύ της βάσης δεδομένων και του κώδικα σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, εξετάζεται ο τρόπος που η βάση δεδομένων αποθηκεύει και παρέχει τα δεδομένα, καθώς και ο σχεδιασμός του δείκτη για την αποτελεσματική απεικόνιση των δεδομένων.

### 3.1 Ανάλυση τεχνικής υποδομής

#### 3.1.1 Χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python

Για την επιλογή της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού, εξετάστηκαν διάφορες επιλογές, όπως .NET, Python, Matlab/Octave και C. Παρότι υπήρχαν αρκετές επιλογές, τελικά επιλέχθηκε η Python για αρκετούς λόγους. Ο πρώτος και πιο σημαντικός λόγος είναι η απλότητά της, η οποία επιτρέπει τη γρήγορη και αποδοτική ανάπτυξη κώδικα. Εξίσου σημαντικός λόγος αποτελεί το γεγονός πως η Python προσφέρει πλήρη συμβατότητα με τον eye tracker της Tobii, κάτι που την καθιστά ιδανική για την επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Συγκεκριμένα, μέσω της βιβλιοθήκης `tobii_research` παρέχεται η εντολή **subscribe\_to** που επιστρέφει τα δεδομένα που καταγράφει ο eye tracker από την ειδική οθόνη του στην οποία κοιτάει ο χρήστης.

Επιπλέον, η Python παρέχει πληθώρα βιβλιοθηκών, όπως η Tkinter, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία του κουτιού εστίασης στην οθόνη. Αυτό το καθιστά ένα



σημαντικό εργαλείο για την απεικόνιση των τελευταίων σημείων εστίασης του χρήστη με γραφικό τρόπο.

Τέλος, επειδή τα eye tracking δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων, μπορούν να επεξεργαστούν για μελλοντική έρευνα με τη χρήση της Python, λόγω της ευκολίας που προσφέρουν οι βιβλιοθήκες της στη διαχείριση και φιλτράρισμα δεδομένων, όπως οι pandas και numpy. Επιπρόσθετα, η Python συνεργάζεται αρμονικά με τη βάση δεδομένων PostgreSQL, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του συστήματος RBLFP, γεγονός που καθιστά την επιλογή της Python για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας εξαιρετικά αξιόπιστη και αποτελεσματική για την αποθήκευση και επεξεργασία μεγάλων όγκων δεδομένων.

### **3.1.2 Χρήση PostgreSQL για αποθήκευση δεδομένων πραγματικού χρόνου**

Η PostgreSQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων ανοιχτού κώδικα γνωστή για τη σταθερότητά της και την ικανότητά της να διαχειρίζεται μεγάλα σύνολα δεδομένων. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά της σε σύγκριση με άλλες βάσεις δεδομένων, όπως η MySQL ή η MongoDB, είναι η δυνατότητά της να αποθηκεύει και να διαχειρίζεται μεγάλα και πολύπλοκα δεδομένα με αποτελεσματικότητα. Ο κύριος λόγος επιλογής της PostgreSQL είναι πως το Tobii Pro Spectrum 300Hz παρέχει 300 δείγματα ανά δευτερόλεπτο, άρα δημιουργείται ένας τεράστιος όγκος δεδομένων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, γεγονός που καθιστά την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων απαιτητική διαδικασία.

Η PostgreSQL είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν πολύπλοκα ερωτήματα και ισχυρή συνέπεια δεδομένων, ενώ η υποστήριξη για την ταυτόχρονη επεξεργασία πολλών συνδέσεων την καθιστά κατάλληλη για εφαρμογές με μεγάλη κίνηση. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για αυτή τη διπλωματική εργασία, όπου αποθηκεύονται δεδομένα από την ανάλυση των πειραμάτων, αφού δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία τους σε μελλοντική εργασία. Επιπλέον, η PostgreSQL υποστηρίζει την επέκταση με ειδικές βιβλιοθήκες και την ενσωμάτωση με γλώσσες όπως η Python, καθιστώντας την ευέλικτη και εύκολα προσαρμόσιμη στις ανάγκες του έργου. Σε συνδυασμό με την Python, πραγματοποιείται αποτελεσματικά σύνδεση μέσω της βιβλιοθήκης psycopg2, η οποία παρέχει μια σταθερή και γρήγορη διεπαφή για την εκτέλεση SQL queries και την αλληλεπίδραση με τη βάση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

## **3.2 Αλγόριθμος επεξεργασίας δεδομένων πραγματικού χρόνου και δημιουργία του δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης**

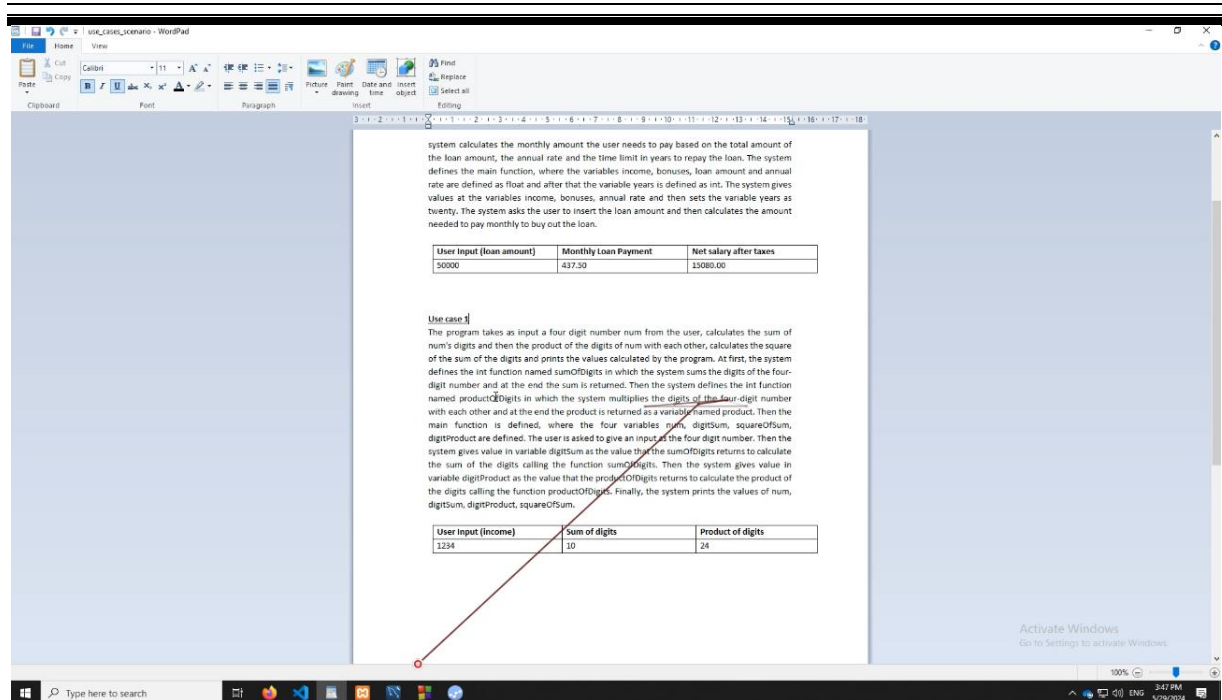
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί με λεπτομερή ανάλυση η διαδικασία ανάπτυξης του συστήματος RBLFP που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, θα περιγραφεί η δημιουργία της βάσης

δεδομένων, η οποία αποτέλεσε τον πυρήνα αποθήκευσης των δεδομένων πραγματικού χρόνου. Στη συνέχεια, θα αναλυθεί η διαδικασία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και ύστερα κατασκευής ενός δείκτη, ο οποίος εμφανίζεται σε συγκεκριμένο σημείο της οθόνης, βάσει των δεδομένων από το eye-tracking. Επιπλέον, θα εξεταστεί η μέθοδος λήψης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η μεταφορά τους στη βάση και ο αλγοριθμικός ορισμός του τελευταίου σημείου εστίασης. Για να επιτευχθεί αυτό, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των καταγραφών οθόνης των χρηστών μέσω κάποιων πιλοτικών πειραμάτων, με στόχο να κατανοηθεί η οπτική συμπεριφορά του χρήστη, ενώ τα δεδομένα της βάσης φιλτράρονται με τρόπο που εξομοιώνει το τελευταίο σημείο εστίασης. Τέλος, θα παρουσιαστεί η υλοποίηση μιας ουράς δεδομένων που επιτρέπει την ανάκτηση συγκεκριμένων πληροφοριών, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο όλα τα στοιχεία του συστήματος επικοινωνούν μεταξύ τους, εξασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

### **3.2.1 Ορισμός του τελευταίου σημείου εστίασης**

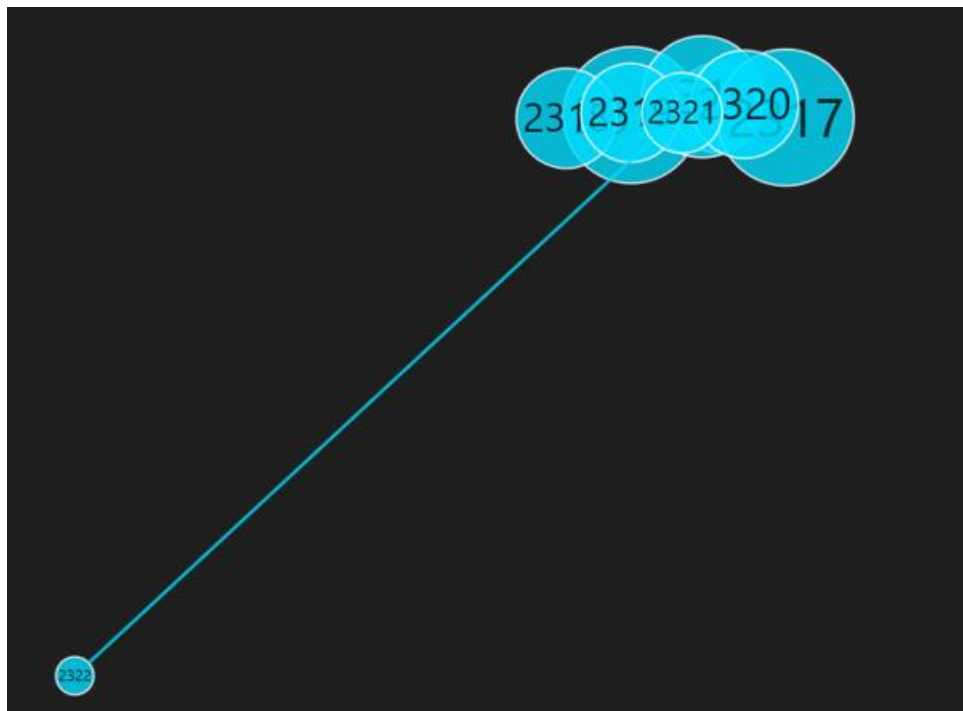
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πραγματοποιήθηκαν ορισμένα πιλοτικά πειράματα με τυχαίους χρήστες ώστε να παρατηρηθεί κάποιο μοτίβο της κίνησης του ματιού των χρηστών όσον αφορά το τελευταίο σημείο εστίασης, δηλαδή το τελευταίο σημείο του κειμένου στο οποίο εστίασε ο χρήστης πριν αλλάξει παράθυρο. Ο κάθε χρήστης έτεινε να διαβάσει κάθε πρόταση σειριακά όταν ήταν συγκεντρωμένος και αποσπούσε όντως πληροφορίες από το κείμενο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ενώ ο χρήστης διάβαζε σειριακά το κείμενο, το βλέμμα του απομακρυνόταν από αυτό και μετέβαινε είτε στα εικονίδια των εφαρμογών στη γραμμή εργασιών (taskbar) στο κάτω μέρος της οθόνης, είτε στο πάνω και δεξιά μέρος της οθόνης όπου και μπορούσε να κάνει ελαχιστοποίηση του παραθύρου με το κείμενο. Ενδεικτικό παράδειγμα της απότομης αλλαγής του βλέμματος για να αλλάξει παράθυρο από το taskbar εμφανίζεται στην Εικόνα 5, όπως φαίνεται από την καταγραφή οθόνης του χρήστη στο Tobii Pro Lab. Οπότε, σε αυτή την περίπτωση θεωρείται σαν τελευταίο σημείο εστίασης εκείνο το σημείο στο οποίο ο χρήστης έκανε ένα στερέωμα (fixation) ακριβώς πριν κάνει την αλλαγή στο βλέμμα του.

Ανάπτυξη συστήματος υποβοήθησης γρήγορου εντοπισμού του τελευταίου σημείου εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο, βασισμένο σε δεδομένα οφθαλμικής ιχνηλάτησης πραγματικού χρόνου



Εικόνα 5: Μονοπάτι βλέμματος χρήστη λίγο πριν αλλάξει παράθυρο από το taskbar.

Μια καλύτερη απεικόνιση ενός τυπικού μονοπατιού των στερεωμάτων του βλέμματος του χρήστη λίγο πριν ελαχιστοποιήσει το τρέχον παράθυρο του και ανοίξει νέο δίνεται από την Εικόνα 6. Απεικονίζει ένα σύνολο στερεωμάτων σε μορφή συστάδας ενώ στη συνέχεια αλλάζει το βλέμμα του προς το taskbar ώστε να ελαχιστοποιήσει το τρέχον παράθυρο.



Εικόνα 6: Scanpath του χρήστη με fixation points τη στιγμή πριν αλλάξει παράθυρο από το taskbar.

Να σημειωθεί πως υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις στις οποίες δεν τηρείται ο ορισμός του τελευταίου σημείου εστίασης, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να έκανε αλλαγή παραθύρων με το πληκτρολόγιο, δηλαδή με Alt + Tab, οπότε σε αυτή την περίπτωση ως τελευταίο σημείο εστίασης θεωρείται το τελευταίο σημείο στερέωσης (fixation point) του βλέμματος του χρήστη πριν γίνει η εναλλαγή παραθύρων. Άλλη περίπτωση που δεν τηρείται ο ορισμός παραπάνω είναι όταν παρατηρούνται απότομες αλλαγές στο βλέμμα του χρήστη, οι οποίες είτε οφείλονται κυρίως σε απώλεια ακρίβειας του eye tracker. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί εκείνη τη στιγμή ο χρήστης μεταφέρει το βλέμμα του προς το taskbar ή το πληκτρολόγιο, οπότε η θέση του απέναντι στην οθόνη εμφανίζει απόκλιση σε σχέση με την ιδανική θέση του κατά τη διάρκεια του calibration. Οπότε για το τελευταίο σημείο εστίασης, είτε θεωρείται ως κάποιο στερέωμα στην οθόνη πριν ξεκινήσουν οι απότομες κινήσεις του βλέμματος, είτε θεωρείται πως δεν υπάρχει τελευταίο σημείο εστίασης. Σε άλλη περίπτωση, ενώ ο χρήστης απομάκρυνε το βλέμμα του από το κείμενο ώστε να αλλάξει παράθυρο, μπορεί να επέστρεφε στο κείμενο και να σημείωνε κάποια στερεώματα, θέλοντας ίσως να ανακτήσει κάποια επιπλέον πληροφορία από το κείμενο. Σαν τελευταίο σημείο εστίασης θα θεωρηθεί το τελευταίο σημείο στερέωσης τη 2η φορά που επανήλθε στο κείμενο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που, ενώ διάβαζε σειριακά μια γραμμή στο κείμενο, θα αλλάξει το βλέμμα του και θα συνεχίσει να διαβάζει από διαφορετική γραμμή σε άλλο σημείο του κειμένου. Τέλος, σημαντική παρατήρηση κρίνεται πως ο χρήστης έτεινε να επιστρέφει μερικές λέξεις πριν το τελευταίο σημείο που διάβασε σε μια πρόταση (regression), κάτι το οποίο άλλαζε το τελευταίο σημείο εστίασης από το τέλος της πρότασης που διάβασε ο χρήστης στο σημείο που επέστρεψε στην πρόταση, εάν βέβαια σημείωσε κάποιο στερέωμα. Όλες οι παραπάνω παρατηρήσεις σχηματίζουν έναν πιο ολοκληρωμένο ορισμό για το τελευταίο σημείο εστίασης, βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί ο αλγόριθμος φιλτραρίσματος του τελευταίου σημείου εστίασης από όλα τα υπόλοιπα σημεία που καταγράφονται στη βάση δεδομένων από τον eye tracker.

### 3.2.2 Επικοινωνία βάσης δεδομένων με κώδικα σε πραγματικό χρόνο

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τον eye tracker καταγράφονται και αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων, όπου οργανώνεται σε δύο κύριους πίνακες, τον FutureWorkData (Πίνακας 1) και τον Previous\_Tabs (Πίνακας 2). Ακολουθώντας, αυτά τα δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου, ο οποίος αναλύει και αξιοποιεί τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στους πίνακες και στο τέλος επιλέγει ένα σημείο ως το τελευταίο σημείο εστίασης του χρήστη. Αυτή η διαδικασία αναλύεται σε 3 διαφορετικά σημεία:

- **Πίνακας FutureWorkData:** Αυτός ο πίνακας αποθηκεύει έως και 1800 εγγραφές για κάθε επίσκεψη του χρήστη στο παράθυρο που εμφανίζεται το κουτί, που αντιστοιχούν στα δεδομένα των τελευταίων 6 δευτερολέπτων πριν ο χρήστης αλλάξει παράθυρο, αφού ο eye tracker Tobii Pro Spectrum καταγράφει 300 δείγματα ανά δευτερόλεπτο (300Hz). Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν τις συντεταγμένες (Axis\_x, Axis\_y) των σημείων όπου εστίαζε ο χρήστης και δίνονται σε πραγματικό χρόνο της συνάρτησης subscribe\_to(). Αρχικά αποθηκεύονται σε μια ουρά, η οποία δημιουργείται μέσω της κλάσης FixedSizeQueue και διατηρεί τα δεδομένα των

τελευταίων 6 δευτερολέπτων. Μόλις αλλάξει το TabID (μοναδικό αναγνωριστικό για κάθε παράθυρο που έχει ανοιχτεί), δηλαδή όταν ο χρήστης αλλάξει παράθυρο, τότε γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην ουρά στον πίνακα FutureWorkData.

- **Πίνακας Previous\_Tabs:** Σε αυτόν τον πίνακα αποθηκεύεται μόνο μια εγγραφή που περιλαμβάνει τις συντεταγμένες (Axis\_x, Axis\_y) του τελευταίου σημείου εστίασης για το TabID του παραθύρου με το κείμενο με τις περιπτώσεις χρήσης. Αυτή η εγγραφή είναι μία από όλα τα δεδομένα που βρίσκονται στην ουρά και επιλέγεται μέσω του Αλγορίθμου Επεξεργασίας Δεδομένων, ο οποίος περιγράφεται ακριβώς παρακάτω.
- **Αλγόριθμος επεξεργασίας δεδομένων:** Ο αλγόριθμος επεξεργάζεται τα δεδομένα που έχουν βγει από την ουρά τη στιγμή που ο χρήστης αλλάζει παράθυρο. Τα δεδομένα φιλτράρονται για να αποκλειστούν μη έγκυρα σημεία και στη συνέχεια ομαδοποιούνται με βάση την απόσταση των συντεταγμένων τους σαν συστάδες (clusters). Καθορίζεται ένα όριο απόκλισης (*deviation*), το οποίο ορίζει πως η επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ διαδοχικών σημείων για να θεωρηθούν ότι ανήκουν στην ίδια ομάδα (cluster) θα είναι 30 pixels σε μια 1920x1080 οθόνη. Επίσης, χρησιμοποιείται ένα κατώφλι (*threshold*) που ορίζει το ελάχιστο μέγεθος (πλήθος σημείων) μιας συστάδας για να θεωρηθεί έγκυρη. Συγκεκριμένα, το κατώφλι τίθεται στα 40 σημεία, δηλαδή 0.2 δευτερόλεπτα δεδομένων στο συγκεκριμένο σημείο (αφού ο eye tracker καταγράφει 200 δείγματα ανά δευτερόλεπτο), όσο είναι η μέση διάρκεια ενός στερεώματος. Οπότε, από τα σημεία που βρίσκονται στην ουρά δημιουργούνται οι clusters με βάση το όριο απόκλισης και το κατώφλι. Για την εύρεση του τελευταίου σημείου εστίασης, επιλέγεται το πιο πρόσφατο και έγκυρο cluster στην ουρά και υπολογίζεται ο μέσος όρος για τις συντεταγμένες x και y. Με αυτή τη διαδικασία προκύπτουν 2 συντεταγμένες, δηλαδή ένα σημείο (x,y) το οποίο αποθηκεύεται στον πίνακα Previous\_Tabs. Μόλις ο χρήστης επιστρέψει στο παράθυρο με το κείμενο, γίνεται ανάκτηση του σημείου από τον πίνακα Previous\_Tabs και δημιουργείται το κουτί με κεντρικό σημείο στις συντεταγμένες που έχουν επιλεχθεί από τη βάση δεδομένων. Αυτή η μέθοδος εξομοιώνει το τελευταίο σημείο εστίασης με βάση τα σημεία που ο χρήστης έχει επισκεφτεί με το μάτι του, διασφαλίζοντας ότι η ακρίβεια δεν μειώνεται, ακόμη και αν υπάρχει κάποια απόκλιση από το πιο κεντρικό σημείο του cluster.

Πίνακας 1: Πίνακας FutureWorkData στη βάση δεδομένων.

FutureWorkData:

Column Name	Data Type	Description
AppName	Character Varying	The name of the app (e.g. Word)
TabID	Bigint	The ID of each tab that has been used
Axis_x	Bigint	X axis coordinates on eye tracking screen
Axis_y	Bigint	Y axis coordinates on eye tracking screen
Timestamp	Timestamp	System timestamp of eye tracking data

Πίνακας 2: Πίνακας Previous\_Tabs στη βάση δεδομένων.

Previous\_Tabs:

Column Name	Data Type	Description
TabID	Bigint	The ID of the last tab that has been used
Axis_x	Bigint	X axis coordinates of last focus point
Axis_y	Bigint	Y axis coordinates of last focus point

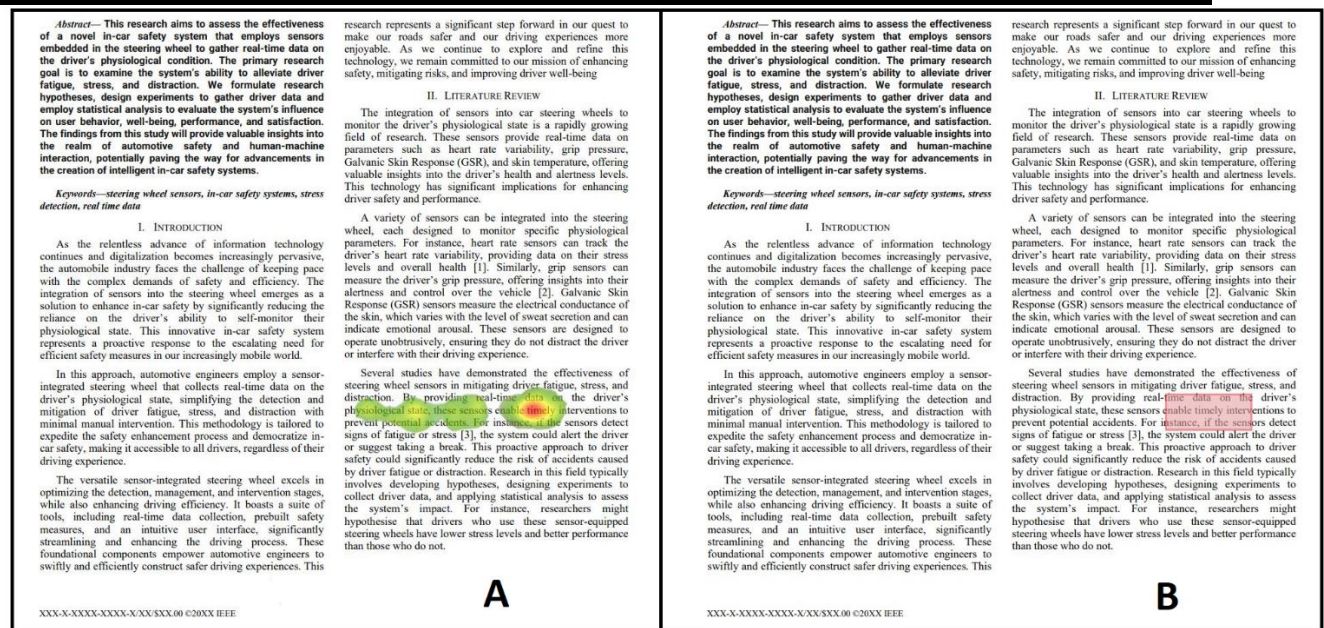
### 3.2.3 Δημιουργία και σχεδιασμός του δείκτη εστίασης

#### 3.2.3.1 Πιλοτικά πειράματα για το σχεδιασμό του δείκτη εστίασης

Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα για τον ιδανικό σχεδιασμό του κουτιού εστίασης, με στόχο να διασφαλιστεί ότι το κουτί θα ήταν ευδιάκριτο και χρήσιμο για τους χρήστες. Για την επιλογή του πιο κατάλληλου δείκτη εστίασης αλλά και για την υλοποίηση του διεξήχθησαν 3 διαφορετικά πιλοτικά πειράματα με συνολικά 20 χρήστες. Το 1<sup>ο</sup> πιλοτικό πείραμα, στο οποίο συμμετείχαν 8 χρήστες, είχε σκοπό την εύρεση του πιο κατάλληλου δείκτη εστίασης στο τελευταίο σημείο εστίασης. Το 2<sup>ο</sup> πιλοτικό πείραμα σκόπευε την επικύρωση του σεναρίου για το τελικό πείραμα, όμως απορρίφθηκε αφού δεν κρίθηκε κατάλληλο. Κατά το 3<sup>ο</sup> πιλοτικό πείραμα με 4 συμμετέχοντες, ελέγχθηκε το τελικό σενάριο και η αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων με αυτό, το οποίο τελικά εγκρίθηκε και χρησιμοποιήθηκε στο τελικό πείραμα που συμμετείχαν οι 68 χρήστες συνολικά. Το 1<sup>ο</sup> πιλοτικό πείραμα συνείσφερε στην επιλογή του δείκτη εστίασης, ενώ μέσω του 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> πιλοτικού πειράματος έγινε παρατήρηση της συμπεριφοράς του χρήστη όταν αναζητεί το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο, κάτι το οποίο βοήθησε στην αλγοριθμική δημιουργία του κουτιού.

Όσον αφορά το 1<sup>ο</sup> πιλοτικό πείραμα, οι χρήστες κλήθηκαν να διαβάσουν ένα κομμάτι κειμένου στα αγγλικά και να αλλάξουν παράθυρο, μόλις ο διοργανωτής τους διέκοπτε σε συγκεκριμένη λέξη του κειμένου, ώστε να μεταφράσουν κάποια από τις άγνωστες λέξεις που είχαν. Μόλις έπρεπε να επιστρέψουν στο παράθυρο του κειμένου, ο διοργανωτής έδινε εντολή να ανοίξουν διαφορετικό παράθυρο με το κείμενο που περιείχε μια προσομοίωση (mock up) του δείκτη εστίασης στο σημείο το οποίο ο διοργανωτής διέκοψε το χρήστη. Ενδεικτική είναι η Εικόνα 7 από τα 2 mock ups που παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες, στην οποία φαίνεται αριστερά ο 1<sup>ος</sup> υποψήφιος δείκτης εστίασης (A – θερμικός χάρτης/heatmap), ενώ δεξιά ο 2<sup>ος</sup> υποψήφιος δείκτης εστίασης (B – κόκκινο κουτί/red box):





Εικόνα 7: Τα 2 mock ups των υποψήφιων δεικτών εστίασης που εμφανίστηκαν στην οθόνη του χρήστη.

Η ανατροφοδότηση που δόθηκε από τους συμμετέχοντες του πειράματος ήταν μικτή και δεν εξήχθη κάποιο έγκυρο συμπέρασμα από αυτό. Οπότε, έγινε eye tracking ανάλυση, στην οποία έγινε εστίαση στο γρήγορο εντοπισμό του χρήστη στο σημείο που εμφανιζόταν ο δείκτης (time to first fixation). Τα δεδομένα που εξήχθησαν από τη μετρική time to first fixation απέδειξαν πως ο χρόνος εντοπισμού του σημείου που εμφανίζεται το κόκκινο κουτί είναι λιγότερος συγκριτικά με το heatmap, οπότε το κόκκινο κουτί επιλέχθηκε ως τελικός δείκτης στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.

Σε συνέχεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, εξετάστηκε ένα σενάριο το οποίο αποδείχθηκε μη αποτελεσματικό. Ωστόσο, από την παρατήρηση του, προέκυψε η ανάγκη να προστεθεί ένα μαύρο περίγραμμα γύρω από το κουτί εστίασης. Αυτό το περίγραμμα εισήχθη για να διαχωρίζει το κουτί από οποιοδήποτε χρωματιστό φόντο ή εικόνα στο κείμενο, βελτιώνοντας έτσι την ορατότητά του. Επίσης, μέσω της ανάλυσης της συμπεριφοράς των ματιών των χρηστών στην οθόνη από το λογισμικό Tobii Pro Lab του eye tracker, προήλθε η ιδέα για τη δημιουργία συστάδων, η οποία συντέλεσε στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ακρίβειας του αλγορίθμου φιλτραρίσματος των συντεταγμένων. Συνολικά, οι αλλαγές που προήλθαν από τα πιλοτικά πειράματα συνέβαλαν στη βελτίωση του σχεδιασμού του κουτιού, διασφαλίζοντας ότι αυτό θα παρέχει την καλύτερη δυνατή εμπειρία χρήστη και θα βελτιώνει την ανίχνευση των σημείων εστίασης.

Τέλος, όσον αφορά το μέγεθος του, αυτό προέκυψε καθαρά από τα πιλοτικά πειράματα του τελικού σεναρίου. Συγκεκριμένα, επειδή το τελικό σενάριο περιλαμβάνει ανάγνωση κειμένου σε Wordpad, το μέγεθος του κουτιού ορίστηκε σε 100x45 pixels, δηλαδή περίπου ίσο με 2 γραμμές κειμένου σε ύψος και μιας μέσης λέξης σε πλάτος, εάν το κείμενο είναι στο 100% του μεγέθους του. Ο λόγος που το πλαίσιο καλύπτει δύο γραμμές είναι ότι αν το ύψος του ήταν μικρότερο ή στο μισό, η απόκλιση στα δεδομένα των χρηστών θα μπορούσε να επηρεάσει την ακρίβεια του συστήματος. Η απόκλιση των δεδομένων αναφέρεται στην





### 3.3 Αποθετήριο Github

Για την ανάπτυξη του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το GitHub, το οποίο επέτρεψε την αποδοτική διαχείριση και οργάνωση του κώδικα. Ο κώδικας είναι διαθέσιμος στον παρακάτω σύνδεσμο, όπου παρέχονται τα αρχεία που υλοποιούν συνδυαστικά το σύστημα RBLFP. [Κώδικας συστήματος RBLFP](#)

# 4

## Πειραματική Διαδικασία

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία υλοποίησης των πειραμάτων για τη συλλογή eye tracking δεδομένων από τυχαίους χρήστες σε όλα τα στάδια. Αρχικά, αναφέρονται τα ερευνητικά ερωτήματα που ορίστηκαν, στα οποία βασίστηκε στη συνέχεια η ανάλυση. Γίνεται αναφορά στον απαραίτητο εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική διαδικασία και αναλύεται η προετοιμασία του σεναρίου και οι συνθήκες του πειράματος. Έπειτα ορίζονται οι οδηγίες που δόθηκαν στους συμμετέχοντες κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, καθώς και οι φάσεις του πειράματος. Στο τέλος, αφού παρουσιαστούν τα ερωτηματολόγια και οι ερωτήσεις των συνεντεύξεων με τα αποτελέσματα τους, καταγράφεται η διαδικασία που εκτελείται με την ολοκλήρωση όλων των πειραματικών φάσεων.

### 4.1 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας, με σκοπό να προκύψει κάποιο έγκυρο και τεκμηριωμένο συμπέρασμα από αυτά. Αρχικά, διατυπώθηκε το πρώτο ερευνητικό ερώτημα στο οποίο εστιάζει η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία: “Θα βοηθούσε το χρήστη να ολοκληρώσει πιο γρήγορα και αποτελεσματικά κάποια διεργασία όταν εναλλάσσει συνέχεια παράθυρα εάν εμφανίζεται ένας δείκτης στο τελευταίο σημείο εστίασης σε κάποιο από τα παράθυρα;”. Βάσει αυτού του ερευνητικού ερωτήματος, καθορίστηκαν οι στόχοι της έρευνας και στη συνέχεια διατυπώθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα. Έτσι, από κάθε ερευνητικό ερώτημα προκύπτουν οι αντίστοιχες υποθέσεις, είτε μηδενικές είτε εναλλακτικές που παρουσιάζονται παρακάτω:

**Ερευνητικό ερώτημα 1 (RQ1):** Βοήθησε το κουτί το χρήστη ώστε να ολοκληρώσει τη διεργασία του πιο γρήγορα συγκριτικά με την περίπτωση χωρίς κουτί;

Μηδενική Υπόθεση 1: Δεν θα υπάρξει σημαντική διαφορά στην ταχύτητα ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

Εναλλακτική Υπόθεση 1: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στην ταχύτητα ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

**Ερευνητικό ερώτημα 2 (RQ2):** Σε ποια από τις 2 περιπτώσεις ο χρήστης έκανε περισσότερα στερεώματα (fixations) στην επιφάνεια του κειμένου με τις περιπτώσεις χρήσης (use case);  
Μηδενική Υπόθεση 2: Δεν θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο συνολικό αριθμό στερεωμάτων του χρήστη μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

Εναλλακτική Υπόθεση 2: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο συνολικό αριθμό στερεωμάτων του χρήστη μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

**Ερευνητικό ερώτημα 3 (RQ3):** Σε ποια περίπτωση ο χρήστης εντόπισε πιο γρήγορα το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο;

Μηδενική Υπόθεση 3: Δεν θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση (time to first fixation) του χρήστη στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

Εναλλακτική Υπόθεση 3: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

**Ερευνητικό ερώτημα 4 (RQ4):** Σε ποια περίπτωση ο χρήστης εντόπισε πιο γρήγορα το σημείο στο κείμενο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης;

Μηδενική Υπόθεση 4: Δεν θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

Εναλλακτική Υπόθεση 4: Θα υπάρξει σημαντική διαφορά στο χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο μεταξύ της χρήσης και της μη χρήσης του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης.

## 4.2 Προετοιμασία και Υλοποίηση Πειραμάτων

### 4.2.1 Εξοπλισμός και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Προφανώς για τη διεξαγωγή του πειράματος απαιτείται και ο αντίστοιχος εξοπλισμός για την εγκατάσταση και χρήση του συστήματος RBLFP στο Εργαστήριο Ποιότητας Λογισμικού και Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου Υπολογιστή. Οι συσκευές και τα εργαλεία που απαιτούνται παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Συσκευή ιχνηλάτησης δεδομένων (eye tracker):** Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των δεδομένων οφθαλμικής ιχνηλάτησης είναι το Tobii Pro Spectrum 300Hz. Καταγράφει 300 δείγματα ανά δευτερόλεπτο, όπου τα δείγματα είναι η τοποθεσία του βλέμματος του χρήστη που αντιλαμβάνεται ο eye tracker στην οθόνη του.
- **Ηλεκτρονικός υπολογιστής:** Ένας επιτραπέζιος υπολογιστής είναι η συσκευή που οργανώνει το συγχρονισμό υλικού και λογισμικού για τις εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, την καταγραφή των οφθαλμικών δεδομένων, καθώς και μέσω αυτού παρέχονταν η αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων με το σύστημα RBLFP. Είναι αναγκαίο ο υπολογιστής να πληροί κάποια κριτήρια ώστε να μπορεί να υποστηρίξει το λογισμικό του eye tracker. Τα προτεινόμενα κριτήρια από την Tobii [17] είναι να υποστηρίζεται Windows 10 64-bit, διαστάσεις οθόνης 1920x1080, 6th Gen Quad Core Intel i5 3.0 GHz ή παρόμοια, 16 GB RAM, 256 GB SSD Σκληρό Δίσκο και Κάρτα Γραφικών.
- **Λογισμικό ιχνηλάτησης δεδομένων ματιών (Tobii Pro Lab):** Αποτελεί το λογισμικό του Tobii Pro Spectrum 300Hz, μέσω του οποίου γίνεται το calibration των ματιών του χρήστη, η καταγραφή των δεδομένων οφθαλμικής ιχνηλάτησης. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα στο συμμετέχοντα να παρακολουθεί κατά τη διάρκεια του πειράματος τη θέση που ο eye tracker καταγράφει τα δεδομένα οφθαλμικής ιχνηλάτησης του χρήστη. Στη συνέχεια, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επεξεργαστεί τις καταγραφές οθόνης των χρηστών και να εξάγει μετρικές από αυτές. Λεπτομέρειες παρέχονται στο Κεφάλαιο 2.2.
- **Διεπαφή συστήματος RBLFP:** Η διεπαφή του συστήματος RBLFP εμφανίζει το κουτί σαν δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης όταν ο χρήστης επιστρέφει στο κείμενο με τις περιπτώσεις χρήσης.
- **Ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια (Google Forms) και συνέντευξη:** Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο πριν την έναρξη του πειράματος με δημογραφικά στοιχεία κυρίως και ερωτηματολόγιο μετά το τέλος του πειράματος για αξιολόγηση του συστήματος RBLFP. Επιλέχθηκε το Google Forms, το οποίο δημιουργεί αυτόματα στατιστικά στοιχεία με τις απαντήσεις των χρηστών σε μορφή “πίτας”, όπως φαίνεται και στο Κεφάλαιο 4.3. Τέλος, πραγματοποιήθηκε μια μικρή συνέντευξη με τη μορφή ερωτήσεων με σκοπό να κρατηθούν γραπτές σημειώσεις από το διοργανωτή, βάσει των απαντήσεων του χρήστη σχετικά με την πειραματική διαδικασία και το σύστημα RBLFP.

#### 4.2.2 Προετοιμασία σεναρίου για το πείραμα

Η επιλογή του κατάλληλου σεναρίου για το πείραμα αποτέλεσε μια απαιτητική διαδικασία, καθώς ήταν σημαντικό να βρεθεί ένα σενάριο που θα αναδεικνύει και θα υποστηρίζει τις δυνατότητες του αναπτυγμένου συστήματος. Μια σωστή επιλογή εξασφαλίζει την ακριβή αξιολόγηση του συστήματος και τη μέγιστη αξιοποίηση των χαρακτηριστικών του. Για την εύρεση του ιδανικού σεναρίου στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χρειάστηκε η απόρριψη ενός σεναρίου, κατά του οποίου έγιναν συμπληρωματικό πιλοτικό πείραμα για τη δοκιμή και την αξιολόγηση του σεναρίου με τη συμμετοχή 8 χρηστών. Σύμφωνα με το 1<sup>ο</sup>

απορριφθέν σενάριο, ο χρήστης κλήθηκε να τρέξει ένα κομμάτι κώδικα γραμμένο στην τουρκική γλώσσα, αφού πρώτα το μεταφράσει στα αγγλικά. Ο χρήστης χρειαζόταν να εναλλάσσεται ανάμεσα στο περιβάλλον του κώδικα (PyCharm) και σε λογισμικό μετάφρασης (DeerL), ώστε να μεταφράζει στα αγγλικά τις εντολές και τα σχόλια που είχε ο κώδικας. Το κουτί εμφανιζόταν στο περιβάλλον του κώδικα, κάτι το οποίο μπερδευε τους συμμετέχοντες, οι οποίοι υπέθεταν πως υπήρχε κάποιο σφάλμα στον κώδικα στο σημείο που εμφανιζόταν το κουτί ή και ότι είχαν κάνει οι ίδιοι κάποιο λάθος, προκαλώντας τους άγχος. Για αυτόν το λόγο έπρεπε να αλλάξει η προσέγγιση του σεναρίου.

Συμπεριλαμβανομένου το απορριφθέν σενάριο που περιγράφεται παραπάνω, το επόμενο σενάριο είχε σκοπό να διευκολύνει προγραμματιστές. Σκοπός ήταν το σενάριο που επιλέχθηκε να αντικατοπτρίζει ρεαλιστικές συνθήκες, όπως η περίπτωση στην οποία οι προγραμματιστές μελετούν ένα use case ενώ ταυτόχρονα γράφουν ή ελέγχουν κώδικα, μεταβαίνοντας διαρκώς μεταξύ διαφόρων παραθύρων. Συγκεκριμένα, η ιδέα του σεναρίου ήταν να δίνεται στους συμμετέχοντες μια περίπτωση χρήσης (use case) η οποία θα περιγράφει ένα κομμάτι κώδικα, στο οποίο θα πρέπει να ανατρέχουν συνεχώς. Σκοπός ήταν να εναλλάσσονται ανάμεσα στο παράθυρο του WordPad, που είχε το κείμενο με την περίπτωση χρήσης που περιέγραφε σωστά τον κώδικα, και στο περιβάλλον του κώδικα γραμμένο σε C, συγκεκριμένα στο Codeblocks, όπου υλοποιήθηκε με λάθος τρόπο η κάθε περίπτωση χρήσης. Οπότε, στόχος του πειράματος ήταν να διορθωθεί ο κώδικας ώστε να λειτουργήσει όπως περιγράφεται σε κάθε use case. Η διαφορά είναι πως το κουτί πλέον εμφανιζόταν μόνο στο περιβάλλον του WordPad, καθώς όπως έδειξε η 1<sup>η</sup> απορριπτέα επιλογή σεναρίου, ένα περιβάλλον κώδικα έχει ήδη μεριμνήσει για το γρήγορο εντοπισμό του σημείου που είχε μείνει ο χρήστης μέσω του κέρσορα που αναβοσβήνει. Άρα, κάποιο επιπλέον χαρακτηριστικό θα μπερδευε το χρήστη, ιδίως το κόκκινο χρώμα του κουτιού που θα παρέπεμπε σε κάποιο σφάλμα των συμμετεχόντων, όπως ανέφεραν συγκεκριμένα.

Παρόλο το γεγονός πως η ιδέα του σεναρίου ήταν ρεαλιστική και ολοκληρωμένη, κρίθηκε αρκετά σημαντικό να διατυπωθεί και σωστά. Πιο συγκεκριμένα, έπρεπε να δοθεί μεγάλη έμφαση στη διατύπωση τόσο των περιπτώσεων χρήσης όσο και του κώδικα σε C. Αρχικά έπρεπε να γραφτεί κάποιος κώδικας ο οποίος να ήταν κατανοητός και στους συμμετέχοντες με μικρή εξοικείωση με τη γλώσσα προγραμματισμού C. Έπειτα, ένα από τα προβλήματα που υπήρχαν και στο 1<sup>ο</sup> απορριπτέο σενάριο είναι πως το γεγονός ότι ήταν γραμμένο στα ελληνικά έκανε το χρήστη να εντοπίζει πιο εύκολα το τελευταίο σημείο εστίασης. Αυτή την κατάσταση προκαλούσε το γεγονός πως, αφού τα ονόματα των συναρτήσεων είχαν αγγλική ονομασία, ενώ η περιγραφή της περίπτωσης χρήσης ήταν στα ελληνικά, υπήρχε αντίθεση ανάμεσα στις αγγλικές και ελληνικές λέξεις. Με αυτές τις αντιθέσεις καθίσταται πιο εύκολος ο εντοπισμός του τελευταίου σημείου εστίασης. Οπότε, το κείμενο στο οποίο περιγράφονταν οι περιπτώσεις χρήσης γράφτηκε στα αγγλικά, ενώ αποφεύχθηκαν ειδικόι χαρακτήρες. Τέλος, επιλέχθηκε η διάταξη “Justify” στο WordPad, κατά την οποία προστίθεται κενό μεταξύ των λέξεων έτσι ώστε και οι 2 άκρες κάθε γραμμής να ευθυγραμμίζονται, άρα ο χρήστης να μην αναγνωρίζει πιο γρήγορα το τελευταίο σημείο εστίασης λόγω του διαφορετικού κενού στο τέλος κάθε γραμμής αλλά με τη βοήθεια του κουτιού. Παρόλα αυτά, το σενάριο αξιολογήθηκε μέσω ενός συμπληρωματικού πιλοτικού πειράματος με 4 χρήστες, οι οποίοι επιβεβαίωσαν ότι ήταν αποτελεσματικό και ότι δεν υπέθαλπε τη λειτουργία και την αποδοτικότητα του συστήματος RBLFP.

### 4.2.3 Συνθήκες πειράματος

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος within-subjects, προκειμένου να αυξηθεί η στατιστική ισχύς του πειράματος και να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα ανίχνευσης πραγματικών διαφορών που οφείλονται στις συνθήκες του πειράματος [18]. Αυτό σημαίνει πως θα έπρεπε να υπάρχουν 2 περιπτώσεις χρήσης και αντίστοιχα 2 κομμάτια κώδικα. Με αυτό τον τρόπο, ο συμμετέχοντας βίωσε και τη χρήση και τη μη χρήση του συστήματος RBLFP, οπότε δεν θα επηρεαστούν τα δεδομένα από ατομικές ικανότητες που μπορεί να υπερτερούν σε κάποιον χρήστη. Επιπρόσθετα, με τη μέθοδο within-subjects μπορεί να γίνει αντιληπτή η διαφορά στη συμπεριφορά του συμμετέχοντα όταν γίνεται η μετάβαση από τη μια συνθήκη στην άλλη και να μεταφέρει κάποια ανατροφοδότηση (feedback) για το σύστημα στο διοργανωτή του πειράματος. Παρόλα αυτά, σε ένα within-subjects πείραμα, ο χρήστης ενδέχεται να επηρεαστεί από το φαινόμενο της μάθησης (learning effect) [19], κατά το οποίο ο χρήστης, αφού έχει εξοικειωθεί με το ζητούμενο του πειράματος από την 1<sup>η</sup> συνθήκη, παρουσιάζει μια βελτίωση της απόδοσης του στη 2<sup>η</sup> συνθήκη. Για αυτόν το λόγο, ο διοργανωτής του πειράματος επέλεγε να εμφανίζονται με διαφορετική σειρά οι συνθήκες τυχαία για κάθε συμμετέχοντα, ώστε η επιρροή από το φαινόμενο της μάθησης να είναι αμοιβαία σε κάθε συνθήκη. Οι διαφορετικές συνθήκες που προκύπτουν στο πείραμα και οι χρήστες σε κάθε συνθήκη, όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 9:

- **BOX\_UC1\_1ST & NO\_BOX\_UC2\_2ND:** Να εμφανίζεται πρώτα η περίπτωση χρήσης 1 με το σύστημα RBLFP και μετά να εμφανίζεται η περίπτωση χρήσης 2 χωρίς το σύστημα RBLFP.
- **BOX\_UC1\_2ND & NO\_BOX\_UC2\_1ST :** Να εμφανίζεται πρώτα η περίπτωση χρήσης 2 χωρίς το σύστημα RBLFP και μετά να εμφανίζεται η περίπτωση χρήσης 1 με το σύστημα RBLFP.
- **BOX\_UC2\_1ST & NO\_BOX\_UC1\_2ND :** Να εμφανίζεται πρώτα η περίπτωση χρήσης 2 με το σύστημα RBLFP και μετά να εμφανίζεται η περίπτωση χρήσης 1 χωρίς το σύστημα RBLFP.
- **BOX\_UC2\_2ND & NO\_BOX\_UC1\_1ST:** Να εμφανίζεται πρώτα η περίπτωση χρήσης 1 χωρίς το σύστημα RBLFP και μετά να εμφανίζεται η περίπτωση χρήσης 2 με το σύστημα RBLFP.

		Value Label	N
CATEGORY	1	BOX_UC1_1S T & NO_BOX_UC2 _2ND	14
	2	BOX_UC1_2N D & NO_BOX_UC2 _1ST	11
	3	BOX_UC2_1S T & NO_BOX_UC1 _2ND	16
	4	BOX_UC2_2N D & NO_BOX_UC1 _1ST	10

Εικόνα 9: Οι 4 διαφορετικές συνθήκες που προκύπτουν στο πείραμα.

#### 4.2.4 Οδηγίες προς συμμετέχοντες

Οι οδηγίες που παρέχονταν σε κάθε συμμετέχοντα απαρτίζουν το πρωτόκολλο του πειράματος, το οποίο ουσιαστικά προσέφερε μια συνοπτική παρουσίαση των απαιτήσεων και των ενεργειών που έπρεπε να ακολουθήσει ο χρήστης κατά τη διάρκεια του πειράματος. Το πρωτόκολλο περιγράφει με σαφήνεια τις ενέργειες που απαιτούνταν από το συμμετέχοντα. Η ενημέρωση του πρωτοκόλλου στο συμμετέχοντα έγινε πριν από την έναρξη του πειράματος μέσω ενός μονολόγου, κατά τον οποίο ο διοργανωτής ανέφερε το σκοπό του πειράματος και τα βήματα που έπρεπε να ακολουθήσει ο χρήστης. Αναφέρεται πως ο συμμετέχοντας κλήθηκε να διαβάσει 2 διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης και να μεταβεί στο παράθυρο με τον κώδικα ώστε να διορθώσει τυχόν λάθη. Αυτό είναι και το ζητούμενο του πειράματος. Δόθηκε μεγάλη έμφαση στη διατύπωση του, καθώς οι οδηγίες έπρεπε να είναι σαφείς, συνεκτικές και να μην περιέχουν περιττή πληροφορία, καθώς σε αυτή την περίπτωση ο χρήστης θα έχανε τη συγκέντρωση του και δεν θα έδινε έμφαση κάποια βασική οδηγία. Ο αυτούσιος διάλογος σε κάθε χρήστη: *“Αρχικά θα κάνεις ένα πείραμα που θα διαρκέσει περίπου 25-30 λεπτά, οπότε μην αλλάξεις τη στάση σου και μην απομακρυνθείς. Θα σου δοθεί το κείμενο με 2 use case που είναι σωστά και με τους 2 κώδικες που έχουν κάποια λάθη τα οποία θέλω να φτιάξεις. Απλά σύγκρινε πρόταση με πρόταση τα use case με τον κώδικα που περιγράφουν και εάν ο κώδικας κάνει αυτό που λέει το use case. Δεν απαιτούν γνώση C, αφού τα λάθη δεν είναι λειτουργικά, είναι χαζά λάθη. Η 1<sup>η</sup> πρόταση από κάθε use case περιγράφει τί κάνει συνολικά ο κώδικας, οπότε μην ψάξεις λάθος στην 1<sup>η</sup> αλλά από τη 2<sup>η</sup> πρόταση ξεκίνα τη σύγκριση. Στον κώδικα ξεκίνα από την 1<sup>η</sup> συνάρτηση πάνω πάνω και πάρε σειριακά τις συναρτήσεις. Μην δώσεις έμφαση στον κώδικα που δεν περιγράφεται στα use case. Όταν κάνεις τις αλλαγές και πιστεύεις ότι είναι σωστός ο κώδικας τρέξε τον με την τιμή που σου δίνεται στο πινακάκι. Θα πρέπει οι τιμές στο πινακάκι να είναι ίδιες με αυτές της εξόδου. Τέλος, σε 1 από τα 2 use case θα σου εμφανίζεται ένα κουτί στο σημείο που είχες μείνει στο κείμενο όταν γυρνάς στο κείμενο για να σε βοηθήσει απλά.”*

## 4.2.5 Φάσεις του πειράματος

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα αναλυθούν τα 9 στάδια του πειράματος, τα οποία είναι:

- Δέσμευση χρονικού πλαισίου του χρήστη για το πείραμα
- Υπογραφή φόρμα συγκατάθεσης (consent form) από το χρήστη
- Συμπλήρωση ερωτηματολογίου πριν το πείραμα από το χρήστη
- Calibration του χρήστη
- Εξήγηση στο χρήστη για την πειραματική διαδικασία και το ζητούμενο της
- Διάλογος με το χρήστη
- Διεξαγωγή του πειράματος
- Συμπλήρωση ερωτηματολογίου μετά την ολοκλήρωση του πειράματος
- Συνέντευξη με τους χρήστες

Αρχικά, όσον αφορά δέσμευση χρονικού πλαισίου του χρήστη για το πείραμα τους, αξιοποιήθηκε η πλατφόρμα Doodle. Σε αυτή, δημιουργήθηκε ένα συμβάν από το διοργανωτή, ενώ επιλέχθηκε από τους χρήστες ένα χρονικό πλαίσιο με την ώρα κατά την οποία θα παρευρεθούν για τη διεξαγωγή του πειράματος, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10. Ύστερα, αφού ο χρήστης είχε δεσμεύσει ένα χρονικό πλαίσιο για τη διεξαγωγή του πειράματος, έλαβε αυτόματα αντίστοιχη ειδοποίηση στο mail που είχε δηλώσει για τη δέσμευση του χρονικού πλαισίου ώστε να γίνει επιβεβαίωση ημερομηνίας και ώρας του πειράματος. Με αυτό τον τρόπο οργανώθηκαν οι συμμετέχοντες, εξασφαλίζοντας ακρίβεια και περιορισμό πιθανής απροσδιοριστίας κατά τον προγραμματισμό των ραντεβού των χρηστών.

The screenshot shows the Doodle booking interface. On the left, the event details are listed: 'Νίκος Σεϊτανίδης', 'Double eye tracking experiment', '40 min', and the location 'Εργαστήριο Ποιότητας Λογισμικού και Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου Υπολογιστή'. Below this is a 'My calendars' button. The main section is titled 'Choose a time to book' and shows a calendar for May 2024. The date 'Friday, May 24' is selected. To the right of the calendar, a list of available times is shown, ranging from 10:00 AM to 2:40 PM in 20-minute increments. The location is set to 'Greece, Athens (GMT+3)'.

Εικόνα 10: Δέσμευση ραντεβού για το πείραμα από τους χρήστες στην πλατφόρμα Doodle.



Στο επόμενο βήμα, ο χρήστης που έχει φτάσει στο εργαστήριο, υπέγραφε φόρμα συναίνεσης συμμετοχής στο πείραμα και αποδοχής καταγραφής και επεξεργασίας των δεδομένων του για ερευνητικούς σκοπούς, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 11. Το έντυπο αυτό χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ερευνητικών μελετών για να ενημερώσει τους συμμετέχοντες σχετικά με το σκοπό, τη διαδικασία και τους πιθανούς κινδύνους της μελέτης, λειτουργώντας ως συμφωνία μεταξύ του συμμετέχοντα και του ερευνητή, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνειδητή και εθελοντική συμμετοχή των χρηστών.

### Δήλωση συναίνεσης και αποδοχής καταγραφής

Συμφωνώ να συμμετάσχω στη μελέτη που διεξάγεται στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας του τμήματος Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Κατανοώ και επιτρέπω τη χρήση της εγγραφής της αλληλεπίδρασής μου κατά τη διάρκεια της μελέτης. Καταλαβαίνω ότι οι πληροφορίες και η εγγραφή είναι μόνο για ερευνητικούς σκοπούς και ότι το όνομά μου θα καταγραφεί μόνο ως βεβαίωση συναίνεσης και δεν θα χρησιμοποιηθεί για κανέναν άλλο σκοπό χωρίς άλλη άδεια. Μπορώ επίσης να αρνηθώ να απαντήσω σε οποιεσδήποτε ερωτήσεις δεν επιθυμώ να απαντήσω και να παραμείνω στην έρευνα όπως επίσης και να αποχωρήσω οποιαδήποτε στιγμή χωρίς καμία συνέπεια. Ο ερευνητής μπορεί να μου ζητήσει να αποσυρθώ από την έρευνα, αν ανακύψουν περιστάσεις που το απαιτούν.

Κατανοώ ότι η συμμετοχή μου σε αυτή τη μελέτη είναι εθελοντική και συμφωνώ να ενημερώσω άμεσα τον υπεύθυνο της μελέτης για οποιαδήποτε απορία, δυσφορία ή επιφύλαξη έχω κατά τη διάρκεια της μελέτης.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: \_\_\_\_\_

Υπογραφή: \_\_\_\_\_

*Σας ευχαριστούμε, η συμμετοχή σας στη μελέτη είναι πολύ σημαντική για την έρευνά μας*

Εικόνα 11: Φόρμα συναίνεσης και αποδοχής καταγραφής δεδομένων του χρήστη.

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας περιλάμβανε τη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου, κυρίως με δημογραφικά στοιχεία του χρήστη, όπως αναλύεται λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 4.3.

Στη συνέχεια, απαιτείται η επεξήγηση της ανάγκης για την εκτέλεση της διαδικασίας ρύθμισης (calibration) του eye tracker. Ο χρήστης έλαβε την ακόλουθη οδηγία: “Θα πραγματοποιηθεί ρύθμιση για να προσαρμοστεί ο eye tracker με τα χαρακτηριστικά του ματιού σας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ακρίβεια των δεδομένων. Παρακαλώ, διατηρήστε απόσταση 65-75 εκατοστών από την οθόνη και ακολουθήστε προσεκτικά τα 11 σημεία που θα εμφανιστούν, χωρίς να κουνάτε το κεφάλι σας. Η διατήρηση αυτής της στάσης είναι απαραίτητη καθ’ όλη τη διάρκεια του πειράματος, οπότε προσαρμόστείτε κατάλληλα.”. Το ύφος του διοργανωτή του πειράματος ήταν πολύ φιλικό και σχεδόν καθόλου επίσημο, καθώς σκοπός ήταν να γίνει κατανοητή η κάθε ενέργεια του χρήστη, κάτι το οποίο με επίσημο ύφος θα άγχωνε και θα είχε ως αποτέλεσμα την παράκαμψη των οδηγιών του διοργανωτή.

Έπειτα, με το ίδιο φιλικό ύφος επεξηγήθηκε η διαδικασία που έπρεπε να ακολουθήσει ο χρήστης κατά τη διάρκεια του πειράματος, όπως παρατίθεται αυτούσια και στο υποκεφάλαιο 4.2.4 **Error! Reference source not found.**

Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία του πειράματος, ζητήθηκε από το χρήστη να συμπληρώσει ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις σχετικά με την εμπειρία του με το σύστημα που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 4.3. Τέλος, έγιναν κάποιες ερωτήσεις στο χρήστη σε μορφή συνέντευξης για τη συνολική του εμπειρία με το σύστημα RBLFP. Σκοπός ήταν να δοθεί η ευκαιρία στο χρήστη για να παρέθετε κάποιο προσωπικό σχόλιο, τόσο μέσω των απαντήσεων στις ερωτήσεις όσο και εκτός αυτών.

## 4.3 Ερωτηματολόγια, Συνεντεύξεις και Αποτελέσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω των 2 ερωτηματολογίων, προ-πειραματικό που επικεντρώνεται σε δημογραφικά στοιχεία και μετά-πειραματικό που επικεντρώνεται στη διατύπωση της εντύπωσης του χρήστη αναφορικά με το σύστημα RBLFP. Μετά από κάθε ερώτηση παρουσιάζεται το αντίστοιχο γράφημα που απεικονίζει οπτικά τις απαντήσεις των συμμετεχόντων και εξάγεται αυτόματα από το Google Forms. Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των ερωτήσεων της συνέντευξης που πραγματοποιήθηκε με το τέλος του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου, μαζί με μια σύνοψη των απαντήσεων των συμμετεχόντων.

### 4.3.1 Ερωτηματολόγια και Αποτελέσματα

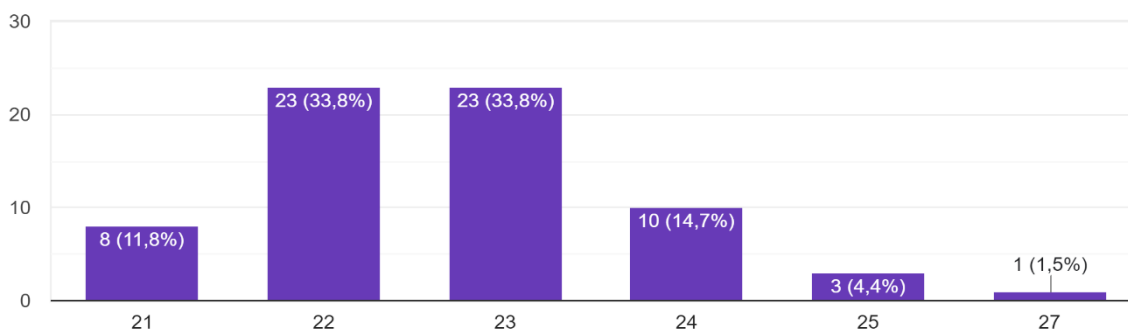
Κατά τη διάρκεια του πειράματος ο χρήστης κλήθηκε να συμπληρώσει 2 ερωτηματολόγια μέσω Google Forms και να απαντήσει σε 6 ερωτήσεις μετά το τέλος του πειράματος σε μορφή συνέντευξης.

Το 1<sup>ο</sup> ερωτηματολόγιο που ο χρήστης κλήθηκε να συμπληρώσει πριν την έναρξη του πειράματος είναι το προ-πειραματικό ερωτηματολόγιο. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από αυτό είναι κυρίως δημογραφικά, όπως εξηγείται παρακάτω:

- **Ηλικία:** Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να καταχωρίσουν την ηλικία τους.

Age: [Please enter your age in years]

68 απαντήσεις

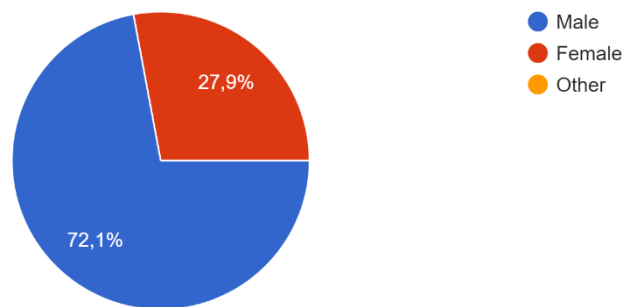


Γράφημα 1: Κατανομή ηλικιών συμμετεχόντων.

- **Φύλο:** Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να καταχωρίσουν το φύλο τους, είτε αρσενικό, είτε θηλυκό είτε άλλο.

Gender

68 απαντήσεις

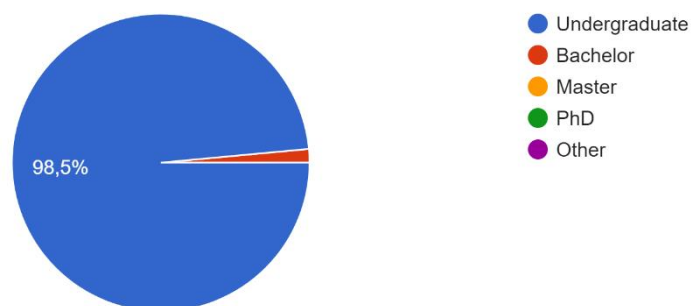


Γράφημα 2: Κατανομή φύλων συμμετεχόντων.

- **Επίπεδο εκπαίδευσης:** Οι χρήστες επέλεξαν το ανώτατο επίπεδο εκπαίδευσης τους, ανάμεσα σε επιλογές όπως προπτυχιακό, Μεταπτυχιακό, Διδακτορικό και Άλλο.

Education level

68 απαντήσεις



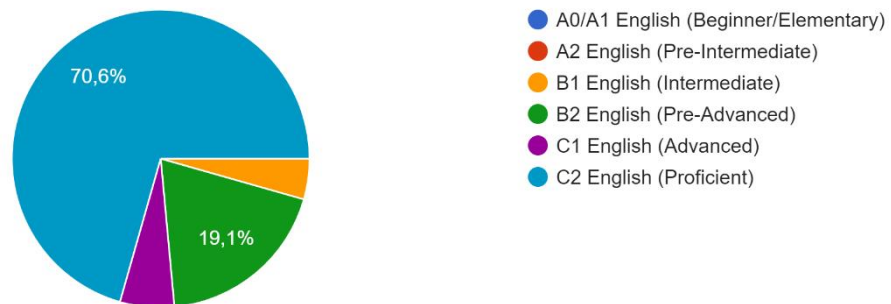
Γράφημα 3: Κατανομή επιπέδου εκπαίδευσης συμμετεχόντων.

- **Γλωσσική επάρκεια:** Χρειάστηκε να συμπληρωθούν πληροφορίες που αφορούσαν τη μητρική γλώσσα του χρήστη καθώς και τη μη μητρική γλώσσα που γνωρίζουν, αλλά και το επίπεδο στην αγγλική γλώσσα, δίνοντας επιλογές από A0 έως και C2. Όσον αφορά τη μητρική γλώσσα, αυτή ήταν η ελληνική για όλους τους συμμετέχοντες. Η σημασία του επιπέδου της αγγλικής γλώσσας προκύπτει από το γεγονός πως οι περιπτώσεις χρήσης είναι γραμμένες στα αγγλικά. Οπότε κάποιος συμμετέχοντας με

χαμηλό επίπεδο αγγλικής γλώσσας θα δυσκολεύονταν περισσότερο λόγω της μη εξοικείωσης του με την αγγλική γλώσσα και αδυναμίας κατανόησης του κειμένου. Αυτό στην eye tracking ανάλυση θα φαινόταν πως το σύστημα RBLFP δεν βοήθησε το χρήστη λόγω κακού προγραμματισμού του συστήματος, οπότε πρέπει να ξεκαθαριστεί μέσω του ερωτηματολογίου.

#### Proficiency Level in English

68 απαντήσεις

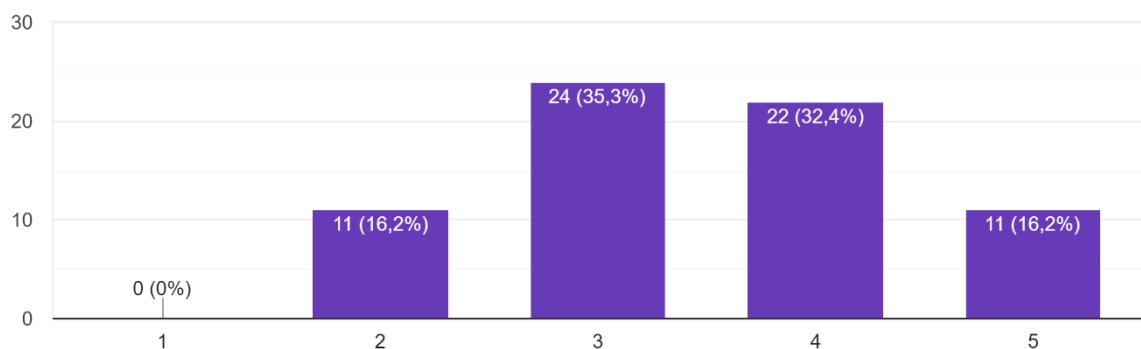


Γράφημα 4: Κατανομή επιπέδου της αγγλικής γλώσσας των συμμετεχόντων.

- **Επίπεδο εξοικείωσης με τη γλώσσα προγραμματισμού C:** Σε μια κλίμακα Likert ο χρήστης είχε την επιλογή να αναφέρει το επίπεδο εξοικείωσης του με τη γλώσσα C, καθώς ο κώδικας που περιέγραφαν οι περιπτώσεις χρήσης ήταν γραμμένος σε C.

#### Are you familiar with C programming language?

68 απαντήσεις

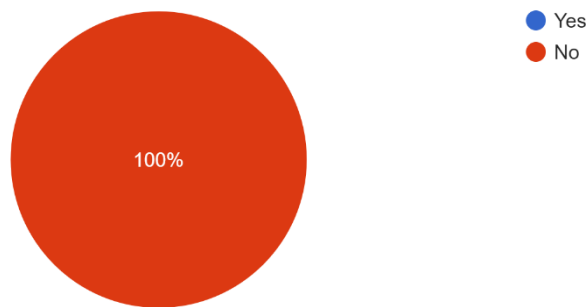


Γράφημα 5: Κατανομή επιπέδου εξοικείωσης των συμμετεχόντων με τη γλώσσα προγραμματισμού C.

- **Κριτήρια υγείας:** Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αναφέρουν εάν πάσχουν από κάποια νευρολογική πάθηση η οποία μπορεί να επηρεάσει την πορεία του πειράματος ή αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία του συμμετέχοντα μέσω της χρήσης του eye tracker.

Do you have any neurological diseases (e.g. epileptic seizure) that may affect the experiment?: [If yes, please inform the participants]

68 απαντήσεις

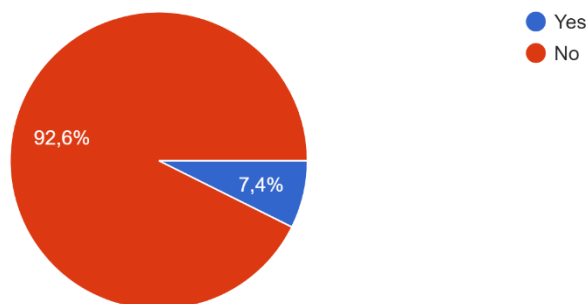


Γράφημα 6: Κατανομή συμμετεχόντων με ή χωρίς νευρολογικές παθήσεις.

- **Μαθησιακές δυσκολίες:** Τελευταία ερώτηση που ο χρήστης κλήθηκε να απαντήσει είναι εάν έχει μαθησιακές δυσκολίες και να αναφέρει ποιες στην περίπτωση που έχει. Σκοπός αυτής της ερώτησης ήταν να γίνει επιπλέον μελέτη σχετικά με το εάν το σύστημα RBLFP βοηθά περισσότερο άτομα με μαθησιακές δυσκολίες συγκριτικά με άτομα χωρίς μαθησιακές δυσκολίες.

Do you have any learning difficulties (such as dyslexia, dyscalculia, or ADHD)?

68 απαντήσεις

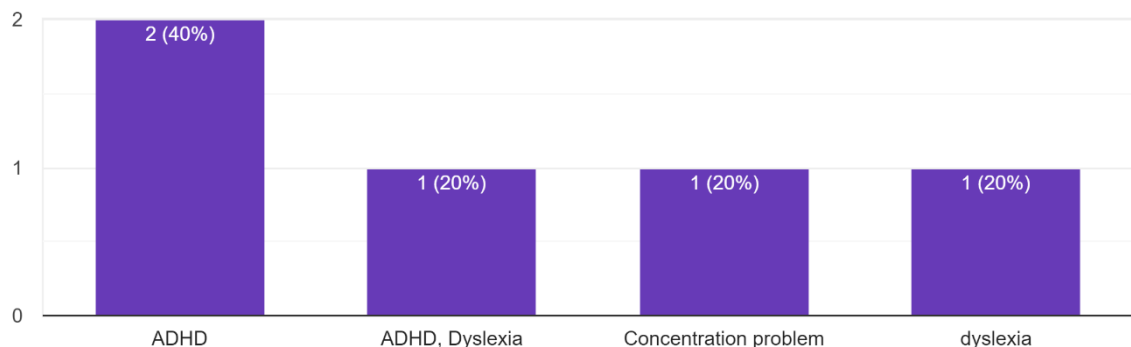


Γράφημα 7: Κατανομή συμμετεχόντων με μαθησιακές δυσκολίες.

Ύστερα, ζητήθηκε από τους χρήστες να αναφέρουν τη μαθησιακή τους δυσκολία, στην περίπτωση που έχουν επιλέξει ότι έχουν κάποια.

If yes, please specify your leaning difficulty. (Optional):

5 απαντήσεις



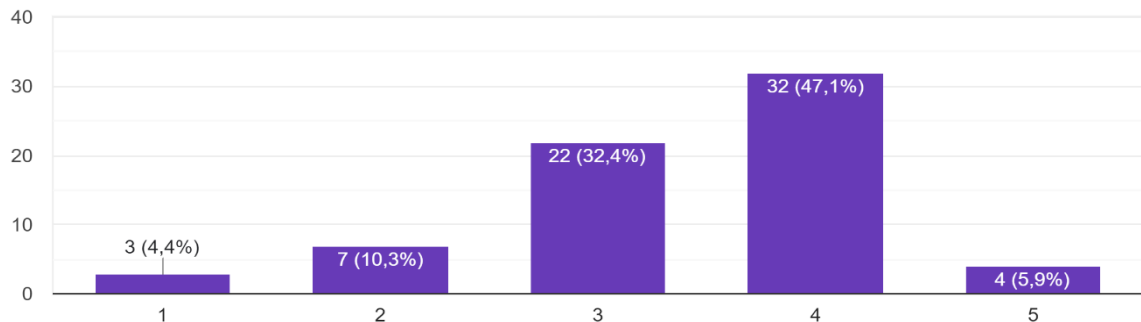
Γράφημα 8: Μαθησιακές δυσκολίες των χρηστών.

Ακριβώς μετά την ολοκλήρωση του πειράματος, οι χρήστες κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα μετά-πειραματικό ερωτηματολόγιο. Σκοπός του ήταν η αξιολόγηση του συστήματος RBLFP και της εμπειρίας των χρηστών κατά τη χρήση του. Συγκεκριμένα, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν 5 ερωτήσεις με την κλίμακα Likert 5 επιπέδων, όπου η επιλογή “1” υποδηλώνει τη χαμηλότερη βαθμολογία και η επιλογή “5” την υψηλότερη βαθμολογία.

Στην 1<sup>η</sup> ερώτηση, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν το βαθμό που τους βοήθησε το κουτί να ολοκληρώσουν πιο γρήγορα και αποδοτικά τη διεργασία τους συγκριτικά με την περίπτωση χωρίς το κουτί. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 9, το 47,1% απάντησε πως το κουτί τους παρείχε μεγάλη βοήθεια (4/5) να ολοκληρώσουν τη διεργασία πιο γρήγορα και αποτελεσματικά, ενώ το 32% απάντησε πως η βοήθεια του κουτιού ήταν μέτρια (3/5).

The box helped me complete my task faster and efficiently compared to without any indicator pointing out the last focus point in the text with the use cases.

68 απαντήσεις

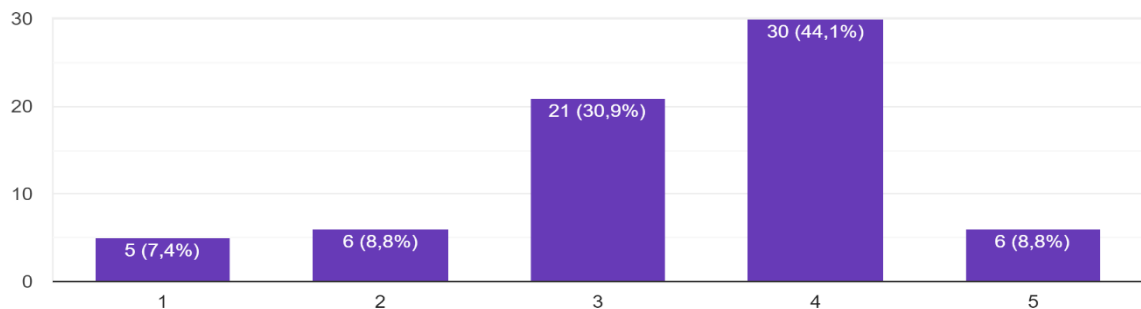


Γράφημα 9: Κατανομή απαντήσεων της 1<sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.

Στην 2<sup>η</sup> ερώτηση, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν το βαθμό που το κουτί τους βοήθησε να συγκεντρωθούν ώστε να είναι πιο αποδοτικοί. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 10, το 44,1% απάντησε πως το κουτί τους παρείχε μεγάλη βοήθεια (4/5) για να συγκεντρωθούν περισσότερο, ενώ το 32% απάντησε πως η βοήθεια του κουτιού ήταν μέτρια (3/5).

The box helped me focus more on the text and execute my task in a more efficient way.

68 απαντήσεις



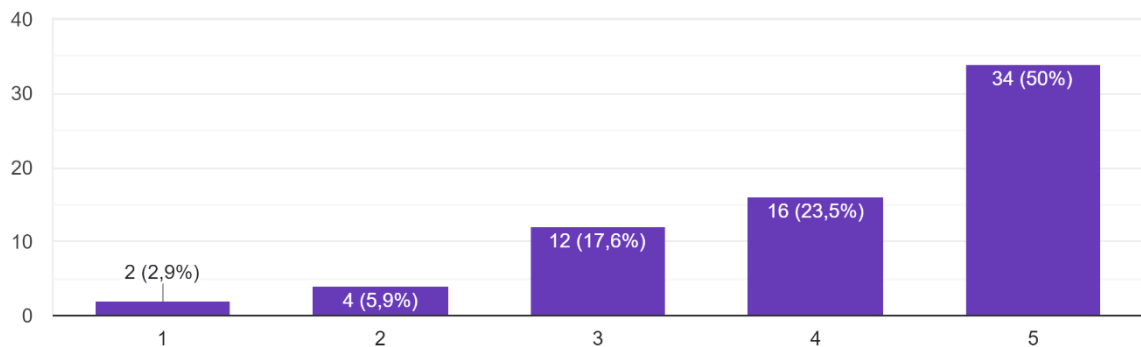
Γράφημα 10: Κατανομή απαντήσεων της 2<sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.

Στην 3<sup>η</sup> ερώτηση, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν εάν αντιλήφθηκαν πως το κουτί εμφανιζόταν στο τελευταίο σημείο εστίασης, δηλαδή εάν έγινε κατανοητό πως ο σκοπός του κουτιού ήταν να βοηθάει το χρήστη να συνεχίσει γρήγορα από το τελευταίο σημείο εστίασης. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο ζητείται εάν υπήρχε ακρίβεια του αλγορίθμου του RBLFP και εάν εμφανιζόταν το κουτί όντως στο τελευταίο σημείο εστίασης. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 11, το 50,0% απάντησε πως ήταν εξαιρετικά ξεκάθαρο (5/5) πως

το κουτί εμφανιζόταν στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο, ενώ το 23,5% απάντησε πως πολύ ξεκάθαρο (4/5) πως το κουτί εμφανιζόταν στο τελευταίο σημείο εστίασης.

I understood that the box appeared on the last focus point in the text with the use cases.

68 απαντήσεις

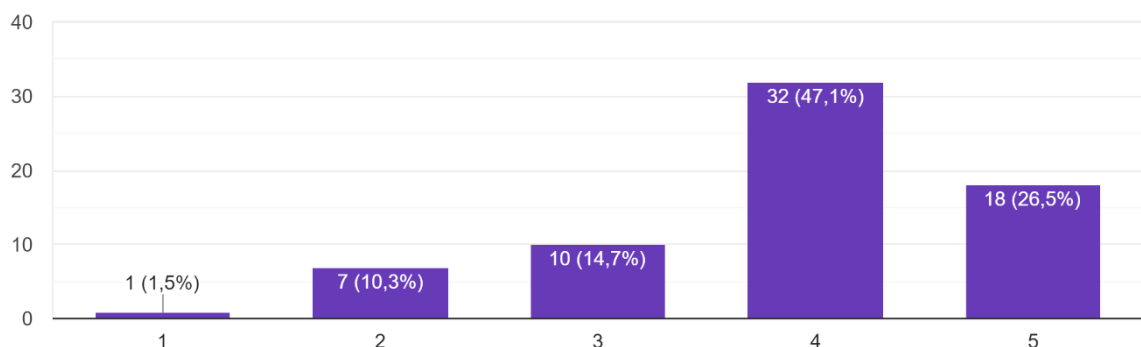


Γράφημα 11: Κατανομή απαντήσεων της 3<sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.

Στην 4<sup>η</sup> ερώτηση, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν το βαθμό που βρήκαν το σύστημα RBLFP ένα χρήσιμο εργαλείο για να βελτιώσουν την απόδοση τους σε διεργασίες που σχετίζονται με περιπτώσεις χρήσης, όπως η συγκεκριμένη στο πείραμα. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 12, το 47,1% απάντησε πως σύστημα RBLFP αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο (4/5) για τη συγκεκριμένη διεργασία, ενώ το 26,5% απάντησε πως το RBLFP είναι εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο (5/5).

I found the system to be a useful tool for improving my tasks when it has to do with use cases and code.

68 απαντήσεις



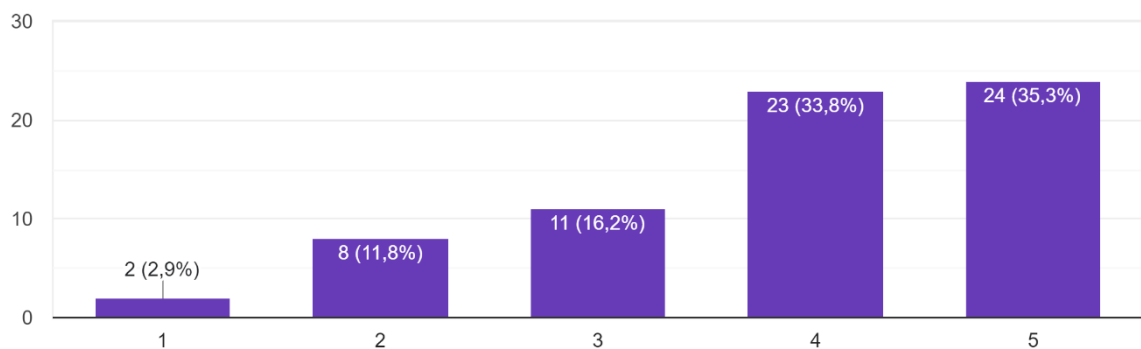
Γράφημα 12: Κατανομή απαντήσεων της 4<sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.



Στην 5<sup>η</sup> ερώτηση, οι χρήστες κλήθηκαν να απαντήσουν το βαθμό που θα χρησιμοποιούσαν μια εφαρμογή στην οποία εμφανίζεται ένας δείκτης στο τελευταίο σημείο εστίασης σε ένα κείμενο με περιπτώσεις χρήσης. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 13 **Error! Reference source not found.**, το 35,3% απάντησε πως θα χρησιμοποιούσαν πολύ συχνά μια τέτοια εφαρμογή (5/5) που εμφανίζει έναν δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης, ενώ το 33,8% απάντησε πως θα χρησιμοποιούσαν συχνά μια τέτοια εφαρμογή (4/5).

I would use an app that has this tool for pointing out the last focus point in a use case text.

68 απαντήσεις



Γράφημα 13: Κατανομή απαντήσεων της 5<sup>ης</sup> ερώτησης του μετά-πειραματικού ερωτηματολογίου.

Συμπερασματικά, οι περισσότερες απαντήσεις δόθηκαν στις υψηλότερες κλίμακες (4 και 5), υποδεικνύοντας ότι οι χρήστες θεωρούν το σύστημα RBLFP πολύ χρήσιμο και αποτελεσματικό. Οι απαντήσεις των χρηστών προσφέρουν μια πρώτη ένδειξη θετικής αποδοχής του εργαλείου, επιβεβαιώνοντας τη χρησιμότητα και την αποδοτικότητα του συστήματος στην πράξη. Ωστόσο, για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία και η γενικότητα των αποτελεσμάτων, απαιτείται περαιτέρω στατιστική ανάλυση των δεδομένων που λήφθηκαν από τον eye tracker.

### 4.3.2 Συνεντεύξεις και Αποτελέσματα

Το τελευταίο μέρος της πειραματικής διαδικασίας αποτέλεσε μια σύντομη συνέντευξη με 6 ερωτήσεις. Σκοπός αυτών ήταν να δοθεί η ευκαιρία στους συμμετέχοντες να εκφράσουν κάποια άποψη σχετικά με το σύστημα RBLFP, κάτι το οποίο δεν θα γινόταν με το πιο “μονοδιάστατο” ερωτηματολόγιο παραπάνω. Η σειρά των ερωτήσεων και το φιλικό ύφος αποσκοπούσε στο να προκαλέσει το χρήστη να αναπτύξει κάποια απάντηση, δίνοντας κάποια πιο ουσιαστική ανατροφοδότηση για το σύστημα RBLFP. Οι ερωτήσεις στους συμμετέχοντες παρουσιάζονται παρακάτω:

- Στην περίπτωση που δεν εμφανιζόταν το κουτί, χρειαζόταν να ψάξεις που είχες μείνει ή θυμόσουν;
- Με το κουτί χρειαζόταν να ψάξεις που είχες μείνει ή θυμόσουν;

- *Αν θα το ξαναέκανες σαν εργασία, θα επέλεγες να εμφανιζόταν το κουτί ή όχι και γιατί;*
- *Σε βοήθησε το κουτί να βρεις το τελευταίο σημείο εστίασης ή σε μπέρδευε;*
- *Είχε νόημα να βρεις το τελευταίο σημείο εστίασης ή απλά σε εμπόδιζε στο να ολοκληρώσεις το task σου;*
- *Γενικότερα θα ήθελες έναν δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης ή πιστεύεις ότι δεν θα το χρειαζόσουν; Αν ναι, σε ποιο σημείο στο κείμενο θα ήθελες να εμφανίζεται το κουτί;*

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις παραπάνω ερωτήσεις καταγράφηκαν και αναλύθηκαν ώστε να προκύψει μια γενικότερη σύνοψη από αυτές. Μεγαλύτερη σημασία έχουν οι απαντήσεις που σχετίζονται με το εάν χρειάστηκαν έναν δείκτη υποβοήθησης για να ολοκληρώσουν τη διεργασία τους και ποιο θεωρούν το ιδανικό σημείο να εμφανίζεται το κουτί υποβοήθησης, δηλαδή από ποιο σημείο του κειμένου θα ήθελαν να συνεχίζουν να διαβάζουν. Η σύνοψη των παραπάνω ερωτήσεων είναι πως η πλειοψηφία των συμμετεχόντων βοηθήθηκαν από το κουτί, αφού χρειάστηκαν έναν δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο. Αυτό το συμπέρασμα προκύπτει από το γεγονός πως κάποιοι συμμετέχοντες “μάρκαραν” από μόνοι τους το σημείο που είχαν μείνει με τον κέρσορα στην περίπτωση που δεν εμφανιζόταν το κουτί. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει η ανάγκη για υποβοήθηση εύρεσης ενός σημείου για να συνεχίσουν οι συμμετέχοντες να διαβάζουν από το σημείο. Ένα άλλο πόρισμα που προέκυψε από την ανάλυση των απαντήσεων είναι ενώ οι περισσότεροι συμμετέχοντες έμειναν ικανοποιημένοι από το σύστημα RBLFP, κάποιοι αντιπρότειναν το σημείο που επιθυμούσαν να υπογραμμιζόταν απλά με κίτρινο χρώμα (σαν μαρκαδόρος υπογράμμισης). Τέλος, μερικοί συμμετέχοντες ανέφεραν πως το προσωπικό ιδανικό σημείο για να εμφανίζεται το κουτί δεν είναι το τελευταίο σημείο εστίασης, αλλά είτε στην αρχή της πρότασης που είχαν μείνει είτε λίγες λέξεις πριν το τελευταίο σημείο εστίασης, ώστε να θυμηθούν το περιεχόμενο της πρότασης που διάβαζαν πριν κλείσουν το παράθυρο με το κείμενο. Όλες οι παραπάνω σημειώσεις των χρηστών κρίνονται πολύτιμες, καθώς αποτελούν υλικό για μελλοντική έρευνα.

## 4.4 Διαδικασία μετά το πείραμα

Μετά το μετά-πειραματικό ερωτηματολόγιο, έπρεπε να γίνει μια συγκεκριμένη διαδικασία από την πλευρά του διοργανωτή του πειράματος. Συγκεκριμένα, έπρεπε να αποθηκευτεί η καταγραφή οθόνης του χρήστη μέσω του Tobii Pro Lab ώστε μετά να μπορεί να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία. Αυτό περιλαμβάνει την παρακολούθηση της καταγραφής οθόνης του κάθε χρήστη και ο ορισμός των περιοχών ενδιαφέροντος (Areas Of Interest - AOI), αφού η eye tracking ανάλυση ήταν βασισμένη στις περιοχές ενδιαφέροντος. Τέλος, αφού ολοκληρώθηκαν τα παραπάνω βήματα και έγινε η επιλογή των μετρικών που αφορούν τις περιοχές ενδιαφέροντος, έγινε εξαγωγή των δεδομένων σε TSV αρχείο που έχουν προκύψει εντός των περιοχών ενδιαφέροντος με την επιλογή σαν export format “AOI-based TSV file” στο Tobii Pro Lab. Τα δεδομένα από το TSV αρχείο υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση, ώστε να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα, όπως αναλύεται στο Κεφάλαιο 5.3.

# 5

## Ανάλυση των Αποτελεσμάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της μεθοδολογίας με την οποία προσεγγίστηκε η ανάλυση των δεδομένων από την πειραματική διαδικασία. Αρχικά, έγινε η παρατήρηση των καταγραφών οθόνης από το διοργανωτή, τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων. Στη συνέχεια, περιγράφεται η χρησιμότητα του λογισμικού Tobii Pro Lab και αναφέρονται οι λειτουργίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας και την εξαγωγή των δεδομένων. Τέλος, αναλύεται η τοποθέτηση των περιοχών ενδιαφέροντος για κάθε ερευνητικό ερώτημα, καθώς και οι μετρικές που χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν τα αντίστοιχα δεδομένα.

### 5.1 Παρατήρηση Δεδομένων

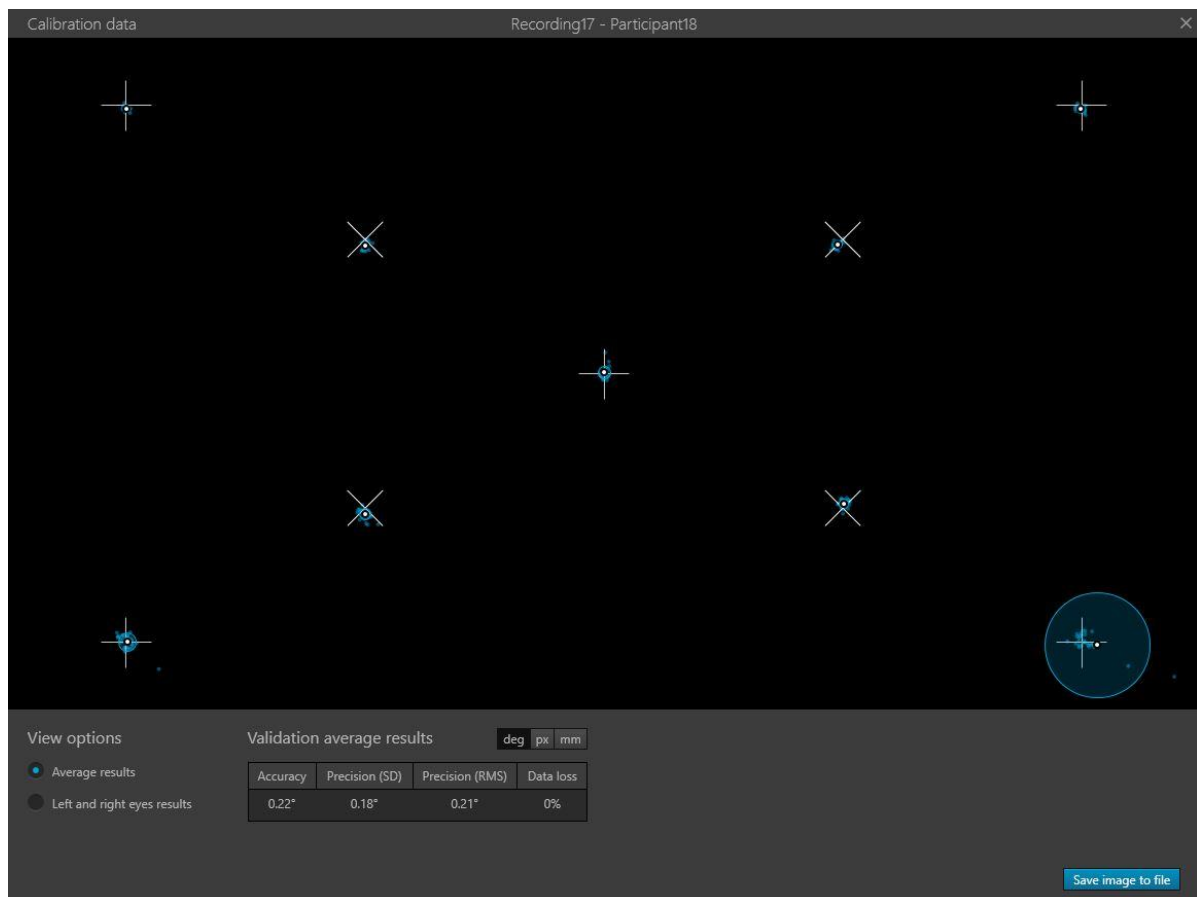
Κατά τη διάρκεια του πειράματος, ο διοργανωτής παρατηρούσε σε μια δεύτερη εκτεταμένη(extended) οθόνη τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας το Tobii Pro Lab για να παρακολουθεί την πορεία του βλέμματος του χρήστη στην οθόνη του χρήστη. Ο στόχος ήταν να αξιολογηθεί η ακρίβεια με την οποία το βλέμμα του χρήστη ακολουθούσε το κείμενο. Εάν, για παράδειγμα, ο χρήστης μετακινούσε τον κέρσορα στο κείμενο κατά την πορεία ανάγνωσης καθώς διάβαζε ενώ το βλέμμα του βρισκόταν δύο γραμμές πάνω από τον κέρσορα, αυτό υποδήλωνε έλλειψη ακρίβειας, και τέτοιες περιπτώσεις έπρεπε να απορριφθούν. Μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων, ο αναλυτής επανεξέτασε τα recordings για να εντοπίσει τυχόν αποκλίσεις και να επιβεβαιώσει τα ευρήματα. Από τους 68 συμμετέχοντες που συμμετείχαν αρχικά, κρατήθηκαν μόνο οι 51, δηλαδή το 75% του συνόλου. Η απόρριψη κάποιων συμμετεχόντων κρίθηκε αναγκαία, παρά την πολλαπλή προσπάθεια calibration, καθώς κάποιοι φορούσαν φακούς επαφής ή είχαν μετακινηθεί κατά τη διάρκεια του πειράματος, επηρεάζοντας την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

## 5.2 Μέθοδοι και Τεχνικές Eye tracking Ανάλυσης

### 5.2.1 Χρήση του Tobii Pro Lab

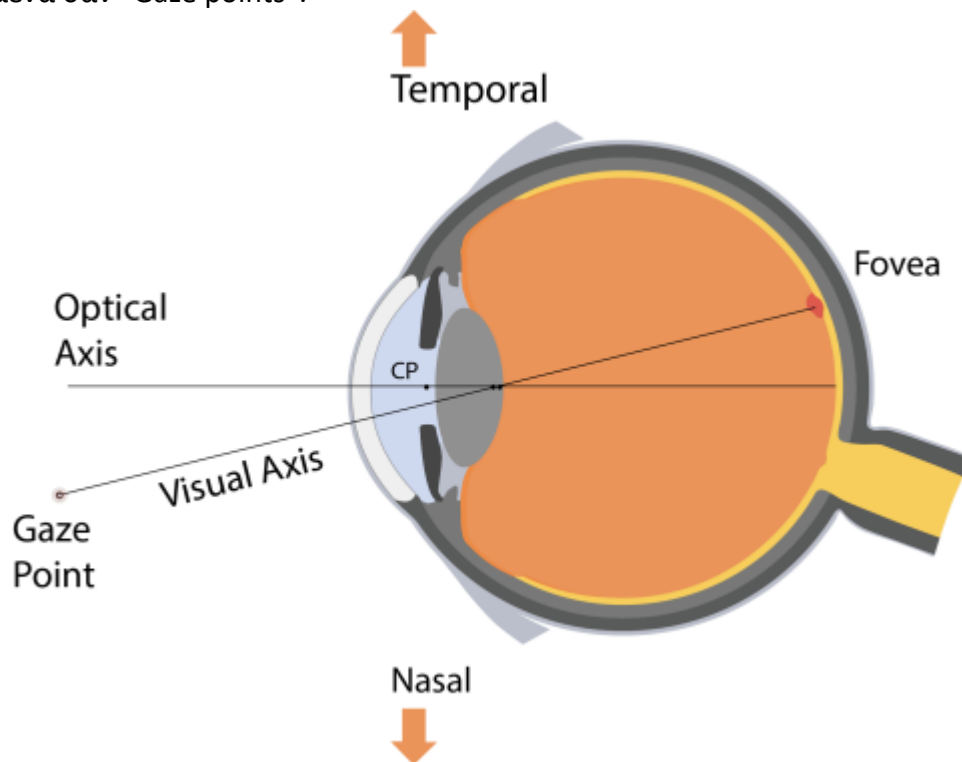
Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας, το λογισμικό Tobii Pro Lab αξιοποιήθηκε σε διάφορα στάδια, τόσο για την καταγραφή της οθόνης των χρηστών σε βίντεο όσο και για την ανάλυση των δεδομένων eye-tracking, με έμφαση στη λεπτομερή επεξεργασία τους και την αξιοποίηση πολλαπλών λειτουργιών που παρέχει το λογισμικό. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε σε πιλοτικά πειράματα για τη διαμόρφωση και βελτιστοποίηση του αλγορίθμου που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, καταγράφοντας τόσο την οθόνη του χρήστη σε βίντεο αλλά και τα οφθαλμικά δεδομένα του συμμετέχοντα στην οθόνη. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε για την τοποθέτηση ΑΟΙ και την εξαγωγή μετρικών από αυτά. Παρακάτω, αναφέρονται συγκεκριμένα ποια εργαλεία χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο, τόσο κατά τη διάρκεια των πειραμάτων όσο και μετά από αυτά:

- **Calibration:** αποτελεί μια πολύ βασική λειτουργία για την εξασφάλιση της ακρίβειας των δεδομένων οφθαλμικής ιχνηλάτησης. Κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης (calibration), ο συμμετέχοντας καλείται να εστιάσει σε 9 στόχους στην οθόνη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12:Αποτελέσματα βαθμονόμησης ενός χρήστη στο Tobii Pro Lab.[20]

Ο eye tracker συλλέγει δεδομένα σχετικά με τα μάτια του, τόσο κατά τη διάρκεια των στερεωμάτων του ματιού του χρήστη στους στόχους όσο και κατά τη διάρκεια των σακκαδικών κινήσεων του ματιού του χρήστη μέχρι να μεταβεί στους στόχους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13. Τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί χρησιμοποιούνται μαζί με ένα 3D μοντέλο ματιού, το οποίο δημιουργείται εικονικά από τον eye tracker ώστε να υπολογιστεί το σημείο βλέμματος του χρήστη στην οθόνη χωρίς απόκλιση. Σκοπός της βαθμονόμησης ουσιαστικά είναι να πλησιάσει η εικονική ωχρά κηλίδα (fovea) την πραγματική ωχρά κηλίδα του χρήστη και τη γεωμετρική θέση της στον εικονικό χώρο που δημιουργεί ο eye tracker. Με αυτό τον τρόπο, τα δεδομένα που συλλέγει ο eye tracker από το εικονικό μάτι που δημιουργεί προσομοιώνουν τα πραγματικά δεδομένα από το μάτι του χρήστη και την πραγματική θέση του βλέμματος του στην οθόνη. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 13, το calibration προσπαθεί να προσομοιώσει την ίδια γεωμετρική θέση από την ωχρική κηλίδα που καταλήγει σαν μια ευθεία γραμμή στην οθόνη, από όπου καταγράφονται τα δεδομένα σαν “Gaze points”.



Εικόνα 13: Η θέση του ματιού του χρήστη όταν καταγράφονται δεδομένα στην οθόνη (gaze point)[21].

- **Φίλτρο Tobii I-VT(fixation):** Ένα φίλτρο Tobii I-VT αναγνωρίζει και ταξινομεί τα δεδομένα ως στερεώματα ή σακκαδικές κινήσεις με βάση την απόσταση ή την ταχύτητα των δεδομένων των ματιών του χρήστη, δηλαδή φιλτράρει τα ακατέργαστα (raw) δεδομένα και τα ταξινομεί σε fixations και saccades. Αυτό το φιλτράρισμα προκύπτει από αλγόριθμους από τον επεξεργαστή, οι οποίοι συγκρίνουν την απόσταση μεταξύ των σημείων βλέμματος και, εάν αυτά βρίσκονται εντός μιας προκαθορισμένης ελάχιστης απόστασης, τα ταξινομούν ως fixations, διαφορετικά, τα θεωρούν saccades. Το φίλτρο Tobii I-VT είναι σχεδιασμένο για μελέτες όπου ο

συμμετέχων είναι τοποθετημένος μπροστά από μια οθόνη με ελάχιστη κίνηση κεφαλιού ή για δυναμικές μελέτες όπου ο συμμετέχων είναι κινητός. Για τα πειράματα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το φίλτρο Gaze Filter I-VT (Fixation) που είναι κατάλληλο για ελεγχόμενες μελέτες, στις οποίες τα δεδομένα περιέχουν μόνο fixations και saccades, με ελάχιστη κίνηση του κεφαλιού, αφού η eye tracking ανάλυση βασίστηκε μόνο σε αυτές τις 2 κινήσεις ματιού. Το συγκεκριμένο φίλτρο αποτέλεσε σημαντικό εργαλείο για την ανάλυση των καταγραφών οθόνης και την Παρατήρηση Δεδομένων, αφού με αυτό τον τρόπο έγινε πιο σαφής η κίνηση του ματιού του χρήστη, άρα και πιο εύκολη η ανάλυση.

- **Τοποθέτηση AOI:** Η τοποθέτηση των περιοχών ενδιαφέροντος (AOI) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του εργαλείου AOI από την Tobii, όπως εξηγείται αναλυτικά στο **Error! Reference source not found..**

### 5.2.2 Eye Tracking Ανάλυση και τοποθέτηση AOI

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο αναλύεται πλήρως η διαδικασία της τοποθέτησης των περιοχών ενδιαφέροντος στο λογισμικό Tobii Pro Lab, στο οποίο έγινε η eye tracking ανάλυση αλλά και η επιλογή των μετρικών από τις οποίες προέκυψαν τα δεδομένα που ελήφθησαν από το Tobii Pro Lab. Κάθε ερευνητικό ερώτημα προσεγγίστηκε διαφορετικά, αφού είτε είχε διαφορετική περιοχή ενδιαφέροντος είτε απαιτούταν διαφορετική επιλογή μετρικής. Οπότε θα αναλυθούν ξεχωριστά παρακάτω τα ερευνητικά ερωτήματα όσον αφορά την τοποθέτηση AOI και της αντίστοιχης μετρικής που χρησιμοποιήθηκε. Να σημειωθεί πως η Tobii, στην έκδοση 1.241.54219 (x64) στην οποία έγινε η ανάλυση, έχει επιλέξει να μην εμφανίζεται το μονοπάτι του ματιού του χρήστη κατά την τοποθέτηση των AOI ώστε ο αναλυτής να μην γίνεται προκατειλημμένος (biased) από αυτό. Έτσι, ο τρόπος τοποθέτησης των περιοχών ενδιαφέροντος ήταν προκαθορισμένος και δεν άλλαζε για κάθε συμμετέχοντα στο πείραμα βάσει του μονοπατιού του βλέμματος του χρήστη που φαίνεται στην καταγραφή οθόνης.

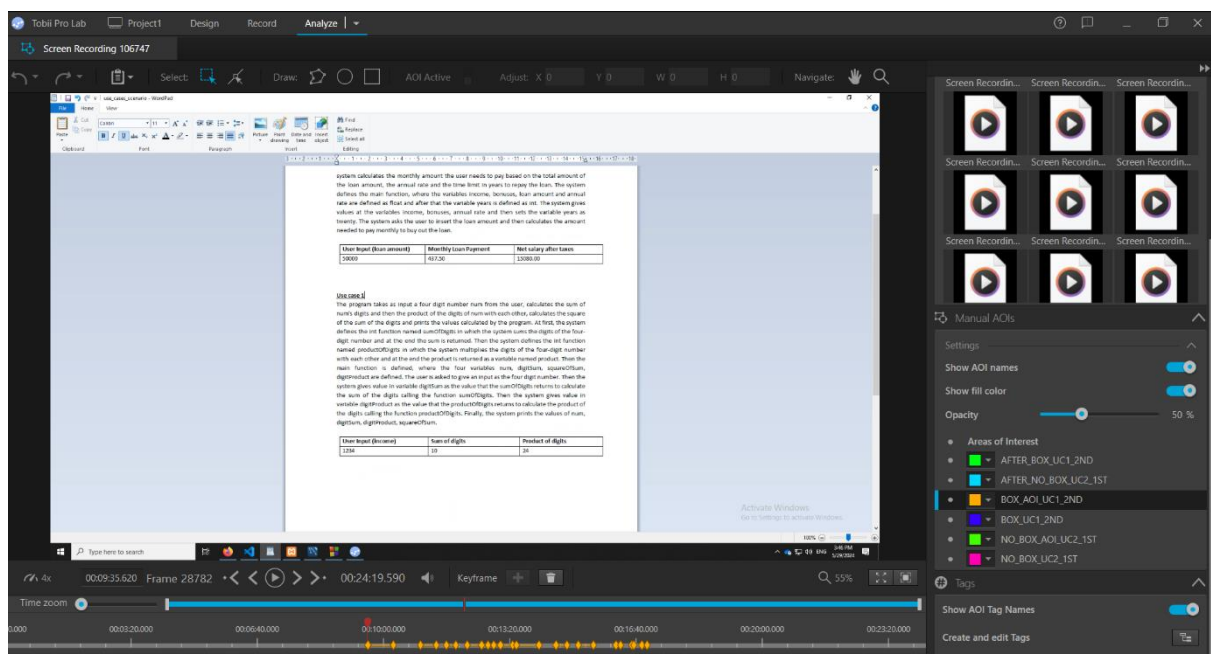
Σε κάθε ερευνητικό ερώτημα παρατίθεται μια εικόνα από το λογισμικό Tobii Pro Lab που απεικονίζει την τοποθέτηση AOI για το συγκεκριμένο ερώτημα. Έχει επιλεγεί ο ίδιος χρήστης που ανήκει σε 1 από τις 4 κατηγορίες για την εξαγωγή των εικόνων, για διευκόλυνση της εξαγωγής τους, ενώ για κάθε ερευνητικό ερώτημα η εικόνα ανήκει στην περίπτωση που εμφανίζεται το κουτί. Όμως αυτό δεν επηρεάζει τον τρόπο που προκύπτουν οι περιοχές ενδιαφέροντος για τις περιπτώσεις που δεν εμφανίζεται το κουτί, καθώς ο τρόπος τοποθέτησης των AOI είναι ανεξάρτητος κάθε υποπερίπτωσης για κάθε ερευνητικό ερώτημα.

Ο χρόνος ενεργοποίησης, όπως και ο χρόνος απενεργοποίησης της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος υπολογίστηκε με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα ερευνητικά ερωτήματα. Ο χρόνος ενεργοποίησης της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος τέθηκε ως η χρονική στιγμή στην οποία ο χρήστης έφερνε στην επιφάνεια το παράθυρο στο οποίο βρίσκεται το κείμενο με τις περιπτώσεις χρήσης. Όσον αφορά την 1<sup>η</sup> φορά ενεργοποίησης του AOI, ο χρόνος ενεργοποίησης υπολογίστηκε ως η χρονική στιγμή στην οποία ο χρήστης ξεκίνησε να διαβάζει από το παράθυρο που περιέχει το κείμενο με τις περιπτώσεις χρήσης. Βάσει της παραπάνω επιλογής, υπολογίστηκε ο χρόνος ολοκλήρωσης της κάθε διεργασίας που χρειάζεται στο 1<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα. Όσον αφορά όλες τις υπόλοιπες φορές ενεργοποίησης του AOI, υπολογίστηκε ως το χρονικό πλαίσιο (time frame) στο οποίο ο

χρήστης επαναφέρει πλήρως το παράθυρο που περιγράφονται οι περιπτώσεις χρήσης. Ο χρόνος απενεργοποίησης της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος ορίστηκε ως ένα time frame πριν ο χρήστης φέρει στην επιφάνεια το παράθυρο με τον κώδικα που περιγράφουν οι περιπτώσεις χρήσης. Τέλος, να σημειωθεί πως το κάθε χρονικό πλαίσιο (frame) στο Tobii Pro Lab ισούται με 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου (milliseconds).

### 5.2.2.1 Ερευνητικό Ερώτημα 1

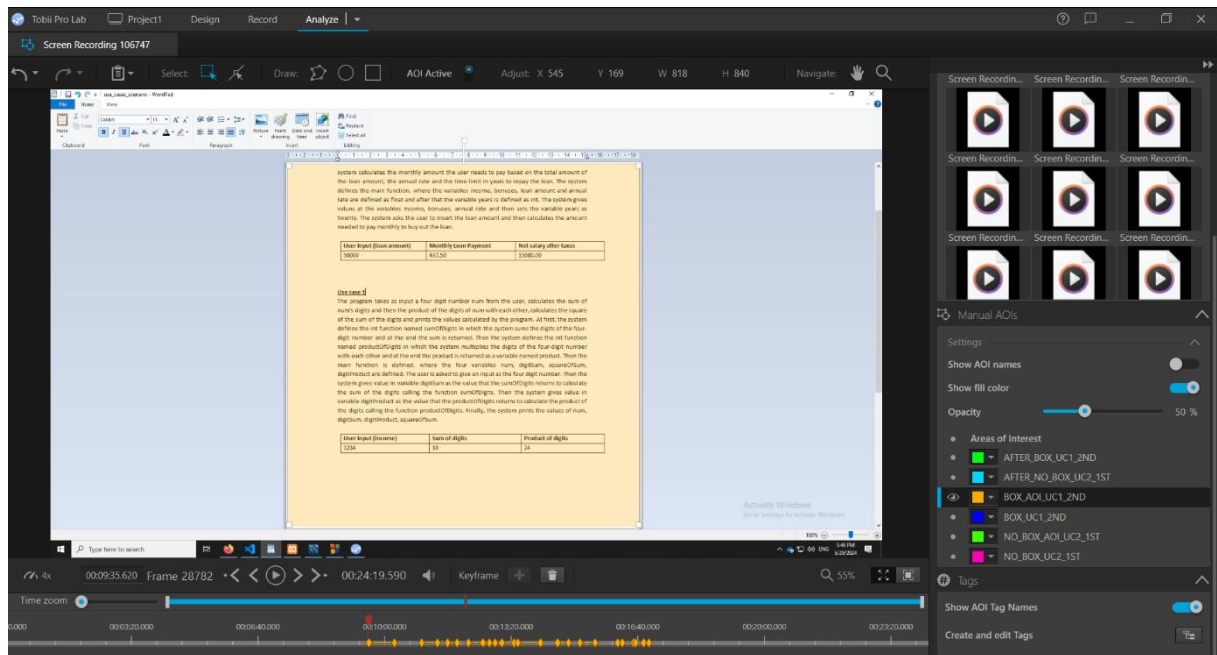
Στο συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα, υπολογίστηκε ο χρόνος ολοκλήρωσης της κάθε διεργασίας, με τη χρήση του RBLFP και χωρίς τη χρήση αυτού. Για την τοποθέτηση των περιοχών ενδιαφέροντος σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα αξιοποιήθηκε ο χρόνος όταν έγινε ενεργοποίηση και απενεργοποίηση η περιοχή ενδιαφέροντος του ερευνητικού ερωτήματος 2. Αυτή κρίθηκε ως ιδανική επιλογή, αφού ενεργοποιήθηκε για 1<sup>η</sup> φορά στο χρονικό πλαίσιο (time frame) που ο χρήστης ξεκίνησε να διαβάζει με προσοχή το κείμενο με τις περιπτώσεις χρήσης και όχι απλά έφερε στην επιφάνεια το παράθυρο, ενώ απενεργοποιήθηκε για τελευταία φορά 1 time frame πριν επαναφέρει το παράθυρο που περιέχει τον κώδικα. Ουσιαστικά, για το συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα μετρήθηκε η διαφορά χρόνου της τελευταίας απενεργοποίησης της τελευταίας περιοχής ενδιαφέροντος με την 1<sup>η</sup> ενεργοποίηση της 1<sup>ης</sup> περιοχής ενδιαφέροντος. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, σαν χρόνος ολοκλήρωσης μετρήθηκε η διαφορά του χρόνου από το τελευταίο πορτοκαλί σημείο μέχρι το 1<sup>ο</sup> πορτοκαλί σημείο στο χρονοδιάγραμμα στο κάτω μέρος της οθόνης.



Εικόνα 14: Υπολογισμός του χρόνου ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη.

### 5.2.2.2 Ερευνητικό Ερώτημα 2

Στο συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα, υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός στερεώσεων στην επιφάνεια του κειμένου των περιπτώσεων χρήσης στο WordPad, με τη χρήση του RBLFP και χωρίς τη χρήση αυτού. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 15, η περιοχή ενδιαφέροντος αφορά όλη την επιφάνεια του κειμένου, αφού σε αυτή την περιοχή ζητήθηκε ο συνολικός αριθμός στερεώσεων.

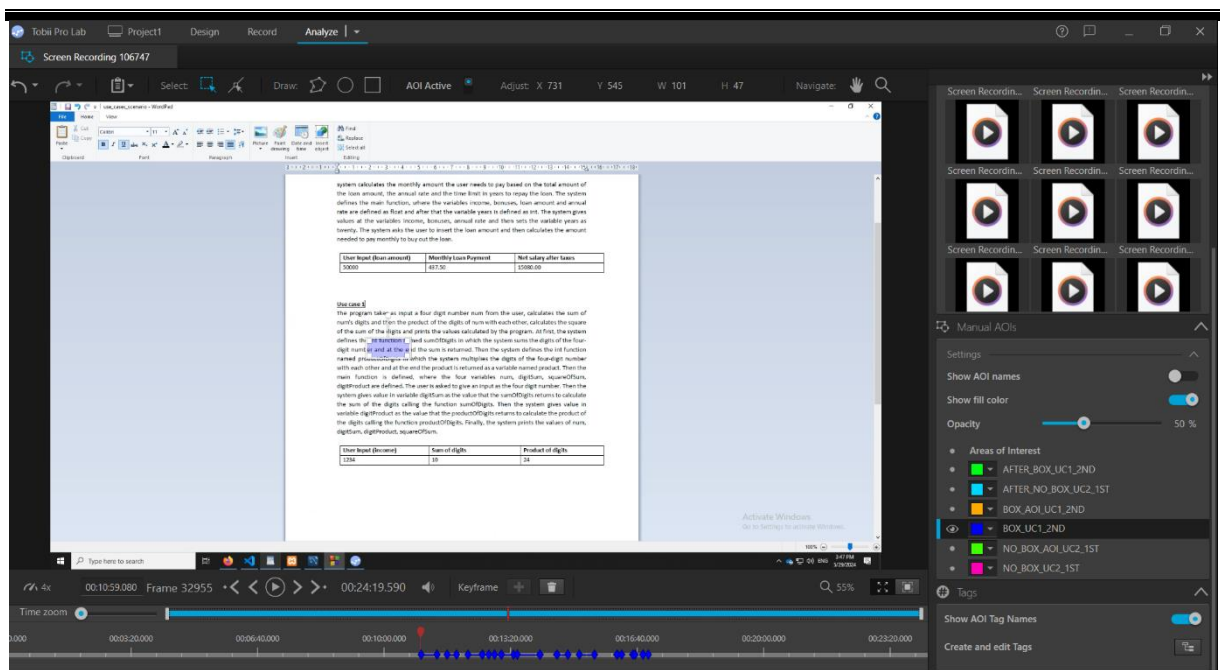


Εικόνα 15: Περιοχή ενδιαφέροντος (πορτοκαλί) στην επιφάνεια του κειμένου με τις περιπτώσεις χρήσης.

### 5.2.2.3 Ερευνητικό Ερώτημα 3

Στο συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα υπολογίστηκε ο χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα στο τελευταίο σημείο εστίασης του χρήστη στο κείμενο, με τη χρήση του RBLFP και χωρίς τη χρήση αυτού. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 16, η περιοχή ενδιαφέροντος αφορά μόνο το τελευταίο σημείο εστίασης στο μέγεθος του κουτιού. Υπολογίστηκε κάθε φορά από την κάθε καταγραφή οθόνης, στην οποία φαίνεται ακριβώς το μονοπάτι του βλέμματος (scan path) του συμμετέχοντα στο πείραμα, βάσει του ορισμού που έχει τεθεί για το τι πρέπει να θεωρείται τελευταίο σημείο εστίασης στο υποκεφάλαιο 3.2.1. Οι χρόνοι ενεργοποίησης και απενεργοποίησης των AOI ήταν ίδιοι με τους χρόνους στο ερευνητικό ερώτημα 2, μόνο που στο ερευνητικό ερώτημα 3 δεν υπολογίστηκε η 1<sup>η</sup> φορά στην οποία ο χρήστης ξεκίνησε να διαβάζει το κείμενο, αφού δεν υπήρχε κάποιο τελευταίο σημείο εστίασης την 1<sup>η</sup> φορά.



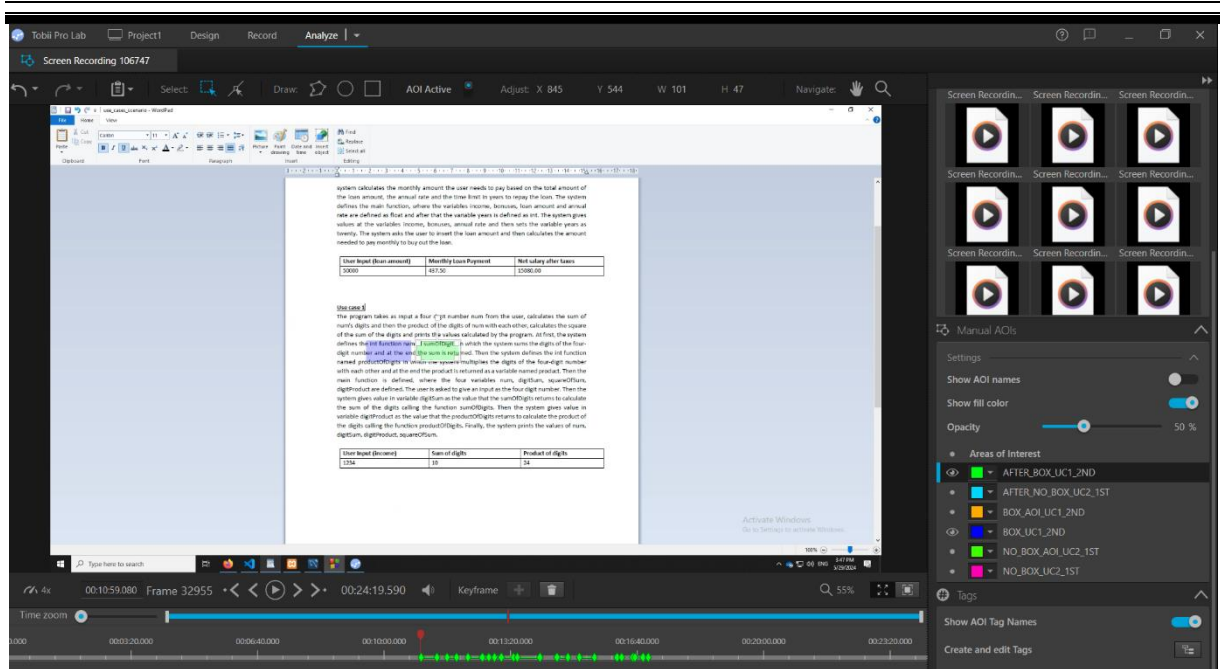


Εικόνα 16: Περιοχή ενδιαφέροντος (μπλε) στο τελευταίο σημείο εστίασης.

#### 5.2.2.4 Ερευνητικό Ερώτημα 4

Στο συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα υπολογίστηκε ο χρόνος μέχρι το πρώτο στερέωμα στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης του χρήστη στο κείμενο, με τη χρήση του RBLFP και χωρίς τη χρήση αυτού. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 17, η περιοχή ενδιαφέροντος περιορίστηκε στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο, με μέγεθος ίσο με αυτό του κουτιού. Το σημείο αυτό καθορίστηκε ως η λέξη ή φράση που ακολουθεί αμέσως μετά την τελευταία λέξη στο τελευταίο σημείο εστίασης, σύμφωνα με τη φυσική ροή της ανάγνωσης. Εάν το τελευταίο σημείο εστίασης ήταν στο τέλος μιας γραμμής, τότε το επόμενο σημείο τέθηκε στην αρχή της επόμενης γραμμής. Στην περίπτωση όμως που το τελευταίο σημείο εστίασης ήταν η τελευταία λέξη του κειμένου, θεωρήθηκε πως το επόμενο σημείο είναι το περιεχόμενο της 1<sup>ης</sup> στήλης του πίνακα, αφού ο χρήστης έτεινε να συνεχίζει την ανάγνωση από εκείνο το σημείο. Επίσης, στην περίπτωση που το τελευταίο σημείο εστίασης ήταν κάποια από τις στήλες του πίνακα, όπου δίνονταν πληροφορίες για την είσοδο ή έξοδο τιμών στον κώδικα, τότε επόμενο σημείο θεωρήθηκε η επόμενη στήλη του πίνακα. Ωστόσο, εάν το τελευταίο σημείο εστίασης ήταν η τελευταία στήλη, δεν ορίστηκε κάποια περιοχή ενδιαφέροντος σαν επόμενο σημείο, παρόλο που ο χρήστης ενδέχεται να επέστρεφε στο κείμενο. Οι χρόνοι ενεργοποίησης και απενεργοποίησης των AOI ήταν ίδιοι με τους χρόνους στο ερευνητικό ερώτημα 3 όπου τοποθετήθηκαν οι περιοχές ενδιαφέροντος στο τελευταίο σημείο εστίασης.

Ανάπτυξη συστήματος υποβοήθησης γρήγορου εντοπισμού του τελευταίου σημείου εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο, βασισμένο σε δεδομένα οφθαλμικής ιχνηλάτησης πραγματικού χρόνου



Εικόνα 17: Περιοχή ενδιαφέροντος (πράσινη) στο σημείο μετά το τελευταίο σημείο εστίασης(μπλε).

## 5.3 Στατιστική ανάλυση δεδομένων και συμπεράσματα

Η στατιστική ανάλυση έχει βασιστεί στα ερευνητικά ερωτήματα από τα οποία προκύπτουν και οι υποθέσεις (μηδενικές και ερευνητικές). Εστιάζει στη σύγκριση της περίπτωσης που χρησιμοποιείται το σύστημα που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης και της περίπτωσης που δεν χρησιμοποιείται.

Προκειμένου να εισαχθούν (import) τα δεδομένα που έγιναν εξαγωγή (export) από τον eye tracker σε TSV αρχείο στην IBM SPSS Statistics, όπου και έγινε η στατιστική ανάλυση, πρώτα δημιουργήθηκαν οι μεταβλητές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18 στις οποίες θα φορτωθούν τα δεδομένα. Οι μεταβλητές είναι είτε Scale, δηλαδή μετρήσιμες για συγκρίσεις τιμών με νόημα, είτε Nominal, δηλαδή μη μετρήσιμες και απλώς κατηγοριοποιημένες χωρίς ιεραρχική σειρά [22]. Παρακάτω εξηγείται ο ρόλος της κάθε μεταβλητής:

- **BoxTime**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη με τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **NoBoxTime**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη χωρίς τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **BoxAOI**: scale μεταβλητή. Αφορά το συνολικό αριθμό στερεωμάτων του χρήστη στην επιφάνεια του κειμένου με τα use case με τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.

- **NoBoxAOI**: scale μεταβλητή. Αφορά το συνολικό αριθμό στερεωμάτων του χρήστη στην επιφάνεια του κειμένου με τα use case χωρίς τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **BoxTTFF**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο με τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **NoBoxTTFF**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο μέχρι τη πρώτη στερέωση του χρήστη στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο χωρίς τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **AfterBoxTTFF**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο με τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **AfterNoBoxTTFF**: scale μεταβλητή. Αφορά το χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση του χρήστη στο σημείο ακριβώς μετά το τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο χωρίς τη χρήση του συστήματος που εμφανίζει το κουτί στο τελευταίο σημείο εστίασης στο κείμενο.
- **Category**: nominal μεταβλητή. Αφορά τους 4 διαφορετικούς συνδυασμούς εμφάνισης των 2 use case και των 2 περιπτώσεων εμφάνισης ή όχι του κουτιού.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	BoxTime	Date	8	2	Time to finish a...	None	None	9	Right	Scale	Input
2	NoBoxTime	Date	8	2	Time to finish a...	None	None	11	Right	Scale	Input
3	BoxAOI	Numeric	8	0	Total fixations ...	None	None	10	Right	Scale	Input
4	NoBoxAOI	Numeric	8	0	Total fixations ...	None	None	11	Right	Scale	Input
5	BoxTTFF	Numeric	8	0	Time To First F...	None	None	10	Right	Scale	Input
6	NoBoxTTFF	Numeric	8	0	Time To First F...	None	None	13	Right	Scale	Input
7	AfterBoxTTFF	Numeric	8	0	TTFF in the poi...	None	None	16	Right	Scale	Input
8	AfterNoBox...	Numeric	8	0	TTFF in the poi...	None	None	18	Right	Scale	Input
9	Category	Numeric	8	0	CATEGORY	{1, BOX_UC...	None	18	Right	Nominal	Input

Εικόνα 18: Οι μεταβλητές (Variable View) που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση στην SPSS.

Για να υπάρχει πιο σαφής κατανόηση των δεδομένων, παρατίθεται μια ενδεικτική Εικόνα 19. Εικόνα 19: Ενδεικτικό δείγμα των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο SPSS Statistics. του πίνακα με τα δεδομένα που περιέχουν οι μεταβλητές.

	BoxTime	NoBoxTime	BoxAOI	NoBoxAOI	BoxTTFF	NoBoxTTFF	AfterBoxTTFF	AfterNoBoxTTFF	Category
1	7:22.30	8:10.14	667	759	844258	307718	857162	308775	BOX_UC1_2ND & NO_BOX_UC2_1ST
2	8:19.49	6:18.55	784	557	716741	260280	721828	264720	BOX_UC1_2ND & NO_BOX_UC2_1ST
3	7:31.72	8:49.12	829	799	416315	843984	417359	845014	BOX_UC2_1ST & NO_BOX_UC1_2ND
4	6:22.60	9:26.30	711	799	881863	248195	883180	247818	BOX_UC2_2ND & NO_BOX_UC1_1ST
5	7:16.79	5:24.44	956	659	306380	732191	306210	732911	BOX_UC2_1ST & NO_BOX_UC1_2ND
6	6:16.33	5:20.25	551	548	327394	617757	334394	620317	BOX_UC2_1ST & NO_BOX_UC1_2ND
7	9:13.59	5:55.33	1096	621	448132	974822	451242	975535	BOX_UC2_1ST & NO_BOX_UC1_2ND
8	5:48.76	6:51.34	689	825	760400	339155	761750	338531	BOX_UC1_2ND & NO_BOX_UC2_1ST
9	8:58.50	11:52.83	988	1603	1126405	399449	1128352	454819	BOX_UC1_2ND & NO_BOX_UC2_1ST
10	4:43.52	7:49.88	600	819	730442	217500	733459	268454	BOX_UC1_2ND & NO_BOX_UC2_1ST

Εικόνα 19: Ενδεικτικό δείγμα των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο SPSS Statistics.

Αφού τα δεδομένα έχουν οργανωθεί όπως περιγράφεται παραπάνω, είναι σημαντικό να γίνει η σωστή επιλογή του test στο οποίο θα υποβληθούν τα δεδομένα για τη στατιστική ανάλυση. Την επιλογή του test επηρεάζουν ορισμένοι παράγοντες, όπως εάν τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή ή και εάν οι μεταβλητές που περιέχουν τα δεδομένα είναι ανεξάρτητες ή εξαρτημένες μεταξύ τους.

Σε κάθε περίπτωση, το πρώτο βήμα για να αποφασιστεί σε ποιο test θα υποβληθούν τα δεδομένα είναι να γίνει ένα test κανονικότητας, δηλαδή test για να αποδειχθεί εάν τα δεδομένα ακολουθούν ή όχι κανονική κατανομή. Είναι βασικό test για να αποφασιστεί ποιο είδος test (παραμετρικό ή μη παραμετρικό) θα επιλεγεί για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων [23]. Μέσω της SPSS, έγινε για όλα τα δεδομένα έλεγχος κανονικότητας δεδομένων Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk, αν και δόθηκε περισσότερη σημασία στο Shapiro-Wilk. Όπως αναλύεται παρακάτω, επειδή η τιμή Sig. (συμβολίζεται και με  $p$ ) αντιπροσωπεύει τη σημαντική διαφορά (significant difference) των δεδομένων μεταξύ τους, ήταν αυτή που λήφθηκε υπόψιν. Προκειμένου τα δεδομένα να ακολουθούν κανονική κατανομή, πρέπει η τιμή της παραμέτρου Sig. να είναι μεγαλύτερη από 0.05. Σε άλλη περίπτωση τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Επίσης, θεωρείται σε μερικές περιπτώσεις σημαντικό τα δεδομένα να έχουν ομοιογένεια μεταξύ τους, όπως στην περίπτωση που οι κατηγορίες δεν έχουν τον ίδιο αριθμό χρηστών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9. Για αυτό το λόγο, έγινε συμπληρωματικά ένα Levene's Test που ελέγχει την ομοιογένεια μεταξύ των δεδομένων [24]. Το Levene's test είναι πιο ισχυρό και ανθεκτικό σε περιπτώσεις που η υπόθεση της κανονικότητας παραβιάζεται, προσφέροντας έτσι μια πιο αξιόπιστη ανάλυση για την ισότητα των διακυμάνσεων σε αυτές τις περιπτώσεις.

Το επόμενο βήμα, έχοντας τα δεδομένα από τα test κανονικής κατανομής και ομοιογένειας, είναι να βρεθεί το κατάλληλο test που ταιριάζει στις συνθήκες του πειράματος. Κάποια test που θα μπορούσαν να γίνουν είναι το Paired T Test για τα δεδομένα που ακολουθούν κανονική κατανομή και το Wilcoxon Signed-Rank Test για αυτά που δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Να σημειωθεί πως αυτή ήταν η αρχική προσέγγιση, όμως σε κανένα από τα αποτελέσματα δεν υπήρχε σημαντική διαφορά ανάμεσα στις περιπτώσεις με και χωρίς τη χρήση του RBLFP. Οπότε έπρεπε να αλλάξει η προσέγγιση για την εύρεση των ιδανικών test. Κρίθηκε αναγκαίο να ληφθούν υπόψιν και οι συνδυασμοί με τους οποίους ο χρήστης είδε είτε τα use cases είτε τη χρήση του συστήματος ή όχι, δηλαδή ότι στο within-subject πείραμα εμφανίζονται 4 διαφορετικές κατηγορίες (between-subject παράγοντες). Για αυτόν ακριβώς το λόγο το Mixed ANOVA είναι το κατάλληλο test. Με αυτό το test συγκρίνονται οι within subject μεταβλητές μεταξύ τους, οι between subject μεταβλητές μεταξύ τους, καθώς εξετάζεται η σχέση ανάμεσα στις within subject μεταβλητές με τις between subject μεταβλητές. Οπότε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων του Mixed ANOVA test θα εμπεριέχει τις τιμές που θα δείχνουν εάν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για τις 3 συγκρίσεις που προαναφέρθηκαν. Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίον το Mixed ANOVA είναι το πιο ιδανικό test για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι πως αποτελεί μια ευέλικτη μέθοδο που μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και όταν τα δεδομένα δεν ακολουθούν αυστηρά κανονική κατανομή [25]. Για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων όμως, το Mixed ANOVA προϋποθέτει να πραγματοποιηθεί και test ομοιογένειας δεδομένων (Levene's Test).

Κάτι σημαντικό το οποίο πρέπει να εξεταστεί συνδυαστικά με το Mixed ANOVA είναι κάποιος συντελεστής ή παράμετρος που να αποδεικνύει την επίδραση που έχουν οι

between-subject παράγοντες στις 2 within-subject μεταβλητές. Μέσω του Contrast Results (K Matrix) μπορεί να εντοπιστεί η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους 4 παράγοντες με τις μεταβλητές, καθώς και να αξιολογηθεί το μέγεθος της επιρροής κάθε παράγοντα ξεχωριστά στις μεταβλητές [26].

### 5.3.1 Ερευνητικό Ερώτημα 1

- Test κανονικότητας στις μεταβλητές BoxTime και NoBoxTime για το ερευνητικό ερώτημα 1.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Time to finish a task with box	.085	51	.200 <sup>*</sup>	.981	51	.584
Time to finish a task with no box	.065	51	.200 <sup>*</sup>	.981	51	.566

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Εικόνα 20: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ1.

Για το 1<sup>ο</sup> test φαίνεται να μην είναι σημαντική η διαφορά ( $p > 0,05$ ), υποδηλώνοντας ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή ( $p=0.584$  και  $p=0.566$  για τις 2 μεταβλητές αντίστοιχα).

- Test Ομοιογένειας(Levene's Test) για τα δεδομένα στο ερευνητικό ερώτημα 1.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Time to finish a task with box	Based on Mean	.910	3	47	.443
	Based on Median	.600	3	47	.618
	Based on Median and with adjusted df	.600	3	37.998	.619
	Based on trimmed mean	.891	3	47	.453
Time to finish a task with no box	Based on Mean	.593	3	47	.623
	Based on Median	.585	3	47	.628
	Based on Median and with adjusted df	.585	3	45.320	.628
	Based on trimmed mean	.584	3	47	.628

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Category

Within Subjects Design: TTFF

Εικόνα 21: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 1.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι τιμές των Sig. είναι όλες μεγαλύτερες από 0.05. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις τιμές των 2 ανεξάρτητων μεταβλητών.

- Mixed ANOVA με τις μεταβλητές BoxTime και NoBoxTime ως within subject variables για το ερευνητικό ερώτημα 1.

#### Multivariate Tests<sup>a</sup>

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
time	Pillai's Trace	.102	5.326 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.025
	Wilks' Lambda	.898	5.326 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.025
	Hotelling's Trace	.113	5.326 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.025
	Roy's Largest Root	.113	5.326 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.025
time * Category	Pillai's Trace	.576	21.266 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Wilks' Lambda	.424	21.266 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Hotelling's Trace	1.357	21.266 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Roy's Largest Root	1.357	21.266 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: time

b. Exact statistic

Εικόνα 22: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 1.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, υπάρχει στατιστική διαφορά ανάμεσα στη χρήση του συστήματος και στη μη χρήση του συστήματος όσον αφορά το χρόνο ολοκλήρωσης της διεργασίας του χρήστη, αφού το  $p=0.025$  και ισχύει πως  $p<0.05$ . Υπάρχει επίσης στατιστική διαφορά στο χρόνο ολοκλήρωσης συνδυαστικά με την κατηγορία που ανήκει ο χρήστης, αφού το  $p<0.001$  και ισχύει πως  $p<0.05$ .

- Η παράμετρος που δείχνει την επιρροή που έχει η κάθε κατηγορία στο μέσο όρο της επιρροής των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 1.

Contrast Results (K Matrix)			
CATEGORY Deviation Contrast <sup>a</sup>			Averaged Variable MEASURE_1
Level 1 vs. Mean	Contrast Estimate		-16.038
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-16.038
	Std. Error		23.735
	Sig.		.503
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-63.786
		Upper Bound	31.710
Level 2 vs. Mean	Contrast Estimate		4.791
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		4.791
	Std. Error		25.715
	Sig.		.853
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-46.942
		Upper Bound	56.523
Level 3 vs. Mean	Contrast Estimate		-23.732
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-23.732
	Std. Error		22.769
	Sig.		.303
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-69.538
		Upper Bound	22.074
Level 4 vs. Mean	Contrast Estimate		34.980
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		34.980
	Std. Error		26.589
	Sig.		.195
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-18.511
		Upper Bound	88.470

Εικόνα 23: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 1.

Όπως φαίνεται, η 4<sup>η</sup> κατηγορία (η περίπτωση χρήσης να εμφανίζεται 2<sup>η</sup> σε σειρά με το κουτί) έχει μικρότερο p (Sig.), άρα επηρεάζει περισσότερο το χρόνο ολοκλήρωσης της διεργασίας. Έπειτα, με τη σειρά οι κατηγορίες που έχουν περισσότερη επιρροή είναι η 3<sup>η</sup>, η 1<sup>η</sup> και τέλος η 2<sup>η</sup>.



### 5.3.2 Ερευνητικό Ερώτημα 2

- Test κανονικότητας στις μεταβλητές BoxAOI και NoBoxAOI για το ερευνητικό ερώτημα 2.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Total fixations while word is open with box	.109	51	.180	.958	51	.066
Total fixations while word is open with no box	.148	51	.007	.942	51	.014

a. Lilliefors Significance Correction

Εικόνα 24: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ2.

Για το 2<sup>ο</sup> test φαίνεται να μην υπάρχει σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ), αφού υπάρχει σημαντική διαφορά μόνο για 1 από τις 2 μεταβλητές, άρα τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή αφού πρόκειται να συγκριθούν μεταξύ τους ( $p=0.066$  και  $p=0.014$  για τις 2 μεταβλητές αντίστοιχα).

- Test Ομοιογένειας (Levene's Test) για τα δεδομένα στο ερευνητικό ερώτημα 2.

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Total fixations while word is open with box	Based on Mean	2.057	3	47	.119
	Based on Median	1.531	3	47	.219
	Based on Median and with adjusted df	1.531	3	35.435	.223
	Based on trimmed mean	2.007	3	47	.126
Total fixations while word is open with no box	Based on Mean	.687	3	47	.565
	Based on Median	.458	3	47	.713
	Based on Median and with adjusted df	.458	3	35.138	.713
	Based on trimmed mean	.637	3	47	.595

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Category

Within Subjects Design: TTFF

Εικόνα 25: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 2.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι τιμές των Sig. είναι όλες μεγαλύτερες από 0.05. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις τιμές των 2 ανεξάρτητων μεταβλητών.



- Mixed ANOVA με τις μεταβλητές BoxAOI και NoBoxAOI ως within subject variables για το ερευνητικό ερώτημα 2.

**Multivariate Tests<sup>a</sup>**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
totalfixations	Pillai's Trace	.001	.050 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.825
	Wilks' Lambda	.999	.050 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.825
	Hotelling's Trace	.001	.050 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.825
	Roy's Largest Root	.001	.050 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.825
totalfixations * Category	Pillai's Trace	.410	10.906 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Wilks' Lambda	.590	10.906 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Hotelling's Trace	.696	10.906 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Roy's Largest Root	.696	10.906 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: totalfixations

b. Exact statistic

Εικόνα 26: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 2.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ανάμεσα στη χρήση του συστήματος και στη μη χρήση του συστήματος όσον αφορά το συνολικό αριθμό στερεωμάτων στην επιφάνεια του κειμένου με τα use case, αφού το  $p=0.825$  και ισχύει πως  $p>0.05$ . Παρόλα αυτά, υπάρχει στατιστική διαφορά στο χρόνο ολοκλήρωσης συνδυαστικά με την κατηγορία που ανήκει ο χρήστης, αφού το  $p<0.001$  και ισχύει πως  $p<0.05$ .

- Η παράμετρος που δείχνει την επιρροή που έχει η κάθε κατηγορία στο μέσο όρο της επιρροής των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 2

Contrast Results (K Matrix)				Averaged Variable
CATEGORY Deviation Contrast <sup>a</sup>				MEASURE_1
Level 1 vs. Mean	Contrast Estimate			-30.796
	Hypothesized Value			0
	Difference (Estimate - Hypothesized)			-30.796
	Std. Error			45.603
	Sig.			.503
	95% Confidence Interval for Difference			
		Lower Bound		-122.538
Level 2 vs. Mean	Contrast Estimate			-22.922
	Hypothesized Value			0
	Difference (Estimate - Hypothesized)			-22.922
	Std. Error			49.409
	Sig.			.645
	95% Confidence Interval for Difference			
		Lower Bound		-122.321
Level 3 vs. Mean	Contrast Estimate			-16.300
	Hypothesized Value			0
	Difference (Estimate - Hypothesized)			-16.300
	Std. Error			43.748
	Sig.			.711
	95% Confidence Interval for Difference			
		Lower Bound		-104.311
Level 4 vs. Mean	Contrast Estimate			70.018
	Hypothesized Value			0
	Difference (Estimate - Hypothesized)			70.018
	Std. Error			51.088
	Sig.			.177
	95% Confidence Interval for Difference			
		Lower Bound		-32.758
		Upper Bound		172.795

Εικόνα 27: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 2.

Όπως φαίνεται, η 4<sup>η</sup> κατηγορία (περίπτωση χρήσης να εμφανίζεται 2<sup>η</sup> σε σειρά με το κουτί) έχει μικρότερο p (Sig.), άρα επηρεάζει περισσότερο το συνολικό αριθμό των στερεωμάτων στην επιφάνεια του κειμένου. Έπειτα, με τη σειρά οι κατηγορίες που έχουν περισσότερη επιρροή είναι η 1<sup>η</sup>, η 2<sup>η</sup> και τέλος η 3<sup>η</sup>.

### 5.3.3 Ερευνητικό Ερώτημα 3

- Test κανονικότητας στις μεταβλητές BoxTTFF και NoBoxTTFF για το ερευνητικό ερώτημα 3.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Time To First Fixation in last focus point with box	.142	51	.012	.940	51	.012
Time To First Fixation in last focus point with no box	.165	51	.001	.954	51	.048

a. Lilliefors Significance Correction

Εικόνα 28: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ3.

Για το 3<sup>ο</sup> test φαίνεται να μην υπάρχει σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ), αφού υπάρχει σημαντική διαφορά μόνο για 1 από τις 2 μεταβλητές, άρα τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή αφού πρόκειται να συγκριθούν μεταξύ τους ( $p=0.012$  και  $p=0.048$  για τις 2 μεταβλητές αντίστοιχα).

- Test Ομοιογένειας(Levene's Test) για τα δεδομένα στο ερευνητικό ερώτημα 3.

#### Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Time To First Fixation in last focus point with box	Based on Mean	.676	3	47	.571
	Based on Median	.613	3	47	.610
	Based on Median and with adjusted df	.613	3	43.333	.611
	Based on trimmed mean	.672	3	47	.573
Time To First Fixation in last focus point with no box	Based on Mean	2.705	3	47	.056
	Based on Median	2.433	3	47	.077
	Based on Median and with adjusted df	2.433	3	36.631	.080
	Based on trimmed mean	2.651	3	47	.060

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: TTFF

Εικόνα 29: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 3.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι τιμές των Sig. είναι όλες μεγαλύτερες από 0.05. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις τιμές των 2 ανεξάρτητων μεταβλητών.

- Mixed ANOVA με τις μεταβλητές BoxTTFF και NoBoxTTFF ως within subject variables για το ερευνητικό ερώτημα 3.

#### Multivariate Tests<sup>a</sup>

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
TTFF	Pillai's Trace	.073	3.719 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.060
	Wilks' Lambda	.927	3.719 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.060
	Hotelling's Trace	.079	3.719 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.060
	Roy's Largest Root	.079	3.719 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.060
TTFF * Category	Pillai's Trace	.940	243.544 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Wilks' Lambda	.060	243.544 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Hotelling's Trace	15.545	243.544 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Roy's Largest Root	15.545	243.544 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: TTFF

b. Exact statistic

Εικόνα 30: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 3.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, η τιμή που δείχνει εάν υπάρχει στατιστική διαφορά ανάμεσα στη χρήση του συστήματος και στη μη χρήση του συστήματος όσον αφορά την τιμή του χρόνου μέχρι την πρώτη στερέωση στο τελευταίο σημείο εστίασης είναι μεγαλύτερη από το 0.05 ( $p > 0.05$ ), δηλαδή το  $p = 0.060$ . Υπάρχει στατιστική διαφορά στο χρόνο ολοκλήρωσης συνδυαστικά με την κατηγορία που ανήκει ο χρήστης, αφού το  $p < 0.001$  και ισχύει πως  $p < 0.05$ .

- Η παράμετρος που δείχνει την επιρροή που έχει η κάθε κατηγορία στο μέσο όρο της επιρροής των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 3.

Contrast Results (K Matrix)			Averaged Variable MEASURE_1
CATEGORY Deviation Contrast <sup>a</sup>			
Level 1 vs. Mean	Contrast Estimate		4002.473
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		4002.473
	Std. Error		31025.477
	Sig.		.898
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-58412.736
		Upper Bound	66417.682
Level 2 vs. Mean	Contrast Estimate		-25342.335
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-25342.335
	Std. Error		33614.806
	Sig.		.455
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-92966.602
		Upper Bound	42281.931
Level 3 vs. Mean	Contrast Estimate		-15490.375
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-15490.375
	Std. Error		29763.513
	Sig.		.605
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-75366.840
		Upper Bound	44386.090
Level 4 vs. Mean	Contrast Estimate		36830.237
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		36830.237
	Std. Error		34757.207
	Sig.		.295
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-33092.245
		Upper Bound	106752.720

Εικόνα 31: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 3.

Όπως φαίνεται, η 4<sup>η</sup> κατηγορία (περίπτωση χρήσης να εμφανίζεται 2<sup>η</sup> σε σειρά με το κουτί) έχει μικρότερο  $p$  (Sig.), άρα επηρεάζει περισσότερο το χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση στο τελευταίο σημείο εστίασης. Έπειτα, με τη σειρά οι κατηγορίες που έχουν περισσότερη επιρροή είναι η 2<sup>η</sup>, η 3<sup>η</sup> και τέλος η 1<sup>η</sup>.

### 5.3.4 Ερευνητικό Ερώτημα 4

- Test κανονικότητας στις μεταβλητές AfterBoxTTFF και No AfterBoxTTFF για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TTFF in the point after the last focus point with box	.149	51	.006	.933	51	.007
TTFF in the point after the last focus point with no box	.135	51	.020	.955	51	.051

a. Lilliefors Significance Correction

Εικόνα 32: Το αποτέλεσμα του test κανονικής κατανομής για το RQ4.

Για το 4<sup>ο</sup> test φαίνεται να μην υπάρχει σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ) , αφού υπάρχει σημαντική διαφορά μόνο για 1 από τις 2 μεταβλητές, άρα τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή αφού πρόκειται να συγκριθούν μεταξύ τους( $p=0.007$  και  $p=0.051$  για τις 2 κατηγορίες αντίστοιχα).

- Test Ομοιογένειας(Levene's Test) για τα δεδομένα στο ερευνητικό ερώτημα 4.

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TTFF in the point after the last focus point with box	Based on Mean	.615	3	47	.609
	Based on Median	.557	3	47	.646
	Based on Median and with adjusted df	.557	3	30.438	.648
	Based on trimmed mean	.656	3	47	.583
TTFF in the point after the last focus point with no box	Based on Mean	.639	3	47	.594
	Based on Median	.766	3	47	.519
	Based on Median and with adjusted df	.766	3	44.041	.519
	Based on trimmed mean	.747	3	47	.530

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: TTFF

Εικόνα 33: Test ομοιογένειας των δεδομένων για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Όπως φαίνεται παραπάνω, οι τιμές των Sig. είναι όλες μεγαλύτερες από 0.05. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει ομοιογένεια ανάμεσα στις τιμές των 2 ανεξάρτητων μεταβλητών.

- Mixed ANOVA με τις μεταβλητές AfterBoxTTFF και NoAfterBoxTTFF ως within subject variables για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Multivariate Tests <sup>a</sup>						
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
TTFF	Pillai's Trace	.005	.236 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.630
	Wilks' Lambda	.995	.236 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.630
	Hotelling's Trace	.005	.236 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.630
	Roy's Largest Root	.005	.236 <sup>b</sup>	1.000	47.000	.630
TTFF * Category	Pillai's Trace	.863	98.430 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Wilks' Lambda	.137	98.430 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Hotelling's Trace	6.283	98.430 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001
	Roy's Largest Root	6.283	98.430 <sup>b</sup>	3.000	47.000	<.001

a. Design: Intercept + Category  
Within Subjects Design: TTFF

b. Exact statistic

Εικόνα 34: Τα αποτελέσματα του Mixed ANOVA για τους within subject factors για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, η τιμή που δείχνει εάν υπάρχει στατιστική διαφορά ανάμεσα στη χρήση του συστήματος και στη μη-χρήση του συστήματος όσον αφορά την τιμή του χρόνου μέχρι την πρώτη στερέωση στο σημείο ακριβώς μετά του τελευταίου σημείου εστίασης στο κείμενο είναι οριακά μεγαλύτερη από το 0.05 ( $p > 0.05$ ), δηλαδή το  $p = 0.063$ . Υπάρχει αρκετά μεγαλύτερη στατιστική διαφορά στο χρόνο ολοκλήρωσης συνδυαστικά με την κατηγορία που ανήκει ο χρήστης, αφού το  $p < 0.001$  και ισχύει πως  $p < 0.05$ .

- Η παράμετρος που δείχνει την επιρροή που έχει η κάθε κατηγορία στο μέσο όρο της επιρροής των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Contrast Results (K Matrix)			
CATEGORY Deviation Contrast <sup>a</sup>			Averaged Variable MEASURE_1
Level 1 vs. Mean	Contrast Estimate		2733.059
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		2733.059
	Std. Error		31028.181
	Sig.		.930
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-59687.591
		Upper Bound	65153.708
Level 2 vs. Mean	Contrast Estimate		-23220.516
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-23220.516
	Std. Error		33617.736
	Sig.		.493
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-90850.677
		Upper Bound	44409.645
Level 3 vs. Mean	Contrast Estimate		-14194.459
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		-14194.459
	Std. Error		29766.107
	Sig.		.636
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-74076.143
		Upper Bound	45687.225
Level 4 vs. Mean	Contrast Estimate		34681.916
	Hypothesized Value		0
	Difference (Estimate - Hypothesized)		34681.916
	Std. Error		34760.237
	Sig.		.324
	95% Confidence Interval for Difference	Lower Bound	-35246.661
		Upper Bound	104610.493

Εικόνα 35: Πίνακας με την επιρροή των κατηγοριών στις within subject μεταβλητές για το ερευνητικό ερώτημα 4.

Όπως φαίνεται, η 4<sup>η</sup> κατηγορία (περίπτωση χρήσης να εμφανίζεται 2<sup>η</sup> σε σειρά με το κουτί) έχει μικρότερο p (Sig.), άρα επηρεάζει περισσότερο το χρόνο μέχρι την πρώτη στερέωση στο σημείο μετά το τελευταίο σημείο εστίασης. Έπειτα, με τη σειρά οι κατηγορίες που έχουν περισσότερη επιρροή είναι η 2<sup>η</sup>, η 3<sup>η</sup> και τέλος η 1<sup>η</sup>.

# 6

## Συμπεράσματα και Προοπτικές

### 6.1 Σύνοψη

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός συστήματος υποβοήθησης εύρεσης του τελευταίου σημείου εστίασης σε αναδυόμενο παράθυρο με χρήση οφθαλμικών δεδομένων πραγματικού χρόνου. Για το σχεδιασμό του δείκτη υποβοήθησης, προηγήθηκε βιβλιογραφική έρευνα και διεξάχθηκαν πιλοτικά πειράματα, ώστε να δοθεί ανατροφοδότηση από τους συμμετέχοντες για την αποδοτική υλοποίηση του συστήματος. Μετά την τελική διαμόρφωση του συστήματος RBLFP, όπως ονομάστηκε, διεξήχθησαν πειράματα με 51 έγκυρους χρήστες και συλλέχθηκαν τόσο eye tracking δεδομένα όσο και δεδομένα από προ-πειραματικά και μετά-πειραματικά ερωτηματολόγια, αλλά και από συνεντεύξεις στους χρήστες μετά το πείραμα. Από την ανάλυση των eye tracking δεδομένων, σε συνδυασμό με αυτά των συνεντεύξεων προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του συστήματος RBLFP, αλλά κυρίως για την ευχρηστία και αποδοτικότητα ενός δείκτη στο τελευταίο σημείο εστίασης ενός αναδυόμενου παραθύρου. Η μεθοδολογία της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας με τα συμπεράσματα της κρίνεται ικανή να μπορεί να συνεισφέρει στην περαιτέρω έρευνα για παρόμοια συστήματα υποβοήθησης βάσει των δεδομένων που καταγράφηκαν αλλά και των συμπερασμάτων που προέκυψαν.

### 6.2 Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προέκυψαν σημαντικά ευρήματα, τόσο από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων όσο και από την παρατήρηση της συμπεριφοράς των χρηστών κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση, το σύστημα RBLFP που υλοποιήθηκε κατά τη διπλωματική εργασία βοήθησε τους χρήστες να ολοκληρώσουν πιο γρήγορα τη διεργασία τους (RQ1). Ένας δείκτης, όπως το κόκκινο κουτί που εμφανίζεται στο τελευταίο σημείο εστίασης, αποδείχθηκε πως δεν δυσκολεύει ούτε εμποδίζει το χρήστη στην ανάγνωση κειμένου, δηλαδή δεν



παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο συνολικό αριθμό στερεωμάτων ανάμεσα στη χρήση και στη μη χρήση του συστήματος RBLFP (RQ2) [27].

Από την παρατήρηση των οφθαλμικών δεδομένων των χρηστών μέσω της καταγραφής οθόνης τους από το Tobii Pro Lab, φάνηκε πως αρκετοί χρήστες, αφού είχαν εντοπίσει το τελευταίο σημείο εστίασης, έτειναν να συνεχίσουν το διάβασμα της πρότασης στην οποία είχαν μείνει από μερικές λέξεις πριν το τελευταίο σημείο εστίασης. Από την παραπάνω παρατήρηση προκύπτει ότι, για να συνέχιζε ο χρήστης την ανάγνωση του κειμένου, δεν αρκούσε να συνεχίσει το διάβασμα του κειμένου από το τελευταίο σημείο εστίασης. Αντίθετα, έπρεπε να επιστρέψει σε ένα προηγούμενο σημείο του κειμένου αφού εντοπίσει το τελευταίο σημείο εστίασης, λίγες λέξεις πριν αυτό, ώστε να θυμηθεί καλύτερα το σημείο στο οποίο είχε μείνει και να αφομοιώσει πιο αποτελεσματικά την πληροφορία του κειμένου.

Παρόλα αυτά, μέσω των ερωτηματολογίων και των συνεντεύξεων, οι χρήστες παρείχαν θετική ανατροφοδότηση, επισημαίνοντας πως το σύστημα RBLFP του βοήθησε στην ολοκλήρωση της διεργασίας τους. Αυτό φανερώνει την ανάγκη για τη χρήση ενός συστήματος υποβοήθησης εντοπισμού ενός σημείου σε ένα αναδυόμενο παράθυρο κατά τη χρήση πολλαπλών παραθύρων.

## 6.3 Μελλοντική εργασία

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θέτει τις βάσεις για σημαντικές μελλοντικές έρευνες σε τομείς, όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή, αλλά και στην παρατήρηση της οφθαλμικής συμπεριφοράς του χρήστη. Παρόλο που υλοποιήθηκε το σύστημα που εμφανίζει το δείκτη υποβοήθησης στο τελευταίο σημείο εστίασης στην οθόνη του χρήστη, μπορεί να γίνει βελτίωση είτε του σχεδιασμού του δείκτη, ώστε να εντοπίζεται ακόμα πιο γρήγορα από το χρήστη και να βελτιώνεται περισσότερο η εμπειρία χρήσης του, είτε του αλγορίθμου φιλτραρίσματος των δεδομένων για τον υπολογισμό του τελευταίου σημείου εστίασης και γενικότερα του συστήματος RBLFP σαν σύνολο. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε κάθε καταγραφή οθόνης από τους 51 έγκυρους χρήστες του πειράματος, από τις οποίες προέκυψε το συμπέρασμα ότι ίσως το τελευταίο σημείο εστίασης δεν είναι το ιδανικό σημείο για την εμφάνιση του δείκτη, δηλαδή το σημείο όπου συνεχίζει ο χρήστης την ανάγνωση. Από την παραπάνω παρατήρηση κρίνεται αναγκαίο να διεξαχθεί περαιτέρω μελέτη στο συγκεκριμένο θέμα. Εφαρμόζοντας τις παραπάνω προτάσεις για μελλοντική εργασία στην πράξη, πρόκειται να αναπτυχθούν αρκετά ερευνητικά πεδία, κυρίως για της αλληλεπίδρασης ανθρώπου και υπολογιστή αλλά και υλοποίησης τεχνολογιών υποβοήθησης. Έτσι, θα είναι πιο προσιτή η ανάπτυξη ενός περισσότερο αποδοτικού και φιλικού προς το χρήστη συστήμα εύρεσης του τελευταίου σημείου εστίασης, διευκολύνοντας τη χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε ευρεία κλίμακα με την ενσωμάτωση αυτού του συστήματος.



## Βιβλιογραφία- Αναφορές

- [1]. Tobii Pro. (n.d.). How to eye trackers work? Retrieved from: <https://www.tobii.com/resource-center/learn-articles/how-do-eye-trackers-work>
- [2]. J. Gonzalez-Sanchez, "Chapter 11 - Affect Measurement: A Roadmap Through Approaches, Technologies, and Data Analysis", [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/psychology/eye-tracking-system>
- [3]. J. Lee and J.-H. Ahn, "Attention to Banner Ads and Their Effectiveness: An Eye-Tracking Approach," *International Journal of Electronic Commerce*, vol. 17, no. 1, pp. 119–137, Oct. 2012, doi: [10.2753/jec1086-4415170105](https://doi.org/10.2753/jec1086-4415170105).
- [4]. L. Rello and M. Ballesteros, "Detecting readers with dyslexia using machine learning with eye tracking measures," in *Proceedings of the 12th International Web for All Conference*, Florence Italy: ACM, May 2015. doi: [10.1145/2745555.2746644](https://doi.org/10.1145/2745555.2746644).
- [5]. X. Chen *et al.*, "Utilizing artificial intelligence-based eye tracking technology for screening ADHD symptoms in children," *Front. Psychiatry*, vol. 14, Nov. 2023, doi: [10.3389/fpsyt.2023.1260031](https://doi.org/10.3389/fpsyt.2023.1260031).
- [6]. M. L. Mele and S. Federici, "Gaze and eye-tracking solutions for psychological research," *Cogn Process*, vol. 13, no. S1, pp. 261–265, Aug. 2012, doi: [10.1007/s10339-012-0499-z](https://doi.org/10.1007/s10339-012-0499-z).
- [7]. "Eye-Tracking Students' Attention to PowerPoint Photographs in a Science Education Setting", [Online]. Available: [https://www.jstor.org/stable/40186731?saml\\_data=eyJzYW1sVG9rZW4iOiI5YzgyYmVmYi05MmEzLTRlMjEtYTBlOS00Nzc3MGVjMjk3OTEiLCJlbWVpYmVwMTA3MjU1M0BhYy51cGF0cmFzLmdyIiwiaW5zdGl0dXRpb25JZHMiOiNlNGE0ZjJkYTItZTFmNy00ZGI0LWFkYmQtODE2OWFiNGMxNTkxIl19%3Fsaml\\_data%3](https://www.jstor.org/stable/40186731?saml_data=eyJzYW1sVG9rZW4iOiI5YzgyYmVmYi05MmEzLTRlMjEtYTBlOS00Nzc3MGVjMjk3OTEiLCJlbWVpYmVwMTA3MjU1M0BhYy51cGF0cmFzLmdyIiwiaW5zdGl0dXRpb25JZHMiOiNlNGE0ZjJkYTItZTFmNy00ZGI0LWFkYmQtODE2OWFiNGMxNTkxIl19%3Fsaml_data%3)
- [8]. A. I. Molina, Ó. Navarro, M. Ortega, and M. Lacruz, "Evaluating multimedia learning materials in primary education using eye tracking," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 59, pp. 45–60, Aug. 2018, doi: [10.1016/j.csi.2018.02.004](https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.02.004).
- [9]. R. Kredel, C. Vater, A. Klostermann, and E.-J. Hossner, "Eye-Tracking Technology and the Dynamics of Natural Gaze Behavior in Sports: A Systematic Review of 40 Years of Research," *Front. Psychol.*, vol. 8, Oct. 2017, doi: [10.3389/fpsyg.2017.01845](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01845).
- [10]. Tobii Pro. (n.d.). Behavior Research software with eye tracking. Retrieved from <https://www.tobii.com/products/software/behavior-research-software/tobii-pro-lab#why>

- [11]. “Basic terminology of eye-tracking research”, [Online]. Available: <https://ceish.icm.edu.pl/ceish/element/bwmeta1.element.desklight-84da087b-2057-4ef3-89cf-a898d29c4f4a>
- [12]. B. T. Carter and S. G. Luke, “Best practices in eye tracking research,” *International Journal of Psychophysiology*, vol. 155, pp. 49–62, Sep. 2020, doi: [10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010).
- [13]. *Eye Tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. [Online]. Available: [https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=5rIDPV1EoLUC&oi=fnd&pg=PT23&dq=time+to+first+fixation+in+eye+tracking+meaning&ots=y0ER1rLoQ&sig=cR5J14GNjID2tm64dcwLOGpAwKU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=time%20to%20first%20fixation%20in%20eye%20tracking%20meaning&f=false](https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=5rIDPV1EoLUC&oi=fnd&pg=PT23&dq=time+to+first+fixation+in+eye+tracking+meaning&ots=y0ER1rLoQ&sig=cR5J14GNjID2tm64dcwLOGpAwKU&redir_esc=y#v=onepage&q=time%20to%20first%20fixation%20in%20eye%20tracking%20meaning&f=false)
- [14]. Z. Sharafi, T. Shaffer, B. Sharif, and Y.-G. Gueheneuc, “Eye-Tracking Metrics in Software Engineering,” in *2015 Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, New Delhi: IEEE, Dec. 2015, pp. 96–103. doi: [10.1109/APSEC.2015.53](https://doi.org/10.1109/APSEC.2015.53).
- [15]. D.-Y. Kim, “THE INTERACTIVE EFFECTS OF COLORS ON VISUAL ATTENTION AND WORKING MEMORY: IN CASE OF IMAGES OF TOURIST ATTRACTIONS”. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Interactive-Effects-of-Colors-on-Visual-and-In-Kim/f04ed2c9bcbd5f1e07dfbb82d047bf6052fdfb67>.
- [16]. R. Pal, J. Mukherjee, and P. Mitra, “How do warm colors affect visual attention?,” in *Proceedings of the Eighth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Mumbai India: ACM, Dec. 2012, pp. 1–8. doi: [10.1145/2425333.2425357](https://doi.org/10.1145/2425333.2425357).
- [17]. Tobii Pro. (n.d.). Tobii Pro Lab Product Description. Retrieved from <https://www.spectratech.gr/Web/Tobii/pdf/Pro-Lab.pdf>.
- [18]. G. Charness, U. Gneezy, and M. A. Kuhn, “Experimental methods: Between-subject and within-subject design,” *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 81, no. 1, pp. 1–8, Jan. 2012, doi: [10.1016/j.jebo.2011.08.009](https://doi.org/10.1016/j.jebo.2011.08.009).
- [19]. John J. Donovan and David J. Radosovich, “A Meta-Analytic Review of the Distribution of Practice Effect: Now You See It, Now You Don’t.” [Online]. Available: [Donovan, J. J., & Radosovich, D. J. \(1999\). A meta-analytic review of the distribution of practice effect: Now you see it, now you don't. Journal of Applied Psychology, 84\(5\), 795–805. https://doi.org/10.1037/0021-9010.84.5.795](https://doi.org/10.1037/0021-9010.84.5.795)
- [20]. Tobii Pro. (n.d.). How to calibrate and validate in Tobii Pro Lab. Retrieved from <https://www.spectratech.gr/Web/Tobii/pdf/Pro-Lab.pdf>.
- [21]. Tobii Pro. (n.d.). Eye tracker calibration and validation. Retrieved from [https://connect.tobii.com/s/article/eye-tracker-calibration?language=en\\_US](https://connect.tobii.com/s/article/eye-tracker-calibration?language=en_US)

- [22]. "SPSS Statistics Subscription - Early Access." Accessed: Sep. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/docs/vi/spss-statistics/beta?topic=tab-variable-measurement-level>
- [23]. P. Mishra, C. Pandey, U. Singh, A. Gupta, C. Sahu, and A. Keshri, "Descriptive statistics and normality tests for statistical data," *Ann Card Anaesth*, vol. 22, no. 1, p. 67, 2019, doi: [10.4103/aca.ACA\\_157\\_18](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18)
- [24]. J. L. Gastwirth, Y. R. Gel, and W. Miao, "The Impact of Levene's Test of Equality of Variances on Statistical Theory and Practice," *Statist. Sci.*, vol. 24, no. 3, Aug. 2009, doi: [10.1214/09-STS301](https://doi.org/10.1214/09-STS301).
- [25]. Chen, X., Zhao, P.-L. and Zhang, J. (2002), "A note on ANOVA assumptions and robust analysis for a cross-over study. *Statist. Med.*", [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/sim.1103>.
- [26]. A. Haans, "Contrast Analysis: A Tutorial," vol. 23, no. 9.
- [27]. S. Doherty, S. O'Brien, and M. Carl, "Eye tracking as an MT evaluation technique," *Machine Translation*, vol. 24, no. 1, pp. 1–13, Mar. 2010, doi: [10.1007/s10590-010-9070-9](https://doi.org/10.1007/s10590-010-9070-9).
- [28]. W. Mackay, "Responding to cognitive overload : Co-adaptation between users and technology," *intel*, vol. 30, no. 1, pp. 177–193, 2000, doi: [10.3406/intel.2000.1597](https://doi.org/10.3406/intel.2000.1597).
- [29]. M. Yeari, M. Oudega, and P. Van Den Broek, "The effect of highlighting on processing and memory of central and peripheral text information: evidence from eye movements," *Journal Research in Reading*, vol. 40, no. 4, pp. 365–383, Nov. 2017, doi: [10.1111/1467-9817.12072](https://doi.org/10.1111/1467-9817.12072).