

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πτυχιακή εργασία

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ
ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΥΑΛΙΩΝ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΑΤΙΩΝ TOBII PRO
GLASSES 2

Θεοφανώ Παναγή

Λεμεσός, 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ

ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΥΑΛΙΩΝ

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΑΤΙΩΝ TOBII PRO

GLASSES 2

Θεοφανώ Παναγή

Επιβλέποντες καθηγητές

Δρ. Σωτήριος Χατζής

Δρ. Ανδρέας Ανδρέου

Λεμεσός, 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Θεοφανώ Παναγή, [2016],

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ευχαριστίες

Η Πτυχιακή Εργασία αυτή εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015–2016 κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο τέταρτο έτος σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της:

Πρώτα απ' όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου Δρ. Σωτήριο Χατζή και Δρ. Ανδρέα Ανδρέου για την συνεχή και αδιάλειπτη καθοδήγηση τους σε όλη τη διάρκεια της πτυχιακής αυτής εργασίας. Το ενδιαφέρον τους και ο ζήλος τους με οδήγησαν στην ενασχόληση μου στο επιστημονικό τομέα ερευνών, παρέχοντας ταυτόχρονα κάθε δυνατή βοήθεια σε οποιοδήποτε πρόβλημα είχε προκύψει κατά την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συνεχή ηθική και ψυχολογική στήριξη που απλόχερα μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη ένα σημαντικό για εμένα πρόσωπο, για την θερμή υποστήριξη του καθ' όλη την διάρκεια της φοίτησής μου στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, την γιαγιά μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ιχνηλάτηση βλέμματος (eye tracking), έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την σχεδίαση διαδραστικών συστημάτων, που παίρνουν ως είσοδο το βλέμμα του χρήστη και του επιτρέπουν να αλληλεπιδρά με αυτό απλά με τις κινήσεις των ματιών του. Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως απώτερο στόχο την διεύρυνση της γνώσης σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά σε πολλούς τομείς έρευνας. Αυτό θα γίνει μέσω των γυαλιών παρακολούθησης βλέμματος Tobii Pro Glasses 2, τα οποία δείχνουν τι ακριβώς βλέπει ένας άνθρωπος σε πραγματικό χρόνο, όπως αυτός κινείται ελεύθερα σε οποιοδήποτε πραγματικό περιβάλλον. Το αποτέλεσμα των γυαλιών αυτών μπορεί να το παρακολουθήσει ο ερευνητής μέσω του λογισμικού Tobii Pro Glasses 2 Controller. Η έρευνα στον τομέα της εστίασης προσοχής του ανθρώπινου βλέμματος δημιούργησε την ανάγκη για ένα καινοτόμο λογισμικό, το οποίο θα παρουσιάζει επιπρόσθετα αποτελέσματα για τον τομέα αυτό. Έτσι για την πραγματοποίηση αυτής της έρευνας, πραγματοποιήθηκε ανάπτυξη ενός νέου συστήματος με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MATLAB. Αυτό, σε συνεργασία με το Tobii Pro Glasses 2 Controller και της συσκευής Tobii Pro Glasses 2, μπορούν να οδηγήσουν στην διεξαγωγή διάφορων ερευνών σχετικά με την ιχνηλάτηση βλέμματος. Οι έρευνες που διεξήχθησαν, επικεντρώθηκαν κυρίως στην αξιολόγηση μιας καινούργιας ιστοσελίδας και στην εισήγηση διορθώσεων πριν την αντικατάσταση της προηγούμενης από αυτή. Επιπλέον, στόχος ήταν η παρακολούθηση της συμπεριφοράς του χρήστη όταν έρχεται αντιμέτωπος με τα εισηγητικά συστήματα (recommended systems) καθώς επίσης και με τον τομέα της διαφήμισης σε συγκεκριμένου είδους ιστοσελίδες. Τέλος, το προτεινόμενο σύστημα είναι κατάλληλο για την χρησιμοποίηση του από διάφορες εταιρείες οι οποίες έχουν ως στόχο τους την μέγιστη απόδοση των προϊόντων τους.

Λέξεις κλειδιά: Εστίαση Προσοχής, Tobii Pro Glasses 2, Tobii Pro Glasses 2 Controller.

ABSTRACT

The eye tracking can give a lot of useful information that may be use to design interactive systems, where the movement of the iris is used. In the present thesis, the human attitude under specific circumstances will be examined using the eye tracking glasses called Tobii Pro Glasses 2. Using this glasses, as well as Tobii Pro Glasses 2 Controller software, the researcher has the opportunity to track the focus of the eye, when the user surfs in different web pages. The controller software saves the eye movement in a video file. In order to extract more information about the user focus, a semi- automated software in the graphical environment of Matlab ® was created. The proposed system, based on researches that focus to the assessing of a webpage that is under construction that will replace the current page, in such a way that the appropriate changes will be made to ensure that it will be more user friendly. Moreover, other aspects that have been checked, are the recommended systems and the different kinds of advertisement that are used in webpages. Finally, the proposed system, is suitable for a lot of companies that aim to have the most efficiency in their products.

Key Words: Focus Attention, Tobii Pro Glasses 2, Tobii Pro Glasses 2 Controller.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xi
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Ιχνηλάτηση βλέμματος.....	1
1.2 Ιστορική Ανασκόπηση.....	1
1.3 Βασικές Έννοιες	3
1.3.1 Ιχνηλάτηση βλέμματος.....	4
1.3.2 Κινήσεις του ματιού	7
1.4 Βασικές Τεχνολογίες	9
1.5 Λειτουργία ενός Ανιχνευτή Βλέμματος	12
1.5.1 Βαθμονόμηση	13
1.6 Χαρακτηριστικά Ιχνηλάτησης Βλέμματος.....	15
1.7 Εφαρμογές της Ιχνηλάτησης Βλέμματος	16
1.8 Αρχές Αλληλεπίδρασης με Ιχνηλάτηση Βλέμματος	18
1.9 Σύνοψη	21
2 Tobii Pro Technology	23
2.1 Εισαγωγή	23
2.2 Πεδία	24
2.3 Προϊόντα.....	26
3 Μεθοδολογία.....	33
3.1 Tobii Pro Glasses 2.....	33

3.2	Tobii Glasses Controller.....	35
3.3	Δημιουργία προγράμματος επεξεργασίας αποτελεσμάτων.....	35
3.3.1	Εξαγωγή βίντεο - Δημιουργία Frames	35
3.3.2	Επεξεργασία βίντεο - Εξαγωγή συντεταγμένων εστίασης (XY).....	36
3.3.3	Εξαγωγή περιοχής εστίασης μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας	37
3.4	Έρευνα.....	37
3.4.1	Επιλογή πεδίων - Στόχοι.....	37
3.4.2	Τρόπος Επεξεργασίας βίντεο.....	38
4	Αποτελέσματα.....	40
4.1	ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ	40
4.2	ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ AMAZON	42
4.3	ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ»	43
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	46
	Παράρτημα Α: Σενάρια Έρευνας	46
	Παράρτημα Β: Ερωτηματολόγιο Έρευνας	47
	Παράρτημα Γ: Δείγματα Ερωτηματολογίων Έρευνας	49
	Παράρτημα Δ: Περιεχόμενα Συσσκευασίας.....	58
	Παράρτημα Ε: Οδηγός συναρμολόγησης συσκευής	61
	Παράρτημα ΣΤ: Οδηγός εγγραφής βίντεο με τα Tobii Pro Glasses 2.....	65
	Παράρτημα Ζ: Οδηγός χρήσης νέου λογισμικού	66
	Παράρτημα Η: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ	70
	Παράρτημα Θ: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON	70
	Παράρτημα Θ: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON	71
	Παράρτημα Ι: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ».....	72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1: ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ	5
Εικόνα 1-2: ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΜΑΤΙΟΥ	6
Εικόνα 1-3: Α) ΒΟΛΒΟΣ ΜΑΤΙΟΥ ΜΕ ΜΥΩΠΙΑ, Β) ΒΟΛΒΟΣ ΜΑΤΙΟΥ ΜΕ ΠΡΕΣΒΥΩΠΙΑ.....	7
Εικόνα 1-4: Α) ΦΑΚΟΣ ΜΑΤΙΟΥ ΜΕ ΜΥΩΠΙΑ, Β) ΦΑΚΟΣ ΜΑΤΙΟΥ ΜΕ ΠΡΕΣΒΥΩΠΙΑ	7
Εικόνα 1-5: ΦΑΚΟΣ ΕΠΑΦΗΣ	11
Εικόνα 1-6: ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΤΙΩΝ.....	11
Εικόνα 1-7: ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΤΙΩΝ.....	13
Εικόνα 1-8: ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΤΙΩΝ.....	13
Εικόνα 1-9: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΟΘΟΝΕΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ.	15
Εικόνα 2-1: TOBII PRO GLASSES 2.	26
Εικόνα 2-2: TOBII PRO X3-120.....	27
Εικόνα 2-3: TOBII PRO X2-60.....	27
Εικόνα 2-4: TOBII PRO X2-30.....	28
Εικόνα 2-5: TOBII PRO TX300.	28
Εικόνα 2-6: TOBII PRO T60XL.	29
Εικόνα 2-7: TOBII PRO GLASSES ANALYZER.....	29
Εικόνα 2-8: TOBII PRO STUDIO.	30
Εικόνα 2-9: TOBII PRO GLASSES 2 SDK.	30
Εικόνα 2-10: TOBII PRO ANALYTICS SDK.	31
Εικόνα 2-11: E-PRIME EXTENSIONS.....	31
Εικόνα 2-12: BIOMETRICS SOFTWARE SUITE.	32
Εικόνα 5-1: ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΟΘΟΝΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.	66

Εικόνα 5-2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΙΝΤΕΟ ΑΠΟ ΑΡΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ.....	67
Εικόνα 5-3: ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΡΑΜΜΗΣ.....	68
Εικόνα 5-4: ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΓΡΑΜΜΗΣ.....	68
Εικόνα 5-5: ΑΠΟΚΟΜΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	69

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕ.ΠΑ.Κ.: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

TPG2: Tobii Pro Glasses 2

TPGC: Tobii Pro Glasses Controller

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται μια εισαγωγή στην τεχνολογία ιχνηλάτησης βλέμματος όπως επίσης και στον όρο ανίχνευση ματιού. Επιπλέον, γίνεται ιστορική ανασκόπηση στον τομέα αυτό από το 1879 μέχρι και σήμερα. Επιπρόσθετα, παρατίθενται οι βασικές έννοιες της ιχνηλάτησης βλέμματος όπως τον κερατοειδή, την κόρη, την ίριδα, τον φακό, τον αμφιβληστροειδή και τον κεντρικό βοθρίο. Ακολούθως, γίνεται αναφορά στην συγκέντρωση της οπτικής προσοχής σε κάποιο αντικείμενο, καθώς αποτελεί ένα σημαντικό θέμα όπως επίσης και οι δύο κύριοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δυνατότητα επικέντρωσης του βλέμματος. Παρατίθενται επίσης οι βασικές κινήσεις του ματιού καθώς και η κατηγοριοποίηση τους.

Στην συνέχεια, δίδονται οι βασικές τεχνολογίες οι οποίες έχουν εφαρμοστεί για την πραγματοποίηση εντοπισμού θέσεως του ματιού και οι δύο βασικές κατηγορίες τους. Δίνονται επίσης, οι διαφορετικές μέθοδοι για την ανίχνευση του ματιού όσο αφορά τον υπολογισμό των κινήσεων του.

Ακολούθως, παρουσιάζεται και αναλύεται η λειτουργία ενός ανιχνευτή βλέμματος, με την μέθοδο συνδυασμού των αντανάκλασεων από την κόρη και τον κερατοειδή, με σκοπό να ανιχνευτούν οι κινήσεις του ματιού.

Στη συνέχεια, δίδεται η έννοια και η επεξήγηση της διαδικασίας της βαθμονόμησης, η οποία γίνεται πριν την έναρξη κάθε εφαρμογής ανίχνευσης ματιού με σκοπό να υπολογιστεί και να μετρηθεί η κατεύθυνση του βλέμματος για τον συγκεκριμένο χρήστη.

Επιπλέον, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά ιχνηλάτησης του βλέμματος τα οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό διεπαφών και τεχνικών αλληλεπίδρασης, βασισμένες στη κίνηση του ματιού, εφόσον το βλέμμα χρησιμοποιείται ως μέσο για την εισαγωγή δεδομένων σε ένα σύστημα.

Ακολούθως, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές ιχνηλάτησης βλέμματος και στις αρχές αλληλεπίδρασης της.

Τέλος, αναφέρεται ο αντικειμενικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας.

Εισαγωγή

1.1 Ιχνηλάτηση βλέμματος

Η τεχνολογία ιχνηλάτησης βλέμματος (eye tracking / eye gaze technology), εφαρμόζεται για περισσότερα από τριάντα χρόνια τώρα και αποτελεί ένα εργαλείο για την καταγραφή των κινήσεων του οφθαλμού ενός χρήστη κατά τη διάρκεια της παρατήρησης οπτικών σκηνών που προβάλλονται σε μία οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή, χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή βλέμματος (eye tracker). Ο ανιχνευτής βλέμματος, είναι μια συσκευή (κάμερα) που εντοπίζει και υπολογίζει την κατεύθυνση του βλέμματος του χρήστη.

Ο όρος ανίχνευση ματιού (eye tracking), σημαίνει την εκτίμηση της κατεύθυνσης του βλέμματος του χρήστη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η εκτίμηση της κατεύθυνσης του βλέμματος σημαίνει την αναγνώριση του αντικειμένου, πάνω στο οποίο επικεντρώνεται η προσοχή του χρήστη. Στην περίπτωση μιας πρότυπης συσκευής ηλεκτρονικού υπολογιστή, οι συντεταγμένες στην οθόνη προσδιορίζουν το αντικείμενο του βλέμματος. Η ερμηνεία της κατεύθυνσης του βλέμματος, είναι πιο περίπλοκη για την παρακολούθηση των ματιών σε 3D εικονικούς κόσμους και γίνεται δυσκολότερη, όταν αυτά αλληλεπιδρούν με τον πραγματικό κόσμο [1].

1.2 Ιστορική Ανασκόπηση

Η μελέτη και εφαρμογή πάνω στον τομέα της ιχνηλάτησης βλέμματος [2] ξεκίνησε κοντά στα τέλη του 1800, όπως διαπιστώθηκε μετά από έρευνα, ξεπερνώντας την ευρεία χρήση των υπολογιστικών συστημάτων. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του, οι κινήσεις των ματιών μελετήθηκαν κυρίως μόνο για να παρατηρηθεί η φύση των κινήσεων του ανθρώπινου ματιού, παρά για να χρησιμοποιηθούν ως μέσο για την επικοινωνία [3].

1879: Ο Louis Emile Javal, παρατηρεί ότι οι άνθρωποι δεν διαβάζουν με ένα ομαλό πέρασμα των ματιών κατά μήκος του κειμένου, αλλά μέσα από μια σειρά σύντομων σταθεροποιήσεων του ματιού που δεν είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτές και να ελεγχτούν από τους ίδιους.

Δεκαετία 1900: Οι Dodge και Cline, το 1901, ανέπτυξαν την πρώτη ακριβή μη επεμβατική τεχνική παρακολούθησης ματιού, χρησιμοποιώντας το φως που αντανακλάται από τον

κερατοειδή (μέχρι τότε μέθοδοι εντοπισμού της προσοχής του βλέμματος ήταν παρεμβατικές με άμεση μηχανική επαφή με τον κερατοειδή).

Δεκαετία 1930: Ο Miles Tinker εφαρμόζει κάποιες τεχνικές από τη φωτογραφία, για τη μελέτη των κινήσεων των οφθαλμών κατά την ανάγνωση (καταγραφή των οφθαλμικών κινήσεων σε φιλμ). Και το 1931 οι Earl, James και Carl Taylor δημιούργησαν τα Ophthalmograph και Metronoscope, συσκευές που χρησιμοποιούνταν για την καταγραφή των κινήσεων των οφθαλμών κατά την ανάγνωση γενικά, αλλά και ως εκπαιδευτικά εργαλεία για την εκμάθηση πιο αποτελεσματικής ανάγνωσης.

Δεκαετία 1940: Οι Paul Fitts, Jones και Milton, το 1947, χρησιμοποίησαν κάμερες για τον έλεγχο των κινήσεων των ματιών, παρακολουθώντας τις αντιδράσεις των πιλότων κατά τη διάρκεια προσγείωσης του αεροπλάνου. Ενώ, το 1948 οι Hartridge και Thompson εισάγουν τον πρώτο ανιχνευτή βλέμματος που θα στηρίζεται στο κεφάλι (head-mounted eye tracker). Η καινοτομία τους, απελευθερώνει τους συμμετέχοντες σε μελέτες από τους αυστηρούς περιορισμούς στις κινήσεις του κεφαλιού.

Δεκαετία 1950: Σημαντική πρόοδο προκαλεί η εφεύρεση του Mackworth, το 1958, για την καταγραφή των κινήσεων του ματιού, μέσα από την αλλαγή της οπτικής σκηνής σε σχέση με τη θέση του παρατηρητή.

Δεκαετία 1960: Ο Shackel, το 1960, και οι Mackworth και Thomas, το 1962, δημιουργούν νέα συστήματα ανίχνευσης βλέμματος με στήριξη στο κεφάλι, λιγότερο ενοχλητικά και με ακόμα μεγαλύτερη μείωση των περιορισμών στις κινήσεις του κεφαλιού.

Δεκαετία 1970: Μεγάλο μέρος των μελετών, επικεντρώνεται σε έρευνες για τη διερεύνηση του πώς το ανθρώπινο μάτι λειτουργεί και τι μπορεί να αποκαλύψει για αντιληπτικές και γνωστικές διεργασίες. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται σε τεχνικές βελτιώσεις για την αύξηση της ακρίβειας και τη μείωση των επιπτώσεων στα μάτια των συμμετεχόντων. Η ανακάλυψη ότι οι πολλαπλές αντανάκλασεις από το μάτι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το διαχωρισμό των διαφόρων θέσεων του ματιού από τις κινήσεις του κεφαλιού, βελτίωσε την ακρίβεια εντοπισμού του ματιού και προετοίμασε το έδαφος για περαιτέρω εξελίξεις με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων του ατόμου.

Δεκαετία 1980: Με την ανάπτυξη των υπολογιστών, οι ερευνητές άρχισαν να διερευνούν τους τρόπους εφαρμογής της τεχνολογίας ανίχνευσης βλέμματος για την αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο. Οι πρώτες εφαρμογές επικεντρώθηκαν κυρίως σε χρήστες με ειδικές ανάγκες. Οι Just και Carpenter, διατύπωσαν την υπόθεση «Strong Eye-mind», σύμφωνα με την οποία, όταν ένας χρήστης κοιτά σε ένα σημείο σκέφτεται ταυτόχρονα και δεν υπάρχει διαφορά με την ενέργεια που πραγματοποιεί. Η υπόθεση αυτή, μέχρι και σήμερα, λαμβάνεται ως δεδομένη κατά την έναρξη κάθε ερευνάς ιχνηλάτησης βλέμματος. Επόμενο βήμα, οι ομάδες μάρκετινγκ άρχισαν να χρησιμοποιούν τις μελέτες παρακολούθησης ματιών για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας των διαφημίσεων στα έντυπα.

Δεκαετία 1990: Μεγάλοι οργανισμοί άρχισαν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία ανίχνευσης βλέμματος για μετρήσεις των αντιδράσεων στην προβολή της πληροφορίας που λαμβάνεται μέσω του Διαδικτύου, αλλά και για το σχεδιασμό των ιστοσελίδων. Όσο αφορά την πρόοδο της ίδιας της τεχνολογίας ανίχνευσης βλέμματος, οι ερευνητές στράφηκαν στην τεχνολογία αυτή για να χρησιμοποιηθεί ως μέσο εισόδου δεδομένων σε ηλεκτρονικά συστήματα π.χ. [4], [5].

2001 μέχρι σήμερα: Η εταιρία Tobii Technology, αλλά και άλλες εταιρείες, έχει αναπτύξει τεχνολογίες εντοπισμού βλέμματος, που επιτρέπουν στο χρήστη Η/Υ να αλληλεπιδρά με κάποια διαδραστική εφαρμογή και πολύ περισσότερο να εξυπηρετεί άτομα με ειδικές ανάγκες ώστε να ελέγχουν συσκευές χρησιμοποιώντας μόνο τα μάτια τους. Τέλος, αποτελεί εργαλείο των σχεδιαστών για να κατανοήσουν πώς οι χρήστες βλέπουν σε μια ιστοσελίδα και σε οποιοδήποτε άλλο λογισμικό.

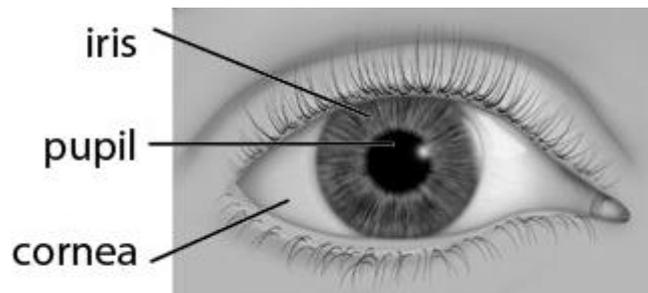
1.3 Βασικές Έννοιες

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να γίνουν γνωστές ορισμένες βασικές έννοιες για την εφαρμογή της τεχνολογίας ιχνηλάτησης βλέμματος. Κύριο όργανο στο οποίο στηρίζεται η τεχνολογία αυτή, είναι τα μάτια του ανθρώπου, των οποίων οι αντιδράσεις σε συνδυασμό με κάποιους άλλους παράγοντες καθορίζουν την επιτυχία ή αποτυχία της εφαρμογής της.

1.3.1 Ιχνηλάτηση βλέμματος

Ο οφθαλμός, αποτελεί ένα από τα βασικά όργανα του ανθρώπινου σώματος και άλλων ζωντανών οργανισμών, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η λειτουργία της όρασης. Είναι από τα κύρια όργανα που λαμβάνουν ερεθίσματα και συμβάλλουν στην αντίληψη του περιβάλλοντος γύρω μας [6].

Το μάτι έχει σχεδόν σφαιρικό σχήμα με ακτίνα κοντά στα 12 mm και βρίσκεται μέσα στον οφθαλμικό κόγχο του κρανιακού οστού. Η λειτουργία του υποστηρίζεται και προστατεύεται από τα βλέφαρα, τη δακρυϊκή συσκευή και τους εξωβολβικούς μύες. Τα βλέφαρα προστατεύουν το βολβό του ματιού, η δακρυϊκή συσκευή εκκρίνει τα δάκρυα που διατηρούν τα βλέφαρα και την επιφάνεια του βολβού υγρά, ενώ οι εξωβολβικοί μύες ελέγχουν τις κινήσεις του ματιού. Τα εξωτερικά ορατά μέρη του ματιού είναι η ίριδα (iris), η κόρη (pupil) που βρίσκεται στο κέντρο της ίριδας και ο κερατοειδής χιτώνας (sclera), (Εικόνα 1-1).



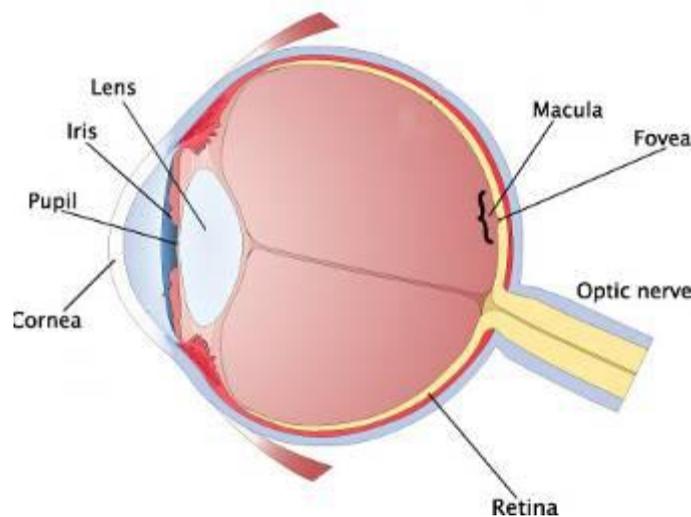
Εικόνα 1-1. Εξωτερική αναπαράσταση του οφθαλμού

Ο κερατοειδής (cornea), είναι μια προστατευτική διαφανής μεμβράνη χωρίς αιμοφόρα αγγεία, που προεξέχει στο μπροστινό μέρος του ματιού, καλύπτοντας και προστατεύοντας την ίριδα και ολόκληρο τον οφθαλμικό βολβό. Επίσης, είναι υπεύθυνος για ένα μέρος της διάθλασης του φωτός που είναι απαραίτητη για την εστίαση.

Η κόρη (pupil), είναι το μεταβλητό σε μέγεθος άνοιγμα του ματιού που μπορεί να διαστέλλεται ή να συστέλλεται, καθώς αλλάζουν τα επίπεδα του φωτός, ρυθμίζοντας με αυτό τον τρόπο το φως που εισέρχεται στο μάτι. Το χρώμα της φαίνεται μαύρο, γιατί το φως που τη διαπερνά απορροφάτε από τους ιστούς στο εσωτερικό του ματιού.

Η ίριδα (iris), περιβάλλει την κόρη και είναι ο κύριος και υπεύθυνος μυς για τη μεταβολή του μεγέθους της. Επίσης, είναι αυτή που φέρει το χρώμα των ματιών και διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο.

Συνεχίζοντας προς το εσωτερικό του οφθαλμικού βολβού, πίσω από την ίριδα και την κόρη, βρίσκεται ο φακός (lens), ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (retina), το κεντρικό βοθρίο (fovea) και τέλος, το οπτικό νεύρο (optic nerve) (Εικόνα 1-2).



Εικόνα 1-2. Δομή του ανθρώπινου ματιού

Ο φακός (lens), αποτελείται από μια αμφίκυρτη πολυστρωματική δομή (ένα σταθερό και έναν εύκαμπτο φακό), το σχήμα του οποίου αλλάζει κατά τη διάρκεια της οπτικής ενέργειας. Το φως και η παρατηρούμενη εικόνα, μετά από την εστίαση τους στο φακό, μεταφέρονται σε ένα άλλο σημείο εστίασης, στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Ο αμφιβληστροειδής (retina), βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού και αποτελείται από ένα στρώμα με διαφορετικά είδη κυττάρων. Τα περισσότερα είναι νευρικά κύτταρα, αλλά υπάρχουν και δύο είδη κυττάρων ιδιαίτερα ευαίσθητα στο φως και το χρώμα, τα κωνία και τα ραβδία ή αλλιώς φωτοϋποδοχείς. Στον αμφιβληστροειδή, υπάρχει μια ωχρή κηλίδα - μια μικρή, αλλά ιδιαίτερη περιοχή - γνωστό ως το κεντρικό βοθρίο.

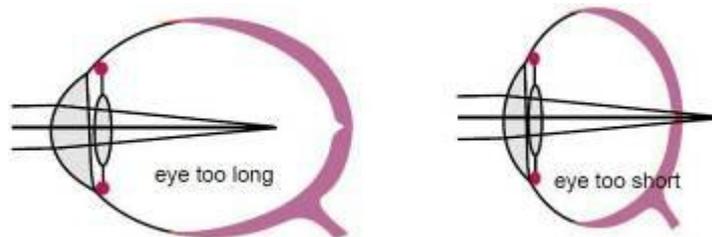
Το κεντρικό βοθρίο (fovea), συγκεντρώνει τα περισσότερα από τα φωτοευαίσθητα κύτταρα και αποτελεί την κεντρική και ευκρινέστερη όραση, απαραίτητη για κάθε δραστηριότητα και αντίληψη εικόνων/σκηνών με μικρές λεπτομέρειες (π.χ. οδήγηση, ανάγνωση).

Όταν το φως εισέρχεται στην κόρη, εστιάζεται μέσω του κερατοειδή χιτώνα και του φακού στον αμφιβληστροειδή, όπου τα κύτταρα φωτοϋποδοχέων στην επιφάνεια του αντιδρούν στο φως, παράγοντας μικροσκοπικά ηλεκτρικά δυναμικά. Αυτά τα σήματα, με μία διαδικασία μεταγωγής σήματος καταλήγουν στο οπτικό νεύρο. Το οπτικό νεύρο (optic nerve), είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά αυτών των σημάτων/πληροφοριών στον εγκέφαλο. Έτσι, η πληροφορία που εισέρχεται μέσω της όρασης γίνεται αντιληπτή και κατανοητή.

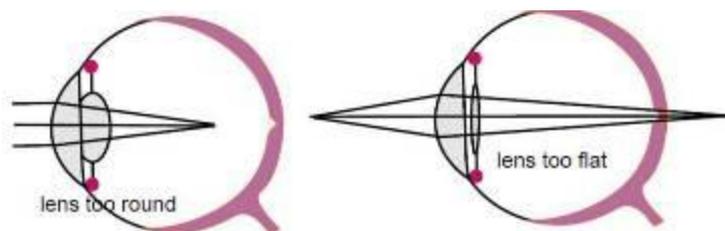
Ένα σημαντικό θέμα, στο οποίο το μάτι κατέχει σημαντικό ρόλο, είναι η συγκέντρωση της οπτικής προσοχής σε κάποιο αντικείμενο. Η δυνατότητα επικέντρωσης του βλέμματός μας εξαρτάται από δύο κύριους παράγοντες:

I. Το μέγεθος του οφθαλμικού βολβού, (Εικόνα 1-3),

II. Το μέγεθος του οπτικού φακού, (Εικόνα 1-4).



Εικόνα 1-3. α) Βολβός ματιού με μυωπία, β) Βολβός ματιού με πρεσβυωπία



Εικόνα 1-4. α) Φακός ματιού με μυωπία, β) Φακός ματιού με πρεσβυωπία

Η οπτική προσοχή είναι το αντικείμενο που απασχολεί την ιχνηλάτηση βλέμματος. Ο προσδιορισμός της και η ανάλυσή της είναι που δίνουν ώθηση και πραγματοποιούν μια ανίχνευση ματιού για την λειτουργία πολλών εφαρμογών, όπως θα αναφερθούν παρακάτω.

1.3.2 Κινήσεις του ματιού

Οι άνθρωποι είναι πολύ «οπτικά όντα», καθώς διαρκώς χρησιμοποιούν τα μάτια τους για να λάβουν πληροφορία από τις πολλαπλές απόψεις γύρω τους, ώστε να πάρουν αποφάσεις σχετικά με τον κόσμο. Το μάτι μας λειτουργεί σαν φωτογραφική μηχανή που σχηματίζει μια «εικόνα» του περιβάλλοντος χώρου. Στην πραγματικότητα όμως, όλη αυτή η διαδικασία είναι μία παραπλανητική μεταφορά, γιατί ποτέ δεν υπάρχει μία στατική εικόνα, καθώς τα μάτια κινούνται διαρκώς. Οι κινήσεις αυτές, έχουν σκοπό την τοποθέτηση του αντικείμενου ενδιαφέροντος στο κεντρικό βοθρίο και τη διατήρηση της εικόνας σταθερής στο μάτι, ανεξάρτητα από τη μετακίνηση του αντικειμένου ή τις κινήσεις του κεφαλιού.

Οι κινήσεις των ματιών μας μπορεί να είναι τόσο συνειδητές όσο και ασυνείδητες. Συνήθως, δεν σκεφτόμαστε για τις κινήσεις αυτές, γίνονται σχεδόν αυτόματα, ωστόσο μπορούμε να τις ελέγξουμε σύμφωνα με τη θέλησή μας, εάν χρειαστεί.

Οι περισσότεροι άνθρωποι δε γνωρίζουν ότι τα μάτια μας κινούνται τουλάχιστον δύο φορές ανά δευτερόλεπτο, μετακινούμενα πολύ γρήγορα από το ένα σημείο στο άλλο σε μια ευθεία γραμμή. Επίσης, δε γνωρίζουν ότι ενώ ψάχνουν για κάτι, π.χ. ένα γράμμα στο πληκτρολόγιο, τα μάτια κάνουν παύσεις μέχρι και τέσσερις φορές κάθε δευτερόλεπτο και προσηλώνονται/εστιάζουν στιγμιαία, π.χ. σε κάθε πλήκτρο, πριν προχωρήσουν. Οι πληροφορίες συλλέγονται κατά τη διάρκεια των εστιάσεων, έτσι το μάτι καταφέρει να αντιληφθεί τα πλήκτρα του πληκτρολογίου, τα χαρακτηριστικά του προσώπου ενός ατόμου, ή οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο.

Αναλυτικότερα, οι κινήσεις που πραγματοποιεί το ανθρώπινο μάτι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στους πέντε παρακάτω τύπους κινήσεων [7]:

I. Σακκαδικές κινήσεις (saccades): Πρώτη και βασική κίνηση κατά την όραση, είναι η σακκαδική κίνηση, μια ξαφνική και γρήγορη κίνηση μεταφοράς του βλέμματος, από ένα σημείο σε άλλο, που εκτελείται στο κεντρικό βοθρίο, ώστε να προβάλλεται κάθε διαφορετικό τμήμα της οπτικής σκηνής. Είναι η βασική κίνηση, κατά την οποία «σαρώνουμε» μια εικόνα. Κατά τη διάρκεια μιας εστίασης, το βλέμμα μένει σταθερό για 200 – 600 ms (χιλιοστά δευτερολέπτου). Ενδιάμεσα των εστιάσεων όμως, πραγματοποιείται η σακκαδική κίνηση που διαρκεί περίπου 30 – 120 ms, ενώ το οπτικό εύρος που καλύπτει, κυμαίνεται μεταξύ 1 - 40 βαθμών της οπτικής γωνίας (συνηθέστερα 15-20 μοίρες). Κάθε σακκαδική κίνηση, είναι βαλλιστική, δηλαδή, από τη στιγμή που θα ξεκινήσει δεν μπορεί να διακοπεί, ούτε να αλλάξει η κατεύθυνσή της. Η κίνηση αυτή πραγματοποιείται ακόμα και χωρίς την ύπαρξη στόχου (ακόμα και στο σκοτάδι).

II. Μικροσακκαδικές κινήσεις (microsaccades): Διάφοροι τύποι μικρών ασταθών κινήσεων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας εστίασης. Μοιάζει με τη σακκαδική κίνηση αλλά είναι πολύ πιο μικρή σε διάρκεια. Η ύπαρξή της εξυπηρετεί τη διόρθωση του φαινομένου μετατόπισης της εικόνας, προκειμένου να διατηρείται η θέση της εικόνας σταθερή στη περιοχή του βοθρίου, ώστε να γίνει αντιληπτή.

III. Κίνηση ιχνηλάτησης (pursuit motion): Ένας άλλος τύπος κινήσεων, που πραγματοποιείται σε περίπτωση ύπαρξης κινούμενου αντικείμενου/στόχου, στο οπτικό μας πεδίο. Πρόκειται για μια κίνηση ιχνηλάτησης πολύ πιο αργή από τη σακκαδική κίνηση, η οποία συγχρονίζεται με το παρακολουθούμενο εν κινήσει αντικείμενο, ακολουθώντας με ομαλό ρυθμό. Μια τέτοια κίνηση απαιτεί πάντα κάποιο κινούμενο ερέθισμα, γι' αυτό και δεν μπορεί να προκληθεί οικειοθελώς.

IV. Νυσταγμός (nystagmus): Ένα είδος κίνησης, που πραγματοποιείται σε περιπτώσεις κίνησης ολόκληρου του κεφαλιού. Ο νυσταγμός μπορεί να προκληθεί εξαιτίας επιτάχυνσης, για παράδειγμα, σε περιπτώσεις όπως όταν το άτομο στρέφει το κεφάλι του ή στριφογυρίζει ολόκληρο γρήγορα ή ακόμα όταν κοιτάζει ένα κινούμενο στόχο με επαναλαμβανόμενο μοτίβο.

V. Σύγκλιση (vergence): Ένα είδος κίνησης που πραγματοποιείται και από τα δυο μάτια σε συνεργασία μεταξύ τους. Η κίνηση αυτή είναι υπεύθυνη για να διασφαλίζει ότι ο οπτικός στόχος θα παρακολουθείται και από τα δυο μάτια, καθώς η απόσταση του από αυτά θα μεταβάλλεται. Όταν τα μάτια κοιτάζουν ένα κοντινό αντικείμενο, οι οπτικές τους γραμμές συγκλίνουν, ενώ για μακρινά αντικείμενα, έχουν παράλληλες οπτικές γραμμές (gaze lines). Επίσης, η κίνηση του βολβού του ματιού και η οπτική του γραμμή καθορίζεται από μια μικρή περιστροφή γύρω από έναν άξονα που εκτείνεται από το κεντρικό βοθρίο του οφθαλμού σε σχέση με τη γωνία του αυχένα και άλλους παράγοντες.

1.4 Βασικές Τεχνολογίες

Εδώ και ένα αιώνα από την εμφάνιση της ιχνηλάτησης βλέμματος, ποικιλία τεχνολογιών έχουν εφαρμοστεί για την πραγματοποίηση εντοπισμού θέσεως του ματιού. Σε σχέση με τα πρώτα συστήματα που ήταν αρκετά παρεμβατικά και απαιτούσαν άμεση μηχανική επαφή με το μάτι, οι τρέχουσες τεχνολογίες έχουν εξελιχθεί σε πιο ακριβείς και μη παρεμβατικές, χρησιμοποιώντας κυρίως τη μέθοδο αντανάκλασης του φωτός από τον κερατοειδή χιτώνα. Ορισμένες χρησιμοποιούνται για εργαστηριακά πειράματα ή στην ιατρική και άλλες στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή [7], [3].

Γενικά, θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τις τεχνολογίες ιχνηλάτησης βλέμματος που συναντάμε μέχρι και σήμερα, σε δυο βασικές κατηγορίες:

- I. Ανίχνευση της θέσης του ματιού σε σχέση με το κεφάλι.
- II. Ανίχνευση της θέσης του ματιού με βάση τον προσανατολισμό του στο χώρο, ή του σημείου προσοχής του (point of regard, POR).

Κάθε τεχνολογία όμως, μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικές μεθόδους για την ανίχνευση του ματιού. Οι μέθοδοι αυτές αφορούν τον υπολογισμό των κινήσεων των ματιών και χωρίζονται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες:

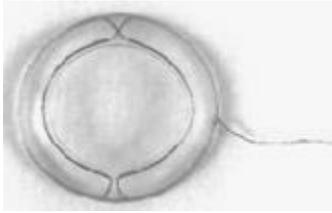
- την ηλεκτροοφθαλμολογία (Electro-OculoGraphy/EOG)
- τους ηλεκτρομαγνητικούς φακούς επαφής
- τη φωτοοφθαλμογραφία (Photo-OculoGraphy/POG) ή βιντεο-οφθαλμογραφία (Video-OculoGraphy/VOG)
- την καταγραφή μέσω βίντεο του συνδυασμού αντανάκλασεων στην κόρη και τον κερατοειδή.

I. Ανίχνευση θέσης του ματιού σε σχέση με το κεφάλι.

Βρίσκει κύρια εφαρμογή στην ηλεκτροοφθαλμογραφία (Electro-OculoGraphy, EOG) και στους ηλεκτρομαγνητικούς φακούς επαφής.

Η ηλεκτροοφθαλμογραφία καταγράφει τα ηλεκτρικά δυναμικά του δέρματος, μέσω της τοποθέτησης ηλεκτροδίων γύρω από την οφθαλμική κοιλότητα. Καθότι ο αμφιβληστροειδής είναι πολύ πιο ηλεκτρικά ενεργός σε σύγκριση με το υπόλοιπο μάτι, δημιουργείται διαφορά δυναμικού μεταξύ αυτού και του κερατοειδή, η οποία και προσμετρείται. Η ηλεκτροοφθαλμογραφία, είναι ένα από τα λιγότερο ακριβά και πιο απλά τεχνολογικά συστήματα εντοπισμού βλέμματος και είναι κυρίως χρήσιμη για τη διάγνωση νευρολογικών προβλημάτων που διαπιστώνονται κατά το νυσταγμό (μια από τις κινήσεις του ματιού, § 1.2.2).

Στους ηλεκτρομαγνητικούς φακούς επαφής, είναι απαραίτητη η φυσική επαφή με το βολβό του ματιού, αλλά γενικά παρέχουν πολύ ευαίσθητες μετρήσεις. Το προφανές μειονέκτημα είναι η απαίτηση της χρήσης του ειδικού φακού επαφής, ο οποίος έχει ενσωματωμένη στη περιφέρεια του μια σπείρα μετάλλων. Τα δεδομένα θέσης του ματιού παράγονται με την ταυτόχρονη μετακίνηση της σπείρας μετάλλων κατά την κίνηση του ματιού. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν φακούς επαφής εφαρμόζονται κυρίως σε ψυχολογικές ή φυσιολογικές μελέτες που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια.



Εικόνα 1-5. Φακός επαφής με ενσωματωμένες μεταλλικές σπείρες για την εύρεση της θέσης προσοχής του ματιού.



Εικόνα 1-6. Αναγνώριση των κινήσεων και της θέσης των ματιών με την τοποθέτηση ηλεκτροδίων περιφερειακά του οφθαλμικού βολβού.

II. Ανίχνευση θέσης του ματιού με βάση τον προσανατολισμό στο χώρο.

Σήμερα, ίσως η πιο ευρέως εφαρμοσμένη τεχνική ανίχνευσης θέσεως του ματιού, που χρησιμοποιείται κυρίως για τη μέτρηση του προσανατολισμού του ματιού στο χώρο ή αλλιώς του σημείου προσοχής του, είναι η μέθοδος που βασίζεται στην αντανάκλαση του κερατοειδούς.

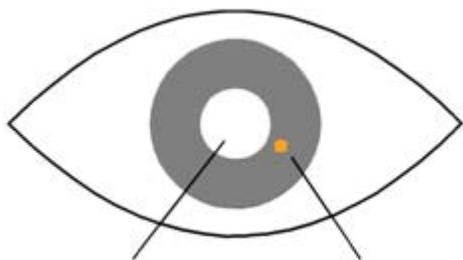
Για τη λειτουργία της μεθόδου απαιτούνται τουλάχιστον δυο σημεία αναφοράς. Το πρώτο σημείο προέρχεται από την αντανάκλαση στον κερατοειδή που προκαλείται καθώς η ορατή επιφάνεια του βολβού του ματιού φωτίζεται, σχεδόν κάθετα προς αυτή, με μια ακτίνα υπέρυθρου φωτός. Το δεύτερο σημείο αφορά το περίγραμμα της κόρης του ματιού. Η αντανάκλαση στον κερατοειδή και το περίγραμμα της κόρης παρατηρούνται από την ίδια κάμερα/ιχνηλάτη. Μετά από τριγωνομετρικό συσχετισμό των θέσεων των δυο αντανάκλασεων που εκτελεί ένα λογισμικό επεξεργασίας εικόνας, βρίσκεται το σημείο προσοχής του χρήστη. Επίσης, η μέθοδος προσφέρει ελευθερία κίνησης του κεφαλιού, τόση όση να παραμένει στο οπτικό πεδίο της κάμερας.

Συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες και μεθόδους, η παρούσα έχει αποδειχτεί ότι είναι η πιο κατάλληλη για χρήση σε προσωπικούς υπολογιστές, καθώς τίποτα δεν έρχεται σε επαφή με το χρήστη. Ο ανιχνευτής ματιού, βρίσκεται αρκετά μακριά από τον χρήστη και οι κινήσεις του κεφαλιού περιορίζονται μόνο στο βαθμό που είναι αναγκαίο να διατηρηθεί η κόρη του ματιού στο οπτικό πεδίο της κάμερας που παρακολουθεί και ανιχνεύει το μάτι. Τέλος, η τεχνολογία ανίχνευσης του σημείου προσοχής μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω στα επί της κεφαλής συστήματα (head mounted) και τα επιτραπέζια συστήματα (table mounted) ιχνηλάτησης βλέμματος, ανάλογα με τη θέση που τοποθετείται ο ιχνηλάτης, δηλαδή στο κεφάλι του χρήστη ή στην επιφάνεια εργασίας του [3].

1.5 Λειτουργία ενός Ανιχνευτή Βλέμματος

Προς το παρόν μέχρι σήμερα, τα περισσότερα συστήματα ιχνηλάτησης βλέμματος χρησιμοποιούν τη μέθοδο συνδυασμού των αντανάκλασεων από την κόρη και τον κερατοειδή για να ανιχνεύσουν τις κινήσεις του ματιού. Αυτού του είδους οι ανιχνευτές (eye tracker), συνήθως αποτελούνται από έναν τυπικό προσωπικό υπολογιστή με μια υπέρυθη κάμερα τοποθετημένη κάτω, πάνω ή δίπλα στην οθόνη και ένα λογισμικό επεξεργασίας εικόνας που θα εντοπίζει και θα προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά του ματιού, για να προσδιοριστεί το σημείο προσοχής [8].

Στην πράξη, ένα υπέρυθρο φως, από ένα LED ενσωματωμένο στην υπέρυθη κάμερα, κατευθύνεται προς το μάτι του χρήστη προκειμένου να δημιουργηθούν ισχυρές αντανάκλασεις σε αυτό, ώστε να είναι πιο εύκολο να εντοπίζονται και να παρακολουθούνται τα δυο απαραίτητα χαρακτηριστικά σημεία. Το φως εισέρχεται από τον αμφιβληστροειδή και ένα μεγάλο ποσοστό του αντανάκλαται πίσω, κάνοντας τη κόρη του ματιού να εμφανίζεται πιο φωτεινή, σαν έναν καλά ορισμένο κυκλικό δίσκο. Η αντανάκλαση του κερατοειδούς, που επίσης προκαλείται από το υπέρυθρο φως, εμφανίζεται ως μια μικρή λάμψη.



Κόρη του οφθαλμού Φωτεινή αντανάκλαση

Εικόνα 1-7. Εμφάνιση αντανάκλασης κερατοειδούς και φωτεινής κόρης, μέσω υπέρυθρης κάμερας.

Όταν το λογισμικό επεξεργασίας εικόνας εντοπίσει το κέντρο της κόρης και τη θέση της αντανάκλασης του κερατοειδούς, υπολογίζει το μεταξύ τους διάστημα και με τριγωνομετρικούς υπολογισμούς μπορεί να προσδιοριστεί και η απόλυτη οπτική γραμμή του βλέμματος προς την οθόνη διεπαφής, δηλαδή το σημείο προσοχής. Παρόλο που το σημείο προσοχής θα μπορούσε να προσδιοριστεί μόνο από την αντανάκλαση του κερατοειδή (εικόνα 1-7), συνυπολογίζοντας και την κόρη, αποδεδειγμένα το κεφάλι από κινήσεις που πριν μπορεί να ήταν απαγορευτικές.



Πάνω από τη κάμερα

Κατευθείαν στην κάμερα

Πάνω και δεξιά από την κάμερα

Εικόνα 1-8. Η θέση της αντανάκλασης του κερατοειδή αλλάζει σύμφωνα με το σημείο προσοχής.

Π.χ. όταν το σημείο προσοχής είναι κάτω από την κάμερα, τότε η αντανάκλαση από το κερατοειδή θα βρίσκεται πάνω.

Προϋπόθεση για τη λειτουργία του λογισμικού είναι η διαδικασία της βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση είναι αυτή που εισάγει τα δεδομένα τα οποία συσχετίζονται για να βρεθεί το σημείο προσοχής.

1.5.1 Βαθμονόμηση

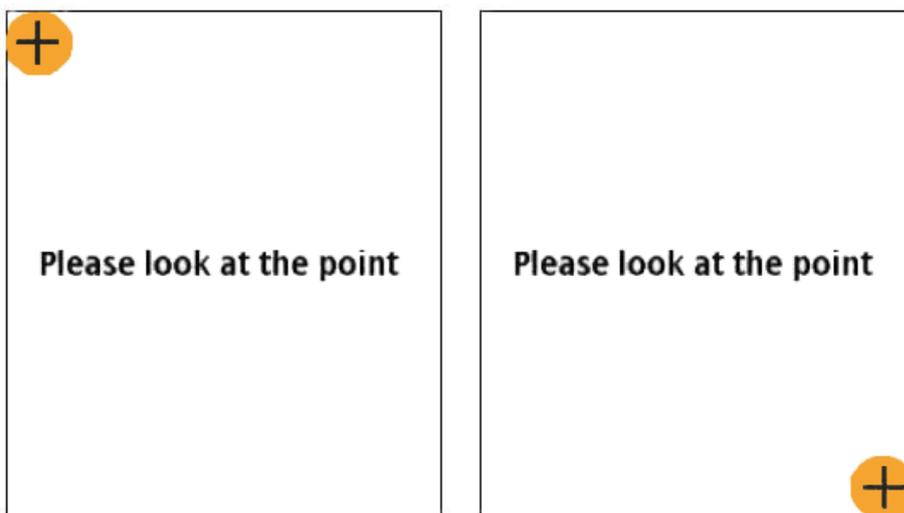
Πριν από την έναρξη κάθε εφαρμογής ανίχνευσης ματιού, προϋποτίθεται μια διαδικασία προκειμένου να υπολογιστεί και να μετρηθεί η κατεύθυνση του βλέμματος για το συγκεκριμένο χρήστη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται βαθμονόμηση (calibration) [3],[7],[9].

Κατά τη βαθμονόμηση, ο χρήστης καλείται να ακολουθεί ορισμένα κύρια σημεία, ένα κάθε φορά, καθώς αυτά εμφανίζονται στην οθόνη, κινώντας μόνο τα μάτια του (όχι ολόκληρο το κεφάλι), προκειμένου να καταγραφεί το σημείο προσοχής του. Τα σημεία αυτά παρουσιάζονται στην οθόνη ανά τακτά ισόχρονα διαστήματα και σε ίσες αποστάσεις. Η επιλογή για την ποσότητα των κύριων σημείων μπορεί να γίνει από το χρήστη ή να προκαθορίζεται από τον προγραμματιστή του λογισμικού. Το πλήθος των εμφανιζόμενων σημείων κυμαίνεται από 6 μέχρι 16 σημεία (6, 9, 12, 16), αν και συνηθέστερα επιλέγονται τα 9 σημεία.

Οι εικόνες του ματιού που λαμβάνονται κατά τη διαδικασία, αναλύονται από το ειδικό λογισμικό ανίχνευσης ματιού και κάθε εικόνα μεταφράζεται σε αντίστοιχες συντεταγμένες οθόνης, δηλαδή καταγράφεται η σχέση του κέντρου της κόρης του ματιού και της αντανάκλασης του κερατοειδή σε αντιστοιχία με συγκεκριμένες συντεταγμένες (x, y) ενός

pixel στην οθόνη. Στη συνέχεια, αυτά τα κύρια σημεία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό οποιουδήποτε άλλου σημείου στην οθόνη, μέσω παρεμβολής των δεδομένων. Κατά τη βαθμονόμηση, ο ανιχνευτής βλέμματος θα πρέπει να έχει απρόσκοπτη θέα του οφθαλμού και ειδικότερα της κόρης, ώστε να είναι σε θέση να παρακολουθεί το μάτι και τις κινήσεις του. Συνήθως, μια σωστή βαθμονόμηση διαρκεί περίπου δυο με τρία λεπτά. Η ακρίβεια και αξιοπιστία των συστημάτων ιχνηλάτησης βλέμματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιτυχία της βαθμονόμησης. Σε περίπτωση μη ικανοποιητικής βαθμονόμησης θα πρέπει να επαναλαμβάνεται.

Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας συναντώνται ορισμένα προβλήματα που προέρχονται από τα βλέφαρα ή τις βλεφαρίδες (που πιθανόν καλύπτουν εν μέρει την κόρη), το ατμοσφαιρικό φως ή τις αντανακλάσεις από το περιβάλλον και την χρήση φακών επαφής ή γυαλιών οράσεως (γιατί ως δεδομένο λαμβάνεται η αντανάκλαση στην επιφάνεια του φακού, αντί αυτής του κερατοειδούς χιτώνα του ματιού). Προβλήματα επίσης, εμφανίζονται και σε περιπτώσεις ακούσιας κίνησης του κεφαλιού ή του ματιού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η βαθμονόμηση μπορεί να είναι εντελώς αδύνατη ή πολύ ανακριβής.



Εικόνα 1-9. Ενδεικτικές οθόνες βαθμονόμησης. Ο χρήστης καλείται να κοιτάζει το σημείο που εμφανίζεται για ορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να καταγραφεί το σημείο προσοχής του. Τα σημεία μπορούν να εμφανίζονται σε καίριες αλλά και τυχαίες θέσεις στην οθόνη.

1.6 Χαρακτηριστικά Ιχνηλάτησης Βλέμματος

Εφόσον το βλέμμα χρησιμοποιείται ως μέσο για την εισαγωγής δεδομένων σε ένα σύστημα κατά το σχεδιασμό διεπαφών και τεχνικών αλληλεπίδρασης βασισμένες στη κίνηση του ματιού, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορισμένα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας ιχνηλάτησης βλέμματος [10] [3].

- Γρήγορο: Οι κινήσεις των ματιών είναι πολύ πιο γρήγορες σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μέσο εισαγωγής δεδομένων. Συνήθως, σε κάθε εφαρμογή, όταν ο χρήστης θέλει να ενεργοποιήσει κάποιο αντικείμενο της διεπαφής πρώτα το εξετάζει και στη συνέχεια χρησιμοποιεί μια συσκευή εισαγωγής. Το βλέμμα προσφέρει την πιο γρήγορη εισαγωγή από κάθε άλλη συσκευή.
- Εύκολο στην χρήση: Είναι φυσική ενέργεια να κοιτάζουμε το αντικείμενο ενδιαφέροντος μας και μέσα από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η αλληλεπίδραση με τα μάτια μπορεί να είναι φυσική, διαισθητική και εύκολη στην εκμάθηση της. Δεν απαιτεί κατάρτιση, παρά μόνο εξοικείωση από τον χρήστη.
- Πάντα “on” : Το μάτι είναι μια συσκευή πάντα ενεργοποιημένη (“on”). Η εισαγωγή δεδομένων μπορεί να είναι συνεχής, αντίθετα από τις υπόλοιπες χειροκίνητες συσκευές που ενεργοποιούνται κατ’ επιλογή του χρήστη (Σημαντικό στοιχείο κατά τη δημιουργία τεχνικών αλληλεπίδρασης με χρήση του βλέμματος).
- Ελευθερία: Ο εντοπισμός του βλέμματος μπορεί να γίνει χωρίς φυσική επαφή, δηλαδή ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει ακόμα και αν δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει τα χέρια του (είτε λόγω ανικανότητας, είτε γιατί είναι κατειλημμένα). Επίσης, η εισαγωγή μέσω βλέμματος αποτελεί πρακτική λύση, σε περιπτώσεις που ο διαθέσιμος χώρος δεν επαρκεί για τη χρήση ποντικιού και πληκτρολογίου.
- Εντοπίζει την προσοχή του ματιού: Το βλέμμα του χρήστη μπορεί εύκολα να εντοπιστεί απλώς υπολογίζοντας το σημείο οπτικής του χρήστη.

- Πρόσθετη εισαγωγή: Σε περιπτώσεις που και τα δυο χέρια είναι κατειλημμένα, η χρήση του βλέμματος μπορεί να γίνει το «τρίτο χέρι». Ωστόσο, αυτή η μορφή αλληλεπίδρασης με το βλέμμα μπορεί να ενισχυθεί με τη χρήση διαφόρων άλλων μεθόδων και μορφών εισαγωγής.
- Μείωση κούρασης: Λόγω του ότι δεν αποτελεί χειροκίνητη συσκευή, δεν χρησιμοποιούνται τόσο έντονα ή και καθόλου τα χέρια, επομένως, μειώνεται η κούραση και αποτρέπονται τραυματισμοί.
- Midas Touch: Όπου κι αν κοιτάξει ο χρήστης, μια εντολή θα ενεργοποιείται. Όπως θα αναφερθεί και παρακάτω, αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της αλληλεπίδρασης με το βλέμμα.

1.7 Εφαρμογές της Ιχνηλάτησης Βλέμματος

Σύμφωνα με τον Duchowski [2002], οι διάφορες εφαρμογές που βρίσκει η ιχνηλάτηση βλέμματος μπορούν να διαχωριστούν σε διαγνωστικές και διαδραστικές. Στις διαγνωστικές εφαρμογές, το βλέμμα ενδιαφέρει από την σκοπιά της προσήλωσης και της οπτικής, ενώ στις διαδραστικές, το βλέμμα απασχολεί για την απόκριση και την αλληλεπίδραση του χρήστη με μια διεπαφή [11].

Χρησιμοποιείται στην ανάλυση της αλληλεπίδρασης χρήστη-οθόνης, στη διεξαγωγή χαρτογραφικών και ψυχολογικών πειραμάτων, καθώς σε πειράματα διαφόρων επιστημονικών αντικειμένων, όπου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο η κατεύθυνση και η θέση του ανθρώπινου ματιού. Τα αποτελέσματά της προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για το ποιες είναι οι περιοχές ή τα στοιχεία που αιχμαλωτίζουν το βλέμμα του χρήστη, ποια στοιχεία προκαλούν σύγχυση και ποια αγνοούνται εντελώς, αναγνωρίζοντας τις αντιληπτικές και γνωστικές διεργασίες του ατόμου. Βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη διευκόλυνση προσβασιμότητας και χρήσης H/Y από άτομα με ειδικές ανάγκες.

- Έρευνα Αγοράς και Διαφήμιση. Τμήματα όπως το μάρκετινγκ σε μια επιχείρηση, χρησιμοποιούν την ανίχνευση βλέμματος για να εξετάσουν και να απαντήσουν σε ερωτήματα όπως «Κοιτάζει ο χρήστης το προϊόν;» ή «Πόση ώρα κοίταξε το λογότυπο της εταιρείας;», κ.ά. Ακόμα, για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα εφαρμογών όπως διαδραστικές παρουσιάσεις, αγγελίες, γραφικές παραστάσεις ή και αφίσες διαφημιστικής καμπάνιας. Σε διαφορετική περίπτωση, είναι δυνατό να εντοπιστεί τι ελκύει την προσοχή του χρήστη σε ένα προϊόν λόγω χρώματος, μορφής συσκευασίας ή τοποθέτησης του μεταξύ άλλων.
- Ευχρηστία. Ένας άλλος τομέας εμπορικού ενδιαφέροντος, είναι ο έλεγχος και η ανάλυση της ευχρηστίας. Όταν δίνεται για χρήση μια νέα συσκευή ή εφαρμογή σε έναν χρήστη που θα παρακολουθούνται οι κινήσεις των ματιών του, είναι εύκολο να παρατηρηθεί πως κινείται το βλέμμα του και άρα η πρόθεσή του για να εκτελέσει μια διαδικασία. Επίσης, με την εξέλιξη του διαδικτύου ως εμπορική πλατφόρμα, η χρησιμότητα και ευχρηστία των ιστοσελίδων, έγινε ένα σημαντικό θέμα, καθότι οι διεπαφές χρήστη που παρέχονται από τις ιστοσελίδες, είναι πολύ συχνά η μόνη επαφή της επιχείρησης με τον πελάτη.
- Προσβασιμότητα. Ευρεία χρήση βρίσκει από άτομα με ειδικές ανάγκες (τετραπληγίες, απώλεια ελέγχου μυών, κ.ά.), προσφέροντας τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με τον κόσμο. Τα συστήματα αυτά, παρέχουν μια διεπαφή που έχει είσοδο την πληκτρολόγηση με το μάτι και έξοδο ένα κείμενο σε ομιλία. Επιπλέον, άλλα συστήματα διευκολύνουν, για παράδειγμα, τον έλεγχο ενός αναπηρικού οχήματος ή της αλλαγής καναλιού στην τηλεόραση.
- Ψυχολογία. Οι ιχνηλάτες ματιών είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την έρευνα στην οπτική, την αντίληψη, τη γνωστική λειτουργία, και την ψυχολογία. Από τις πρώτες εφαρμογές ήταν η μελέτη της διαδικασίας ανάγνωσης.
- Ιατρική: Έρευνα, Διάγνωση και Αποκατάσταση. Οι ιχνηλάτες ματιών, είναι πολύτιμο εργαλείο για την ιατρική έρευνα και τη διάγνωση στα πλαίσια της εξέτασης της λειτουργίας των ματιών (χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της επιτυχίας της

φυσικής αποκατάστασης), ιδίως σε ανθρώπους με οφθαλμικούς τραυματισμούς ή εγκεφαλική βλάβη που προκαλούν μερική απώλεια της όρασης.

- Βιομηχανία. Μελέτες σχετικά με λειτουργίες που απαιτούν περισσότερα μέτρα ασφάλειας, χρόνο αντίδρασης, ακρίβεια και συνδέονται με την ανθρώπινη απόδοση. Στην αυτοκινητοβιομηχανία γίνεται έρευνα με σκοπό την ανάπτυξη βοηθητικών συστημάτων για τα αυτοκίνητα (π.χ. προειδοποίηση του οδηγού όταν χάνει την επαφή του με το δρόμο.). Όμως, αυτό το πεδίο εφαρμογής, δεν είναι ακόμα διαθέσιμο στο εμπόριο και χρήζει περαιτέρω έρευνα.

1.8 Αρχές Αλληλεπίδρασης με Ιχνηλάτηση Βλέμματος

Μέσα από μελέτες, για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης με ιχνηλάτηση βλέμματος και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, προκύπτουν ορισμένες αρχές [12],[13],[14]:

- Διατήρηση της φυσικής λειτουργία των ματιών. Σύμφωνα με τους Zhai, Jacob και άλλους, είναι επιτακτική η ανάγκη να διατηρείται η φυσική λειτουργία του ματιού κατά το σχεδιασμό αλληλεπιδράσεων που βασίζονται στο βλέμμα. Τα μάτια μας έχουν δημιουργηθεί για να βλέπουν και όχι να εκτελούν επιτηδευμένες κινήσεις. Έτσι λοιπόν, η χρήση τους για οποιονδήποτε άλλο σκοπό μπορεί να επιβαρύνει το οπτικό κανάλι, με αποτέλεσμα να γίνουν μη επιθυμητές ενέργειες στις εφαρμογές βασισμένες στο βλέμμα. Υπάρχουν ωστόσο εξαιρέσεις στον κανόνα αυτό, όπως κατά το σχεδιασμό διεπαφών για χρήστες με ειδικές ανάγκες που δεν έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν κάποια εναλλακτική προσέγγιση.

- Έμφαση στο σχεδιασμό της αλληλεπίδρασης: Ο προσεκτικός σχεδιασμός της αλληλεπίδρασης για τη χρήση του βλέμματος είναι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για την αντιμετώπιση του προβλήματος Midas Touch. Κατά το σχεδιασμό θα πρέπει να προβλέπεται:
 - η φυσική λειτουργία των ματιών: πολλές φορές οι γρήγορες κινήσεις των ματιών μπορεί να διακόψουν μια δράση ή να μην επιτρέψουν να εκτελεστεί, γι' αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η φυσική λειτουργία και η κίνηση του οφθαλμού (όπως έχουν αναφερθεί στο 1ο Κεφάλαιο).
 - η σωστή τοποθέτηση των αντικείμενων και το μέγεθός τους: τα αντικείμενα στόχοι και το μέγεθος τους θα πρέπει να διαφέρει από τα μέχρι τώρα συνηθισμένα.
 - ο αριθμός και η σειρά των βημάτων για μια ενέργεια στην αλληλεπίδραση: αν υπάρχουν πολλαπλές ενέργειες επί των αντικειμένων, θα πρέπει να εφαρμόζονται σταδιακά από την πιο διακριτική στην πιο δραστική, π.χ. πρώτα «φωτίστε», μετά επιλέξτε, μετά ενεργοποιήστε.
 - το χρονικό διάστημα που χρειάζεται: αφορά το χρόνο αναμονής για κάθε κίνηση αλληλεπίδρασης αλλά και την χρονική διάρκεια για την περάτωση μιας ολοκληρωμένης δράσης σε μια εφαρμογή.
 - το κόστος ενός λάθους ή αποτυχίας εφαρμογής: η ύπαρξη ανάδρασης για κάθε ενέργεια του συστήματος μπορεί να προβλέψει και να αποτρέψει πιθανά λάθη.
 - το γνωστικό φορτίο που παρέχεται ή επιβάλλεται στον χρήστη: αναφέρεται στον όγκο και το είδος πληροφορίας που δίνεται.
 - το ποσό της κόπωσης που προκαλεί η αλληλεπίδρασης.

- Συμπλήρωση και όχι αντικατάσταση: Η αλληλεπίδραση με ιχνηλάτηση βλέμματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως επαυξημένη είσοδος. Η προσπάθεια για αντικατάσταση των υπάρχουσών τεχνικών αλληλεπίδρασης, με αυτή της ιχνηλάτησης βλέμματος, μπορεί να μην αποδώσει τόσο, όσο αν απλά προστεθεί και το βλέμμα στις παραδοσιακές τεχνικές και συσκευές εισόδου της πληροφορίας. Νέες τεχνικές μπορεί να αναπτυχθούν, συνδυάζοντας το βλέμμα με τις παρούσες τεχνικές αλληλεπίδρασης. Π.χ. επιλογή αντικείμενου με το βλέμμα και ενεργοποίηση του με το πληκτρολόγιο ή φωνητική εντολή.

- Βελτίωση της ερμηνείας των κινήσεων των ματιών: Καθώς το βλέμμα αποτελεί μια δύσκολη πηγή εισαγωγής πληροφοριών λόγω των πολλαπλών κινήσεων του, θα πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά πώς θα ερμηνευτεί το που βρίσκεται η προσοχή και να εκτιμηθεί η πρόθεση του χρήστη. Οι τρόποι για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, περιλαμβάνουν τη χρήση αλγορίθμων για τη βελτίωση της κατάταξης και της ανάλυσης των δεδομένων του βλέμματος, αναγνώριση προτύπων και χρήση σημασιολογικής πληροφορίας ή πρόσθετα δεδομένα από αισθητήρες που παρακολουθούν τις κινήσεις των ματιών του χρήστη.
- Προσέγγιση με γνώμονα την εφαρμογή: Το βλέμμα μπορεί να μην είναι κατάλληλο για όλες τις εφαρμογές. Για παράδειγμα, η χρήση του βλέμματος για την αλλαγή ραδιοφωνικών σταθμών σε ένα αυτοκίνητο δεν είναι καλή ιδέα για προφανείς λόγους. Επίσης, θα ήταν επιθυμητή σε εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το Photoshop, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτεί λεπτούς χειρισμούς. Θα πρέπει λοιπόν, να εξετάζεται η εφαρμογή και το σενάριο χρήσης πριν το σχεδιασμό της αλληλεπίδρασης, ώστε στην πορεία να εισαχθούν και οι κατάλληλες τεχνικές.
- Ενεργητική έναντι παθητικής χρήσης του βλέμματος: Ο εντοπισμός του ματιού ως μια μορφή εισόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ενεργητικά, όπου το βλέμμα χρησιμοποιείται για τον άμεσο έλεγχο και εφαρμογή ορισμένων ενεργειών, είτε με παθητικό τρόπο, όπου το βλέμμα χρησιμοποιείται για την ενημέρωση του συστήματος, αλλά η επίδραση του βλέμματος του χρήστη δεν είναι άμεσα εμφανής. Ένα παράδειγμα για την κατανόηση αυτών των ενεργειών δίνεται μέσα από την αλλαγή ραδιοφωνικών σταθμών στο αυτοκίνητο. Για τη δράση αυτή (αλλαγή σταθμού), απαιτείται ενεργητική χρήση του βλέμματος. Στην αντίθετη περίπτωση, της παθητικής δράσης, μπορεί να ανιχνεύεται η κατεύθυνση του βλέμματος του χρήστη και στην περίπτωση που η προσοχή του δεν είναι στο δρόμο να ενημερώνεται με ένα χαρακτηριστικό ήχο. Η περίπτωση αυτή αποτελεί μια παθητική χρήση, γιατί ο χρήστης δεν χρειάζεται συνειδητά να εκτελέσει μια δράση. Επομένως, θα πρέπει να εξετάζονται οι τρόποι με τους οποίους θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παθητική πληροφορία που δίνει το βλέμμα πριν από την ενεργητική της δράση. Και αυτό γιατί έχει παρατηρηθεί ότι η παθητική χρήση προάγει τη φυσική λειτουργία των ματιών.

- Διεπαφή στα μέτρα του χρήστη: Όπως έχει αναφερθεί, το βλέμμα χρησιμεύει για τον εντοπισμό της προσοχής και της πρόθεσής του χρήστη. Κατά συνέπεια, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν για το σχεδιασμό αλληλεπιδραστικής διεπαφής, ώστε να ταιριάζει απόλυτα με τη ροή εργασίας του χρήστη. Για παράδειγμα, την παρακολούθηση και το συντονισμό πολλαπλών οθονών ή σε περιπτώσεις ατόμων με ειδικές ανάγκες για την προσαρμογή της διεπαφής και την ευκολότερη αλληλεπίδρασή τους με αυτή.

1.9 Σύνοψη

Στο 1ο κεφάλαιο δόθηκε μια γενική εικόνα του χώρου της τεχνολογίας της ιχνηλάτησης βλέμματος, όσον αφορά την εξέλιξή της, τη μορφή της τεχνολογίας της, τη λειτουργία και τις απαιτήσεις της, τα χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές της.

Όπως είδαμε, η παρακολούθηση των κινήσεων των ματιών και η ανίχνευση του σημείου που εστιάζουν, έχει απασχολήσει τους ερευνητές από τα τέλη του 19ου αιώνα. Η προσπάθεια για δημιουργία τεχνολογίας για την ιχνηλάτηση βλέμματος ξεκινά από το πρώτο μισό του 20ου αιώνα και από τότε βρίσκεται σε μια διαρκή εξέλιξη ή ακόμη καλύτερα προσαρμογή. Η τεχνολογία της, αφορά την ανίχνευση του ματιού και κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι μέθοδοι για την επίτευξή της. Επιπλέον, παρουσιάστηκε το απαιτούμενο περιβάλλον διεπαφής για την υλοποίηση της αλληλεπίδρασης με ιχνηλάτηση βλέμματος, το οποίο εντάσσεται στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης «χωρίς εντολές». Όπως είναι, αναμένεται σε κάθε νέα τεχνολογία κατά τις εφαρμογές της και τις προσπάθειες εξέλιξής της, διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζονται προβλήματα τα οποία μπορεί να δυσχεραίνουν αρκετά την αλληλεπίδραση αλλά με ικανοποιητικό εξοπλισμό, καλώς σχεδιασμένες διεπαφές και σωστή εκπαίδευση των χρηστών μπορούν να αντιμετωπιστούν. Για το λόγο αυτό, καταγράφηκαν ορισμένες βασικές αρχές που εντοπίστηκαν για την σχεδίαση επιτυχημένης αλληλεπίδρασης στον τομέα της ιχνηλάτησης βλέμματος.

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει, δίνει τη δυνατότητα και σημαντικές προοπτικές για την χρήση της σε διάφορους τομείς. Τα τελευταία 20 χρόνια οι εφαρμογές της

έχουν επεκταθεί στα πλαίσια της επιστήμης, της έρευνας, αλλά και της καθημερινότητας. Όπως θα φανεί στην συνέχεια, το παρόν κεφάλαιο δημιούργησε την εισαγωγή για να κατανοήσει ο αναγνώστης-μελετητής την αλληλεπίδραση στο χώρο της ιχνηλάτησης βλέμματος και σε ότι αυτή προαπαιτεί.

Η τεχνολογία που θα απασχολήσει την παρούσα ΔΕ, αφορά την εταιρία Tobii Technology και συγκεκριμένα τα γυαλιά παρακολούθησης ματιών Tobii Glasses 2 τα οποία στοχεύουν στον εντοπισμό του σημείου προσοχής του ανθρώπινου ματιού σε πραγματικό χρόνο όπως αυτός/η κινείται ελεύθερα σε οποιοδήποτε πραγματικό περιβάλλον. Επιπλέον, τα γυαλιά παρακολούθησης των ματιών βοηθούν ώστε να διευρύνουμε τις γνώσεις μας σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά σε πολλούς τομείς έρευνας, οι οποίοι θα αναπτυχθούν στην συνέχεια (Κεφάλαιο 3).

2 T

o

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια πρώτη γνωριμία με την εταιρεία Tobii Pro, τον τομέα που ασχολείται και τις υπηρεσίες που προσφέρει. Τέλος, γίνεται αναφορά στα πεδία έρευνας που απασχολείται, καθώς επίσης και στα προϊόντα που προσφέρει σε hardware και software.

i

2.1 Εισαγωγή

P

r

Η Tobii Pro είναι μια επιχειρηματική μονάδα που βοηθά τις επιχειρήσεις, αλλά και την επιστήμη γενικότερα να αποκτήσουν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Με στόχο της τον οραματισμό της ανθρώπινης συμπεριφοράς από την έναρξη της επιχείρησης το 2001, και την παρακολούθηση των ματιών, ούτως ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο εύκολη στη χρήση από όλους, εξακολουθεί μέχρι και σήμερα να παρέχει λύσεις που αποτελούνται από υλικό, λογισμικό, εκπαίδευση και υποστήριξη. [15]

c

Είναι μια παγκόσμια ομάδα που συνεργάζεται στενά με τους πελάτες της στις τοπικές αγορές, μέσω του δικτύου των διαχειριστών λογαριασμού, ερευνητές, εκπαιδευτές, προσωπικό υποστήριξης, μεταπωλητές και συνεργάτες.

o

Η ομάδα των 100 ατόμων εργάζεται εκτός από τη Στοκχόλμη, στο Τόκιο, τη Σαγκάη, τη Φρανκφούρτη, το Κίεβο και πολλές τοποθεσίες σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες, συμπεριλαμβανομένων Ουάσιγκτον, το Σαν Ντιέγκο και το Κλίβελαντ.

g

Η R & D ομάδα, έχει εκτεταμένη εμπειρία στην ανάπτυξη υψηλής ποιότητας, υλικό παρακολούθησης ματιών και λύσεις λογισμικού για ακριβείς μετρήσεις. Τα μέλη της ομάδας είναι εμπειρογνώμονες στην οπτική, ηλεκτρονική, μηχανική όραση, αλγόριθμους εντοπισμού των ματιών, ενσωματωμένες πλατφόρμες και μηχανική λογισμικού.

Η κατάρτιση και οι γνώσεις της ομάδας περιλαμβάνει τους κορυφαίους εμπειρογνώμονες παρακολούθησης των ματιών στον κόσμο. Αυτοί ανυπομονούν να μοιραστούν τις γνώσεις τους με τους πελάτες της εταιρείας, καθώς και με το ευρύτερο κοινό ως ομιλητές σε συνέδρια.

Επιπλέον, η ομάδα υποστήριξης βρίσκεται σε διαφορετικές ζώνες ώρας έτσι ώστε να μπορεί να βοηθήσει τους πελάτες της όλο το εικοσιτετράωρο. Το προσωπικό υποστήριξης μιλά αγγλικά, κινέζικα, ιαπωνικά, ισπανικά, γερμανικά, γαλλικά και σουηδικά.

Τέλος, η Tobii Pro Insight Research Services προσφέρει ολοκληρωμένες μελέτες παρακολούθησης των ματιών, που βοηθούν στην κατανόηση των χρηστών με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Διαθέτει τα απαραίτητα εργαλεία και την εμπειρία παρακολούθησης των ματιών, ώστε να σας φέρει αιχμής έμμεση ανάλυση οπτική συμπεριφορά χωρίς το χρόνο, τις γνώσεις και τις δεσμεύσεις των πόρων για την ανάπτυξη ικανοτήτων in-house.

2.2 Πεδία

Ανάλογα με τον τομέα του χρήστη, έχουν διερευνηθεί διάφορες εκδοχές που μπορεί να εφαρμοστεί η παρακολούθηση ματιών έτσι ώστε να δοθεί βαθύτερη γνώση σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά [15]:

- User Experience and Interaction (Η εμπειρία του χρήστη και η αλληλεπίδρασή): Η παρακολούθηση των ματιών παρέχει αντικειμενικά δεδομένα που αποκαλύπτουν τη συμπεριφορά των χρηστών πίσω από τα προβλήματα ευχρηστίας. Οι UX και HCI ερευνητές, χρησιμοποιούν την παρακολούθηση των ματιών για να αξιολογήσουν και να βελτιστοποιήσουν τις διασυνδέσεις και την εμπειρία του χρήστη.
- Marketing and Consumer Research (Μάρκετινγκ και Έρευνας Καταναλωτών): Η παρακολούθηση των ματιών, είναι μια μοναδική μέθοδος για τη αντικειμενική μέτρηση της προσοχής των καταναλωτών και των αυθόρμητων αντιδράσεων τους σε μηνύματα μάρκετινγκ. Αυτές οι ιδέες μετρήσεις μπορούν να βοηθήσουν τους εμπόρους να σχεδιάσουν αποτελεσματικά την επικοινωνία για να πιάσει το μάτι του αγοραστή.

- **Infant and Child Research (Βρεφικής και παιδικής Έρευνας):** Ερευνητές που ειδικεύονται στις βρεφικές και παιδικές αντιδράσεις, την παρακολούθηση των ματιών για να μελετήσουν την αντιληπτική, γνωστική, κοινωνική και συναισθηματική ανάπτυξη από τη γέννηση μέχρι την πρώιμη ενήλικη ζωή.
- **Psychology and Neuroscience (Ψυχολογία και Νευροεπιστήμη):** Η παρακολούθηση ματιών χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς της ψυχολογίας και νευροεπιστημών για να καταλάβουμε πώς και γιατί οι κινήσεις των ματιών γίνονται και πώς θα συγκεντρώσουμε πληροφορίες με τα μάτια μας.
- **Human Performance (Σωματικής απόδοσης):** Η παρακολούθηση των ματιών απασχολείται στον τομέα αυτό για να αξιολογήσει την επιτυχία, την ανάπτυξη αποτελεσματικών πρωτοκόλλων κατάρτισης, την αξιολόγηση της γνωστικής στρατηγικής, καθώς και να συγκρίνει αρχάριους και εμπειρογνώμονες.
- **Education (Εκπαίδευση):** Η παρακολούθηση ματιών χρησιμοποιείται σε μελέτες για να εξετάσει τις διαδικασίες εκπαίδευσης και της μάθησης. Επιπλέον, αίθουσες διδασκαλίας και τα εργαστήρια γίνονται εξοπλισμένα με αυτή την τεχνολογία, προκειμένου να διδάξει αυριανό εργατικό δυναμικό πώς να χρησιμοποιούν μάτι παρακολούθησης σε διάφορους τομείς.
- **Clinical Research:** Οι ερευνητές προσπαθούν να βρουν ουσιαστική ανάλυση των πληροφοριών κίνησης του ματιού, καθώς και να προσδιορίσουν με ακρίβεια τη θεραπεία οφθαλμικών παθήσεων και διαταραχών όπως ο αυτισμός, ADHD, τη νόσου του Parkinson κ.α.

2.3 Προϊόντα

Η Tobii Pro, παρέχει Hardware (υλικό) και Software (λογισμικό) που επιτρέπει στις επιχειρήσεις και στην επιστήμη γενικότερα να αποκτήσουν πραγματικές γνώσεις σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Με την εκπαίδευση σε αυτά και την διαρκή υποστήριξη της εταιρείας οδηγούμαστε με βεβαιότητα στην επιτυχή χρήση των προϊόντων στον τομέα της εκάστοτε έρευνας [15].

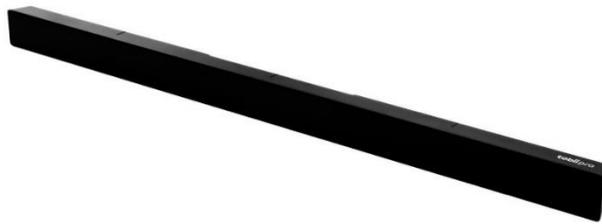
Τα διάφορα Hardware που παρέχει η εταιρεία είναι:

- Tobii Pro Glasses 2: Γυαλιά με ενσωματωμένο σύστημα παρακολούθησης κίνησης ματιού, τα οποία φοριούνται και έχουν ασύρματη λειτουργία Live View για την παροχή πληροφορίας, για οποιοδήποτε πραγματικό περιβάλλον. Εξαιρετικά ελαφρύ, σχεδιασμένο με επίκεντρο τον χρήστη, προωθεί την φυσική συμπεριφορά και την ευκολία χρήσης. Το σύστημα καταγράφει δεδομένα σε 50 ή 100 Hz.



Εικόνα 2-1: Tobii Pro Glasses 2

- Tobii Pro X3-120: Είναι screen-based μάτι παρακολούθησης για καταγραφή δεδομένων βλέμματος στα 120 Hz. Είναι το εξαιρετικά λεπτό, ισχυρό ερευνητικό σύστημα, το οποίο είναι ιδανικό για τις μελέτες έξω από το εργαστήριο. Αποτελεί μια νέα γενιά στην τεχνολογία παρακολούθησης των ματιών και καθιστά δυνατή την παρακολούθηση για περισσότερους ανθρώπους από ποτέ. Είναι σχεδιασμένο για πλήρη και λεπτομερή έρευνα.



Εικόνα 2-2: Tobii Pro X3-120

- Tobii Pro X2-60: Είναι screen-based μάτι παρακολούθησης για καταγραφή δεδομένων βλέμματος στα 60 Hz. Αυτό το δοκιμασμένο σύστημα έρευνας είναι ιδανικό για τις μελέτες έξω από το εργαστήριο και έχει σχεδιαστεί για έρευνα στερεωμένης βάσης.



Εικόνα 2-3: Tobii Pro X2-60

- Tobii Pro X2-30: Είναι screen-based μάτι παρακολούθησης για καταγραφή δεδομένων βλέμματος στα 30 Hz. Αυτό το προσιτό σύστημα είναι ιδανικό για έρευνες εκτός του εργαστηρίου. Έχει σχεδιαστεί για να δώσει άμεσα πληροφορίες σε οπτική προσοχή στην υψηλού επιπέδου καθώς επίσης και έρευνα στερεωμένης βάσης.



Εικόνα 2-4: Tobii Pro X2-30

- Tobii Pro TX300: Είναι screen-based μάτι παρακολούθησης, για καταγραφή δεδομένων βλέμματος στα 300 Hz. Ενσωματώνεται σε υψηλής ανάλυσης 23 " οθόνη. Υποδεικνύεται για έρευνα και παρέχει δεδομένα εξαιρετικής ποιότητας και είναι σχεδιασμένο για πλήρη και λεπτομερή στερεωμένη ή και με σακκαδικής κίνησης βάση.



Εικόνα 2-5: Tobii Pro TX300

- Tobii Pro T60XL: Είναι screen-based μάτι παρακολούθησης, για καταγραφή δεδομένων βλέμματος στα 60 Hz. Ενσωματώνεται σε υψηλής ανάλυσης 24 " οθόνη. Αυτό το δοκιμασμένο σύστημα έρευνας είναι εύκολο στη χρήση και έχει σχεδιαστεί για μελέτες στερεωμένης βάσης.



Εικόνα 2-6: Tobii Pro T60XL

Τα Software που παρέχει η εταιρεία είναι:

- Tobii Pro Glasses Analyzer: Λογισμικό για την μετα-ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων από Tobii Pro Glasses 2. Προσαρμοσμένο για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των γυαλιών παρακολούθησης ματιών, συμπεριλαμβανομένων των αυτοματοποιημένων Real-World Mapping, συγκέντρωση, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων.



Εικόνα 2-7: Tobii Pro Glasses Analyzer

- Tobii Pro Studio: Λογισμικό για την ανάλυση και την απεικόνιση των δεδομένων από την οθόνη που βασίζεται στις ιχνηλάτες των ματιών μας. Υποστηρίζει την όλη διαδικασία της έρευνας, από το σχεδιασμό των δοκιμών μέχρι και την καταγραφή, την ερμηνεία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 2-8: Tobii Pro Studio

- Tobii Pro Glasses 2 SDK: Δωρεάν λογισμικό ανάπτυξης για τη δημιουργία λύσεων εντοπισμού των ματιών για να τα Tobii Pro Glasses 2. Δίνει την δυνατότητα πρόσβασης σε δεδομένα που μεταδίδονται ζωντανά από τα γυαλιά, καθώς και τα αποθηκευμένα δεδομένα για την μετα-καταγραφή τους αναλυτικότερα. Αυτό το SDK είναι πλατφόρμα και ανεξάρτητη γλώσσα.



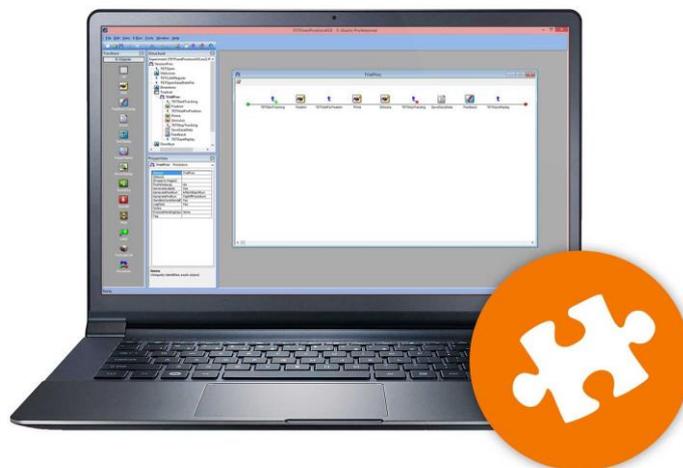
Εικόνα 2-9: Tobii Pro Glasses 2 SDK

- Tobii Pro Analytics SDK: Δωρεάν λογισμικό ανάπτυξης για τη παροχή λύσεων εντοπισμού των ματιών για να το Tobii Pro screen-based eye trackers. Συνδέσιμο με πολλές γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένης της MATLAB, επιτρέπει πολλά και διαφορετικά είδη εφαρμογών ανάλυσης παρακολούθησης ματιού.



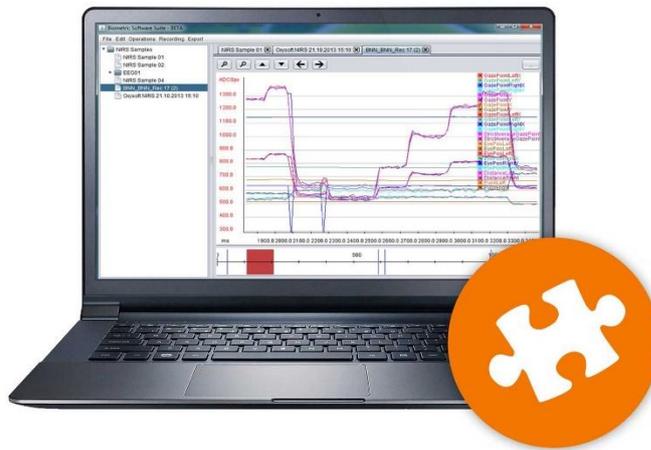
Εικόνα 2-10: Tobii Pro Analytics SDK

- E-Prime Extensions: Λογισμικό που επιτρέπει το συνδυασμό της οθόνης που βασίζεται σε ιχνηλάτες ματιών από Tobii Pro και E-Prime. Χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο, οι ερευνητές έχουν την εξουσία να δημιουργήσουν πιο ολοκληρωμένα πειράματα που χρησιμοποιούν τις συσκευές.



Εικόνα 2-11: E-Prime Extensions

- Biometric Software Suite: Λογισμικό που χτίζει μια γέφυρα μεταξύ Tobii Pro eye trackers και ένα ευρύ φάσμα άλλων συσκευών, για τη συγχρονισμένη συλλογή βιομετρικών δεδομένων. Χρησιμοποιώντας αυτό το εργαλείο, οι ερευνητές μπορούν να συγχρονίσουν τα δεδομένα παρακολούθησης των ματιών με τα περισσότερα συστήματα EEG, ECG, EMG, GSR και NIRS.



Εικόνα 2-12: Biometric Software Suite

Για την παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με τα Tobii Pro Glasses 2 και το λογισμικό Tobii Pro Glasses Software τα οποία θα αναλυθούν εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο.

3 Μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλυθούν όλα τα σημεία που έγιναν με την εγκατάσταση του συστήματος Tobii Pro Glasses Controller για την δημιουργία και λήψη βίντεο καθώς επίσης και ο τρόπος επεξεργασίας τους μέσω ενός νέου συστήματος. Τέλος, θα παρουσιαστεί ο τρόπος χρησιμοποίησης του νέου αυτού συστήματος επεξεργασίας βίντεο, για την εξαγωγή μετρήσεων που υπολογίστηκαν σε αυτή την πτυχιακή εργασία και για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο αφορά την προσήλωση του χρήστη υπό διάφορες συνθήκες.

3.1 Tobii Pro Glasses 2

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, τα Tobii Pro Glasses 2 είναι γυαλιά με ενσωματωμένο σύστημα παρακολούθησης κίνησης ματιού τα οποία φοριούνται και έχουν ασύρματη λειτουργία Live View, για την παροχή πληροφορίας σε οποιοδήποτε πραγματικό περιβάλλον. Εξαιρετικά ελαφρύ, σχεδιασμένο με επίκεντρο τον χρήστη, προωθεί την φυσική συμπεριφορά και την ευκολία χρήσης. Το σύστημα καταγράφει δεδομένα σε 50 ή 100 Hz [15].

Έχουν σχεδιαστεί για να συλλαμβάνουν την ανθρώπινη συμπεριφορά οπουδήποτε στον πραγματικό κόσμο. Η ομάδα σχεδιασμού δημιούργησε μια εξαιρετικά ελαφριά και διακριτική συσκευή, για να βεβαιωθεί μέσω διαφόρων ατόμων που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια μίας έρευνας, ότι αισθάνονται άνετα και να ενεργούν φυσικά οπουδήποτε. Η συσκευή ζυγίζει 45 γραμμάρια.

Προσφέρει την δυνατότητα ζωντανής μετάδοσης, η οποία επιτρέπει στους ερευνητές να δουν σε τι ακριβώς επικεντρώνει την προσοχή του ένα άτομο, ασύρματα και σε πραγματικό χρόνο, και ως εκ τούτου να αποκτήσουν άμεσες και πρακτικές πληροφορίες. Παράλληλα, είναι εύκολο στη χρήση και προσιτό, αλλά και πολύ πολύτιμο - ιδανικό ερευνητικό εργαλείο για πολλούς τύπους ερευνών.

Επιπλέον, προσφέρει την αυτοματοποιημένη χαρτογράφηση του πραγματικού κόσμου. Με την χρήση ενός νέου εργαλείου χαρτογράφησης πραγματικού κόσμου που έχει ενσωματωθεί στο λογισμικό Tobii Pro Glasses Analyzer, απλοποιεί τη διαδικασία καταγραφής και μειώνει δραματικά το χρόνο που απαιτείται για την ανάλυση των δεδομένων που καταγράφονται με τα Tobii Pro Glasses 2. Μέσω αυτού, παρέχεται η δυνατότητα στον ερευνητή να μπορεί να αρχίσει αμέσως την απεικόνιση των δεδομένων ή την εξόρυξη στατιστικών στοιχείων.

Η παρακολούθηση των ματιών γίνεται με 4 διοπτρικές κάμερες παρακολούθησης ματιών, ευρυγώνια κάμερα υψηλής ανάλυσης και λεπτά πλευρικά κομμάτια για περιφερειακή προβολή.

Τα Tobii Pro Glasses 2 παρέχουν τη μοναδική δυνατότητα συγχρονισμού των φυσιολογικών δεδομένων, της αγωγιμότητα του δέρματος, της ανίχνευση κίνησης, του ρυθμού αναπνοής και του καρδιακού ρυθμού χωρίς να χρειάζεται η μεταφορά ενός φορητού υπολογιστή.

Το σύστημα χρησιμοποιεί την αποκλειστική τεχνολογία 3D μοντέλου ματιού, η οποία περιλαμβάνει όλα τα δημοφιλή πλεονεκτήματα της Tobii για τις απομακρυσμένες κινήσεις του ματιού. Αυτό μας εξασφαλίζει την στιβαρή παρακολούθηση των ματιών για όλους τους τύπους των ματιών, την επίμονη βαθμονόμηση και την ελάχιστη απώλεια κατά τη διάρκεια ακραίων κινήσεων των ματιών.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της αποκλειστικής τεχνολογίας της Tobii είναι η ολισθητική αντιστάθμιση σε περίπτωση που η κεντρική μονάδα κινείται ελαφρώς επί του φορέα. Με το συνδυασμό αυτό η τεχνολογία αντιστάθμισης με το ρυθμό δειγματοληψίας των 50 ή 100 Hz, οι ερευνητές θα είναι σε θέση να συλλέξουν περισσότερα στοιχεία με ακόμη μεγαλύτερη ισχύ.

Εν κατακλείδι η μελέτη που έγινε με επίκεντρο τον χρήστη έχει ως αποτέλεσμα την ευκολία χρήσης και την αποτελεσματική ροή εργασίας σε κάθε λεπτομέρεια. Ακόμη, παρέχει δυνατότητα γρήγορης βαθμονόμησης και οι διαδικασίες του συστήματος το καθιστούν εύκολο για οποιονδήποτε να αρχίζει να χρησιμοποιεί το σύστημα με λίγη προηγούμενη εκπαίδευση. Το σύστημα παρακολουθεί την συντριπτική πλειοψηφία του πληθυσμού που βοηθά στη μείωση του χρόνου και το συνολικό κόστος σε οποιαδήποτε ερευνητικά έργα.

3.2 Tobii Glasses Controller

Το Tobii Pro Glasses Controller είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των περισσότερων χαρακτηριστικών που συλλέγουν τα Tobii Pro Glasses 2, όπως τη καταγραφή, τη βαθμονόμηση και τη ζωντανή προβολή. Το λογισμικό έχει σχεδιαστεί για να εγκατασταθεί σε tablet / 8.1 Pro (ή νεότερη έκδοση), αλλά μπορεί επίσης να εγκατασταθεί σε οποιοδήποτε υπολογιστή Windows 8 / 8.1 ή 10. Οδηγίες για την εγκατάσταση του λογισμικού καθώς και για τον τρόπο λειτουργίας του βρίσκονται στα παραρτήματα στο τέλος [15].

3.3 Δημιουργία προγράμματος επεξεργασίας αποτελεσμάτων

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που μας δίνει το Tobii Pro Glasses Controller από τα Tobii Pro Glasses 2, δημιουργήθηκε ένα σύστημα με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος MATLAB.

3.3.1 Εξαγωγή βίντεο - Δημιουργία Frames

Αρχικά, ενώνοντας τα TG2 με τον υπολογιστή μέσω ενός τοπικού δικτύου, έγινε λήψη διάφορων βίντεο, τα οποία στόχευαν σε 3 διαφορετικούς τομείς έρευνας τα οποία θα αναφερθούν αναλυτικά στην συνέχεια. Για την προβολή των βίντεο αυτών, θα πρέπει να είναι συνδεδεμένα τα Tobii Pro Glasses 2 με τον υπολογιστή και μέσα από το Tobii Pro Glasses Controller να επιλεγθεί το επιθυμητό βίντεο για την προβολή. Ένας άλλος τρόπος για να προβληθεί το βίντεο, είναι μέσα από την κάρτα μνήμης, όπου αποθηκεύονται αυτόματα τα βίντεο κατά την διάρκεια της εγγραφής, ο οποίος απαιτεί σύνδεση με τα Tobii Pro Glasses 2 και ενεργοποίηση του λογισμικού Tobii Pro Glasses Controller. Για την επεξεργασία αυτών των βίντεο, έγινε επαναληπτική εγγραφή τους μέσω του προγράμματος FlashBack Express 5, κατά την διάρκεια προβολής τους από το Tobii Pro Glasses Controller, για να είναι δυνατή η προβολή τους και κατά την διάρκεια που δεν είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής με την συσκευή.

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα νέο πρόγραμμα με την χρήση του λογισμικού προγράμματος MATLAB. Το πρόγραμμα αυτό είναι σε θέση να δέχεται το βίντεο που εξάχθηκε προηγουμένως και να παράγει συγκεκριμένα αποτελέσματα.

Ενεργοποιώντας το νέο σύστημα, ο χρήστης είναι σε θέση να εισάγει το βίντεο που επιθυμεί να επεξεργαστεί. Με την εισαγωγή του βίντεο δημιουργούνται αυτόματα στιγμιότυπα σε έγχρωμη μορφή και επιλέγοντας το κουμπί Grayscale μετατρέπονται τα στιγμιότυπα και σε grayscale μορφή.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε δευτερόλεπτο ενός βίντεο αντιστοιχεί σε 6 στιγμιότυπα (frames).

3.3.2 Επεξεργασία βίντεο - Εξαγωγή συντεταγμένων εστίασης (XY)

Στην συνέχεια, το νέο λογισμικό δίνει την δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένης περιοχής (γραμμής), έτσι ώστε ο χρήστης να είναι σε θέση να επιλέξει τα pixels τα οποία είναι σημαντικά σε αυτόν. Συγκεκριμένα, επιλέγοντας το κουμπί Pixel, το λογισμικό εμφανίζει ένα frame, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια γραμμή από pixels των οποίων θέλει τα χαρακτηριστικά τους. Αυτό γίνεται έτσι ώστε το σύστημα να μας δίνει τις συντεταγμένες των επιλεγμένων pixels, καθώς επίσης και την απόχρωση τους σε επίπεδο grayscale.

Ο στόχος προσήλωσης του ματιού απεικονίζεται με ένα κυκλικό σημείο του οποίου η απόχρωση είναι κοντινή στο λευκό χρώμα. Αυτό μεταφράζεται σε αριθμό μεγαλύτερο ή ίσο του 250 σε grayscale, με κλίμακα 0-255, όπου το 0 απεικονίζει τις σκούρες αποχρώσεις και το 255 τις φωτεινές.

Έτσι, για τον εντοπισμό του στόχου του ματιού δημιουργήθηκε η συγκεκριμένη λειτουργία στο νέο σύστημα. Μετά την επιλογή του στόχου το σύστημα παρουσιάζει μια γραφική παράσταση η οποία παρουσιάζει δύο συντεταγμένες. Η μια συντεταγμένη παρουσιάζει την τοποθεσία που βρίσκεται το σημείο που επιλέχθηκε, δηλαδή το σημείο εστίασης του ματιού και η δεύτερη συντεταγμένη παρουσιάζει το χρώμα του σημείου.

Στην συνέχεια επιλέγοντας το κουμπί Write Pixels [X,Y], το σύστημα μας δίνει τις συντεταγμένες των περιοχών εστίασης του ματιού σε όλα τα grayscale στιγμιότυπα που παράχθηκαν προηγουμένως.

3.3.3 Εξαγωγή περιοχής εστίασης μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας

Παρατηρώντας όλες τις συντεταγμένες των περιοχών εστίασης του ματιού που εξήχθησαν προηγουμένως, ο ερευνητής είναι σε θέση να γνωρίζει σε ποιες περιοχές εστίασε ο χρήστης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Χρησιμοποιώντας την επόμενη λειτουργία του συστήματος, ο ερευνητής μπορεί να εξάγει την περιοχή αυτή.

Μέσα από το κουμπί Crop Image, ο ερευνητής μπορεί να εισάγει τις συντεταγμένες που επιθυμεί έτσι ώστε το σύστημα να αποκόψει την περιοχή αυτή και να την παρουσιάσει.

Με τον τρόπο αυτό, εξάγονται οι περιοχές που ο χρήστης εστίασε για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

3.4 Έρευνα

Σε συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, διεκπεραιώθηκε μια έρευνα με στόχο να παρατηρήσει την συμπεριφορά του χρήστη σε διάφορα πεδία. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια στην έρευνας αυτής δόθηκε έμφαση στα σημεία που ο χρήστης είχε έντονη και μηδενική εστίαση, καθώς επίσης και στα σημεία μεγάλης χρονικής διάρκειας και για μικρής χρονικής διάρκειας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε ανάμεσα σε 20 χρήστες ηλικίας 20-40 χρόνων. Το 60% των χρηστών ασχολούνται με τις Θετικές Επιστήμες και το υπόλοιπο ποσοστό με τις Κλασσικές και Ανθρωπιστικές επιστήμες. Το ακαδημαϊκό επίπεδο των χρηστών είναι σε ποσοστό 50% σε προπτυχιακό επίπεδο και το υπόλοιπο 50% είναι κάτοχος μεταπτυχιακού.

3.4.1 Επιλογή πεδίων - Στόχοι

Μέσα από τον συνδυασμό του Tobii Pro Glasses 2, του λογισμικού Tobii Pro Glasses Controller και του νέου λογισμικού δίνεται η δυνατότητα έρευνας σε πολλά πεδία. Η παρούσα Δ.Ε παρουσιάζει την διαδικασία μελέτης και εξαγωγής συμπερασμάτων σε 3 διαφορετικά πεδία.

Το πρώτο πεδίο ασχολήθηκε με την διόρθωση μιας καινούργιας ιστοσελίδας πριν ανέβει για το ευρύ κοινό. Συγκεκριμένα, το πρώτο πεδίο αφορά τον νέα ιστοσελίδα του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου. Μέσα από το σενάριο που δόθηκε, οι χρήστες αφέθηκαν ελεύθεροι

να περιηγηθούν στην ιστοσελίδα έτσι ώστε ο κάθε χρήστης να ψάξει τον τομέα που τον ενδιαφέρει και να εντοπισθούν τα σημεία που εστίασε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και τα σημεία που δεν εστίασε καθόλου. Από τα σημεία αυτά θα εξαχθούν οι προτιμήσεις του χρήστη και οι παρατηρήσεις για την συγκεκριμένη ιστοσελίδα.

Το δεύτερο πεδίο ασχολήθηκε με την ιστοσελίδα της Amazon. Στους χρήστες δόθηκε ένα σενάριο το οποίο τους παρότρυνε να αναζητήσουν ένα προϊόν της επιλογής τους με όποιο τρόπο επιθυμούν, έτσι ώστε να παρατηρηθεί αν ο χρήστης βλέπει τα εισηγητικά συστήματα (recommended systems) και κατά πόσο αυτά του είναι χρήσιμα.

Τρίτο και τελευταίο πεδίο ήταν η περιήγηση στην ιστοσελίδα της εφημερίδας «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ». Στο σενάριο που δόθηκε στους χρήστες, τους ζητήθηκε η αναζήτηση μιας συγκεκριμένης είδησης. Στόχος αυτού του πειράματος ήταν η παρατήρηση της συμπεριφοράς του χρήστη ως προς τις διαφημίσεις. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αν ο χρήστης βλέπει ή όχι τις διαφημίσεις και εφόσον τις δει αν τις θυμάται και αφού ολοκληρωθεί η περιήγηση του στην ιστοσελίδα.

Για την διευκόλυνση της έρευνας και την εξαγωγή εγκυρότερων συμπερασμάτων, δόθηκε στους χρήστες ένα ερωτηματολόγιο ώστε να καταγράψουν τα ενδιαφέροντα τους και τις παρατηρήσεις τους. Το ερωτηματολόγιο, καθώς επίσης και τα σενάρια που δόθηκαν στους χρήστες βρίσκονται στο τέλος του εγγράφου στα **Παραρτήματα**.

3.4.2 Τρόπος Επεξεργασίας βίντεο

Μετά την λήψη των πιο πάνω βίντεο έγινε επαναληπτική εγγραφή τους μέσω του προγράμματος FlashBack Express 5, για να είναι δυνατή η προβολή τους και κατά την διάρκεια που δεν είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής με την συσκευή, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Με την χρήση του ίδιου προγράμματος, έγινε μετατροπή του κάθε βίντεο ξεχωριστά σε .avi μορφή καθώς το πρόγραμμα FlashBack Express 5 δημιουργεί βίντεο σε μορφή .fbr, η οποία δεν είναι επεξεργάσιμη από την γλώσσα προγραμματισμού MATLAB και συνεπώς, ούτε από το νέο λογισμικό που δημιουργήθηκε μέσω αυτής.

Στην συνέχεια, έγινε αποκοπή των βίντεο αυτών μέσω του προγράμματος Movie Maker, έτσι ώστε να έχουμε κάθε σενάριο του κάθε χρήστη ξεχωριστά και να μην είναι όλα τα σενάρια ενός χρήστη στο ίδιο βίντεο.

Τέλος, έγινε επεξεργασία των βίντεο αυτών μέσω του νέου λογισμικού που δημιουργήθηκε και εξήχθησαν τα αποτελέσματα τα οποία αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

4 Αποτελέσματα

4.1 ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

Μετά από την περιήγηση όλων των χρηστών στον νέο ιστότοπο του ΤΕ.ΠΑ.Κ εξήχθησαν κάποια συμπεράσματα. Η νέα ιστοσελίδα εν συγκρίσει με την προηγούμενη ιστοσελίδα του ΤΕ.ΠΑ.Κ είναι υψηλότερου επιπέδου και πιο εύκολη στην χρήση σύμφωνα με την άποψη των χρηστών. Παρόλα αυτά, κάποιοι χρήστες τόνισαν κάποιες μικρές διορθώσεις που θα ήθελαν να δουν στην νέα ιστοσελίδα κατά την αντικατάσταση της παλιάς ιστοσελίδας από αυτή.

Οι παρατηρήσεις ορισμένων χρηστών είχαν να κάνουν με την κατηγοριοποίηση των αντικειμένων ανάλογα με την ομάδα την οποία θα ανήκει ο εκάστοτε επισκέπτης της ιστοσελίδας. Συγκεκριμένα, αρκετοί χρήστες εξέφρασαν την επιθυμία, ο κάθε επισκέπτης να βλέπει αυτά που τον ενδιαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκει (Υποψήφιος φοιτητής, Υφιστάμενος Φοιτητής, Ακαδημαϊκοί, Ερευνητές κ.α.).

Κάποιοι άλλοι χρήστες, ζήτησαν την εμφάνιση κάποιων επιπλέον λειτουργιών στην αρχική οθόνη (όπως Moodle, σταδιοδρομία κ.α.), ανάλογα με το αντικείμενο που τους ενδιέφερε περισσότερο, αλλά σε γενικές γραμμές έμειναν ευχαριστημένοι από τις κατηγορίες και το μενού επιλογών.

Οι πλειοψηφία των χρηστών εξέφρασε την ευχαρίστησή του για τα εικονίδια καθώς και τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς επίσης και από το μέγεθος των εικόνων και των γραμμάτων. Ακόμη, η ιστοσελίδα χαρακτηρίστηκε πολύ φιλική προς τον χρήστη και ο σχεδιασμός της ως πολύ ελκυστικός.

Οι αρνητικές εντυπώσεις των χρηστών ήταν κυρίως στο κάτω μέρος της κύριας οθόνης, όπου το χρώμα των γραμμάτων είναι πολύ κοντινό με το χρώμα του φόντου στο συγκεκριμένο σημείο και υπήρχαν αρκετές πληροφορίες στο ίδιο σημείο. Επίσης, αρνητικές εντυπώσεις υπήρχαν από το γεγονός ότι οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην κύρια οθόνη είναι ίδιες στο παρόν στάδιο και έτσι δεν ξεχωρίζουν τα πεδία.

Οι παρατηρήσεις αυτές δόθηκαν στον σχεδιαστή της ιστοσελίδας κ. Ανδρέα Στυλιανού και θα επιδιορθωθούν πριν την αντικατάσταση της παλιάς ιστοσελίδας από αυτή.

Ως γενική εντύπωση, οι περισσότεροι χρήστες χαρακτήρισαν ως εύκολη την περιήγηση τους στην καινούργια ιστοσελίδα και το σενάριο που τους δόθηκε.

Στην συγκεκριμένη έρευνα, με την χρήση των Tobii Pro Glasses 2, του λογισμικού Tobii Pro Glasses Controller και του νέου λογισμικού που δημιουργήθηκε, διαπιστώθηκε ότι όταν ο χρήστης περιπλανιέται στην ίδια οθόνη χωρίς να επιλέγει κάτι, τότε αναζητά κάτι που θα ήθελε να ήταν σε αυτή την οθόνη. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι ο χρήστης την περισσότερη προσήλωση του την δίνει στο μενού επιλογών, ειδικά όταν βρίσκεται σε μια ιστοσελίδα που δεν έχει ξαναδεί μέχρι εκείνη την στιγμή. Έτσι γι' αυτό το λόγο, ο αριθμός των επιλογών σε ένα μενού, καθώς επίσης και ο τρόπος κατηγοριοποίησης των επιλογών αυτών, έχει μεγάλο ρόλο στην συνολική εντύπωση μιας ιστοσελίδας, αν όχι την σημαντικότερη.

Επιπλέον, οι χρήστες εστίαζαν την προσοχή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα και στο κάτω μέρος της σελίδας μετά την αρχική περιήγηση τους, θέλοντας να μάθουν και τι άλλες υπηρεσίες προσφέρει η σελίδα αυτή.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι κύριο ρόλο στην συνολική εντύπωση μιας ιστοσελίδας παίζει η επιλογή των χρωμάτων, των εικόνων, των γραμματοσειρών και ο τρόπος διαχωρισμού του γενικού περιεχομένου σε ολόκληρη την σελίδα.

Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι ο χρήστης αναζητεί ασυναίσθητα και σε ελάχιστο χρόνο κάποιες λειτουργίες σε συγκεκριμένο χώρο, όπως έχει εκπαιδευτεί από άλλες ιστοσελίδες. Για παράδειγμα, οι χρήστες έψαχναν το κουμπί που σε παραπέμπει απευθείας στην κεντρική σελίδα στο πάνω αριστερά μέρος της οθόνης.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι οι διάφορες ειδοποιήσεις σε οποιοδήποτε μέρος της οθόνης αποσπούν την προσοχή του χρήστη, μέχρι να εστιάσει την προσοχή του εκεί και να δει τι ακριβώς συμβαίνει. Αφού διαβάσει τι γράφει η εκάστοτε ειδοποίηση είτε την απομακρύνει από την οθόνη, είτε όχι δεν θα ξανά εστιάσει την προσοχή του σε αυτή, πέραν κάποιων κλασμάτων του δευτερολέπτου.

4.2 ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ AMAZON

Αφού ζητήθηκε από τους χρήστες να αναζητήσουν και να επιλέξουν ένα προϊόν του ενδιαφέροντος τους, παρατηρήθηκε η συμπεριφορά τους ως προς τα εισηγητικά συστήματα, γνωστά και ως recommended systems.

Οι χρήστες αφήθηκαν ελεύθεροι να αναζητήσουν όποιο προϊόν επιθυμούν, έτσι ώστε να παρατηρηθεί αν όντως εστίασαν την προσοχή τους στα recommended systems και αν ναι, να παρατηρηθεί αν επέλεξαν ένα προϊόν από αυτά.

Μετά το τέλος της λήψης βίντεο από όλους τους χρήστες, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι χρήστες εστίασαν για μικρό χρονικό διάστημα (μερικά δευτερόλεπτα), στα recommended systems που εμφανίστηκαν στην αρχική οθόνη, αλλά οι περισσότεροι επέλεξαν να πληκτρολογήσουν το αντικείμενο που επιθυμούν και κάποιοι άλλοι να επιλέξουν αντικείμενο από τις κατηγορίες που εμφανίζονται στο αριστερό μέρος της οθόνης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως, αξίζει να σημειωθεί ότι οι χρήστες δεν ήταν συνδεδεμένοι από τον δικό τους λογαριασμό στην Amazon λόγω της παραβίασης προσωπικών δεδομένων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα αντικείμενα που εμφανίζονται στην αρχική οθόνη να μην είναι βασισμένα στα ενδιαφέροντα του χρήστη, αλλά σε πιο γενικές κατηγορίες. Άρα, είναι λογικό οι χρήστες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα μας να μην επιλέξουν κάποιο από τα προϊόντα της αρχικής οθόνης.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι αφού οι χρήστες επέλεξαν ένα αντικείμενο του ενδιαφέροντος τους με τους τρόπους που αναφέρθηκαν πιο πάνω, οι περισσότεροι από αυτούς μετά την εστίαση της προσοχής τους στο αντικείμενο αυτό, εστίασαν και στα recommended systems που εμφανίζονται κάτω από το αντικείμενο αυτό για αρκετά δευτερόλεπτα, λόγω του ότι είναι βασισμένα στο αντικείμενο αυτό. Αρκετοί από τους χρήστες επέλεξαν να δουν και ένα από τα αντικείμενα αυτά.

Εν κατακλείδι, στην συγκεκριμένη έρευνα με την χρήση των Tobii Pro Glasses 2, του λογισμικού Tobii Pro Glasses Controller και του νέου λογισμικού που δημιουργήθηκε, διαπιστώθηκε ότι όταν ο χρήστης βρεθεί αντιμέτωπος με τα στα recommended systems σε ένα ιστότοπο που δεν έχει δικό του λογαριασμό, θα εστιάσει την προσοχή του σε αυτά για αρκετά δευτερόλεπτα αν δεν έχει υπόψη του κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο αναζήτησης εκείνη την χρονική στιγμή. Αν ο χρήστης έχει ανάγκη από συγκεκριμένο προϊόν θα αναζητήσει κατευθείαν το προϊόν αυτό χωρίς να εστιάσει καθόλου στα recommended systems. Τέλος, η

πλειοψηφία των χρηστών θα εστιάσει την προσοχή του στα recommended systems που εμφανίζονται μετά την πρώτη αναζήτηση του χρήστη, κάτω από το αντικείμενο αυτό.

4.3 ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ»

Στο σενάριο αυτό οι χρήστες εκλήθησαν να βρουν μια είδηση από την κατηγορία Πολιτισμός. Στόχος αυτού του σεναρίου ήταν να παρατηρηθεί εάν ο χρήστης βλέπει τις διαφημίσεις που βρίσκονται σε μια ιστοσελίδα. Ο λόγος επιλογής του συγκεκριμένου ιστότοπου ήταν ο μεγάλος αριθμός διαφημίσεων που βρίσκονται σε αυτό και η ευκολία αναζήτησης των ειδήσεων.

Μέσα από την έρευνα αυτή, διαπιστώθηκε ότι οι χρήστες εστιάζουν την προσοχή τους για ελάχιστα έως καθόλου δευτερόλεπτα στις διαφημίσεις. Μετά από συζήτηση με τους χρήστες και παρακολουθώντας τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε, διαπιστώθηκε ότι ελάχιστοι χρήστες θυμόντουσαν ποιες διαφημίσεις είδαν. Η συντριπτική πλειοψηφία των χρηστών δεν μπορούσε να θυμηθεί ποιες διαφημίσεις είδαν στην διάρκεια αναζήτησης της είδησης που τους ζητήθηκε, έστω και αν εστίασαν σε αυτές για μερικά δευτερόλεπτα.

Συμπερασματικά, στην συγκεκριμένη περίπτωση με την χρήση των Tobii Pro Glasses 2, του λογισμικού Tobii Pro Glasses Controller και του νέου λογισμικού που δημιουργήθηκε, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι χρήστες ενώ πιστεύουν ότι δεν είδαν καν τις διαφημίσεις, στην πραγματικότητα εστίασαν την προσοχή τους σε αυτές για μερικά δευτερόλεπτα. Το αποτέλεσμα σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι ο χρήστης να θυμάται κάποια χαρακτηριστικά της εκάστοτε διαφήμισης, όπως για παράδειγμα το χρώμα ή ένα αντικείμενο που βρισκόταν σε αυτή, αλλά να μην θυμάται ποια εταιρεία ήταν. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι ελάχιστοι χρήστες που θυμόντουσαν ποια διαφήμιση είδαν, ήταν αυτοί που εστίασαν για αρκετά δευτερόλεπτα σε αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] H. Drewes, “Eye Gaze Tracking for Human Computer Interaction,” 2010.
- [2] K. Hinckley, “No Title,” pp. 1–109.
- [3] “ΚΑΤΑΔΙΩΞΗ ΒΛΕΜΜΑΤΟΣ Επισκόπηση Τεχνικών Αλληλεπίδρασης και Σχεδίαση Εφαρμογής σε Μελέτη Περίπτωσης,” pp. 1–171, 2012.
- [4] J. K. Jacob, “The Use of Eye Movements in Interaction Techniques : What You Look At is What You Get,” vol. 9, no. 3, pp. 152–169, 1991.
- [5] S. Zhai, C. Morimoto, and S. Ihde, “Manual And Gaze Input Cascaded (MAGIC) Pointing,” 1999.
- [6] C. H. Morimoto and M. R. M. Mimica, “Eye gaze tracking techniques for interactive applications q,” vol. 98, pp. 4–24, 2005.
- [7] R. J. K. Jacob, “Eye Tracking in Advanced Interface Design.”
- [8] R. J. K. Jacob and K. S. Karn, “Eye Tracking in Human – Computer Interaction and Usability Research : Ready to Deliver the Promises,” 2003.
- [9] T. Ohno, “EyePrint : Support of Document Browsing with Eye Gaze Trace,” pp. 16–23, 2004.
- [10] R. J. K. Jacob, J. J. Leggett, B. A. Myers, R. Pausch, R. J. K. Jacob, J. J. Leggett, B. A. Myers, R. Pausch, R. J. K. Jacob, J. J. Leggett, and B. A. Myers, “Interaction styles and input / output devices Interaction styles and input / output devices,” vol. 3001, no. May, 2016.
- [11] M. Ashmore, A. T. Duchowski, and G. Shoemaker, “Efficient Eye Pointing with a Fisheye Lens.”

- [12] A. Dissertation, "USER INTERFACE DESIGN © Copyright by Manu Kumar 2007," no. May, 2007.
- [13] M. Kumar, A. Paepcke, and T. Winograd, "EyePoint : Practical Pointing and Selection Using Gaze and Keyboard," pp. 421–430, 2007.
- [14] M. Kumar, G. Building, A. Paepcke, G. Building, T. Winograd, and G. Building, "Gaze-enhanced Scrolling Techniques," pp. 2531–2536, 2007.
- [15] "Tobii Pro - Envision human behavior." 27-Apr-2015.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Α: Σενάρια Έρευνας

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

Περιηγηθείτε στην ιστοσελίδα του ΤΕ.ΠΑ.Κ και γράψετε τα σχόλια σας στον κενό χώρο που ενδείκνυται στο ερωτηματολόγιο.

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

Βρείτε και επιλέξτε όποιο προϊόν σας ενδιαφέρει και γράψετε τα σχόλια σας στον κενό χώρο που ενδείκνυται στο ερωτηματολόγιο.

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ‘Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ’

Βρείτε και εμφανίστε την πιο ενδιαφέρουσα για εσάς είδηση από την κατηγορία πολιτισμός και γράψετε τα σχόλια σας στον κενό χώρο που ενδείκνυται στο ερωτηματολόγιο.

Παράρτημα Β: Ερωτηματολόγιο Έρευνας

Κωδικός:

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με Χ μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία:

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο:

Ενδιαφέροντα:

1.

3.

2.

4.

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

.....
.....
.....

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Τα προϊόντα που εμφανιστήκαν στην αρχική σελίδα σας εξυπηρέτησαν καθόλου;
 ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

.....
.....
.....

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. **Είδατε κάποια διαφήμιση;** ΝΑΙ ΟΧΙ

2. **Αν ναι ποιά;**

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

.....
.....
.....

Παράρτημα Γ: Δείγματα Ερωτηματολογίων Έρευνας

Κωδικός: 01

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με Χ μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία: 21

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο: 4ο έτος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Ενδιαφέροντα:

- | | |
|---------------------------|---------|
| 1. Φωτογραφία | 3. |
| 2. Biomedical Engineering | 4. |

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Εύκολη αναζήτηση αν γνωρίζεις πιο αντικείμενο αναζητάς.

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Τα προϊόντα που εμφανιστήκαν στην αρχική σελίδα σας εξυπηρέτησαν καθόλου;

ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Εύκολη αναζήτηση αν γνωρίζεις πιο αντικείμενο αναζητάς.

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Είδατε κάποια διαφήμιση; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Αν ναι ποιά; *δεν μπορώ να θυμηθώ*

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Ήταν πολύ εύκολη η αναζήτηση αυτού που ζητήθηκε. Είδα ότι υπήρχαν διαφημίσεις στην σελίδα αλλά δεν παρατήρησα κάποια.

Κωδικός: 02

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με Χ μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία: 38

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο: Πτυχίο και Μεταπτυχιακό στον τομέα της Ιστορίας και Αρχαιολογίας

Ενδιαφέροντα:

1. Πολιτική

3. Θέματα καριέρας

2. Ποδηλασία

4.

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Θα προτιμούσα η σελίδα να έχει κατηγορίες χρήστη και ενδιαφερόμενου, έτσι ώστε ο κάθε ένας να βλέπει αυτά που τον ενδιαφέρουν. Π.χ. Υφιστάμενοι φοιτητές, υποψήφιοι φοιτητές, ακαδημαϊκοί φοιτητές, ακαδημαϊκοί και ερευνητές.

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Τα προϊόντα που εμφανιστήκαν στην αρχική σελίδα σας εξυπηρέτησαν καθόλου;

ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Δεν χρησιμοποιώ το Amazon και δεν βρήκα εύκολα τις κατηγορίες των προϊόντων. Δεν μου φάνηκαν ενδιαφέροντα τα προϊόντα στην αρχική σελίδα.

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Είδατε κάποια διαφήμιση; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Αν ναι ποιά; *τράπεζα Πειραιώς*

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Είναι καλή η δομή της σελίδας.

Κωδικός: 03

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με Χ μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία: 32

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο: *Bachelor Computer Science*

Ενδιαφέροντα:

1. *Cycling equipment*
2. *Music (headsets)*

3. Technology

4.

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Μεγάλα icons, ωραία χρώματα.

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Τα προϊόντα που εμφανιστήκαν στην αρχική σελίδα σας εξυπηρέτησαν καθόλου;
 ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Είναι δύσκολο το customization για ένα χρήστη (Free shipping, shipping to Cyprus, Euro)

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Είδατε κάποια διαφήμιση; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Αν ναι ποιά; *παπακωνσταντίνου*

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Δεν είναι user friendly η σελίδα.

Κωδικός: 04

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με X μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία: 37

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο: Πτυχίο και Μεταπτυχιακό στον τομέα της Μηχανικής Υπολογιστών και Πληροφορικής

Ενδιαφέροντα:

1. Τεχνολογία
2.
3.
4.

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ
2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Εντυπωσιακή, ωραία χρώματα, ξεκάθαρες κατηγορίες, smooth scrolling, γρήγορη ανταπόκριση

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ
2. Τα προϊόντα που εμφανιστήκαν στην αρχική σελίδα σας εξυπηρέτησαν καθόλου;
 ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Δεν βρήκα κάτι που να μεν ενδιαφέρει στην αρχική οθόνη έτσι αναζήτησα το προϊόν που ήθελα από το search button στο πάνω μέρος της οθόνης.

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Είδατε κάποια διαφήμιση; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Αν ναι ποιά;

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Εύκολη Πλοήγηση

Κωδικός: 05

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(Σημειώστε με Χ μπροστά από την απάντησή σας και συμπληρώστε όπου υπάρχει διακεκομμένη γραμμή)

Φύλο: ΑΡΡΕΝ ΘΗΛΥ

Ηλικία: 23

Ακαδημαϊκό Υπόβαθρο: 3^ο έτος φοιτητής στο τμήμα *Μηχανικής Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής*

Ενδιαφέροντα:

1. Αθλητισμός

3.

2. Υπολογιστές

4.

Σενάριο 1: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Πιστεύετε ότι είναι φιλική προς το χρήστη; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Θεωρείτε ότι ένας νέος χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί με ευκολία; ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Στο τέλος της μαιν οι πληροφορίες πρέπει να στοιχηθούν καλύτερα και το χρώμα των γραμμάτων είναι παρόμοιο με το χρώμα του φόντου και είναι δύσκολο να διαβαστούν τα γράμματα. Οι εικόνες στην μαιν είναι όλες ίδιες. Και σε πολλά σημεία λείπει το περιεχόμενο.

Σενάριο 2: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

1. Ήταν εύκολη η αναζήτηση του προϊόντος; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Τα προϊόντα που εμφανίστηκαν στην αρχική σελίδα σας εξυτηρέτησαν καθόλου;

ΝΑΙ ΟΧΙ

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Επειδή τα προϊόντα που εμφανίστηκαν στην homepage δεν με ενδιέφεραν πήγα κατευθείαν στην αναζήτηση προϊόντων και αναζήτησα αυτό που ήθελα.

Σενάριο 3: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ 'Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ'

ΠΟΛΥ ΕΥΚΟΛΟ ΕΥΚΟΛΟ ΟΥΔΕΤΕΡΟ ΔΥΣΚΟΛΟ ΠΟΛΥ ΔΥΣΚΟΛΟ

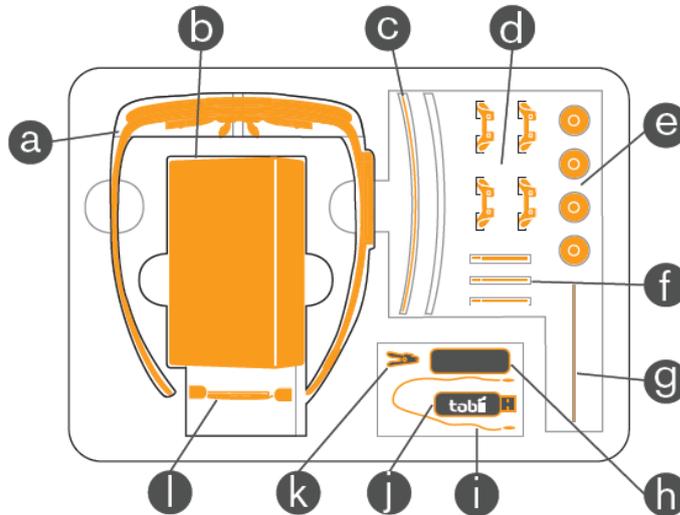
1. Είδατε κάποια διαφήμιση; ΝΑΙ ΟΧΙ

2. Αν ναι ποιά;

Γενικές εντυπώσεις/Σχόλια:

Ήταν αρκετά εύκολο να πραγματοποιήσω το σενάριο αλλά δεν είδα καθόλου τις διαφημίσεις λόγω του ότι δεν με ενδιέφεραν.

Παράρτημα Δ: Περιεχόμενα Συσκευασίας



- a) 1x Head Unit
- b) 1x Recording Unit
- c) 2x Protective lenses (1 clear + 1 tinted; 1 attached to the Head Unit)
- d) 4x Nose Pads in different sizes
- e) 4x Rechargeable Li-Ion batteries type 18650
- f) 3x SD memory cards + sleeves
- g) 1x Calibration card
- h) 1x Microfiber cleaning cloth
- i) 1x Head Strap
- j) 1x USB memory stick with documentation and software
- k) 1x Cable cord clip
- l) 1x HDMI A to HDMI D cable

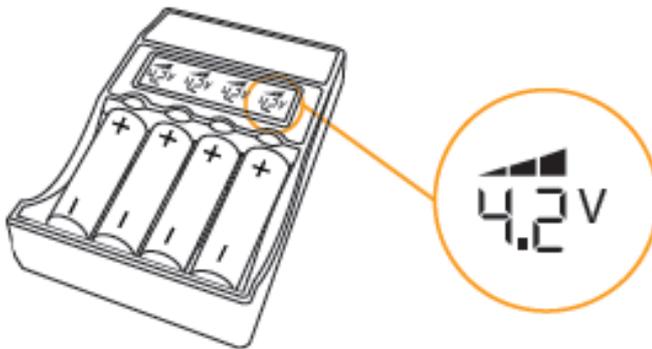


- 1) 1x Battery charger for Li-Ion batteries
- 2) 1x USB Ethernet Adapter
- 3) 5x Power cables for battery charger (EU, US, UK + AUS)
- 4) 1x USB charger for Recording Unit
- 5) 4x Power plugs for USB charger (EU, US, UK + AUS)
- 6) 1x Ethernet cable (3 Meters)
- 7) 2x Calibration cards
- 8) 10x Calibration stickers

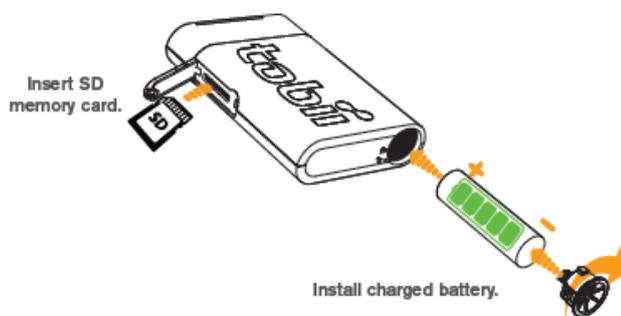
Παράρτημα Ε: Οδηγός συναρμολόγησης συσκευής

1) Φόρτιση μπαταριών:

Εισάγεται τις μπαταρίες στον φορτιστή. Οι μπαταρίες είναι εντελώς φορτισμένες όταν δείτε την ένδειξη 4.2V

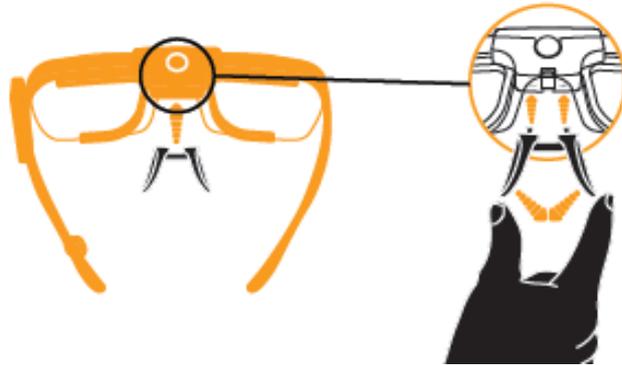


2) Recording Unit preparation

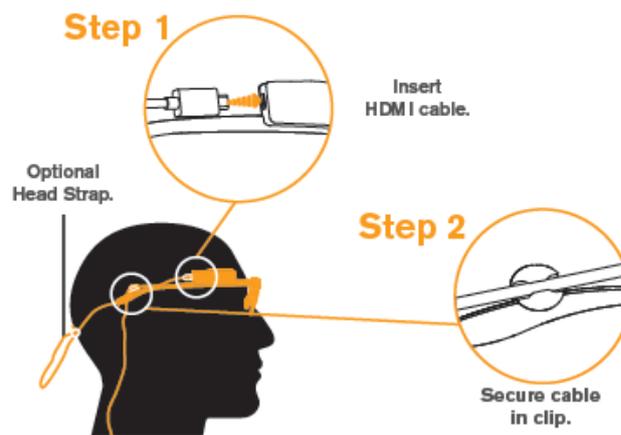


3) Attach the Nose Pad

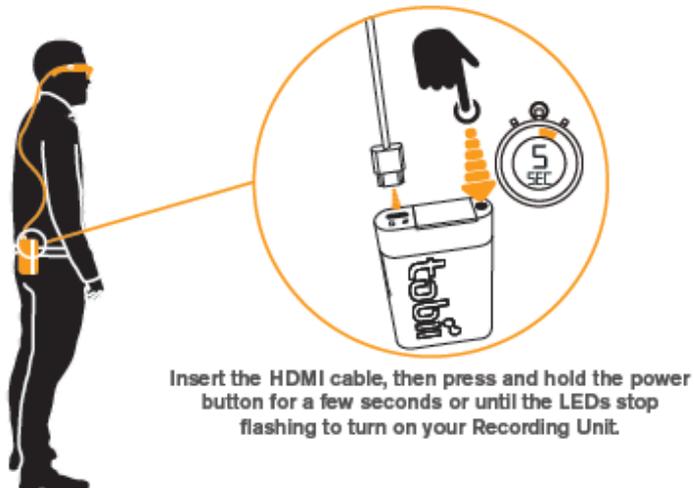
Gently squeeze the nose pads together and insert the Nose Pad into the two holes on the head unit.



4) Head Unit preparation



5) Powering the Recording Unit



6) Software installation



Download, install and open "Tobii Glasses Controller Software" on your Windows tablet/computer.

7) Connecting to your device

Wireless

Find and connect to your Glasses 2 via WLAN.
(Look on the back of the Recording Unit for the serial number, this will be the name of the WLAN network.)

Step 1



The WLAN password for your Tobii Glasses 2 is **"TobiiGlasses"** with a capital T and G.

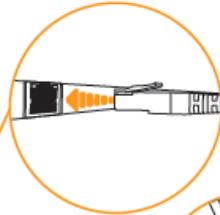
Step 2



7 - Connecting to your device

Wired

If using a wired connection, securely connect the Ethernet cable to the Recording Unit and to your computer.

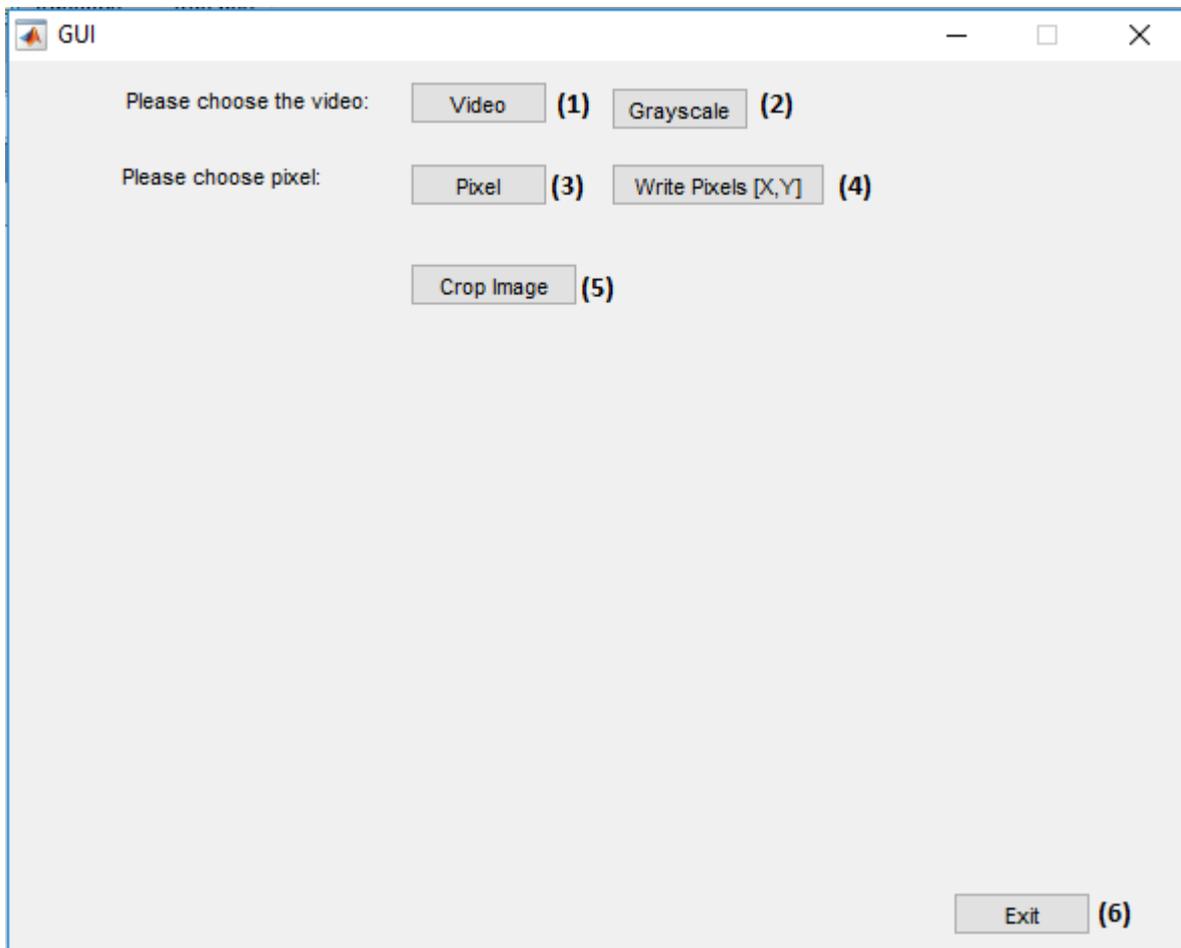


Παράρτημα ΣΤ: Οδηγός εγγραφής βίντεο με τα Tobii Pro Glasses 2

- I. Create a project
- II. Create a new recording
- III. Calibrating a participant
- IV. Start a recording
- V. Stop recording
- VI. Import your data

Παράρτημα Z: Οδηγός χρήσης νέου λογισμικού

Οδηγός χρήσης λογισμικού

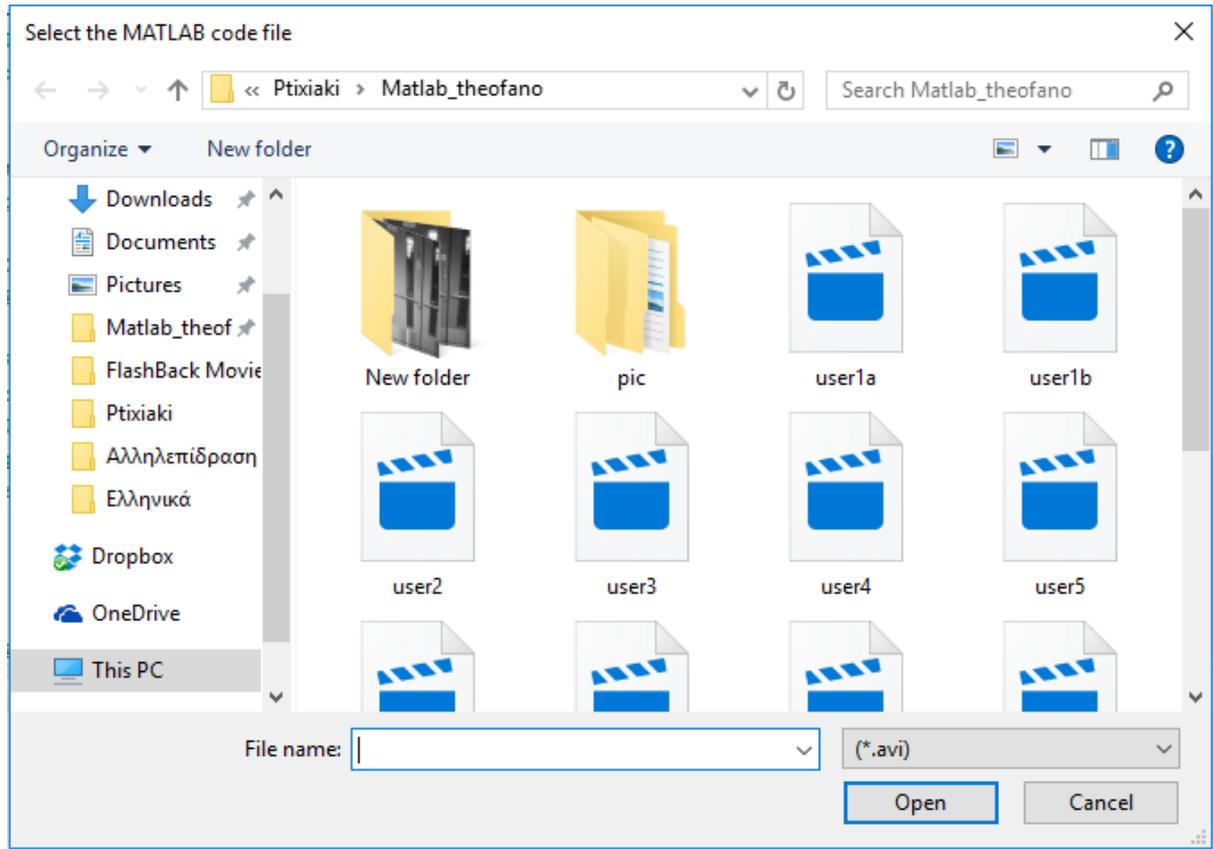


Εικόνα 5-1: Κεντρική οθόνη λογισμικού

Επεξήγηση κάθε επιλογής:

Αρχικά ο χρήστης πρέπει να εισάγει το βίντεο που θέλει να επεξεργαστεί. Αυτό γίνεται επιλέγοντας το κουμπί (1). (Εικ. 5-1)

Επιλέγοντας αυτό το κουμπί θα εμφανιστεί ένα παράθυρο επιλογής από τα αρχεία που βρίσκονται στον υπολογιστή του, όπως φαίνεται πιο κάτω. (Εικ. 5-2)

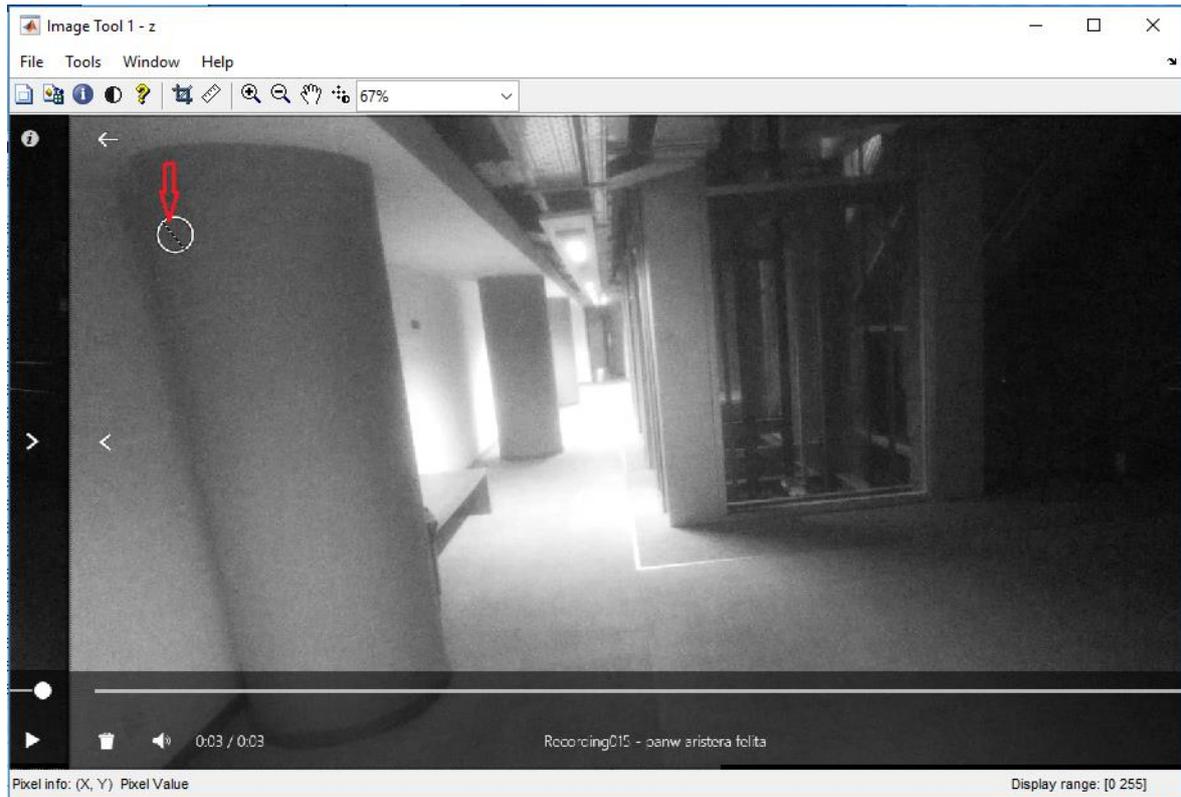


Εικόνα 5-:2 Επιλογή βίντεο από αρχεία υπολογιστή χρήστη.

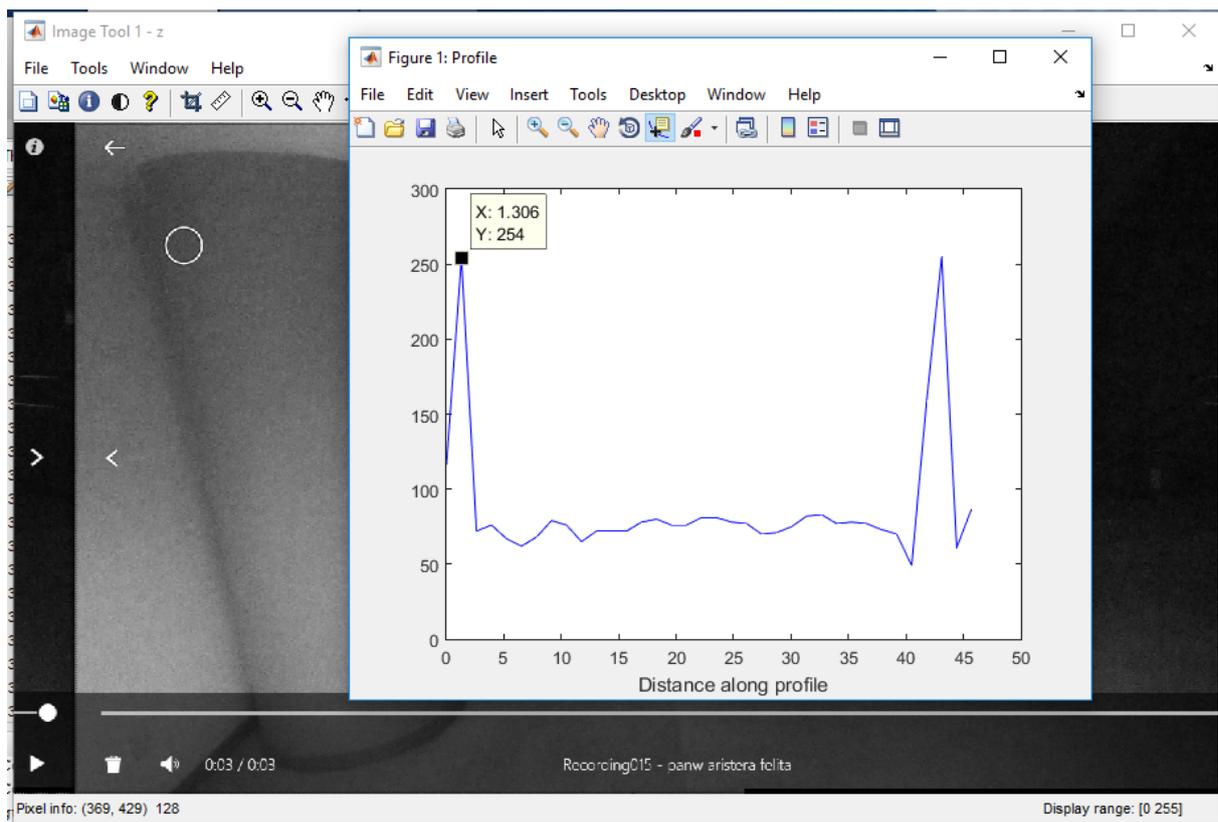
Το σύστημα με αυτή την επιλογή καταγράφει αυτόματα τα στιγμιότυπα του συγκεκριμένου βίντεο σε έγχρωμη μορφή.

Επιλέγοντας το κουμπί (2) Εικ (5-1) δημιουργούνται τα στιγμιότυπα και σε grayscale μορφή.

Στην συνέχεια, αν ο χρήστης επιθυμεί να επιλέξει συγκεκριμένη γραμμή για να δει τις συντεταγμένες τις (χρώμα και τοποθεσία pixel) μπορεί να επιλέξει το κουμπί (3) Εικ (5-1) και θα εμφανιστούν οι εικόνες (5-3) και (5-4) όπως φαίνεται πιο κάτω. Η εικόνα που εμφανίζει το σύστημα για επιλογή pixel είναι μια από τα grayscale στιγμιότυπα που δημιούργησε προηγουμένως



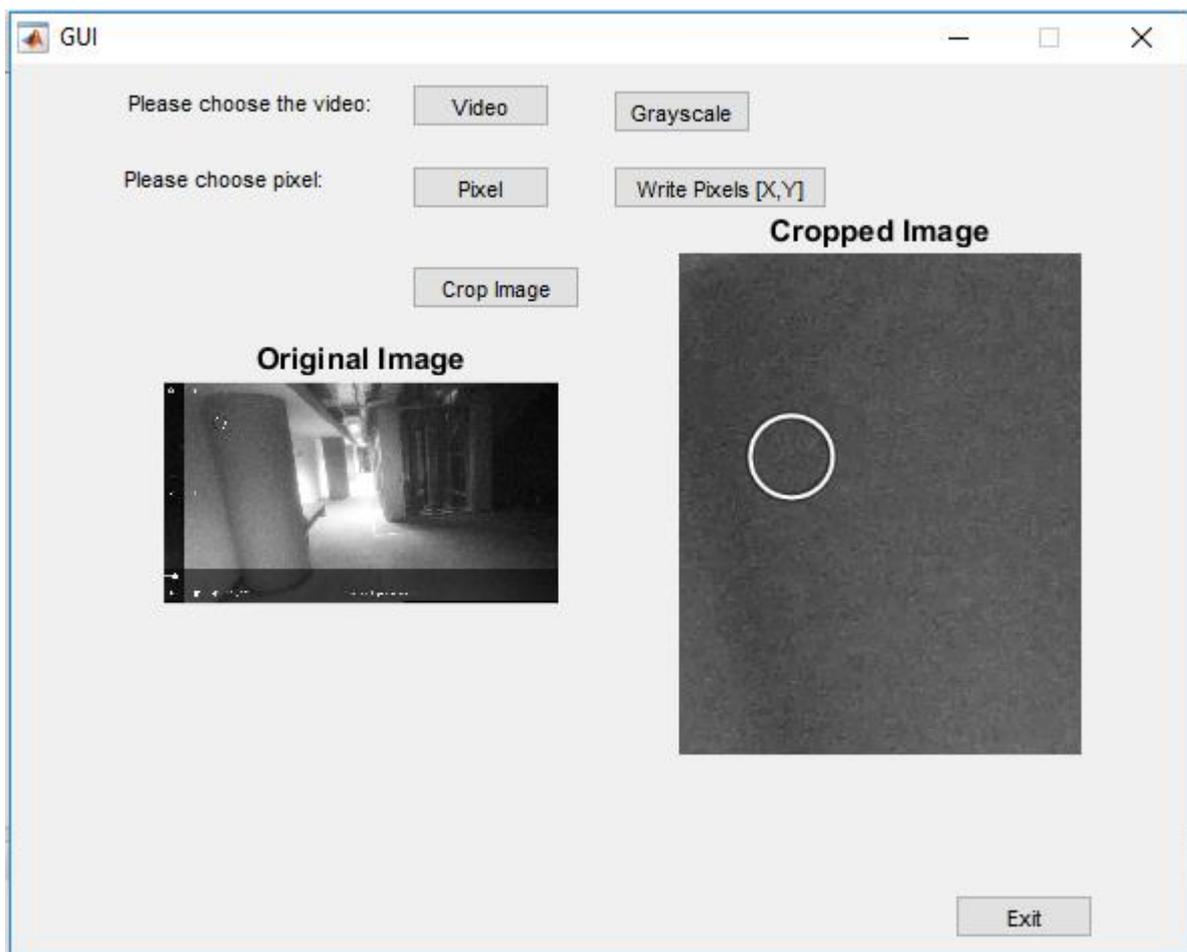
Εικόνα 5-3: Επιλογή γραμμής.



Εικόνα 5-4: Εμφάνιση συντεταγμένων γραμμής.

Μετάπειτα ο χρήστης επιλέγοντας το κουμπί (4) Εικ (5-1) μπορεί να δει τις συντεταγμένες (X,Y) των περιοχών όπου υπήρχε εστίαση προσοχής στο συγκεκριμένο βίντεο. Μέσω αυτών ο χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει την περιοχή που εστίασε περισσότερο για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Τέλος επιλέγοντας το κουμπί (5) Εικ (5-1) ο χρήστης μπορεί να εισάγει τις συντεταγμένες που εξήγαγε προηγουμένως ή οποιεσδήποτε άλλες συντεταγμένες επιθυμεί και το σύστημα θα του εμφανίσει την περιοχή αυτή. (Εικ 5-5).



Εικόνα 5-5: Αποκομμένη περιοχή εστίασης προσοχής μεγαλύτερου διαστήματος

Το κουμπί (6) στην Εικ (5-1) οδηγεί στην έξοδο από το σύστημα.

Παράρτημα Η: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ ΤΕ.ΠΑ.Κ

🏠 🔍 🌐 🇬🇷

ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΠΟΥΔΕΣ
ΕΡΕΥΝΑ
ΣΧΟΛΕΣ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑΤΑ
ΝΕΑ ΚΑΙ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ/ΕΙΣΔΟΧΗ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ

ΔΑΦΝΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΣΗΣ



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ

ΕΡΕΥΝΑ, ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ



ΤΡΕΧΟΥΜΕ ΔΥΝΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΛΟ ΣΚΟΠΟ

ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΝΕΑ



ΨΑΞΕ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ, ΣΤΙΣ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ... ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΚΥΠΡΟΥ ΣΤΟΥΣ ΕΡΕΤΑΣΜΟΥΣ ΣΤΗ ΑΕΜΕΣ



ΟΙ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥΣ ΣΥΜΦΟΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΣ



FIRST WORLD DESIGN DAY CONTEST, 2016 (29 & 30.05.2016)

ΠΡΟΣΕΧΕΙΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΟΙΤΗΤΩΝ

Πρόγραμμα Erasmus

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Υπηρεσίες που καταπολέμω το ΤΥΚ στο σύγχρονο ηλεκτρονικό περιβάλλον

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣΗ

Σταθερές Εργασίες Προσφοράς Πρακτικής Αξιοποίησης και εκπαιδευτική προσαρμογή

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Βιβλιοθήκη και Υπηρεσία Παιδαγωγικής

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
© 2016 | [ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑ](#)

📧 📱 📺 📷

ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ

- ▶ Φιλοξενία
- ▶ Email (για φοιτητές)
- ▶ Ηλεκτρονική Μάθηση (e-learning)
- ▶ Επικοινωνία με τον Πανεπιστήμιο

ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

- ▶ Αρχειοθετημένες
- ▶ Αρχειοθετημένες
- ▶ Γραφείο Πρόεδρος και Αντιπρόεδρος
- ▶ Διαχειριστής Πανεπιστημίου

ΦΟΙΤΗΤΕΣ

- ▶ Σπουδές και Τμήματα
- ▶ Διαδικασία Εισόδου στο Πανεπιστήμιο
- ▶ Οδηγός Προσέλευσης
- ▶ Πρόγραμμα Σπουδών
- ▶ Μεταπτυχιακά Προγράμματα
- ▶ Αξιολόγηση
- ▶ Σπουδές

ΕΡΕΥΝΑ

- ▶ Ερευνητικές Προσφορές
- ▶ Αξιολόγηση
- ▶ Ηλεκτρονική
- ▶ Ερευνητικές
- ▶ ΕΡΕΥΝΑ

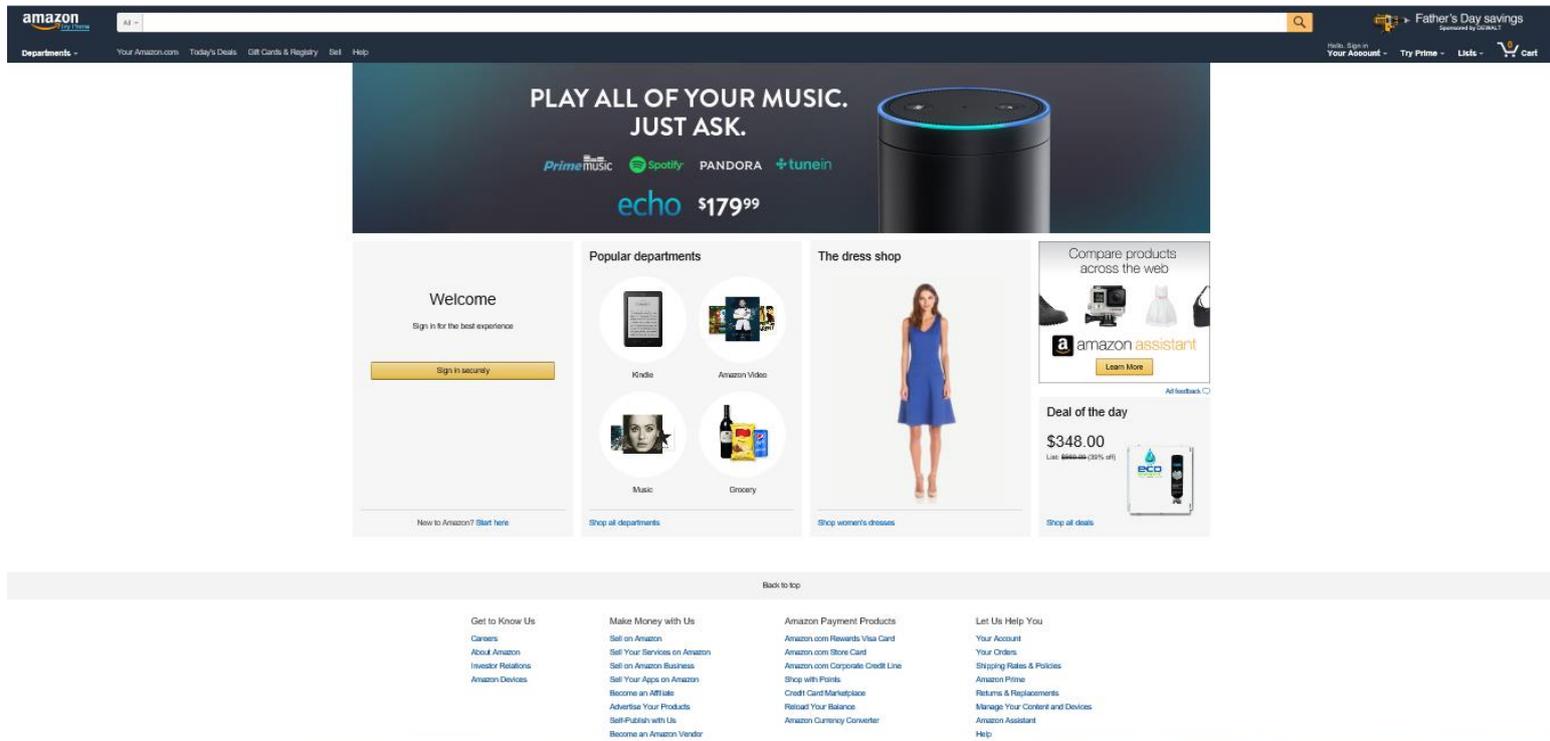
ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

- ▶ Υπηρεσία Ανθρώπινου Δυναμικού
- ▶ Υπηρεσία Διαχείρισης Προσωπικού
- ▶ Υπηρεσία Διαχείρισης Πανεπιστημίου
- ▶ Υπηρεσία Συστημάτων Πληροφορικής και Τεχνολογίας
- ▶ Υπηρεσία Σπουδών και Φοιτητικής Μέριμνας
- ▶ Υπηρεσία Σπουδών και Διαβίωσης Σπουδαστών
- ▶ Εργαστήριο

SOME TITLE

- ▶ Cutting Edge
- ▶ Europa Direct
- ▶ e-learning
- ▶ EU Radio
- ▶ eLibrary

Παράρτημα Θ: ΙΣΤΟΤΟΠΟΣ AMAZON



Παράρτημα Ι: ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ»

Κάθε διαδρομή και μια ιστορία.

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ

Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ

Το πρωτο σελίδιο της Ελλάδας

News 24

ΤΟΡΑ: [Δια ανάγνωση με τον ήχο](#)
Εξέλιξη σε 90' [Health News](#) [Φορολογία](#) [Elections](#) [Apps](#) [Home](#)

ΚΥΡΙΑΚΑ
ΠΟΛΙΤΙΚΗ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ
ΕΙΣΑΓΓΕΛΙΑ
ΚΟΙΝΩΝΙΑ
GOOD LIFE
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ
ΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ΕΘΝΟΚ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΝΕΑ

Κυπριακό και οικονομική συνεργασία στην ατζέντα ΠτΔ και Αμε. Κογκρέσου

Συνάντηση με τον ΠτΔ σε αίθουσα υποδοχής του Δημοκρατικού Κοινοβουλίου

** Συζήτηση για Κυπριακό Πάουερ-Μονεράκης

Παρά το «κατασηματικό» η ορόσηφο του ΔΑΚ

** Παύλος Πάουερ-Μονεράκης κέρδισε Τραμπάκι & Δουράκη

Στον Δάσο Πάουερ - Παινηγορά υποδοχή από τους ομιλητές

** Η νέα διάσκεψη των αρχηγών της ατζέντας κυπριακή

Επιμένει ο ΠΟΥ στους διυλιστικούς του Ρίο παρά τον ισό Σακ

** Αρκετοί από 12 απόπειρες, αναζητούνται για εγκληματίες από Σουηδία & Γερμανία

Κόσμος: Μεγάλη συνάντηση Νίκου Κιζιλή

VIDEOS

Επίσημο μήνυμα του ΠτΔ στην ΚΑΔΑ

ΜΑΡΤΙΝΟΣ ΠΑΥΛΟΣ: Έπαινος Κι Μονεράκης του Σπύρου

Αθήνα: Δοκίμοι από τον Ουίλσον, αναμένεται να περάσει

** Έναρξη διαπραγματεύσεων για ανακατανομή εισοδήματος

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ

Σεργίο Ουάρεζ του Κίργου ανακοινώνει

Με απόφαση κυβέρνησης η Τραπεζική Διοίκηση του Σ.Α.

Με απόφαση κυβέρνησης το ΔΑΚ

Η Διεύθυνση Οικονομικών αναμένεται στην Εξουσία

Διεύθυνση Οικονομικών Τραπεζών στην Κοπή

Ο Διευθυντής Οικονομικών στην Εξουσία Ουάρεζ

Κατά 20% μειώθηκε η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος από το 2022

Αξιωματικός στην ΣΕΚ

Νέο Σαββατοκύριακο διακοπών για την Τραπεζική Κοπή

ΠΟΛΙΤΙΚΗ

ΠτΔ: Πάουερ του Πάουερ θα άνοιξε πραγματική ατζέντα για το Τράβερς (23.08.2024) | 17:42

Βασίλειος: Διεύθυνση προετοιμάζει ατζέντα για πρώτο επισημοποιημένο Αμερικανό (23.08.2024) | 16:52

Κυπριακό και οικονομική συνεργασία στην ατζέντα ΠτΔ και Αμε. Κογκρέσου (23.08.2024) | 16:02

ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ - ΚΥΠΡΟΣ

Απόλυτοι: Το άθλημα που προκρίνει (23.08.2024) | 16:07

Κόσμος: Μεγάλη συνάντηση Νίκου Κιζιλή (23.08.2024) | 09:42

ΑΠΟΕΚ: Ο Νεκτάριος και οι φίλοι (23.08.2024) | 10:12

ΚΥΡΙΑΚΑ

Έναρξη στην αυτοεπιτόθιο ο Σάουερ (23.08.2024) | 16:42

Νέο κέρσηνο Σάουερ για κατανομή εισοδήματος (23.08.2024) | 16:42

ΠΛΩΝΟ: Πρώτη δικαστική ήλξη για υποχρεωτικό αόριστο κέρσηνο (23.08.2024) | 16:12

ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ - ΔΙΕΘΝΗ

Όλα εντάξει με τον Μίσο (23.08.2024) | 17:42

Μαϊά κέρσηνο αθλίας ο Σακ (23.08.2024) | 17:02

ΔΕΚ: Εργασία Παύλο ο κέρσηνο (23.08.2024) | 16:02

NEWS ROOM

Έναρξη στην αυτοεπιτόθιο ο Σάουερ | 16:42

Νέο κέρσηνο αθλίας ο Σακ | 16:42

Παύλο κέρσηνο Σάουερ για ανακατανομή εισοδήματος (23.08.2024) | 16:42

Παύλο να κέρσηνο κέρσηνο κέρσηνο στην Ιαλία | 16:12

Σεργίο Ουάρεζ του Κίργου ανακοινώνει για την ατζέντα της Τραπεζικής Διοκ. (23.08.2024) | 16:02

Τραπεζική Διοίκηση από τη Σαββατοκύριακο κέρσηνο στην ατζέντα της Τραπεζικής Διοκ. (23.08.2024) | 16:02

Οικονομικά με τον Μίσο | 16:02

Μαϊά κέρσηνο αθλίας ο Σακ | 17:02

ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ

ΑΠΟΦΡΑΓΙΑ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΜΑΡΙΣ

Το επισημοποιημένο του Μονεράκης

ΜΙΣΟΛΟΓΙΑ ΤΟΜΑΡΙΣ

Προετοιμάζει κέρσηνο

ΧΡΗΣΤΕΣ ΣΑΚΟΣ

Οι κέρσηνο αθλίας ο Σακ

ΜΙΣΟΛΟΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

Ο κέρσηνο αθλίας ο Σακ

ΝΙΚΟΣ ΣΤΡΑΤΙΣ

Μεγάλη συνάντηση Νίκου Κιζιλή

ΚΙΣΤΟΣ ΜΙΣΟ

Οι κέρσηνο αθλίας ο Σακ

72