



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Καταγραφή βλέμματος ως μέσο παθητικής αλληλεπίδρασης στην διαδραστική αφήγηση Eye tracking as an input for passive interaction in interactive narration
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Γιώργος Χαλάς
Πατρώνυμο	Ιωάννης
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 16036
Επιβλέπων	Θεμιστοκλής Παναγιωτόπουλος, Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Θεμιστοκλής
Παναγιωτόπουλος
Καθηγητής

Δημήτριος Αποστόλου
Αναπληρωτής Καθηγητής

Άγγελος Πικράκης
Επίκουρος Καθηγητής

Ευχαριστίες

Αρχικά, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Θεμιστοκλή Παναγιωτόπουλο για την συνεργασία του στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου.

Επίσης, πρέπει να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την υποστήριξη τους όλο αυτό το διάστημα και ειδικότερα όσους συμμετείχαν στην δοκιμή της εφαρμογής.

Τέλος, αφιερώνω την διπλωματική μου εργασία στην οικογένεια μου, στους γονείς μου Γιάννη και Ελένη, και τον αδερφό μου Νίκο.

Fates favor the ones who help themselves.

Περίληψη

Η μέτρηση των διακυμάνσεων της εγρήγορσης ενός χρήστη κατά την διάρκεια της διαδραστικής αφήγησης μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των σχεδιαστών καθώς αποτελεί μια έμμεση μέτρηση τόσο των γνωστικών διεργασιών όσο και της συναισθηματικής του κατάστασης. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στους σχεδιαστές να προσαρμόσουν το περιεχόμενο της αφήγησης για να παρέχουν την βέλτιστη δυνατή εμπειρία. Η μέτρηση της εγρήγορσης μέσω μιας συσκευής καταγραφής βλέμματος αποτελεί μια ενδιαφέρουσα προοπτική καθώς παρεμβαίνει ελάχιστα στην διαδικασία της αφήγησης και από τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνεται ικανή να παράγει αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο.

Abstract

The measurement of physiological arousal can be a useful tool for interactive narrative designers, as it is an index for both cognitive workload and emotional state. The implementation of such measurement in an interactive narration system can aid the designers in providing rich experiences by giving them the ability to adjust the content of the narration based on users' states. The use of an eye tracking device in order to measure physiological arousal is an interesting prospect because it has minimum level of interference during the narration and the results of this study show the capability of the method for real time estimations.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη	4
Abstract	5
Εισαγωγή.....	9
Στόχος	9
Μεθοδολογία	9
Δομή	10
Έρευνα	11
Εγρήγορση	11
Χαρακτηριστικά της εγρήγορσης	11
Μέτρηση εγρήγορσης.....	11
Σχέση της εγρήγορσης με συναισθήματα.....	13
Συμπεράσματα κεφαλαίου.....	14
Καταγραφή κίνησης ματιού	15
Οφθαλμοκινητικό σύστημα	15
Σακκαδική κίνηση	15
Αναλογία μήκους σακκαδικής κίνησης και γωνιακής ταχύτητας ματιού.....	15
Ομαλή κίνηση παρακολούθησης.....	16
Ταχύτητα βλέμματος ως δείκτης εγρήγορσης	16
Καταγραφή κίνησης ματιών μέσω εξειδικευμένων συσκευών.....	17
Tobii Eyetrackers.....	18
Συμπεράσματα κεφαλαίου.....	19
Διαδραστική Αφήγηση	19
Αλληλεπίδραση και Μέσο Αφήγησης	19
Δύο τύποι αλληλεπίδρασης.....	20
Παραδείγματα διαδραστικών αφηγημάτων	20
PINTER και Arztserie	21
The Moment	22
Flesh and Sand	23
Flow	23
Left4dead.....	24
Συνοπτική παρουσίαση παραδειγμάτων	24
Διαχείριση ροής κατά την διάρκεια της αφήγησης.....	24
Βέλτιστη απόδοση	26
Συναισθηματική υπολογιστική	28
Διαχωρισμός Ταινιών και Παιχνιδιών	29
Συμπεράσματα κεφαλαίου.....	30
Συμπεράσματα έρευνας	30
Ανάπτυξη.....	31

Σχεδίαση Εφαρμογής	31
Περιγραφή εφαρμογής και στόχος	31
Απαιτήσεις	32
Συσκευές και εργαλεία ανάπτυξης του συστήματος	32
Υπολογιστής	32
Οθόνη	32
Καταγραφέας βλέμματος	32
Μηχανή διαδραστικού αφηγήματος	33
Ανάπτυξη εφαρμογής	33
Δεδομένα κίνησης ματιών	33
Μετατροπή δεδομένων	33
Εύρεση γωνίας ματιών	33
Στροφή κεφαλιού γύρω από τον άξονα z	34
Ταχύτητα βλέμματος	35
Συνολική γωνία κίνησης βλέμματος	35
Εκτίμηση εγρήγορσης	36
Επικύρωση τιμών	37
Αποθήκευση δεδομένων	37
Βοηθητική μεταβλητή	38
Ανάπτυξη νήματος	38
Εργασίες νήματος	38
Δημιουργία Script	39
Αναπαραγωγή ταινιών	39
Δημιουργία οθονών	39
Πλήκτρα	41
Βελτίωση lag	42
Προτάσεις βελτίωσης εφαρμογής	42
Απλοποίηση κώδικα	42
Χρήση ριπών οφθαλμών	43
Coroutines	43
Φιλτράρισμα δεδομένων	43
Αξιολόγηση	44
Στόχος αξιολόγησης	44
Περιγραφή διαδικασίας	44
Παρουσίαση ταινιών μικρού μήκους	44
Whiplash	45
2048: nowhere to run	45
Pitch black heist	46
Saw 0.5	46
Curfew	46
Gunfighter	47
Καταγραφή βλέμματος ως μέσο παθητικής αλληλεπίδρασης στην διαδραστική αφήγηση	7

Μεταπτυχιακή Διατριβή	Γιώργος Χαλάς
Πραγματοποίηση δοκιμών.....	47
Παράδειγμα	47
Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων	48
Συμπεράσματα αξιολόγησης	52
Συμπεράσματα	54
Αναφορές.....	56
Παράρτημα Α: Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών	57

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την διαδραστική αφήγηση. Η έννοια της αφήγησης μπορεί να χαρακτηριστεί εξ ορισμού διαδραστική καθώς αφορά την επικοινωνία μεταξύ αφηγητή και κοινού. Ακόμα κι αν τα παραδοσιακά μέσα όπως ο κινηματογράφος ή το βιβλίο δεν επιτρέπουν την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του δημιουργού και του κοινού με άμεσο τρόπο, ο διάλογος μεταξύ των δύο μερών συμβαίνει με έμμεσο τρόπο. Ο δημιουργός είναι σε θέση να γνωρίσει την αντίδραση του κοινού στα έργα του και να λάβει αυτή την ανατροφοδότηση.

Πριν την εμφάνιση αυτών των μέσων όμως, όπου οι αφηγήσεις πραγματοποιούνταν προφορικά, ο αφηγητής είχε την δυνατότητα πιο άμεσης αλληλεπίδρασης με το κοινό. Αυτό έδινε την δυνατότητα στον αφηγητή να μπορεί να καταλαβαίνει τις αντιδράσεις του κοινού και να μπορεί να χρησιμοποιήσει αφηγηματικές τεχνικές με σκοπό να κερδίσει το ενδιαφέρον, να κορυφώσει την αγωνία ή ακόμα και να προσαρμόσει στοιχεία της ιστορίας με σκοπό να προσφέρει την καλύτερη δυνατή εμπειρία.

Αυτή η δυνατότητα δεν παρέχεται στα παραδοσιακά μέσα όπως η τηλεόραση ή το ραδιόφωνο. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο όρος της διαδραστικής αφήγησης χρησιμοποιούταν λιγότερο συχνά και αφορούσε περιπτώσεις όπου δινόταν στο κοινό η δυνατότητα να κάνει κάποια επιλογή για την εξέλιξη της ιστορίας, αναπτύσσοντας έτσι διαφορετικές αφηγηματικές δομές. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα βιβλία όπου ο αναγνώστης καλείται να επιλέξει τι θα συμβεί στην ιστορία μεταβαίνοντας σε αντίστοιχη σελίδα.

Τα σύγχρονα μέσα, τα οποία ορίζονται από την ύπαρξη υπολογιστικών συστημάτων ή και του διαδικτύου έχουν επιφέρει την ανάπτυξη σύνθετων αφηγηματικών δομών προσφέροντας στο κοινό πλούσιες και έντονες εμπειρίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο δέκτης της αφήγησης έχει την δυνατότητα πολύ πιο συχνών παρεμβάσεων στην ιστορία ή ακόμα και συνεχή παρουσία εντός του αφηγηματικού κόσμου, όπως για παράδειγμα σε ηλεκτρονικά παιχνίδια. Αυτό είναι και το χαρακτηριστικό το οποίο προσδιορίζει ο όρος της διαδραστικής αφήγησης.

Το γεγονός όμως ότι οι χρήστες εισέρχονται εντός του αφηγηματικού κόσμου και πραγματοποιούν επιλογές καθορίζοντας την εξέλιξη της ιστορίας προσφέρει μια ακόμα δυνατότητα που δεν δίνονταν από τα παραδοσιακά μέσα. Η ανάλυση της συμπεριφοράς και των επιλογών του χρήστη μπορεί να αποτελέσει μια είσοδο στο σύστημα της αφήγησης έτσι ώστε να ερμηνευθεί η συναισθηματική του κατάσταση. Έτσι μπορούν να τροποποιηθούν αφηγηματικά στοιχεία για να βελτιστοποιηθεί η εμπειρία, όπως αντίστοιχα μπορεί να πραγματοποιηθεί στην προφορική αφήγηση.

Αυτή η δυνατότητα βρίσκεται σε στάδιο διαρκούς εξέλιξης καθώς αναπτύσσονται και βελτιώνονται συσκευές που βοηθούν στην εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη και αναπτύσσεται και το αντίστοιχο θεωρητικό υπόβαθρο για την χρήση τους. Μια τέτοια περίπτωση συσκευής αφορά την συγκεκριμένη διπλωματική, πιο συγκεκριμένα η χρήση κάμερας καταγραφής βλέμματος για την εκτίμηση της εγρήγορσης.

Στόχος

Ο στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της εγρήγορσης ενός θεατή οπτικοακουστικού έργου με την χρήση συσκευών καταγραφής βλέμματος. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου κρίθηκε σκόπιμο να σχεδιαστεί μια εφαρμογή η οποία θα ήταν σε θέση να καταγράφει την ταχύτητα του βλέμματος ενός θεατή οπτικοακουστικού έργου.

Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του στόχου της διπλωματικής ακολουθήθηκε μια σύνθετη μεθοδολογία η οποία αποτελείται από επαναλαμβανόμενα στάδια έρευνας, σχεδίασης και αξιολόγησης. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι και εργαλεία.

Πιο συγκεκριμένα μέσω της βιβλιογραφίας έγινε προσπάθεια να κατανοηθεί η έννοια της εγρήγορσης και να αναζητηθούν τρόποι με τους οποίους μπορεί να εκτιμηθεί. Στην συνέχεια

πραγματοποιήθηκε εστιασμένη έρευνα στις συσκευές που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της εγρήγορσης, τον τρόπο λειτουργίας τους και τις δυνατότητες που αυτές παρέχουν.

Αφού προσδιορίστηκαν οι παραπάνω παράγοντες σχεδιάστηκε μια εφαρμογή η οποία θα επιχειρούσε να καταγράψει την εγρήγορση ενός χρήστη κατά την διάρκεια προβολής ενός οπτικοακουστικού έργου. Δημιουργήθηκαν σχεδιαγράμματα, γραφικές παραστάσεις και αναπτύχθηκαν πλούσιες εικόνες με σκοπό την καλύτερη δυνατή κατανόηση του προβλήματος. Στην συνέχεια καταγράφηκαν οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί του συστήματος και σχεδιάστηκε η διεπαφή της εφαρμογής. Τέλος, μετά την ανάπτυξη του κώδικα πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες δοκιμές και διορθώσεις μέχρι η εφαρμογή να φτάσει στο επιθυμητό επίπεδο.

Στο τελευταίο στάδιο σχεδιάστηκε η πειραματική διαδικασία με την οποία θα εξεταζόταν αν η συσκευή είχε την δυνατότητα να καταγράψει την εγρήγορση των θεατών. Αυτή περιλάμβανε την χρήση της εφαρμογής, ερωτηματολόγιο και ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.

Δομή

Η δομή της παρούσας διπλωματικής αποτελείται από πέντε βασικά μέρη. Το πρώτο αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής, όπου αναφέρονται ο στόχος της διπλωματικής, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο θα παρουσιαστεί η όλη διαδικασία.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται η έρευνα που πραγματοποιήθηκε τόσο για την ανάλυση του στόχου όσο και για την επίτευξη του. Η έρευνα εστίασε σε τρεις διαφορετικούς τομείς. Αρχικά έγινε προσπάθεια να κατανοηθεί η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά της εγρήγορσης και στην συνέχεια αναζητήθηκαν τρόποι με τους οποίους μπορεί να εκτιμηθεί η εγρήγορση κατά την διάρκεια μιας οπτικοακουστικής αφήγησης. Τέλος, αναζητήθηκε η χρησιμότητα ενός τέτοιου συστήματος στο πλαίσιο της διαδραστικής αφήγησης.

Στο τρίτο μέρος της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζεται η ανάπτυξη του συστήματος που προέκυψε από την έρευνα. Το συγκεκριμένο σύστημα πραγματοποιεί μια εκτίμηση για την κατάσταση εγρήγορσης του χρήστη κατά την διάρκεια προβολής μιας ταινίας μέσω ενός συστήματος καταγραφής βλέμματος. Κατά την διάρκεια του κεφαλαίου γίνεται καταγραφή του υλικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε αλλά και μια αρκετά αναλυτική περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του λογισμικού το οποίο αναπτύχθηκε.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η δοκιμή της εφαρμογής μέσω μιας πειραματικής διαδικασίας η οποία περιγράφεται στην τέταρτη ενότητα της διπλωματικής. Στην διαδικασία που ακολουθήθηκε χρήστες κλήθηκαν να παρακολουθήσουν ταινίες μικρού μήκους και καταγράφονταν η εκτίμηση του συστήματος σχετικά με την εγρήγορση τους. Στην συνέχεια, οι χρήστες καλούνταν να σχολιάσουν και να βαθμολογήσουν τις ταινίες που είδαν, έτσι ώστε να γίνει σύγκριση με τα αποτελέσματα του συστήματος.

Η τελευταία ενότητα της διπλωματικής αφορά τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας. Αυτά αφορούν κυρίως την βελτίωση της εφαρμογής, την δυνατότητα αξιοποίησης της σε διαδραστικά οπτικοακουστικά έργα και το ενδεχόμενο αξιοποίησης του σε άλλα είδους εφαρμογές.

Έρευνα

Η έρευνα που παρουσιάζεται επικεντρώθηκε σε τρία σημεία. Στο πρώτο κόμματι γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της εγρήγορσης, της σημασίας και των τρόπων με τον οποίο μπορεί να μετρηθεί. Στο δεύτερο στάδιο μας ενδιαφέρει η μελέτη της κίνησης των ματιών για την χρήση τους ως χαρακτηριστικό για την εκτίμηση της εγρήγορσης μέσω μιας συσκευής καταγραφής βλέμματος. Τέλος, στο τελευταίο στάδιο μας ενδιαφέρει η χρήση της εκτίμησης της εγρήγορσης ως είσοδο σε ένα σύστημα διαδραστικής αφήγησης.

Εγρήγορση

Σε αυτό κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά της εγρήγορσης. Σκοπός είναι να γίνει κατανοητό τι εννοείται με τον όρο εγρήγορση, ποια είναι τα χαρακτηριστικά της και από τι επηρεάζεται. Επίσης αναζητούνται τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από την ανάλυση της εγρήγορσης. Τέλος, η έρευνα εστιάζει στην διακύμανση της εγρήγορσης κατά την διάρκεια της οπτικοακουστικής αφήγησης.

Χαρακτηριστικά της εγρήγορσης

Το αυτόνομο νευρικό σύστημα, είναι το τμήμα του νευρικού συστήματος το οποίο είναι υπεύθυνο για την λειτουργία των οργάνων. Σε μεγάλο βαθμό λειτουργεί ασυνείδητα από το άτομο και ρυθμίζει λειτουργίες όπως ο ρυθμός της καρδιάς, της αναπνοής κ.α.. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα, χωρίζεται σε δύο βασικά υποσυστήματα, το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και το παρασυμπαθητικό. Το πρώτο είναι αυτό που προετοιμάζει τον οργανισμό για μια απότομη αντίδραση με την οποία θα δαπανήσει πολύ ενέργεια, μια κατάσταση «πάλης ή φυγής». Αντίθετα, το παρασυμπαθητικό σύστημα προετοιμάζει τον οργανισμό για την αντίθετη λειτουργία, μια κατάσταση ξεκούρασης [1].

Με τον όρο εγρήγορση χαρακτηρίζεται ως μια κατάσταση κατά την οποία ενεργοποιείται ο συμπαθητικό νευρικό σύστημα. Η ενεργοποίηση του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος επιφέρει αλλαγές σε διάφορα όργανα του ανθρώπου. Οι πιο χαρακτηριστικές μεταβολές είναι:

- Διαστολή της κόρης του ματιού
- Έκκριση αδρεναλίνης
- Εφίδρωση
- Αύξηση αρτηριακής πίεσης
- Αύξηση ρυθμού καρδιακών παλμών
- Σύσπαση αγγείων

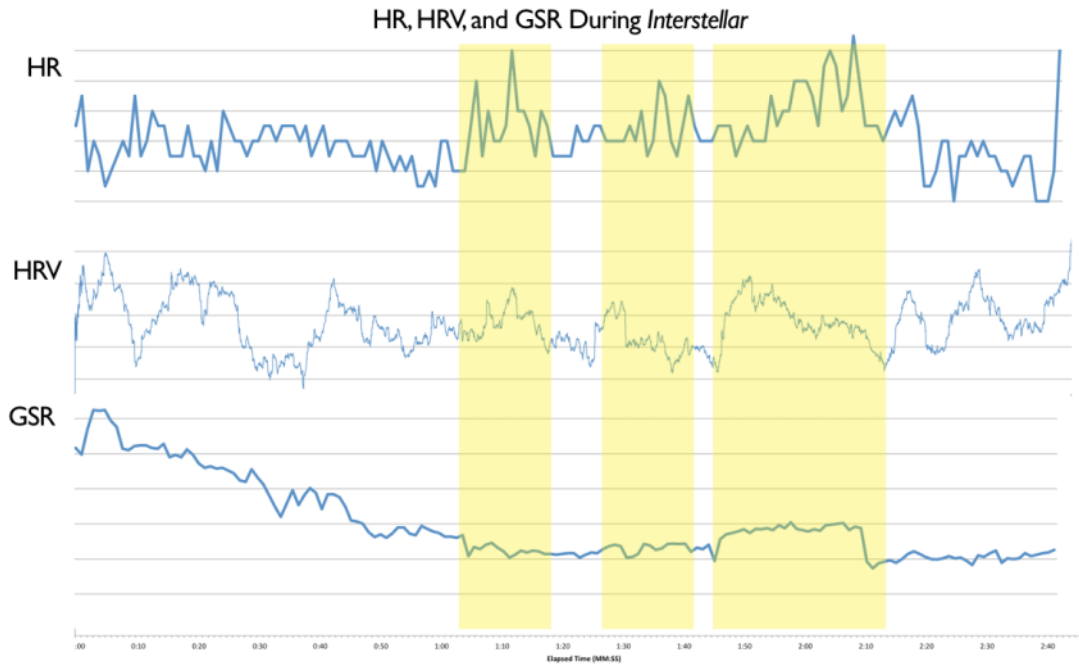
Η εγρήγορση επηρεάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά σε πολλά επίπεδα, καθώς επηρεάζει την προσοχή, την ετοιμότητα του ατόμου και την ικανότητα του να επεξεργαστεί πληροφορίες αλλά και ενισχύει για διεργασίες της μνήμης του.

Μέτρηση εγρήγορσης

Για την μέτρηση και την διαπίστωση της κατάστασης εγρήγορσης παρατηρούνται οι μεταβολές των οργάνων που ελέγχονται από το νευρικό σύστημα. Για παράδειγμα μια απότομη μεταβολή και αύξηση του καρδιακού ρυθμού είναι ένας δείκτης εγρήγορσης.

Επίσης, για την αναγνώριση της ενεργοποίησης του συμπαθητικού συστήματος, πέρα από τις μετρήσεις στα όργανα που επηρεάζονται άμεσα, μπορεί να μετρηθεί και έμμεσα. Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος μέτρησης της εγρήγορσης είναι μέσω ηλεκτρικής αγωγιμότητας του δέρματος. Λόγω της εφίδρωσης και της μεταβολής στην κυκλοφορία του αίματος, κατά την διάρκεια της εγρήγορσης το άτομο παρουσιάζει αυξημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα στο δέρμα του.

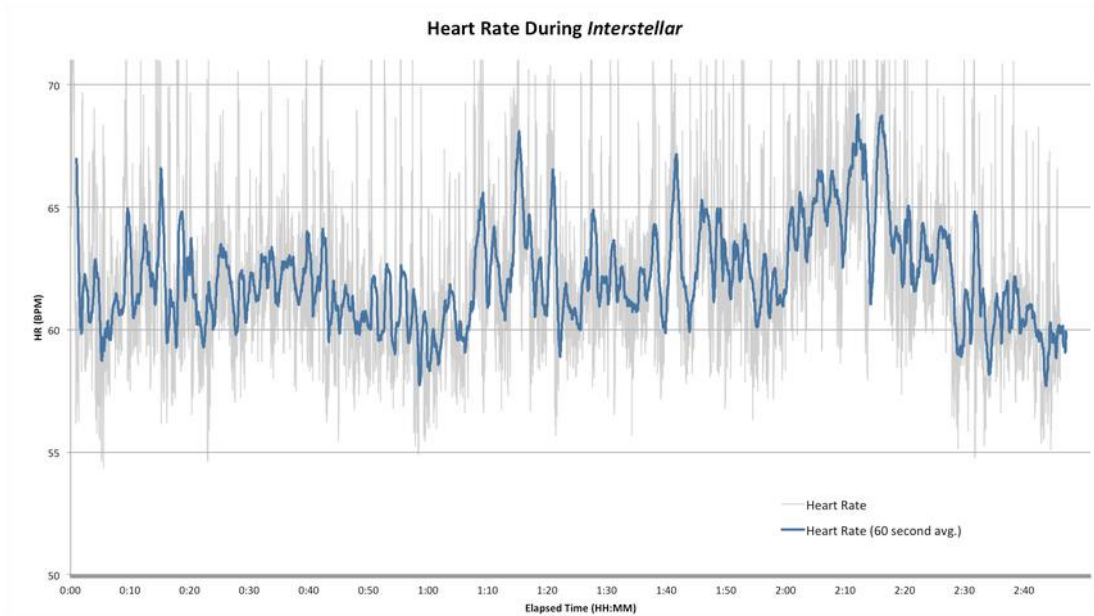
Στην φωτογραφία που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τριών διαφορετικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε ένα άτομο κατά την διάρκεια προβολής της ταινίας Interstellar. Στο διάγραμμα παρατηρούνται οι μετρήσεις GSR (μέτρηση της αγωγιμότητας του δέρματος), HR όπου είναι ο ρυθμός των καρδιακών ρυθμών, και HRV η οποία είναι μια πιο σύνθετη μέτρηση που εστιάζει στις αποστάσεις μεταξύ των παλμών της καρδιάς.



Εικόνα 1 Στα διαγράμματα φαίνονται τρεις διαφορετικές μετρήσεις στο ίδιο άτομο κατά την διάρκεια προβολής της ταινίας *Interstellar*. Η πρώτη αφορά τον καρδιακό ρυθμό (HR), η δεύτερη την μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) και η τελευταία αφορά την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος (GSR). Οι περιοχές που έχουν τονιστεί αφορούν κρίσιμα σημεία της ταινίας και επισημάνθηκαν για να γίνει σύγκριση μεταξύ των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις που παρουσιάστηκαν παραπάνω είναι ενδεικτικές. Στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλές συσκευές οι οποίες καταγράφουν διαφορετικές μεταβολές της ανθρώπινης φυσιολογίας για να συμπεράνουν την εγρήγορση του ατόμου. Σε μεγάλο βαθμό η επιλογή των συσκευών εξαρτάται από την εργασία που πραγματοποιεί το άτομο που εξετάζεται. Όπως είναι λογικό κάθε μέτρηση έχει διαφορετικό τρόπο ανάλυσης. Στην φωτογραφία που παρουσιάστηκε παραπάνω έχουν τονιστεί τα σημεία στα οποία παρατηρήθηκε απότομη μεταβολή του καρδιακού ρυθμού, έτσι ώστε να συγκριθεί με τις διακυμάνσεις των υπολοίπων χαρακτηριστικών.

Επίσης, μια ακόμα παράμετρος της διαδικασίας αποτελεί το φιλτράρισμα των σημάτων που λαμβάνονται από τις συσκευές. Για παράδειγμα μια σημαντική διαδικασία είναι αυτή της απαλοιφής του θορύβου που μπορεί να εμπεριέχεται στα δεδομένα που συλλέγονται. Για τον λόγο αυτό υπάρχει πληθώρα τεχνικών οι οποίες εξαρτώνται από τις εκάστοτε συσκευές που χρησιμοποιούνται και τα χαρακτηριστικά τους. Ακόμα και για την διευκόλυνση της ανάλυσης τα δεδομένα μπορεί να ομαλοποιηθούν, όπως φαίνεται στην φωτογραφία που ακολουθεί, λαμβάνοντας για παράδειγμα τους μέσους όρους των μετρήσεων των τελευταίων εξήντα δευτερολέπτων.



Εικόνα 2 Στο διάγραμμα φαίνεται το φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων που πραγματοποιείται ώστε να φαίνονται καλύτερα οι διακυμάνσεις. Με το γκρι χρώμα είναι οι τιμές που καταγράφονται από την συσκευή ενώ με το μπλε χρώμα είναι ο μέσος όρος των τελευταίων εξήντα δευτερολέπτων, όπου αποτελεί και την μέτρηση που χρησιμοποιείται στην ανάλυση.

Σχέση της εγρήγορσης με συναισθήματα

Η μελέτη της εγρήγορσης που παρουσιάζεται γίνεται στο πλαίσιο της διαδραστικής αφήγησης κι ένας από τους βασικούς στόχους μιας αφήγησης είναι η δημιουργία συναισθημάτων. Υπάρχουν πολλές θεωρίες για το τι είναι τα συναισθήματα και πως δημιουργούνται. Πολλές από αυτές συνδυάζουν την εγρήγορση με την ανάπτυξη συναισθημάτων. Για παράδειγμα, η θεωρία των James–Lange προτείνει ότι τα συναισθήματα είναι το αποτέλεσμα των μεταβολών που προκαλούνται στη φυσιολογία του ατόμου ως αντίδραση σε κάποιο ερέθισμα.

Ακόμα και αν ο μηχανισμός με τον οποίο λειτουργούν τα συναισθήματα δεν είναι πλήρως προσδιορισμένος, και υπάρχουν διάφορες θεωρίες, η σχέση των συναισθημάτων με συγκεκριμένες μεταβολές της φυσιολογίας είναι δεδομένες. Για παράδειγμα στον πίνακα που ακολουθεί παρατηρούνται κάποια μοτίβα μεταβολών και το αντίστοιχο συναίσθημα στο οποίο κατατάσσονται [2].

	Anger	Anxiety	Disgust Contamination	Disgust Inhibition	Embarrassment	Fear	Fear Intense Stress	Sadness Crying	Sadness Noncrying	Sadness Anticipatory	Sadness Acute	Affection	Amusement	Contentment	Happiness	Joy	Arctic Pressure Visual	Arctic Pressure Imagery	Hide	Relief	Surprise	Suspense	
Cardiovascular																							
HR	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	(↓)	
HRV	↓	↓	↑	-	(↓)	↓	(-)	-	↓	(↓)	↑	↓	↑	↑	↓	↑	(↑)	(↑)	(-)	↑	↑	(↓)	
LF		(↑)				(-)				(↓)	↑												
LFHF		(↑)		(↓)										(-)									
PWA						(↑)								(-)									
TWA	↓		(↑)	(↓)		(↓)								(↑)									
LVET	↓		(↓)	(↓)		↓				↑				(↑)	(-)	(↓)							
HI	↑					(↑)																	
PEP	↓		(↓)	(↓)	(↓)	↓				↑	↑			(↑)	(↑)	↑					(-)		
SV	↑	(-)	↓	(-)	↓	↓				↓					(-)	(↓)							
CO	↑	(↑)	(↓)	(↓)	(-)	↑				↑	↑			(↓)	(-)	-					(-)		
SBP	↑	↑	↑	↑	(↑)	↑				↑	(↓)			↑	(↓)	↑	↑						
DBP	↑	↑	↑	↑	(↑)	↑				↑	↓			↑	(↓)	↑	↑						
MAP	↑	↑	↑	↑	↑	↑				↑	↓			↑	(↓)	↑	↑						
TPR	↑	↑	(-)	(↑)	↑	↓				↑	↓			(↑)	(↑)	(-)					(-)		
FPA	↓	↓	↓	↓	↓	(↓)	↓	↓	↓	(↑)	↓			(↓)	(-)	↑					(↑)		
FPTT	↓	(↓)	↑	↑	↑	↓	(-)	↓	↓	(↓)	↑					↑							
EPTT		(↓)	↑	↑	↑	↓	(↓)	↓	↓	↑	↑					↑							
FT	↓	(↓)	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓			(-)								↑	
HT	↑	(↑)	(↓)	(↓)			(↑)															↑	
Electrodermal																							
SCR	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓			↑	(-)	↑	↑				↓		
nSRR	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓			↑	↑	↑	↑				(↓)	(↑)	
SCCL	↑	↑	↑	↑	(↑)	↑	↓	↓	↑	↓	↑		(↑)	↑	↓	↑	-	↑	↑	↑	↓	(↑)	
Respiratory																							
IR	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			↑	↑	(↑)	(↓)	↑			(↓)	↓	
TI	(↓)	↓	↓	-	↓	↓					(↓)			(↓)	(↑)	↓	(↑)	(↓)			(↑)	↓	
Ite	(↓)	↓	↑	-	↓	↓					(↓)			(↑)	↓	(↑)	(↓)				(↑)	(↓)	
PI	(↑)				(↑)										(↓)							(↑)	
Pe															(↓)							(↓)	
TiTot			(↓)	-	(↑)							(↑)	(↓)									(↑)	
IR	↑	↓	(↓)		↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓			↑	↑	↑					(↓)	(↑)	
WTi		(↓)	-												(↑)						(↓)	(↓)	
Vib(t)	(↑)	(↑)	-							(↑)				(↑)	(↑)	(-)						(↓)	
Vv(t)	(↑)	(↑)	(↑)	-	↑							(↓)	(↑)		(↓)							(↓)	
aging	↑	↑																				↑	
Ros	(↑)	(↑)	(↑)	-										(↑)	(-)	(↑)	(-)					↑	
pCO ₂		↓			↓					↑				↑								(↓)	
ANS activator components																							
β-adrenergic	↑	(↑)	↑	(-)	(↑)	↑		(↑)	(↑)	(↑)			↑	(↓)	(↑)	-							
β-adrenergic	↑	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	↑		↑	↓	↑	↓			(↓)	(↓)	↓	↑						
cholinergic	↑	↑	↑	↑	(↑)	↑		↑	↓	↑	↓	(↑)	↑	↓	↑	↑	(↑)	(↑)	(↑)	(↑)	↓	(↑)	
vagal	↓	↓	↑	-	(↓)	↓		-	↓	(↓)	↑		↑	↑	↓	(↑)	(↑)				(-)		
respiratory	↑	↑	↑	-		↑		↑	↑	(↑)	↑		↑	↓	↑	(↑)	↓	↑				(↑)	
	↑ _{trachea}	↓ _{depth}	↑ _{Temp}			↑ _{Temp}		↓ _{depth}	↑ _{depth}	↓ _{depth}	↑ _{var}		↑ _{var}				(↓)	↓ _{depth}	↓ _{depth}		↓ _{depth}	↑ _{trachea}	↓ _{Temp}

Εικόνα 3 Στον συγκεκριμένο πίνακα παρουσιάζονται οι αναμενόμενες μεταβολές στα χαρακτηριστικά της φυσιολογίας ενός ατόμου ανάλογα με διαφορετικά συναισθήματα

Ένα μέρος του διεπιστημονικού πεδίου έρευνας της συναισθηματικής υπολογιστικής, αφορά την αναγνώριση συναισθημάτων και επεξεργάζεται δεδομένα όπως αυτά που παρουσιάζονται παραπάνω.

Συμπεράσματα κεφαλαίου

Η εγρήγορση, ως ενεργοποίηση του αυτόνομου νευρικού συστήματος, παίζει σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση ενός έργου από τον θεατή. Ο ρόλος της είναι κομβικός τόσο στην κατανόηση της ταινίας όσο και στην συναισθηματική εμπειρία που δημιουργεί. Η μέτρηση της πραγματοποιείται συνήθως για την ανάλυση της ανθρώπινης συμπεριφοράς και χρησιμοποιείται πληθώρα διαφορετικών συσκευών και μετρήσεων των μεταβολών της φυσιολογίας του ατόμου. Η ταυτόχρονη μέτρηση διαφορετικών μεταβολών ενδεχομένως να μπορεί να προσδιορίσει ακόμα και το συναίσθημα που βιώνει ένας χρήστης, μέτρηση η οποία είναι πολύ ενδιαφέρουσα τόσο στην διαδικασία της ανάλυσης όσο και στην αλληλεπίδραση ανθρώπου υπολογιστή.

Καταγραφή κίνησης ματιού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή του τρόπου με τον οποίο μπορεί να γίνει καταγραφή του ανθρωπίνου βλέμματος. Στόχος της διαδικασίας είναι να αναζητηθεί η δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης μέσα από την ανάλυση των ιδιοτήτων των οφθαλμών. Έτσι, στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά της κίνησης του ματιού αλλά και συσκευές που χρησιμοποιούνται για να την καταγράψουν.

Οφθαλμοκινητικό σύστημα

Για την χρήση του βλέμματος ως δεδομένο εισόδου σε ένα σύστημα αρχικά θα πρέπει να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο το μάτι κινείται. Η κίνηση του ματιού πραγματοποιείται από την επίδραση τριών διαφορετικών συστημάτων:

- Οφθαλμοκινητικό σύστημα
- Σύστημα σταθεροποίησης
- Σύστημα κίνησης κεφαλιού

Το πρώτο σύστημα είναι υπεύθυνο για την παρατήρηση σκηνών. Αφορά δηλαδή τις εκούσιες κινήσεις που πραγματοποιεί το άτομο για να αντιληφθεί το περιβάλλον του. Το δεύτερο σύστημα αφορά τις κινήσεις που πραγματοποιούνται όσο το άτομο έχει εστιάσει σε κάτι συγκεκριμένο. Ακόμα και κατά την διάρκεια τις εστίασης πραγματοποιούνται μικρές ακούσιες κινήσεις οι οποίες ρυθμίζουν την όραση του ατόμου. Οι τελευταία κατηγορία κινήσεων αφορά την προσαρμογή των ματιών στην κίνηση του κεφαλιού [3].

Η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί αφορά την κίνηση του ματιού που οφείλεται στο πρώτο σύστημα. Η επίδραση της εγρήγορσης ενδεχομένως βέβαια να εντοπίζεται και στα υπόλοιπα δύο, αλλά η εξέταση αυτής της περίπτωσης απαιτεί περεταίρω έρευνα και διαφορετικά εργαλεία μέτρησης.

Έτσι, πιο συγκεκριμένα, το οφθαλμοκινητικό σύστημα μπορεί επίσης να κατηγοριοποιηθεί σε τριών ειδών διαφορετικές κινήσεις:

- Σακκαδικές
- Παρακολούθησης
- Σύγκλισης – απόκλισης

Οι κινήσεις σύγκλισης και απόκλισης αφορούν μικρές ακούσιες κινήσεις των ματιών οι οποίες πραγματοποιούνται για να διορθωθεί η αίσθηση του βάθους και της προοπτικής. Οι υπόλοιπες δύο κατηγορίες κινήσεων είναι εκούσιες κινήσεις που κάνει ένας άνθρωπος για να παρατηρήσει το περιβάλλον γύρω του ή μια ταινία.

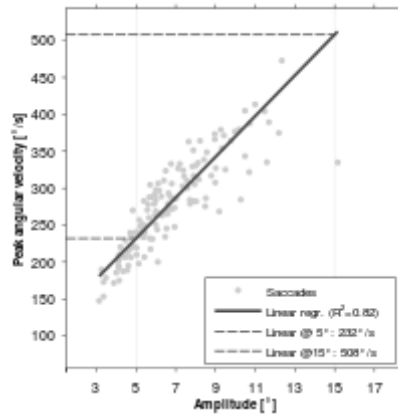
Σακκαδική κίνηση

Είναι οι κινήσεις που πραγματοποιεί το άτομο όταν αλλάζει σημείο εστίασης. Αποτελούν από τις πιο γρήγορες κινήσεις του ανθρωπίνου σώματος, μαζί με τις ριπές οφθαλμού. Η γωνιακή ταχύτητα μπορεί να φτάσει ως τις $900 \text{ }^\circ/\text{s}$. Η μέγιστη γωνιακή ταχύτητα η οποία επιτυγχάνεται από τα μάτια είναι ανάλογη με το μέγεθος της γωνίας την οποία διανύσανε. Για παράδειγμα μια κίνηση 10° αναμένεται να έχει μέγιστη ταχύτητα $300 \text{ }^\circ/\text{s}$, ενώ μια στροφή 30° κυμαίνεται γύρω στις $500 \text{ }^\circ/\text{s}$. Η ταχύτητα της κίνησης είναι ένα μέγεθος το οποίο δεν ελέγχεται από το υποκείμενο. Τέλος, οι άνθρωποι είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν μέγιστη στροφή ματιών 90 μοιρών, στην πραγματικότητα όμως και σε φυσικές συνθήκες σε στροφές μεγαλύτερες των 20 μοιρών στρίβουν και το κεφάλι τους.

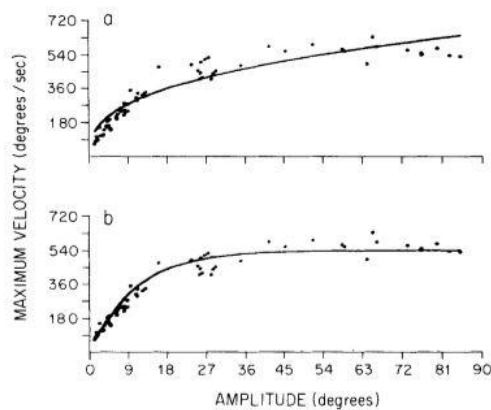
Αναλογία μήκους σακκαδικής κίνησης και γωνιακής ταχύτητας ματιού

Με τον όρο μήκος σακκαδικής κίνησης αναφέρεται η γωνία κατά την οποία στρίβει το μάτι από το ένα σημείο εστίασης για να βρεθεί στο επόμενο. Η ταχύτητα ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιεί αυτή την στροφή. Κατά την διάρκεια αυτής της κίνησης, σε γενικές γραμμές, το μάτι αρχικά επιταχύνει και στην συνέχεια επιβραδύνει μέχρι να βρεθεί στο επιθυμητό σημείο. Έτσι, υπάρχει ένα συγκεκριμένο σημείο στο οποίο το μάτι έχει καταγράψει μια μέγιστη ταχύτητα κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης κίνησης. Το συγκεκριμένο μέγεθος ονομάζεται μέγιστη σακκαδική ταχύτητα.

Έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει μια αναλογία μεταξύ της μέγιστης σακκαδικής ταχύτητας και του μήκους της σακκαδικής κίνησης. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι για κινήσεις μικρότερες των 20 μοιρών η αναλογία αυτή είναι γραμμική, όπως φαίνεται στην φωτογραφία που ακολουθεί.



Εικόνα 4 Γραφική αναπαράσταση της σχέσης μήκους σακκαδικής κίνησης και μέγιστης ταχύτητας σακκαδικής κίνησης. Σε κινήσεις μεγαλύτερες των 20 μοιρών η γραμμική αναλογία παραμορφώνεται καθώς η καμπύλη τείνει να φτάσει κάποιο μέγιστο, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί [4].



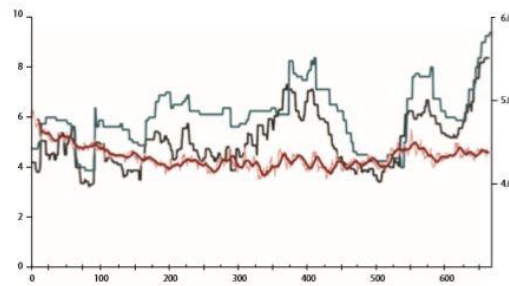
Εικόνα 5 Διαφορετικές καμπύλες προσαρμογής πάνω στα ίδια δεδομένα σε διάγραμμα μέγιστης ταχύτητας και μήκους σακκαδικής κίνησης

Ομαλή κίνηση παρακολούθησης

Είναι οι κινήσεις που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια που το μάτι ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο σημείο, το οποίο αντίστοιχα μεταβάλλει τη θέση του ως προς τα μάτια. Η μέγιστη ταχύτητα αυτών των κινήσεων είναι μικρότερη των $100^\circ/s$. Κατά την διάρκεια παρακολούθησης ενός οπτικοακουστικού έργου πραγματοποιούνται και ομαλές κινήσεις, όταν ο θεατής ακολουθεί κάποιο σημείο ενδιαφέροντος.

Ταχύτητα βλέμματος ως δείκτης εγρήγορσης

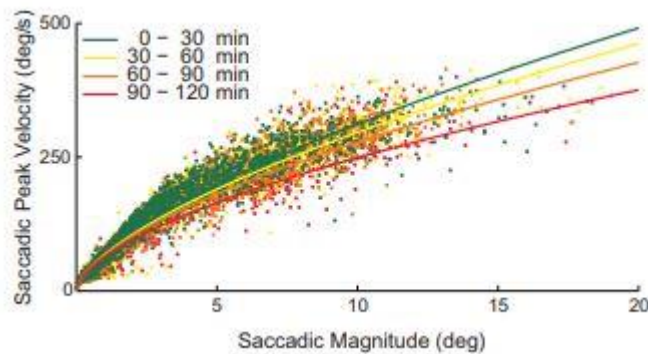
Ο πιο γνωστός δείκτης εγρήγορσης που εντοπίζεται στην περιοχή των ματιών είναι αυτός της διαστολής της κόρης του ματιού. Η συγκεκριμένη μέτρηση είναι ευρέως διαδεδομένη και έχει χρησιμοποιηθεί ακόμα και για να καταγράψει την διακύμανση της εγρήγορσης κατά την διάρκεια της αφήγησης [5].



Εικόνα 6 Με την κόκκινη γραμμή αναπαρίσταται η διακύμανση της διαστολής της κόρης του ματιού κατά την διάρκεια διαβάσματος ενός λογοτεχνικού βιβλίου

Υπάρχει όμως το ενδεχόμενο, η ενεργοποίηση του συμπαθητικού συστήματος να επηρεάζει ένα ακόμα χαρακτηριστικό της κίνησης των ματιών. Αυτό είναι η αναλογία του μήκους κίνησης με την μέγιστη σακκαδική ταχύτητα. Μέσα από διάφορες μετρήσεις παρατηρήθηκε ότι αυτή η αναλογία μειωνόταν καθώς οι χρήστες κουράζονταν. Έτσι, μια πιθανή εξήγηση στην παραμόρφωση αυτής της αναλογίας είναι η επίδραση της εγρήγορης [6].

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε οδηγούς. Με πράσινο χρώμα είναι οι μετρήσεις που αφορούν την πρώτη μισή ώρα, με κίτρινο είναι τα επόμενα τριάντα λεπτά και αντίστοιχα ακολουθούν και οι μετρήσεις με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα. Παρατηρείται ότι όσο οι οδηγοί κουράζονταν η αναλογία επηρεάζονταν ανάλογα.



Εικόνα 7 Στο διάγραμμα φαίνεται η επίδραση του χρόνου στην αναλογία μέγιστης ταχύτητας βλέμματος και μήκους σακκαδικής κίνησης

Καταγραφή κίνησης ματιών μέσω εξειδικευμένων συσκευών

Η καταγραφή της κίνησης των ματιών πραγματοποιείται συνήθως από ερευνητές διαφορετικών πεδίων, όπως της ιατρικής, της γνωστικής, της ψυχολογίας, της διαφήμισης, της σχεδίασης και της αλληλεπίδρασης ανθρώπου υπολογιστή. Υπάρχουν διαφορετικές συσκευές οι οποίες πραγματοποιούν τις συγκεκριμένη μέτρηση με διαφορετικούς τρόπους [3]. Οι τρεις βασικοί τύποι καταγραφής βλέμματος είναι:

- Συσκευές οι οποίες τοποθετούνται στο μάτι, μέσω φακών επαφής.
- Συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν φως, συνήθως υπέρυθρο, για να «φωτογραφίσουν» και να εντοπίσουν το μάτι, έτσι ώστε να υπολογίσουν την κατεύθυνση του βλέμματος.
- Συσκευές που χρησιμοποιούν ηλεκτρόδια γύρω από το μάτι, για να υπολογίσουν διαφορές δυναμικού που προκαλεί η κίνηση του.

Η έρευνα επικεντρώθηκε στην αναζήτηση μη παρεμβατικών τρόπων για την εκτίμηση του βλέμματος. Ο βασικός λόγος για τον οποίο έγινε αυτό, είναι γιατί η έρευνα εστιάζει στην χρήση συσκευών καταγραφής βλέμματος κατά την διάρκεια οπτικοακουστικών αφηγήσεων. Η χρήση κάποιας συσκευής καταγραφής η οποία θα έπρεπε να φορεθεί από τον χρήστη είναι φυσικό να επηρεάζει αρνητικά την εμπειρία παρακολούθησης μιας ταινίας.

Έτσι, η έρευνα επικεντρώθηκε στην δεύτερη κατηγορία από αυτές που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Οι συσκευές της συγκεκριμένης κατηγορίας παρουσιάζουν μεγάλη βελτίωση στην ακρίβεια τους, μέσω της εξέλιξης τόσο του υλικού που χρησιμοποιείται όσο και των αλγορίθμων. Έτσι, έχουν γίνει προσιτές ακόμα και στο ευρύ κοινό συσκευές καταγραφής βλέμματος, οι οποίες αποτελούν στην ουσία κάμερες υπέρυθρων και έχουν την δυνατότητα να καταγράψουν το βλέμμα του χρήστη, χωρίς εκείνος να χρειάζεται να φορέσει κάποιο εξοπλισμό.

Με αυτό τον τρόπο έχει διευρυνθεί το πεδίο χρήσης τους και στην αλληλεπίδραση ανθρώπου υπολογιστή και αναπτύσσονται εφαρμογές και παιχνίδια τα οποία χρησιμοποιούν ως είσοδο το βλέμμα του χρήστη, προσφέροντας μια διαφορετικού τύπου εμπειρία.

Tobii Eyetrackers

Στην αγορά υπάρχουν διάφορες εταιρείες κατασκευαστών eye tracker. Για παράδειγμα η εταιρεία Tobii Eyetrackers κατασκευάζει συσκευές καταγραφής βλέμματος οι οποίες χρησιμοποιούνται είτε για να βοηθήσουν άτομα με κινητικές δυσκολίες, είτε από αναλυτές ως εργαλεία έρευνας, είτε από απλούς καταναλωτές για την καθημερινή χρήση του υπολογιστή τους. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών και συνεργασιών που πραγματοποίησε η συγκεκριμένη εταιρεία τα τελευταία χρόνια θα χρησιμοποιηθούν για να δείξουν τις δυνατότητες που παρουσιάζονται στην αλληλεπίδραση ανθρώπου υπολογιστή τα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 8 Η εφαρμογή ενός eye tracker της εταιρείας Tobii στην βάση της οθόνης του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Υπάρχει πληθώρα δημοφιλών παιχνιδιών οι οποίες έχουν εντάξει την καταγραφή βλέμματος κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Οι βασικοί τρόποι με τους οποίους χρησιμοποιούνται αφορούν τις διαδικασίες πλοήγησης και στόχευσης, αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το ποντίκι. Επίσης χρησιμοποιείται παράλληλα με τα εφέ της κάμερας, αλλάζοντας το βάθος πεδίου και τον φωτισμό ανάλογα με το που κοιτάει ο χρήστης δημιουργώντας μια πιο ρεαλιστική εμπειρία. Τέλος, σε κάποια παιχνίδια πολλαπλών χρηστών χρησιμοποιείται ως εργαλείο επικοινωνίας μεταξύ των συμπαιχτών. Μερικά παραδείγματα τίτλων παιχνιδιών οι οποίοι έχουν προσθέσει αυτούς τους τρόπους αλληλεπίδρασης είναι το «Assassins Creed Origins», «Far Cry 5», «Hitman».

Η εταιρεία διευκολύνει τους δημιουργούς παιχνιδιών για την ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων και για παράδειγμα ανέπτυξε ειδικό SDK για την σύνδεση της συσκευής με το Unity, το οποίο είναι μια δημοφιλής μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιών. Έτσι, οι χρήστες του Unity μπορούν εύκολα να χρησιμοποιήσουν τις δυνατότητες που προσφέρει το λογισμικό της εταιρείας εντός των παιχνιδιών τους.

Το 2016 η εταιρεία πραγματοποίησε συνεργασία με την Alienware για την ενσωμάτωση στα laptop της εταιρείας συσκευών υπέρυθρων. Η εταιρεία Alienware είναι θυγατρική της Dell, και ειδικεύεται στην παραγωγή laptop υψηλής απόδοσης για παιχνίδια. Ακόμα, αξίζει να αναφερθεί ότι εταιρεία αναπτύσσει μικρό-εφαρμογές για το λειτουργικό σύστημα των Windows με σκοπό την βελτίωση της εμπειρίας χρήσης του υπολογιστή.

Η συνοπτική αναφορά των παραπάνω παραδειγμάτων σκοπό είχε να δείξει πως οι κάμερες καταγραφής βλέμματος βρίσκονται σε ένα στάδιο συνεχούς ανάπτυξης, επιδιώκουν να καθιερωθούν ως μια συσκευή αλληλεπίδρασης η οποία μπορεί να προσφέρει διαφορετικές εμπειρίες χρήσης.

Συμπεράσματα κεφαλαίου

Το ανθρώπινο μάτι πραγματοποιεί διάφορες εκούσιες και ακούσιες κινήσεις για να συντονίσει την διαδικασία κατανόησης του περιβάλλοντος. Μια κατηγορία αυτών των κινήσεων ονομάζονται σακκαδικές κινήσεις και αφορούν τις μεταβάσεις του ματιού από ένα σημείο εστίασης στο επόμενο. Η ανάλυση αυτών των κινήσεων είναι πιθανό να προσφέρει μια εκτίμηση για την εγρήγορση του χρήστη. Για την πραγματοποίηση μιας τέτοιας μέτρησης είναι απαραίτητη η χρήση ειδικού εξοπλισμού ο οποίος θα μπορεί να καταγράψει με μεγάλη ακρίβεια τις κινήσεις του ματιού.

Οι συσκευές καταγραφής βλέμματος είναι ευρέως διαδεδομένες κυρίως ως εργαλεία ανάλυσης ανθρώπινης συμπεριφοράς. Η ανάπτυξη των συσκευών υπέρυθρων προσέφερε την δυνατότητα απόκτησης τους στους απλούς χρήστες, παρέχοντας ικανοποιητική ακρίβεια αλλά και ευκολία στην χρήση. Έτσι, η ανάπτυξη εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούν δεδομένα που σχετίζονται με το βλέμμα του χρήστη έχει ήδη αρχίσει να παρουσιάζει αύξηση.

Διαδραστική Αφήγηση

Η διαδραστική αφήγηση προσεγγίζεται από πολλά διαφορετικά επιστημονικά πεδία όπως της ψυχολογίας, της κοινωνιολογίας, της γνωστικής κ.α.. Η διαδραστική αφήγηση ως όρος χρησιμοποιείται κυρίως για αφηγήματα τα οποία χρησιμοποιούν ψηφιακά μέσα, στην πραγματικότητα όμως η διαδραστικότητα στην αφήγηση είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο προϋπήρχε. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθούν τα βιβλία όπου ο αναγνώστης καλείται σε κάποια σημεία της ιστορίας να επιλέξει την εξέλιξη της, μεταβαίνοντας σε αντίστοιχη σελίδα. Ακόμα παλαιότερα διάδραση παρατηρείται και στις προφορικές εξιστορήσεις, όπου ο αφηγητής αλληλεπιδρά με το κοινό.

Η ανάπτυξη όμως των ψηφιακών μέσων και οι δυνατότητες που προσέφερε στους δημιουργούς σε συνδυασμό με την διαφορετική εμπειρία αφήγησης που δημιουργεί στο κοινό έχει ταυτίσει σε μεγάλο βαθμό τον όρο με τα ψηφιακά οπτικοακουστικά διαδραστικά αφηγήματα. Οπότε το πεδίο της διαδραστικής αφήγησης έχει προσδιοριστεί σε μεγάλο βαθμό ως μέρος του ευρύτερου πεδίου της «Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή». Έτσι, ένας ορισμός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την ψηφιακή διαδραστική αφήγηση είναι ότι αποτελεί ένα είδος ψηφιακής ψυχαγωγίας στο οποίο η ιστορία δεν είναι προκαθορισμένη. Οι δημιουργοί καθορίζουν το πλαίσιο, τους χαρακτήρες και την κατάσταση και στην συνέχεια το κοινό βιώνει μια ιστορία βασισμένη στην αλληλεπίδραση του με τον αφηγηματικό κόσμο [7].

Ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρά ένας χρήστης κατά την διάρκεια της διαδραστικής αφήγησης καθορίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό και την τελική του εμπειρία. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα διπλωματική εξετάζει την δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης ενός ατόμου κατά την διάρκεια της προβολής ενός οπτικοακουστικού αφηγήματος. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να ενσωματωθεί στον τρόπο αλληλεπίδρασης διαδραστικών αφηγημάτων προσφέροντας έτσι την δυνατότητα στους δημιουργούς να αναπτύξουν διαφορετικού τύπου εμπειρίες στους χρήστες. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο εξετάζονται συνοπτικά αυτές οι προοπτικές του συγκεκριμένου εργαλείου στην διαδραστική αφήγηση.

Αλληλεπίδραση και Μέσο Αφήγησης

Για να κριθούν οι δυνατότητες που προσφέρει ένα σύστημα αλληλεπίδρασης είναι σημαντικό να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ του μέσου της αφήγησης και του αφηγήματος. Ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτός στα παιχνίδια. Οι εμπορικότεροι τίτλοι ηλεκτρονικών παιχνιδιών γίνονται διαθέσιμοι για διαφορετικές κονσόλες. Έτσι, έχουμε την ίδια αφήγηση να αναπαράγεται από διαφορετικά μέσα. Πολλές φορές οι χρήστες έχουν την τάση να προτιμάνε να παίξουν κάποιους τίτλους σε κονσόλες και άλλους σε υπολογιστές. Με άλλα λόγια, η επιλογή τους αποτελεί έναν συνδυασμό μέσου και αφηγήματος.

Τα κριτήρια μπορεί να είναι πολλά, υποκειμενικά και να εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως τον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζεται το τεχνούργημα, πχ η ποιότητα των γραφικών, ή ακόμα και οι δυνατότητες που προσφέρονται για διαδικτυακό παιχνίδι. Ακόμα και αυτοί οι παράγοντες προφανώς αποτελούν χαρακτηριστικά του εκάστοτε μέσου. Όμως, ένας ακόμα παράγοντας, και ο οποίος είναι αυτός που εξετάζεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο είναι

αυτός των τρόπων αλληλεπίδρασης που προσφέρει το μέσο. Πιο συγκεκριμένα, ένας χρήστης μπορεί να προτιμάει να χρησιμοποιεί το ποντίκι του υπολογιστή όταν πυροβολεί, ενώ κάποιος άλλος όχι. Αντίστοιχα, κάποιος άλλος προτιμάει να χρησιμοποιεί τα τηλεχειριστήρια από τις κονσόλες όταν οδηγεί ένα αμάξι, ενώ κάποιος άλλος το πληκτρολόγιο. Αυτές οι επιλογές έχουν να κάνουν σε μεγάλο βαθμό με τις δεξιότητες των χρηστών και με τις στρατηγικές που θέλουν να χρησιμοποιήσουν σε κάποιο παιχνίδι για να επιτύχουν τους στόχους τους.

Οπότε, μέρος της σχεδιαστικής διαδικασίας ενός διαδραστικού αφηγήματος είναι η προσαρμογή στο εκάστοτε μέσο που θα το αναπαράγει. Με άλλα λόγια, ο τρόπος που επιλέγουν οι δημιουργοί να χρησιμοποιήσουν τα διαθέσιμα εργαλεία αλληλεπίδρασης αποτελούν κομμάτι του αφηγήματος. Για να εξεταστούν οι δυνατότητες που προσφέρει ένα σύστημα αλληλεπίδρασης είναι χρήσιμο να γίνει αρχικά ανεξάρτητα από τις αλλαγές που μπορεί να επιφέρει σε εκάστοτε αφηγήματα, καθώς αυτό αποτελεί σχεδιαστικές επιλογές, αλλά να εξεταστεί τι μπορεί να προσφέρει στην αλληλεπίδραση εξετάζοντας τα μέσα της διαδραστικής αφήγησης.

Δύο τύποι αλληλεπίδρασης

Τα ψηφιακά μέσα επέτρεψαν στους δημιουργούς να υλοποιήσουν πιο σύνθετες αφηγηματικές δομές αλλά και στους χρήστες περισσότερες δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Ο πιο χαρακτηριστικός τομέας ανάπτυξης διαδραστικών αφηγημάτων είναι αυτός των ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια αναπτύχθηκαν κυρίως σε κονσόλες και προσωπικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Και στις δύο αυτές κατηγορίες ο τρόπος με τον οποίο οι χρήστες συμμετέχουν στην εξέλιξη της ιστορίας αρχικά ήταν παρόμοιος. Οι κονσόλες διαθέτουν τα δικά τους τηλεχειριστήρια ενώ στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές γίνεται χρήση του ποντικιού και του πληκτρολογίου, έτσι ώστε ο παίχτης να εισαγάγει στο σύστημα την επιθυμητή εντολή. Κατά την διάρκεια εξέλιξης των παιχνιδιών αναπτύχθηκαν συσκευές εισόδου οι οποίες είναι εστιασμένες σε συγκεκριμένα παιχνίδια έτσι ώστε να προσφέρουν μια εμπειρία πιο κοντά στην πραγματικότητα. Για παράδειγμα έχουμε ψεύτικα όπλα για παιχνίδια όπου ο χρήστης πρέπει να σημαδεύει και να πυροβολεί, ή τιμόνια για παιχνίδια οδήγησης ή ακόμα και κιθάρες σε παιχνίδια μουσικής.

Όλες αυτές οι συσκευές αποσκοπούν παρά το γεγονός ότι είναι διαφορετικές και εστιασμένες σε συγκεκριμένες κατηγορίες παιχνιδιών στον ίδιο στόχο, να βελτιώσουν την εμπειρία που προσφέρουν στον χρήστη κάνοντας την αλληλεπίδραση με τον υπολογιστή να μοιάζει περισσότερο με τις πραγματικές ενέργειες που θα έκανε ο χρήστης στον φυσικό κόσμο. Μια πιο εξελιγμένη αντίστοιχη συσκευή είναι και αυτή που προσφερόταν με το Nintendo Wii, η οποία διέθετε πλήκτρα αλλά είχε και κατάλληλους αισθητήρες που επέτρεπαν στα τηλεχειριστήρια να προσομοιάσουν από όπλα, μέχρι ρακέτες τένις ή γάντια του box. Παρατηρείται λοιπόν μια συνεχής εξέλιξη των συσκευών με τις οποίες ένας χρήστης πραγματοποιεί τις επιλογές του εντός του αφηγηματικού κόσμου.

Μια άλλη κατηγορία αποκρίσεων του διαδραστικού αφηγήματος αφορά αυτές οι οποίες δεν σχετίζονται με τις άμεσες επιλογές του χρήστη. Για παράδειγμα ένα παιχνίδι μπορεί να μειώσει το βαθμό δυσκολίας του όταν αντιληφθεί ότι ο παίχτης έχει κολλήσει σε κάποιο σημείο. Αυτός ο διαφορετικός τρόπος απόκρισης του συστήματος μπορεί να διαχωρίσει την αλληλεπίδραση σε ενεργητική και παθητική. Έτσι, με τον όρο παθητική αλληλεπίδραση μπορεί να οριστεί κάθε αλληλεπίδραση με το σύστημα η οποία δεν πραγματοποιείται σκόπιμα μέσω κάποιας αποκλειστικής συσκευής εισόδου [8]. Για να πραγματοποιήσουν τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις οι σχεδιαστές συνήθως δημιουργούν κάποια σενάρια χρήσης και όταν κάποιο από αυτά ανιχνευθεί τότε ενεργοποιείται η αντίστοιχη αντίδραση.

Οπότε συνοπτικά παρατηρούνται δύο είδη αποκρίσεων του διαδραστικού συστήματος. Η πρώτη αφορά την ενεργή αλληλεπίδραση, δηλαδή τις επιλογές που πραγματοποιεί ο χρήστης κατά την διάρκεια της αφήγησης. Η δεύτερη κατηγορία αλληλεπιδράσεων αφορά πράγματα που συμπεραίνει το σύστημα για τον χρήστη και προσπαθεί να προσαρμοστεί για να προσφέρει μια πιο ωραία εμπειρία.

Παραδείγματα διαδραστικών αφηγημάτων

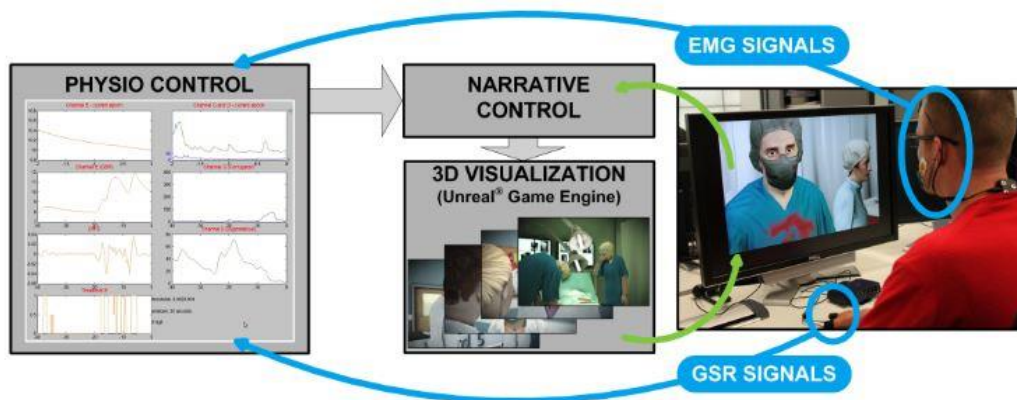
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν κάποια παραδείγματα διαδραστικών αφηγημάτων. Σκοπός είναι να παρουσιαστεί το εύρος και η διαφορετικότητα των αφηγημάτων που

εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία και τα διαφορετικά μέσα που χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τις εξιστορήσεις. Τέλος, δόθηκε έμφαση στην επιλογή τεχνουργημάτων τα οποία βοηθούν στην κατανόηση του διαχωρισμού παθητικής και ενεργητικής αλληλεπίδρασης.

PINTER και Arztserie

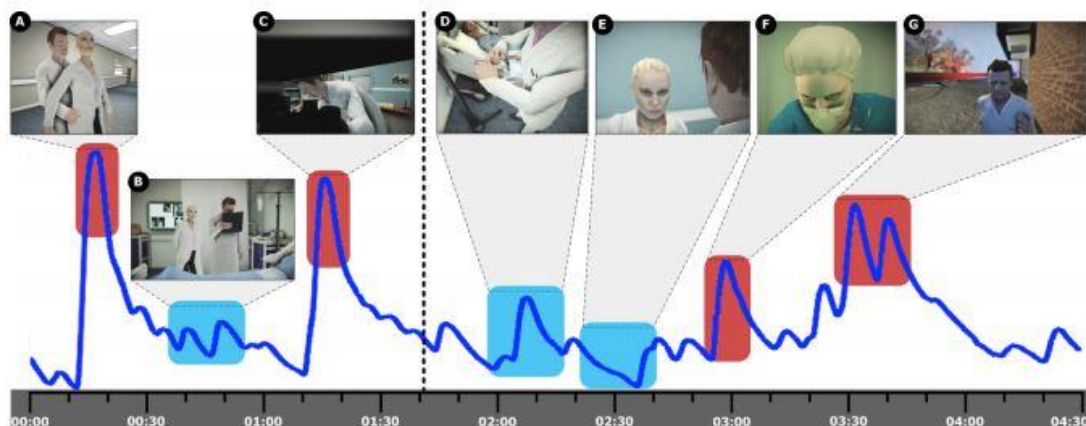
Το PINTER (Passive INTERaction) είναι ένα πρωτότυπο ενός συστήματος εφαρμογής παθητικής αλληλεπίδρασης σε διαδραστικά αφηγήματα. Σε μια προσπάθεια να αξιολογηθεί η εμπειρία και τα συναισθήματα που μπορεί να δημιουργήσει ένα διαδραστικό αφήγημα μέσω της παθητικής αλληλεπίδρασης, και στο οποίο η εξέλιξη της ιστορίας δεν βασίζεται στην ολοκλήρωση κάποιων αποστολών, όπως γίνεται στα παιχνίδια συνήθως.

Ως αφήγημα χρησιμοποιήθηκε το ιατρικό δράμα «Arztserie», και η πορεία του αφηγήματος ελεγχόταν από το PINTER. Πιο συγκεκριμένα το PINTER κατέγραφε δεδομένα σχετικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του δέρματος και από ηλεκτρομυογράφημα, τα ανέλυε με βάση την λογική που του είχε οριστεί και ανάλογα χειριζόταν την εξέλιξη της ιστορίας. Μια συνοπτική παρουσίαση του μοντέλου φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 9 Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος PINTER. Με τις διάφορες συσκευές λαμβάνει βιομετρικά δεδομένα τα οποία αναλύονται με βάση το "Physio Control". Με βάση την επεξεργασία των δεδομένων επιλέγεται η κατάλληλη πορεία της αφήγησης και η οποία στη συνέχεια απεικονίζεται τρισδιάστατα.

Ο τρόπος με τον οποίο θα αντιδράει το σύστημα ανάλογα τα δεδομένα που λαμβάνει είναι μέρος της σχεδίασης που πραγματοποιεί ο αφηγητής. Στο σχεδιάγραμμα παρακάτω φαίνεται η αντίδραση του θεατή σε κάποιες σκηνές οι οποίες ήταν σχεδιασμένες έτσι ώστε να προκαλέσουν συναισθηματική φόρτιση στον θεατή. Η καμπύλη είναι οι τιμές που λάμβανε το σύστημα από το GSR.



Εικόνα 10 Στο διάγραμμα παρουσιάζεται η διακύμανση της εκτίμησης της εγρήγορης ενός χρήστη. Οι φωτογραφίες είναι στιγμιότυπα της προβολής που έβλεπε ο χρήστης στα αντίστοιχα σημεία. Με μπλε και κόκκινο παρουσιάζεται αν το σύστημα κορύφωνε την ένταση ή το αντίθετο.

Από την χρήση του πρωτότυπου της εφαρμογής στην πειραματική διαδικασία της αξιολόγησης της εμπειρίας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση της παθητικής αλληλεπίδρασης μπορεί να

δημιουργήσει διαδραστικά αφηγήματα τα οποία είναι πιο κοντά στις κλασσικές ταινίες, επιτρέποντας στην ουσία την ανάπτυξη διαφορετικού είδους συναισθημάτων στους χρήστες, σε σύγκριση με τα παιχνίδια [9].

Στον πυρήνα της ανάπτυξης αυτής της εφαρμογής βρίσκεται η παθητική αλληλεπίδραση. Ο χρήστης δεν έχει την δυνατότητα παρέμβασης στον αφηγηματικό κόσμο παρά μόνο το σύστημα, το οποίο εκτιμώντας τις αντιδράσεις του διαχειρίζεται τα αφηγηματικά στοιχεία για να κατευθύνει την εμπειρία.

The Moment

Το “The Moment” είναι μια διαδραστική ταινία του 2018 η οποία βασίζεται σε δεδομένα τα οποία λαμβάνει από ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και διαμορφώνει την πορεία της ταινίας. Είναι μια ταινία μικρού μήκους, διάρκειας 27 λεπτών, και η οποία στην ουσία «ελέγχεται» από τον εγκέφαλο του χρήστη.

Στην πράξη η δομή της ταινίας αποτελείται από τρία αφηγηματικά νήματα, τα οποία εξελίσσονται παράλληλα συνθέτοντας τον αφηγηματικό κόσμο. Σε κάθε χρονική στιγμή ο θεατής «ακολουθεί» κάποιο από αυτά τα νήματα και το σύστημα μέσω του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος εκτιμάει την προσοχή του χρήστη. Ανάλογα με τις τιμές που λαμβάνει το σύστημα πραγματοποιεί μεταβάσεις από νήμα σε νήμα. Κατά την διάρκεια της αφήγησης ο θεατής δεν είναι σε θέση να γνωρίζει για την δομή της αφήγησης, ούτε του δίνεται κάποια δυνατότητα για να πραγματοποιήσει συνειδητά κάποια μετάβαση σε άλλο νήμα.

Γεγονός που εντάσσει την ταινία στο πλαίσιο των διαδραστικών αφηγημάτων που χρησιμοποιούν μόνο παθητική αλληλεπίδραση για την εξέλιξη της ιστορίας. Η διαχείριση της εμπειρίας του θεατή γίνεται μέσω της μετάβασης του σε κάποιο από τα τρία αφηγηματικά νήματα με βάση την ερμηνεία που δίνεται στα σήματα που λαμβάνει το σύστημα.



Flesh and Sand

Το *Flesh and Sand* είναι μια διαδραστική ταινία του 2017 του Alejandro G. Inarritu. Η ταινία προβάλλεται μέσω ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας όπου οι χρήστες πρέπει να φοράνε ειδικές κάσκες και εξοπλισμό.

Η αφήγηση απαιτεί την δημιουργία ενός ειδικού χώρου στον οποίο ο θεατής που φοράει την κάσκα μπορεί να κινηθεί. Η ιστορία αφορά Μεξικανούς μετανάστες και το ταξίδι τους για να περάσουν τα σύνορα και να βρεθούν στις Η.Π.Α., μέχρι να τους σταματήσει η διασυνοριακή περίπολος.

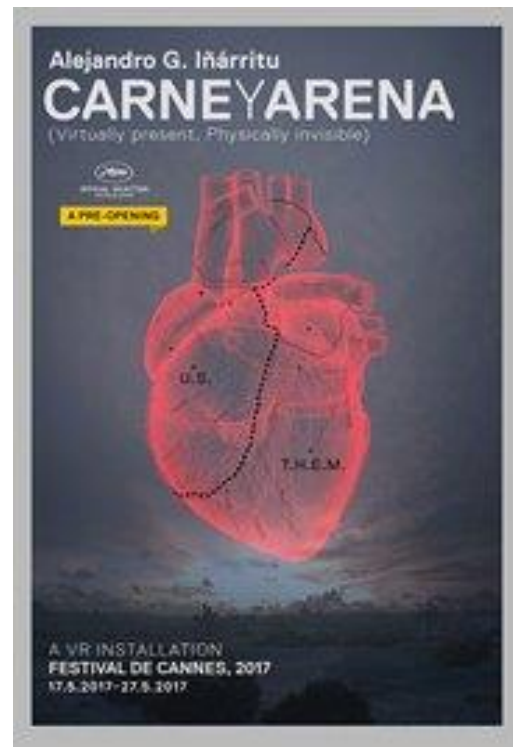
Η διαδραστική ταινία προσφέρει μια διαφορετικού είδους εμπειρία, καθώς μέσω της εικονικής πραγματικότητας και των ειδικών εφέ που έχουν προστεθεί στο χώρο της αφήγησης, ο θεατής γίνεται μέλος στην ουσία της ομάδας των μεταναστών.

Η ταινία έλαβε βραβείο Ειδικού Επιτεύγματος από την Αμερικανική Ακαδημία Κινηματογραφικών Τεχνών και Επιστημών, το πρώτο που δόθηκε μετά από είκοσι χρόνια, και γενικότερα έλαβε επαίνους για τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας και τις δυνατότητες που προσφέρει στην αφήγηση και τους δημιουργούς.

Το συγκεκριμένο παράδειγμα αποτελεί μια προσέγγιση της διαδραστικής αφήγησης στην κατηγορία της εικονικής πραγματικότητας η οποία προέρχεται από έναν δημιουργό του κινηματογράφου. Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί μια πολύ συγκεκριμένη εγκατάσταση για να προβληθεί και χρησιμοποιείται ως παράδειγμα για να αναδειχθεί η διαφορετικότητα στα μέσα της διαδραστικής αφήγησης. Οι χρήστες κατά την διάρκεια της προβολής έχουν μηδενική συμμετοχή στην εξέλιξη της ιστορίας και η στάση τους μπορεί να χαρακτηριστεί παθητική ως προς αυτόν τον παράγοντα. Η αλληλεπίδραση τους όμως με την αφήγηση είναι ενεργητική καθώς είναι ελεύθεροι να κυκλοφορήσουν στον αφηγηματικό κόσμο και να παρακολουθήσουν την εξέλιξη της ιστορίας από όποια πλευρά επιθυμούν. Δεν χρησιμοποιείται κάποιος μηχανισμός που να αλλάζει την ιστορία με βάση την συμπεριφορά του χρήστη.

Flow

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου παιχνιδιού είναι ο αφαιρετικός και μινιμαλιστικός σχεδιασμός τους. Δεν δίνονται στον χρήστη καθόλου οδηγίες ή περιγραφές και αφήνεται να ανακαλύψει μόνος του τους στόχους του παιχνιδιού. Από το συγκεκριμένο παράδειγμα απουσιάζουν ακόμα και ρυθμίσεις για το παιχνίδι και αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που συμπεριλήφθηκε στην συγκεκριμένη λίστα. Ο χρήστης χειρίζεται έναν οργανισμό ο οποίος έχει την μορφή φιδιού και καθώς κινείται στο επίπεδο συναντάει και άλλους αντίστοιχους οργανισμούς οι οποίοι μπορεί να είναι επιθετικοί. Κατά την διάρκεια του παιχνιδιού έχει την δυνατότητα να ανέβει ή να κατέβει επίπεδο, όπου συναντάει διαφορετικό πλήθος οργανισμών με διαφορετική επιθετικότητα.



Ο χρήστης επιλέγει το επίπεδο δυσκολίας στο οποίο θέλει να παίξει ανεβαίνοντας η κατεβαίνοντας επίπεδα. Αυτό είναι κάτι που το καταλαβαίνει εμπειρικά. Η συγκεκριμένη λειτουργία αποτελεί έναν έμμεσο τρόπο ρύθμισης της αφήγησης ώστε να προσαρμοστεί στον χρήστη, για να προσφέρει την καλύτερη δυνατή εμπειρία, η οποία πραγματοποιείται ενεργητικά, μέσα από επιλογή του χρήστη. Δεν θεωρείται παθητική αλληλεπίδραση καθώς δεν προέκυψε από κάποιο συμπέρασμα που έβγαλε το σύστημα.

Left4dead

Το Left4Dead είναι ένα first person shooter παιχνίδι όπου οι χρήστες καλούνται να επιβιώσουν από επίθεση ζόμπι. Ο βασικός λόγος που επιλέχθηκε αυτός ο τίτλος είναι τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που είναι ενσωματωμένα και ειδικότερα το "A.I. Director". Το συγκεκριμένο σύστημα είναι υπεύθυνο για διάφορες λειτουργίες της αφήγησης όπως την εμφάνιση ζόμπι με τα οποία θα πρέπει να παλέψει ο χρήστης. Οι συγκεκριμένες επιλογές γίνονται με βάση την ανάλυση παραγόντων όπως η υγεία του ήρωα και σκοπό έχουν να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή εμπειρία στον χρήστη. Αυτού του είδους οι προσαρμογές μπορούν να χαρακτηριστούν ως παθητικές αλληλεπιδράσεις παρά το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιούν κάποιον εξειδικευμένο εξοπλισμό ώστε να προσδιορίσουν την συναισθηματική κατάσταση του χρήστη. Μια υπόθεση στην οποία μπορεί να βασίζονται είναι ότι όταν ο ήρωας έχει αρκετά μειωμένη «ζωή» ο χρήστης θα βρίσκεται σε μεγάλη ένταση.



Συνοπτική παρουσίαση παραδειγμάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των διαδραστικών αφηγημάτων που επιλέχθηκαν εξετάζοντας τα διαφορετικά χαρακτηριστικά τους στον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσουν την αφήγηση. Με τον όρο ειδικός εξοπλισμός εννοείται αν για την αναπαραγωγή του συγκεκριμένου τεχνουργήματος απαιτούνται συγκεκριμένες συσκευές και εργαλεία ή με άλλα λόγια αν το μέσο που χρησιμοποιείται είναι εξειδικευμένο για το συγκεκριμένο τεχνούργημα. Στην κατηγορία με τον τίτλο «επιρροή στην ιστορία» εξετάζεται αν οι ενέργειες του χρήστη αλλάζουν τα γεγονότα τα οποία συμβαίνουν στους ήρωες του αφηγήματος. Τέλος, οι δύο επόμενες κατηγορίες αναφέρονται σε αυτό που ορίστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ως ενεργητική και παθητική αλληλεπίδραση.

	Ειδικός Εξοπλισμός	Επιρροή στην ιστορία	Ενεργητική Αλληλεπίδραση	Παθητική Αλληλεπίδραση
Arztserie	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
The Moment	Ναι	Όχι	Όχι	Ναι
Flesh & Sand	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
Flow	Όχι	Ναι	Ναι	Όχι
Left4Dead	Όχι	Ναι	Ναι	Ναι

Τα στοιχεία του παραπάνω δείχνουν ότι η χρήση παθητικής αλληλεπίδρασης είναι ανεξάρτητη του μέσου που χρησιμοποιείται αλλά και της αφηγηματικής δομής που ακολουθείται. Η χρήση της αποτελεί μια σχεδιαστική επιλογή την οποία πραγματοποιούν οι δημιουργοί της αφήγησης ανάλογα με τον τρόπο που θέλουν να εξελιχθεί η ιστορία.

Διαχείριση ροής κατά την διάρκεια της αφήγησης

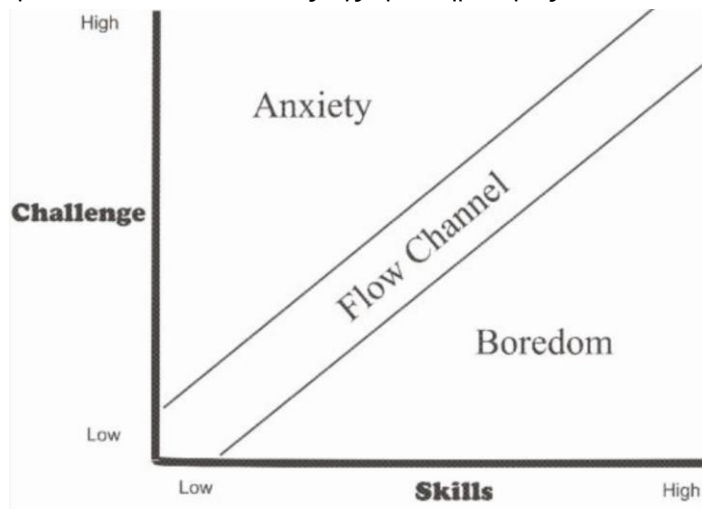
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω με τον όρο παθητική αλληλεπίδραση εννοούνται οι αντιδράσεις του συστήματος που πραγματοποιούνται χωρίς εκούσιες δράσεις του χρήστη και σκοπό έχουν να προσαρμόσουν την αφήγηση σε αυτόν προσπαθώντας να βελτιστοποιήσουν την προσφερόμενη εμπειρία. Στις κονσόλες που χρησιμοποιούνται μέχρι στιγμής για τη

αναπαραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών δεν παρέχονται στους δημιουργούς αισθητήρες που θα τους επέτρεπαν να καταλαβαίνουν την κατάσταση του χρήστη, οπότε οι προσαρμογές του συστήματος βασίζονται είτε σε συμπεράσματα που μπορούν να βγάλουν οι σχεδιαστές από τον τρόπο παιχνιδιού του χρήστη είτε αφήνονται στα χέρια των χρηστών και μετατρέπονται σε ενεργητικές.

Ένα απλό παράδειγμα από την κατηγορία των παιχνιδιών είναι η επιλογή του επιπέδου δυσκολίας. Στην πλειονότητα των παιχνιδιών ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει το επίπεδο δυσκολίας στο οποίο θέλει να παίξει. Αυτή η επιλογή μπορεί να γίνεται στην αρχή του παιχνιδιού ή και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αλλάξει κατά την διάρκεια του. Η επιλογή αυτή σκοπό έχει να προσαρμόσει το παιχνίδι στο επίπεδο ικανοτήτων του χρήστη.

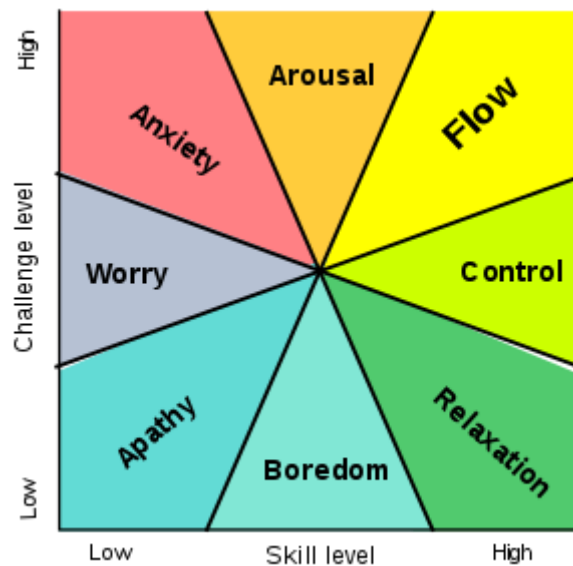
Η σχέση μεταξύ επιπέδου δυσκολίας και ικανοτήτων του χρήστη είναι κομβικής σημασίας για την αφήγηση. Βασικός μηχανισμός των παιχνιδιών για την εξέλιξη της αφήγησης είναι η σταδιακή βελτίωση του χρήστη στο παιχνίδι. Πιο συγκεκριμένα, όσο ένα παίχτης παίζει κάποιο παιχνίδι καλείται να αναπτύξει και να χρησιμοποιήσει κάποιες δεξιότητες έτσι ώστε να ξεπεράσει κάποια εμπόδια και να εξελιχθεί η αφήγηση. Τα εμπόδια με την πάροδο του χρόνου γίνονται πιο δύσκολα κάνοντας και τον χρήστη να βελτιώνει τις ικανότητες του. Έτσι, αν ένα παιχνίδι είναι πιο δύσκολο από όσο μπορεί να διαχειριστεί ο χρήστης έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να προχωρήσει η αφήγηση, ενώ αν ένα παιχνίδι είναι πολύ εύκολο ο χρήστης βαριέται. Το επίπεδο δυσκολίας του παιχνιδιού πρέπει να είναι ρυθμισμένο με βάση τις ικανότητες του χρήστη, ώστε να αποτελεί πρόκληση την οποία θα καταλαβαίνει ότι μπορεί να την ξεπεράσει.

Για τον προσδιορισμό της βέλτιστης εμπειρίας ο Mihaly Csikszentmihalyi ανέπτυξε την θεωρία της ροής. Σύμφωνα με την θεωρία η κατάσταση ροής προσδιορίζεται όταν ένα άτομο είναι πλήρως συγκεντρωμένο σε μια δραστηριότητα και να είναι πλήρως απορροφημένος σε αυτή. Είναι μια κατάσταση η οποία ομοιάζει με αυτό που περιγράφεται από τον όρο της εμπύθισης κυρίως από το πεδίο της εικονικής πραγματικότητας. Οι σχεδιαστές διαδραστικών αφηγημάτων αποσκοπούν στην δημιουργία μιας ευχάριστης εμπειρίας στους χρήστες κάνοντας τους να βρίσκονται σε μια κατάσταση ροής. Σύμφωνα με τον Mihaly Csikszentmihalyi αυτή η κατάσταση είναι συνάρτηση του επιπέδου δυσκολίας της δραστηριότητας και των ικανοτήτων του ατόμου.



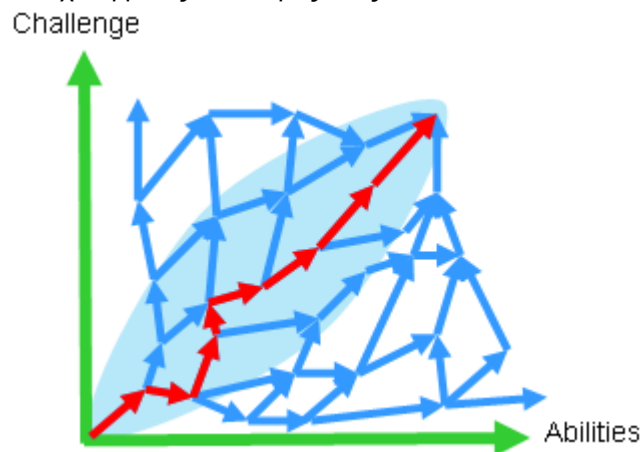
Εικόνα 11 Η οπτικοποίηση της θεωρίας της ροής. Παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ επιπέδου δυσκολίας μιας εργασίας και των ικανοτήτων του ατόμου. Σύμφωνα με την θεωρία, για να βρίσκεται το άτομο σε κατάσταση ροής πρέπει αυτά τα δύο μεγέθη να βρίσκονται σε αναλογία.

Με βάση την συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζεται ότι η αναλογία που πρέπει να υπάρχει μεταξύ επιπέδου δυσκολίας και ικανοτήτων έτσι ώστε οι χρήστες να βρίσκονται σε μια κατάσταση ροής. Μια μεταγενέστερη ανάλυση στο ίδιο θέμα επιχείρησε να προσδιορίσει και τις διαφορετικές συναισθηματικές καταστάσεις που προκύπτουν στον χρήστη όταν οι δύο αυτοί παράγοντες δεν βρίσκονται σε αναλογία.



Εικόνα 12 Πιο αναλυτική παρουσίαση της θεωρίας της ροής. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα φαίνονται τα διαφορετικά συναισθήματα που παράγονται ανάλογα με το επίπεδο δυσκολίας μιας εργασίας και των ικανοτήτων του ατόμου. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι εγρήγορη παρατηρείται όταν η εργασία είναι αρκετά απαιτητική και η κατάσταση ροής εμφανίζεται όταν ανέβει το επίπεδο ικανοτήτων του ατόμου.

Η θεωρία της ροής έχει χρησιμοποιηθεί στην μελέτη της διαδραστικής αφήγησης και από σχεδιαστές ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Τα παιχνίδια πέρα από την επιλογή του βασικού επιπέδου δυσκολίας, χρησιμοποιούν συνήθως έναν ακόμα μηχανισμό για να καταφέρουν να έχουν τους χρήστες σε αυτή την κατάσταση ροής. Η ανάπτυξη τους γίνεται με τρόπο ώστε να δίνονται στους χρήστες διαφορετικές επιλογές, οι οποίες έχουν διαφορετικά επίπεδα δυσκολίας. Έτσι, οι χρήστες είναι σε θέση να κάνουν τις επιλογές αυτές οι οποίες θα είναι πιο κοντά στο επιθυμητό επίπεδο σε σχέση με τις ικανότητες τους.



Εικόνα 13 Το διάγραμμα απεικονίζει την προσπάθεια ενεργής ρύθμισης της "Ροής" ενός παίκτη, μέσα από τις διαφορετικού επιπέδου επιλογές που του δίνει ένα παιχνίδι

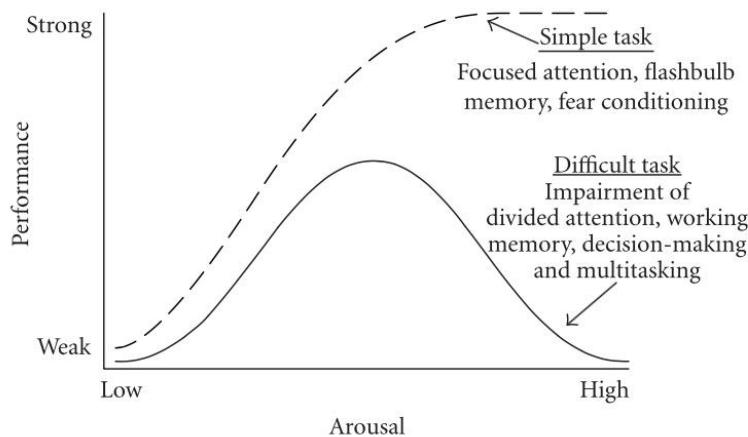
Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το παιχνίδι Flow, στο οποίο δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέγει αν θέλει να αντιμετωπίσει πιο δύσκολους αντιπάλους ή πιο εύκολους, τοποθετώντας ο ίδιος τον εαυτό του σε κατάσταση ροής. Αυτή η λειτουργία αποτελεί ένα παράδειγμα ενεργής ρύθμισης της ροής, το οποίο ήταν και θέμα της διατριβής του δημιουργού του παιχνιδιού Jenova Chen. Η Εικόνα 13 είναι από την παρουσίαση αυτού του μηχανισμού.

Βέλτιστη απόδοση

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα παιχνίδια από την πλευρά των γνωστικών διεργασιών που πραγματοποιούν οι χρήστες έτσι ώστε να ξεπεράσουν τα εμπόδια που τους

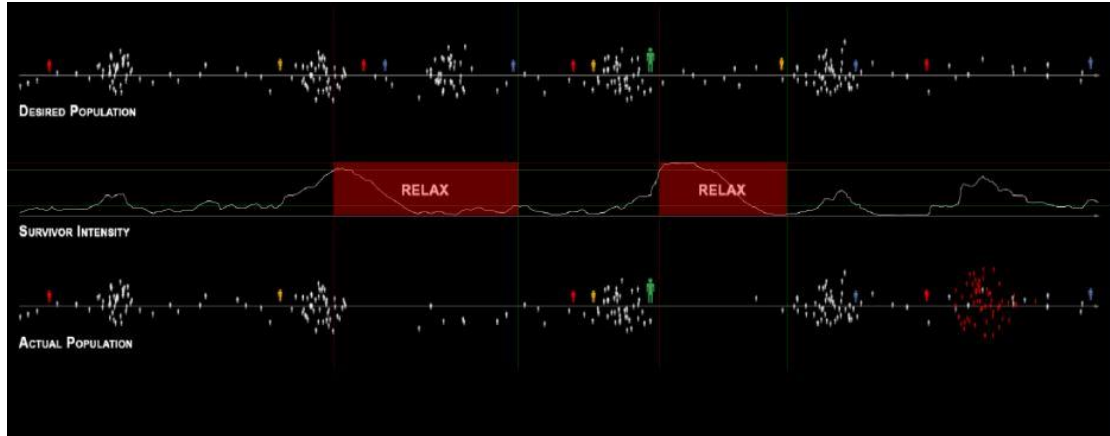
προβάλλονται για να επιτύχουν τον σκοπό τους. Παρατηρήθηκε ότι το παιχνίδι πρέπει να προβάλλει δυσκολίες ανάλογα με τις ικανότητες του χρήστη έτσι ώστε να βελτιστοποιήσει την παρεχόμενη εμπειρία. Η επιτυχία του στόχου του χρήστη πέρα από το επίπεδο των ικανοτήτων του μπορεί να εξεταστεί και ως συνάρτηση της απόδοσης του. Σε προηγούμενο κεφάλαιο που αφορούσε την εγρήγορση έγινε συνοπτική αναφορά στο ότι η εγρήγορση συσχετίζεται με την προσοχή, την επεξεργασία πληροφοριών και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ένας χρήστης ενός παιχνιδιού πραγματοποιεί αυτές τις λειτουργίες στην προσπάθειά του να επιτύχει τον στόχο του.

Η συσχέτιση αυτή μεταξύ των επιπέδων της εγρήγορσης και της απόδοσης ενός ατόμου κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας έχει μελετηθεί από Robert M. Yerkes και John Dillingham Dodson το 1908 και περιγράφεται από τον «νόμο Yerkes–Dodson». Σύμφωνα με την συγκεκριμένη μελέτη η απόδοση στην εκτέλεση μιας εργασίας σταδιακά ανεβαίνει όσο ανεβαίνει και η εγρήγορση, μέχρι όπου φτάνει το μέγιστο της, όπου από εκεί και πέρα η απόδοση μειώνεται όσο αυξάνεται η εγρήγορση. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος και την δυσκολία της εργασίας, για παράδειγμα πνευματικές εργασίες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα εγρήγορσης, σε αντίθεση με εργασίες που απαιτούν σωματική δραστηριότητα και αντοχή όπου απαιτείται μεγαλύτερη εγρήγορση για την επίτευξη των βέλτιστων αποτελεσμάτων.



Εικόνα 14 Στο διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση της απόδοσης ενός ατόμου καθώς αυξάνεται το επίπεδο της εγρήγορσης του. Με διακεκομμένη γραμμή παρουσιάζεται η απόδοση για απλές εργασίες ενώ η συνεχής γραμμή αφορά πιο απαιτητικές εργασίες.

Η μελέτη δείχνει ότι παρατεταμένες περιόδους υψηλής εγρήγορσης σχετίζονται με την μείωση της αποτελεσματικότητας και την εμφάνιση άγχους. Αυτό είναι κάτι το οποίο θέλουν να αποφύγουν οι σχεδιαστές ηλεκτρονικών παιχνιδιών στην προσπάθειά τους να προσφέρουν μια ευχάριστη εμπειρία στους χρήστες. Για αυτό τον λόγο αναπτύσσουν διάφορες τεχνικές έτσι ώστε να διατηρούν την πρόκληση στα επιθυμητά επίπεδα. Μια από αυτές είναι η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στα παιχνίδια έτσι ώστε να προσαρμόζει αυτόματα τα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού στον χρήστη. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το *left4dead*, με το AI director. Το συγκεκριμένο παιχνίδι παρουσιάζει την ιστορία μιας ομάδας ανθρώπων η οποία καλείται να επιβιώσει από την επίθεση ζόμπι. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης που εφαρμόστηκαν ήταν υπεύθυνα στην διαχείριση πολλών παραγόντων της αφήγησης, από την μουσική μέχρι την συχνότητα εμφάνισης ζόμπι με σκοπό να κατευθύνει την εμπειρία των χρηστών.



Εικόνα 15 Στα διαγράμματα παρουσιάζεται η διαχείριση των πληθυσμών ζόμπι του AI Director κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Στο πρώτο διάγραμμα φαίνονται οι αρχικοί πληθυσμοί που είναι σχεδιασμένο να εμφανιστούν στον χρήστη. Στο δεύτερο φαίνεται η εκτίμηση που γίνεται για την εγρήγορση του παίχτη κατά την διάρκεια του παιχνιδιού. Τα σημεία που έχουν τονιστεί με κόκκινο χρώμα δείχνουν τις στιγμές που αποφάσισε ο AI Director να επέμβει για να «χαλαρώσει» τον παίχτη. Στο τελευταίο διάγραμμα φαίνονται οι πληθυσμοί ζόμπι που τελικά εμφανίστηκαν μετά την διαχείριση που έγινε.

Η ίδια εταιρεία στα πλαίσια ανάπτυξης του συγκεκριμένου αλγορίθμου και επέκτασης του σε άλλα παιχνίδια εξέτασε την ιδέα της χρήσης δεδομένων των μεταβολών της φυσιολογίας του ανθρώπου για τον προσδιορισμό των συναισθημάτων τους με σκοπό την παροχή μιας καλύτερης εμπειρίας διασκέδασης. Στην συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν διάφορα δεδομένα, όπως ο καρδιακός ρυθμός, οι κινήσεις του ματιού και οι εκφράσεις προσώπου στην προσπάθεια να εξεταστεί η χρησιμότητα και η δυνατότητα υλοποίησης τέτοιων συστημάτων από την εταιρεία. Η προσπάθεια κατανόησης της συναισθηματικής κατάστασης ενός χρήστη ηλεκτρονικού υπολογιστή αποτελεί αντικείμενο έρευνας του επιστημονικού πεδίου της Συναισθηματικής Υπολογιστικής και το οποίο θα παρουσιαστεί συνοπτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Συναισθηματική υπολογιστική

Κομβικής σημασίας για την ανάπτυξη διαδραστικών αφηγημάτων τα οποία χρησιμοποιούν παθητική αλληλεπίδραση αποτελεί η αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη κατά την διάρκεια της αφήγησης. Σε αυτή την διαδικασία μπορεί να βοηθήσει το ανερχόμενο πεδίο της πληροφορικής, αυτό της Συναισθηματικής Υπολογιστικής. Το αντικείμενο μελέτης της είναι να εξακριβώσει την συναισθηματική κατάσταση ενός χρήστη ηλεκτρονικού υπολογιστή [10]. Το συγκεκριμένο πεδίο εκτείνεται επίσης και σε τομείς όπως η προσομοίωση συναισθημάτων σε πράκτορες τεχνητής νοημοσύνης.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας το ενδιαφέρον εστιάζεται στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται και τα εργαλεία έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης. Ενδεικτικά αναφέρονται στην συνέχεια κάποιες από τις πιο διαδεδομένες συσκευές εισόδου, τα δεδομένα των οποίων αξιοποιούνται για την ανάλυση:

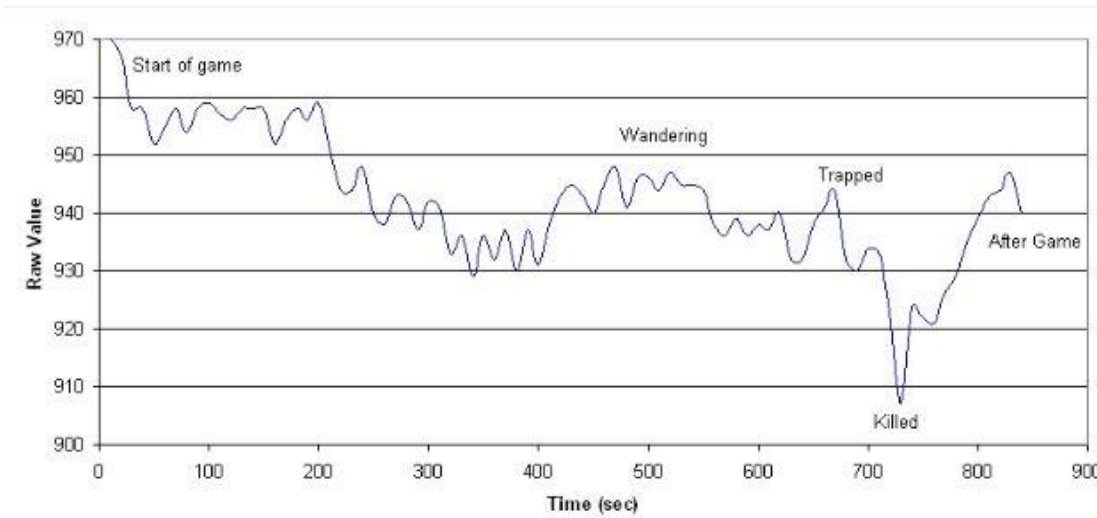
- Γαλβανική απόκριση δέρματος (GSR)
- Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG)
- Καρδιακός ρυθμός (HR)
- Μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV)
- Ηλεκτρομυογράφημα (EMG)
- Θερμοκρασία δέρματος
- Εκφράσεις προσώπου

Για τους ίδιους σκοπούς είναι πιθανό να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και συμβατικές συσκευές εισόδου. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το ποντίκι το οποίο έχει ειδικό ανιχνευτή έντασης της πίεσης και αυτό το δεδομένο χρησιμοποιείται για να εκτιμάται η εγρήγορση του χρήστη και η οποία συνυπολογίζεται για την εξέλιξη της ιστορίας [11].

Η Συναισθηματική Υπολογιστική μπορεί να παράσχει το θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάπτυξη και την χρήση εργαλείων στην αναγνώριση συναισθηματικών καταστάσεων ενός χρήστη.

Αποκτά όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον και προσεγγίζεται και για τους σκοπούς της διαδραστικής αφήγησης. Τέτοια παραδείγματα μπορεί να είναι είτε ηλεκτρονικά παιχνίδια όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, είτε διαδραστικές εφαρμογές που σκοπεύουν στην μάθηση και εκπαίδευση ή ακόμα χρησιμοποιούνται από καλλιτέχνες που ενδιαφέρονται στην ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων.

Οι συσκευές καταγραφής δεδομένων είναι κομβικής σημασίας για την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών. Το κόστος τους και η έρευνα που απαιτείται για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων κάνει την ενσωμάτωσή τους πιο δύσκολη. Έτσι, η χρήση τέτοιων συστημάτων στα πλαίσια της αφήγησης για ανάπτυξη εφαρμογών που προορίζονται στην ευρεία αγορά είναι σε πρώιμο στάδιο. Η χρησιμότητά τους όμως στην ανάπτυξη καλύτερων εμπειριών αφήγησης σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της τεχνολογίας κάνει την ύπαρξη τέτοιων συσκευών στο κοινό πιο πιθανή στο μέλλον.



Εικόνα 16 Γραφική παράσταση με τις μετρήσεις GSR κατά την διάρκεια ενός παιχνιδιού. Στο διάγραμμα έχουν σημειωθεί τα γεγονότα που συμβαίνουν και προκαλούν αυτές τις αντιδράσεις.

Διαχωρισμός Ταινιών και Παιχνιδιών

Από την έρευνα που παρουσιάζεται προκύπτει ότι η χρήση της παθητικής και της ενεργητικής αλληλεπίδρασης συμπληρώνει η μια την άλλη με σκοπό την σύνθεση μιας καλύτερης εμπειρίας. Στην συνέχεια όμως θα γίνει αναφορά σε μια συγκεκριμένη κατηγορία των διαδραστικών αφηγημάτων, αυτή των διαδραστικών ταινιών.

Ο όρος διαδραστική ταινία δεν είναι σαφώς ορισμένος, καθώς άλλες φορές αναφέρεται σαν υποκατηγορία παιχνιδιών η οποία έχει έντονα κινηματογραφικά στοιχεία, άλλες φορές αναφέρεται υποτιμητικά για παιχνίδια τα οποία έχουν περιορισμένη διάδραση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις διαφορετικές προσεγγίσεις που υπάρχουν στον όρο, είτε μπορεί να προέρχονται από τον χώρο του Κινηματογράφου είτε από τον χώρο των παιχνιδιών.

Ένας βασικός διαχωρισμός που μπορεί να γίνει μεταξύ ταινιών και παιχνιδιών είναι ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται η ιστορία. Στα παιχνίδια οι χρήστες καλούνται να αναπτύξουν κάποια δεξιότητα και η βελτίωσή τους είναι αυτή που κρατάει το ενδιαφέρον τους και προχωράει την αφήγηση (ενεργητική αλληλεπίδραση). Για παράδειγμα στα παιχνίδια όπου ο παίχτης καλείται να ενσαρκώσει κάποιον ήρωα, ο χρήστης κατά την διάρκεια του παιχνιδιού βελτιώνει κάποια χαρακτηριστικά του όπως σημάδι ή στρατηγικές και περνάει όλο και δυσκολότερες αποστολές.

Αντίθετα, σε μια ταινία ο θεατής δεν ενσαρκώνει κάποιον ήρωα, αλλά παρακολουθεί την πορεία του μην έχοντας την δυνατότητα παρέμβασης. Το συγκεκριμένο γεγονός είναι κομβικό στην δημιουργία των συναισθημάτων που προκαλεί ο Κινηματογράφος, καθώς αυτά προέρχονται από την ταύτιση του άτομο με τους ήρωες της ιστορίας. Η κατάσταση που βιώνει ο ήρωας κάνει τον θεατή να ταυτιστεί μαζί του και να βιώσει τα αντίστοιχα συναισθήματα. Έτσι, ο μηχανισμός ο οποίος χρησιμοποιείται στις ταινίες για κρατήσει το ενδιαφέρον του θεατή είναι η σκιαγράφηση της επιθυμητής για τον θεατή έκβασης της ιστορίας όσο πιο απίθανη να πραγματοποιηθεί. Το

γεγονός αυτό κάνει τον θεατή να θέλει να παρέμβει, όμως μην έχοντας αυτή την δυνατότητα κορυφώνεται η αγωνία του.

Οπότε γίνεται κατανοητό ότι ενώ στα παιχνίδια η ενεργητική αλληλεπίδραση είναι απαραίτητη καθώς είναι το μέσω το οποίο χρησιμοποιείται για να βελτιώσει τις δεξιότητες του ο χρήστης, στις ταινίες ισχύει το αντίθετο καθώς βασίζονται στην αδυναμία του χρήστη να επέμβει. Αντίθετα όμως οι παθητικές αλληλεπιδράσεις δεν επηρεάζουν τους δύο αυτούς μηχανισμούς και άρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις δύο περιπτώσεις, ορίζοντας με έναν πιο συγκεκριμένο τρόπο τον τίτλο Διαδραστικές Ταινίες, ως τα οπτικοακουστικά διαδραστικά αφηγήματα τα οποία χρησιμοποιούν αποκλειστικά παθητικές αλληλεπιδράσεις.

Συμπεράσματα κεφαλαίου

Για την κατανόηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει ένα σύστημα εκτίμησης της εγρήγορσης στην διαδραστική αφήγηση πρέπει αρχικά να γίνει κατανοητός ο τρόπος που λειτουργούν τα μέσα της διαδραστικής αφήγησης. Πιο συγκεκριμένα, ένα τέτοιο σύστημα αφορά αποκλειστικά τις παθητικές αλληλεπιδράσεις που πραγματοποιεί ένα διαδραστικό αφήγημα και σε αυτό τον τομέα τα εργαλεία που προσφέρονται στους δημιουργούς είναι περιορισμένα.

Οι παθητικές αλληλεπιδράσεις βοηθάνε το παιχνίδι να προσαρμοστεί στον χρήστη και τέτοιου είδους μεταβολές στα παιχνίδια πραγματοποιούνται είτε μέσω έμμεσων ενεργών αλληλεπιδράσεων είτε μέσω συμπερασμάτων που εξαγουν οι σχεδιαστές από τον τρόπο που παίζει ο χρήστης. Η προσθήκη εξειδικευμένων εισόδων οι οποίες θα μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή τέτοιων συμπερασμάτων θα βοηθήσει τους σχεδιαστές παιχνιδιών. Σε αυτή την κατεύθυνση είναι αφιερωμένο ένα κομμάτι του επιστημονικού πεδίου της συναισθηματικής αλληλεπίδρασης.

Πέρα όμως από τις νέες δυνατότητες που προσφέρονται στους δημιουργούς παιχνιδιών η προσθήκη νέων τρόπων αλληλεπίδρασης δημιουργεί στην ουσία νέα μέσα. Η δυνατότητα διαδραστικά αφηγήματα να χρησιμοποιούν μόνο παθητικές αλληλεπιδράσεις αναμένεται να προσφέρει εμπειρίες στους χρήστες ανάλογες με τις ταινίες, δίνοντας πιο ξεκάθαρη ερμηνεία στον όρο «διαδραστική ταινία».

Συμπεράσματα έρευνας

Η εγρήγορση ως ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος μπορεί να δώσει πληροφορίες για την εκτίμηση ενός οπτικοακουστικού έργου. Δεν είναι τυχαίο πως εκφράσεις όπως «μάτια καρφωμένα στην οθόνη», «με κομμένη την ανάσα», «καθισμένοι στην άκρη της θέσης/καρέκλας», κ.α. όπου χρησιμοποιούνται για να τονίσουν πόσο καλή είναι μια ταινία, στην ουσία υποδηλώνουν την ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος.

Τα μάτια, ως κι ένα από τα βασικά όργανα παρακολούθησης του οπτικοακουστικού έργου, μπορεί να προσφέρει πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση του έργου από τον θεατή. Επίσης, η εγρήγορση ενδέχεται να επηρεάζει και την ταχύτητα κίνησης των ματιών. Μια τέτοια μέτρηση είναι δυνατόν να συμβεί με τον ελάχιστο βαθμό παρέμβασης στην θέαση μέσω μιας συσκευής καταγραφής βλέμματος υπερθύρων.

Τέλος, ενδιαφέρων παρουσιάζει η προοπτική χρήσης αυτής της μέτρησης κατά την διάρκεια της αφήγησης, δίνοντας την δυνατότητα στην ανάπτυξη διαδραστικών αφηγημάτων τα οποία εφαρμόζουν πληρέστερη παθητική αλληλεπίδραση. Αυτό, ίσως δώσει την δυνατότητα στους δημιουργούς διαδραστικών αφηγημάτων να προσφέρουν μια εμπειρία στους χρήστες η οποία πλησιάζει πιο πολύ στις ταινίες.

Έτσι, κρίνεται σκόπιμη η προσπάθεια ανάπτυξης μιας εφαρμογής η οποία θα εκτιμάει τα επίπεδα εγρήγορσης ενός χρήστη κατά την διάρκεια μιας οπτικοακουστικής προβολής, με την χρήση μιας συσκευής καταγραφής βλέμματος.

Ανάπτυξη

Όπως παρουσιάστηκε και στην έρευνα, η ανάπτυξη των τεχνολογικών μέσων προσφέρει στους αφηγητές πολλές δυνατότητες αλληλεπίδρασης με τον θεατή – χρήστη ενός διαδραστικού αφηγήματος, δημιουργώντας στην ουσία ένα πλήθος διαφορετικών μέσων αφήγησης, το κάθε ένα με τα δικά του χαρακτηριστικά και με την δική του «γλώσσα». Η συγκεκριμένη διπλωματική εστίασε σε διαδραστικά αφηγήματα τα οποία εφαρμόζουν «παθητική αλληλεπίδραση», δηλαδή οπτικοακουστικά αφηγήματα στα οποία πραγματοποιούνται αποκρίσεις με βάση την εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη.

Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε, διερευνήθηκε η δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης του θεατή, κατά την διάρκεια της προβολής, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος σε ένα διαδραστικό αφήγημα. Ο λόγος που επιλέχθηκε η εγρήγορση είναι επειδή αποτελεί μια μέτρηση η οποία μπορεί να δώσει συμπεράσματα για την εκτίμηση του θεατή για ένα έργο. Έτσι με αυτό τον τρόπο θα μπορεί ο σχεδιαστής του αφηγήματος να αντιλαμβάνεται την διακύμανση του ενδιαφέροντος του χρήστη και να προσαρμόζει το αφήγημα ανάλογα.

Για την επιλογή του τρόπου της μέτρησης της εγρήγορσης αναζητήθηκαν λύσεις οι οποίες θα ήταν όσο το δυνατόν λιγότερο παρεμβατικές για να επηρεάζεται όσο το δυνατόν λιγότερο η αναστολή της δυσπιστίας και η εμπύθιση του θεατή. Επίσης, δόθηκε βαρύτητα ώστε η μέτρηση αυτή να μπορεί να γίνεται ανεξαρτήτως περιεχομένου, έτσι ώστε η εφαρμογή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα σε διαφορετικά διαδραστικά αφηγήματα.

Τέλος, επειδή αυτή η εφαρμογή αποτελεί ένα πρωτότυπο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για μια πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε με στόχο να τρέχει σε ένα συγκεκριμένο μηχάνημα. Χρειάστηκε να παράγει επίσης κάποια δεδομένα που θα διευκολύνουν την αποσφαλμάτωση, να επιβεβαιώνουν την ορθότητα των μετρήσεων, αλλά και να διευκολύνουν την διαδικασία της περεταίρω ανάλυσης.

Σχεδίαση Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει παρουσίαση της διαδικασίας με την οποία σχεδιάστηκε το βασικό μέρος της εφαρμογής. Καταγράφηκαν οι σχεδιαστικές προδιαγραφές και οι απαιτήσεις του συστήματος, έτσι ώστε να επιλεγθούν τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάπτυξη της. Η σχεδίαση δεν χρειάστηκε να είναι λεπτομερής καθώς για τους στόχους της διπλωματικής χρειαζόταν απλώς ένα λειτουργικό πρωτότυπο, έτσι ώστε να εξεταστεί η υπόθεση ότι είναι δυνατή η καταγραφή της εγρήγορσης του θεατή.

Περιγραφή εφαρμογής και στόχος

Η εφαρμογή θα πρέπει να καταγράφει τις σακκαδικές κινήσεις του ματιού ενός θεατή μιας ταινίας και να εκτιμάει την εγρήγορση του. Κατά την διάρκεια της παρακολούθησης ενός οπτικοακουστικού έργου ο θεατής πραγματοποιεί συνεχώς κινήσεις με τα μάτια του στην προσπάθειά του να αντιληφθεί την σκηνή που διαδραματίζεται. Αυτές οι κινήσεις ορίζονται τόσο από το ίδιο το προβαλλόμενο τεχνούργημα όσο και από υποκειμενικούς παράγοντες, καθώς το σημείο που έλκει το ενδιαφέρον του χρήστη εξαρτάται και από προσωπικά κριτήρια και κίνητρα. Έτσι, κατά την διάρκεια της προβολής αναμένεται πλήθος σακκαδικών κινήσεων το οποίο όμως θα διαφέρει ανάλογα με τον θεατή. Η εφαρμογή ανεξάρτητα από το που κοιτάει ο χρήστης, θα ελέγχει κάθε σακκαδική κίνηση έτσι ώστε να εκτιμήσει την εγρήγορση του.

Αυτή την διαδικασία θα πρέπει να την πραγματοποιεί η εφαρμογή κατά την διάρκεια της προβολής ταινιών. Οπότε, μέρος της εφαρμογής είναι τόσο η επιλογή από τους χρήστες μιας ταινίας από κάποιες προαποφασισμένης λίστας όσο και η αναπαραγωγή της. Κατά την διάρκεια της αναπαραγωγής κρίνεται σκόπιμο να μην δίνεται η δυνατότητα διακοπής της ταινίας ή μετάβασής της σε κάποια άλλη χρονική στιγμή. Αυτό γιατί εξετάζεται η επιρροή της ταινίας στην εγρήγορση κατά την διάρκεια εξέλιξης της, έτσι απαιτείται κάθε χρονική στιγμή να ταυτίζεται με κάποια κατάσταση εγρήγορσης του χρήστη. Αν διακοπεί η κανονική ροή της ταινίας θα χαθεί και η συνέχεια των δεδομένων που καταγράφονται.

Απαιτήσεις

Με βάση την περιγραφή που έγινε προηγουμένως καταγράφονται οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις της εφαρμογής.

Λειτουργικές Απαιτήσεις

- Προβολή 6 οπτικοακουστικών έργων μέσης διάρκειας 15 λεπτών σε ένα χρήστη
- Εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο της εγρήγορσης του χρήστη
- Εκτύπωση δεδομένων σε αρχείο μορφής .csv.
- Τα δεδομένα θα πρέπει να αποθηκεύονται ανά ταινία και χρήστη.
- Τα δεδομένα από τον eye tracker να φιλτράρονται για τυχόν θόρυβο
- Τα δεδομένα να μπορούν να ελεγχθούν για την ακρίβεια τους

Μη λειτουργικές Απαιτήσεις

- Η προβολή της ταινίας θα πρέπει να είναι συνεχής (και σε εικόνα και σε ήχο)
- Τα δεδομένα θα πρέπει να αποθηκεύονται με το τέλος της κάθε προβολής

Συσκευές και εργαλεία ανάπτυξης του συστήματος

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Θεωρήθηκε δεδομένο ότι θα μπορεί να εκτελείται στις συγκεκριμένες συσκευές καθώς θα είναι αυτές που θα χρησιμοποιηθούν και στην συνέχεια στην πειραματική διαδικασία.

Υπολογιστής

Ο υπολογιστής στον οποίο θα τρέχει η εφαρμογή είναι σχετικά γρήγορος με αποτέλεσμα να μην δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα από άποψη επεξεργαστικής ισχύς.

Πιο συγκεκριμένα τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Επεξεργαστής: Intel® Core™ i7-4930K Processor
- Μνήμη Ram: 32GB
- Λειτουργικό: Windows 10 Pro

Οθόνη

Τα βασικά χαρακτηριστικά της οθόνης που θα χρησιμοποιηθεί είναι:

- Μέγεθος: 27"
- Ανάλυση: 1920x1080
- Refresh rate: 60Hz

Καταγραφέας βλέμματος



Εικόνα 17 Ο eye tracker που χρησιμοποιήθηκε από την εφαρμογή

Ο eye tracker που χρησιμοποιήθηκε από το σύστημα είναι της εταιρίας Tobii και το μοντέλο 4C. Για τον εντοπισμό του ματιού χρησιμοποιεί υπέρυθρο φως και τοποθετείται στην βάση της

οθόνης στην οποία καταγράφεται τα βλέμμα. Επίσης, ο συγκεκριμένος eye tracker προσφέρει την δυνατότητα καταγραφής και της θέσης του κεφαλιού. Τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι:

- Διαστάσεις: 17 x 15 x 335 mm
- Βάρος: 95 gr
- Συχνότητα: 90 Hz
- Πληθυσμιακή κάλυψη: 97%

Μηχανή διαδραστικού αφηγήματος

Οι διαδραστικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα τα παιχνίδια, συνήθως αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας κάποια μηχανή παιχνιδιού (game engine). Αυτά τα λογισμικά προσφέρουν διάφορες ευκολίες στους σχεδιαστές και προγραμματιστές σε διάφορους τομείς, όπως τα γραφικά του παιχνιδιού, τα animations, την εφαρμογή συστήματος φυσικής κ.α.. Η μηχανή που επιλέχθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής ήταν το Unity. Το Unity είναι μια ευρέως διαδεδομένη μηχανή η οποία χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη κυρίως παιχνιδιών σε διάφορες πλατφόρμες όπως Windows, Mac, PlayStation, Xbox κ.α..

Οι λόγοι που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη μηχανή είναι αρκετοί. Αρχικά το περιβάλλον ανάπτυξης είναι αρκετά εύκολο στην εκμάθηση. Επίσης, η εταιρία Tobii έχει δημιουργήσει λογισμικό για την σύνδεση των eye tracker της με το Unity, γεγονός που διευκολύνει πάρα πολύ την διαδικασία της ανάπτυξης. Οπότε, ο συνδυασμός των δύο αυτών λογισμικών αποτελεί μια πολύ καλή βάση για την ανάπτυξη της εφαρμογής.

Ανάπτυξη εφαρμογής

Στη συνέχεια, αφού έχουν επιλεγεί οι βασικές παράμετροι στις οποίες θα βασιστεί η ανάπτυξη της εφαρμογής ξεκίνησε η ανάπτυξη του λογισμικού. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί καταγράφονται οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν.

Δεδομένα κίνησης ματιών

Αρχικά, τα δεδομένα που προσφέρονται από τον eye tracker και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της γωνίας του ματιού είναι τα εξής τρία:

1. Η θέση του κεφαλιού στον χρήστη
2. Η περιστροφή του κεφαλιού
3. Το σημείο στην εφαρμογή που κοιτάει ο χρήστης

Η θέση του κεφαλιού αναφέρεται στον τρισδιάστατο πραγματικό χώρο όπου βρίσκεται ο χρήστης. Ως αρχή των αξόνων ορίζεται η μέση του κάτω σημείου της οθόνης και οι τιμές δίνονται σε εκατοστά. Η άλλη μέτρηση αναφέρεται στις γωνίες στις οποίες έχει στραφεί το κεφάλι του χρήστη και οι τιμές που επιστρέφονται είναι σε τετραδόνια. Η τελευταία μέτρηση που χρησιμοποιείται είναι το σημείο της εφαρμογής που κοιτάει ο χρήστης. Η συγκεκριμένη μέτρηση δίνεται σε pixels, και ως αρχή των αξόνων ορίζεται το κάτω αριστερά σημείο της οθόνης.

Μετατροπή δεδομένων

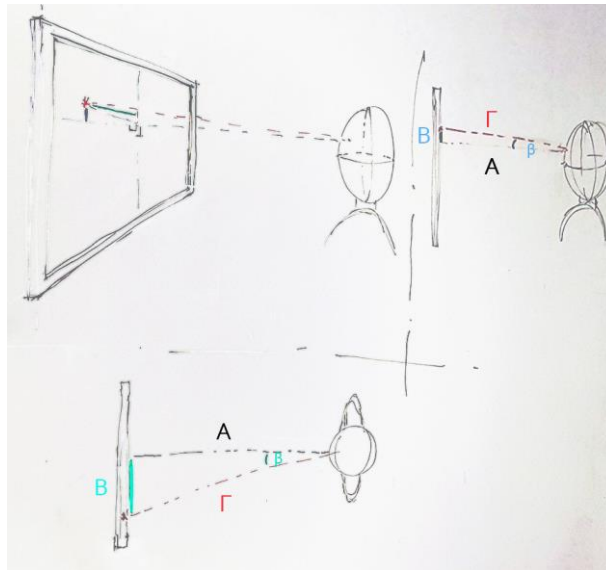
Τα δεδομένα που λαμβάνονται πέρα από το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικές μονάδες μέτρησης, αναφέρονται και σε διαφορετική αρχή των αξόνων. Για τον λόγο αυτό, το πρώτο βήμα πριν ξεκινήσουν οι υπολογισμοί είναι η μετατροπή των δεδομένων σε ενιαίες μονάδες και με την ίδια αρχή των αξόνων.

Για τις γωνίες του κεφαλιού δίνεται η δυνατότητα να μετατραπούν σε μοίρες, καθώς είναι πιο κατανοητές και διευκολύνουν και την διαδικασία επαλήθευσης των αποτελεσμάτων. Στην συνέχεια έπρεπε να γίνει μια ακόμη μετατροπή, έτσι ώστε οι γωνίες να έχουν αρνητικές τιμές για να προσδιορίζεται αν ο χρήστης κοιτάει αριστερά ή δεξιά και αντίστοιχα πάνω ή κάτω.

Εύρεση γωνίας ματιών

Ο πρώτος υπολογισμός που πραγματοποιήθηκε ήταν η εύρεση των γωνιών κατά τις οποίες είχαν στραφεί τα μάτια. Για να γίνει αυτό επιλύθηκε το ίδιο πρόβλημα δύο φορές, μια για τον κατακόρυφο άξονα, ο οποίος έδειχνε το πόσο δεξιά ή αριστερά κοιτάει ο χρήστης και μια για τον

οριζόντιο, όπου αντίστοιχα συσχετιζόταν με το αν κοιτάει πάνω ή κάτω. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την διαδικασία της αποσφαλμάτωσης, ώστε να μπορούν να ελέγχονται οι τιμές που καταγράφονται. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα παρουσιαστεί αυτή η διαδικασία.



Εικόνα 18 Διαγράμματα που αναπτύχθηκαν για να κατανοηθεί καλύτερα το τριγωνομετρικό πρόβλημα. Πάνω αριστερά αναπαρίστανται ένας χρήστης ο οποίος κοιτάει ένα σημείο στην οθόνη. Με διακεκομμένες γραμμές αναπαρίστανται η προβολή του κεφαλιού του χρήστη στην οθόνη και το βλέμμα του προς το σημείο που κοιτάει. Κάτω από το διάγραμμα αναπαρίστανται η ίδια σκηνή σε κάτοψη, και δεξιά είναι μια όψη της από το πλάι.

Η πλευρές A και B των διαγραμμάτων μπορεί να υπολογιστούν με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται από τον eye tracker. Όπως επίσης και η Γ μέσω του Πυθαγόρειου Θεωρήματος. Η γωνία β , είναι η γωνία που σχηματίζει το κεφάλι του χρήστη με το σημείο που κοιτάει ο χρήστης. Η συγκεκριμένη μέτρηση είναι ανεξάρτητη από την στροφή του κεφαλιού, καθώς χρησιμοποιείται μόνο η θέση των ματιών στον πραγματικό χώρο. Για τον υπολογισμό της συγκεκριμένης γωνίας χρησιμοποιούμε την συνάρτηση της ανάστροφης εφαπτομένης, δίνοντας ως είσοδο τις πλευρές A και B, και επιστρέφεται η γωνία β .

Στην συνέχεια, προστίθεται η στροφή του κεφαλιού χρήστη και έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα την γωνία του έχει στραφεί το μάτι στον συγκεκριμένο άξονα. Πραγματοποιώντας το ίδιο πράγμα και για τον άλλο άξονα δίνονται οι τιμές για τις γωνίες που έχουν στραφεί τα μάτια είτε πάνω-κάτω είτε αριστερά-δεξιά για κάθε χρονική στιγμή.

Στροφή κεφαλιού γύρω από τον άξονα z

Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην εφαρμογή θεωρείται ότι τα μάτια στρέφονται σε δύο άξονες (X και Y) ενώ στην πραγματικότητα η κίνηση τους οφείλεται σε μια συνάρτηση από δυνάμεις που ασκούν οι μύς του ματιού και που επιφέρει αλλαγές και στον άξονα των Z, οι οποίες είναι ανεπαίσθητες. Επίσης, όπως παρουσιάστηκε και στην έρευνα που προηγήθηκε αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι τιμές της ταχύτητας του ματιού να είναι διαφορετικές όταν η κίνηση του ματιού είναι στον κατακόρυφο άξονα και διαφορετικές όταν η κίνηση είναι στον οριζόντιο.

Επειδή, κατά την διάρκεια της προβολής ο χρήστης δεν απαιτείται να έχει ευθεία το κεφάλι του, αλλά αντίθετα είναι ελεύθερος να επιλέγει και να αλλάζει την στάση του σώματος του χωρίς κανένα περιορισμό αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορεί να δημιουργήσει θόρυβο στα δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, αν ο χρήστης κοιτάξει από ένα σημείο A το οποίο βρίσκεται στο πάνω μέρος της εφαρμογής, σε ένα σημείο B το οποίο βρίσκεται στο κάτω μέρος, αναμένεται να έχει διαφορετική ταχύτητα βλέμματος αν έχει ευθεία το κεφάλι του ή αν το έχει γύρει – δηλαδή έχει στραφεί στον άξονα του Z.

Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο αρχικά να γίνει απαλοιφή της στροφής του κεφαλιού, κάνοντας μετατροπή του σημείου που κοιτάει ο χρήστης, στο σημείο που θα κοιτάγε αν είχε ευθεία το κεφάλι του, στην περίπτωση που χρειαζόταν μελλοντικά να γίνει περεταίρω ανάλυση των δεδομένων. Δηλαδή, μια κίνηση η οποία πραγματοποιείται πιο πολύ στον X άξονα αναμένεται

να δώσει μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης από ότι αν η ίδια μετατόπιση αφορούσε μια κίνηση στον Ψ άξονα.

Η συγκεκριμένη διαφοροποίηση δε χρειάστηκε να ενσωματωθεί στο πρωτότυπο που θα παρουσιαστεί καθώς η επιρροή της δεν φάνηκε να είναι τόσο σημαντική ώστε να επηρεάζει την εξαγωγή κάποιων πρώτων συμπερασμάτων. Αδιαμφισβήτητα όμως η προσθήκη του συγκεκριμένου παράγοντα ανεβάζει την ακρίβεια της μέτρησης. Για την προσθήκη του θα πρέπει αρχικά να πραγματοποιηθεί έρευνα για να καταγραφεί με ακρίβεια η σχέση των κινήσεων στους δύο αυτούς άξονες, αλλά επίσης και το κατά πόσο η συγκεκριμένη αναλογία είναι διαφορετική σε κάθε άνθρωπο.

Αυτό που πραγματοποιήθηκε ήταν η απαλοιφή της στροφής του κεφαλιού στον άξονα των Z. Στην ουσία έπρεπε να μετατραπεί το πραγματικό σημείο που κοιτάει ο χρήστης στην οθόνη, με ένα υποθετικό σημείο το οποίο συμβολίζει το που θα κοίταγε ο χρήστης αν είχε «ευθεία» το κεφάλι του. Το συγκεκριμένο μπορεί να αναχθεί επίσης σε ένα τριγωνομετρικό πρόβλημα το οποίο αφού επιλύθηκε έδωσε την δυνατότητα για την πραγματοποίηση μετρήσεων σχετικά με την γωνιακή ταχύτητα κίνησης του ματιού.

Ταχύτητα βλέμματος

Από το προηγούμενο βήμα της διαδικασίας, έχει προκύψει ως δεδομένο, και το οποίο θα χρησιμοποιείται από εδώ και στο εξής το υποθετικό σημείο πάνω στο επίπεδο που σχηματίζει η οθόνη, το οποίο θα κοίταγε ο χρήστης αν είχε ευθεία το κεφάλι του. Με βάση το συγκεκριμένο σημείο μπορούμε να υπολογίσουμε το διάνυσμα το οποίο θα αντιπροσωπεύει το βλέμμα του χρήστη, αν αφαιρέσουμε το σημείο που κοιτάει ο χρήστης από την θέση στην οποία βρίσκεται το κεφάλι του.

Έτσι, έχουμε για κάθε καρέ του Unity το διάνυσμα του βλέμματος του χρήστη. Η διαφορά του κάθε διανύσματος από αυτό του προηγούμενου καρέ, μας δίνει την αλλαγή του βλέμματος, δηλαδή την κίνηση που έκανε το μάτι. Οπότε, αρχικά θα πρέπει να υπολογιστεί η γωνία αυτών των δύο διανυσμάτων και αυτό γίνεται μέσω του εσωτερικού γινομένου, με βάση τον τύπο που ακολουθεί.

$$\theta = \cos^{-1}(x \cdot y / |x||y|)$$

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται η γωνία κατά την οποία κινήθηκε το μάτι. Για τον υπολογισμό της γωνιακής ταχύτητας και της γωνιακής επιτάχυνσης χρειάζεται ως δεδομένο η χρονική διάρκεια αυτής της κίνησης. Το δεδομένο αυτό υπολογίζεται μέσω των στοιχείων που δίνονται από τον καταγραφέα κίνησης βλέμματος, όπου σε κάθε μέτρηση αποθηκεύεται και η χρονική στιγμή κατά την οποία πραγματοποιήθηκε. Έτσι, η αφαίρεση των δύο αυτών τιμών δίνει την χρονική διάρκεια που χρειάζεται για τον υπολογισμό, όπως φαίνεται και στους τύπους που ακολουθούν.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad \alpha = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

Συνολική γωνία κίνησης βλέμματος

Το δεδομένο που χρειάζεται για την εκτίμηση της εγρήγορσης, εκτός από την ταχύτητα του βλέμματος, είναι το μήκος της σακκαδικής απόστασης. Οπότε, χρειάζεται μια εκτίμηση για το αν ο χρήστης έχει εστιάσει σε κάποιο σημείο ή αν πραγματοποιεί μια κίνηση προς ένα καινούριο σημείο εστίασης. Στην βιβλιογραφία συναντώνται δύο βασικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό αυτής της κατάστασης. Ο ένας χρησιμοποιεί την επιτάχυνση του βλέμματος και ο άλλος την ταχύτητα. Και στις δύο περιπτώσεις, αν καταγραφεί μια τιμή που ξεπερνάει κάποιο όριο (ανάλογα την μέθοδο), τότε θεωρείται ότι μάτι βρίσκεται σε κατάσταση σακκαδικής κίνησης. Στην εφαρμογή που αναπτύχθηκε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος με την ταχύτητα, καθώς ήταν και πιο απλή σε υλοποίηση και τα αποτελέσματα που παρήγαγε ήταν ικανοποιητικά από άποψη ακρίβειας, για το ζήτημα που εξετάζονταν.

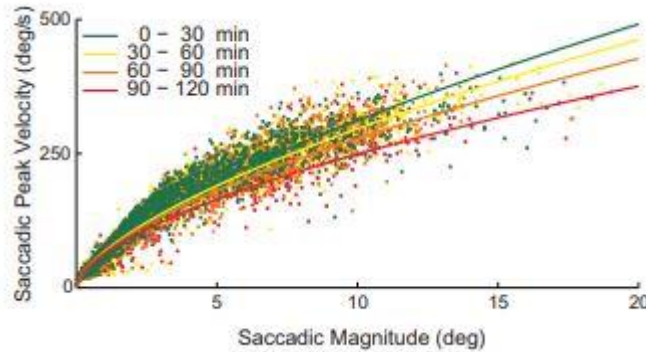
Πιο συγκεκριμένα, αν η ταχύτητα του βλέμματος ξεπερνάει ένα όριο τότε θεωρείται ότι πραγματοποιείται μια μετατόπιση σε ένα νέο σημείο εστίασης και αντίστοιχα όταν η ταχύτητα πέσει από αυτό το όριο θεωρείται ότι το μάτι βρίσκεται σε κατάσταση εστίασης. Για όση χρονική διάρκεια το μάτι βρίσκεται σε κίνηση, πραγματοποιούνται δύο παράλληλοι υπολογισμοί. Ο πρώτος αφορά το συνολικό μήκος της κίνησης, οπότε προστίθενται οι γωνίες για να υπολογιστεί στο τέλος της κίνησης το άθροισμα τους. Ο δεύτερος αφορά το μέγιστο της ταχύτητας κατά την

διάρκεια της κίνησης. Έτσι, σε κάθε καρέ κατά την διάρκεια της κίνησης συγκρίνεται η ταχύτητα εκείνης της χρονικής στιγμής με την μέχρι τότε μέγιστη και αποθηκεύεται η μεγαλύτερη.

Στο τέλος της κίνησης, όταν δηλαδή η ταχύτητα του ματιού έχει βρεθεί κάτω από το όριο το οποίο έχει τεθεί, αποθηκεύονται αυτές οι δυο τιμές: το συνολικό μέγεθος της γωνίας της κίνησης του ματιού και η μέγιστη ταχύτητα της κίνησης.

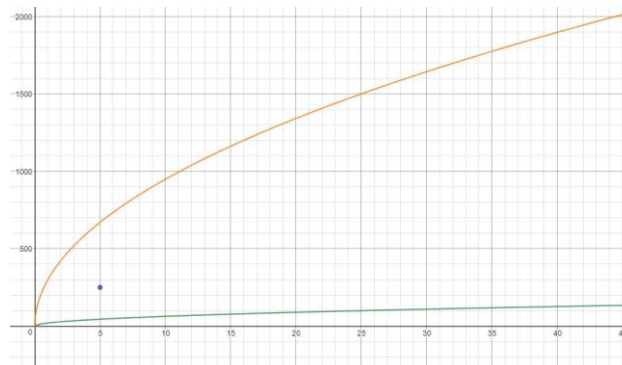
Εκτίμηση εγρήγορσης

Σύμφωνα με την έρευνα και με βάση αυτό που αναμένεται να μετρηθεί όταν ένας χρήστης βρίσκεται σε κατάσταση εγρήγορσης πραγματοποιεί την ίδια κίνηση, στροφή του ματιού, με μεγαλύτερη ταχύτητα.



Εικόνα 19 Στο διάγραμμα αναπαρίστανται κινήσεις βλέμματος. Ο οριζόντιος άξονας ορίζει το μέγεθος της γωνίας της κίνησης του ματιού και ο κατακόρυφος την μέγιστη ταχύτητα αυτής της κίνησης. Αυτές οι σακκαδικές κινήσεις έχουν διαχωριστεί χρονικά, ανά τριάντα λεπτά, σε τέσσερες διαφορετικές κατηγορίες και κάθε κατηγορία παρουσιάζεται με διαφορετικό χρώμα. Έτσι, με πράσινο χρώμα είναι οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το πρώτο μισάωρο, με κίτρινο το δεύτερο, με πορτοκαλί το τρίτο και με κόκκινο το τελευταίο. Οι γραμμές που διακρίνονται αποτελούν καμπύλες προσαρμογής των αντίστοιχων τιμών. Παρατηρείται ότι καθώς περνάει ο χρόνος και οι χρήστες κουράζονται η καμπύλη παραμορφώνεται αναλογικά.

Πραγματοποιήθηκαν κάποιες αρχικές δοκιμές για να αναζητηθούν κάποια ανώτατα και κατώτατα όρια της ταχύτητας ανάλογα με το μέγεθος της κίνησης. Από την εικόνα της καμπύλης φαίνεται να προσομοιάζει καμπύλες της μορφής $y = \sqrt{x}$, οπότε έγιναν δύο προσαρμογές καμπυλών με δεδομένα που αφορούσαν τις καταστάσεις με υψηλές ταχύτητες και άλλη μια που αφορούσε τις τιμές με χαμηλές ταχύτητες. Έτσι, για το ανώτατο όριο προέκυψε η καμπύλη $y = 300\sqrt{x}$ και για το κατώτατο όριο η $y = 20\sqrt{x}$.



Εικόνα 20 Το διάγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της εγρήγορσης. Με πορτοκαλί γραμμή θεωρήθηκε το ανώτατο όριο των τιμών, δηλαδή οι τιμές που βρίσκονται πάνω σε αυτές θα χαρακτηρίζονται ως κινήσεις βλέμματος με μέγιστη εγρήγορση, ενώ αντίστοιχα στην πράσινη οι κινήσεις με την ελάχιστη. Κάθε τιμή που λαμβάνεται, τοποθετείται σε αυτό το διάγραμμα, όπως η μπλε κουκίδα, και συγκρίνεται με αυτές τις καμπύλες για να της ανατεθεί ένα ποσοστό εγρήγορσης.

Οπότε, με το τέλος κάθε σακκαδικής κίνησης έχουμε ως δεδομένα το συνολικό μέγεθος της γωνίας της κίνησης και την μέγιστη ταχύτητα της συγκεκριμένης κίνησης. Έτσι, κάθε κίνηση μπορεί να τοποθετηθεί όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα και να συγκριθεί με τις καμπύλες που έχουν θεωρηθεί ως ανώτατα και κατώτατα όρια. Η σύγκριση αυτή αποτελεί τον προσδιορισμό της εγρήγορσης για κάθε κίνηση του βλέμματος.

Επικύρωση τιμών

Η λογική για το φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων που ακολουθήθηκε στην εφαρμογή είναι να γίνονται έλεγχοι πριν αποθηκευτεί μια τιμή, αν αυτή η τιμή είναι έγκυρη. Έτσι, μπορούσαν να προστίθενται κανόνες κατά την διάρκεια ανάπτυξης της οι οποίοι αν είχαν «παραβιαστεί» έθεταν την τιμή ως άκυρη. Αυτοί οι κανόνες αποσκοπούσαν στην απομόνωση κάποιων τιμών οι οποίες μπορεί να ήταν αποτέλεσμα θορύβου.

Ένα παράδειγμα τέτοιου θορύβου είναι οι ριπές του ματιού. Το κλείσιμο του ματιού, πέρα από το γεγονός ότι σταματάει να δίνει δεδομένα στον eye tracker, λόγω του τρόπου με τον οποίο καταγράφεται το βλέμμα, προκαλεί ένα θόρυβο. Πιο συγκεκριμένα, όσο πάει να κλείσει το μάτι, ο eye tracker «αντιλαμβάνεται» ότι ο χρήστης κατεβάζει το βλέμμα του. Αντίθετα στο χρονικό διάστημα στο οποίο ανοίγει το μάτι, ο eye tracker το μεταφράζει ως κίνηση του ματιού προς τα πάνω.

Οι συγκεκριμένες τιμές, αν απομονωθούν και αναλυθούν ανεξάρτητα, ενδεχομένως να μπορούν να συνεισφέρουν στην εκτίμηση της εγρήγορσης, αλλά σε σχέση με την ταχύτητα του ματιού αυτές οι τιμές αποτελούν θόρυβο. Για τον λόγο αυτό, πριν επικυρωθεί μια τιμή εγρήγορσης, εξετάζεται αν έχει καταγραφεί κάποιο κλείσιμο ματιού στην αρχή ή στο τέλος της κίνησης του ματιού και αν αυτό ισχύσει τότε η τιμή απορρίπτεται. Το κλείσιμο του ματιού προσδιοριζόταν ως κάποια στιγμήαία απώλεια μετρήσεων. Λόγω του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει δεδομένα ο eye tracker ήταν σε θέση να εντοπίζεται αρκετά καλά με αυτόν τον τρόπο.

Εφαρμόστηκαν και άλλοι έλεγχοι οι οποίοι είχαν να αντιμετωπίσουν φαινόμενα τα οποία ήταν πιο σπάνια και για τον λόγο αυτό δεν θα αναλυθούν εξίσου σε αυτό το σημείο, αλλά θα αναφερθούν στις περαιτέρω βελτιώσεις του αλγορίθμου.

Αποθήκευση δεδομένων

Κατά την διάρκεια προβολής της ταινίας γίνεται η παραπάνω επεξεργασία των δεδομένων. Η συγκεκριμένη διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε δεδομένο που δίνει ο eye tracker. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι τιμές δίνονται με συχνότητα 60 Hz, οπότε σε κάθε 0,016 του δευτερολέπτου λαμβάνεται μια εκτίμηση για την θέση του ματιού.

Η διάρκεια μιας ταινίας είναι κάτι το οποίο κυμαίνεται ανάλογα το είδος και την επιθυμία του δημιουργού σε ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών. Μια διαφήμιση μπορεί να κρατήσει μερικά δευτερόλεπτα, μια ταινία μπορεί να έχει διάρκεια 2 ώρες, ενώ ένα παιχνίδι ανοιχτού κόσμου μπορεί να παίζεται για όση ώρα επιθυμούν οι χρήστες.

Πρακτικά, η συγκεκριμένη εφαρμογή αναπτύσσεται για να αξιολογηθεί η δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης ενός χρήστη σε πραγματικό χρόνο και ενώ εκείνος βρίσκεται σε «παθητική» στάση – όπως όταν παρακολουθεί μια ταινία. Οπότε, στην αξιολόγηση της εφαρμογής, θα χρησιμοποιηθούν διάφορες ταινίες μικρού μήκους, η διάρκεια των οποίων κυμαίνεται από 10 ως 30 λεπτά.

Για λόγους επαλήθευσης και ανάλυσης, κρίνεται σκόπιμο να μπορούν να αποθηκευτούν όλες οι τιμές που λαμβάνονται από τον eye tracker καθώς και τα επιμέρους αποτελέσματα (ταχύτητα, επιτάχυνση κλπ.) μέχρι την τελική τιμή της εγρήγορσης. Όλες αυτές οι τιμές είναι περίπου είκοσι, οπότε σε μιας μέσης διάρκειας μικρού μήκους ταινία (πχ είκοσι λεπτών) θα χρειάζονται: είκοσι (λεπτά) επί 60 (δευτερόλεπτα) επί 60 (μετρήσεις) επί 20 τιμές, δηλαδή 1440000 τιμές. Ανάλογα με την ακρίβεια που απαιτείται στις μετρήσεις και τον τύπο δεδομένων με τον οποίο θα αποθηκεύονται, αυτό μπορεί να αποτελεί ως και 10 MB.

Οπότε θα ήταν κακή πρακτική να δεσμεύονταν τόση μνήμη, και η οποία ανάλογα με το διάρκεια της ταινίας θα μεγάλωνε χωρίς κάποιο πρακτικό όφελος για την εφαρμογή. Οι μόνες προηγούμενες τιμές που χρειάζεται η εφαρμογή για την εκτίμηση της εγρήγορσης αφορούν μόνο τις τιμές που παράγονται κατά την διάρκεια μιας κίνησης του ματιού. Όλες οι προηγούμενες δεν ξαναχρησιμοποιούνται, αλλά αποθηκεύονται για τεκμηρίωση και ανάλυση αφού τελειώσει η προβολή.

Επίσης, σημαντικό στην εφαρμογή είναι να μπορεί αυτή η μέτρηση να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από το διαδραστικό αφήγημα που προβάλλεται και χωρίς περιορισμό στην χρονική του διάρκεια, για την αποθήκευση των τιμών αναπτύχθηκε ένα απλό σύστημα το οποίο δεσμεύει συγκεκριμένο χώρο για την αποθήκευση των τιμών.

Βοηθητική μεταβλητή

Αρχικά, ορίστηκε μια μεταβλητή στην οποία θα αποθηκεύεται συγκεκριμένος αριθμός τιμών. Όταν οι τιμές αυτές ξεπερνιούνται τότε αυτή η μεταβλητή θα χρησιμοποιείται από την αρχή. Σε συγκεκριμένα σημεία καθώς η μεταβλητή γεμίζει, οι τιμές αντιγράφονται με την μορφή συμβολοσειρά σε μια βοηθητική μεταβλητή με κατάλληλο τρόπο ώστε να εξαχθούν σε ένα αρχείο τύπου .csv. Όταν η συμβολοσειρά γεμίσει με τις τιμές ενός κύκλου της βασικής μεταβλητής, τότε αποθηκεύει τα δεδομένα της σε ένα αρχείο .csv και στη συνέχεια αδειάζει, έτσι ώστε αργότερα να αποδεχθεί τα αποτελέσματα από τον επόμενο κύκλο της βασικής μεταβλητής.

Με αυτό τον τρόπο, όταν αποθηκεύονται τιμές σε προηγούμενες θέσεις μνήμης έχει εξασφαλιστεί ότι έχουν μεταφερθεί και δεν χάνονται. Σημαντικό για να διασφαλιστεί ότι δεν θα προκύψει πρόβλημα είναι να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση του χρόνου που χρειάζεται κάθε διαδικασία να πραγματοποιηθεί. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο τρόπος αντιμετώπισης ήταν να δοθεί χρονική άνεση σε κάθε διεργασία έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να πέσει η μια πάνω στην άλλη. Πρακτικά, ο χρόνος ο οποίος χρειαζόταν η βασική μεταβλητή για να γεμίσει από δεδομένα ήταν δεκατέσσερα δευτερόλεπτα, ενώ ο χρόνος για να αντιγραφούν τα μισά της δεδομένα και να αποθηκευτούν σε ένα .csv αρχείο ήταν λιγότερος του δευτερολέπτου. Τα χρονικά σημεία που πραγματοποιούνταν η αντιγραφή των τιμών της βασικής μεταβλητής ήταν όταν αυτή έφτανε στη μέση της ή στο τέλος της, δηλαδή περίπου κάθε επτά δευτερόλεπτα. Σε αυτά τα σημεία αντιγράφονταν τα δεδομένα στην βοηθητική μεταβλητή. Όταν η βασική μεταβλητή γέμιζε, δηλαδή κάθε δεκατέσσερα δευτερόλεπτα, τότε μετά την αντιγραφή γινόταν και η δημιουργία του κάθε .csv αρχείου.

Ανάπτυξη νήματος

Οπότε, υλοποιώντας τα παραπάνω, κατά την διάρκεια προβολής γίνεται ανά τακτά χρονικά σημεία δημιουργία αρχείων .csv με τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Από τις πρώτες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, παρατηρήθηκε ότι κατά την διάρκεια της εκτύπωσης των τιμών η εφαρμογή παρουσίαζε μια αργοπορία. Το γεγονός αυτό θα ήταν καταστροφικό για τις μετρήσεις, καθώς επηρεάζει άμεσα την διαδικασία θέασης μιας ταινίας.

Η ερμηνεία που δόθηκε για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ζητήματος ήταν ότι η εφαρμογή δεν «προλάβει» σε ένα frame να πραγματοποιήσει όλες τις απαιτούμενες μετρήσεις και την δημιουργία του αρχείου. Έτσι, κρίθηκε σκόπιμο να διαχωριστούν αυτές οι δύο διαδικασίες, της επεξεργασίας των δεδομένων και της αποθήκευσης τους.

Το Unity προσφέρει δύο τρόπους για ασύγχρονους υπολογισμούς. Με τον όρο ασύγχρονους υπολογισμούς εννοείται επεξεργασία δεδομένων η οποία δεν επηρεάζει το frame rate της εφαρμογής. Ο ένας είναι η ανάπτυξη "Coroutine" ενώ η άλλη αφορά την ανάπτυξη νημάτων, δηλαδή την ανάπτυξη μιας επεξεργασίας η οποία τρέχει ανεξάρτητα από την βασική επεξεργασία του Unity.

Λόγω μεγαλύτερης οικειότητας με την ανάπτυξη νημάτων, και επειδή ο διαχωρισμός των εργασιών ως σύστημα μοιάζει να ταιριάζει πιο πολύ με την λογική της ανάπτυξης νημάτων επιλέχθηκε αυτός ο τρόπος. Παρακάτω παρουσιάζονται οι εργασίες που πραγματοποιούνται στο νήμα που αναπτύχθηκε και με τον τρόπο αυτό το lag εξαφανίστηκε.

Εργασίες νήματος

Οι εργασίες που πραγματοποιεί το νήμα για την διαχείριση και αποθήκευση των δεδομένων που παράγονται είναι πέντε. Αρχικά, όταν η βασική μεταβλητή φτάσει την μέση της χωρητικότητας της τότε μεταφέρονται οι τις τιμές της στην βοηθητική μεταβλητή. Αντίστοιχα, όταν η βασική μεταβλητή φτάσει στο τέλος της χωρητικότητας της μεταφέρονται οι υπόλοιπες τιμές (από την μέση μέχρι το τέλος) στην βοηθητική μεταβλητή και η οποία γεμίζει.

Όταν γεμίσει η βοηθητική μεταβλητή, όλα τα δεδομένα γράφονται σε μια συμβολοσειρά έτσι ώστε να αποθηκευτούν σε ένα .csv αρχείο. Κατά την διάρκεια που γίνεται αυτό, όταν εντοπίζεται στα δεδομένα τιμές που αφορούν την εκτίμηση της εγρήγορσης, αυτές αντιγράφονται σε μια άλλη συμβολοσειρά, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχείο .csv το οποίο θα περιέχει τα δεδομένα που αφορούν μόνο τις κινήσεις των ματιών και την εκτίμηση του συστήματος για την εγρήγορση.

Η τελευταία φορά που ενεργοποιείται το νήμα αφορά το τέλος της ταινίας, όπου εκεί καλείται για να αποθηκευτούν οι τιμές ανεξάρτητα με το πόσο γεμάτη είναι κύρια μεταβλητή. Έτσι, στην περίπτωση αυτή μεταφέρονται πάλι όλες οι τιμές της κύριας στην βοηθητική μεταβλητή και ακολουθείται κανονικά η διαδικασία της εκτύπωσης των τιμών.

Δημιουργία Script

Όπως παρουσιάστηκε προηγούμενος, η ανάπτυξη νημάτων για την συλλογή και εκτύπωση των αρχείων αύξησε την αποδοτικότητα της εφαρμογής. Έτσι, κατά την διάρκεια της προβολής παράγονται αρχεία με όλες τις τιμές των μεταβλητών που χρειάζονται για την ανάλυση.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων γίνεται σε μεγάλο βαθμό χρησιμοποιώντας δύο προγράμματα, το Excel και το Matlab. Για τον λόγο αυτό τα δεδομένα αποθηκεύονται και σε μορφή .csv. Όμως, για να διευκολυνθεί λίγο περισσότερο η συγκεκριμένη διαδικασία, κρίθηκε σκόπιμο με το που τελειώνει μια προβολή, να μαζεύονται όλα τα αρχεία που έχουν δημιουργηθεί σε ένα συγκεντρωτικό .csv. Έτσι, θα είναι εύκολο, με το που τελειώσει η προβολή να παρουσιαστούν τα γραφήματα που χρειάζονται για την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων.

Για να γίνει η συγκέντρωση των αρχείων, κατά την διάρκεια της προβολής, στον χώρο που αποθηκεύονται τα αρχεία δημιουργείται ένα script το οποίο κάνει την συγκεκριμένη εργασία. Με το που τελειώσει η προβολή, η εφαρμογή καλεί το συγκεκριμένο script και έτσι παράγεται το συγκεκριμένο αρχείο.

Όταν θα γίνεται η αξιολόγηση της εφαρμογής, είναι πολύ σημαντικό, ο χώρος στον οποίο δημιουργούνται τα αρχεία να είναι διαφορετικός, ανάλογα με τον χρήστη και την ταινία που βλέπει. Για να γίνει αυτή η οργάνωση έπρεπε να αναπτυχθεί μια διεπαφή που θα χρησιμοποιούν οι χρήστες που θα συμμετέχουν στην αξιολόγηση, και το οποίο θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Αναπαραγωγή ταινιών

Για την προσθήκη ενός οπτικοακουστικού αρχείου στο Unity υπάρχουν διάφοροι τρόποι. Ο πιο εύκολος και με πολύ καλά αποτελέσματα από πλευράς ποιότητας εικόνας και ήχου ή lagging ήταν η χρήση του videoplayer component. Αυτό που χρειάζεται να γίνει είναι να συνδεθεί το συγκεκριμένο component με ένα αρχείο video, με την κάμερα του Unity και τέλος με μια πηγή ήχου. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα script το οποίο θα διαχειρίζεται τον videoPlayer. Αυτό το script στην ουσία θα πραγματοποιεί και την διαχείριση των διάφορων οθονών που θα βλέπει ο χρήστης.

Δημιουργία οθονών

Κρίθηκε σημαντικό ο χρήστης κατά την διάρκεια των προβολών να πραγματοποιεί όσο των δυνατών μικρότερα χρονικά διαλλείματα έτσι ώστε να μην βγαίνει από την κατάσταση παρακολούθησης ταινίας, το οποίο θα ανέβαζε τα επίπεδα της εγρήγορσης του. Έτσι η χρήση της εφαρμογής πραγματοποιείται με τα ακόλουθα βήματα.

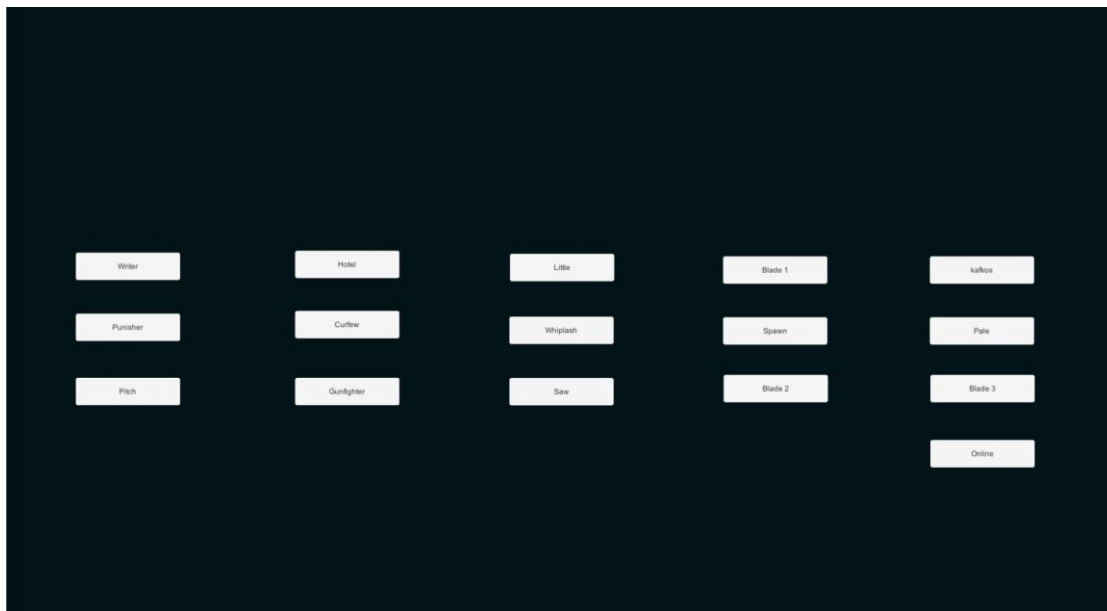
1. Εισαγωγή ονόματος
2. Επιλογή ταινίας
3. Επιλογή έναρξης προβολής (όταν η ταινία ξεκινάει αρχίζει η καταγραφή)
4. Επιστροφή στο βήμα 2 (μετά το τέλος μιας ταινίας)
5. Κλείσιμο εφαρμογής (όταν ο χρήστης έχει δει όλες τις ταινίες που χρειαζόταν)

Για την εισαγωγή του ονόματος έχουμε ένα κλασσικό πεδίο εισαγωγής μαζί με ένα κουμπί αποθήκευσης. Ο μοναδικός έλεγχος που πραγματοποιείται είναι αν το πεδίο είναι άδειο.



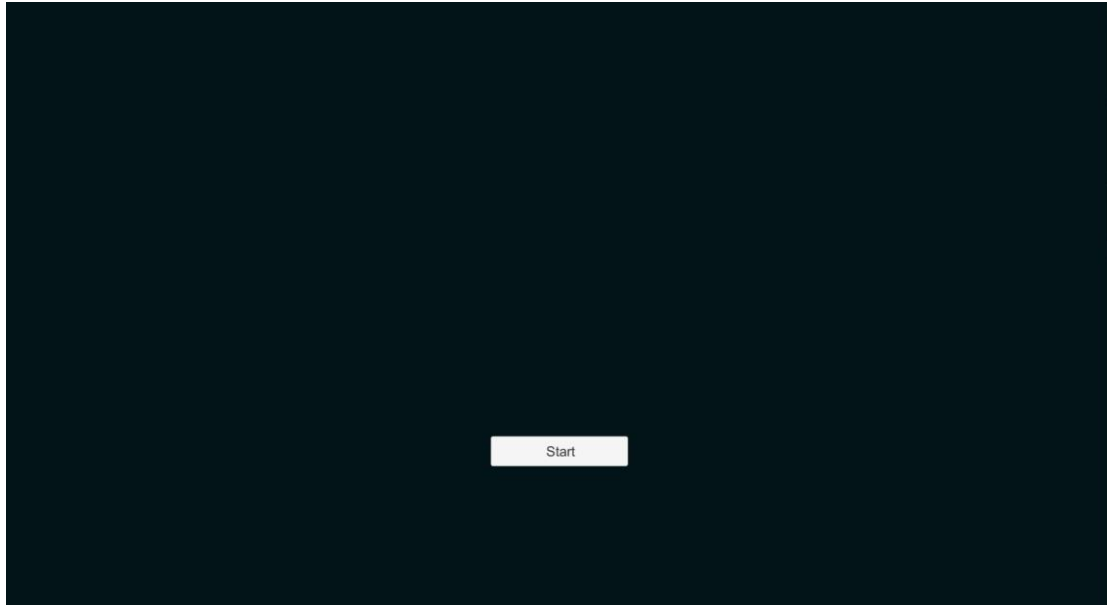
Εικόνα 21 Η πρώτη οθόνη της διεπαφής, όπου ο χρήστης καλείται να προσθέσει το όνομα του.

Για την επιλογή της ταινίας υπάρχουν κουμπιά με όλες τις διαθέσιμες ταινίες του συστήματος. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει το αντίστοιχο κουμπί ανάλογα με την ταινία που θα του έχει ζητηθεί να δει στην συνέχεια.



Εικόνα 22 Η οθόνη με την επιλογή ταινίας

Τέλος, αφού ο χρήστης είναι έτοιμος να δει την ταινία, καθώς δεν θα του επιτρέπεται να πραγματοποιήσει κάποιο διάλλειμα κατά την διάρκεια της προβολής, πατάει το κουμπί της έναρξης και ξεκινάει η προβολή.



Εικόνα 23 Μετά την επιλογή ταινίας η εφαρμογή περιμένει τον χρήστη να επιβεβαιώσει ότι είναι έτοιμος να ξεκινήσει η προβολή. Όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί, η ταινία ξεκινάει και αρχίζουν να καταγράφονται οι μετρήσεις.

Αφού τελειώσει η ταινία τα δεδομένα αποθηκεύονται όπως έχει παρουσιαστεί παραπάνω και εμφανίζεται το μενού με τις ταινίες.



Εικόνα 24 Στιγμιότυπο κατά την διάρκεια προβολής μιας ταινίας.

Πλήκτρα

Κατά την διάρκεια της προβολής έχουν προστεθεί κάποιες λειτουργίες μέσω πλήκτρων, οι οποίες κυρίως χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της εφαρμογής.

- Πλήκτρο S: Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον ήχο που χρησιμοποιείται όταν η εφαρμογή αντιλαμβάνεται κίνηση του ματιού
- Πλήκτρο O: Εμφανίζεται το μενού με τις ταινίες
- Πλήκτρο P: Εμφανίζεται το κουμπί που μπορεί να κάνει παύση την ταινία
- Πλήκτρο Q: Εμφανίζει το σημείο της οθόνης που κοιτάει ο χρήστης
- Πλήκτρο D: Εμφανίζει διάφορες τιμές των δεδομένων από μετρήσεις οι οποίες γίνονται
- Πλήκτρο H: Εμφανίζει την προβολή στην οθόνη του σημείου του κεφαλιού του χρήστη, και του υποθετικού σημείο που θα κοίταγε ο χρήστης αν είχε ίσιο το κεφάλι του.

Βελτίωση lag

Κατά την διάρκεια κάποιων πειραματικών δοκιμών παρατηρήθηκαν κάποια θέματα συγχρονισμού του ήχου με την εικόνα κατά την διάρκεια προβολής των ταινιών. Το συγκεκριμένο πρόβλημα κρίθηκε πολύ σοβαρό καθώς επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την εμπειρία του θεατή. Αρχικά, είναι πολύ πιθανό να του αποσπά την προσοχή από την αφήγηση, με αποτέλεσμα και τα δεδομένα της εγρήγορσης να επηρεάζονται καθώς ο χρήστης θα μπερδεύεται αλλά επίσης και η εκτίμηση του συνολικού έργου επηρεάζεται.

Η επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος κρίθηκε αναγκαία. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα ειδικά εργαλεία που παρέχει το Unity τα οποία επιτρέπουν την ανάλυση του χρόνου του οποίου απαιτείται για κάθε διαδικασία της εφαρμογής σε πραγματικό χρόνο. Το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμοποιείται για την βελτιστοποίηση των εφαρμογών γενικότερα.

Η εμφάνιση του προβλήματος δεν ήταν σε συγκεκριμένες στιγμές, ούτε ήταν συνεχής. Δηλαδή κάποιες φορές μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ολόκληρες προβολές χωρίς να εμφανιστεί, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορούσε να εμφανιστεί μετά από κάποια λεπτά κάποιας προβολής. Ο ακριβής λόγος για τον οποίο χάνονταν κάποια frame ήχου δεν βρέθηκε. Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν όμως ότι το πρόβλημα έκανε την εμφάνιση του όταν η εφαρμογή αναγκαζόταν να ξεπεράσει τον στόχο των 60 frame ανά δευτερόλεπτο, όπου είναι και ο ρυθμός με τον οποίο τρέχει και η συσκευή καταγραφής βλέμματος αλλά και η οθόνη που χρησιμοποιούταν.

Το πρόβλημα επιλύθηκε στην πράξη όταν απαλείφθηκε ο στόχος των εξήντα καρέ ανά δευτερόλεπτο. Για να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος στόχος χρησιμοποιούνταν μια μέθοδος του Unity η οποία συγχρονίζει τον επεξεργαστή με την κάρτα γραφικών. Έτσι, το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου καταναλωνόταν από τον επεξεργαστή στο να περιμένει, έτσι ώστε να επιτύχει τον απαιτούμενο ρυθμό, αφού οι εργασίες που έπρεπε να εκτελέσει απαιτούν λιγότερο χρόνο. Όταν όμως μια εργασία καθυστερούσε τον επεξεργαστή, τότε στιγμιαία ο ρυθμός έπεφτε κάτω από τα εξήντα καρέ ανά δευτερόλεπτο, ακουγόταν ένας μικρός θόρυβος και στην συνέχεια ο ήχος είχε χάσει κάποια καρέ.

Η κατάργηση αυτού του συγχρονισμού επέτρεψε στον επεξεργαστή να τρέχει πιο γρήγορα, οπότε ακόμα και όταν παρουσιαζόταν κάποια καθυστέρηση η εφαρμογή συνέχιζε να τρέχει πιο γρήγορα από εξήντα frame το δευτερόλεπτο. Αυτό που δεν εξετάστηκε είναι αν το πρόβλημα με τον ήχο ξεκίναγε όταν ο ρυθμός της εφαρμογής έπεφτε πιο κάτω από τον ρυθμό της εκάστοτε ταινίας. Στις ταινίες που έγιναν δοκιμές το frame rate ήταν ή εικοσιτέσσερα ή τριάντα.

Η συγκεκριμένη λύση που δόθηκε εξάλειψε το πρόβλημα και για τον λόγο αυτό η περαιτέρω αναζήτηση θεωρήθηκε εκτός των πλαισίων της διπλωματικής. Επέφερε κάποιες τροποποιήσεις στον κώδικα, καθώς η εφαρμογή διάβαζε πιο γρήγορα δεδομένα από ότι έστελνε ο eye tracker, με αποτέλεσμα να διαβάσει πολλές φορές το ίδιο δεδομένο. Έτσι, εντάχθηκε ένας έλεγχος όπου η εφαρμογή πραγματοποιούσε τους υπολογισμούς μόνο εάν το δεδομένο που έχει διαβαστεί έχει διαφορετικό timestamp από το προηγούμενο.

Προτάσεις βελτίωσης εφαρμογής

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν είναι σε θέση να εκτιμήσει την εγρήγορση ενός χρήστη. Στην περίπτωση που χρειαζόταν να εφαρμοστεί το συγκεκριμένο σύστημα σε κάποια εφαρμογή διαδραστικής αφήγησης το πιθανότερο είναι να έπρεπε να βελτιστοποιηθεί έτσι ώστε να γίνει πιο αποδοτική και πιο γρήγορη. Στην συνέχεια παρουσιάζονται κάποιες βασικές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στην εφαρμογή.

Απλοποίηση κώδικα

Η οργάνωση του κώδικα της εφαρμογής μπορεί να βελτιωθεί, γεγονός που θα την κάνει και πιο αποδοτική. Ο βασικός λόγος για τον οποίο παρουσιάστηκαν λάθη στην οργάνωση ήταν η απειρία, τόσο στον τρόπο λειτουργίας του Unity όσο και του eye tracker. Η διόρθωση αυτών των σφαλμάτων θα απαιτούσε σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη της εφαρμογής από την αρχή, κάτι το οποίο δεν κρίθηκε αναγκαίο καθώς παρά τα σφάλματα η εφαρμογή ήταν σε θέση να ικανοποιήσει τους στόχους της.

Χρήση ριπών οφθαλμών

Για την αναγνώριση της συναισθηματικής κατάστασης του χρήστη, όσο και της κατάστασης της εγρήγορσης καλό θα είναι να γίνεται σύνθεση διαφορετικών δεδομένων. Παρουσιάστηκε για παράδειγμα στην έρευνα ότι ο συνδυασμός δεδομένων σχετικά με τους παλμούς της καρδιάς και την αναπνοή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης. Με την χρήση του eye tracker, πέρα από την εκτίμηση της εγρήγορσης μέσω της ταχύτητας του βλέμματος, μπορεί να εντοπιστούν και οι ριπές οφθαλμού. Το δεδομένο αυτό ενδεχομένως μπορεί να προσφέρει εκτίμηση σχετικά με τον γνωστικό φόρτο και την επεξεργασία πληροφοριών του χρήστη, ή ακόμα και με την εγρήγορση ή κούραση του. Έτσι, είναι ένα ακόμα δεδομένο που μπορεί να προστεθεί, αφού πραγματοποιηθεί η αντίστοιχη έρευνα για την ερμηνεία των δεδομένων.

Coroutines

Μια δυνατότητα του Unity η οποία μπορεί να βελτιώσει την απόδοση μια εφαρμογής είναι η χρήση των Coroutines. Με τον όρο αυτό εννοούνται συναρτήσεις στο Unity οι οποίες δεν χρειάζεται να ολοκληρωθούν εντός του frame rate για να επιστρέψουν αποτελέσματα, οπότε δεν καθυστερούν και την δημιουργία του εκάστοτε frame. Τα coroutines υλοποιούν διαφορετική λογική από τα νήματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την αποθήκευση δεδομένων από την εφαρμογή, αλλά το κοινό τους σημείο είναι ότι οι εργασίες που πραγματοποιούν δεν επιβαρύνουν το frame rate. Ενδεχομένως, θα ήταν καλή πρακτική να διαχωριζόταν ο media player από την διαδικασία εκτίμησης της εγρήγορσης.

Φιλτράρισμα δεδομένων

Σκοπός της εφαρμογής είναι να εξεταστεί αν έχει την δυνατότητα να προσφέρει μια εκτίμηση της κατάστασης εγρήγορσης του θεατή σε πραγματικό χρόνο, κατά την διάρκεια δηλαδή παρακολούθησης μιας ταινίας.

Η ταχύτητα του βλέμματος ως δεδομένο που λαμβάνεται με την χρήση του eye tracker, έχει κάποιο θόρυβο. Αυτό είναι κάτι σύνηθες σε τέτοιο είδους μελέτες και από την βιβλιογραφία προτείνεται η χρήση κάποιων φίλτρων τα οποία θα εξισορροπήσουν τις τιμές. Αν και τέτοια φίλτρα, συνήθως χρησιμοποιούνται αφού έχουν γίνει η μετρήσεις, δίνοντας έτσι την δυνατότητα να αναζητηθούν κατάλληλοι συνδυασμοί και παραμετροποιήσεις, αναζητήθηκαν τεχνικές οι οποίες αφορούσαν την σε πραγματικό χρόνο βελτίωση των αποτελεσμάτων [12]. Η τεχνική που προτάθηκε για ένα σύστημα eye tracking 60Hz ήταν να χρησιμοποιηθούν δύο φίλτρα το (median και το Gauss).

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής η ανάλυση για την απομάκρυνση του θορύβου έφτασε μέχρι το σημείο ώστε η εφαρμογή να μπορεί να επιτύχει το σκοπό της και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πειραματικά και να αξιολογηθεί. Εφαρμογή περεταίρω τεχνικών φιλτραρίσματος των δεδομένων και βελτίωσης των ήδη υπαρχουσών, αποτελεί από μόνο του ένα ξεχωριστό κομμάτι έρευνας και το οποίο εξετάζεται παράλληλα με το κόστος που επιφέρει στην εφαρμογή, σε χρόνους εκτέλεσης.

Αξιολόγηση

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η πειραματική διαδικασία κατά την οποία εξετάστηκε η ικανότητα της εφαρμογής να εκτιμάει την εγρήγορση ενός θεατή κατά την διάρκεια παρακολούθησης ενός οπτικοακουστικού έργου. Για την αξιολόγηση της εφαρμογής ζητήθηκε από δώδεκα εθελοντές να παρακολουθήσουν έξι ταινίες μικρού μήκους. Κατά την διάρκεια των προβολών καταγράφονταν οι κινήσεις του βλέμματος και η εφαρμογή εκτύπωνε τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Στόχος αξιολόγησης

Αυτό που αναζητήθηκε αρχικά από την διαδικασία είναι αν οι μετρήσεις που καταγράφονταν ανταποκρίνονταν σε πραγματικές μεταβολές της εγρήγορσης, στην συνέχεια αν μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο από ένα σύστημα διαδραστικής αφήγησης και τέλος αν μπορεί να γίνει κάποια συσχέτιση με την εκτίμηση των θεατών για το οπτικοακουστικό έργο.

Περιγραφή διαδικασίας

Ζητήθηκε από δώδεκα εθελοντές να παρακολουθήσουν έξι ταινίες μικρού μήκους συνολικής διάρκειας μίας ώρας και δέκα λεπτών. Οι έξι ταινίες ήταν διαφορετικής διάρκειας και είδους και παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 25 Στιγμιότυπο κατά την διάρκεια δοκιμαστικής χρήσης της εφαρμογής. Αριστερά φαίνεται η οθόνη που χρησιμοποιήθηκε για την προβολή των ταινιών, δεξιά ο χρήστης, ενώ στην βάση της οθόνης διακρίνεται ο eye tracker.

Στην αρχή της διαδικασίας οι εθελοντές ενημερώνονταν για την διαδικασία του πειράματος και τους δινόταν η λίστα με τις ταινίες τις οποίες έπρεπε να παρακολουθήσουν. Η διαδικασία περιλάμβανε αρχικά την ρύθμιση του eye tracker και στην συνέχεια οι χρήστες παρακολούθησαν τις ταινίες με την σειρά που τους είχε δοθεί. Όταν τελειωνε κάθε ταινία τους ζητούνταν να την βαθμολογήσουν και να προχωρήσουν στην επόμενη. Στο τέλος της διαδικασίας καλούνταν να σχολιάσουν κάποια πράγματα τα οποία σχετίζονται με την κάθε ταινία και τις αντιδράσεις τους στην εξέλιξη τους. Στο τέλος της διαδικασίας παρουσιάζονταν στους εθελοντές τα αποτελέσματα της εφαρμογής και καλούνταν να ανακαλέσουν τις σκέψεις τους σε σημεία των ταινιών στα οποία τα δεδομένα κρινόταν ότι είχαν ενδιαφέρον. Τα σημεία αυτά συνήθως ήταν αυτά στα οποία η εφαρμογή παρουσιάζει απότομη αύξηση της εγρήγορσης.

Γενικά, κατά την διάρκεια της διαδικασίας, δινόταν προσοχή για να αποκλειστούν παρεμβολές που θα αποτελέσουν θόρυβο στις μετρήσεις, όπως κινητά τηλέφωνα. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν ήταν εφικτό και για οποιοδήποτε λόγο η προσοχή του θεατή αποσπώταν από την προβολή, αυτό σημειωνόταν.

Παρουσίαση ταινιών μικρού μήκους

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ταινίες που επιλέχθηκαν για την διεξαγωγή της αξιολόγησης. Όπως αναφέρθηκε και στους στόχους της διαδικασίας το ενδιαφέρον εστιάστηκε στην ικανότητα της εφαρμογής να εντοπίσει σε πραγματικό χρόνο διακυμάνσεις της

εγρήγορσης. Έτσι, για την επιλογή των ταινιών και την σειρά με την οποία θα προβάλλονταν κρίθηκε περιττό να ακολουθηθεί κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Το βασικό κριτήριο για την επιλογή των ταινιών ήταν να υπάρχει ποικιλία ως προς το είδος τους, έτσι ώστε να προκληθούν στους χρήστες διαφορετικές συναισθηματικές αντιδράσεις. Η έρευνα για τις ταινίες εστιάστηκε σε επαγγελματικού επιπέδου παραγωγές, καθώς θεωρήθηκε ότι έτσι διασφαλίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό η «απόρριψη της δυσπιστίας» ενός μέσου θεατή, γεγονός που θα παρήγαγε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Η σειρά με την οποία επιλέχθηκε να προβάλλονται οι ταινίες επίσης σκοπό είχε να εξοικειώσει τον θεατή όσο πιο σύντομα με την διαδικασία. Οι επιλογές όμως σε κάθε περίπτωση προκύπτουν από προσωπικές εκτιμήσεις τους συγγραφέα.

Whiplash

Το Whiplash είναι μια βραβευμένη μικρού μήκους ταινία του 2013 διάρκειας 18 λεπτών. Η ταινία βασίστηκε σε απόσπασμα του σεναρίου της ομώνυμης μεγάλου μήκους ταινίας που παράχθηκε ένα χρόνο αργότερα. Η δημιουργία της μικρού μήκους ταινίας έγινε με σκοπό την αναζήτηση επενδυτών. Η ταινία ανήκει στις δραματικές ταινίες και παρουσιάζει τις αμφιλεγόμενες μεθόδους ενός καθηγητή μουσικής να εκπαιδεύσει έναν νεαρό ντράμερ.



Το βασικό της χαρακτηριστικό αποτελούν οι απότομες στιγμές μεγάλης έντασης όπου παρουσιάζεται ο καθηγητής να εκφοβίζει τους μαθητές του στην προσπάθειά του να βγάλει το καλύτερο από αυτούς.

Ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη ταινία είναι για να εξεταστούν οι μετρήσεις κατά την διάρκεια αυτών των έντονων στιγμών. Τέλος, τοποθετήθηκε πρώτη καθώς λόγω της συγκριτικά μεγάλης της διάρκειας, του ύφους της αλλά και του περιεχομένου κρίθηκε ότι θα κέρδιζε το ενδιαφέρον των χρηστών άμεσα και θα τους μετέφερε πιο γρήγορα από την ψυχολογία μιας πειραματικής διαδικασίας σε αυτήν της παρακολούθησης μιας ταινίας.

2048: nowhere to run

Η δεύτερη ταινία που επιλέχθηκε να προβάλλεται είναι το «2048: Nowhere to Run». Αποτελεί μια ταινία δράσης, η οποία γυρίστηκε το 2017 και η διάρκεια της είναι έξι λεπτά. Είναι μια από τις τρεις ταινίες μικρού μήκους που παράχθηκαν στα πλαίσια της μεγάλου μήκους ταινίας «Blade Runner 2049» και οι οποίες κυκλοφόρησαν πριν την πρεμιέρα της. Στην συγκεκριμένη ταινία παρουσιάζεται μια ιστορία ενός ανθρώπου σε ένα δυστοπικό περιβάλλον όπου προστατεύει ένα μικρό κοριτσάκι και την μητέρα του από μια συμμορία.



Η ταινία επιλέχθηκε για να εξεταστούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής στην σκηνή μάχης που έχει. Επιλέχθηκε δεύτερη στην σειρά κυρίως λόγω του μικρού μήκους της. Κρίθηκε ότι ήταν σκόπιμο να μην προβληθούν δύο σχετικά μεγάλες ταινίες διαδοχικά στην αρχή, έτσι ώστε οι χρήστες να πάρουν μια ανάσα και να θεωρήσουν ότι τελείωσαν με το ένα τρίτο της διαδικασίας.

Pitch black heist

Το «Pitch Black Heist» είναι μια δραματική ταινία του 2011 διάρκειας δεκατριών λεπτών. Η ταινία αφηγείται την απόπειρα ληστείας από δύο άτομα, το βασικό χαρακτηριστικό της οποίας είναι ότι πρέπει να γίνει σε συνθήκες απόλυτου σκοταδιού, λόγω του συστήματος συναγερμού.

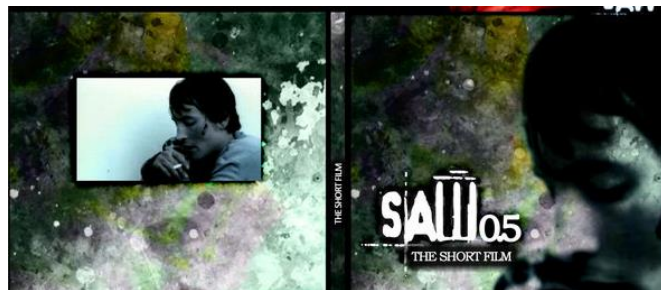
Η ταινία επιλέχθηκε καθώς το σημείο της κορύφωσης της αποτελείται από ένα μεγάλο διάστημα απόλυτου σκοταδιού, όπου ακούγεται μόνο ο διάλογος των πρωταγωνιστών. Σε εκείνο το σημείο εξετάζεται αν μπορούν να ληφθούν εκτιμήσεις για την εγρήγορση ακόμα και κατά την απουσία ερεθισμάτων. Η ταινία τοποθετήθηκε τρίτη, καθώς λόγω του αργού ρυθμού της κρίθηκε σκόπιμο να μην παρουσιαστεί αργότερα για να αποφευχθεί να έχουν κουραστεί οι χρήστες.



Saw 0.5

Το «Saw 0.5» είναι μια μικρού μήκους ταινία τρόμου του 2003 διάρκειας 9 λεπτών. Η ταινία παράχθηκε για να παρουσιαστεί σε επενδυτές η βασική ιδέα μιας μεγάλου μήκους ταινίας και η οποία εξελίχθηκε στην πολύ επιτυχημένη σειρά ταινιών με τίτλο «Saw». Στην συγκεκριμένη ιστορία παρουσιάζεται ένας νεαρός να εξηγή στην αστυνομία το περιστατικό της απαγωγής του και του εξαναγκασμού του να συμμετέχει σε ένα «παιχνίδι».

Η ταινία επιλέχθηκε λόγω του είδους της και των στιγμών μεγάλης έντασης που έχει. Τοποθετήθηκε στη σειρά μετά την πιο αργή ταινία της δοκιμασία έτσι ώστε να αναζητηθεί η απότομη αλλαγή συναισθηματικής κατάστασης που επιβάλλεται στους χρήστες.



Curfew

Το «Curfew» είναι μια δραματική ταινία του 2012 διάρκειας δεκαεννέα λεπτών. Αφηγείται μια συγκινητική ιστορία ενός νεαρού ο οποίος καλείται να προσέξει για ένα βράδυ την μικρή του ανιψιά.

Η ταινία επιλέχθηκε για να παρατηρηθούν οι μετρήσεις της εφαρμογής κατά την διάρκεια της προβολής μιας πιο συγκινητικής ταινίας. Τοποθετήθηκε μετά την ταινία τρόμου επειδή κρίθηκε ότι σε αυτή την φάση οι θεατές θα εκδήλωναν πιο έντονα συγκίνηση.



Gunfighter

Το «The Gunfighter» είναι μια κωμωδία μικρού μήκους του 2014 διάρκειας εννέα λεπτών. Η ταινία λαμβάνει χώρα σε ένα σαλόνι όπου ξαφνικά οι πρωταγωνιστές είναι σε θέση να ακούν τον αφηγητή της ιστορίας και ο οποίος φαίνεται να θέλει να προκαλέσει εντάσεις μεταξύ τους.



Η ταινία επιλέχθηκε για να μετρηθούν τα αποτελέσματα των χρηστών κατά την διάρκεια προβολής μιας κωμωδίας και τοποθετήθηκε τελευταία λόγω του πιο χαλαρού ύφους της.

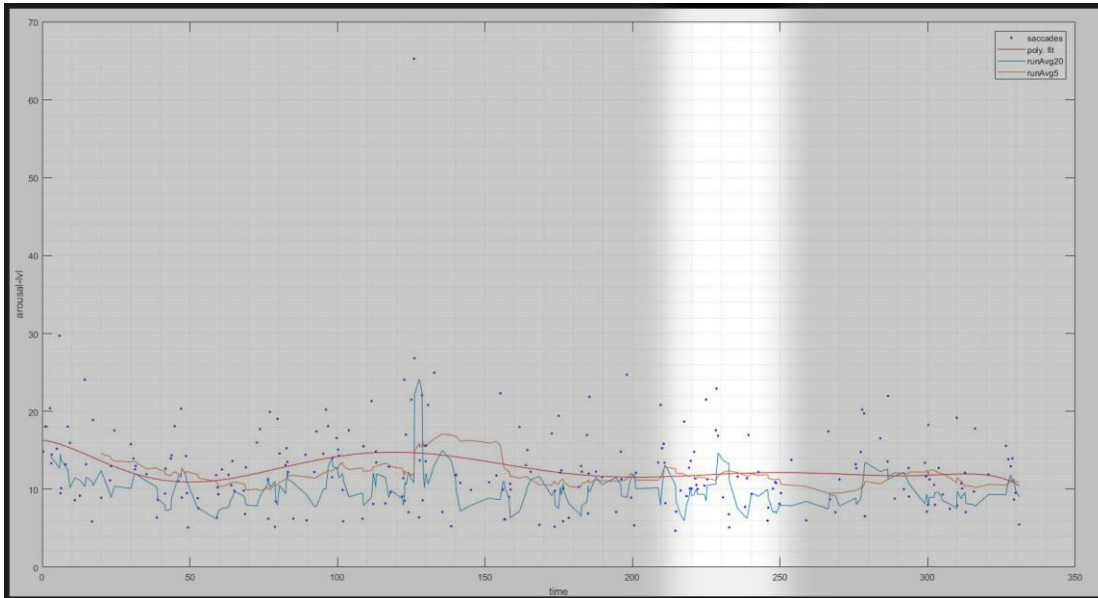
Πραγματοποίηση δοκιμών

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών της εφαρμογής. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κατά την διάρκεια αναπαραγωγής των ταινιών η εφαρμογή κατέγραφε σε κάθε κίνηση του ματιού του χρήστη την εκτίμηση που έκανε για την εγρήγορση του καθώς και την χρονική στιγμή κατά την οποία συνέβαινε. Τα δεδομένα αυτά συγκεντρώθηκαν μετά τις προβολές και αναλύθηκαν με την χρήση του προγράμματος Matlab.

Το matlab αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται αυτά τα διαγράμματα για κάθε πείραμα το οποίο αναλύθηκε. Ο οριζόντιος άξονας προσδιορίζει τον χρόνο σε δευτερόλεπτα, δηλαδή την χρονική στιγμή στην οποία τελείωσε η κίνηση του ματιού, ενώ ο κατακόρυφος άξονας προσδιορίζει την εκτίμηση για την εγρήγορση. Επίσης, στα διαγράμματα αποτυπώνονται και τα αποτελέσματα των δύο κινούμενων μέσων που υπολογίζονται κατά την διάρκεια της προβολής. Ο πρώτος κινούμενος μέσος αποτυπώνεται με την πορτοκαλί γραμμή και αποτελεί τον μέσο όρο των τελευταίων είκοσι τιμών και δεύτερος κινούμενος μέσος αποτυπώνεται με την μπλε γραμμή και αποτελεί τον μέσο όρο των τελευταίων πέντε τιμών. Η σύγκριση των δύο αυτών μέσων αποσκοπεί στο να εκτιμηθεί η τάση της εγρήγορσης στα διάφορα χρονικά σημεία. Πιο συγκεκριμένα, όταν η μπλε γραμμή βρίσκεται ψηλότερα από την πορτοκαλί εκτιμάται ότι η εγρήγορση του χρήστη εκείνη την στιγμή είναι υψηλότερα από ότι ήταν προηγουμένως, και άρα κάτι έχει συμβεί που του έχει προκαλέσει αυτή την αντίδραση. Τέλος, μέσω του Matlab δημιουργείται η κόκκινη γραμμή στα διαγράμματα, η οποία είναι μια καμπύλη προσαρμογής με βάση τα αποτελέσματα. Για την δημιουργία της καμπύλης χρησιμοποιήθηκαν πολυώνυμα 9^{ου} βαθμού, σε μια προσπάθεια να παρουσιαστεί καλύτερα η διακύμανση της εγρήγορσης κατά την διάρκεια της προβολής.

Παράδειγμα

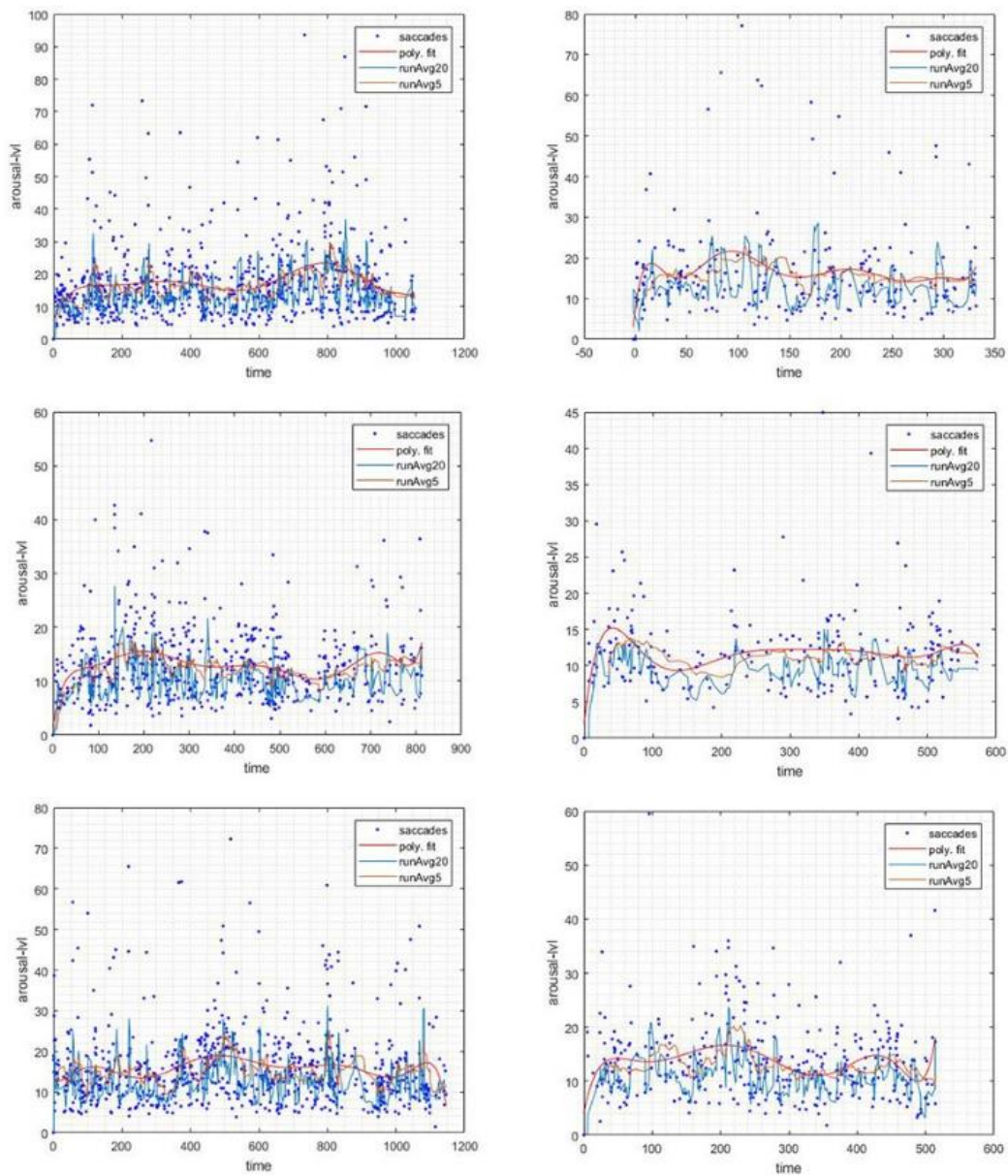
Στο σημείο που έχει τονιστεί στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται ένα σημείο όπου η εγρήγορση του θεατή δείχνει να έχει την τάση να ανέβει. Στην ταινία, αυτό που συμβαίνει εκείνη την χρονική στιγμή είναι ότι ο ήρωας ακούει μια φωνή και καταλαβαίνει ότι κάποια φιλικά του πρόσωπα βρίσκονται σε κίνδυνο.



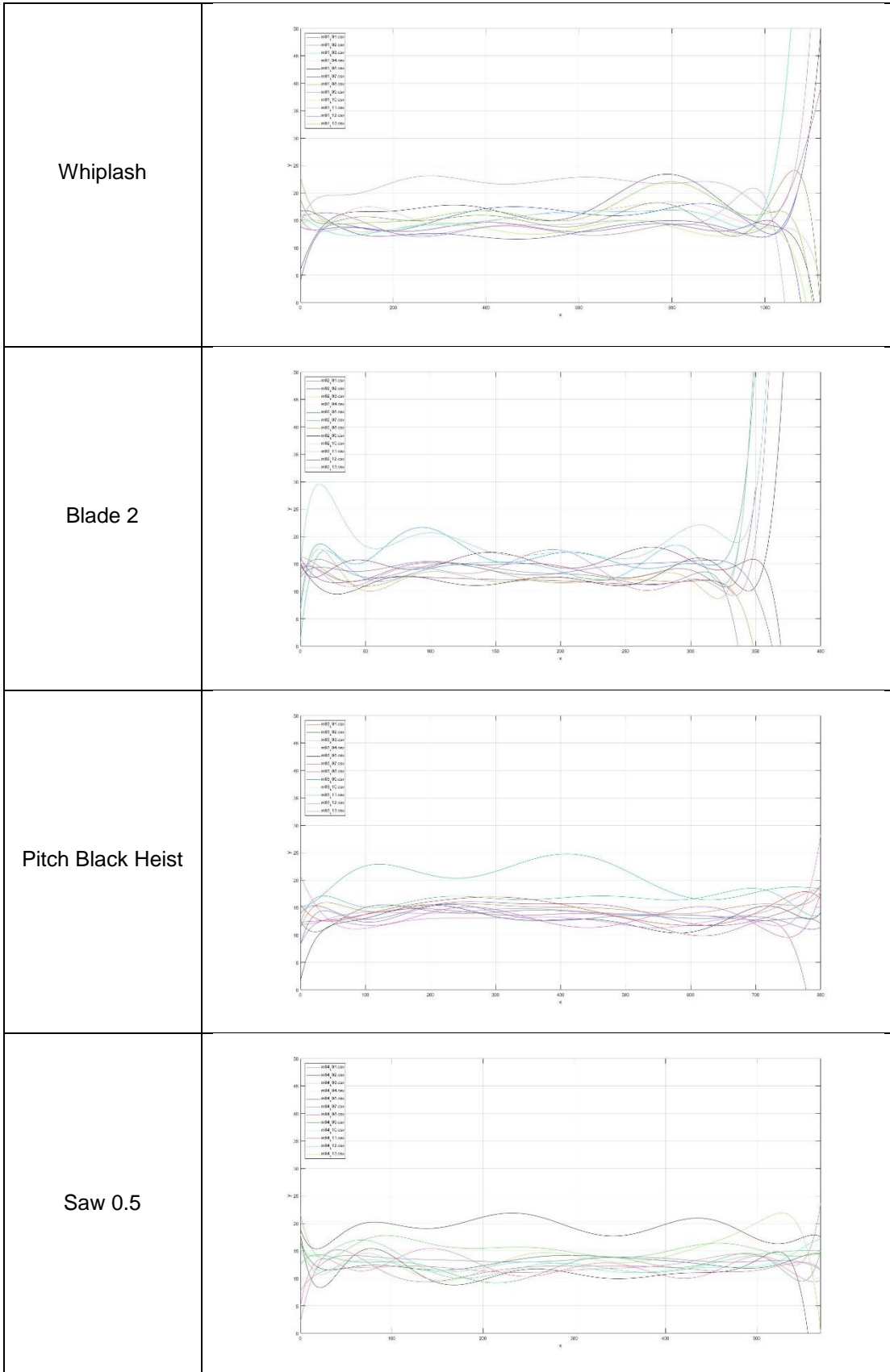
Εικόνα 26 Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ενός χρήστη από μια προβολή, όπως γινόταν μέσω του Matlab και του ειδικού script που είχε αναπτυχθεί. Ο οριζόντιος άξονας αφορά την χρονική στιγμή που πραγματοποιήθηκε η κίνηση σε δευτερόλεπτα και ο κατακόρυφος την τιμή της εγρήγορσης που της ανατέθηκε από τον αλγόριθμο. Με μπλε κουκίδες εμφανίζονται οι κινήσεις που καταγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν από την εφαρμογή. Η γαλάζια γραμμή αφορά την μέση τιμή των τελευταίων πέντε μετρήσεων ενώ η πορτοκαλί την μέση τιμή των τελευταίων είκοσι. Τέλος, η κόκκινη γραμμή είναι μια καμπύλη προσαρμογής των τιμών, ως πολυώνυμο 9^{ου} βαθμού, και παραγόταν μετά το τέλος της προβολής μέσω του Matlab. Το σημείο που έχει τονιστεί αφορά ένα σημείο ενδιαφέροντος.

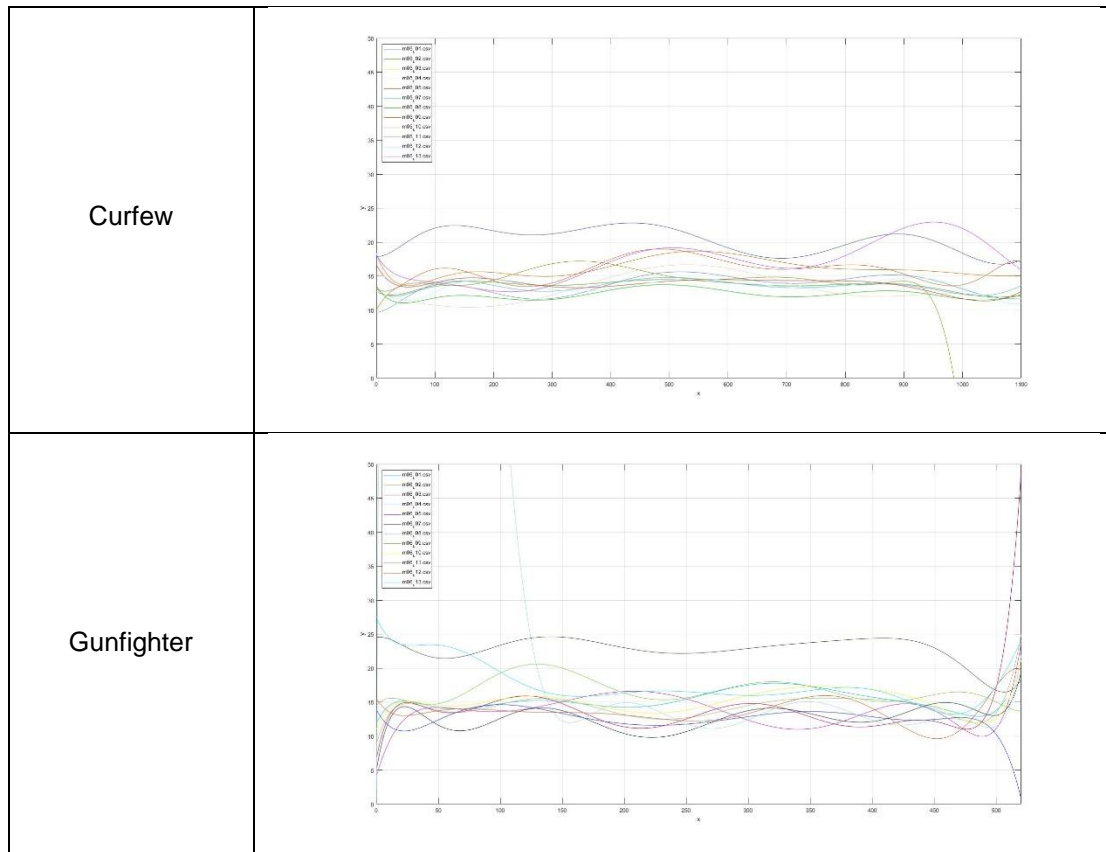
Συνοπτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω κάθε χρήστες καλούταν να παρακολουθήσει έξι διαφορετικές ταινίες μικρού μήκους. Τα αποτελέσματα της εκτίμησης της εγρήγορσης συγκεντρώνονταν για κάθε προβολή ξεχωριστά. Στην Εικόνα 27 φαίνεται η συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων ενός χρήστη.



Εικόνα 27 Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τις διαφορετικές προβολές που πραγματοποίησε ένας χρήστης. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται συγκριτικές εικόνες των αποτελεσμάτων των χρηστών για κάθε ταινία. Στον συγκεκριμένο πίνακα φαίνονται οι διαφορετικές αποκρίσεις των χρηστών στην κάθε προβολή.





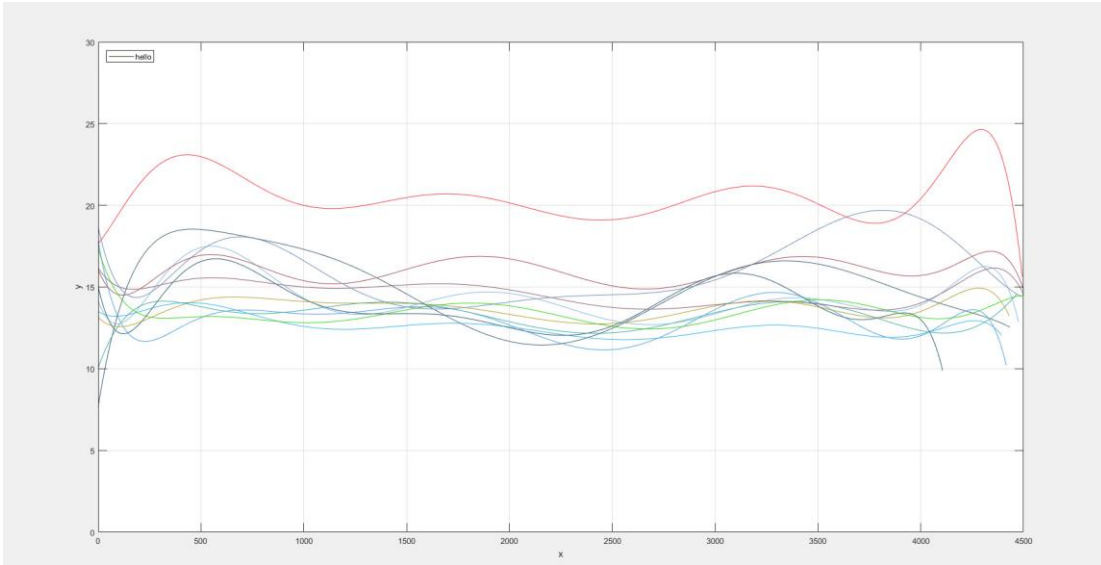
Πίνακας 1 Αποτελέσματα όλων των χρηστών ανά ταινία

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι βαθμολογίες που έδωσαν οι χρήστες για την κάθε προβολή που πραγματοποιήσαν και ταυτόχρονα αναφέρονται και οι αντίστοιχοι μέσοι όροι έτσι ώστε να γίνεται η σύγκριση της εκάστοτε βαθμολογίας με τις αντίστοιχες των υπόλοιπων χρηστών.

		Whiplash	Blade R.	Pitch B.	Saw	Curfew	Gunfighter	M.O.
1	Λεωνίδας	9	8	6	7	8	9	7,83
2	Βασίλης	7	6	7	4	8	8	6,67
3	Σπύρος	8	7	6	6	9	8	7,33
4	Νάνσυ	5	7	4	3	5	7	5,17
5	Νίκος	7	5	7	6	8	7	6,67
6	Άννα	8	8	9	6	10	8	8,17
7	Αγγελίνα	8	7	8	6	8	9	7,67
8	Άρης	8	7	8	7	7	9	7,67
9	Βάσω	8	4	9	6	9	5	6,83
10	Κών/να	7	7	8	4	6	7	6,50
11	Δήμητρα	7	6	9	5	8	4	6,50
12	Σοφία	10	8	6	5	7	7	7,17
	M.O.	7,77	6,54	7,31	5,23	7,77	7,31	6,99

Πίνακας 2 Βαθμολογίες ταινιών

Τέλος, στην εικόνα που ακολουθεί αποτυπώνεται η διακύμανση της εγρήγορσης κάθε χρήστη κατά την διάρκεια όλων των προβολών. Οπότε μπορεί να γίνει μια συνολική εκτίμηση για την πορεία της εγρήγορσης του χρήστη κατά την συνολική διάρκεια του πειράματος, αλλά και σε σχέση με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες.



Εικόνα 28 Διακύμανση εγρήγορσης όλων των χρηστών σε όλες τις ταινίες

Συμπεράσματα αξιολόγησης

Αρχικά παρατηρήθηκε ότι η μετρήσεις που καταγράφηκαν είχαν σχέση με την εγρήγορση του θεατή καθώς στα σημεία στα οποία θεωρούνταν κρίσιμα στις ταινίες παρατηρήθηκε άνοδος της εγρήγορσης. Η ερμηνεία που δίνεται είναι ότι σε αυτά τα σημεία αυξάνεται η προσοχή του χρήστη και άρα αναμένονται υψηλότερες τιμές εγρήγορσης.

Επίσης, παρατηρείται ότι κατά την διάρκεια των προβολών που διήρκεσαν παραπάνω από μια ώρα συνολικά, οι χρήστες είχαν διαφορετικά επίπεδα εγρήγορσης. Δηλαδή κάποιοι χρήστες έτειναν να έχουν συνολικά πιο υψηλά επίπεδα, ενώ κάποιοι άλλοι συνεχώς πιο χαμηλά. Το συγκεκριμένο δεδομένο είναι κάτι το οποίο ενδέχεται να είναι φυσιολογικό, καθώς διαφορετικοί άνθρωποι μπορεί να έχουν διαφορετική ταχύτητα βλέμματος.

Οι διακυμάνσεις δεν είχαν τα ίδια χαρακτηριστικά σε όλους τους χρήστες. Σε άλλες περιπτώσεις παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές, σε άλλες είναι πιο απότομες ή πιο ήπιες. Το δεδομένο αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς μέσα από την μέτρηση της εγρήγορσης σκοπός είναι να αποτυπωθεί η διαφορετική εκτίμηση κάθε ατόμου σε οπτικοακουστικό έργο και αυτό το χαρακτηριστικό υποδηλώνει ακριβώς αυτό.

Τέτοιοι υποκειμενικοί παράγοντες αναζητήθηκαν κατά την διάρκεια των συνεντεύξεων που πραγματοποιήθηκαν στους συμμετέχοντες μετά τις προβολές. Ένας παράγοντας που εντοπίστηκε αρχικά αποτελεί το φύλο των συμμετεχόντων και η διαφορετική αντίδραση τους σε κάποιες περιπτώσεις ανάμεσα σε άντρες ή γυναίκες πρωταγωνιστές. Αντίστοιχα, ένας ακόμα παράγοντας αποτελούσε η εξοικείωση με τα αγγλικά. Οι χρήστες οι οποίοι είτε δυσκολεύονταν είτε φοβόνταν περισσότερο μήπως δεν κατανοήσουν κάποιο κομμάτι ενός διαλόγου είχαν γενικότερα ανεβασμένα επίπεδα εγρήγορσης. Το συγκεκριμένο γεγονός φαίνεται φυσιολογικό, καθώς είχαν αυξημένη συγκέντρωση και προσοχή.

Σχετικά με την δυνατότητα καταγραφής σε πραγματικό χρόνο της εγρήγορσης, η σύγκριση των δύο διαφορετικών κινούμενων μέσων κατά την διάρκεια της προβολής φάνηκε να μπορεί προσφέρει αποτελέσματα. Η μέτρηση αυτή θα πρέπει βέβαια να αναλυθεί περισσότερο έτσι ώστε να κατανοηθούν τα χαρακτηριστικά της. Πιο συγκεκριμένα να αναζητηθεί το όριο της τιμής πάνω από το οποίο θα θεωρείται ότι παρατηρείται έγκυρη τιμή εγρήγορσης και επίσης να διερευνηθεί η συσχέτιση της τιμής με την ένταση της εγρήγορσης.

Τέλος, σχετικά με την σύγκριση των βαθμολογιών των χρηστών με τις διακυμάνσεις, δεν προσδιορίστηκε κάποια άμεσα εμφανή συσχέτιση. Η παρατήρηση που πραγματοποιήθηκε αφορούσε την ομοιότητα μεταξύ κάποιων τύπων διακυμάνσεων με κάποιες από τις υψηλές βαθμολογίες. Για παράδειγμα στις περιπτώσεις όπου οι διακυμάνσεις της εγρήγορσης ήταν μεγάλες και παρουσίαζαν μια μορφή σαν κυματοειδή οι χρήστες έτειναν να βαθμολογήσουν

υψηλότερα. Για την εξαγωγή τέτοιων συμπερασμάτων απαιτείται μεγαλύτερη ανάλυση με περισσότερους συμμετέχοντες.

Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική ασχολήθηκε με ένα συγκεκριμένο είδος αλληλεπιδράσεων κατά την διάρκεια της διαδραστικής αφήγησης, αυτό των παθητικών αλληλεπιδράσεων. Αναζητήθηκαν τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε να γίνει εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης ενός θεατή κατά την διάρκεια ενός οπτικοακουστικού έργου. Στο επίκεντρο της έρευνας ήταν η εκτίμηση της εγρήγορσης, ως ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία συναισθημάτων. Πιο συγκεκριμένα, αναζητήθηκε η δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης μέσα από τις εκούσιες κινήσεις των ματιών κατά την διάρκεια προβολής ενός έργου με την χρήση μιας συσκευής καταγραφής βλέμματος. Η χρήση μιας τέτοιας συσκευής μπορεί να ενισχύσει τις παθητικές αλληλεπιδράσεις που πραγματοποιούνται σε ένα διαδραστικό αφήγημα κι έτσι να ενισχύσει την παραγόμενη εμπειρία, ενώ επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποκλειστική συσκευή εισόδου για περιπτώσεις αφηγημάτων όπως οι διαδραστικές ταινίες. Έτσι κρίνεται ως μια χρήσιμη συσκευή στον τομέα της διαδραστικής αφήγησης.

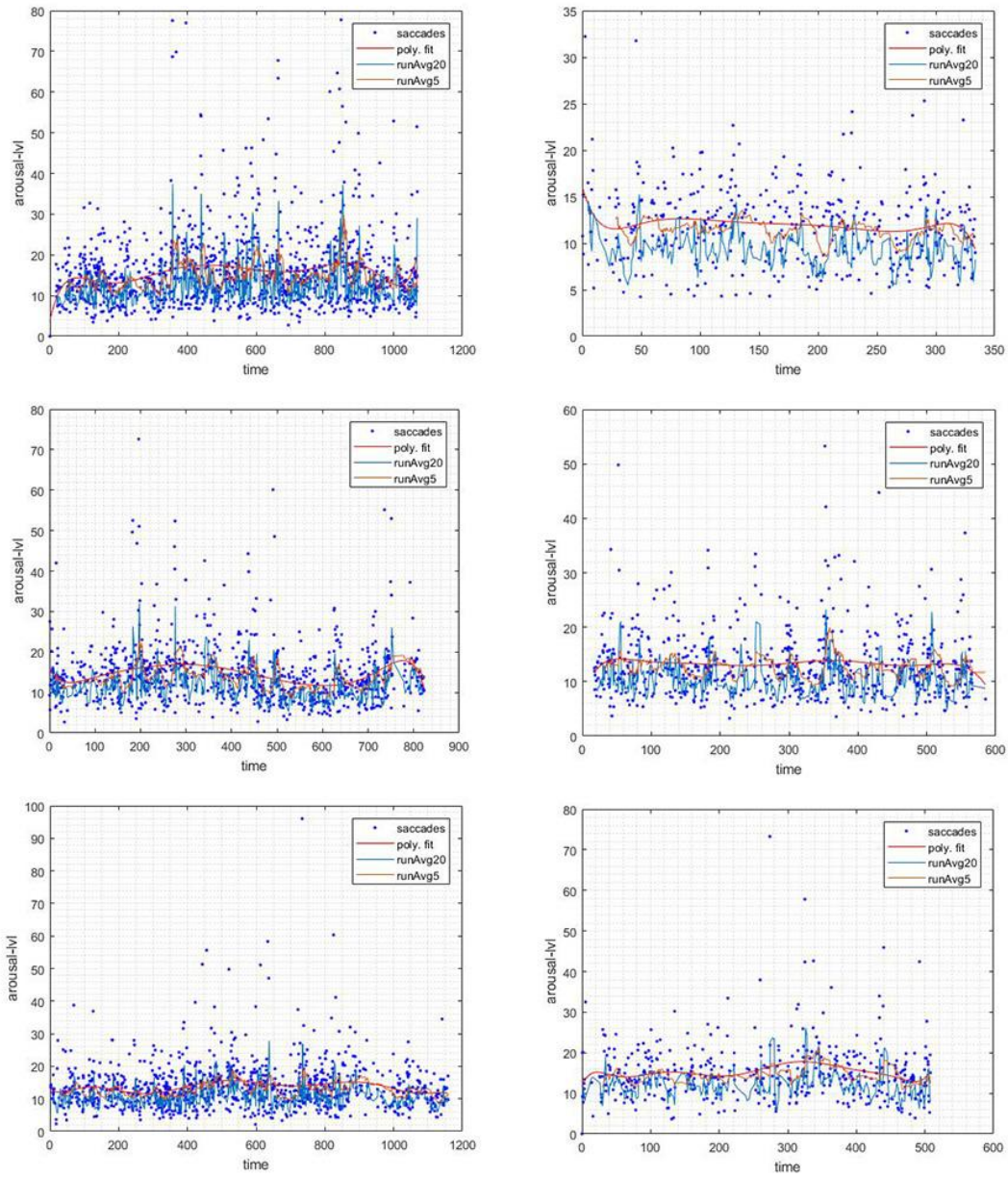
Για την ανάπτυξη μιας τέτοιας συσκευής παρέχονται διάφορα εργαλεία. Η αύξηση του ενδιαφέροντος για την καλύτερη αλληλεπίδραση ανθρώπου και υπολογιστή αλλά και για την εκτίμηση της συναισθηματικής κατάστασης των χρηστών έχει κάνει προσιτές στο ευρύ κοινό και εξειδικευμένες συσκευές αλλά και λογισμικά. Οπότε, για την δημιουργία μιας πειραματικής εφαρμογής με βάση την έρευνα που πραγματοποιήθηκε υπήρχε πληθώρα εργαλείων που μπορούσαν να βοηθήσουν την διαδικασία. Έτσι, η ανάπτυξη μιας πλήρους λειτουργικής εφαρμογής για τις ανάγκες ενός πειράματος πραγματοποιήθηκε με σχετική ευκολία. Για την ανάπτυξη όμως μιας εφαρμογής η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες, από περισσότερες συσκευές και χρήστες απαιτείται παραπάνω έρευνα.

Σχετικά με την δυνατότητα εκτίμησης της εγρήγορσης μέσω της συσκευής καταγραφής βλέμματος τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας ήταν θετικά. Διαπιστώθηκε ότι περεταίρω έρευνα για την αξιολόγηση των μετρήσεων είναι σκόπιμη για την αναγνώριση καταστάσεων εγρήγορσης σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, ένα επόμενο στάδιο, πέρα από την βελτιστοποίηση της εφαρμογής, είναι απαραίτητη η σύγκριση των μετρήσεων με άλλες καθιερωμένες συσκευές μέτρησης εγρήγορσης, όπως αυτές που εξετάζουν την αγωγιμότητα του δέρματος (GSR).

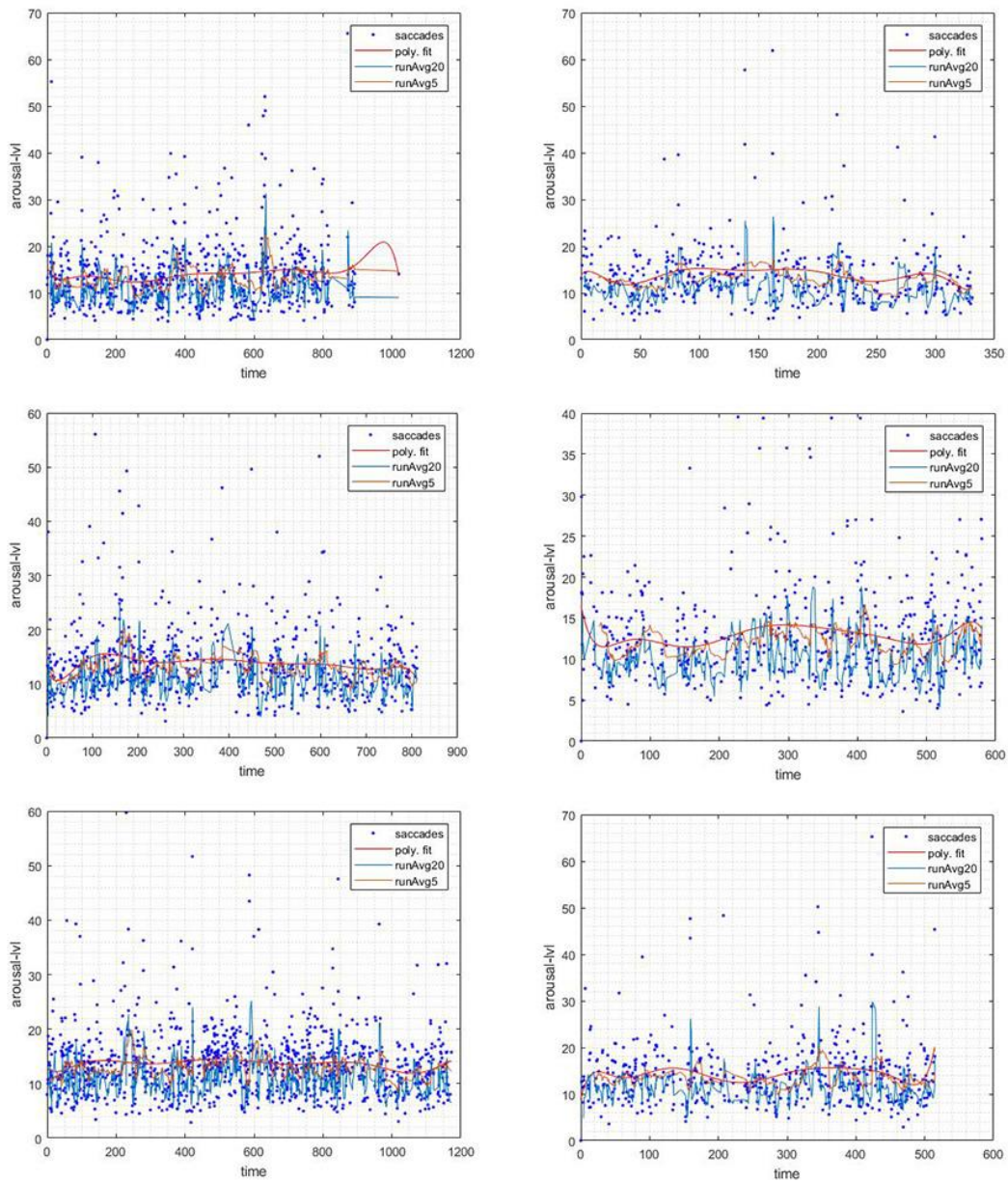
Αναφορές

- [1] «Wikipedia,» 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomic_nervous_system. [Πρόσβαση 9 July 2018].
- [2] S. Kreibig, «Autonomic Nervous System Activity in Emotion: A Review,» *Biological psychology*, pp. 394-421, 2010.
- [3] «Eye movement,» 10 July 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Eye_movement. [Πρόσβαση 7 July 2018].
- [4] R. W. Baloh, A. W. Sills, W. E. Kumley και V. Honrubia, «Quantitative Measurement of Saccade Amplitude, Duration, and Velocity,» *Neurology*, τόμ. 25, αρ. 11, pp. 1065-70, 1975.
- [5] K. Riese, . M. Bayer, . G. Lauer και A. Schacht, «In the eye of the recipient: Pupillary responses to suspense in literary classics,» *Scientific Study of Literature*, τόμ. 4, αρ. 2, pp. 211 - 232, 2014.
- [6] L. Di Stasi, A. Catena, J. Canas, S. Macknik και S. MArtinez-Conde, «Saccadic velocity as an arousal index in naturalistic tasks,» *Neuroscience and biobehavioral reviews*, τόμ. 37, αρ. 5, pp. 968-975, 2013.
- [7] «Interactive storytelling,» 27 07 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Interactive_storytelling. [Πρόσβαση 11 12 2018].
- [8] S. Gilroy, J. Porteous, F. Charles και M. Cavazza, «Exploring passive user interaction for adaptive narratives,» *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 119-128, 14 02 2012.
- [9] S. Gilroy, J. Porteous, F. Charles και M. Cavazza, «PINTER: interactive storytelling with physiological input,» *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 333-334, 14 February 2012.
- [10] J. Sykes, «Affective Gaming: Advancing the Argument for Game-Based Learning,» σε *Affective and Emotional Aspects of*, 2006, pp. 3-7.
- [11] J. Sykes και S. Brown, «Affective gaming: measuring emotion through the gamepad,» *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, p. 732, 2003.
- [12] O. Spakov, «Comparison of eye movement filters used in HCI,» *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, pp. 281-284 , 2012.
- [13] B. Troia, «Visualizing HR, HRV, and GSR While Watching 'Interstellar',» 9 July 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.quantifiedbob.com/2014/12/visualizing-interstellar-viewing-experience/>.
- [14] «Eye tracking,» 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Eye_tracking. [Πρόσβαση 10 July 2018].
- [15] M. Gasperi, «extremenx,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.extremenxt.com/blog/?page_id=323. [Πρόσβαση 3 10 2018].

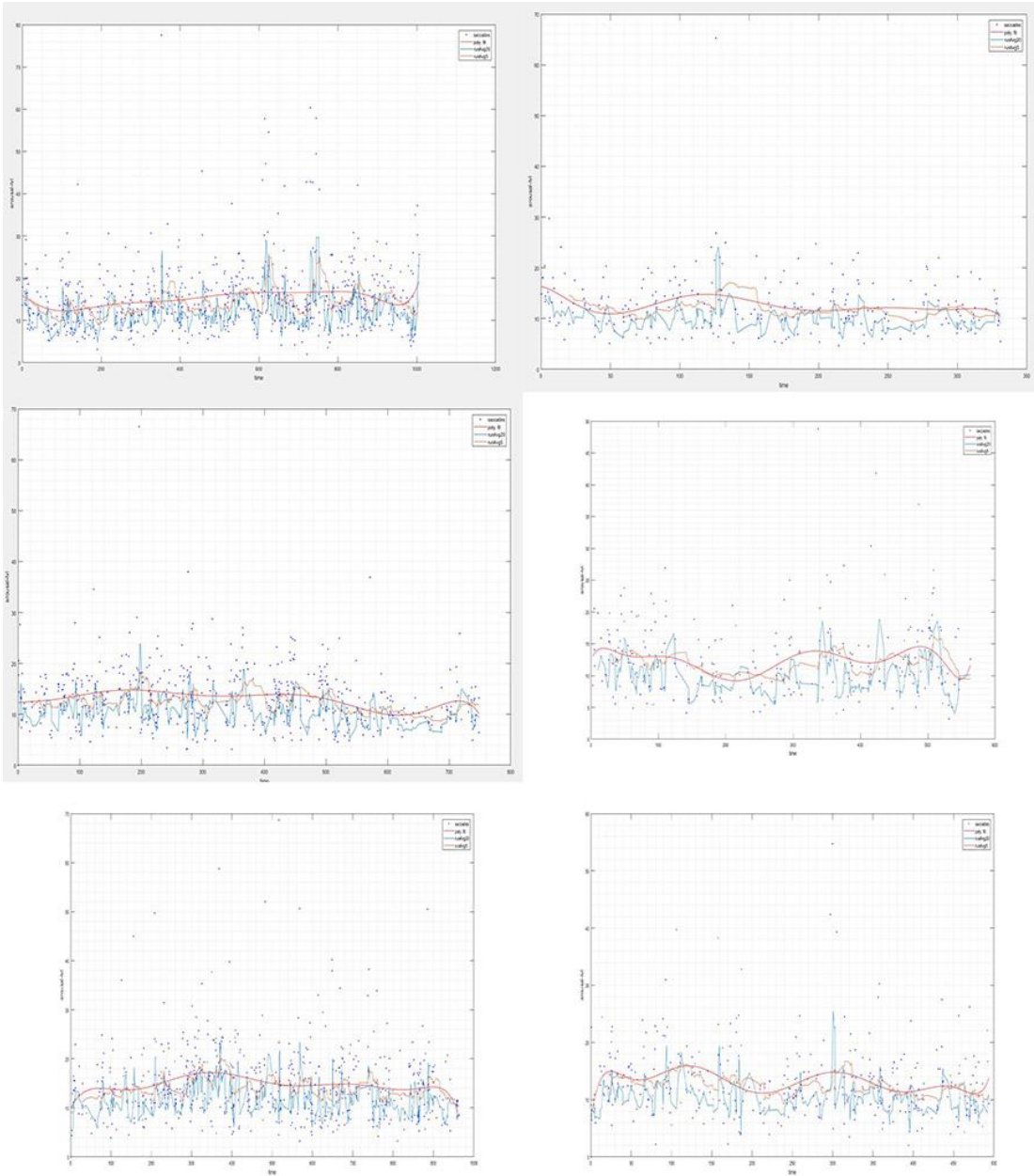
Παράρτημα Α: Αναλυτικά αποτελέσματα δοκιμών



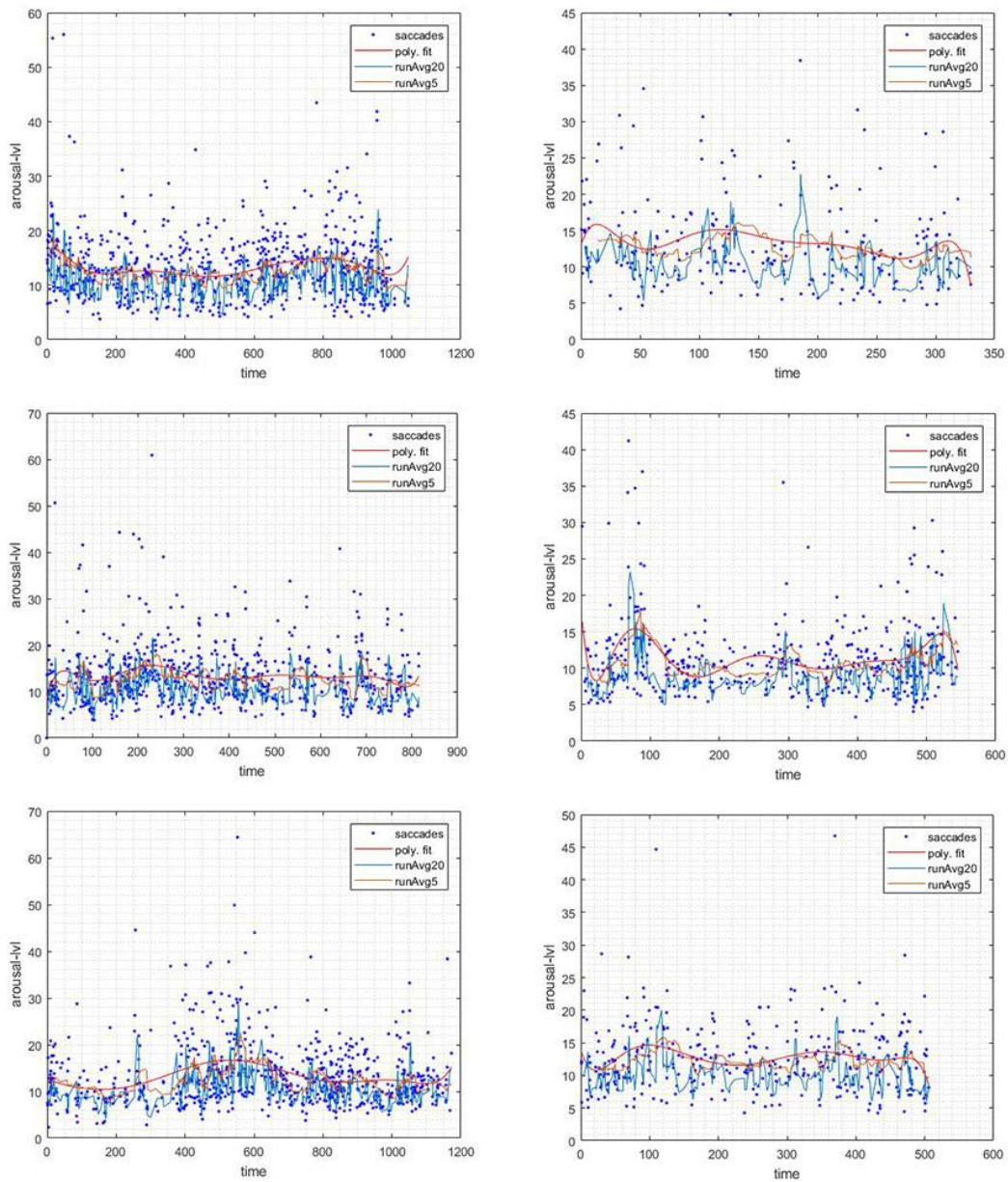
Εικόνα 29: 1η δοκιμή



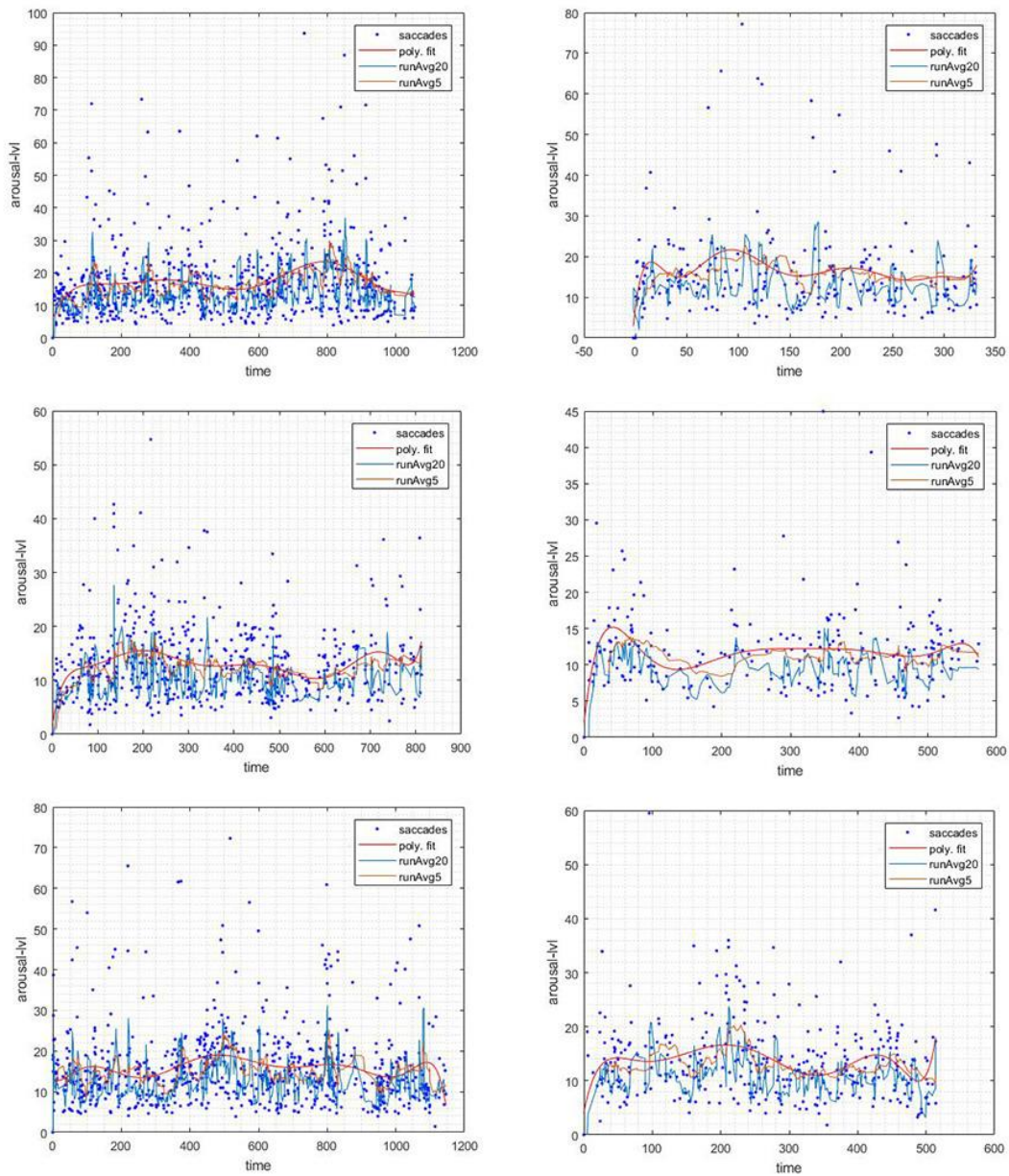
Εικόνα 30: 2η δοκιμή



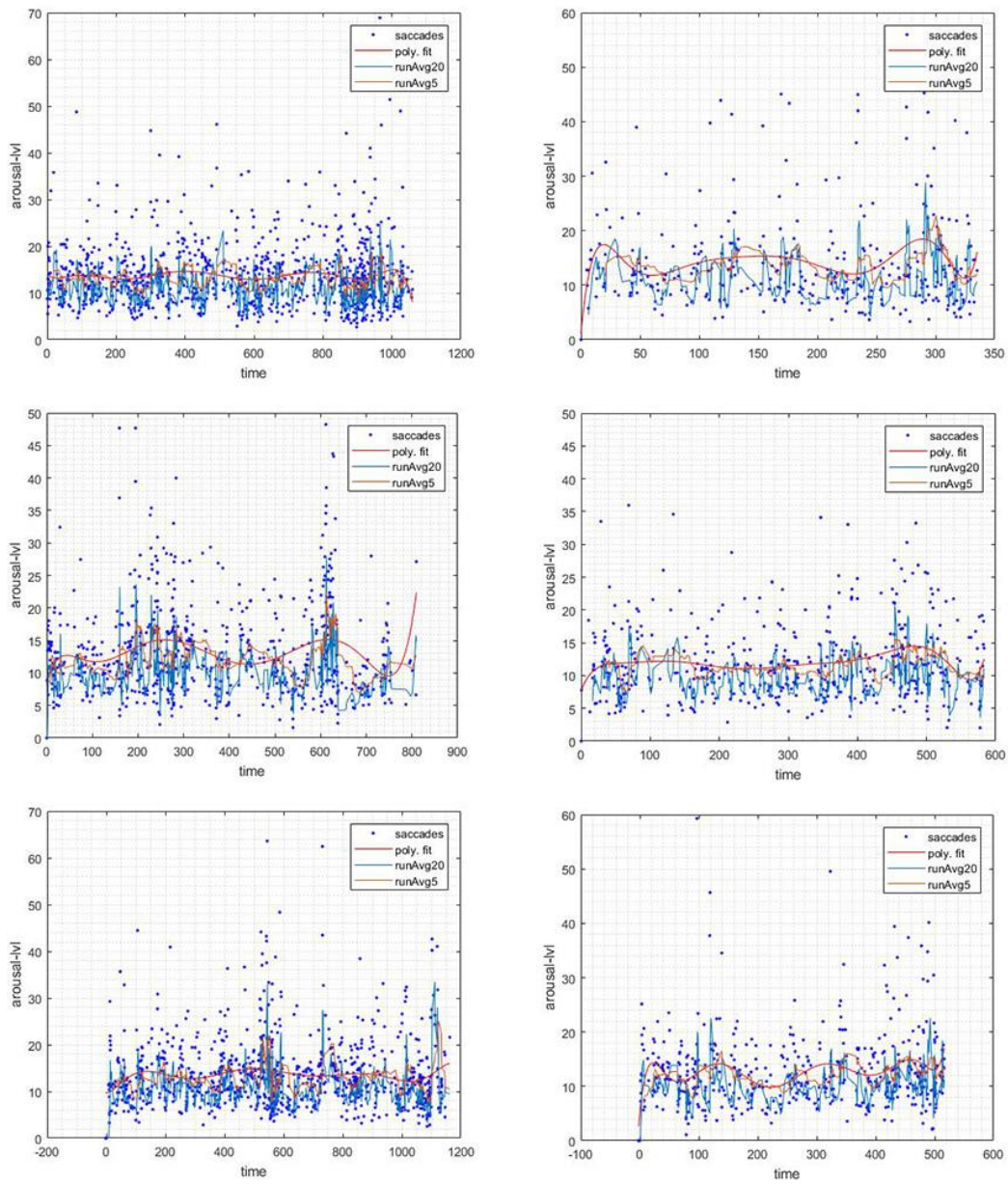
Εικόνα 31: 3η δοκιμή



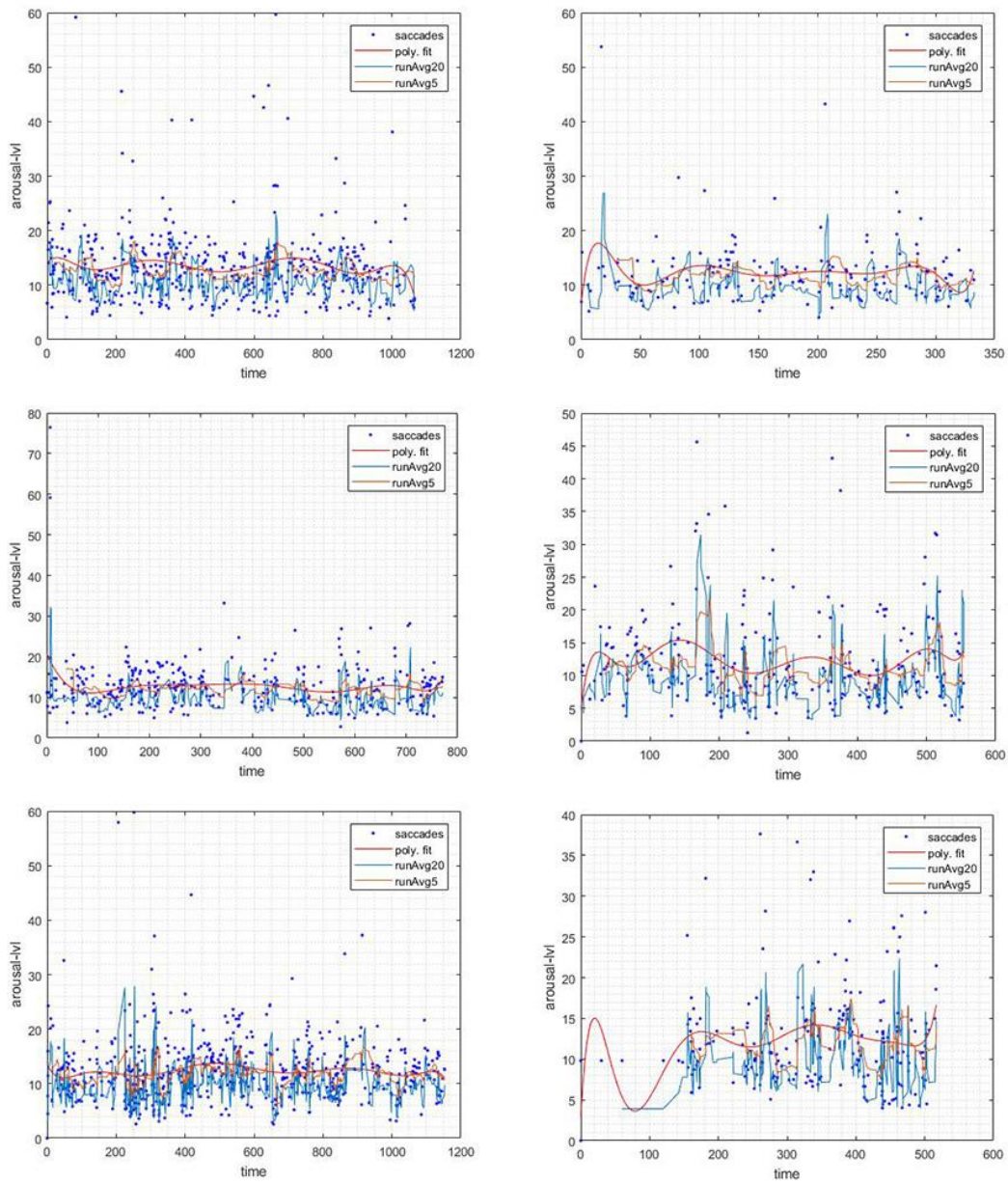
Εικόνα 32: 4η δοκιμή



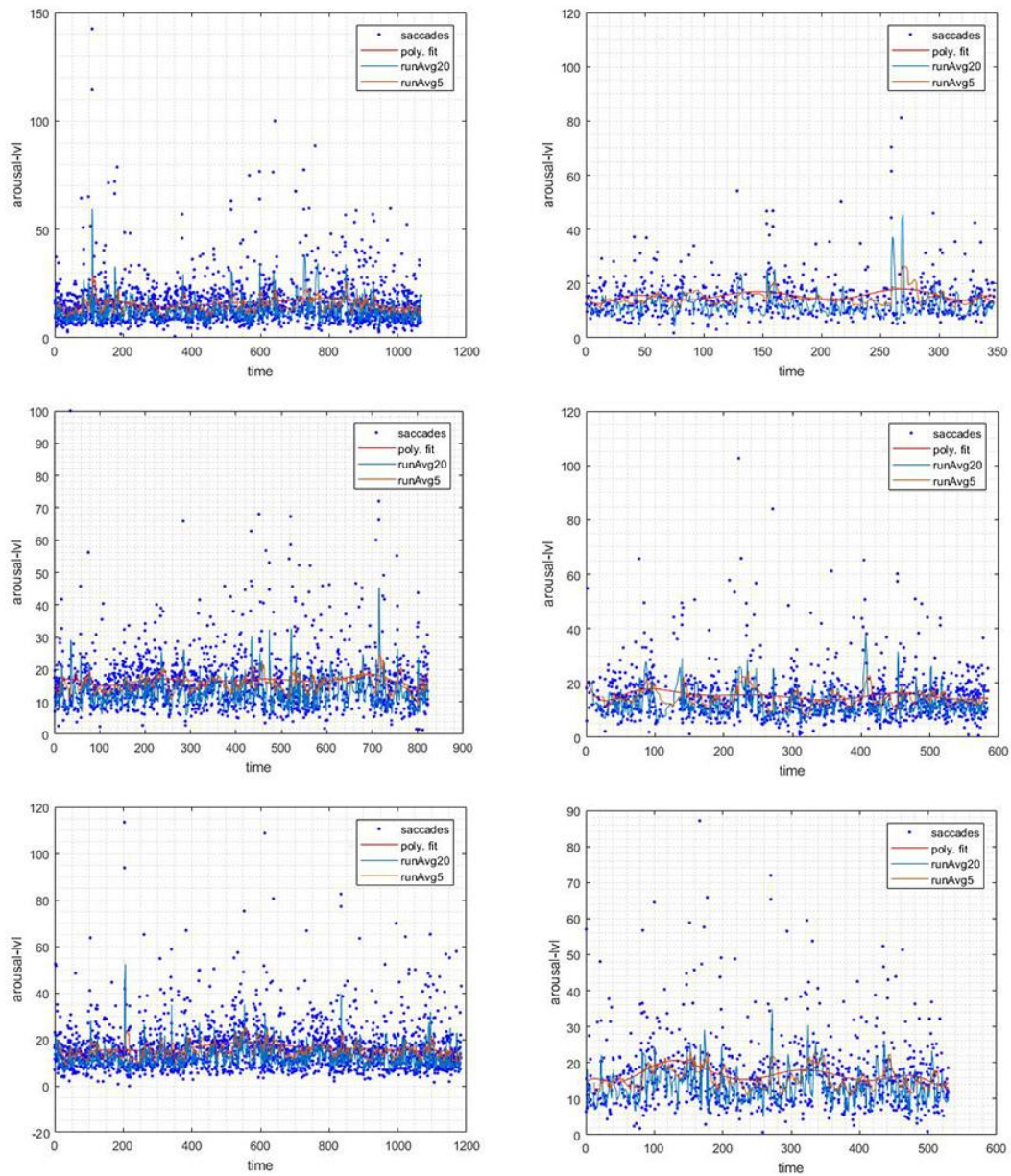
Εικόνα 33: 5η δοκιμή



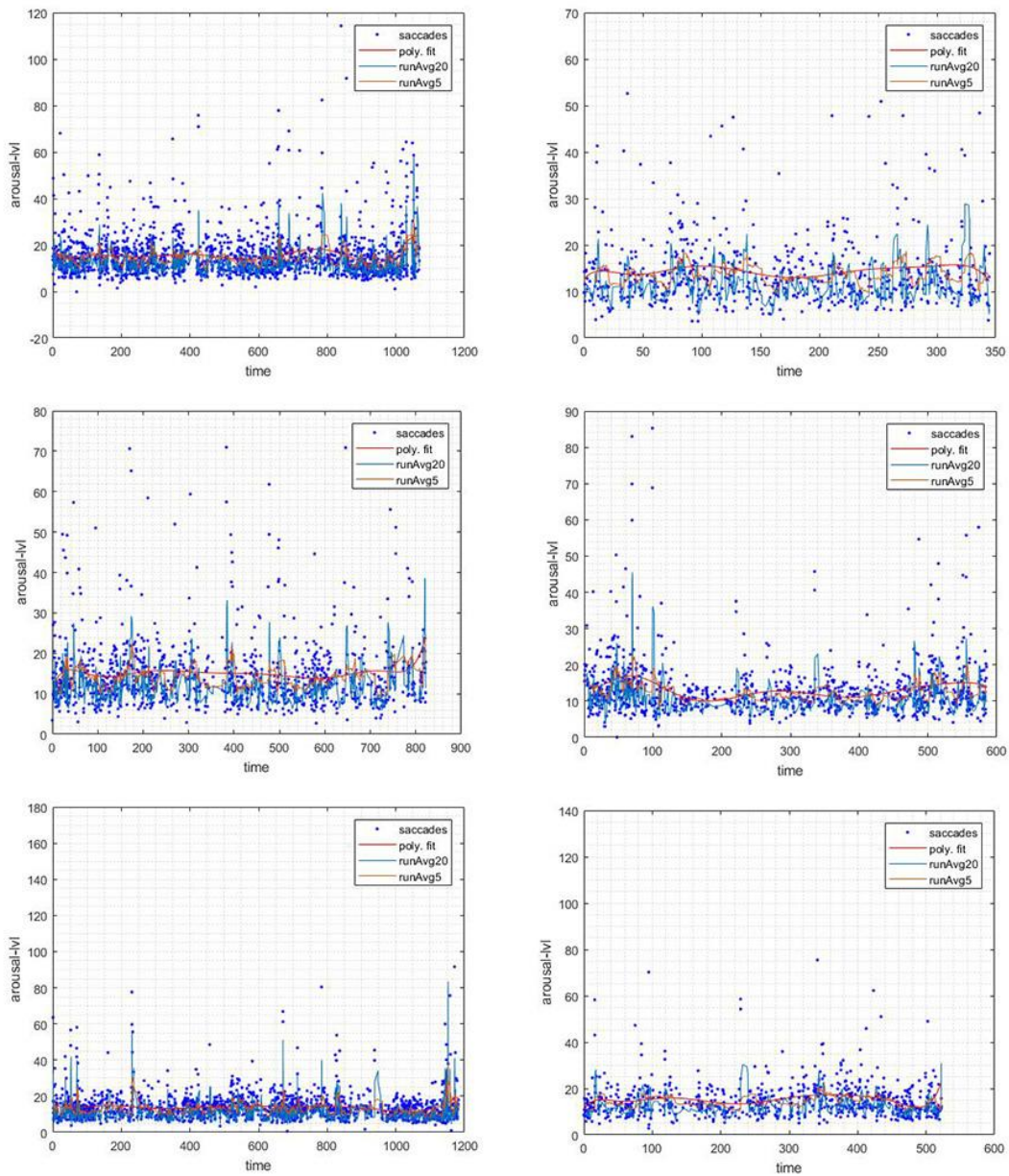
Εικόνα 34: 6η δοκιμή



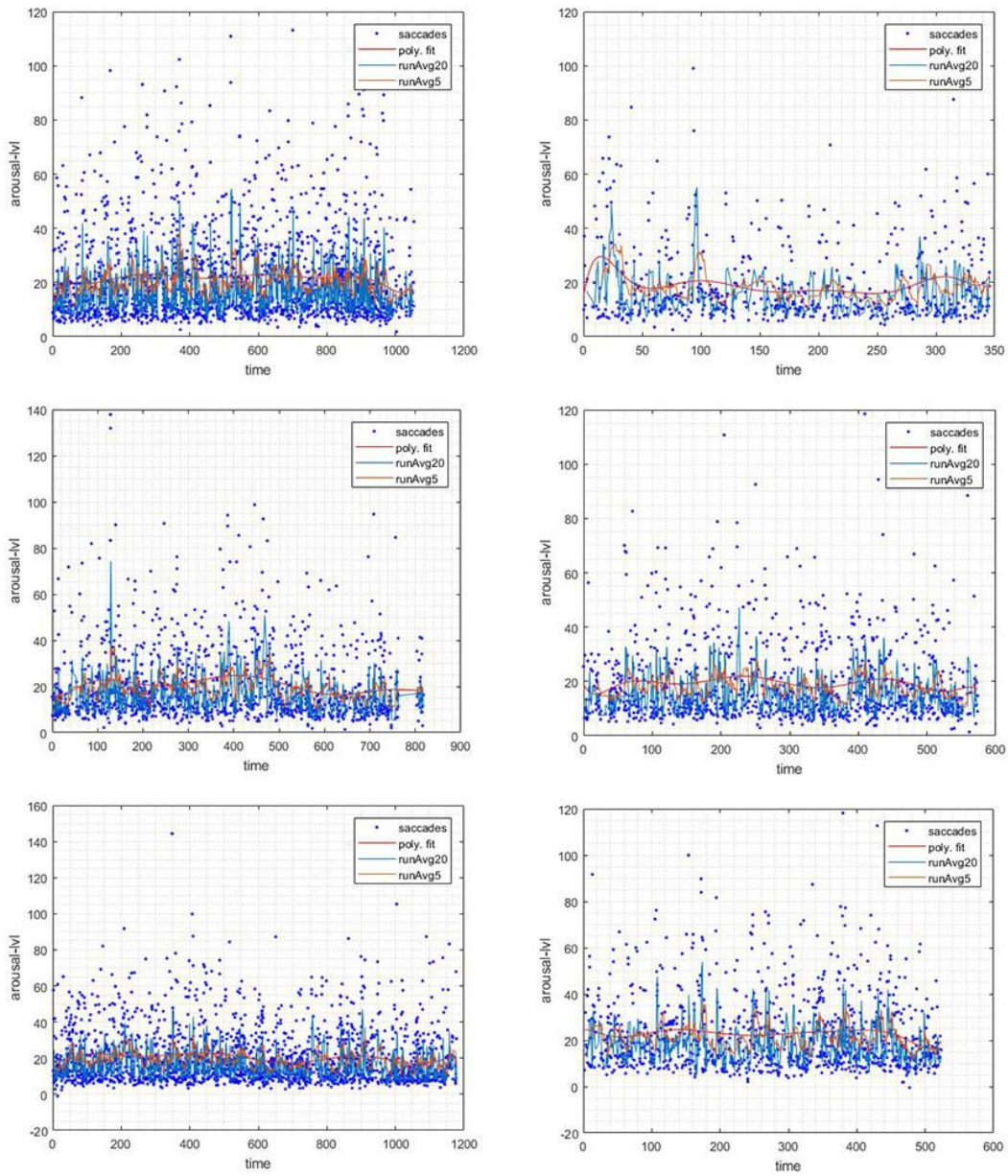
Εικόνα 35: 7η δοκιμή



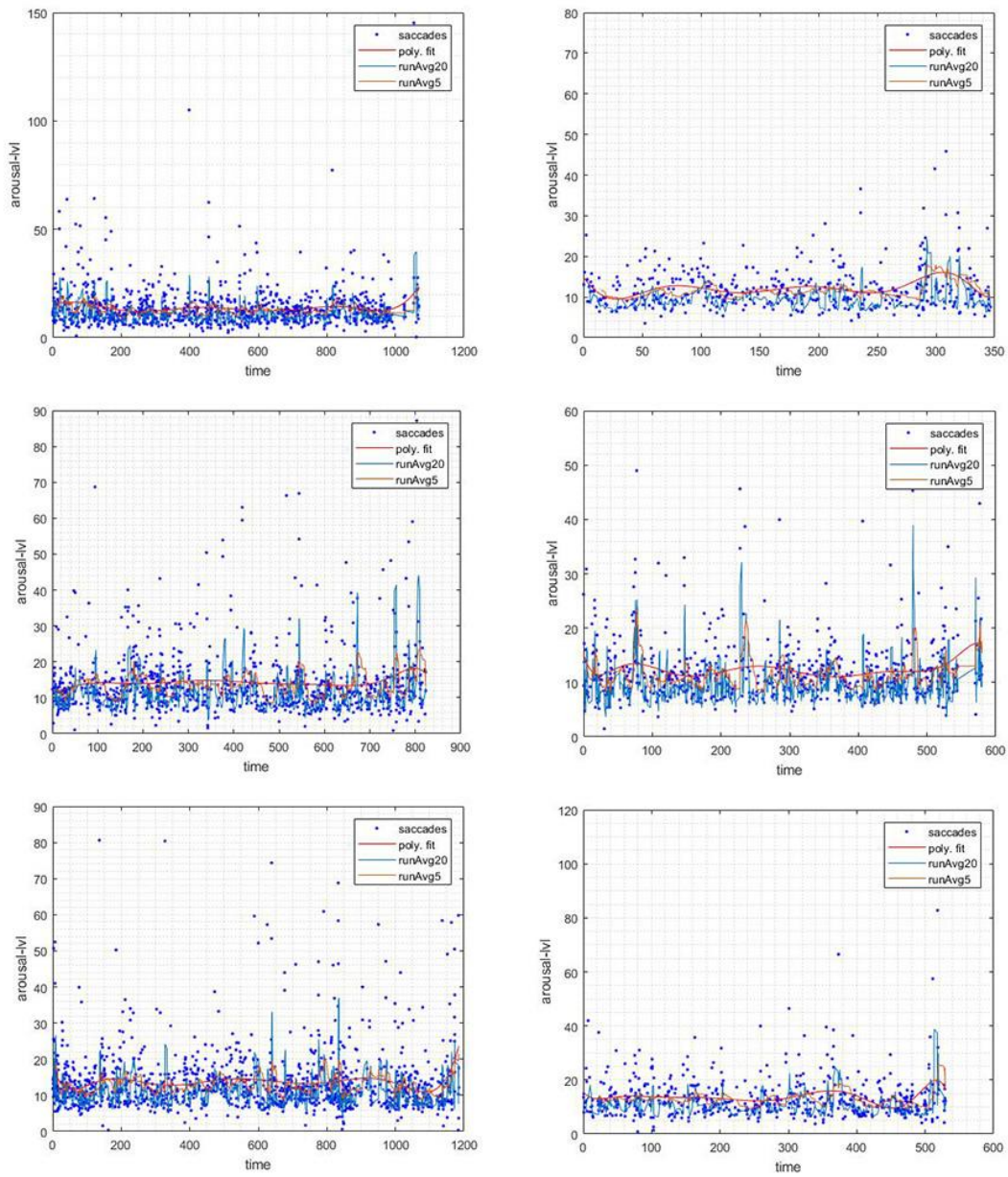
Εικόνα 36: 8η δοκιμή



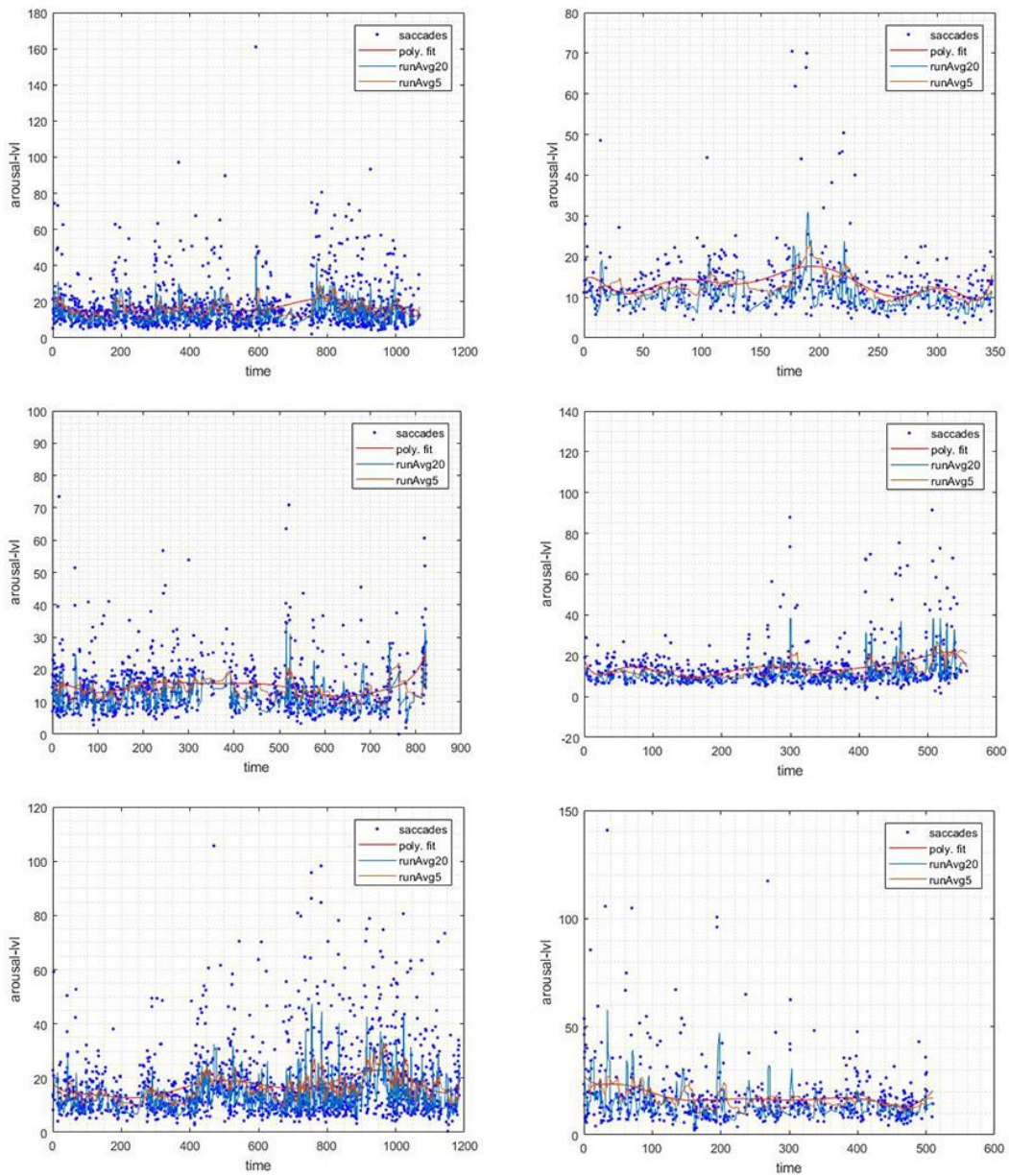
Εικόνα 37: 9η δοκιμή



Εικόνα 38: 10η δοκιμή



Εικόνα 39: 11η δοκιμή



Εικόνα 40: 12η δοκιμή