

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΥΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΟΔΗΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Χούτας Βασίλειος

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<< ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΥΠΝΟΥ ΣΤΗΝ ΟΔΗΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ>>

Χούτας Βασιλείος

Επιβλέπων : Τζάλλας Αλέξανδρος

Άρτα, Φεβρουάριος, 2025

Περιεχόμενα

Table of Contents

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	1
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	1
Εισαγωγή.....	4
1 Εγκεφαλική λειτουργία και οδήγηση.....	5
1.1 Ο εγκέφαλος.....	5
1.2 Η επίδραση της αϋπνίας στην οδηγική ικανότητα.....	7
1.3 Το αντίκτυπο του αλκοόλ στην οδηγική ικανότητα.....	7
1.4 Σύγκριση των επιδράσεων της στέρησης ύπνου και του αλκοόλ στην οδήγηση.....	8
1.5 Προηγούμενες σχετικές μελέτες.....	8
2 EEG.....	10
2.1 Εισαγωγή στην ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG).....	10
2.2 Πρώιμες βάσεις στη Νευροφυσιολογία.....	10
2.3 Κατηγορίες EEG Τέστ.....	12
2.4 Ρίσκο και προετημασία.....	13
2.5 Μοτίβα εγκεφαλικών κυμάτων.....	13
2.6 Εξοπλισμός και εξαρτήματα EEG.....	14
2.7 Το EEG στην ανάλυση της οδηγικής ικανότητας.....	14
3 Λογισμικό της προσομοίωσης.....	14
3.1 Asseto Corsa.....	14
3.2 Ελεγχόμενο περιβάλλον.....	15
3.3 Η δημιουργία μιας διαδρομής για την προσομοίωση.....	15
4 Blender.....	16
4.1 Τι κάνει το Blender την καλύτερη επιλογή.....	17
5 Μέτρηση των επιδόσεων οδήγησης.....	18
5.1 Απαιτήσεις.....	18
5.2 Τμηματική Διανυσματική Προσέγγιση.....	18
5.3 Δομή του αλγορίθμου.....	19
5.3.1 Φόρτωση Δεδομένων.....	20
5.3.2 Υπολογισμός.....	21

5.3.3	Πλεονεκτήματα της προσέγγισης.....	22
5.3.4	Γραφική διεπαφή χρήστη (GUI).....	22
5.4	Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε.....	23
6	Μεθοδολογία.....	27
6.1	Εργαλεία και Τεχνικές Καταγραφής.....	29
7	Ηθικά Ζητήματα και Ζητήματα Ασφάλειας.....	29
8	Περιορισμοί της Μελέτης.....	29
9	Βιβλιογραφία.....	30

Εισαγωγή

Ο ύπνος είναι πολύ σημαντικός για την ανθρωπινή υγεία, επιρεάζοντας την εγκεφαλική λειτουργία, τον συντονισμό των άκρων και την λύση αποφάσεων. Η καλή ξεκούραση είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η εγρήγορση και τα αντανάκλαστικά σε ικανοποιητικά επίπεδα, για μια ασφαλή οδήγηση. Ωστόσο, στην κοινωνία τα τελευταία χρόνια, η έλλειψη ύπνου γίνεται ολοένα και πιο συχνό φαινόμενο, συχνά λόγω του απαιτητικού ωραρίου εργασίας, κοινωνικές δραστηριότητες και τρόπου ζωής. Η υπνηλία και η οδηγιστική ικανότητα πλέον είναι μεγάλο θέμα δημόσιας ασφάλειας, συνησφόνοντας σημαντικά στον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων και δυστηχημάτων παγκοσμίως.

Μελέτες δείχνουν πως η στέρηση ύπνου επηρεάζει τις κινητικές λειτουργίες με παρόμοιο τρόπο όπως το αλκοόλ. Οδηγοί που έχουν στερηθεί μια καλή ξεκούραση δείχνουν σημαντικά πιο αργές αντιδράσεις, μειωμένη επίγνωση των καταστάσεων γύρω τους και χάνουν την ικανότητα να διατηρήσουν μια σταθερή πορεία. Ανεξάρτητα από τις προσπάθειες ενημέρωσης του κόσμου για τις επιπτώσεις, η υπνηλία στην οδηγιστική ικανότητα παραμένει μεγάλο θέμα και συχνά υποτιμάτε συγκριτικά με άλλες καταστάσεις που επηρεάζουν την οδηγιστική ικανότητα όπως είναι το αλκοόλ ή τα ναρκωτικά.

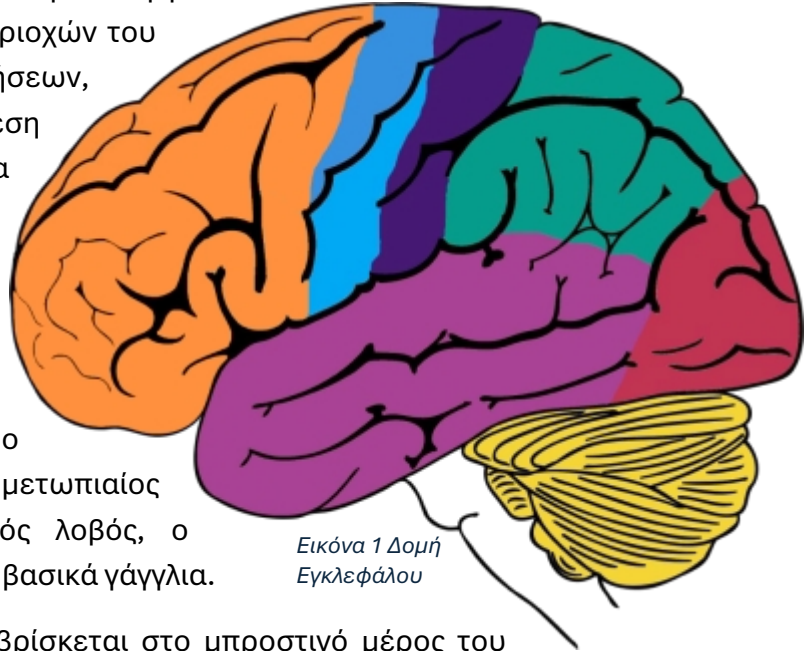
Το πείραμα χρησιμοποιεί προσομοίωση με μονότονους δρόμους που μιμούνται πραγματικούς δρόμους και αυτοκινητόδρομους. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της επίδοσης του οδηγού ανάμεσα στην πλήρη ξεκούραση και την υπνηλία, αυτή η μελέτη στοχεύει να δοκιμάσει τους οδηγούς στην ικανότητα τους να κρατηθούν στη λωρίδα κυκλοφορίας τους ακόμα και όταν είναι εξουθενωμένοι και άπνοιοι. Η ανάλυση των δεδομένων θα εστιάσει στην σύγκριση της απόστασης και των μοτίβων, δείχνοντας μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις δύο καταστάσεις.

Λέξεις κλειδί: Αϋπνία, έλλειψη ύπνου, απόκλιση λωρίδας, ασφάλεια οδηγιστικής ικανότητας, προσομοίωση οδήγησης.

1 Εγκεφαλική λειτουργία και οδήγηση.

1.1 Ο εγκέφαλος

Η οδήγηση είναι ένα πολύπλοκο νοητικό έργο που απαιτεί την αλληλεπίδραση πολλαπλών περιοχών του εγκεφάλου για την επεξεργασία των αισθήσεων, τη λήψη αποφάσεων και την εκτέλεση κινητικών λειτουργιών. Η ικανότητα ασφαλούς οδήγησης εξαρτάται από διάφορους νευρολογικούς μηχανισμούς που λειτουργούν συντονισμένα για να εξασφαλίσουν την προσοχή, την αντίληψη, την αντίδραση και τον έλεγχο. Διάφορες περιοχές του εγκεφάλου παίζουν κρίσιμο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, όπως ο προμετωπιαίος φλοιός, ο ινιακός λοβός, ο βρεγματικός λοβός, ο κροταφικός λοβός, η παρεγκεφαλίδα και τα βασικά γάγγλια.



Εικόνα 1 Δομή
Εγκεφάλου

- **Ο προμετωπιαίος φλοιός**, που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του εγκεφάλου, είναι υπεύθυνος για εκτελεστικές λειτουργίες υψηλότερης βαθμίδας, όπως η προσοχή, η λήψη αποφάσεων και η αξιολόγηση κινδύνων. Κατά την οδήγηση, ο προμετωπιαίος φλοιός βοηθά τον οδηγό να παραμένει συγκεντρωμένος στο δρόμο, να επεξεργάζεται τις δυναμικές συνθήκες κυκλοφορίας και να λαμβάνει κρίσιμες αποφάσεις σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Η περιοχή αυτή παίζει επίσης ρόλο στην παράλληλη εκτέλεση εργασιών, καθώς οι οδηγοί εναλλάσσονται συχνά μεταξύ της παρακολούθησης του δρόμου, της ρύθμισης της ταχύτητας, του ελέγχου των καθρεπτών και της πλοήγησης προς τις κατευθύνσεις. Όταν ο προμετωπιαίος φλοιός είναι εξασθενημένος, είτε λόγω κόπωσης, μέθης ή απόσπασης της προσοχής, η ικανότητα αξιολόγησης των κινδύνων και κατάλληλης αντίδρασης μειώνεται αισθητά.

- **Ο ινιακός λοβός**, που βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου, είναι το πρωταρχικό κέντρο για την οπτική επεξεργασία. Καθώς η οδήγηση είναι ένα έργο με έντονα οπτικό χαρακτήρα, η περιοχή αυτή είναι απαραίτητη για την αναγνώριση οδικών πινακίδων, την ανίχνευση πεζών, τον εντοπισμό κινούμενων οχημάτων και την εκτίμηση αποστάσεων. Ο ινιακός λοβός επεξεργάζεται τα οπτικά ερεθίσματα και αναμεταδίδει τις πληροφορίες σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου, επιτρέποντας στους οδηγούς να αντιδρούν στις αλλαγές στο περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο. Η βλάβη αυτής της περιοχής μπορεί να επηρεάσει σοβαρά την ικανότητα αντίληψης και ερμηνείας των οπτικών ενδείξεων, οδηγώντας σε αυξημένο κίνδυνο ατυχημάτων.

- **Ο βρεγματικός λοβός**, που βρίσκεται κοντά στην κορυφή και το πίσω μέρος του εγκεφάλου, συμβάλλει στη χωρική αντίληψη και το συντονισμό. Βοηθά τους οδηγούς να

κατανοήσουν τη θέση τους σε σχέση με άλλα οχήματα και τις οδικές σημάνσεις. Επιπλέον, βοηθά στην αντίληψη του βάθους, η οποία είναι απαραίτητη για την εκτίμηση των αποστάσεων, τη διατήρηση της πειθαρχίας στη λωρίδα κυκλοφορίας και την εκτέλεση ελιγμών όπως το παρκάρισμα ή η συγχώνευση στην κυκλοφορία. Ο βρεγματικός λοβός εμπλέκεται επίσης στην ενσωμάτωση των αισθητηριακών πληροφοριών, διασφαλίζοντας ότι ο οδηγός μπορεί να ανταποκριθεί με ακρίβεια σε εξωτερικά ερεθίσματα, όπως οι μεταβαλλόμενες οδικές συνθήκες ή η κίνηση κοντινών οχημάτων.

• **Ο κροταφικός λοβός**, που βρίσκεται στα πλάγια του εγκεφάλου, είναι κυρίως υπεύθυνος για την επεξεργασία των ακουστικών πληροφοριών και την ανάκληση της μνήμης. Κατά τη διάρκεια της οδήγησης, η περιοχή αυτή επιτρέπει στον οδηγό να ερμηνεύει ήχους, όπως σειρήνες, κορναρίσματα και φωνητικές εντολές από συστήματα πλοήγησης. Επιπλέον, παίζει ρόλο στην αναγνώριση οικείων διαδρομών και στην ανάκληση προηγούμενων οδηγικών εμπειριών, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τη λήψη αποφάσεων και τους χρόνους αντίδρασης. Η λειτουργία του κροταφικού λοβού στην ανάκληση της μνήμης είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν οι οδηγοί βασίζονται σε συμπεριφορές και προσδοκίες που έχουν μάθει για να προβλέψουν τα μοτίβα της κυκλοφορίας και τους πιθανούς κινδύνους.

• **Η παρεγκεφαλίδα**, που βρίσκεται στη βάση του εγκεφάλου, είναι κρίσιμη για τον κινητικό έλεγχο και τον συντονισμό. Η οδήγηση απαιτεί ακριβείς κινητικές κινήσεις, συμπεριλαμβανομένων του τιμονιού, του φρεναρίσματος, της επιτάχυνσης και της αλλαγής ταχυτήτων. Η παρεγκεφαλίδα διασφαλίζει ότι αυτές οι ενέργειες είναι ομαλές και καλά συγχρονισμένες, επιτρέποντας τον λεπτό κινητικό έλεγχο και τις γρήγορες προσαρμογές σε ανταπόκριση στις οδικές συνθήκες. Συμβάλλει επίσης στη μυϊκή μνήμη, η οποία βοηθά τους έμπειρους οδηγούς να εκτελούν τις συνήθειες ενέργειες χωρίς συνειδητή προσπάθεια. Οποιαδήποτε βλάβη ή δυσλειτουργία στην παρεγκεφαλίδα μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα με τον κινητικό συντονισμό, καθιστώντας δύσκολη την ασφαλή οδήγηση.

• **Τα βασικά γάγγλια**, μια ομάδα υποφλοιώδους δομής, συμμετέχουν στο σχηματισμό συνηθειών και στις αντανakλαστικές αντιδράσεις. Με την πάροδο του χρόνου, οι οδηγίες συμπεριφορές γίνονται πιο αυτόματες, επιτρέποντας στους έμπειρους οδηγούς να εκτελούν εργασίες με λιγότερη συνειδητή προσπάθεια. Τα βασικά γάγγλια βοηθούν στη ρύθμιση των κινήσεων και μειώνουν την ανάγκη για συνεχή συνειδητή προσοχή σε ενέργειες ρουτίνας της οδήγησης, όπως το πάτημα του γκαζιού ή η διακριτική ρύθμιση του τιμονιού. Αυτός ο αυτοματισμός επιτρέπει στους οδηγούς να εστιάζουν περισσότερο σε σύνθετες και απροσδόκητες καταστάσεις, βελτιώνοντας τη συνολική αποτελεσματικότητα της οδήγησης.

Συνοπτικά, η οδήγηση είναι μια γνωστικά απαιτητική εργασία που εμπλέκει ταυτόχρονα πολλές περιοχές του εγκεφάλου. Ο προμετωπιαίος φλοιός διέπει την προσοχή και τη λήψη αποφάσεων, ο ινιακός λοβός επεξεργάζεται τα οπτικά ερεθίσματα, ο βρεγματικός

λοβός διαχειρίζεται τη χωρική αντίληψη, ο κροταφικός λοβός διαχειρίζεται την ακουστική εισροή και τη μνήμη, η παρεγκεφαλίδα εξασφαλίζει τον κινητικό συντονισμό και τα βασικά γάγγλια διευκολύνουν τις συνηθισμένες ενέργειες. Οποιαδήποτε βλάβη σε αυτές τις περιοχές, είτε οφείλεται σε κόπωση, τραυματισμό είτε σε νευρολογικές διαταραχές, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση της οδήγησης. Η κατανόηση των νευρωτικών μηχανισμών που διέπουν την οδική συμπεριφορά παρέχει πολύτιμες γνώσεις για την ασφάλεια των οδηγών, την πρόληψη των ατυχημάτων και την ανάπτυξη υποστηρικτικών τεχνολογιών για τους οδηγούς με μειωμένη ικανότητα οδήγησης.

1.2 Η επίδραση της αϋπνίας στην οδηγική ικανότητα

Ο ύπνος είναι ζωτικής σημασίας για τη βέλτιστη λειτουργία του εγκεφάλου. Κατά τη διάρκεια του ύπνου, ιδίως κατά τα βαθύτερα στάδια του ύπνου non-REM και του ύπνου REM, ο εγκέφαλος παγιώνει τις αναμνήσεις, καθαρίζει τα μεταβολικά απόβλητα και αποκαθιστά τις γνωστικές λειτουργίες. Ο επαρκής ύπνος ενισχύει τη συναπτική πλαστικότητα, η οποία είναι απαραίτητη για τη μάθηση και τη διατήρηση της προσοχής. Αντίθετα, η στέρηση ύπνου οδηγεί σε μείωση των γνωστικών επιδόσεων, με αξιοσημείωτες επιπτώσεις στην προσοχή, στο χρόνο αντίδρασης και στην επίγνωση της κατάστασης.



Εικόνα 2

Όταν στερείται ύπνου, ο προμετωπιαίος φλοιός παρουσιάζει μειωμένη δραστηριότητα, μειώνοντας την ικανότητα του οδηγού να λαμβάνει γρήγορες και ακριβείς αποφάσεις. Ο θάλαμος, υπεύθυνος για τη διατήρηση της εγρήγορσης, παρουσιάζει επίσης μειωμένη λειτουργία, οδηγώντας σε βραδύτερη επεξεργασία των πληροφοριών. Μπορεί να εμφανιστούν μικροκοιμήσεις - σύντομες διακοπές της προσοχής που διαρκούν μερικά δευτερόλεπτα - κατά τη διάρκεια των οποίων ο εγκέφαλος ουσιαστικά κλείνει, δημιουργώντας επικίνδυνα κενά στην επίγνωση. Η απόκλιση από τη λωρίδα κυκλοφορίας, οι βραδύτεροι χρόνοι αντίδρασης και η αδυναμία αντίδρασης σε κινδύνους είναι κοινά αποτελέσματα αυτών των γνωστικών διαταραχών.

Μελέτες που χρησιμοποίησαν προσομοιωτές οδήγησης έχουν καταδείξει ότι τα άτομα με έλλειψη ύπνου παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβλητότητα στη θέση της λωρίδας και είναι πιο επιρρεπή σε ατυχήματα. Η τυπική απόκλιση από το κέντρο του δρόμου, μια βασική μετρική σε αυτή τη μελέτη, αποτυπώνει αποτελεσματικά αυτές τις λεπτές διαταραχές στον έλεγχο του οχήματος.

1.3 Το αντίκτυπο του αλκοόλ στην οδηγική ικανότητα

Το αλκοόλ επηρεάζει τον εγκέφαλο μέσω της δράσης του ως κατασταλτικό του κεντρικού νευρικού συστήματος. Αυξάνει τη δραστηριότητα του ανασταλτικού νευροδιαβιβαστή GABA και μειώνει τη δραστηριότητα του διεγερτικού νευροδιαβιβαστή γλουταμινικού, οδηγώντας σε βραδύτερη εγκεφαλική λειτουργία και μειωμένο συντονισμό.

Το αλκοόλ επηρεάζει κυρίως τον προμετωπιαίο φλοιό, μειώνοντας τις αναστολές και επηρεάζοντας την κρίση. Η παρεγκεφαλίδα επηρεάζεται επίσης, οδηγώντας σε μειωμένο κινητικό συντονισμό και ισορροπία, που είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση του ελέγχου της λωρίδας κυκλοφορίας και την εκτέλεση ακριβών οδηγικών ελιγμών.

Ο ινιακός λοβός, ο οποίος επεξεργάζεται τις οπτικές πληροφορίες, επιβραδύνεται από το αλκοόλ, συμβάλλοντας στη μειωμένη όραση και τη μειωμένη αντίληψη του βάθους. Αυτές οι επιδράσεις μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά την ικανότητα του οδηγού να διατηρεί επίγνωση του περιβάλλοντός του, οδηγώντας σε επικίνδυνες οδηγικές συμπεριφορές όπως η εκτροπή, το καθυστερημένο φρενάρισμα και η κακή ανταπόκριση στα σήματα κυκλοφορίας.

1.4 Σύγκριση των επιδράσεων της στέρησης ύπνου και του αλκοόλ στην οδήγηση

Παρόλο που η έλλειψη ύπνου και η κατανάλωση αλκοόλ επηρεάζουν τον εγκέφαλο μέσω διαφορετικών βιολογικών μηχανισμών, οι συνέπειες που έχουν στην οδηγική ικανότητα παρουσιάζουν αξιοσημείωτες ομοιότητες. Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρείται μείωση της λειτουργικής δραστηριότητας στον προμετωπιαίο φλοιό, μια περιοχή του εγκεφάλου που σχετίζεται άμεσα με τη λήψη ορθών αποφάσεων, τη συγκέντρωση της προσοχής και τον έλεγχο της παρορμητικής συμπεριφοράς. Η εξασθένηση αυτών των λειτουργιών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κρίσης και της προσοχής, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα του ατόμου να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της οδήγησης.

Επιπρόσθετα, τόσο η στέρηση ύπνου όσο και η κατανάλωση αλκοόλ επιδρούν δυσμενώς σε άλλες νευροανατομικές περιοχές, όπως είναι ο θάλαμος και η παρεγκεφαλίδα. Οι περιοχές αυτές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον κινητικό συντονισμό και στην ταχύτητα των αντιδράσεων. Η δυσλειτουργία τους μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένες αντιδράσεις και σε απώλεια του ακριβούς ελέγχου των κινήσεων – παράγοντες που είναι κρίσιμοι κατά την οδήγηση, ιδιαίτερα σε απρόβλεπτες ή επικίνδυνες συνθήκες.

Αξιοσημείωτα είναι τα ευρήματα επιστημονικών μελετών που δείχνουν ότι 24 συνεχόμενες ώρες χωρίς ύπνο μπορούν να προκαλέσουν έκπτωση στις γνωστικές και κινητικές λειτουργίες αντίστοιχη με αυτή που παρατηρείται σε άτομα με συγκέντρωση

αλκοόλ στο αίμα (BAC) της τάξεως του 0,10%. Το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το νόμιμο όριο για την οδήγηση σε πολλές χώρες, γεγονός που υπογραμμίζει τη σοβαρότητα των επιπτώσεων της αϋπνίας. Εντός του πλαισίου της συγκεκριμένης μελέτης, ιδιαίτερη σημασία αποδίδεται στην ομοιότητα των επιδράσεων της στέρησης ύπνου και της κατανάλωσης αλκοόλ όσον αφορά την απόκλιση του οχήματος από τη λωρίδα κυκλοφορίας. Και στις δύο περιπτώσεις, διαπιστώνεται σημαντική αύξηση της τυπικής απόκλισης του οχήματος από το κέντρο της λωρίδας, φαινόμενο που φανερώνει τη μειωμένη ικανότητα του οδηγού να διατηρεί σταθερή και ελεγχόμενη πορεία. Η συγκεκριμένη παρατήρηση αναδεικνύει την κοινή επίδραση των δύο παραγόντων στη μείωση της οδηγικής σταθερότητας και ασφάλειας.

1.5 Προηγούμενες σχετικές μελέτες

Η στέρηση ύπνου έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό για τις επιπτώσεις της στις γνωστικές και κινητικές λειτουργίες, ιδίως στο πλαίσιο της οδήγησης. Η έρευνα δείχνει με συνέπεια ότι ο ανεπαρκής ύπνος επηρεάζει την προσοχή, τον χρόνο αντίδρασης, τη λήψη αποφάσεων και τον κινητικό έλεγχο, τα οποία είναι κρίσιμα για την ασφαλή οδήγηση.

Μια μελέτη των Williamson και Feyer (2000) συνέκρινε τις επιπτώσεις της στέρησης ύπνου με τη μέθη από αλκοόλ, διαπιστώνοντας ότι 24 ώρες εγρήγορσης οδήγησαν σε δυσλειτουργίες παρόμοιες με εκείνες που παρατηρούνται σε συγκέντρωση αλκοόλ στο αίμα (BAC) 0,10%, η οποία υπερβαίνει το νόμιμο όριο σε πολλές χώρες. Τα συμπεράσματά τους υποδηλώνουν ότι η στέρηση ύπνου μπορεί να είναι εξίσου επικίνδυνη με την οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10984335/>

Οι Dinges κ.ά. (1997) διεξήγαγαν έρευνα σχετικά με τους μικροκυμισμούς - προσωρινό επεισόδιο ύπνου ή υπνηλίας που μπορεί να διαρκέσει μερικά δευτερόλεπτα - και διαπίστωσαν ότι τα άτομα με έλλειψη ύπνου βίωναν συχνότερα και μεγαλύτερης διάρκειας μικροκοιμώμενους κατά την οδήγηση. Τα επεισόδια αυτά μπορεί να προκαλέσουν στιγμιαία κενά στην τήρηση της λωρίδας κυκλοφορίας και να αυξήσουν τον κίνδυνο ατυχημάτων, ιδίως σε μονότονους δρόμους όπως οι αυτοκινητόδρομοι.

<https://doi.org/10.1093/sleep/20.4.267>

Επιπλέον, η έρευνα των Arnedt, Wilde, Munt και Maclean (2001) εξέτασε τις επιπτώσεις της μερικής στέρησης ύπνου, αποδεικνύοντας ότι ακόμη και ο μέτριος περιορισμός του ύπνου (ύπνος 4-5 ωρών αντί των συνιστώμενων 7-9 ωρών) οδηγεί σε σημαντική μείωση των οδηγικών επιδόσεων. Οι συμμετέχοντες στη μελέτη τους παρουσίασαν αυξημένες αποκλίσεις από τη λωρίδα κυκλοφορίας, βραδύτερους χρόνους αντίδρασης και συχνότερα παρ' ολίγον ατυχήματα σε προσομοιωτή οδήγησης.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11235795/>

Οι Horne και Reyner (1995) διερεύνησαν τα μέτρα αντιμετώπισης των διαταραχών της οδήγησης που σχετίζονται με τον ύπνο και διαπίστωσαν ότι οι σύντομοι ύπνοι και η κατανάλωση καφεΐνης μπορούν να μετριάσουν προσωρινά ορισμένες επιπτώσεις της στέρησης ύπνου. Ωστόσο, τα ευρήματά τους υποδηλώνουν επίσης ότι αυτά τα αντίμετρα δεν αποτελούν μακροπρόθεσμες λύσεις και οι οδηγοί που αντιμετωπίζουν σοβαρή κόπωση εξακολουθούν να διατρέχουν υψηλό κίνδυνο επιδείνωσης των αποδόσεων.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2869.1995.tb00222.x>

Πιο πρόσφατες μελέτες χρησιμοποίησαν προσομοιώσεις οδήγησης για να αξιολογήσουν τις συγκεκριμένες επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στην ικανότητα διατήρησης της λωρίδας κυκλοφορίας. Οι Vakulin, Catcheside και Collins (2012) διαπίστωσαν ότι οι οδηγοί με έλλειψη ύπνου παρουσίασαν μεγαλύτερη πλευρική απόκλιση και δυσκολεύτηκαν να διατηρήσουν σταθερό έλεγχο του τιμονιού. Η μελέτη τους υπογράμμισε επίσης ότι η αυτοεκτίμηση της μειωμένης ικανότητας οδήγησης ήταν συχνά ανακριβής - πολλοί συμμετέχοντες με έλλειψη ύπνου υποτίμησαν το επίπεδο της μειωμένης ικανότητας οδήγησης.

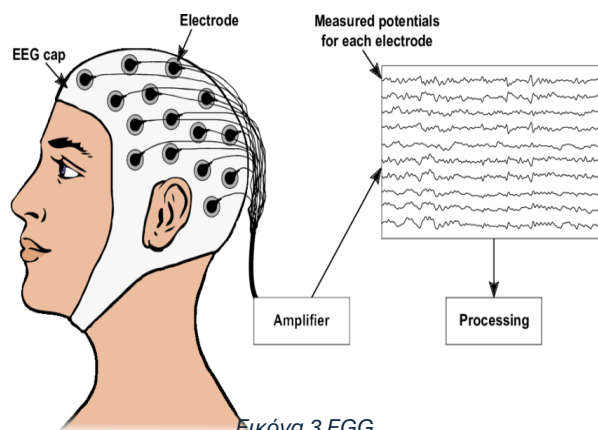
<https://jcsm.aasm.org/doi/full/10.5664/jcsm.3792>

Συνολικά, παλαιότερες έρευνες αποδεικνύουν σταθερά ότι η στέρηση ύπνου επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα διατήρησης της λωρίδας κυκλοφορίας, αυξάνοντας την πιθανότητα ατυχημάτων. Τα ευρήματα αυτά παρέχουν μια ισχυρή βάση για την παρούσα μελέτη, η οποία αποσκοπεί στην περαιτέρω διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η στέρηση ύπνου επηρεάζει την απόκλιση από την λωρίδα κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας ένα ειδικά κατασκευασμένο περιβάλλον προσομοίωσης.

2 EEG

2.1 Εισαγωγή στην ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG)

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) είναι μια μη επεμβατική τεχνική που καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα στον εγκέφαλο χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής. Μετρά τις διακυμάνσεις της τάσης που προκύπτουν από ιοντικά ρεύματα εντός των νευρώνων, παρέχοντας πληροφορίες για τις καταστάσεις του εγκεφάλου, όπως η



Εικόνα 3 EEG

εγρήγορση, η υπνηλία και ο ύπνος. Το ΗΕΓ είναι ιδιαίτερα πολύτιμο στις μελέτες ύπνου και στις αξιολογήσεις της γνωστικής λειτουργίας, καθώς διαφορετικά μοτίβα εγκεφαλικών κυμάτων συσχετίζονται με συγκεκριμένες καταστάσεις συνείδησης.

Ένα EEG μπορεί να εντοπίσει αλλαγές στην εγκεφαλική δραστηριότητα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη διάγνωση εγκεφαλικών παθήσεων, ιδίως της επιληψίας ή άλλης κατάστασης επιληπτικών κρίσεων. Ένα EEG μπορεί επίσης να φανεί χρήσιμο στη διάγνωση ή τη θεραπεία:

- Όγκους του εγκεφάλου.
- Εγκεφαλική ζημιά από τραυματισμό στο κεφάλι.
- Εγκεφαλικής νόσου που μπορεί να έχει διάφορες αιτίες, γνωστή ως εγκεφαλοπάθεια.
- Φλεγμονή του εγκεφάλου, όπως η εγκεφαλίτιδα από έρπητα.
- Εγκεφαλικό επεισόδιο.
- Νόσος Creutzfeldt-Jakob.

Ένα EEG μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επιβεβαίωση του εγκεφαλικού θανάτου σε κάποιον που βρίσκεται σε κώμα. Ένα συνεχές EEG χρησιμοποιείται για να βοηθήσει στην εύρεση του σωστού επιπέδου αναισθησίας για κάποιον που βρίσκεται σε τεχνητό κώμα.

2.2 Πρώιμες βάσεις στη Νευροφυσιολογία

Η εξερεύνηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου ξεκίνησε στα τέλη του 19ου αιώνα. Το 1875, ο Βρετανός γιατρός Richard Caton χρησιμοποίησε ένα γαλβανόμετρο για να ανιχνεύσει αυθόρμητα ηλεκτρικά ρεύματα στον εκτεθειμένο φλοιό κουνελιών και πιθήκων, σηματοδοτώντας τις πρώτες καταγεγραμμένες παρατηρήσεις εγκεφαλικού βιοηλεκτρισμού. Οι μεταγενέστερες έρευνες από επιστήμονες όπως ο Adolf Beck και ο Vladimir Pravdich-Neminsky προώθησαν περαιτέρω την κατανόηση των προκλητών δυναμικών και της ρυθμικής εγκεφαλικής δραστηριότητας στα ζώα.

Η εμφάνιση της ανθρώπινης ηλεκτροεγκεφαλογραφίας αποδίδεται στον Γερμανό ψυχίατρο Hans Berger, ο οποίος, το 1924, κατέγραψε με επιτυχία το πρώτο ανθρώπινο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια του τριχωτού της κεφαλής. Το πρωτοποριακό έργο του Berger οδήγησε στον εντοπισμό διακριτών μοτίβων



Εικόνα 4 Adolf Beck



Εικόνα 5 Vladimir Pravdich Neminsky

εγκεφαλικών κυμάτων, κυρίως των ρυθμών άλφα και βήτα, και εισήγαγε τον όρο «ηλεκτροεγκεφαλογράφημα» για να περιγράψει αυτές τις καταγραφές. Η θεμελιώδης δημοσίευσή του το 1929 έθεσε τα θεμέλια για το ΗΕΓ ως διαγνωστικό εργαλείο στη νευρολογία.

Τις δεκαετίες του 1930 και 1940 το ΗΕΓ ενσωματώθηκε στην κλινική πρακτική, ιδίως στη διάγνωση και τη διαχείριση της επιληψίας. Η ίδρυση της Διεθνούς Ομοσπονδίας Κλινικής Νευροφυσιολογίας το 1947 διευκόλυνε την τυποποίηση των μεθοδολογιών του ΗΕΓ. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αναπτύχθηκε το σύστημα 10-20 για την τοποθέτηση ηλεκτροδίων, παρέχοντας ένα συνεπές πλαίσιο για τις καταγραφές ΗΕΓ .



Εικόνα 6 Πρώιμη μορφή του ΗΕΓ

Στα μέσα του 20ου αιώνα σημειώθηκαν σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στα συστήματα ΗΕΓ. Αρχικά, τα σήματα ΗΕΓ καταγράφονταν με αναλογικές συσκευές που χρησιμοποιούσαν μηχανισμούς γραφής με μελάνι. Η μετάβαση σε ψηφιακά συστήματα κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980 εισήγαγε την επεξεργασία σήματος μέσω υπολογιστή, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της ανάλυσης του ΗΕΓ . Οι εξελίξεις αυτές επέκτειναν τις εφαρμογές του ΗΕΓ σε τομείς όπως η έρευνα του ύπνου και η γνωστική νευροεπιστήμη.

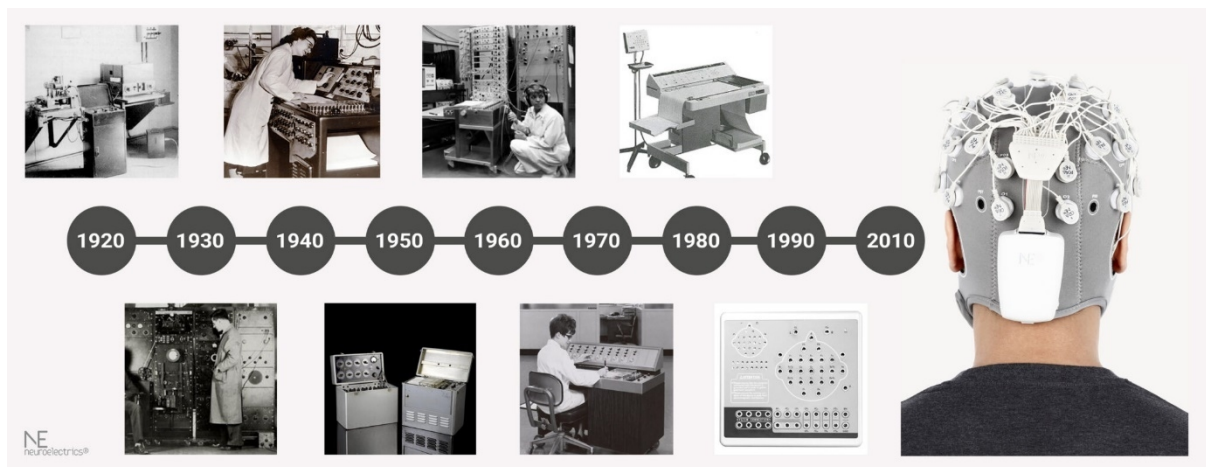
Στα τέλη του 20ου και στις αρχές του 21ου αιώνα σημειώθηκε η εμφάνιση των διεπαφών μεταξύ εγκεφάλου και υπολογιστή (BCIs), οι οποίες αξιοποιούν τα σήματα του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος για να επιτρέψουν την άμεση επικοινωνία μεταξύ του εγκεφάλου και εξωτερικών συσκευών. Αυτή η καινοτομία άνοιξε νέους δρόμους για την υποστήριξη ατόμων με κινητικές αναπηρίες. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη φορητών και ασύρματων συστημάτων ΗΕΓ διευκόλυνε την παρακολούθηση του εγκεφάλου σε πραγματικό χρόνο σε μη κλινικές ρυθμίσεις .

Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία ΗΕΓ έχει γίνει πιο προηγμένη και χρησιμοποιείται ευρέως τόσο σε επαγγελματικές όσο και σε καθημερινές συνθήκες. Τα σύγχρονα συστήματα ΗΕΓ δεν περιορίζονται πλέον στα νοσοκομεία ή στα ερευνητικά εργαστήρια. Σήμερα, διατίθενται πολλές συσκευές ΗΕΓ φιλικές προς τον καταναλωτή, όπως φορητά ακουστικά. Αυτές οι συσκευές έχουν σχεδιαστεί για προσωπική χρήση, βοηθώντας τους ανθρώπους να βελτιώσουν τη συγκέντρωση, να μειώσουν το στρες ή να παρακολουθήσουν την εγκεφαλική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του διαλογισμού ή της εργασίας.

Ταυτόχρονα, οι επιστήμονες έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τη μηχανική μάθηση για να αναλύουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα EEG. Αυτά τα εργαλεία βοηθούν στον εντοπισμό μοτίβων στα εγκεφαλικά

κύματα που μπορεί να είναι πολύ περίπλοκα για να τα δει εύκολα ο άνθρωπος. Αυτό έχει οδηγήσει σε νέες χρήσεις του EEG σε τομείς όπως η παρακολούθηση της ψυχικής υγείας, η εκπαίδευση της προσοχής, ακόμη και το μάρκετινγκ, όπου οι εταιρείες μελετούν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ανταποκρίνονται στις διαφημίσεις.

Μια άλλη πρόσφατη εξέλιξη είναι το ΗΕΓ υψηλής πυκνότητας, το οποίο χρησιμοποιεί πολύ περισσότερα ηλεκτρόδια (64, 128 ή ακόμη και 256) για τη δημιουργία πολύ λεπτομερών χαρτών της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Αυτό είναι χρήσιμο στην προηγμένη εγκεφαλική έρευνα και την εξατομικευμένη ιατρική, όπου οι γιατροί και οι ερευνητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τη μοναδική εγκεφαλική δραστηριότητα κάθε ατόμου.



Εικόνα 7 Εξέλιξη του ΗΕΓ

2.3 Κατηγορίες EEG Τέστ

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες EEG, συνήθως ο θεράπων ιατρός θα ζητήσει διάφορες εξετάσεις EEG ανάλογα με το ιατρικό πρόβλημα. Οι έλεγχοι EEG περιλαμβάνουν:

- **Εγκεφαλογράφημα ρουτίνας:** Οι εξετάσεις ρουτίνας μπορεί αναθέσουν στον ασθενή να παρατηρεί φώτα που τρεμοπαίζουν ή να παίρνει αναπνοές σε διάφορες χρονικές στιγμές της διάρκειας εξέτασης. Αυτός ο τύπος εξέτασης EEG μπορεί τυπικά να διαρκέσει 20 έως 30 λεπτά.
- **Παρατεταμένο EEG:** Αυτή η εξέταση παρέχει στον θεράπων ιατρό περισσότερες πληροφορίες από ένα **Εγκεφαλογράφημα ρουτίνας**. Ο θεράπων ιατρός μπορεί να ζητήσει μια παρατεταμένη εξέταση EEG για να διαπιστώσει εάν ορισμένα συμπτώματα, όπως η απώλεια μνήμης, συμβαίνουν επειδή έχετε επιληπτικές κρίσεις. Το παρατεταμένο EEG τυπικά μπορεί να διαρκέσει περίπου μία ώρα ή περισσότερο για να ολοκληρωθεί.
- **Φορητό ηλεκτροεγκεφαλογράφημα:** Σε αυτή την εξέταση, ο ασθενής είναι σε θέση να συνεχίσει την ημέρα του ενώ το φορητό μηχάνημα EEG

παρακολουθεί την εγκεφαλική δραστηριότητα του. Τα φορητά EEG περιλαμβάνουν τη χρήση ενός μικρού καταγραφέα EEG, τον οποίο φορά για μία ή περισσότερες ημέρες ο ασθενής.

- **Βιντεο-εγκεφαλογράφημα:** Εάν θεράπων ιατρός σας θέλει να καταγράψει πιθανές επιληπτικές κρίσεις, μπορεί να σας ζητήσει να κάνετε ένα βιντεο-εγκεφαλογράφημα, ώστε να μπορεί να παρακολουθεί και να ακούσει τον ασθενή. Η εξέταση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί ως μια τυπική παρακολούθηση EEG, EEG τηλεμετρικά ή παρακολούθηση video EEG από την εξέταση.
- **EEG ύπνου:** Ο θεράπων ιατρός μπορεί να ζητήσει ένα EEG ύπνου μαζί με μια μελέτη ύπνου (πολυσομνογράφημα) για να λάβει περισσότερες πληροφορίες από αυτές που παρέχει μόνο η μελέτη ύπνου. Μπορεί να ζητηθεί αυτή η εξέταση εάν υπάρχει κάποιου είδους διαταραχή του ύπνου που θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα επιληπτικής πάθησης.

2.4 Ρίσκο και προετοιμασία

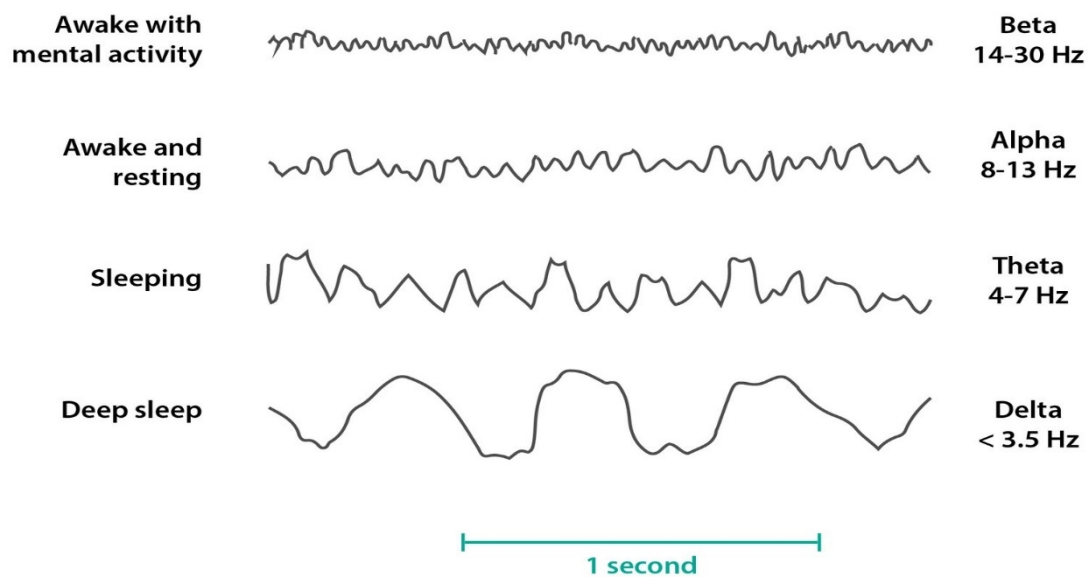
Τα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα είναι ακίνδυνα και ανώδυνα. Μερικές φορές κατά τη διάρκεια της εξέτασης προκαλούνται σκόπιμα επιληπτικές κρίσεις σε άτομα με επιληψία, αλλά παρέχεται η κατάλληλη ιατρική φροντίδα εάν χρειαστεί. Στη συγκεκριμένη έρευνα δεν θα χορηγηθεί κανένα φάρμακο ή ουσία αφού δεν θέλουμε να επηρεαστεί η εγρήγορση των συμμετεχόντων.

Κατά τη διεξαγωγή της δεν διοχετεύεται ηλεκτρισμός στο σώμα. Ενδεχομένως να υπάρξει λίγο κόπωση, μπορεί να αισθανθείτε ζαλάδα και να παρατηρήσετε ένα μυρμήγκιασμα στα χείλη και τα δάχτυλά σας για λίγα λεπτά κατά τη διάρκεια του μέρους της εξέτασης που αφορά τον υπεραιμάτωση. Συνήθως δεν αντιμετωπίζεται καμία παρενέργεια. Ορισμένοι άνθρωποι εμφανίζουν ένα ήπιο εξάνθημα στο σημείο όπου έχουν τοποθετηθεί τα ηλεκτρόδια. Εάν πάσχετε από επιληψία, υπάρχει ένας πολύ μικρός κίνδυνος να πάθετε κρίση κατά τη διάρκεια της εξέτασης, αλλά θα παρακολουθείται στενά και θα υπάρχει βοήθεια σε περίπτωση που συμβεί αυτό.

Για την προετοιμασία θα πρέπει οι συμμετέχοντες να έχουν πλύνει τα μαλλιά τους το αμέσως προηγούμενο βράδυ ή την ημέρα της προσομοίωσης οδήγησης, αλλά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μαλακτικά, κρέμες μαλλιών, σπρέι ή gel styling. Τα προϊόντα μαλλιών μπορεί να δυσκολεύουν την επαφή των επιθεμάτων που συγκρατούν τα ηλεκτρόδια με το τριχωτό της κεφαλής του συμμετέχοντα.

2.5 Μοτίβα εγκεφαλικών κυμάτων

Τα σήματα EEG κατηγοριοποιούνται σε ζώνες συχνοτήτων: Ηζ), Θήτα (4-8 Hz), Άλφα (8-13 Hz), Βήτα (13-30 Hz) και Γάμμα (30-100 Hz). Κάθε μία από αυτές τις ζώνες συχνοτήτων συνδέεται με διακριτές γνωστικές και φυσιολογικές καταστάσεις. Η εγρήγορση και η εστιασμένη προσοχή συνδέονται κυρίως με τα κύματα βήτα, ενώ η υπνηλία και τα πρώιμα στάδια ύπνου παρουσιάζουν αυξημένη δραστηριότητα θήτα. Κατά τη διάρκεια του βαθύ ύπνου, κυριαρχούν τα κύματα Δέλτα, συμβάλλοντας στις διαδικασίες αποκατάστασης του εγκεφάλου. Η στέρηση ύπνου οδηγεί συνήθως σε αύξηση της δραστηριότητας Θήτα, απεικονίζοντας μειωμένη εγρήγορση και μειωμένη νοητική λειτουργία. Οι μεταβολές στα κύματα Άλφα, που συχνά συνδέονται με τη χαλάρωση και τη μειωμένη επεξεργασία αισθητηριακών εισροών, μπορούν επίσης να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση υπνηλίας ενός ατόμου κατά τη διάρκεια της οδήγησης.



Εικόνα 8 Ενδεικτικά μοτίβο ΗΕΓ

2.6 Εξοπλισμός και εξαρτήματα EEG

Τα συστήματα EEG αποτελούνται από διάφορα βασικά στοιχεία που επιτρέπουν την ακριβή μέτρηση και ανάλυση της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Τα κύρια εξαρτήματα περιλαμβάνουν ηλεκτρόδια, ενισχυτές, μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό και λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής σύμφωνα με τυποποιημένα συστήματα τοποθέτησης, όπως το σύστημα 10-20, για τη λήψη ηλεκτρικών σημάτων από συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου. Τα ηλεκτρόδια ανιχνεύουν μικροσκοπικές αλλαγές τάσης που δημιουργούνται από τη νευρωνική δραστηριότητα, οι οποίες στη συνέχεια ενισχύονται για να εξασφαλιστεί ότι τα σήματα είναι αρκετά ισχυρά για επεξεργασία. Οι μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό μετατρέπουν αυτά τα σήματα σε ψηφιακά δεδομένα, τα οποία μπορούν να αναλυθούν με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού για την ερμηνεία των μοτίβων των εγκεφαλικών κυμάτων και των νοητικών καταστάσεων.

Εικόνα 9 Εξοπλισμός του EEG



2.7 Το EEG στην ανάλυση της οδηγικής ικανότητας

Για την παρούσα μελέτη, τα δεδομένα EEG μπορούν να παρέχουν ένα αντικειμενικό μέτρο του επιπέδου εγρήγορσης των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης οδήγησης. Συγκρίνοντας τα μοτίβα EEG σε καταστάσεις ξεκούρασης και έλλειψης ύπνου, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν συσχετίσεις μεταξύ συγκεκριμένων αλλαγών των εγκεφαλικών κυμάτων και μετρήσεων των επιδόσεων οδήγησης, όπως η απόκλιση από την λωρίδα κυκλοφορίας. Η υψηλή δραστηριότητα των κυμάτων Θήτα και Δέλτα μπορεί να σηματοδοτεί μειωμένη εγρήγορση, ενώ η συνεχής δραστηριότητα των κυμάτων Βήτα μπορεί να υποδηλώνει σταθερή συγκέντρωση. Η ενσωμάτωση δεδομένων EEG με μετρήσεις της προσομοίωσης οδήγησης προσφέρει μια ισχυρή μέθοδο για την αξιολόγηση των νοητικών επιδράσεων της στέρησης ύπνου σε σενάρια πραγματικού χρόνου.

3 Λογισμικό της προσομοίωσης

3.1 Asseto Corsa

Το λογισμικό για τη μελέτη αυτή περιλαμβάνει το παιχνίδι οδήγησης «Assetto Corsa», γνωστό για τη ρεαλιστική φυσική οδήγησης και τις τροποποιήσιμες ρυθμίσεις του. Το Assetto Corsa επιτρέπει τη δημιουργία ενός μεγάλου, μονότονου χάρτη για την προσομοίωση ενός βαρετού περιβάλλοντος οδήγησης, ιδανικού για τη δοκιμή των επιπτώσεων της στέρησης ύπνου στην προσοχή και τη σταθερότητα της λωρίδας.



Εικόνα 10 Assetto Corsa

Για τη μέτρηση των επιδόσεων οδήγησης, ένα ειδικά σχεδιασμένο πρόγραμμα Python ενσωματώνεται στην προσομοίωση. Αυτό το πρόγραμμα υπολογίζει την απόσταση του οχήματος από το κέντρο του δρόμου καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Η τυπική απόκλιση αυτής της απόστασης χρησιμεύει ως ποσοτικό μέτρο της οδηγικής σταθερότητας. Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί για να εκτελείται αυτόματα, συλλέγοντας δεδομένα χωρίς να παρεμβαίνει στην εμπειρία του οδηγού.

3.2 Ελεγχόμενο περιβάλλον

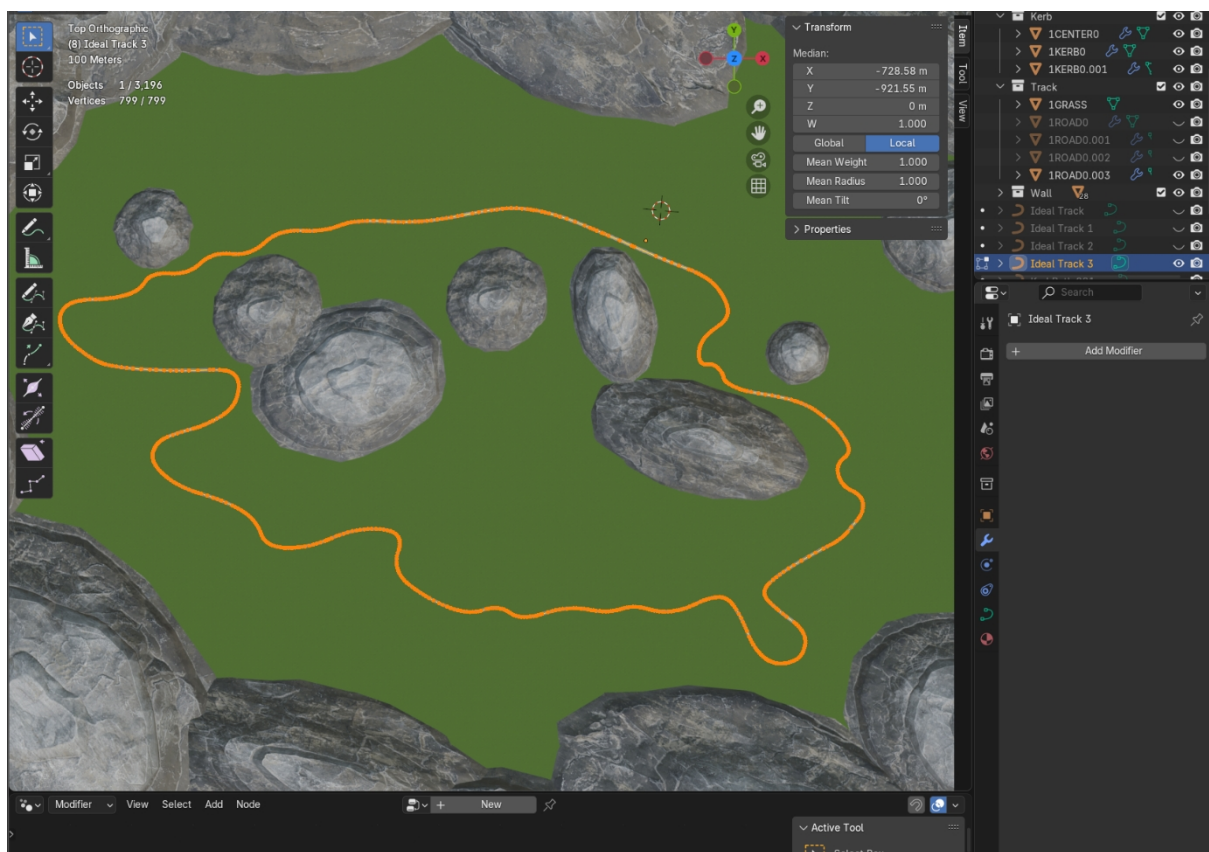
Οι προσομοιώσεις οδήγησης προσφέρουν ένα ασφαλές και ελεγχόμενο περιβάλλον για τη μελέτη της συμπεριφοράς του οδηγού υπό διάφορες συνθήκες. Η προσομοίωση που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη περιλαμβάνει μια καρέκλα προσομοίωσης οδήγησης πλήρως εξοπλισμένη με τιμόνι, πεντάλ, επιλογέα ταχυτήτων και ανατροφοδότηση δόνησης για να μιμείται την οδήγηση στον πραγματικό κόσμο. Η ρύθμιση του υλικού επιτρέπει τη ρεαλιστική αλληλεπίδραση με το λογισμικό προσομοίωσης, παρέχοντας πολύτιμα δεδομένα σχετικά με τον έλεγχο του κινητήρα και τους χρόνους απόκρισης.

Χρησιμοποιούνται ευρέως στην έρευνα επειδή εξαλείφουν τους κινδύνους των δοκιμών στον πραγματικό κόσμο. Ενώ το υλικό οδήγησης δεν μετρά άμεσα δεδομένα απόδοσης, παρέχει μια ρεαλιστική εμπειρία οδήγησης μιμούμενο πραγματικές συνθήκες με χαρακτηριστικά όπως τιμόνι, πεντάλ, αλλαγή ταχυτήτων και

ανατροφοδότηση δόνησης. Βοηθώντας τους συμμετέχοντες να αισθάνονται περισσότερο απορροφημένοι, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε πιο φυσική οδηγική συμπεριφορά.

3.3 Η δημιουργία μιας διαδρομής για την προσομοίωση

Η δημιουργία μιας εξατομικευμένης πίστας για την προσομοίωση οδήγησης περιλαμβάνει διάφορα βήματα για να διασφαλιστεί ότι το περιβάλλον πληροί τις προϋποθέσεις της μελέτης για μια μονότονη και απαιτητική εμπειρία οδήγησης. Το Assetto Corsa υποστηρίζει τη δημιουργία προσαρμοσμένης πίστας μέσω εργαλείων τρίτων, όπως το Blender και το Assetto Corsa SDK. Η διαδικασία ξεκινά με το σχεδιασμό μιας απλής, επαναλαμβανόμενης διάταξης δρόμου που ελαχιστοποιεί τα εξωτερικά ερεθίσματα και διατηρεί μια συνεπή οπτική εμπειρία. Ο δρόμος πρέπει να είναι αρκετά φαρδύς ώστε να μετράει αποτελεσματικά τις αποκλίσεις, με ελάχιστους περισπασμούς, όπως απότομες στροφές ή σύνθετα τοπία.

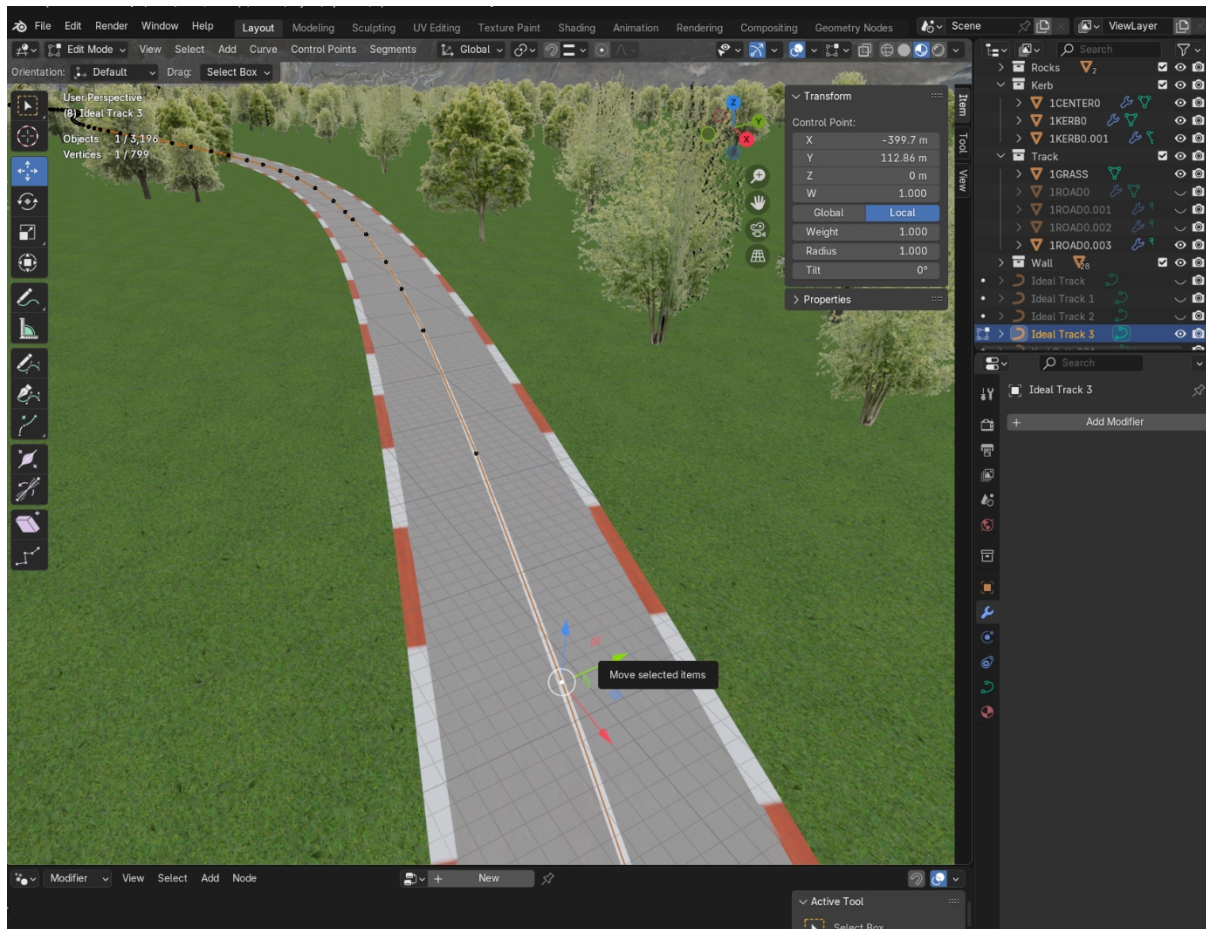


Εικόνα 11 Δημιουργία του περιβαλλοντος στο Blender

Ξεκινώντας απο το λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης , το Blender, χρειάζεται να «χαράξουμε» την πορεία του δρόμου. Αφού σχεδιαστεί η χάραξη της πίστας, προστίθενται υφές και περιβαλλοντικά στοιχεία για να δημιουργηθεί ένα ρεαλιστικό και ταυτόχρονα βαρετό περιβάλλον οδήγησης. Στη συνέχεια, η πίστα εξάγεται σε μορφή FBX. Έπειτα , με τη χρήση του Asseto Corsa SDK, γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις στο περιβάλλον. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι εξίσου σημαντικές αφού επηρεάζουν το φωτισμό

και τα σήματα που θα στέλνει το λογισμικό στον εξοπλισμό προσομοίωσης ώστε να είναι όσο πιο πιστό στην πραγματικότητα.

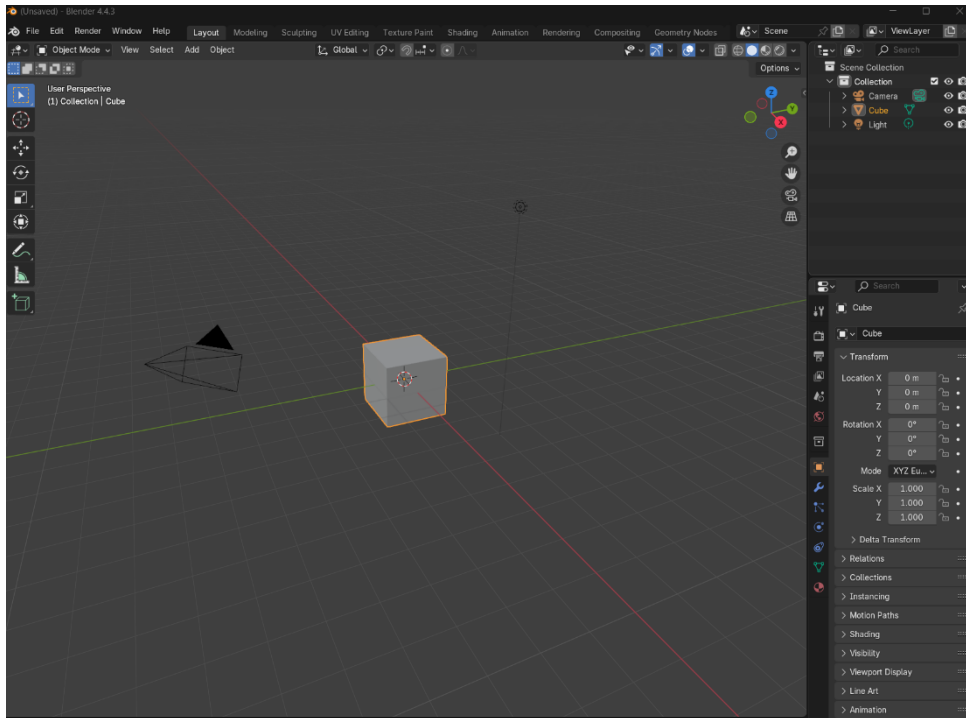
Αφού η πίστα έχει ρυθμιστεί σωστά γίνεται εξαγωγή σε αρχείο MD5 ,όπου είναι ο τύπος αρχείου που χρησιμοποιείται απο το Asseto Corsa για τα τρισδιάστατα μοντέλα. Έπειτα, η πίστα δοκιμάζεται για συμβατότητα και την απόδοση της. Η τελική διαμόρφωση της πίστας διασφαλίζει ότι η εμπειρία οδήγησης παραμένει συνεπής σε όλες τις δοκιμές, επιτρέποντας την ακριβή μέτρηση της απόκλισης λωρίδας ως μέτρο για τις επιδόσεις οδήγησης.



Εικόνα 12 Σχεδιασμός Οδοστρώματος στο Blender

4 Blender

Το Blender είναι ένα ισχυρό, δωρεάν και ανοιχτού κώδικα λογισμικό δημιουργίας 3D που χρησιμοποιείται σε διάφορους κλάδους, όπως ο κινηματογράφος, τα παιχνίδια, η αρχιτεκτονική και ο σχεδιασμός προϊόντων. Παρέχει μια ολοκληρωμένη σειρά εργαλείων για τρισδιάστατη διαμόρφωση, γλυπτική, κινούμενα σχέδια, rendering, συνθέσεις, οπτικά εφέ, ακόμη και ανάπτυξη παιχνιδιών.



Εικόνα 13 Περιβάλλον του Blender

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Blender είναι οι δυνατότητες μοντελοποίησης και γλυπτικής, επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν λεπτομερή, υψηλής ποιότητας στοιχεία μέσω πολυγωνικής μοντελοποίησης και διαδικαστικών τεχνικών. Το σύστημα animation και rigging του επιτρέπει πολύπλοκες κινήσεις χαρακτήρων μέσω keyframe animation, ενσωμάτωσης motion capture και αντίστροφης κινηματικής (inverse kinematics). Η απόδοση στο Blender τροφοδοτείται από δύο κύριες μηχανές: Cycles, μια μηχανή ανίχνευσης ακτίνων με φυσική βάση, και το Eevee, μια μηχανή απόδοσης σε πραγματικό χρόνο, σχεδιασμένη για γρήγορη προεπισκόπηση και τελική απεικόνιση.

Πέρα από τις τρισδιάστατες δυνατότητές του, το Blender προσφέρει επίσης ένα ισχυρό σύστημα σύνθεσης και οπτικών εφέ, με έναν editor βασισμένο σε nodes για post-processing και εργαλεία motion tracking για την ενσωμάτωση CGI με υλικό από την ζωντανή δράση. Επιπλέον, περιλαμβάνει έναν ενσωματωμένο editor βίντεο που υποστηρίζει βασική επεξεργασία, διαβάθμιση χρωμάτων και ειδικά εφέ, καθιστώντας το ένα ευέλικτο εργαλείο για τους δημιουργούς περιεχομένου.

Η ευελιξία του Blender επεκτείνεται και στην ανάπτυξη παιχνιδιών, καθώς επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν αντικείμενα και κινούμενα σχέδια που ενσωματώνονται άψογα σε μηχανές παιχνιδιών όπως η Unity και η Unreal Engine.

Διαθέσιμο σε πολλαπλές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των Windows, macOS και Linux, το Blender έχει καλλιεργήσει μια ισχυρή παγκόσμια κοινότητα που συμβάλλει ενεργά στην ανάπτυξή του παρέχοντας εκπαιδευτικά προγράμματα και plugins. Η φύση του ως ανοιχτού κώδικα λογισμικό παρέχει συνεχή βελτίωση, καθιστώντας το ένα πολύτιμο εργαλείο τόσο για επαγγελματίες όσο και για ερασιτέχνες στον τομέα του ψηφιακού σχεδιασμού και της κινούμενης εικόνας.

4.1 Τι κάνει το Blender την καλύτερη επιλογή

Το Blender είναι μια εξαιρετική επιλογή για τη δημιουργία πίστας για παιχνίδια προσομοίωσης οδήγησης λόγω των ισχυρών εργαλείων μοντελοποίησης, των ελέγχων ακριβείας και της άψογης συμβατότητας με μηχανές παιχνιδιών όπως η Unity και η Unreal Engine όπως έχουμε αναφέρει. Η ικανότητά του να χειρίζεται λεπτομερή περιβάλλοντα, ρεαλιστική δημιουργία εδάφους και αποτελεσματική βελτιστοποίηση στοιχείων το καθιστά ιδανικό για το σχεδιασμό εντυπωσιακών εμπειριών αγώνων ή οδήγησης.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Blender είναι οι ισχυρές δυνατότητες τρισδιάστατης μοντελοποίησης και γλυπτικής, οι οποίες επιτρέπουν στους σχεδιαστές να δημιουργούν εξαιρετικά λεπτομερείς οδοστρώματα, αλλαγές υψομέτρων και πολύπλοκες διατάξεις πίστας. Το λογισμικό παρέχει ακριβή έλεγχο της γεωμετρίας, επιτρέποντας τη δημιουργία ομαλών καμπυλών, ακριβείς οδικές κλίσεις και ρεαλιστικά στοιχεία δίπλα στις πίστες, όπως εμπόδια, πινακίδες και βλάστηση. Επιπλέον, οι τεχνικές μοντελοποίησης, όπως η χρήση modifier και geometry nodes, βοηθούν στην αποτελεσματική δημιουργία ρεαλιστικών εδαφών και οδικών δικτύων.

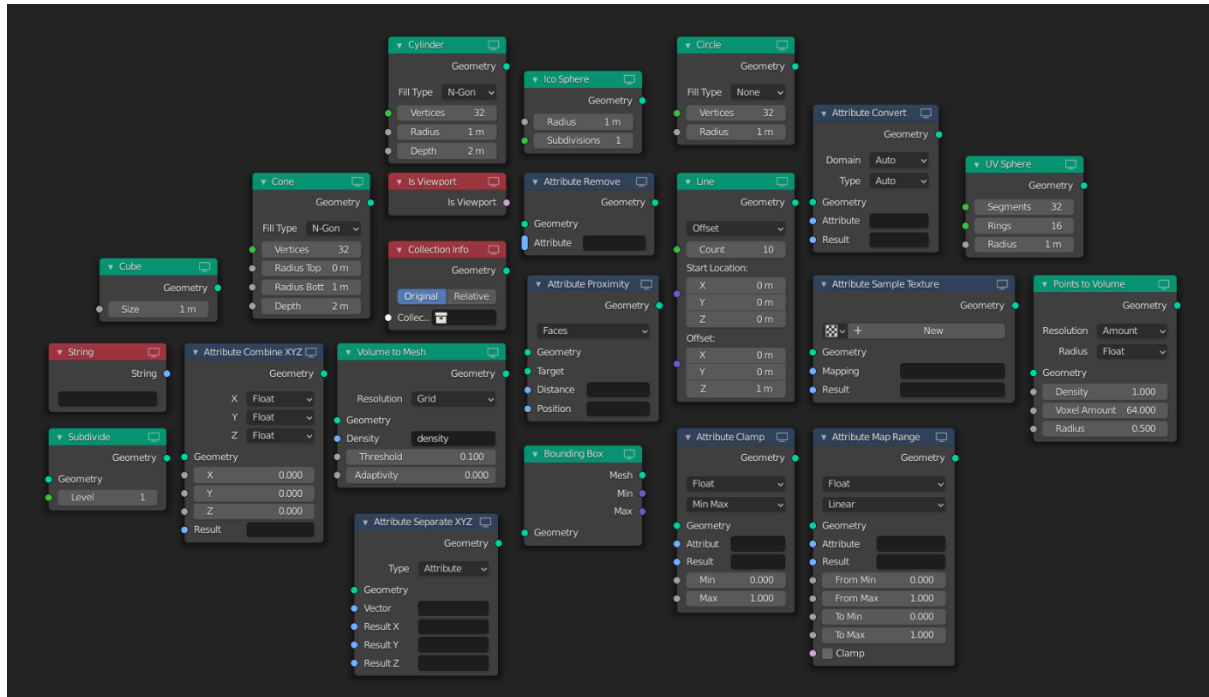
Τα εργαλεία υλικών και υφών (texture tools) του Blender είναι επίσης εξαιρετικά χρήσιμα για πίστες προσομοίωσης οδήγησης. Υποστηρίζει λειτουργίες PBR (Physically Based Rendering), οι οποίες εξασφαλίζουν ρεαλιστικές λεπτομέρειες επιφανειών, όπως υφές ασφάλτου, σημάδια ελαστικών και εφέ καιρού. Τα εργαλεία χαρτογράφησης UV επιτρέπουν στους σχεδιαστές να δημιουργούν άρτιες υφές (textures), σήματα για οδικές πινακίδες και ίχνη ολίσθησης, ενισχύοντας τον οπτικό ρεαλισμό της πίστας.

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο το Blender ξεχωρίζει στη δημιουργία πίστας είναι η ενσωμάτωσή του με προσομοιώσεις φυσικής. Επιτρέπει στους προγραμματιστές να σχεδιάζουν ακριβή πλέγματα σύγκρουσης και να δοκιμάζουν τις κλίσεις του δρόμου, διασφαλίζοντας ότι η πίστα συμπεριφέρεται ρεαλιστικά όταν εξάγεται σε μια μηχανή παιχνιδιών. Η δυνατότητα προσομοίωσης της διάβρωσης του εδάφους, της διαδικαστικής δημιουργίας εδάφους, ακόμη και των αλληλεπιδράσεων των οχημάτων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το σχεδιασμό πίστας.

Επιπλέον, οι δυνατότητες εξαγωγής του Blender το καθιστούν ιδιαίτερα συμβατό με τις μηχανές παιχνιδιών. Υποστηρίζει μορφές όπως FBX, OBJ και glTF, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην ανάπτυξη παιχνιδιών, και ειδικά είναι συμβατές με το

Asseto Corsa. Αυτές οι μορφές εξασφαλίζουν ότι τα 3D περιουσιακά στοιχεία, μαζί με τα υλικά και τα κινούμενα σχέδιά τους, μπορούν να εισαχθούν αποτελεσματικά σε μηχανές παιχνιδιών, όπου τα συστήματα φυσικής και τεχνητής νοημοσύνης ελέγχουν την οδηγική εμπειρία.

Ο χαρακτήρας του ανοικτού κώδικα και η ισχυρή υποστήριξη της κοινότητας συμβάλλουν επίσης στην αποτελεσματικότητά του. Με πολυάριθμα plugins και add-ons



Εικόνα 14 Geometry Nodes για το στολισμό της διαδρομής με αντικείμενα

ειδικά σχεδιασμένα για τη δημιουργία asset για παιχνίδια, το Blender παρέχει μια προσαρμόσιμη και αποτελεσματική ροή εργασίας για τη δημιουργία υψηλής ποιότητας διαδρομών προσομοίωσης οδήγησης. Στο συγκεκριμένο project, δεν χρειάζονται όλες οι λειτουργίες που αναφέρθηκαν. Όμως είναι σημαντικό να προστεθούν όσες περισσότερες λεπτομέρειες είναι δυνατόν ώστε έχουμε μια προσομοίωση όσο πιο κοντά στην πραγματικότητα γίνεται.

5 Μέτρηση των επιδόσεων οδήγησης

Η ακριβής μέτρηση της απόκλισης ενός οχήματος από το κέντρο του δρόμου είναι ζωτικής σημασίας σε αυτό το αναλυτικό πείραμα. Ωστόσο, το Assetto Corsa δεν διαθέτει ενσωματωμένες λειτουργίες για τον προσδιορισμό της απόκλισης από την κεντρική γραμμή, απαιτώντας εξωτερικές μεθόδους για την παρακολούθηση και την εκτίμηση της ακρίβειας ενός οδηγού. Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει έναν βελτιστοποιημένο αλγόριθμο που αξιοποιεί τα διανυσματικά μαθηματικά και τους υπολογισμούς της κάθετης απόστασης για την αποτελεσματική μέτρηση της απόκλισης. Ορίζοντας την ιδανική γραμμή ως το κέντρο του δρόμου, η μέθοδος αυτή παρέχει σε πραγματικό χρόνο την παρακολούθηση της απόκλισης χωρίς να μειώνει την υπολογιστική

αποτελεσματικότητα. Μέσω της εφαρμογής μιας δομημένης προσέγγισης για την παρακολούθηση του τμήματος, την ανάκτηση της θέσης και τον υπολογισμό της απόστασης, το σύστημα αυτό εξασφαλίζει υψηλή ακρίβεια και χρηστικότητα στην ανάλυση του πειράματος.

5.1 Απαιτήσεις

Μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, ακρίβεια , και οικονομικό σε υπολογιστικούς πόρους είναι τα τρία σημεία που χρειάζεται να επικεντρωθούμε με αυτόν τον αλγόριθμο. Το Assetto Corsa είναι ένας διαδεδομένος προσομοιωτής αγώνων που είναι γνωστός για την ακρίβεια της προσομοίωσης φυσικής και τις δυνατότητες modding. Παρόλο που παρέχει λεπτομερή δεδομένα για την κατάσταση του αυτοκινήτου, δεν προσφέρει εγγενώς μια λειτουργία για να μετρήσει πόσο αποκλίνει ένα όχημα από μια ιδανική γραμμή, όπως έχουμε αναφέρει, παρόλο που για τους οδηγούς αγώνων και τους μηχανικούς, η απόκλιση από τη βέλτιστη τροχιά είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση των επιδόσεων οδήγησης και την επίτευξη ταχύτερων γύρων. Δεδομένου ότι η ιδανική γραμμή υποτίθεται ότι είναι η μέση του δρόμου σε αυτή τη μελέτη, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί ένας αλγόριθμος ικανός να μετρά με ακρίβεια την απόκλιση και ταυτόχρονα να είναι αρκετά οικονομικό από υπολογιστική άποψη ώστε να εκτελείται σε πραγματικό χρόνο στο περιβάλλον προσομοίωσης.

5.2 Τμηματική Διανυσματική Προσέγγιση

Η παρούσα μεθοδολογική προσέγγιση στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης υπολογιστικής ισχύος κατά την εκτίμηση της απόστασης ενός κινούμενου οχήματος από την κεντρική γραμμή της διαδρομής. Η μείωση της υπολογιστικής επιβάρυνσης επιτυγχάνεται μέσω της περιορισμένης χρήσης σημείων ελέγχου, τα οποία επιλέγονται με σκοπό τη διατήρηση της ακρίβειας υπολογισμού, ενώ παράλληλα επιτρέπεται η ταχεία και αποδοτική επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Η υπολογιστική διαδικασία βασίζεται στη χρήση διανυσματικών εργαλείων και συγκεκριμένα στη γεωμετρική εκτίμηση της κάθετης απόστασης ενός σημείου (που αντιπροσωπεύει τη θέση του οχήματος) από ένα ευθύγραμμο τμήμα που προσεγγίζει την κεντρική γραμμή της διαδρομής. Για τον υπολογισμό αυτόν χρησιμοποιούνται για κάθε μέτρηση τρία σημεία: τα δύο πρώτα ορίζουν το ευθύγραμμο τμήμα της κεντρικής γραμμής, ενώ το τρίτο αντιστοιχεί στη χωρική θέση του οχήματος. Η χρήση του ελάχιστου αυτού αριθμού σημείων καθιστά τη μέθοδο ιδιαίτερα αποδοτική, μειώνοντας την ανάγκη για περίπλοκες αναζητήσεις ή γεωμετρικές ανακατασκευές.

Καθώς το όχημα κινείται, το σύστημα παρακολουθεί τη θέση του σε σχέση με το τρέχον ενεργό ευθύγραμμο τμήμα. Όταν διαπιστώνεται ότι η θέση του οχήματος έχει υπερβεί το γεωμετρικό πεδίο εφαρμογής του τμήματος, το λογισμικό μεταβαίνει αυτομάτως στο επόμενο προορισμένο τμήμα της διαδρομής. Η μετάβαση αυτή πραγματοποιείται αξιοποιώντας προ καταχωρημένα δεδομένα σημείων, τα οποία έχουν

ήδη φορτωθεί στη μνήμη από τα αρχεία της εκάστοτε διαδρομής. Έτσι, αποφεύγεται η ανάγκη εκτεταμένης αναζήτησης σε κάθε χρονικό βήμα (frame), γεγονός που ενισχύει τη σταθερότητα και την απόδοση του συστήματος.

Για την επίτευξη υψηλής ακρίβειας στις μετρήσεις, κάθε διαδρομή έχει σχεδιαστεί με λεπτομερή τοποθέτηση των σημείων ελέγχου, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ευθύγραμμων τμημάτων. Σημειώνεται ότι σε περιοχές όπου παρατηρείται αυξημένος βαθμός καμπυλότητας της διαδρομής, τα σημεία τοποθετούνται με μικρότερη μεταξύ τους απόσταση, ώστε να διασφαλίζεται η πιστότερη προσέγγιση της πραγματικής γεωμετρίας της διαδρομής και να ελαχιστοποιείται η απώλεια ακρίβειας λόγω της τοπικής καμπυλότητας.

Η συγκεκριμένη τεχνική προσφέρει ένα υπολογιστικά ελαφρύ και ταυτόχρονα ακριβές πλαίσιο παρακολούθησης της θέσης του οχήματος σε σχέση με την προβλεπόμενη διαδρομή, καθιστώντας την κατάλληλη για χρήση σε εφαρμογές όπως προσομοιωτές οδήγησης.

5.3 Δομή του αλγορίθμου

Η διαδικασία ξεκινάει με την εισαγωγή δεδομένων που αντιστοιχούν στην επιλεγμένη διαδρομή. Το λογισμικό φορτώνει στη μνήμη τα σημεία που περιγράφουν την κεντρική γραμμή του οδοστρώματος, σχηματίζοντας μια σειρά ευθύγραμμων τμημάτων που χρησιμοποιούνται αργότερα για τις μετρήσεις απόκλισης .

Ακολουθεί το κύριο λειτουργικό μέρος του λογισμικού, το οποίο περιλαμβάνει την περιοδική εκτέλεση μετρήσεων. Ένας βασικός σχεδιαστικός στόχος είναι οι μετρήσεις να πραγματοποιούνται σε σταθερά χωρικά διαστήματα – δηλαδή ανά προκαθορισμένο αριθμό μέτρων – και όχι ανά χρονικό διάστημα ή ανά καρέ (frame). Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει συγκρίσιμα αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών οδηγιών, ανεξάρτητα από την ταχύτητα του οχήματος .

Όταν το όχημα διανύσει το εκάστοτε ορισμένο μήκος, ξεκινά η διαδικασία της μέτρησης. Αρχικά, το λογισμικό ελέγχει αν το όχημα έχει ήδη ξεπεράσει το ενεργό ευθύγραμμο τμήμα της διαδρομής. Σε περίπτωση που ισχύει αυτό, γίνεται μετάβαση στο επόμενο τμήμα της διαδρομής, με βάση τα δεδομένα που έχουν ήδη φορτωθεί στη μνήμη. Στη συνέχεια, ξεκινά η μέτρηση της απόκλισης από την κεντρική γραμμή. Το πρώτο βήμα είναι να καθοριστεί σε ποια πλευρά του ενεργού ευθύγραμμου τμήματος βρίσκεται το όχημα – αριστερά ή δεξιά της θεωρητικής λωρίδας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω διανυσματικής ανάλυσης και γεωμετρικών ελέγχων. Κατόπιν, υπολογίζεται η κάθετη απόσταση από το όχημα έως το ευθύγραμμο τμήμα, η οποία αντιστοιχεί στην πραγματική απόκλιση από την ιδανική πορεία. Η μέτρηση αυτή καταγράφεται με

ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αναλυτικά γραφήματα και στατιστικές αξιολογήσεις.

5.3.1 Φόρτωση Δεδομένων

Η έννοια της **κεντρικής γραμμής** (ideal line) αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας υπολογισμού απόκλισης, καθώς προσφέρει τη βάση αναφοράς για τη σύγκριση της θέσης του οδηγού κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Η γραμμή αυτή αναπαρίσταται μέσω μιας σειράς τρισδιάστατων συντεταγμένων, οι οποίες είναι αποθηκευμένες σε αρχείο μορφής CSV με το όνομα `ideal_line.csv`.

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος, το σύστημα φορτώνει τα δεδομένα αυτά στη μνήμη μέσω της συνάρτησης `load_ideal_line()`. Η συνάρτηση αυτή αναλαμβάνει να διαβάσει το αρχείο, να επεξεργαστεί κάθε γραμμή, και να μετατρέψει τις πληροφορίες σε έναν πίνακα με σημεία, όπου κάθε στοιχείο περιλαμβάνει τις συντεταγμένες (x, y, z) ενός σημείου πάνω στη θεωρητική διαδρομή. Αυτή η μορφοποίηση καθιστά δυνατή την άμεση και αποδοτική χρήση των δεδομένων στις μετέπειτα μετρήσεις. Σε περιπτώσεις όπου το αρχείο δεν εντοπίζεται, το σύστημα δημιουργεί αυτόματα ένα νέο, άδειο αρχείο `ideal_line.csv`, με σκοπό να αποτρέψει σφάλματα κατά την εκτέλεση και να προστατεύσει τη λειτουργία του προγράμματος από ανεπιθύμητους τερματισμούς. Αν και το αρχείο αυτό δεν θα περιέχει δεδομένα χρήσιμα για μετρήσεις, λειτουργεί προληπτικά ως μηχανισμός διαχείρισης σφαλμάτων. Τα σημεία που έχουν ήδη φορτωθεί χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης ως σταθερά σημεία αναφοράς. Η θέση του οδηγού, η οποία καταγράφεται δυναμικά σε πραγματικό χρόνο, συγκρίνεται συνεχώς με την κεντρική γραμμή, επιτρέποντας έτσι την εκτίμηση της απόστασης και της κατεύθυνσης απόκλισης.

5.3.2 Υπολογισμός

Για τον ακριβή εντοπισμό της τρέχουσας θέσης του οδηγού εντός της πίστας, το σύστημα αξιοποιεί την εντολή `ac.getCarState(car_id, acsys.CS.WorldPosition)`. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή `car_id = 0` αναφέρεται στο όχημα που ελέγχεται από τον παίκτη. Η συνάρτηση αυτή επιστρέφει τις τρισδιάστατες συντεταγμένες (x, y, z) του οχήματος σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες αποτελούν τη βάση για τον υπολογισμό της απόκλισης από την ιδανική τροχιά της πίστας. Η τελευταία γνωστή θέση του οχήματος καταγράφεται και αποθηκεύεται στη μνήμη, επιτρέποντας την εκτίμηση της απόστασης που έχει διανυθεί ανάμεσα σε διαδοχικά καρέ.

Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει ότι οι μετρήσεις της απόκλισης βασίζονται στην πραγματική χωρική μετατόπιση του οχήματος και όχι σε χρονικά διαστήματα. Έτσι αποφεύγονται σφάλματα που θα μπορούσαν να προκύψουν, για παράδειγμα, από καθυστερημένη εκκίνηση ή στάση του οχήματος, τα οποία θα οδηγούσαν σε πολλαπλές καταγραφές με μηδενική μετατόπιση και, κατ' επέκταση, μη αντιπροσωπευτικά

αποτελέσματα. Επιπλέον, με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι η ταχύτητα του οχήματος δεν επηρεάζει τη συχνότητα ή την ακρίβεια των μετρήσεων, κάτι που αποτελεί βασική σχεδιαστική απαίτηση του συστήματος. Αφού προσδιοριστεί η τρέχουσα θέση του οχήματος, ο αλγόριθμος αναζητά τα δύο πλησιέστερα σημεία της κεντρικής γραμμής (σημεία A και B), τα οποία ορίζουν το ευθύγραμμο τμήμα που προσεγγίζει το όχημα εκείνη τη στιγμή.

Για να προσδιοριστεί εάν το όχημα βρίσκεται αριστερά ή δεξιά ως προς την κεντρική γραμμή, εφαρμόζεται μια γεωμετρική μέθοδος βασισμένη στο διανυσματικό γινόμενο (cross product). Η κατεύθυνση του διανύσματος που προκύπτει αποκαλύπτει τη σχετική πλευρική θέση του οχήματος, παρέχοντας ένα επιπλέον ποιοτικό στοιχείο για την ανάλυση της οδήγησης.

$$AB_x = B_x - A_x$$

$$AB_y = B_y - A_y$$

$$AP_x = P_x - A_x$$

$$AP_y = P_y - A_y$$

$$cross = AB_x \cdot AP_y - AB_y \cdot AP_x$$

Όπου A και B σημεία του ευθύγραμμου τμήματος και P σημείο του οδηγού

Η απόκλιση υπολογίζεται ως η κάθετη απόσταση της τρέχουσας θέσης του οχήματος από αυτό το ευθύγραμμο τμήμα, με στόχο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η μικρότερη δυνατή απόσταση από την ιδανική πορεία. Ο υπολογισμός της απόκλισης βασίζεται στον καθιερωμένο τύπο για την κάθετη απόσταση από ένα σημείο σε ένα ευθύγραμμο τμήμα:

$$d = \frac{|A_y \cdot x + B_x \cdot y + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

όπου (x, y) αντιπροσωπεύει τη θέση του οχήματος, (A, B) αντιπροσωπεύει το τμήμα της κεντρικής γραμμής και C είναι μια σταθερά που προκύπτει από την εξίσωση του τμήματος. Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει ότι η απόκλιση υπολογίζεται πάντα με τον συντομότερο δυνατό τρόπο, παρέχοντας μια ακριβή μέτρηση του πόσο μακριά βρίσκεται το όχημα από τη βέλτιστη τροχιά. Επιπλέον, οι μεταβάσεις τμημάτων προσαρμόζονται δυναμικά με βάση την κίνηση του οχήματος, αποτρέποντας τις ασυνέχειες στην παρακολούθηση.

5.3.3 Πλεονεκτήματα της προσέγγισης

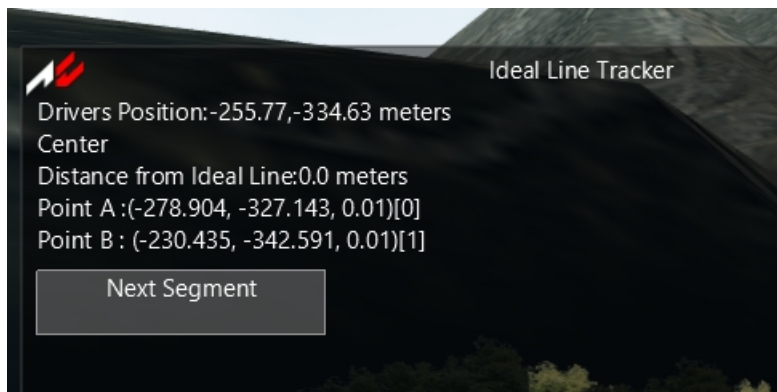
Μια σημαντική πτυχή των προσομοιώσεων σε πραγματικό χρόνο είναι η υπολογιστική επιβάρυνση. Η μέθοδος που προτείνεται βελτιστοποιεί την απόδοση περιορίζοντας τους

υπολογισμούς μόνο στο πλησιέστερο τμήμα της διαδρομής αντί να επεξεργάζεται όλα τα σημεία διαδρομής ταυτόχρονα. Αυτό μειώνει σημαντικά τον αριθμό των υπολογισμών απόστασης ανά καρέ, διατηρώντας υψηλή απόδοση. Με την εφαρμογή του συστήματος σταθερής ενημέρωσης με βάση τη διανυθείσα απόσταση, η απόκλιση υπολογίζεται εκ νέου μόνο όταν το όχημα έχει μετακινηθεί σε μια προκαθορισμένη απόσταση, ελαχιστοποιώντας περαιτέρω την περιττή επεξεργασία.

Η μέθοδος υλοποιήθηκε ως ένα πρόσθετο του Assetto Corsa χρησιμοποιώντας Python, με διασύνδεση με το παιχνίδι μέσω των βιβλιοθηκών `ac` και `acsys`. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε όλες τις πίστες που δημιουργήθηκαν για το πείραμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μετρήσεις απόκλισης παρέμειναν συνεπείς σε διάφορα τμήματα της πίστας, με μέση υπολογιστική επιβάρυνση μικρότερη από 1ms ανά καρέ. Το UI πραγματικού χρόνου παρείχε άμεση ανατροφοδότηση και οι καταγεγραμμένες τιμές απόκλισης ταυτίζονταν με την αναμενόμενη απόδοση, επιβεβαιώνοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία της προσέγγισης.

5.3.4 Γραφική διεπαφή χρήστη (GUI)

Μια βασική πτυχή του σεναρίου είναι η γραφική διεπαφή χρήστη (GUI) εντός του Assetto Corsa, η οποία παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο στον οδηγό μόνο για δοκιμαστικούς σκοπούς. Κατά τη διάρκεια του πειράματος η γραφική διεπαφή χρήστη θα πρέπει να είναι κρυμμένη. Η συνάρτηση `acMain(ac_version)` αρχικοποιεί αυτή τη διεπαφή δημιουργώντας ένα νέο παράθυρο εφαρμογής με τίτλο `Ideal Line Tracker` χρησιμοποιώντας την `ac.newApp(«Ideal Line Tracker»)`. Αυτό το παράθυρο περιέχει διάφορες ετικέτες που εμφανίζουν κρίσιμα δεδομένα:



Εικόνα 15 Γραφική Διεπαφή του λογισμικού

- **ILabel** - Εμφανίζει την απόσταση από την κεντρική γραμμή.
- **globalPos** - Εμφανίζει τις τρέχουσες (x, z) συντεταγμένες του παίκτη.
- **lrpos** - Δείχνει αν το αυτοκίνητο βρίσκεται στο κέντρο, αριστερά ή δεξιά από τη μέση.
- **ApointText** και **BpointText** - Εμφανίζει τα σημεία του τμήματος που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς απόκλισης.

5.4 Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε

```
import ac
import acsys
import math
import os

#Variables used by Asseto Corsa
app_window = 0
tracking_enabled = True
hud_display_enabled = True
# Global variables
script_path=os.path.dirname(os.path.abspath(__file__)) #script's path
track_name=ac.getTrackName(0) #current track path
basepath=os.path.join("content","tracks",track_name) #
IL_file_path=os.path.join(basepath,"ideal_line.csv") #Path for the
current track ideal_line.csv file
LOG_file_path=os.path.join(script_path,"distance_log.csv") #
playerPos=[] #Stores players current position
segmentPointA=0.0 #Point A of current segment
segmentPointB=0.0 #Point B of current segment
segmentPointAindex=0 #Index to keep track of the currently active A
segment on the ideal_line_array array
segmentPointBindex=1 #Index to keep track of the currently active B
segment on the ideal_line_array array
initSetup=True #Used to trigger the initial setup for the plugin to
work
distance_from_ideal=0.0 #The distance from Ideal Line

distance_last_check=0.0 #Distance traveled after the last check.
distance_step = 0.5 #used to define the distance needed to calculate and
log
last_position =None #used to calculate the distance check

#Debug
nextIndexButton=None

#Loads coordinates from csv to array
def load_ideal_line(IL_file_path):
    ideal_line_array = []
    try: # Try to open csv file load into
memory if found
        with open(IL_file_path, "r") as f:
            _temp=str(IL_file_path)+" File found!"
            ac.log(_temp)
            for line in f:
                x, y, z = map(float, line.strip(" (\n)").split(","))
                ideal_line_array.append((x, y, z))
    except FileNotFoundError:
        f=open(IL_file_path,"x")
        f.close()
    return ideal_line_array

#logs distance from ideal line
def log_distance(distance):
    with open(LOG_file_path, "a") as f:
```

```

        f.write(str(distance)+"\n")

#debug
def nextIndex(*args):
    global segmentPointAindex
    global segmentPointBindex
    global segmentPointA
    global segmentPointB
    segmentPointBindex=len(ideal_line_array)
    segmentPointAindex=len(ideal_line_array)-1
    segmentPointA=ideal_line_array[segmentPointAindex]
    segmentPointB=ideal_line_array[segmentPointBindex]
    calcAndLodCenterDiv()

def acMain(ac_version):
    global app_window, ideal_line_array
    global ILabel
    global globalPos
    global lrpos
    global distance_from_ideal
    global cross
    global ApointText
    global BpointText
    cross=0
    #debug
    global nextIndexButton

    ac.log("Ideal Started")
    #Window Settings
    app_window = ac.newApp("Ideal Line Tracker") #The app name
    ac.setSize(app_window, 700 , 500)           #GUI window size
    ideal_line_array = load_ideal_line(IL_file_path)
    ac.log("Ideal line index count"+str(len(ideal_line_array)))
    ILabel=ac.addLabel(app_window,"Diviation :")           #GUI, distance
from ideal line
    globalPos=ac.addLabel(app_window,"Player Position : ") #GUI, vehicles
current position
    lrpos=ac.addLabel(app_window,"Lane : ")                #GUI, displays
left or right lane
    ApointText=ac.addLabel(app_window,"Point A : ")       #
    BpointText=ac.addLabel(app_window,"Point B : ")       #GUI, point A
and B coordinates used on calculations.

    #Debug
    nextIndexButton=ac.addButton(app_window,"Next Segment")
    ac.setSize(nextIndexButton,180,40)
    ac.setPosition(nextIndexButton,10,140)
    ac.addOnClickedListener(nextIndexButton,nextIndex)

    #Sets position for GUI elements
    ac.setPosition(globalPos,10,30)
    ac.setPosition(lrpos,10,50)
    ac.setPosition(ILabel,10,70)
    ac.setPosition(ApointText,10,90)
    ac.setPosition(BpointText,10,110)
    return "Ideal Line Distance Tracker"

```

```

def acUpdate(delta_t):
    global distance_last_check
    global distance_step
    global last_position
    global playerPos

    global segmentPointA
    global segmentPointB
    global segmentPointAindex
    global segmentPointBindex
    global initSetup

    if initSetup:    #Runs only one time
        segmentPointA=ideal_line_array[segmentPointAindex]
        segmentPointB=ideal_line_array[segmentPointBindex]
        initSetup=False

    car_id = 0    #0 is always the players car ID
    playerPos = ac.getCarState(car_id, acsys.CS.WorldPosition)

    if last_position is not None:
        distance_traveled = calculate_distance(last_position, playerPos)
        distance_last_check += distance_traveled
        # Check if we have passed the step threshold
        if distance_last_check >= distance_step:
            calcAndLodCenterDiv()
            distance_last_check = 0.0    # Reset counter

    # Store current position for the next frame
    last_position = playerPos
    updateUI()
    return

#Refreshes the GUI elements explained above
def updateUI(*args):
    global playerPos
    global segmentPointA
    global segmentPointB
    global segmentPointAindex
    global segmentPointBindex
    global distance_from_ideal

    if cross<0:
        ac.setText(lrpos,"Right lane")
    elif cross>0:
        ac.setText(lrpos,"Left lane")
    else:
        ac.setText(lrpos,"Center")

    ac.setText(globalPos,"Drivers Position:"+str(format(playerPos[0],".2f"))
    +","+str(format(playerPos[2],".2f"))+" meters")
    ac.setText(lLabel,"Distance from Ideal Line:"+str(distance_from_ideal)+
    "meters ")
    ac.setText(ApointText,"Point A :"+str(segmentPointA)
    +"["+str(segmentPointAindex)+"]")

```

```

        ac.setText(BpointText,"Point B : "+str(segmentPointB)
+"["+str(segmentPointBindex)+"]")

def calculate_distance(pos1, pos2):
    #Calculate 3D distance between two points
    return math.sqrt(
        (pos2[0] - pos1[0]) ** 2 +
        (pos2[1] - pos1[1]) ** 2 +
        (pos2[2] - pos1[2]) ** 2
    )

#Used to check if we need to proceed to the next segment.
#Returning true if the player has passed the segment's length
def nextSegment(A, B, P):
    AB_x = B[0] - A[0]
    AB_y = B[1] - A[1]
    BP_x = P[0] - B[0]
    BP_y = P[2] - B[1]

    dot_product = AB_x * BP_x + AB_y * BP_y
    return dot_product > 0

#Calculates the distance from the ideal line based on the players position
#A First Segment point
#B Second segment point
#P Players coordinates
def calculateDistance(A, B, P):
    A_coeff = B[1] - A[1] # y2 - y1
    B_coeff = A[0] - B[0] # x1 - x2
    C_coeff = -(A_coeff * A[0] + B_coeff * A[1]) # - (A*x1 + B*y1)
    numerator = abs(A_coeff * P[0] + B_coeff * P[2] + C_coeff)
    denominator = math.sqrt(A_coeff**2 + B_coeff**2)
    return numerator / denominator

#calculates the side player is located relative to the ideal line
#A First Segment point
#B Second segment point
#P Players coordinates
def calculateLeftRight(A, B, P):
    # Vector AB and AP
    AB_x = B[0] - A[0]
    AB_y = B[1] - A[1]
    AP_x = P[0] - A[0]
    AP_y = P[2] - A[1]

    cross = AB_x * AP_y - AB_y * AP_x
    if cross > 0:
        return -1 # Left
    elif cross < 0:
        return 1 # Right
    else:
        return 0 # On the line

#Called only when the player has traveled the specified distance

```

```

#Its a function that combines all the calculations needed and logs the
distance from the ideal line
def calcAndLodCenterDiv():
    global playerPos
    global segmentPointA
    global segmentPointB
    global segmentPointAindex
    global segmentPointBindex
    global distance_from_ideal
    global cross
    #If we need to change segment
    if nextSegment(segmentPointA,segmentPointB,playerPos):
        segmentPointAindex+=1 #Change the index of both segment point
        segmentPointBindex+=1 #to point form the new segment
        ac.log("Next Index"+str(segmentPointAindex)
+"-"+str(segmentPointBindex)) #A log for debugging

        #If the end of the track is reached , resets the index to start over
        keeping the distance measurement uninterrupted.
        if segmentPointBindex>=len(ideal_line_array)-1:
            segmentPointBindex=0
        if segmentPointAindex>=len(ideal_line_array)-1:
            segmentPointAindex=0
        segmentPointA=ideal_line_array[segmentPointAindex]
        segmentPointB=ideal_line_array[segmentPointBindex]
        cross=calculateLeftRight(segmentPointA, segmentPointB, playerPos)
        distance_from_ideal =
        calculateDistance(segmentPointA,segmentPointB,playerPos)
        if cross > 0:
            distance_from_ideal*=-1
        distance_from_ideal = format(distance_from_ideal, ".2f")
        log_distance(distance_from_ideal) #Logs the distance with two decimal
        digits accuracy
    return

```

5.5 Εναλλακτικές μέθοδοι

6 Μεθοδολογία

Στο πλαίσιο του παρόντος πειράματος, σκοπός μας είναι να διερευνήσουμε τις επιδράσεις που έχει η παρατεταμένη έλλειψη ύπνου στις ικανότητες οδήγησης ενός ατόμου. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκουμε να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο η στέρηση ύπνου επηρεάζει την αντίδραση, την προσοχή, την εγρήγορση, καθώς και τη γενικότερη οδηγική συμπεριφορά. Η ανάγκη διεξαγωγής ενός τέτοιου πειράματος εδράζεται στη διαρκώς αυξανόμενη παρουσία τροχαίων ατυχημάτων που σχετίζονται με την κόπωση των οδηγών, καθιστώντας επιτακτική τη μελέτη του φαινομένου.

Η πειραματική διαδικασία προβλέπει την υποβολή των συμμετεχόντων σε δύο βασικές συνθήκες: την "ξεκούραστη" και την "εξαντλημένη" κατάσταση. Στην πρώτη

περίπτωση, ο οδηγός θα έχει προηγουμένως κοιμηθεί επαρκώς – τουλάχιστον 7 έως 8 ώρες – εντός των τελευταίων 24 ωρών. Η καταγραφή της οδήγησης θα πραγματοποιηθεί υπό φυσιολογικές και ευνοϊκές συνθήκες, ώστε να αποτελέσει τη βάση σύγκρισης για τα μελλοντικά αποτελέσματα. Σε αντίθεση με αυτό, στη δεύτερη περίπτωση, ο συμμετέχων θα κληθεί να παραμείνει ξύπνιος για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 20 συνεχόμενων ωρών, ώστε να επιτευχθεί κατάσταση σημαντικής σωματικής και πνευματικής κόπωσης.

Προκειμένου να αποφευχθούν εξωτερικοί παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν τα αποτελέσματα – όπως για παράδειγμα η κατανάλωση καφεΐνης ή άλλων διεγερτικών ουσιών – οι συμμετέχοντες θα ενημερωθούν εκ των προτέρων να αποφεύγουν την κατανάλωση τέτοιων ουσιών για τουλάχιστον 12 ώρες πριν από την πειραματική διαδικασία. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται ότι οποιαδήποτε διαφοροποίηση στην απόδοση μεταξύ των δύο συνθηκών θα οφείλεται αποκλειστικά στην έλλειψη ύπνου, και όχι σε εξωγενείς παράγοντες.

Η οδηγική δοκιμή θα διεξαχθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον, με χρήση προσομοιωτή όπως έχουμε αναφέρει προηγουμένως. Ο δρόμος που έχει επιλεγεί για τη δοκιμή είναι μονοτονικός, χωρίς έντονες στροφές ή εναλλαγές στο τοπίο, με σκοπό να ενισχυθεί η φυσική αίσθηση υπνηλίας που προκαλείται από την έλλειψη εξωτερικών ερεθισμάτων. Η διάρκεια της οδήγησης θα είναι τουλάχιστον μία ώρα, χρονικό διάστημα επαρκές ώστε να παρατηρηθούν ενδεχόμενες αποκλίσεις στην οδηγική συμπεριφορά λόγω της κόπωσης.

Για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας και της αντικειμενικότητας των μετρήσεων, έχει προβλεφθεί η χρήση διαφορετικής διαδρομής σε κάθε μία από τις δύο καταστάσεις για κάθε συμμετέχοντα. Συνολικά έχουν σχεδιαστεί τέσσερις διαδρομές, παρόμοιες δυσκολίας και μήκους, οι οποίες θα εναλλάσσονται κατά περίπτωση, έτσι ώστε να αποκλείεται το ενδεχόμενο ο οδηγός να έχει απομνημονεύσει το εκάστοτε περιβάλλον. Η αποφυγή επανάληψης διαδρομών διασφαλίζει την ελαχιστοποίηση της επίδρασης της εξοικείωσης με το περιβάλλον, η οποία ενδέχεται να επηρεάσει τις επιδόσεις και να αλλοιώσει την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

Τέλος, σε όλη τη διάρκεια των δοκιμών θα καταγράφονται λεπτομερώς δεδομένα που αφορούν την απόδοση του οδηγού, όπως η συχνότητα λαθών, οι αποκλίσεις πορείας από το κέντρο της λωρίδας, η μεταβολή της ταχύτητας, καθώς και τυχόν συμπτώματα μικροϋπνου. Αυτά τα δεδομένα θα αποτελέσουν τη βάση για την ποσοτική και ποιοτική ανάλυση της επίδρασης της έλλειψης ύπνου στην οδήγηση.

7 Ηθικά Ζητήματα και Ζητήματα Ασφάλειας

Η διεξαγωγή του παρόντος πειράματος έγινε με απόλυτο σεβασμό προς τα ηθικά πρότυπα που διέπουν την επιστημονική έρευνα. Πριν την έναρξη της διαδικασίας,

ζητήθηκε από όλους τους συμμετέχοντες να υπογράψουν έντυπο συναίνεσης (informed consent), το οποίο περιελάμβανε αναλυτική ενημέρωση σχετικά με τους σκοπούς του πειράματος, τη διάρκεια, τις απαιτήσεις συμμετοχής, καθώς και ενδεχόμενους κινδύνους που θα μπορούσαν να προκύψουν από την παρατεταμένη στέρηση ύπνου.

Ιδιαίτερη μέριμνα δόθηκε στην ασφάλεια των συμμετεχόντων, ειδικά κατά τη φάση της οδήγησης σε κατάσταση κόπωσης. Εφόσον η οδήγηση πραγματοποιήθηκε είτε σε ελεγχόμενο περιβάλλον προσομοίωσης είτε σε κλειστό και απομονωμένο οδικό δίκτυο υπό συνεχή επίβλεψη, εξαλείφθηκε οποιοσδήποτε κίνδυνος ατυχήματος. Σε κάθε περίπτωση, παρευρίσκονταν επιβλέποντες με εμπειρία στην αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών, ενώ υπήρχε πρόβλεψη για άμεση παύση του πειράματος εάν κρινόταν ότι η κόπωση του οδηγού ήταν επικίνδυνη. Επιπλέον, διασφαλίστηκε η ανωνυμία και η εμπιστευτικότητα των προσωπικών δεδομένων των συμμετεχόντων, σύμφωνα με τις διατάξεις του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων (GDPR).

8 Περιορισμοί της Μελέτης

Όπως συμβαίνει με κάθε πειραματική διαδικασία, έτσι και η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Πρώτον, η επίδραση της στέρησης ύπνου μπορεί να διαφέρει σημαντικά από άτομο σε άτομο, ανάλογα με βιολογικούς και ψυχολογικούς παράγοντες όπως ο κιρκάδιος ρυθμός, η γενική φυσική κατάσταση και η ανοχή στην κόπωση. Αυτό σημαίνει ότι ενδέχεται να παρατηρηθούν διαφοροποιήσεις στην απόδοση που δεν σχετίζονται άμεσα με την έλλειψη ύπνου, αλλά με προσωπικά χαρακτηριστικά.

Δεύτερον, το γεγονός ότι η διαδικασία διεξάγεται σε συνθήκες πειραματικής παρατήρησης, ενδέχεται να επηρεάζει την αυθόρμητη συμπεριφορά του οδηγού. Η γνώση του ότι βρίσκεται υπό παρακολούθηση μπορεί να προκαλέσει είτε υπερσυγκέντρωση είτε άγχος, τα οποία μπορούν να αλλοιώσουν τις πραγματικές επιπτώσεις της κόπωσης στην οδήγηση. Αν και καταβλήθηκε κάθε προσπάθεια να απομονωθούν εξωτερικοί παράγοντες όπως η καφεΐνη ή η επανάληψη διαδρομής, είναι δύσκολο να ελεγχθούν πλήρως όλες οι μεταβλητές που μπορεί να επηρεάζουν την απόδοση, όπως το άγχος, η πείνα ή ακόμα και ο φωτισμός στο περιβάλλον του πειράματος.

8.1 Αναμενόμενα αποτελέσματα

Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις της στέρησης ύπνου στις ανθρώπινες επιδόσεις, το παρόν πείραμα αναμένεται να αποκαλύψει σημαντικές μειώσεις στην ικανότητα οδήγησης μετά από παρατεταμένη εγρήγορση. Με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται παραπάνω, αναμένεται να προκύψουν διάφορα βασικά αποτελέσματα:

- **Σημαντική αύξηση του χρόνου αντίδρασης** σε απροσδόκητα ερεθίσματα, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη ικανότητα λήψης γρήγορων αποφάσεων κατά την οδήγηση.
- **Αύξηση της συχνότητας των σφαλμάτων**, όπως οι παρεκκλίσεις από τη λωρίδα κυκλοφορίας, η καθυστερημένη αντίδραση σε οδικούς σηματοδότες ή εμπόδια και η δυσκολία διατήρησης σταθερής τροχιάς οδήγησης.
- **Σημαντική μείωση των επιπέδων προσοχής και συγκέντρωσης**, που ενδεχομένως οδηγεί σε μικροκοιμήσεις ή σύντομες διακοπές της επίγνωσης της κατάστασης.
- **Ασυνεπής διατήρηση της ταχύτητας**, με αδικαιολόγητες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που αντανακλούν μειωμένο αυτόματο έλεγχο του οχήματος.
- **Αύξηση της κόπωσης**, όπως αξιολογείται μέσω ερωτηματολογίων που υποβάλλονται από τους ίδιους και κλιμάκων υπνηλίας, με τους συμμετέχοντες να αναμένεται να αναφέρουν αυξημένη δυσφορία, μειωμένη ενέργεια και δυσκολία να παραμείνουν σε εγρήγορση.
- **Ασυνέπεια στη διατήρηση της λωρίδας κυκλοφορίας**, με τους οδηγούς να παρουσιάζουν συχνές ακούσιες παρεκκλίσεις από τη λωρίδα κυκλοφορίας και δυσκολίες στη διατήρηση μιας κεντραρισμένης θέσης εντός της λωρίδας κυκλοφορίας τους, γεγονός που αντικατοπτρίζει τη μείωση του κινητικού ελέγχου και της αντίληψης του χώρου.

9 Αποτελέσματα

Το πειραματικό δείγμα αποτελείται από 20 συμμετέχοντες (12 άνδρες, 8 γυναίκες), ηλικίας μεταξύ 22 και 35 ετών (μέση ηλικία = 22,4 έτη). Όλοι οι συμμετέχοντες κατείχαν ισχύουσα άδεια οδήγησης, είχαν τουλάχιστον δύο χρόνια εμπειρίας στην οδήγηση και δεν ανέφεραν ιστορικό διαταραχής του ύπνου ή νευρολογικών παθήσεων.

Το κύριο μέτρο απόδοσης που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια των συνεδριών οδήγησης ήταν η απόκλιση από το κέντρο της λωρίδας οδήγησης, μετρούμενη σε μέτρα (m). Κάθε συμμετέχων ολοκλήρωσε δύο συνεδρίες:

Συνεδρία 1: μετά από μια πλήρη νυχτερινή ανάπαυση (7-8 ώρες ύπνου)

Συνεδρία 2: μετά από τουλάχιστον 20 ώρες συνεχούς εγρήγορσης χωρίς τη χρήση διεγερτικών ουσιών (π.χ. καφεΐνη).

Η απόκλιση της λωρίδας μετριόταν συνεχώς και υπολογίστηκε ο μέσος όρος για την περίοδο οδήγησης μιας ώρας για κάθε συνεδρία.

Κατάσταση	Μέση απόκλιση λωρίδας (m)	Standard Deviation (m)
Πλήρη νυχτερινή ανάπαυση	2.10 m	4.2 m
Κατάσταση έλλειψης ύπνου	4.8 cm	7.1 m

10 Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης καταδεικνύουν με απόλυτη σαφήνεια ότι η στέρηση ύπνου ασκεί έναν ισχυρό και άκρως αρνητικό αντίκτυπο στην ικανότητα του οδηγού να διατηρεί σταθερή και σωστή πορεία εντός της λωρίδας κυκλοφορίας. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι η μέση απόκλιση από τη νοητή κεντρική γραμμή της λωρίδας διπλασιάστηκε όταν οι συμμετέχοντες ήταν στερημένοι ύπνου, συγκριτικά με τις περιπτώσεις όπου είχαν κοιμηθεί επαρκώς και ήταν πλήρως ξεκούραστοι.

Το εύρημα αυτό είναι απολύτως συνεπές με προγενέστερες ερευνητικές προσπάθειες, οι οποίες έχουν δείξει ότι η έλλειψη ύπνου επηρεάζει σημαντικά τον κινητικό έλεγχο, μειώνοντας την ικανότητα του οδηγού να ελέγχει με ακρίβεια τις κινήσεις του οχήματος, καθώς και την αντίληψή του για τον χώρο γύρω του — δύο παράγοντες που είναι καθοριστικής σημασίας για την ασφαλή διατήρηση της λωρίδας κατά την οδήγηση. Επιπρόσθετα, η αυξημένη τυπική απόκλιση που παρατηρήθηκε στη συνθήκη της στέρησης ύπνου υποδηλώνει μεγαλύτερο βαθμό αστάθειας και έλλειψης συνέπειας στον έλεγχο του οχήματος, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο απώλειας της κατεύθυνσης ή ακόμα και ατυχημάτων.

Αξίζει, επίσης, να επισημανθεί ότι η μονότονη και χωρίς ιδιαίτερα ερεθίσματα φύση του προσομοιωμένου δρόμου πιθανότατα ενίσχυσε περαιτέρω τις αρνητικές επιπτώσεις της στέρησης ύπνου. Η απουσία έντονων εξωτερικών ερεθισμάτων, που σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσαν να συμβάλουν στη διατήρηση της εγρήγορσης του οδηγού, καθιστούσε ακόμη πιο εμφανή την επιρροή της υπνηλίας στην οδηγική ικανότητα.

Τα συνολικά αποτελέσματα της μελέτης αυτής υπογραμμίζουν με έμφαση τους σοβαρούς κινδύνους που συνδέονται με την οδήγηση υπό συνθήκες ανεπαρκούς ύπνου, ακόμα και σε περιβάλλοντα όπου δεν υπάρχουν άλλες επιβαρυντικές ουσίες, όπως για παράδειγμα το αλκοόλ. Η στέρηση ύπνου από μόνη της αρκεί για να υπονομεύσει δραματικά την ασφάλεια κατά την οδήγηση.

11 Μελλοντικές Έρευνες

Η μελλοντική ερευνητική δραστηριότητα θα μπορούσε να επεκτείνει και να εμβαθύνει τα υπάρχοντα ευρήματα, εστιάζοντας σε διάφορες πτυχές του φαινομένου της στέρησης ύπνου και των συνεπειών της στην οδηγική απόδοση. Συγκεκριμένα, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις:

Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων της μερικής στέρησης ύπνου (για παράδειγμα, περιορισμός σε 4-5 ώρες ύπνου) σε σύγκριση με εκείνα της ολικής στέρησης, προκειμένου να διαπιστωθεί αν ακόμη και μικρότερα επίπεδα έλλειψης ύπνου προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις στην ικανότητα διατήρησης της λωρίδας.

Η εξέταση πιθανών διαφορών στην απόκλιση από τη λωρίδα κυκλοφορίας ανάλογα με τον τύπο του δρόμου — όπως αστικό περιβάλλον με συχνές διασταυρώσεις, αυτοκινητόδρομοι υψηλών ταχυτήτων με καμπύλες και στροφές κ.λπ. — για να κατανοηθεί καλύτερα πώς ποικίλες οδικές συνθήκες ενδέχεται να αλληλεπιδρούν με την κόπωση του οδηγού.

Η ενσωμάτωση δεδομένων ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (ΗΕΓ) στις μελέτες, με στόχο τη δημιουργία άμεσων συσχετίσεων μεταξύ συγκεκριμένων μοτίβων εγκεφαλικής δραστηριότητας και των επιδόσεων του οδηγού στη διατήρηση της πορείας εντός της λωρίδας, ενισχύοντας την κατανόηση των νευροφυσιολογικών μηχανισμών που επηρεάζονται από την έλλειψη ύπνου.

Η ανάπτυξη και πειραματική δοκιμή συστημάτων παρακολούθησης οδηγών σε πραγματικό χρόνο, τα οποία θα είναι σε θέση να ανιχνεύουν την αυξημένη απόκλιση από τη λωρίδα ως πρώιμο και αξιόπιστο προειδοποιητικό σήμα για υπνηλία κατά την οδήγηση, με στόχο την πρόληψη ατυχημάτων.

Τέλος, η διεύρυνση του μεγέθους του δείγματος και η ενσωμάτωση φυσιολογικών μετρήσεων (όπως καρδιακός ρυθμός, μεταβολές στην αναπνοή κ.ά.) θα

μπορούσαν να προσφέρουν ακόμη πιο ισχυρά και γενικεύσιμα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τους κινδύνους που συνεπάγεται η οδήγηση υπό συνθήκες ανεπαρκούς ύπνου.

12 Βιβλιογραφία

//EEG STUFF

- 1.2 Anderson, S.W., Rizzo, M., Shi, Q., & Uc, E.Y. (2017) 'Cognitive impairment and driving: A review of the literature' Διαθέσιμο στο: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5619413/
- Beck, D.M., & Kastner, S. (2009) 'Top-down and bottom-up mechanisms in biasing competition in the human brain', *Vision Research*. Διαθέσιμο στο: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698909000732>
- Ridderinkhof, K.R., Ullsperger, M., Crone, E.A., & Nieuwenhuis, S. (2004) 'The role of the medial frontal cortex in cognitive control', *Science*. Διαθέσιμο στο: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1100301>
- MAYO CLINIC (2024, Μάιος 29) EEG (Electroencephalogram) Διαθέσιμο στο: <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/eeg/about/pac-203938753>
- Cleveland Clinic (2024, Αύγουστος 03) Electroencephalogram Διαθέσιμο στο: <https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/9656-electroencephalogram-eeg>
- NHS (2022 Ιανουάριος 05) EEG (Electroencephalogram) Διαθέσιμο στο: <https://www.nhs.uk/conditions/electroencephalogram/>
- EMOTIV (Unknown) What is an EEG (Electroencephalogram) Machine? Διαθέσιμο στο: <https://www.emotiv.com/blogs/glossary/eeg-machine>

//EEG History

- Neurotech, LLC. (n.d.). *History of EEG (electroencephalogram)* Διαθέσιμο στο <https://www.neurotecheeg.com/news-resources/history-of-eeg-electroencephalogram/45243>
- National Center for Biotechnology Information. (n.d.). *Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants*. Διαθέσιμο στο <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK390346/>
- PubMed Central. (n.d.). *History and Evolution of the Electroencephalogram*. Διαθέσιμο στο <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11379424>

-  SpringerLink. (n.d.). *The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873–1941)*. Διαθέσιμο στο <https://link.springer.com/article/10.1007/s00381-020-04564-z>
-  ScienceDirect. (n.d.). *The EEG pen-on-paper sound: History and recent advances*. Διαθέσιμο στο <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1059131123000705>

//Blender why blender

- Blender Foundation (n.d.) *Features overview*. Διαθέσιμο στο: <https://www.blender.org/features/>
- Wikipedia Contributors (n.d.) *Blender (software)*. Διαθέσιμο στο: Epidemic Sound (2023) *What is Blender software and what is it used for?* Διαθέσιμο στο: <https://www.epidemicsound.com/blog/blender-software/>
- Blender for Creating Tracks in Driving Simulation Games
Reddit Community (2024) *How can I create tracks for Assetto Corsa with Blender?* Διαθέσιμο στο: https://www.reddit.com/r/assettocorsa/comments/1fzujg6/how_can_i_create_tracks_for_assetto_corsa_with/
- Blender Artists Community (2023) *Physically accurate driving game (work in progress)*. BlenderArtists.org. Διαθέσιμο στο: <https://blenderartists.org/t/physically-accurate-driving-game-wip/1255313>
- Schmitz, J. (2023) *Blender Driving Scenario Creator (GitHub Repository)*. Διαθέσιμο στο: <https://github.com/johschmitz/blender-driving-scenario-creator>

//5.2

- Lee, J. G., Han, J., & Whang, K. Y. (2007). "Trajectory clustering: a partition-and-group framework." *Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD*. Διαθέσιμο στο : hanj.cs.illinois.edu
- David M. Mount (20/07/2017) «Handbook of Discrete and Computational Geometry». Διαθέσιμο στο : <https://www.csun.edu>

13 Πηγές Εικόνων

- Εικόνα 1 : Δομή εγκεφάλου
<https://www.ninds.nih.gov/health-information/public-education/brain-basics/brain-basics-know-your-brain>
- Εικόνα 2 :
<https://sleephub.com.au/sleep-and-driving/>

- Εικόνα 3 : Το Σύστημα EEG
<https://www.brainandentspecialist.in/electroencephalography-eeeg-in-chhindwara/>
- Εικόνα 4 : Adolf Beck
[https://en.wikipedia.org/wiki/Adolf_Beck_\(physiologist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Adolf_Beck_(physiologist))
- Εικόνα 5 : Vladimir Pravdich Neminsky
https://en.wikipedia.org/wiki/Vladimir_Pravdich-Neminsky
- Εικόνα 6 : Πρώιμη μορφή του ΗΕΓ
<https://www.russellmuseum.org/early-location-of-eeeg-laboratory/>
- Εικόνα 7 : Εξέλιξη του ΗΕΓ
<https://www.russellmuseum.org/early-location-of-eeeg-laboratory/>
- Εικόνα 8 Ενδεικτικά μοτίβο ΗΕΓ
<https://www.firstclassmed.com/articles/2017/eeeg-waves>
- Εικόνα 9 Εξοπλισμός EEG
<https://neuro-style.com/eeeg/>
- Εικόνα 10 Asseto Corsa
https://store.steampowered.com/app/244210/Assetto_Corsa/
- Εικόνα 11 Δημιουργία του περιβάλλοντος στο Blender
- Εικόνα 12 Σχεδιασμός Οδοστρώματος στο Blender
- Εικόνα 13 Περιβάλλον του Blender
- Εικόνα 14 Geometry Nodes για το στολισμό της διαδρομής με αντικείμενα
https://developer.blender.org/docs/release_notes/2.93/geometry_nodes/
- Εικόνα 15 Γραφική Διεπαφή του λογισμικού