



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ
ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥΣ ΤΟΥ
ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ



Πετρομανωλάκη Ευαγγελία
Τσεκμέζογλου Ανέστης

Επιβλέπων:

Αθανάσιος Θεοφιλάτος

Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2024

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων)	Δρ. Αθανάσιος Θεοφιλάτος Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δεύτερος Εξεταστής	Δρ. Παντελής Κοπελιάς Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τρίτος Εξεταστής	Δρ. Απόστολος Αναγνωστόπουλος Εντεταλμένος Διδάσκων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέπων καθηγητή μας Δρ. Αθανάσιο Θεοφιλάτο, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε καθώς και την άψογη συνεργασία που είχαμε. Έπειτα ευχαριστούμε τους υπόλοιπους καθηγητές της κριτικής επιτροπής Δρ. Παντελή Κοπελιά και Δρ. Απόστολο Αναγνωστόπουλο για τον χρόνο που διέθεσαν για την ανάγνωση της εργασίας μας καθώς και τις πολύτιμες συμβουλές που μας έδωσαν. Ευχαριστούμε τους φίλους και συναδέλφους για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μας έδιναν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μας. Τέλος ξεχωριστά ευγνωμονούμε τους συγγενείς μας, τα αδέρφια μας και τους γονείς μας για τις θυσίες που έκαναν για εμάς και την αγάπη που μας έδωσαν όλα αυτά τα χρόνια καθώς και τον συνεχή τους αγώνα για να επιτύχουμε τους στόχους μας. Αφιερώνω σαν Ευαγγελία την εργασία αυτή στην γιαγιά μου Ευαγγελία, που όλα αυτά τα χρόνια μου δίνει τις πιο σημαντικές συμβουλές. Αφιερώνω σαν Ανέστης την εργασία αυτή στον παπού μου Ανέστη.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥΣ ΤΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Πετρομανωλάκη Ευαγγελία

Τσεκμέζογλου Ανέστης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2024

Επιβλέπων Καθηγητής: Αθανάσιος Θεοφιλάτος, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία μελετά τους καρδιακούς παλμούς του οδηγού σε διαφορετικές συνθήκες οδήγησης σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον με χρήση συμβατικού και ηλεκτρικού αυτόνομου οχήματος. Σκοπός της εργασίας είναι να διερευνήσει κατά πόσο τα επίπεδα άγχους ενός οδηγού επηρεάζονται όταν αυτός οδηγεί ένα συμβατικό όχημα εντός και εκτός πόλης σε σύγκριση με την αυτόνομη οδήγηση ενώ παράλληλα γίνεται και μία σύγκριση των δύο οχημάτων σε λειτουργικό και οικονομικό επίπεδο. Η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε στο πείραμα αυτό περιλαμβάνει την χρήση ρολογιού καταμέτρησης παλμών ανά λεπτό και την παράλληλη καταγραφή από δεύτερο άτομο των συμβάντων που συνέβησαν στην διάρκεια του πειράματος. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την χρήση του προγράμματος excel. Εν τέλη η εργασία καταλήγει στο πόσο ένας οδηγός επηρεάζεται για την επιλογή ενός οχήματος με γνώμονα τόσο το οικονομικό, λειτουργικό αλλά και ψυχολογικό αντίκτυπο που αυτό του επιφέρει.

Λέξεις Κλειδιά: καρδιακοί παλμοί, αυτόνομο ηλεκτρικό όχημα, συμβατικό όχημα, οικονομική και λειτουργική ανάλυση οχημάτων

INVESTIGATING THE INFLUENCE OF DRIVING CONDITIONS ON THE DRIVER'S HEART RATE IN REAL DRIVING CONDITIONS

Petromanolaki Evangelia

Tsekmezoglou Anestis

University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2024

Supervisor: Athanasios Theofilatos, Assistant Professor

Abstract

This thesis studies the heart rate of the driver in different driving conditions in urban and long-distance environments using a conventional and electric autonomous vehicle. The aim of the work is to investigate whether a driver's stress levels are affected when driving a conventional vehicle in and out of the city compared to autonomous driving, while at the same time a comparison of the two vehicles is made in operational and economic terms. The methodology followed in this experiment includes the use of a pulse-per-minute count clock and the parallel recording by a second person of the events that occurred during the experiment. The analysis of the data was done using the program of excel. In the end, the work comes down to how much a driver is influenced in choosing a vehicle based on both the economic, functional and psychological impact that this brings to them.

Key words: *heart rate, autonomous electric vehicle, conventional vehicle, economic and functional analysis of vehicles*

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	10
1.1 Περιγραφή του προβλήματος	12
1.2 Σκοπός και στόχοι εργασίας	12
1.3 Οργάνωση εργασίας	12
Κεφάλαιο 2: Βιβλιογραφική ανασκόπηση	13
2.1 Συμβατικό όχημα	15
2.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συμβατικού οχήματος	15
2.1.2 Πωλήσεις συμβατικών οχημάτων	16
2.2 Ηλεκτρικό και υβριδικό όχημα	17
2.2.1 Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων	18
2.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ηλεκτρικού οχήματος	18
2.2.3 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων	20
2.3 Αυτόνομο όχημα	21
2.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτόνομου οχήματος	24
2.4 Οδήγηση και επίπεδα άγχους	25
2.5 Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί	28
2.5.1 Πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης για τα επίπεδα άγχους	28
2.5.2 Πείραμα άνεσης σε προσομοιωτή αυτόνομης οδήγησης	29
2.5.3 Πείραμα συναισθηματικής αστάθειας στην αυτόνομη οδήγηση	31
Κεφάλαιο 3: Μεθοδολογία	34
3.1 Συλλογή δεδομένων	34
3.1.1 Πείραμα	34
3.1.2 Συμμετέχοντες	34
3.1.3 Οχήματα και συσκευές	34
3.1.4 Πειραματική διαδικασία	38
3.1.5 Συλλογή δεδομένων	39

3.2 Θεωρητικό υπόβαθρο	44
3.2.1 Περιγραφική στατιστική	44
3.2.2 Έλεγχος υποθέσεων	46
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα	47
4.1 Επεξεργασία δεδομένων	47
4.2 Αποτελέσματα	47
4.3 Συζήτηση	53
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα	54
5.1 Συμπεράσματα	54
5.2 Προτάσεις	55
Κεφάλαιο 6: Βιβλιογραφικές Πηγές	56

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: min παλμοί σε αστικό περιβάλλον	50
Διάγραμμα 2: max παλμοί σε αστικό περιβάλλον	51
Διάγραμμα 3: Μέσος όρος παλμών σε αστικό περιβάλλον	51
Διάγραμμα 4: min παλμοί σε υπεραστικό περιβάλλον	51
Διάγραμμα 5: max παλμοί σε υπεραστικό περιβάλλον	52
Διάγραμμα 6: Μέσος όρος παλμών σε υπεραστικό περιβάλλον	52
Διάγραμμα 7: Κατανάλωση καυσίμου σε αστικό περιβάλλον	52
Διάγραμμα 8: Κατανάλωση καυσίμου σε υπεραστικό περιβάλλον	53

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Renault Clio	35
Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Tesla Model 3	36
Πίνακας 3: Πρώτο και Δεύτερο πείραμα	39
Πίνακας 4: Τρίτο και Τέταρτο πείραμα	39
Πίνακας 5: Πέμπτο και Έκτο πείραμα	40
Πίνακας 6: Έβδομο και Όγδοο πείραμα	40
Πίνακας 7: Ένατο και Δέκατο πείραμα	41
Πίνακας 8: Πρώτο και Δεύτερο πείραμα	41
Πίνακας 9: Τρίτο και Τέταρτο πείραμα	42
Πίνακας 10: Πέμπτο και Έκτο πείραμα	42
Πίνακας 11: Έβδομο και Όγδοο πείραμα	43
Πίνακας 12: Ένατο και Δέκατο πείραμα	43
Πίνακας 13: Επίπεδο σημαντικότητας και κρίσιμος δείκτης	46
Πίνακας 14: Ανάλυση δεδομένων για συμβατικό όχημα (1)	48
Πίνακας 15: Ανάλυση δεδομένων για συμβατικό όχημα (2)	49
Πίνακας 16: Ανάλυση δεδομένων για αυτόνομο όχημα (1)	49
Πίνακας 17: Ανάλυση δεδομένων για αυτόνομο όχημα (2)	49
Πίνακας 18: Ανάλυση δεδομένων για αυτόνομο και συμβατικό όχημα	50
Πίνακας 19: t-student test	50
Πίνακας 20: Πίνακας 20: Ποσοστά αύξησης καρδιακών παλμών στις διάφορες συνθήκες οδήγησης	53

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Karl Benz's Motorwagen (Mercedes Benz)	13
Εικόνα 2: Το πρώτο αυτοκίνητο από την Daimler (autonomous.gr).....	14
Εικόνα 3: Η γραμμή παραγωγής της RANSOM OLD (autonomous.gr)	14
Εικόνα 4: Εξέλιξη του αυτοκινήτου (electricalschool.gr)	17
Εικόνα 5: Solar EV charger (energymag.gr)	19
Εικόνα 6: Tesla vehicles in a parking lot after arriving at a port (carandmotor.gr)	21
Εικόνα 7: Audi concept car (carwale.gr)	22
Εικόνα 8: Οχημα χωρίς τιμόνι επιπέδου 5 (forbes.gr)	23
Εικόνα 9: Russell's (1980) Circumplex Model (redalyc.gr)	26
Εικόνα 10: Mask RCNN (Kaggle.gr)	27
Εικόνα 11: Μέσο επίπεδο αύξησης HR για κάθε κατηγορία (Scopus)	28
Εικόνα 12: T-test για το HR και τις κατηγορίες (Scopus)	29
Εικόνα 13: Επίπεδο στρες οδηγών για κάθε κατηγορία (Scopus)	29
Εικόνα 14: Αλλαγή του HR σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον (Scopus)	29
Εικόνα 15: Αποτελέσματα μεταξύ άνεσης και δυσφορίας (Scopus)	30
Εικόνα 16: Μοντέλο αυτοαξιολόγησης SAM (Scopus)	31
Εικόνα 17: Απεικόνιση πειράματος (Scopus)	32
Εικόνα 18: Επίπεδο συναισθηματικής αστάθειας, (a) αντικειμενική, (b) υποκειμενική, (c) αντικειμενική και υποκειμενική (Scopus)	32
Εικόνα 19: Σύγκριση ΗΚΓ κ' HEK μεταξύ των συναισθηματικών ομάδων(Scopus) 33	
Εικόνα 20: Renault Clio (Renault)	35
Εικόνα 21: Tesla Model 3 (Tesla)	36
Εικόνα 22: Smartwatch Samsung (Samsung)	37
Εικόνα 23: Google Maps (google.com)	37
Εικόνα 24: Αστικό περιβάλλον πειράματος (GoogleMaps)	38
Εικόνα 25: Υπεραστικό περιβάλλον πειράματος (GoogleMaps)	38
Εικόνα 26: Ιστόγραμμα (BigBlue.gr)	44
Εικόνα 27: Μέτρα κεντρικής τάσης (BigBlue.gr)	45
Εικόνα 28: Μέτρα διασποράς (BigBlue.gr)	45
Εικόνα 29: Πίνακας t-student (BigBlue.gr)	47

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυτοκίνηση αδιαφιλονίκητα διαδραματίζει έναν ρυθμιστικό παράγοντα στην παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία, ασκώντας καταλυτική επιρροή όχι μόνο στην τυπική ροή της καθημερινότητας αλλά και στις πτυχές της οικονομίας και του περιβάλλοντος. Το παρόν λοιπόν πείραμα, επιχειρεί να εξετάσει την ανάδειξη των ημιαυτόνομων και μη αυτοκινήτων στον σύγχρονο βιομηχανικό κόσμο και εν ακολουθία να παρουσιαστεί πως ο παράγοντας άγχους συμβάλλει στην οδήγηση αυτών. Πιο συγκεκριμένα στο πλαίσιο μια; σύντομης ιστορικής αναδρομής στον ελλαδικό χώρο του 20^{ου} αιώνα, εντοπίζεται μια πληθώρα εργοστασίων παραγωγής- συναρμολόγησης, η λειτουργία των οποίων όμως ελλοχεύεται από τους ανασταλτικούς παράγοντες της γραφειοκρατίας, του διεθνούς ανταγωνισμού αλλά και του δυσμενούς φορολογικού περιβάλλοντος. Η πρώτη λοιπόν εταιρία παραγωγής αυτοκίνησης που πρωτοστάτησε κατά την δεκαετία του 1970, αποτέλεσε η ελληνική βιομηχανία κατασκευής και συναρμολόγησης οχημάτων (ΕΛΒΟ), απαρτιζόμενη σε ό,τι αφορά τον κλάδο της συναρμολόγησης από επτά επιχειρηματικές οντότητες που διακρίθηκαν αμέσως, παρέχοντας έναν κριτικά υψηλό αριθμό επιβατικών αυτοκινήτων στον ελλαδικό χώρο. (Ανδρής, 2020). Προχωρώντας λοιπόν στον 21^ο αιώνα, διαπιστώνεται πως η βιομηχανία των οχημάτων εντοπίζεται σε μια εξαιρετικά επείγουσα καμπή, κατάσταση η οποία ρυθμίζεται ως επί των πλείστων από τις διάφορες ρηξικέλυθες τεχνολογικές διαδικασίες στις καταστάσεις παραγωγής. Σπουδαιότερη όμως τάση που σημειώνεται στην καθεστηκυία τάξη των πραγμάτων της αυτοκινητοβιομηχανίας, συνίσταται η μετάβαση από τα συμβατικά οχήματα με θερμικούς κινητήρες στα αυτόνομα. Αυτή είναι εξάλλου και η βασική επιδίωξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σε μια προσπάθεια μαζικής εξάλειψης του αποτυπώματος διοξειδίου του άνθρακα (CO) κατά 50% μέχρι το 2030 και στην σταδιακά ολική απαθρακοποίηση εν έτη 2050. Σύμφωνα λοιπόν με τα τελευταία στατιστικά στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ η ραγδαία άνοδος των πωλήσεων στα ηλεκτρικά- plug in υβριδικά αυτοκίνητα ύψους 8,5%, καθώς και η συνεπακόλουθη μείωση στα υβριδικά οχήματα, επιβεβαιώνουν πως ο μέσος Έλληνας καταναλωτής δηλώνει έτοιμος να εισέλθει δυναμικά στον χώρο της ηλεκτροκίνησης. Συγχρόνως βέβαια, η έλευση των αυτόνομων οχημάτων παρουσιάζει στο προσκήνιο και αρκετές καινοτόμες προκλήσεις. Η τεχνολογία της αυτονομίας, αναμένεται να μετασχηματίσει ολοκληρωτικά την έννοια της μετακίνησης, υποβάλλοντας εμπειριστατωμένες λύσεις σε ζητήματα που άπτονται της οδικής προσβασιμότητας και ασφάλειας. Εδώ έγκεινται ωστόσο και ένα ιδιαίτερα εύλογο ερώτημα : Ποια είναι η έκταση της εμπιστοσύνης που υποδεικνύει ο μέσος οδηγός στην τεχνολογία της αυτοκίνησης και ποια τα συναισθήματά του σε μια νέα τέτοια τεχνολογική εξέλιξη;

1.1 Περιγραφή του προβλήματος

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των καρδιακών παλμών ενός οδηγού ο οποίος χρησιμοποιεί συμβατικό και ηλεκτρικό αυτόνομο όχημα για τις μετακινήσεις του ενώ παράλληλα πραγματοποιείται λειτουργική και οικονομική σύγκριση ανάμεσα στα δύο οχήματα. Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα Renault Clio ως συμβατικό όχημα και ένα Tesla Model 3 ως αυτόνομο ηλεκτρικό. Επιπρόσθετα για την καταγραφή των παλμών του οδηγού χρησιμοποιήθηκε ένα Smartwatch Samsung, το οποίο είχε την δυνατότητα καταγραφής παλμών ανά λεπτό.

1.2 Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Όσο η βιομηχανία των οχημάτων αναπτύσσεται παράλληλα με τους ραγδαίους ρυθμούς της τεχνολογικής ανάπτυξης, κρίθηκε επιτακτική η ανάγκη να μελετήσουμε κατά πόσο ο άνθρωπος μπορεί να συμβαδίσει στις νέες τεχνολογικές εφευρέσεις. Στόχος λοιπόν της εργασίας είναι να μελετήσει την οδηγική συμπεριφορά του οδηγού σε μία νέα τεχνολογία, αυτή της αυτόνομης οδήγησης, και να την συγκρίνει με την κλασική μη αυτόνομη ενώ παράλληλα μελετάται κατά πόσο τα ηλεκτρικά οχήματα τα οποία έχουν αρχίσει να εισέρχονται στην κοινωνία με γοργούς ρυθμούς είναι καταλληλότερα η όχι σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα.

1.3 Οργάνωση εργασίας

Στην ενότητα 2 αρχικά πραγματοποιείται μία έρευνα σχετικά με τα συμβατικά, ηλεκτρικά και αυτόνομα οχήματα και γίνεται μία σύντομη παρουσίαση αυτών. Επιπλέον παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με έρευνες και μελέτες που έχουν γίνει για την συναισθηματική κατάσταση των οδηγών τόσο σε αυτοματοποιημένη όσο και σε συμβατική οδήγηση.

Στην ενότητα 3 γίνεται περιγραφή του πειράματος που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας, παρουσιάζεται ο τρόπος συλλογής των δεδομένων καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάστηκε για την επεξεργασία των δεδομένων του πειράματος αυτού.

Στην ενότητα 4 πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος.

Στην ενότητα 5 αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν και κάποιες προτάσεις βελτίωσης.

Στην ενότητα 6 αναγράφονται οι βιβλιογραφικές πηγές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εργασίας.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Από την εφεύρεση του τροχού και μέχρι τις αρχές του 19^{ου} αιώνα οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ζώα για να εξυπηρετούν τις ανάγκες τους και να διανύουν μεγάλες αποστάσεις. Το σύγχρονο αυτοκίνητο έτσι όπως το γνωρίζουμε στις μέρες μας ανακαλύφθηκε στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Η εξέλιξη αυτή οφείλεται στην ανάπτυξη της μηχανής εσωτερικής καύσης χρονολογικά κοντά στο 1860 και 1870 στη Γερμανία και στη Γαλλία. Η πρώτη καταγεγραμμένη μηχανή εσωτερικής καύσης βενζίνης που σχεδιάστηκε ήταν το 1878 από τον Karl Benz. Ένα χρόνο μετά κατακυρώθηκε σαν πατέντα ως η πρώτη μηχανή και το 1885 η μηχανή με το όνομα Motorwagen κατασκευάστηκε στο Mannheim της Γερμανίας. Αξίζει να αναφερθεί ότι μετά την επιτυχία της τότε πρώτης μηχανής υπήρξε πειραματισμός για τη δημιουργία κινητήρων είτε με ατμό είτε με ηλεκτρισμό. Για ένα μικρό χρονικό διάστημα τα ηλεκτρικά τότε είχαν μεγαλύτερη επιτυχία διότι ήταν αθόρυβα και ευκολότερα στη χρήση συγκριτικά με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Ωστόσο οι περιορισμοί και η ελλιπής τεχνογνωσία της τεχνολογίας των μπαταριών αλλά και τις χωρητικότητας τους τα έθεσαν στο περιθώριο σύντομα.



Εικόνα 1: Karl Benz's Motorwagen

Το 1890 οι Daimler και Maybach ιδρύοντας την εταιρία “ Daimler Motoren Gesellschaft (DMG)” στη Στουτγάρδη στη Γερμανία πούλησαν το πρώτο αυτοκίνητο το 1892. Το συγκεκριμένο αυτοκίνητο ήταν μια τροποποιημένη ιππήλατη άμαξα που μπορούσε να δεχτεί έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 2: Το πρώτο αυτοκίνητο από την Daimler

Το 1902 η εταιρία Ransom Olds κατάφερε να είναι η πρώτη βιομηχανική γραμμή μαζικής παραγωγής οχημάτων. Η παραγωγή τελειοποιήθηκε το 1908 από τον Henry Ford με τη παραγωγή του Ford Model T στο Detroit. Η εταιρία πούλησε τουλάχιστον 16.5 εκατομμύρια μονάδες και πρόσφατα μάλιστα ψηφίστηκε σαν το πιο σημαντικό αυτοκίνητο του 20^{ου} αιώνα. Έμεινε στην ιστορία σαν το πρώτο οικονομικό αυτοκίνητο που ήταν εφικτό να αποκτηθεί από ένα μεγάλο ποσοστό των Αμερικανών.



Εικόνα 3: Η γραμμή παραγωγής της RANSOM OLD

2.1 Συμβατικό όχημα

Τα συμβατικά οχήματα, γνωστά και ως οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης (Internal Combustion Engine - ICE), είναι τα πιο διαδεδομένα μέσα μετακίνησης παγκοσμίως. Το συμβατικό όχημα αναφέρεται σε οχήματα που λειτουργούν με τους παραδοσιακούς κινητήρες εσωτερικής καύσης, οι οποίοι κυρίως καταναλώνουν καύσιμο όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη τα οποία καίγονται μέσα στον κινητήρα για να παράγουν ενέργεια. Αυτά τα αυτοκίνητα αποτελούν το σύνολο των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στους παγκόσμιους δρόμους. Η ορολογία ‘συμβατικό’ χρησιμοποιείται για να το διαχωρίσει από οχήματα με εναλλακτικά καύσιμα όπως τα ηλεκτρικά, τα υβριδικά ή ακόμα και οχήματα υδρογόνου και βιοκαυσίμου.

2.1.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συμβατικού οχήματος

Τα πλεονεκτήματα των συμβατικών οχημάτων είναι ποικίλα. Μερικά από τα πιο σημαντικά είναι η ευρεία διαθεσιμότητα υποδομών και ανεφοδιασμού, αφού τα πρατήρια καυσίμων είναι άφθονα και ικανοποιητικά διασκορπισμένα ανά τον κόσμο καθιστώντας εύκολη τη τροφοδότηση των οχημάτων. Ακόμα η αρχική τιμή αγοράς ενός συμβατικού οχήματος είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά οχήματα λόγω της μαζικής παραγωγής. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων οχημάτων είναι ότι μπορούν να διανύουν διπλάσιες αποστάσεις συγκριτικά με τα ηλεκτρικά οχήματα με μόνο ένα γέμισμα και ο ανεφοδιασμός του καυσίμου είναι πολύ πιο γρήγορος καθώς διαρκεί μόνο λίγα λεπτά. Επιπλέον η τεχνολογία των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι καλά αναπτυγμένη, αξιόπιστη και έχει βελτιωθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου για καλύτερη απόδοση και μειωμένες εκπομπές ρύπων.

Ωστόσο τα συμβατικά οχήματα έχουν και αρκετά μειονεκτήματα. Αρχικά και αρκετά σημαντικό αρνητικό χαρακτηριστικό τους είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που έχουν. Η παραγωγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και μονοξειδίου του άνθρακα συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην κλιματική αλλαγή. Επιπλέον παρά την εξέλιξη της μηχανολογίας, οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι λιγότερο αποδοτικοί ενεργειακά συγκριτικά με τους ηλεκτροκινητήρες καθώς μεγάλο ποσοστό της ενέργειας που παράγεται χάνεται ως θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Όσον αφορά το κόστος των καυσίμων των συμβατικών οχημάτων, η τιμή του πετρελαίου και της βενζίνης είναι ευμετάβλητες τιμές και αυξομειώνονται συνεχώς. Συγκριτικά με τα ηλεκτρικά οχήματα που καταναλώνουν ρεύμα το κόστος λειτουργίας ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης μπορεί να είναι και τρεις φορές πιο ακριβός. Τέλος η ζήτηση και η αξία των συμβατικών οχημάτων μειώνεται καθώς πολλά κράτη και κυβερνήσεις κινούνται προς την απαγόρευση ή και τον περιορισμό των πωλήσεων καινούργιων συμβατικών οχημάτων ενώ παράλληλα προωθούν τα εναλλακτικά οχήματα με νέες τεχνολογίες.

2.1.2 Πωλήσεις συμβατικών οχημάτων

Οι πωλήσεις των συμβατικών οχημάτων διαχρονικά ακολουθούν μια πορεία με αυξομειώσεις. Επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες όπως η παγκόσμια οικονομική κατάσταση, η τιμή της βενζίνης και του πετρελαίου, οι κανονισμοί για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αλλά και η εξέλιξη της τεχνολογίας.

- Δεκαετία του 1960-1970:

Τη συγκεκριμένη περίοδο η αυτοκινητοβιομηχανία άνθισε και η ιδιοκτησία αυτοκίνητου έγινε πλέον προσιτή και δημοφιλή. Οι πωλήσεις των συμβατικών αρχίσαν να αυξάνονται ραγδαία καθώς η αύξηση του πληθυσμού και η οικονομική άνθηση στις περισσότερες δυτικές χώρες έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο.

- Δεκαετία του 1980:

Παρά το γεγονός ότι η τιμή του πετρελαίου και η ανησυχία για την εξοικονόμηση καυσίμου είχε αρχίσει να επηρεάζει την αγορά η συγκεκριμένη δεκαετία γνώρισε περαιτέρω αύξηση στις πωλήσεις των αυτοκινήτων εσωτερικής καύσης. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες ανταποκρίθηκαν παρασκευάζοντας αποδοτικότερους κινητήρες και κατασκεύαζαν πλέον αεροδυναμικότερα οχήματα και εξοικονόμηση καυσίμου.

- Δεκαετία του 1990:

Οι πωλήσεις συνεχίζουν να αυξάνονται καθώς τη συγκεκριμένη δεκαετία υπάρχει έντονη ζήτηση για μεγαλύτερα και πολυτελέστερα οχήματα τύπου SUV.

- Δεκαετία του 2000:

Δυναμικά στη κατασκευή οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης μπήκε η Κίνα αλλά και η Ινδία. Συνεπώς οι πωλήσεις παρέμειναν ισχυρές, ωστόσο η παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 επηρέασε κυρίως στις ανεπτυγμένες αγορές σημαντικά τις πωλήσεις.

- Δεκαετία του 2010:

Πολλές κυβερνήσεις έθεσαν αυστηρότερους κανονισμούς για τις εκπομπές ρύπων συνεπώς οι κατασκευαστές επένδυσαν χρόνο και χρήμα σε νέες τεχνολογίες ώστε να βελτιστοποιηθούν οι αποδόσεις των κινητήρων. Οι πωλήσεις των συμβατικών ανέκαμψαν μετρά την οικονομική κρίση αλλά ξεκίνησε ο ανταγωνισμός με τα σύγχρονα υβριδικά και ηλεκτρικά οχήματα.

- Δεκαετία του 2020:

Τέλος φτάνοντας στο σήμερα οι συμβατικοί κινητήρες έχουν αρχίσει να υποχωρούν στις περισσότερες αγορές, οι καταναλωτές και οι αυτοκινητοβιομηχανίες στρέφονται προς τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα αλλά και τα υβριδικά. Πλέον στόχος είναι η σταδιακή κατάργηση των συμβατικών οχημάτων και η προώθηση των καθαρών ενεργειακών τεχνολογιών.



Εικόνα 4: Εξέλιξη του αυτοκινήτου

2.2 Ηλεκτρικό και υβριδικό όχημα

Ένα ηλεκτρικό όχημα είναι ένα αυτοκίνητο που για τη κίνηση του χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια αντί για τα παραδοσιακά καύσιμα όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη. Τα ηλεκτρικά αμάξια είναι εξοπλισμένα με έναν έως τέσσερις ηλεκτροκινητήρες που τροφοδοτούνται από μεγάλες μπαταρίες που αποθηκεύουν την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να λειτουργεί το όχημα. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων οι οποίες διαχωρίζονται κυρίως με τον τρόπο τροφοδότησης και αξιοποίησης της ενέργειας που παράγεται.

2.2.1 Κατηγορίες ηλεκτρικών οχημάτων

Καθαρά Ηλεκτρικά Οχήματα (Battery Electric Vehicles - BEVs)

Τα συγκεκριμένα οχήματα χρησιμοποιούν αποκλειστικά ρεύμα και δεν έχουν κινητήρα εσωτερικής καύσης. Ότι ενέργεια χρειάζεται το όχημα για όλες τις λειτουργίες του αντλείται από μπαταρίες τοποθετημένες κυρίως στο πάτωμα του αμαξιού.

Υβριδικά Ηλεκτρικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles - HEVs)

Στα Συγκεκριμένα οχήματα για την κίνηση τους και τις λειτουργίες τους υπάρχει ένας συνδυασμός παραγωγής ενέργειας από έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Στόχος των συγκεκριμένων αυτοκινήτων είναι η μείωση της κατανάλωσης και η αύξηση της αποδοτικότητας του κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Υβριδικά Οχήματα φόρτισης (Plug-in Hybrid Electric Vehicles - PHEVs)

Τα συγκεκριμένα οχήματα έχουν την δυνατότητα να φορτίζονται από μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και έχουν συγκριτικά με τα παραδοσιακά υβριδικά μεγαλύτερες μπαταρίες. Υπάρχει η δυνατότητα να κινούνται αποκλειστικά με τη χρήση της μπαταρίας για περιορισμένα βέβαια χιλιόμετρα καθώς έχουν μικρή αυτονομία.

Οχήματα Κυψελών Καυσίμου (Fuel Cell Electric Vehicles - FCEVs)

Τα συγκεκριμένα οχήματα είναι τα πιο σπάνια συγκριτικά με όλα τα υπόλοιπα. Η ενέργεια που χρησιμοποιείται παράγεται από μια χημική αντίδραση του υδρογόνου αλλά και του οξυγόνου σε κυψέλες καυσίμου, σημαντικό να αναφερθεί ότι από την εξάτμιση στάζει πόσιμο νερό. Παραδείγματα τέτοιων οχημάτων είναι το Toyota Mirai και το Hyundai Nexi.

2.2.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ηλεκτρικού οχήματος

Τα ηλεκτρικά οχήματα τα τελευταία χρόνια έχουν κερδίσει αρκετή δημοτικότητα, ωστόσο όπως με κάθε τεχνολογία υπάρχουν μειονεκτήματα αλλά και πλεονεκτήματα που πρέπει η κοινωνία να λάβει υπόψη.

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών οχημάτων κύριο και πιο σημαντικό είναι η μηδενική εκπομπή αερίων. Δεδομένο ότι τα ηλεκτρικά οχήματα δεν έχουν κάποιο είδος εξάτμισης οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα είναι μηδενικές. Έτσι συμβάλουν θετικά στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την αντιμετώπιση του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής. Όσο αφορά τον ανεφοδιασμό η πλήρης φόρτιση ενός ηλεκτρικού οχήματος είναι πολλές φορές πιο οικονομικότερη σε σύγκριση με τον ανεφοδιασμό σε ένα πρατήριο καυσίμου ενός συμβατικού αυτοκινήτου. Επιπλέον τα ηλεκτρικά έχουν λιγότερα κινητά μέρη συνεπώς έχουν λιγότερες φθορές και πολύ χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Επιπλέον τα ηλεκτρικά παρέχουν ταχύτερη επιτάχυνση και πιο γρήγορη απόκριση του οχήματος κάνοντας τις προσπεράσεις πολύ πιο ασφαλείς συγκριτικά με τα συμβατικά. Αυτό οφείλεται διότι παρέχουν άμεση ροπή

από τους ηλεκτροκινητήρες τους. Επιπλέον η οδήγηση είναι πιο δυναμική αλλά και απολαυστική για τον οδηγό και τους συνεπιβάτες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στις περισσότερες χώρες οι κυβερνήσεις παρέχουν οικονομικά κινήτρα και επιδοτήσεις ώστε ο καταναλωτής πιο ευκολά να επιλέξει την αγορά ενός μη συμβατικού οχήματος. Συγκριμένα παραδείγματα είναι οι φορολογικές ελαφρύνσεις, επιδοτήσεις για την αγορά αλλά και δωρεάν στάθμευση σε ορισμένα σημεία.

Παρόλα αυτά τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν και αρκετά μειονεκτήματα. Στην κορυφή των αρνητικών χαρακτηριστικών των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η μικρή αυτονομία που προσφέρουν στις μέρες μας τα συγκεκριμένα οχήματα. Συγκριτικά με τα συμβατικά τα ηλεκτρικά δε είναι ακόμα σε βαθμό σύγκρισης καθώς προσφέρουν πολύ λιγότερα χιλιόμετρα. Επίσης οι αντίξοες καιρικές συνθήκες επηρεάζουν δραματικά την απόδοση της μπαταρίας. Όσον αφορά τον ανεφοδιασμό ενέργειας, η πλήρης φόρτιση μιας μπαταρίας μπορεί να διαρκέσει από μισή έως είκοσι ώρες ανάλογα το όχημα και την παροχή ρεύματος. Σε μεγάλα ταξίδια που απαιτείται ανεφοδιασμός ο οδηγός καθυστερεί υπερβολικά να φτάσει στον προορισμό του λόγω καθυστέρησης της φόρτισης της μπαταρίας. Αν και οι σταθμοί φόρτισης πλέον αυξάνονται δεν έχει φτάσει ακόμα σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο συγκριτικά με τα πρατήρια καυσίμων. Κύριο πρόβλημα έχουν οι απομακρυσμένες αγροτικές κυρίως περιοχές οι οποίες είναι απομακρυσμένες και έχουν τεράστιες ελλείψεις υποδομών και η φόρτιση μιας μπαταρίας αποτελεί πρόβλημα. Τέλος μιας και τα οχήματα αυτά είναι αρκετά περιορισμένου εύρους καθώς και λόγω του ακριβού κόστους των μπαταριών τα σύγχρονα ηλεκτρικά αυτοκίνητα συγκριτικά με τα συμβατικά είναι πολύ πιο ακριβά. Οι ειδικοί θεωρούν ότι οι τιμές με την πάροδο του χρόνου θα μειωθούν, αλλά προς το παρόν παραμένουν αισθητά ακριβά για τους περισσότερους καταναλωτές.



Εικόνα 5: Solar EV charger

2.2.3 Πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων

Τα τελευταία χρόνια τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μπει αισθητά στην καθημερινότητα μας. Η ζήτηση του μέσου καταναλωτή για καθαρότερες και πιο βιώσιμες λύσεις μετακίνησης συνεχίζει να αυξάνεται. Οι τεχνολογικές βελτιώσεις αλλά και τα κυβερνητικά κίνητρα είναι βασικοί παράγοντες τις συγκριμένης αύξησης.

- Πρώιμη Φάση (Πριν το 2010)

Τη συγκεκριμένη περίοδο τα ηλεκτρικά ήταν κυρίως σε πειραματικό στάδιο με ελάχιστα οχήματα να κυκλοφορούν στους δρόμους. Οι πωλήσεις ήταν χαμηλές κυρίως λόγω της περιορισμένης αυτονομίας που απέδιδαν οι τότε μπαταρίες αλλά και των υψηλών τιμών.

- Αύξηση Πωλήσεων (2010-2015)

Το TESLA MODEL S του 2012 αλλά και το Nissan leaf του 2010 ήταν τα σημαντικότερα για την τότε αγορά ηλεκτρικά όχημα. Τα συγκεκριμένα μοντέλα συστήσαν στον κόσμο το τι είναι ένα ηλεκτρικό όχημα και παρουσίασαν τις δυνατότητες τους καθώς ήταν προσιτά και επιθυμητά από το ευρύ κοινό. Οι πωλήσεις των ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων ξεπέρασαν το 1 εκατομμύριο οχήματα σε παγκόσμιο επίπεδο.

- Ταχεία Ανάπτυξη (2016-2020)

Το 2016 οι πωλήσεις αυξήθηκαν με εκθετικό ρυθμό. Το 2017 οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων ξεπέρασαν το φράγμα των 2 εκατομμυρίων. Το 2019 μάλιστα οι πωλήσεις αυξήθηκαν στα 2.2 εκατομμύρια με την Κίνα να ηγείται στην αγορά με την Ευρώπη να ακολουθεί δεύτερη και τις ηνωμένες πολιτείες τρίτη.

- Έκρηξη Πωλήσεων (2021-2024):

Πλέον από το 2021 μια χρονιά καμπίς για την αυτοκινητοβιομηχανία τα ηλεκτρικά ξεπέρασαν τα 6.6 εκατομμύρια σε πωλήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, παραπάνω από το διπλάσιο που ήταν τη προηγούμενη χρονιά το 2020. Κολοσσοί όπως η Tesla, η Volkswagen και η BYD συνέχισαν να αυξάνουν την παραγωγή τους σε βαθμό που το 2022 οι πωλήσεις ξεπέρασαν τα 10 εκατομμύρια με την Κίνα να έχει το 50% των συγκεκριμένων πωλήσεων. Προβλέπεται ότι μετά το 2024 έως το 2030 τα ηλεκτρικά οχήματα θα αντιπροσωπεύουν το 40% των νέων πωλήσεων παγκοσμίως.



Εικόνα 6: Tesla vehicles in a parking lot after arriving at a port

2.3 Αυτόνομο όχημα

Η εξέλιξη της τεχνολογίας συνήθως υπηρετεί τις ανάγκες του συγχρόνου ανθρώπου . Η επόμενη μέρα στην ιστορία του μηχανοκίνητου κόσμου έχει ήδη ξεκινήσει και είναι τα αυτόνομα και ημιαυτόνομα σύγχρονα οχήματα. Οχήματα δηλαδή που κινούνται στους δρόμους με περιορισμένη παρέμβαση του οδηγού ή και εντελώς μόνα τους . Στόχος της συγκεκριμένης εξέλιξης είναι η εκμετάλλευση της τεχνολογίας για περισσότερη ασφάλεια , ελάττωση των ατυχημάτων και δυστυχημάτων και του κυκλοφοριακού φόρτου στους δρόμους.

Η αυτόνομη οδήγηση χωρίζεται σε πέντε βασικά επίπεδα:

- Επίπεδο 1 : Απαιτείται βοήθεια του οδηγού
- Επίπεδο 2 : Μερική αυτοματοποίηση
- Επίπεδο 3: Αυτοματοποίηση υπό συγκεκριμένους όρους
- Επίπεδο 4 : Υψηλός αυτοματισμός
- Επίπεδο 5 : Πλήρης αυτοματοποίηση

Πιο αναλυτικά:

- Επίπεδο 1

Είναι το ενεργό cruise control καθοδηγούμενο από ραντάρ . Πάρα πολλά νέα οχήματα διαθέτουν το συγκεκριμένο σύστημα το οποίο προσαρμόζει και αυξομειώνει την ταχύτητα με βάση το προπορευόμενο όχημα . Ο χειριστής του οχήματος επιβάλλει μια μέγιστη ταχύτητα στο σύστημα και το όχημα του με βάση τη ταχύτητα του μπροστινού οχήματος επιβραδύνει και επιταχύνει κρατώντας πάντα μια σταθερή και ασφαλή απόσταση μεταξύ τους .

- Επίπεδο 2

Το συγκεκριμένο επίπεδο είναι αυτό όπου η πλειοψηφία των αυτόνομων συστημάτων βρίσκεται σήμερα . Τεχνολογίες όπως «Audi Traffic Jam Assist», «Cadillac Super Cruise», «Mercedes-Benz Driver Assistance Systems», «Tesla Autopilot», «Volvo Pilot Assist», είναι παραδείγματα αυτονομίας δεύτερου επιπέδου. Το συγκεκριμένο σύστημα συνδυάζει το cruise control και το LKA ώστε το όχημα να αναγνωρίζει τη διαγράμμιση του δρόμου και να διατηρεί τη τροχιά του στη λωρίδα του και με τη σωστή ταχύτητα . Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει τον έλεγχο τόσο σε υψηλές ταχύτητες σε υπεραστικά δίκτια όσο και σε συνθήκες χαμηλών ταχυτήτων σε αστικά δίκτια . Ένα αρνητικό του συστήματος είναι ότι δεν μπορεί να διαχειριστεί διασταυρώσεις διαβάσεις πεζών και δρόμους με ξεθωριασμένη διαγράμμιση . Ένα από τα παραπάνω συστήματα που αναφέρθηκαν όμως ξεχωρίζει , το Tesla Autopilot έχει μια επιπλέον δυνατότητα καθώς αλλάζει με τη χρήση φλας από μόνο του λωρίδες αλλά και εξέρχεται από υπεραστικούς αυτοκινητοδρόμους .

- Επίπεδο 3

Στο συγκεκριμένο επίπεδο αυτονομίας οι υπολογιστές του αυτοκινήτου επιστρέφουν τον έλεγχο στον χειριστή με μια ηχητική ειδοποίηση . Η Audi μάλιστα είναι η πρώτη εταιρία που κατασκευάζει οχήματα με επίπεδο 3 αυτονομία με τον Sedan A8. Ο οδηγός υποχρεούται να αναλάβει την οδήγηση οπότε το σύστημα το κρίνει και να παρέμβει σε κάποιες καταστάσεις. Ο οδηγός πρέπει να είναι σε εγρήγορση καθώς η ειδοποίηση πιθανών να είναι απροσδόκητα και η παρέμβαση του να πρέπει να είναι άμεση για λόγους ασφάλειας . Το επίπεδο 3 είναι για πολλούς κατασκευαστές αχρείαστο και οι περισσότεροι προβλέπονται να το παρακάμψουν πηγαίνοντας κατευθείαν από το επίπεδο 2 στο επίπεδο 4.



Εικόνα 7: Audi concept car

- Επίπεδο 4

Στο συγκεκριμένο επίπεδο δεν έχει φτάσει ακόμα καμία εταιρία, όλες είναι σε στάδιο πειραμάτων και εξέλιξη των υπάρχων τεχνολογιών . Το επίπεδο 4 περιγράφει ένα σύστημα που το αυτοκίνητο έχει τη δυνατότητα και τα συστήματα να οδηγεί από μόνο

του σχεδόν πάντα και σε κάθε δρόμο. Περιλαμβάνει την οδήγηση σε αυτοκινητόδρομο με υψηλές ταχύτητες εντός πάντα των ορίων αλλά και οδήγηση σε αστικό ιστό όπου οι οδικοί άξονες είναι και περιορισμένης χωρητικότητας αλλά και περίπλοκοι. Ένα ελάττωμα του συγκεκριμένου συστήματος είναι οι κακές καιρικές συνθήκες και τα ασυνήθιστα συμβάντα όπως για παράδειγμα τα έργα και οι εκπομπές της κυκλοφορίας όπου απαιτούν τον οδηγό να αναλάβει ξανά την οδήγηση για λόγους ασφάλειας.

- Επίπεδο 5

Το τελευταίο επίπεδο αυτοματοποίησης είναι προς το παρόν σε θεωρητικό επίπεδο. Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν εξαρτάται καθόλου από τον ανθρώπινο παράγοντα. Η μοναδική ενέργεια που θα κάνει ο επιβάτης που πλέον δεν θεωρείται οδηγός είναι να δηλώνει στην έναρξη της διαδρομής τον προορισμό του. Τα συγκεκριμένα οχήματα θεωρητικά θα περιηγούνται σε κάθε είδος δρόμο χωρίς κανένα πρόβλημα ανεξάρτητα. Ένα θετικό που προσφέρει το συγκεκριμένο σύστημα είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στον επιβάτη να εργαστεί, να διαβάσει, να φάει ακόμα και να κοιμηθεί. Κολοσσοί όπως η Uber αλλά και η Google έχουν σαν στόχο να αναπτύξουν το συγκεκριμένο σύστημα στον ελάχιστο δυνατό χρόνο προσφέροντας υπηρεσίες ρομποτικής μεταφοράς. Το πιο ρεαλιστικό σενάριο για τα επόμενα χρόνια είναι τα συγκεκριμένα ρομποτικά πρακτικά αυτοκίνητα να χρησιμοποιηθούν σε ελεγχόμενο περιβάλλον όπως τα λεωφορεία των αεροδρομίων αλλά και σε μεγάλες πεζοδρομημένες περιοχές.



Εικόνα 8: Όχημα χωρίς τιμόνι επιπέδου 5

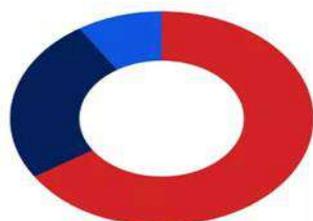
Η εξέλιξη της τεχνολογίας πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο έχει επηρεάσει αρνητικό τον περισσότερο κόσμο. Μια πρόσφατη μελέτη έδειξε την αυξανόμενη φοβία των οδηγών απέναντι σε αυτόνομο και ημιαυτόνομο όχημα. Η μελέτη έδειξε ότι οι περισσότεροι που οδηγούν ακόμα συμβατικά οχήματα είναι ιδιαίτερα επιφυλακτικοί σε περίπτωση που βρεθεί στον δρόμο τους ένα αυτόνομο όχημα σε περίπτωση σύγκρουσης.

Η Αμερικανική Ένωση αυτοκινήτου αποκάλυψε το 2024 ότι το 66% από τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα εξέφρασε φοβίες απέναντι στα σύγχρονα οχήματα, μια αξιοσημείωτη αύξηση από το 55% που ήταν το 2022. Μόλις το 9% εξέφρασε

εμπιστοσύνη στα αυτόνομα οχήματα ενώ το 25% παραμένει ακόμα αβέβαιο για την αξιοπιστία τους. Τα συγκεκριμένα ποσοστά παραμένουν πρακτικά στάσιμα από το 2023.

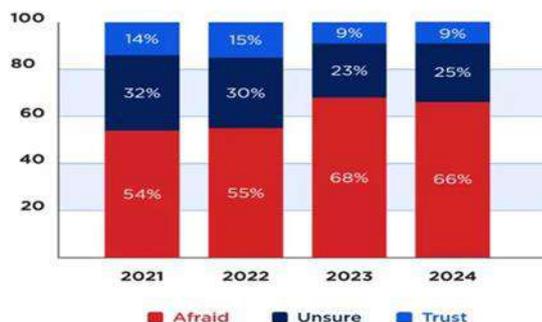
Driver Attitudes Toward Self-Driving Vehicles

2024 Survey Responses



■ Afraid 66%
 ■ Unsure 25%
 ■ Trust 9%

Driver Attitudes Over Time



2.3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτόνομου οχήματος

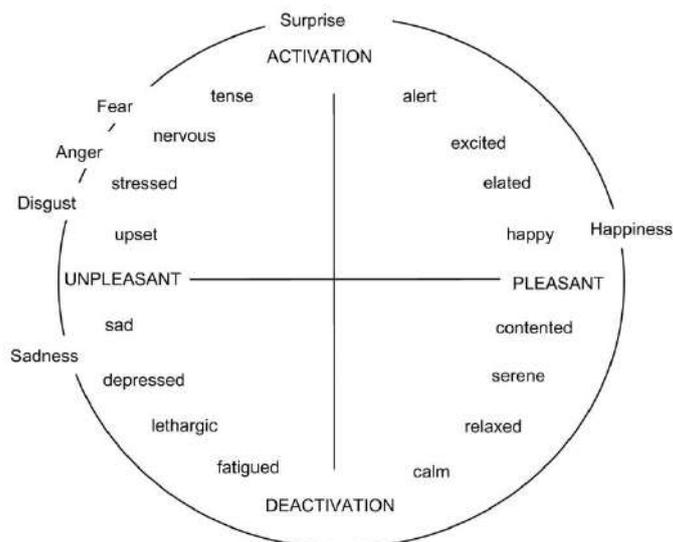
Τα αυτόνομα οχήματα προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως η αυξημένη ασφάλεια, καθώς μειώνουν τα ατυχήματα που προκαλούνται από ανθρώπινα λάθη, και η βελτιωμένη άνεση, επιτρέποντας στους επιβάτες να επικεντρωθούν σε άλλες δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της μετακίνησης. Επιπλέον, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης μέσω καλύτερης διαχείρισης της κυκλοφορίας και να διευκολύνουν την πρόσβαση στη μετακίνηση για άτομα που δεν μπορούν να οδηγήσουν όπως άτομα με ειδικές ανάγκες, άτομα που προσωρινά αντιμετωπίζουν κάποια δυσκολία ή άτομα σε μεγαλύτερη ηλικία. Επίσης τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση καυσίμων μέσω πιο αποτελεσματικής οδήγησης και τη μείωση των απότομων φρεναρισμάτων και επιταχύνσεων. Ωστόσο, τα αυτόνομα οχήματα έχουν και μειονεκτήματα, όπως το υψηλό κόστος ανάπτυξης και αγοράς, καθώς και θέματα ασφάλειας δεδομένων, καθώς τα οχήματα αυτά βασίζονται σε λογισμικά και αισθητήρες που είναι ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις. Υπάρχουν επίσης ηθικές και νομικές προκλήσεις, όπως η απόδοση ευθύνης σε περίπτωση ατυχημάτων. Τέλος η τεχνολογία ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά κοστοβόρα και ενδεχομένως το κόστος αγοράς και συντήρησης ενός αυτόνομου οχήματος να είναι υψηλό, τουλάχιστον στις αρχικές φάσεις υιοθέτησής του.

2.4 Οδήγηση και επίπεδα άγχους

Από τον περασμένο αιώνα οι άνθρωποι ξοδεύουν μεγάλα χρονικά διαστήματα οδήγησης προς την εργασία τους ή άλλους προορισμούς. Όλο και περισσότερο έρευνες στρέφονται στον αντίκτυπο της οδήγησης ως συμπεριφορά που σχετίζεται με την υγεία. Η διαδικασία της διεύθυνσης ενός οχήματος καθώς και οι απαιτήσεις που έχει αυτή έχει τόσο σωματικό όσο και ψυχικό αντίκτυπο στους οδηγούς.

Η σχέση μεταξύ της οδήγησης και των καρδιακών παλμών αποτελεί ένα κρίσιμο αντικείμενο μελέτης, καθώς η οδήγηση είναι μια καθημερινή δραστηριότητα που μπορεί να επιφέρει σημαντικές φυσιολογικές αλλαγές στο σώμα. Κατά τη διάρκεια της οδήγησης, διάφοροι παράγοντες όπως το στρες, η ταχύτητα και οι εξωτερικές συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν αύξηση του καρδιακού ρυθμού, γεγονός που αντανακλά την προσπάθεια του οργανισμού να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος.

Η βιβλιογραφία ψυχολογίας παρέχει διαφορετικές θεωρίες συναισθημάτων όπως οι κατηγορηματικές και οι διαστασιακές. Το κατηγορηματικό υποστηρίζει ότι υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός συναισθημάτων τα οποία είναι διακριτά και επαναλαμβανόμενα, όπως για παράδειγμα η διακύμανση του καρδιακού παλμού και οι μυϊκές κινήσεις του προσώπου (Tracy and Randles, 2011). Τα διαστατικά συναισθήματα υποστηρίζει ότι μπορούν να αναπαρασταθούν με αριθμητικές τιμές σε πολλές διαστάσεις. Ένα τέτοιο μοντέλο είναι το διαστατικό μοντέλο συναισθημάτων του Ράσελ στο οποίο τα συναισθήματα αντιπροσωπεύονται από το σθένος τους και την διέγερση σε μορφή δύο διαστάσεων (Russell, 1980). Το σθένος αναφέρεται στο επίπεδο θετικότητας και αρνητικότητας του συναισθήματος ενώ η διέγερση στο επίπεδο ενεργοποίησής του. Το άγχος που έχουν οι οδηγοί ορίζεται ως μία διαδικασία αντιμετώπισης μιας κατάστασης όπου η αντιληπτή ζήτηση είναι υψηλότερη από τους διαθέσιμους πόρους (Francis, 2018). πολλές μελέτες έχουν προσπαθήσει να ανιχνεύσουν αλλαγές στα επίπεδα συναισθημάτων και άγχους με μετρήσεις καρδιακών παλμών και θερμοκρασίας του σώματος ή παρακολούθηση εκφράσεων προσώπου με την υπόθεση ότι ακολουθούν παρόμοια πρότυπα σε συγκεκριμένες συναισθηματικές καταστάσεις. Για παράδειγμα η αύξηση των κινήσεων του οδηγού ή η κίνηση των μυών του προσώπου σχετίζονται με την αύξηση του στρες και των αρνητικών συναισθημάτων που τον διατρέχουν την στιγμή εκείνη.

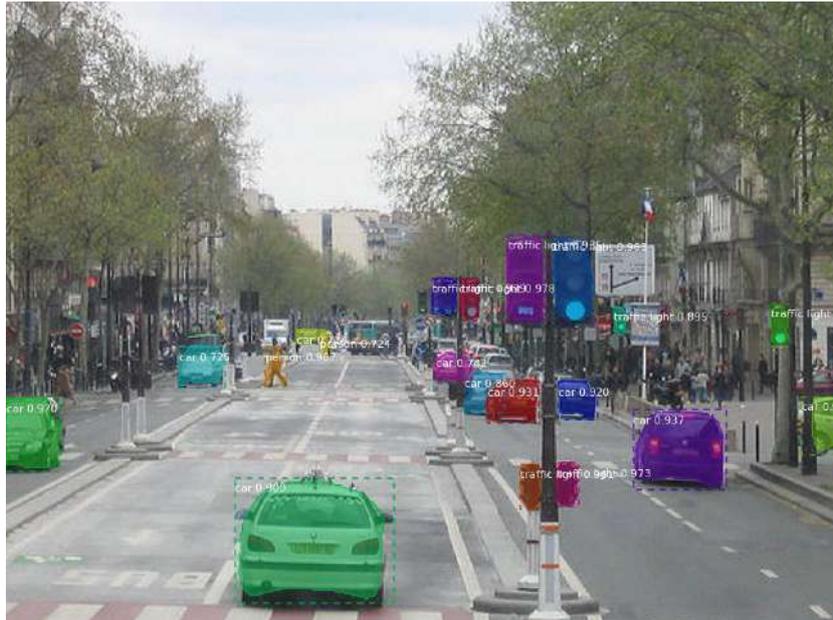


Εικόνα 9: Russell's (1980) Circumplex Model

Το άγχος έχει ψυχολογική προέλευση που οδηγεί σε αλλαγές σε διάφορες φυσιολογικές διεργασίες στο ανθρώπινο σώμα. Το χρόνιο στρες που βιώνεται καθημερινά οδηγεί σε μακροχρόνια ενεργοποίηση, υπερφόρτωση και εξάντληση των αντισταθμιστικών ορμονών, νευρικών και καρδιαγγειακών μηχανισμών του ανθρώπινου σώματος. Ο καρδιακός ρυθμός (HR) είναι ένας δείκτης καρδιαγγειακής λειτουργίας που αναλύεται μέσω του ακτινικού παλμού. Ο καρδιακός ρυθμός ρυθμίζεται μέσω του κόμβου sinoatrial (SA) γνωστός και ως βηματοδότης της καρδιάς. Οι κύριοι ρυθμιστές του κόμβου αυτού είναι το συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Η υπερβολική δραστηριότητα του συμπαθητικού συστήματος έχει ως αποτέλεσμα καταστάσεις άγχους και συνεπώς αύξηση του HR.

Έρευνες και μελέτες που πραγματοποιούνται συχνά, επικεντρώνονται κυρίως στην ανίχνευση ανθυγιεινών καταστάσεων όπως το άγχος και το στρες και όχι τόσο στο λόγο πίσω από την πρόκληση αυτών. Η αναγκαιότητα της αντιμετώπισης του χάσματος αυτού στρέφει τις μελέτες να επικεντρώνονται στην ανάλυση του περιβάλλοντος οδήγησης και πως αυτό επηρεάζει την ψυχολογία των οδηγών.

Με την χρήση έξυπνων ρολογιών καθώς και συστημάτων ανίχνευσης αντικειμένων όπως το Mask R-CNN, μπορεί να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση και η ανάλυση των καρδιακών παλμών σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα έξυπνα ρολόγια φοριούνται στον βραχίονα και στον καρπό και μέσω της φωτοπληθυσμογραφίας (PPG) ανιχνεύουν τον HR. Όταν η καρδιά διαστέλλεται και συστέλλεται η πίεση μεταδίδεται ως παλμικό κύμα σε μικρά αιμοφόρα αγγεία στο δέρμα και μέσω των οπτικών αισθητήρων ανιχνεύεται η ροή του αίματος. Οι πληροφορίες οι οποίες θα συλλεχθούν από μετρήσεις μπορούν να αναλυθούν και να αξιοποιηθούν έτσι ώστε να βελτιωθεί η οδηγική συμπεριφορά και συνεπώς να μετριαστεί το επίπεδο του στρες των οδηγών.



Εικόνα 10: Mask RCNN

Η οδήγηση σε συμβατικό όχημα συχνά συνοδεύεται από αυξημένα επίπεδα στρες, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπως η πυκνή κυκλοφορία, οι κακές καιρικές συνθήκες ή η ανάγκη να ακολουθηθεί αυστηρά ένα χρονοδιάγραμμα. Το στρες κατά την οδήγηση μπορεί να προκύψει από την ανάγκη για συνεχή προσοχή και γρήγορες αντιδράσεις σε απρόβλεπτες καταστάσεις, κάτι που ενεργοποιεί το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και οδηγεί σε αυξημένους καρδιακούς παλμούς και υψηλότερη αρτηριακή πίεση. Επιπλέον, η κίνηση σε αστικά κέντρα με συχνά φαινόμενα κυκλοφοριακής συμφόρησης μπορεί να επιτείνει το στρες, καθώς οι οδηγοί αντιμετωπίζουν συνεχή ερεθίσματα και συχνά βρίσκονται σε κατάσταση αυξημένης εγρήγορσης. Το παρατεταμένο στρες από την οδήγηση μπορεί να έχει μακροχρόνιες επιπτώσεις στην υγεία, αυξάνοντας τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων και άλλων προβλημάτων υγείας.

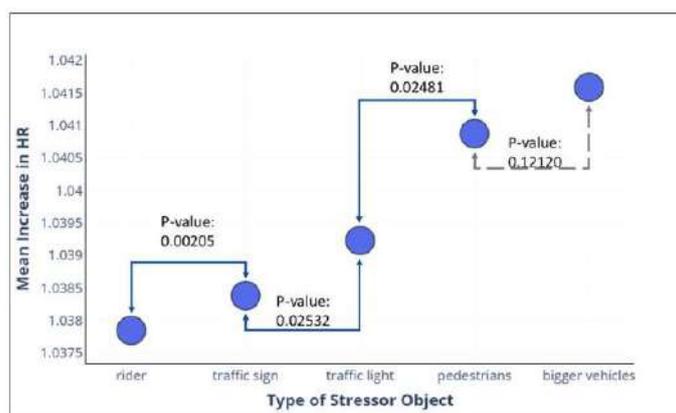
Η αυτόνομη οδήγηση, η οποία βασίζεται σε τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και ανεπτυγμένους αισθητήρες, έχει τη δυνατότητα να μειώσει το στρες που βιώνουν οι οδηγοί κατά την οδήγηση. Σε καταστάσεις έντονης κυκλοφορίας ή μακρινών ταξιδιών, όπου το στρες μπορεί να είναι αυξημένο λόγω της συνεχούς προσοχής και των γρήγορων αντιδράσεων που απαιτούνται, η αυτόνομη οδήγηση μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο, επιτρέποντας στους οδηγούς να χαλαρώσουν. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνονται τα επίπεδα κορτιζόλης (η ορμόνη του στρες) και οι καρδιακοί παλμοί, βελτιώνοντας τη συνολική ευεξία των χρηστών του οχήματος. Παράλληλα, η δυνατότητα του συστήματος να διαχειρίζεται επικίνδυνες συνθήκες, όπως ξαφνικά εμπόδια ή απρόβλεπτες αλλαγές στην κυκλοφορία, μειώνει την ανάγκη για άμεση και αγχωτική αντίδραση από τον οδηγό. Ωστόσο, η μετάβαση στην αυτόνομη οδήγηση φέρνει και νέες προκλήσεις, όπως το άγχος που προκαλεί η έλλειψη ελέγχου από τον άνθρωπο, ιδίως σε καταστάσεις όπου η τεχνολογία αντιμετωπίζει απρόβλεπτα σενάρια.

2.5 Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί

Η σχέση μεταξύ του άγχους και της οδήγησης έχει μελετηθεί εκτενώς, καθώς το άγχος μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την απόδοση του οδηγού και την οδική ασφάλεια. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί βασίζονται κυρίως σε πειράματα οδήγησης σε προσομοιωτές και όχι τόσο σε νατουραλιστικά δεδομένα.

2.5.1 Πείραμα σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης για τα επίπεδα άγχους

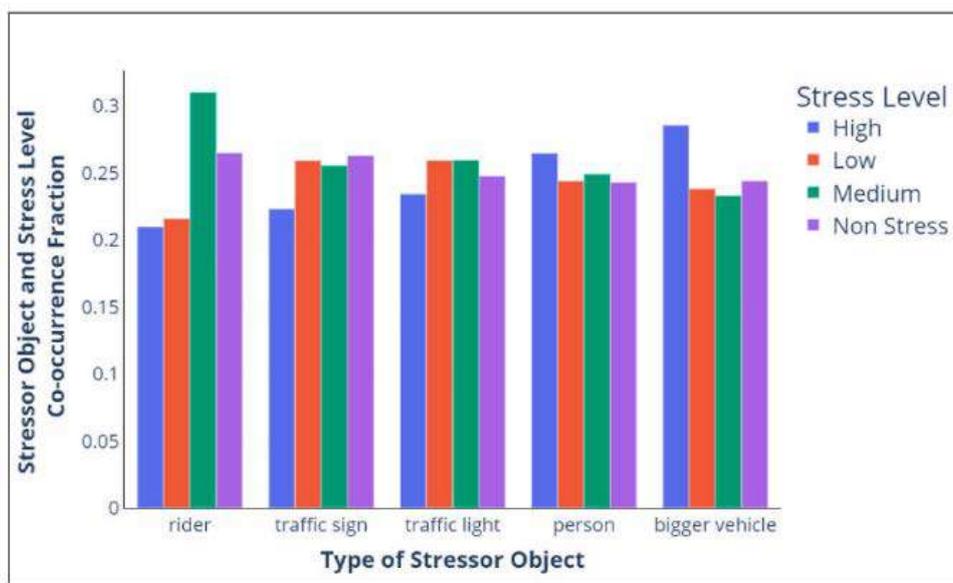
Στην μελέτη των Tavakoli, Lai, Balali και Heydarian (2021), πραγματοποιήθηκε νατουραλιστικό πείραμα οδήγησης και τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω της χρήσης έξυπνου ρολογιού, συστήματος εντοπισμού αντικειμένων και κάμερας παρακολούθησης. Πιο συγκεκριμένα, οι 15 συμμετέχοντες του πειράματος (7 άνδρες και 8 γυναίκες) ήταν καθηγητές, φοιτητές και προσωπικό ενός πανεπιστημίου στις Ηνωμένες Πολιτείες, ηλικίας 18-33 ετών. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν ήταν δεδομένα από ένα μήνα οδήγησης του κάθε συμμετέχοντα. Το smartwatch, το σύστημα εντοπισμού αντικειμένων και η κάμερα συγκέντρωσαν πληροφορίες σχετικά με τον καρδιακό ρυθμό του οδηγού, των εκφράσεων του προσώπου καθώς και την επιτάχυνση, την τοποθεσία και χαρακτηριστικά του εξωτερικού περιβάλλοντος (σήματα, οχήματα, πεζοί) και της καμπίνας (θόρυβος και επίπεδο φωτός). Για την απλοποίηση του πειράματος έγινε κατάταξη των δεδομένων σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αφορούσε το στρες των οδηγών λόγω ανίχνευσης κάποιου μεγάλου οχήματος (λεωφορείο, φορτηγό), μοτοσυκλέτας, ποδηλάτου και πεζών και η δεύτερη αφορούσε το στρες των οδηγών λόγω εντοπισμού σημάτων στάσης, κυκλοφορίας και ορίου ταχύτητας. Τα αποτελέσματα του πειράματος που πραγματοποιήθηκε παρουσιάζονται με την βοήθεια διαγραμμάτων και πινάκων στην συνέχεια.



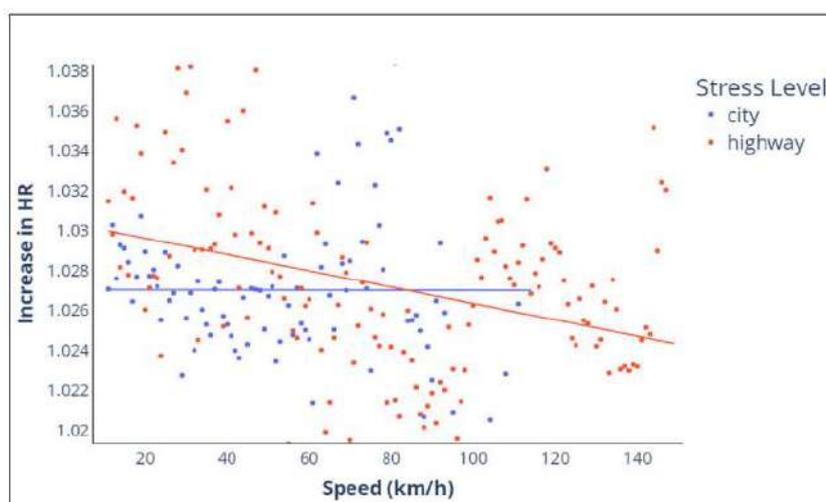
Εικόνα 11: Μέσο επίπεδο αύξησης HR για κάθε κατηγορία

	Bigger Vehicles	Pedestrians	Rider	Traffic Light
Pedestrians	0.12120	-	-	-
Rider	<2e-16	<2e-16	-	-
Traffic Light	0.00014	0.02481	1.7e-8	-
Traffic Sign	1.9e-10	1.7e-6	0.00205	0.02532

Εικόνα 12: T-test για το HR και τις κατηγορίες



Εικόνα 13: Επίπεδο στρες οδηγών για κάθε κατηγορία



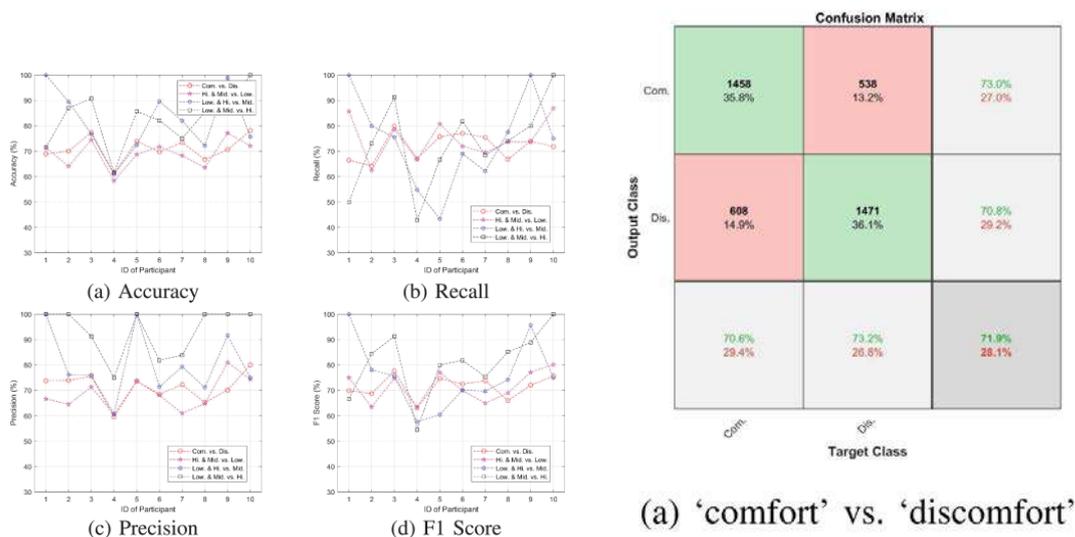
Εικόνα 14: Αλλαγή του HR σε αστικό και υπεραστικό περιβάλλον

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα και πίνακες η μελέτη των Tavaколи, Lai, Balali και Heydariian συμπεραίνει ότι τα μεγαλύτερα οχήματα και οι πεζοί προκαλούν μεγάλη αύξηση στους καρδιακούς παλμούς των οδηγών και στα αρνητικά συναισθήματα όπως

το άγχος. Επίσης κατέληξε στο ότι η οδήγηση σε υπεραστικό περιβάλλον και συνεπώς με μεγαλύτερες ταχύτητες συσχετίζονται με χαμηλότερα επίπεδα αύξησης του HR των οδηγών και στα υψηλότερα επίπεδα θετικών συναισθημάτων.

2.5.2 Πείραμα άνεσης σε προσομοιωτή αυτόνομης οδήγησης

Ένα άλλο πείραμα με το οποίο ασχολήθηκαν οι Haotian Su και Yunyi Jia (2021) αφορά μελέτη της ανθρώπινης άνεσης οδηγώντας αυτόνομο όχημα σε προσομοιωτή οδήγησης. Στο πείραμα συμμετείχαν 10 άτομα (9 άνδρες και 1 γυναίκα) με μέση ηλικία 26,7 ετών. Οι συμμετέχοντες στο πείραμα χρησιμοποιούσαν ένα κουμπί το οποίο κάθε φορά που αισθάνονταν άβολα, πιθανόν λόγω της απώλειας ελέγχου, έπρεπε να το πατούν. Οι τύποι δρόμου που επιλέχθηκαν ήταν αστικά, υπεραστικά και ορεινά δίκτυα και το στυλ οδήγησης ήταν απαλό, κανονικό και επιθετικό. Στο πείραμα επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι φορητών συσκευών ανίχνευσης, το βραχιόλι Empatica E4 και τα ακουστικά Emotiv EPOC+. Στην μελέτη αυτή ορίστηκαν 3 επίπεδα δυσφορίας, χαμηλή, μέση και υψηλή. Τα αποτελέσματα του πειράματος φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.

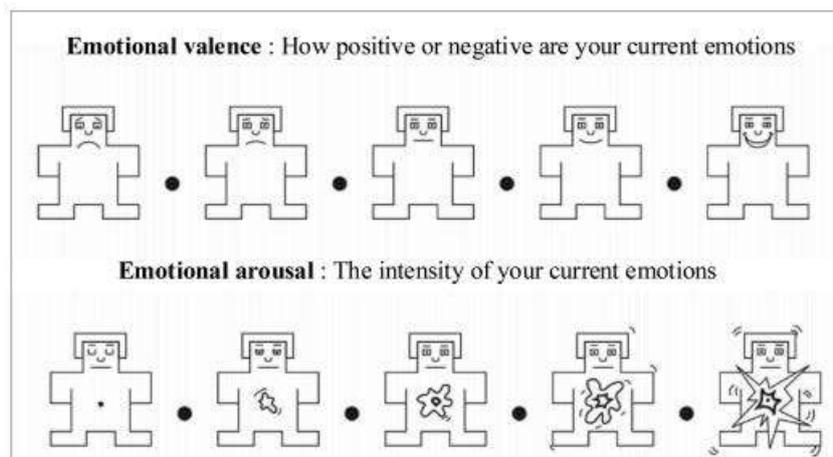


Εικόνα 15: Αποτελέσματα μεταξύ άνεσης και δυσφορίας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας τα ερεθίσματα του πειράματος στη μελέτη προκάλεσαν με επιτυχία διαφορετικά επίπεδα άνεσης στους συμμετέχοντες. Η ανίχνευση του επιπέδου άνεσης πέτυχε καλή συνολική ακρίβεια.

2.5.3 Πείραμα συναισθηματικής αστάθειας στην αυτόνομη οδήγηση

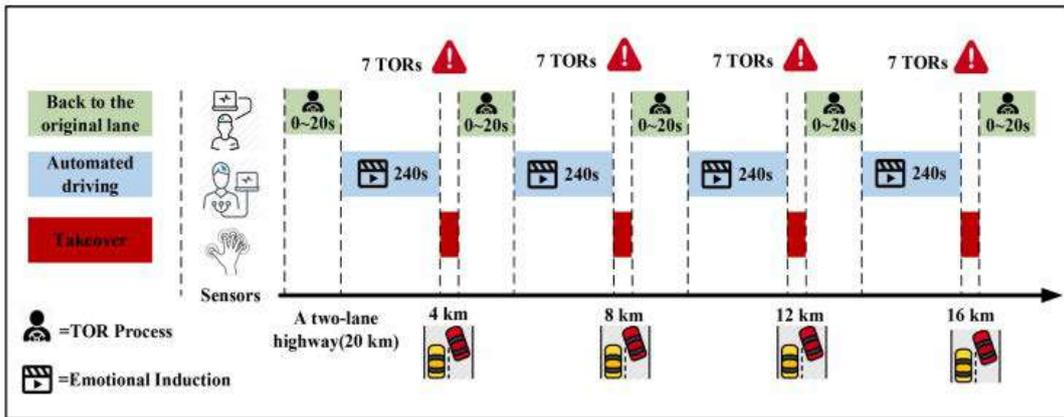
Το πείραμα με το οποίο ασχολήθηκαν οι Jing Huang, , Xiaofang Long, Chenggong Qi, Lin Hu και Kun Gao (2024) μελετά την συναισθηματική αστάθεια των οδηγών όταν αυτοί χρειάζεται να αναλάβουν την ευθύνη του οχήματος και να το μετατρέψουν από αυτόνομο σε χειροκίνητο όχημα σε περίπτωση ανάγκης. Στην μελέτη συμμετείχαν 42 φοιτητές (18 γυναίκες και 24 άνδρες) από το κολλέγιο μηχανολογίας και μηχανικών οχημάτων του Πανεπιστημίου Χουνάν με μέσο όρο ηλικίας τα 24,4 έτη. Πριν την έναρξη του πειράματος οι συμμετέχοντες έπρεπε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο προσωπικότητας Eysenck για να αξιολογηθεί το επίπεδο συναισθηματικής τους αστάθειας. Το μοντέλο αυτοαξιολόγησης SAM χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του υποκειμενικού συναισθήματος.



Εικόνα 16: Μοντέλο αυτοαξιολόγησης SAM

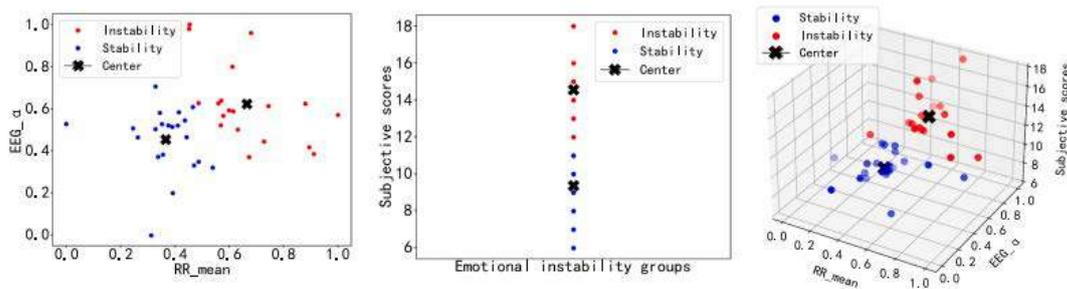
Έπειτα έλαβε μέρος το πείραμα στον προσομοιωτή οδήγησης. Ένα iPad χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή βίντεο με σκοπό την πρόκληση συναισθημάτων στους οδηγούς. Επιπλέον έγινε χρήση οργάνων μέτρησης παλμών καρδιάς, ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και ηλεκτροδερμικής δραστηριότητας για την μέτρηση έκκρισης ιδρώτα.

Το πείραμα διεξήχθη σε αστικό δρόμο τεσσάρων λωρίδων με μήκος 20 χιλιόμετρα και κυκλοφοριακή ροή 8 οχήματα ανά χιλιόμετρο ανά λωρίδα. Για την έναρξη του πειράματος το όχημα βρισκόταν σε αυτόνομη οδήγηση και είχε μέση ταχύτητα τα 60 χιλιόμετρα την ώρα. Όταν το σύστημα εντόπιζε κάποιο εμπόδιο εξέπεμπε σήμα κινδύνου σύγκρουσης και ο οδηγός είχε 7 δευτερόλεπτα να αναλάβει τον έλεγχο του αυτοκινήτου και να αποφύγει το εμπόδιο.



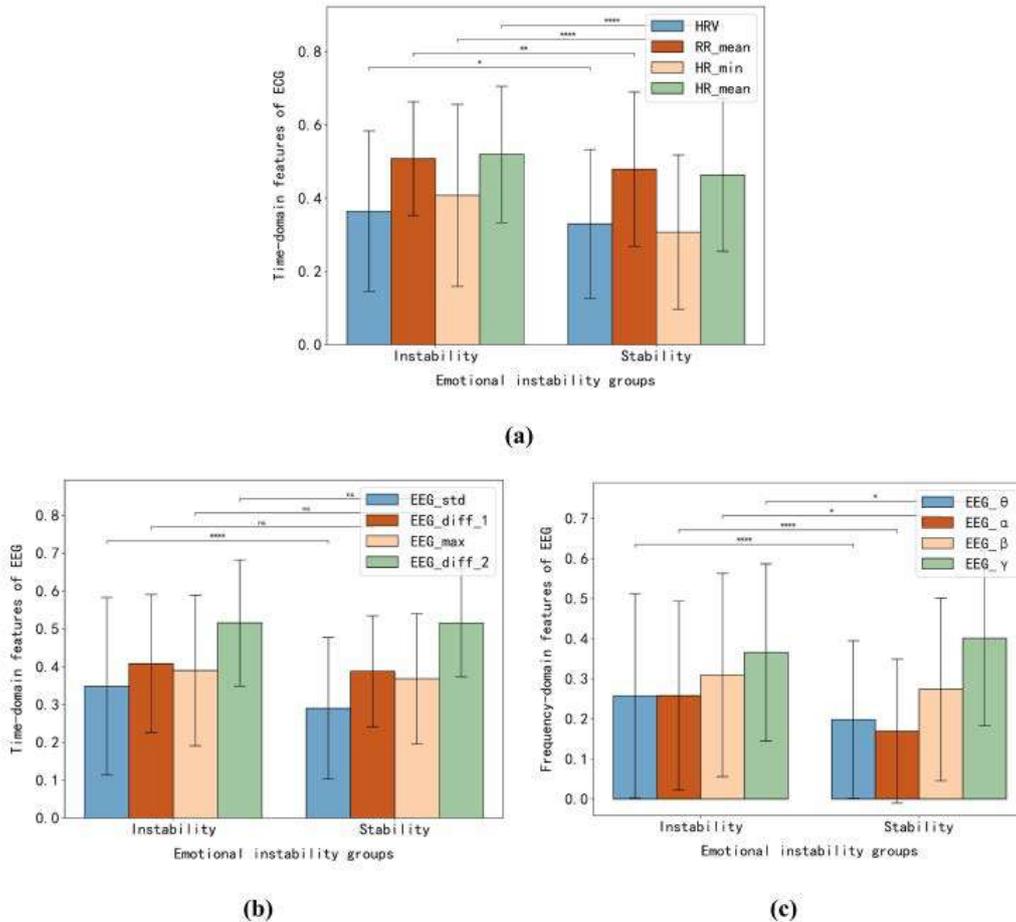
Εικόνα 17: Απεικόνιση πειράματος

Τα αποτελέσματα της έρευνας μετά από αναλύσεις που διεξήχθησαν φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.



Εικόνα 18: Επίπεδο συναισθηματικής αστάθειας, (a) αντικειμενική, (b) υποκειμενική, (c) αντικειμενική και υποκειμενική

Η αντικειμενική συναισθηματική αστάθεια αφορά τα σήματα που δόθηκαν από τους μετρητές καρδιακών ρυθμών, ηλεκτροεγκεφαλογράφων και ηλεκτροδερμικών μετρητών που χρησιμοποιήθηκαν, ενώ η υποκειμενική συναισθηματική αστάθεια διεξήχθη από τα ερωτηματολόγια τα οποία συμπλήρωσαν οι συμμετέχοντες στην αρχή του πειράματος. Όπως φαίνεται στο (a) και στο (b) η ομάδα της συναισθηματικής αστάθειας δείχνει αυξανόμενη τάση σε σχέση με της συναισθηματικής σταθερότητας.



Εικόνα 19: Σύγκριση ΗΚΓ και ΗΕΚ μεταξύ των συναισθηματικών ομάδων

Για τα σήματα ΗΚΓ συμπεραίνεται ότι το RR_mean της ομάδας της συναισθηματικής αστάθειας είναι μικρότερο του rr_mean της ομάδας της συναισθηματικής σταθερότητας. Διαπιστώθηκε δηλαδή ότι ο καρδιακός παλμός (RR) μπορεί να αντικατοπτρίσει την συναισθηματική κατάσταση των οδηγών ο οποίος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε συναισθήματα θυμού. Επίσης διαπιστώθηκε ότι η ομάδα της συναισθηματικής αστάθειας έχει μεγαλύτερη HRV, δηλαδή έχει μεγαλύτερη διακύμανση στα ΗΚΓ σήματα και συνεπώς είναι πιο ευαίσθητη στις αρνητικές επιπτώσεις του θυμού. Όσον αφορά τα σήματα ΗΕΓ, οι οδηγοί της ομάδας της συναισθηματικής αστάθειας είναι ιδιαίτερα αντιδραστικοί στα αρνητικά συναισθήματα που τους προκαλούνται.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής κατέληξαν στο ότι τα άτομα της ομάδας της συναισθηματικής αστάθειας είναι πιθανό να έχουν χαμηλότερη επίγνωση της κατάστασης και χαμηλότερη προσοχή στην οδήγηση όταν βρίσκονται σε επιρροή αρνητικών συναισθημάτων. Ως εκ τούτου τα αυτοματοποιημένα συστήματα υποβοήθησης θα πρέπει να παρέχουν εξατομικευμένες επιλογές με βάση τα ψυχολογικά χαρακτηριστικά του οδηγού με στόχο την αποφυγή οδηγικών ατυχημάτων.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Συλλογή δεδομένων

3.1.1 Πείραμα

Το πείραμα που διεξήχθη αφορά την καταγραφή των καρδιακών παλμών του οδηγού σε συμβατικό και σε αυτόνομο ηλεκτρικό όχημα τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό περιβάλλον. Επιπλέον συλλέχθηκαν δεδομένα μέσης ταχύτητας και μέσης κατανάλωσης με σκοπό την σύγκριση των δύο οχημάτων.

3.1.2 Συμμετέχοντες

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε από έναν συμμετέχοντα οδηγό (άνδρας) ηλικίας 25 ετών και έναν συνοδηγό (γυναίκα) ηλικίας 24 ετών. Ο οδηγός πραγματοποίησε όλα τα πειράματα και ο συνοδηγός ήταν υπεύθυνος για την καταγραφή των δεδομένων.

3.1.3 Οχήματα και συσκευές

Το αμάξι εσωτερικής καύσης που επιλέχθηκε για το πείραμα είναι ένα RENAULT Clio τέταρτης γενιάς. Γενικά το συγκεκριμένο μοντέλο παράγεται σε διάφορες μορφές κινητήρα. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το 1.5 dci 8V πετρελαιοκινητήρα με 1.461 cm³ (κυβικά εκατοστά) με άμεσο ψεκασμό και τουρμπίνα μεταβλητής γεωμετρίας με κίνηση στον μπροστά άξονα. Ο συγκεκριμένος κινητήρας αποδίδει 90 ίππους και μέγιστη ροπή τα 220 Nm λίγο πριν τις 2000 στροφές, το κιβώτιο που έχει επιλέξει η RENAULT για το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένα χειροκίνητο σασμάν πέντε ταχυτήτων. Η μέγιστη τελική ταχύτητα είναι τα 178km/h και επιτάχυνση 0-100 km/h σε μόλις 11.7 δευτερόλεπτα. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα του κινητήρα είναι κοντά στα 90 g/km γεγονός που το καθιστά πολύ φιλικό προς το περιβάλλον συγκριτικά με αντίστοιχα μοντέλα της κατηγορίας του. Όσο αναφορά τη κατανάλωση το καύσιμο που καταναλώνεται είναι σύμφωνα με την εταιρία 3.5 λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα. Η χωρητικότητα αποθήκευσης καυσίμου είναι στα 45 λίτρα συνεπώς το αμάξι μπορεί ρεαλιστικά να διανύσει αποστάσεις άνω των 900 χιλιομέτρων με ένα μόλις γέμισμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος κινητήρας αποδείχτηκε τόσο καλός και αποδοτικός που η Renault ήρθε σε συμφωνία και με τη Dacia αλλά και με τη Mercedes ώστε να τους παρέχει το συγκεκριμένο κινητήρα για διάφορα άλλα μοντέλα τους. Το αμάξι ζυγίζει 1134 κιλά με μέγιστο βάρος τα 1651 κιλά, το μήκος του είναι στα 4267 mm, ύψος 1445 mm και πλάτος 1732 mm. Τέλος σύμφωνα με την εταιρία η αναλογία βάρους ισχύος είναι 12.6 κιλά ανά ένα άλογο ιπποδύναμης και η αναλογία βάρους ροπής είναι 5.2 κιλά ανά Nm.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Αποδοτικός κινητήρας με οικονομική κατανάλωση	Σκληρή ανάρτηση που προσφέρει λιγότερη άνεση στην οδήγηση
Κινητήρας με χαμηλές εκπομπές ρύπων	Περιορισμένος χώρος για τους επιβάτες των πίσω καθισμάτων
Ανταγωνιστική τιμή αγοράς οχήματος	Περιορισμένος χώρος αποσκευών
Χαμηλό κόστος συντήρησης και ανταλλακτικών	

Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Renault Clio



Εικόνα 20: Renault Clio

Το αμιγώς ηλεκτρικό αμάξι που επιλέχθηκε για το πείραμα είναι ένα Tesla model 3, μοντέλο του 2021. Η Tesla παρέχει τρεις δυνατότητες αγοράς ενός model 3. Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκε η έκδοση PERFORMANCE. Τα νούμερα και οι επιδώσεις των περισσότερων ηλεκτρικών αυτοκινήτων είναι εκθαμβωτικά. Το αμάξι τροφοδοτείται από μια μπαταριά χωρητικότητας 75 KWH αποδίδοντας 490 άλογα και 660 Nm συνεχής και άμεσης ροπής. Το συγκεκριμένο όχημα όπως και τα περισσότερα του είδους του δεν έχουν κιβώτιο ταχυτήτων καθώς είναι ηλεκτρικά. Η μέγιστη τελική ταχύτητα είναι τα 268 km/h και η επιτάχυνση 0-100 km/h σε μόνο 3.2 δευτερόλεπτα. Όσο αναφορά την κατανάλωση το ρεύμα που καταναλώνεται σύμφωνα με την εταιρία είναι 16.7 kw/h ανά 100 χιλιόμετρα. Δηλαδή το αμάξι με μια πλήρης φόρτιση μπορεί να διανύσει περίπου 449 χιλιόμετρα. Το αμάξι είναι εξοπλισμένο με το βασικό σύστημα αυτόνομης οδήγησης (Autopilot) το οποίο είναι προηγμένο σύστημα υποβοήθησης του οδηγού με δυνατότητα αυτόνομης οδήγησης σε ορισμένες συνθήκες. Το όχημα ζυγίζει 1847 κιλά, το μήκος του είναι στα 4694 mm, το ύψος του στα 1443mm και το πλάτος του στα 2088mm. Τέλος σύμφωνα με την Tesla η αναλογία βάρους ιπποδύναμης είναι στα 245 άλογα ανά τόνο.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Γρήγορη επιτάχυνση που αγγίζει τα 100 χιλιόμετρα σε μόλις 3,2 δευτερόλεπτα	Ποιότητα κατασκευής και υλικών
Διπλό μοτέρ και τετρακίνηση (AWD) που εξασφαλίζει εξαιρετική πρόσφυση και σταθερότητα	Περιορισμένος χώρος για τους επιβάτες των πίσω καθισμάτων
Μπαταρία που καλύπτει 449 χιλιόμετρα αυτονομίας	Σκληρή ανάρτηση που καθιστά την οδήγηση άβολη σε δύσκολους δρόμους
Δυνατότητα γρήγορης φόρτισης μέσω των Superchargers της Tesla σε λιγότερο από 35 λεπτά	Η έντονη χρήση της επιτάχυνσης μπορεί να μειώσει σημαντικά την αυτονομία της μπαταρίας
Προηγμένο σύστημα υποβοήθησης οδηγού με δυνατότητες αυτόνομης οδήγησης	Προβλήματα με την αναγνώριση των λωρίδων, την αυτόματη αλλαγή λωρίδας και τη λειτουργία σε δύσκολες καιρικές συνθήκες
Τακτικές αναβαθμίσεις λογισμικού εξ αποστάσεως (over-the-air)	Περιορισμένοι σταθμοί φόρτισης
Υψηλή Βαθμολογία Ασφαλείας από οργανισμούς όπως το Euro NCAP και το NHTSA Πολλαπλά συστήματα ασφαλείας	Χρόνος φόρτισης σε οικιακό φορτιστή
Χαμηλό κόστος συντήρησης	
Μηδενικές εκπομπές ρύπων	

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Tesla Model 3



Εικόνα 21: Tesla Model 3

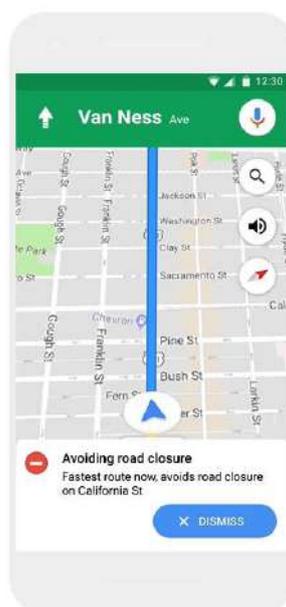
Το έξυπνο ρολόι που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα για την καταγραφή των καρδιακών παλμών είναι το Samsung Galaxy Watch Aluminium 46mm with Heart Rate Monitor. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή το ρολόι μπορεί να μετράει και να καταγράφει τους

καρδιακούς παλμούς ανά λεπτό και να τους δίνει στον χρήστη σε μορφή διαγράμματος μέσω του κινητού τηλεφώνου.



Εικόνα 22: Smartwatch Samsung

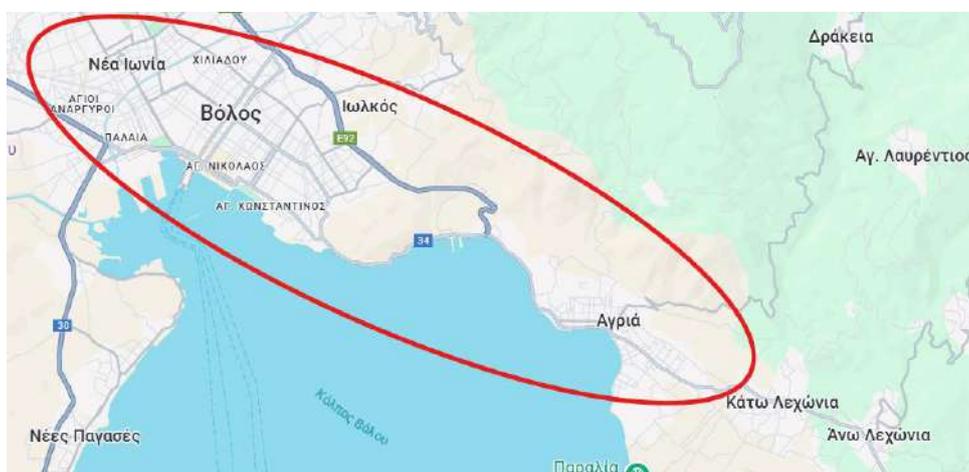
Για την παρακολούθηση του κυκλοφοριακού φόρτου καθώς και για την παρακολούθηση και καταγραφή των διαδρομών του πειράματος χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Google Maps. Η εφαρμογή αυτή παρέχει πληροφορίες ζωντανά για την κυκλοφοριακή κίνηση στους δρόμους, τυχόν ατυχήματα και σημεία που είναι προσωρινά μη προσβάσιμα καθιστώντας την οδήγηση ευκολότερη και πιο σύντομη.



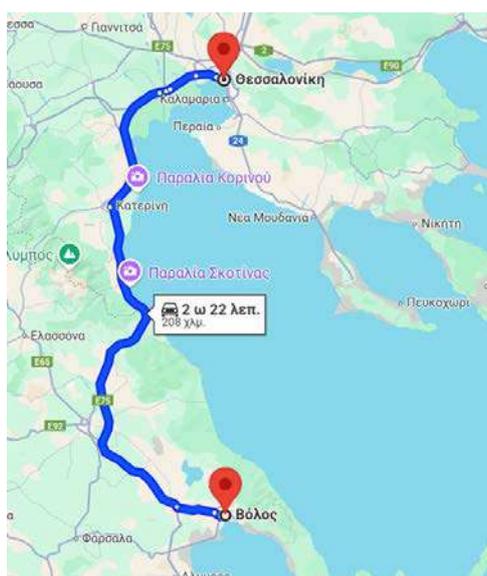
Εικόνα 23: Google Maps

3.1.4 Πειραματική διαδικασία

Το πείραμα αποτελείται από μετρήσεις μίας ώρας και συνολικά 10 μετρήσεις για κάθε όχημα. Ο οδηγός φορώντας το ρολόι καταγραφής καρδιακών παλμών και ενώ βρισκόταν και ήρεμη ψυχολογική κατάσταση έπρεπε να πραγματοποιήσει πειράματα οδήγησης σε αστικά και υπεραστικά περιβάλλοντα. Στόχος του πειράματος ήταν να καταγραφεί η ψυχολογική κατάσταση του οδηγού όταν αυτός είχε τον έλεγχο του αυτοκινήτου, δηλαδή στην χειροκίνητη οδήγηση με το Renault Clio σε σύγκριση με την αυτόνομη οδήγηση του Tesla Model 3. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες οδήγησης σε νατουραλιστικό περιβάλλον και σε διάφορες ώρες της ημέρας. Οι διαδρομές που ακολουθήθηκαν από τα δύο οχήματα δεν διέφεραν πολύ ώστε τα αποτελέσματα να μην έχουν μεγάλη απόκλιση. Όσον αφορά το αστικό περιβάλλον τα πειράματα διεξήχθη στην πόλη του Βόλου, ενώ τα υπεραστικά πειράματα πραγματοποιήθηκαν στην εθνική οδό Βόλου Θεσσαλονίκης.



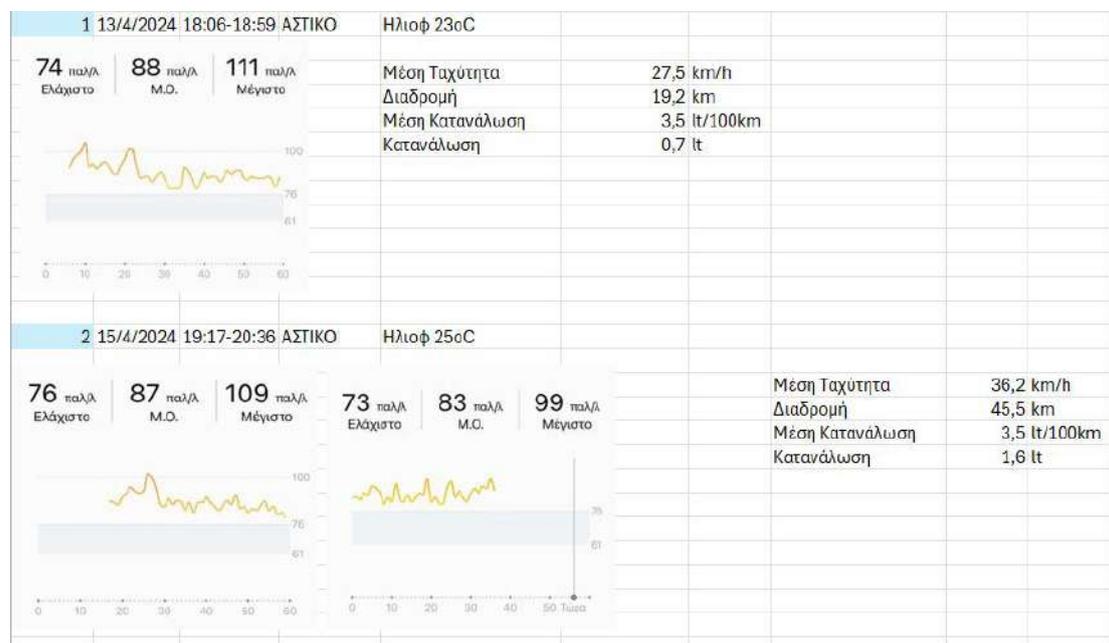
Εικόνα 24: Αστικό περιβάλλον πειράματος



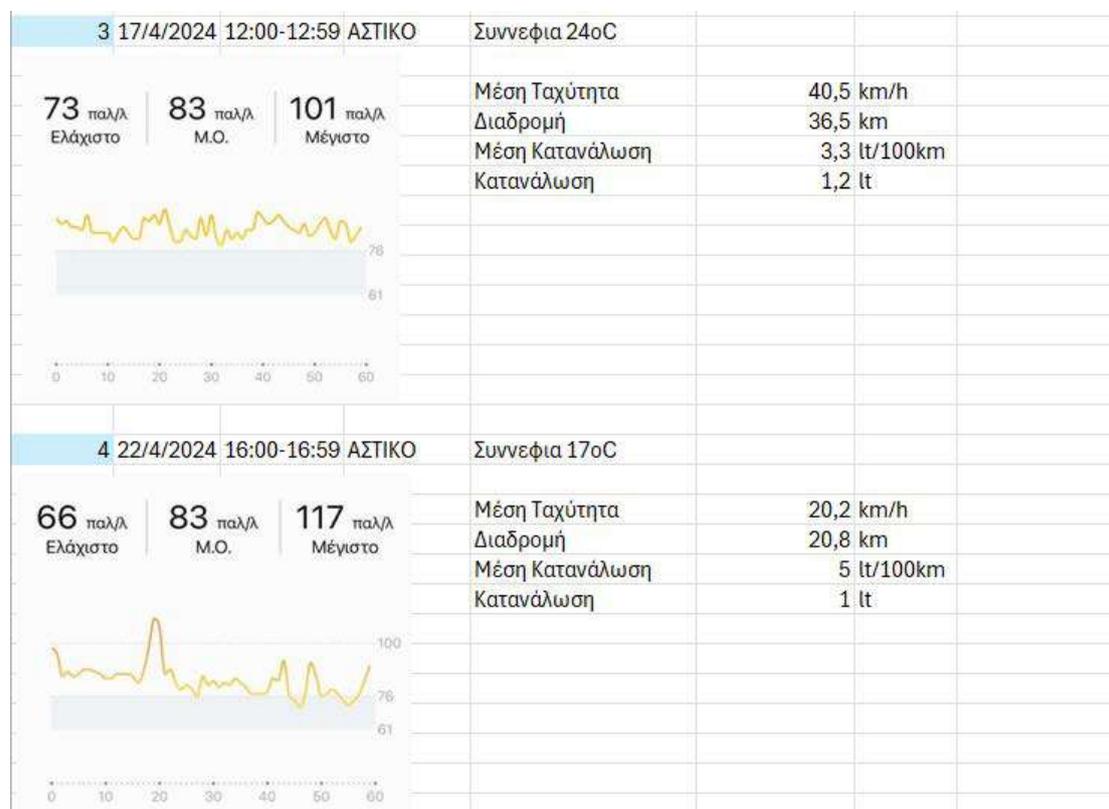
Εικόνα 25: Υπεραστικό περιβάλλον πειράματος

3.1.5 Συλλογή δεδομένων

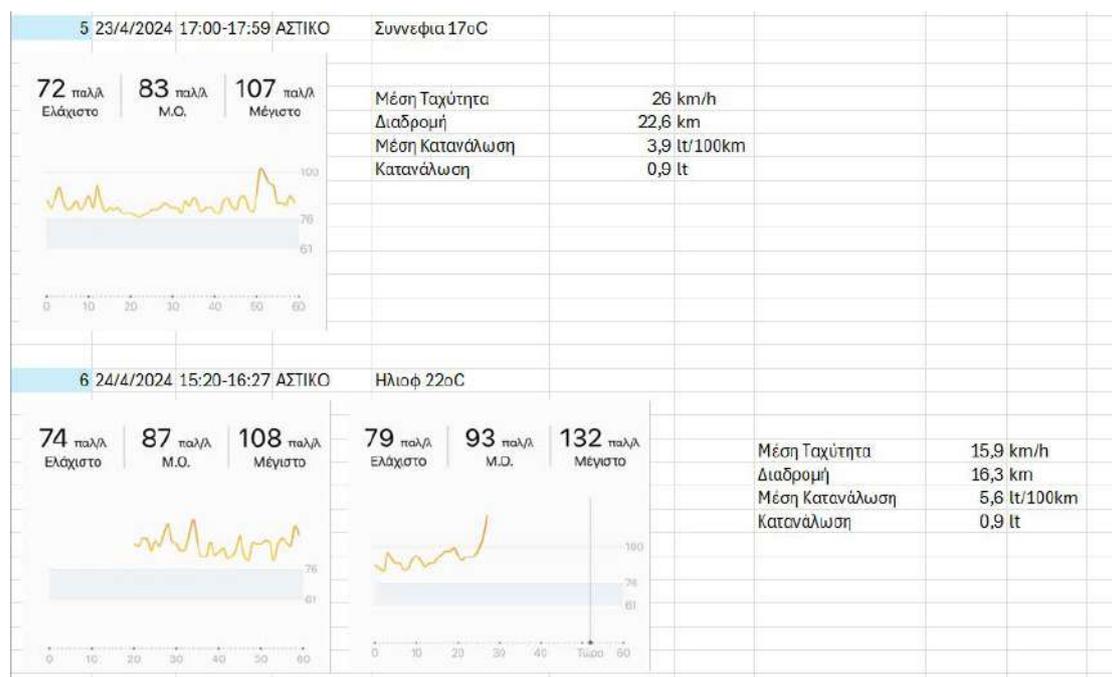
Πρώτα πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα με το συμβατικό όχημα Renault Clio.



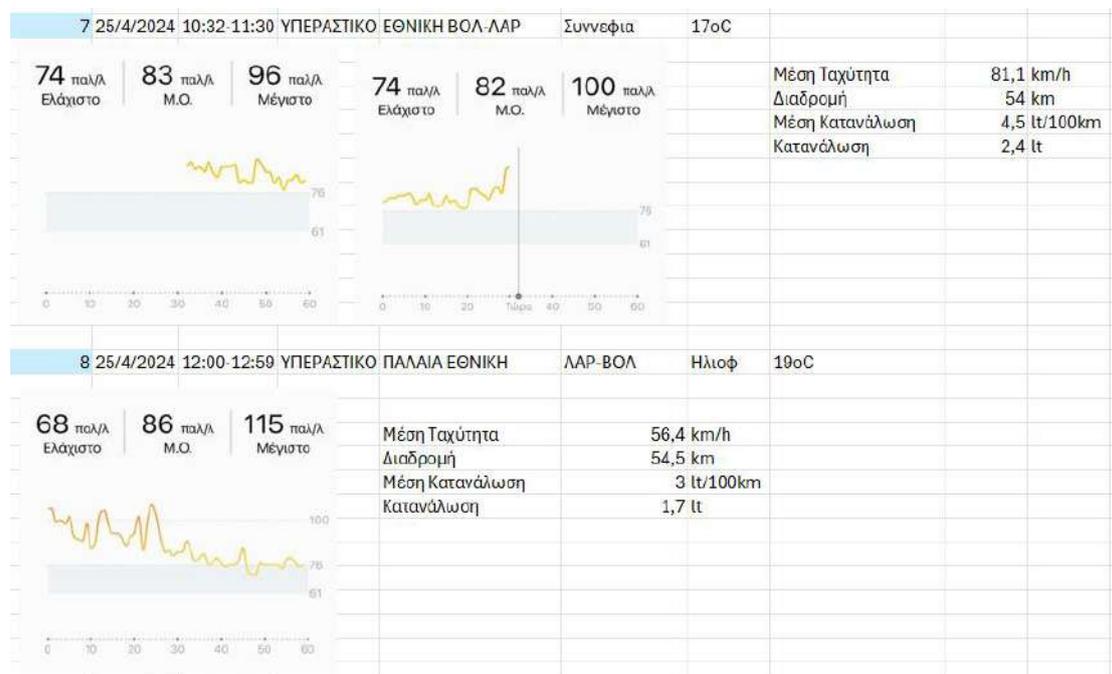
Πίνακας 3: Πρώτο και Δεύτερο πείραμα



Πίνακας 4: Τρίτο και Τέταρτο πείραμα



Πίνακας 5: Πέμπτο και Έκτο πείραμα

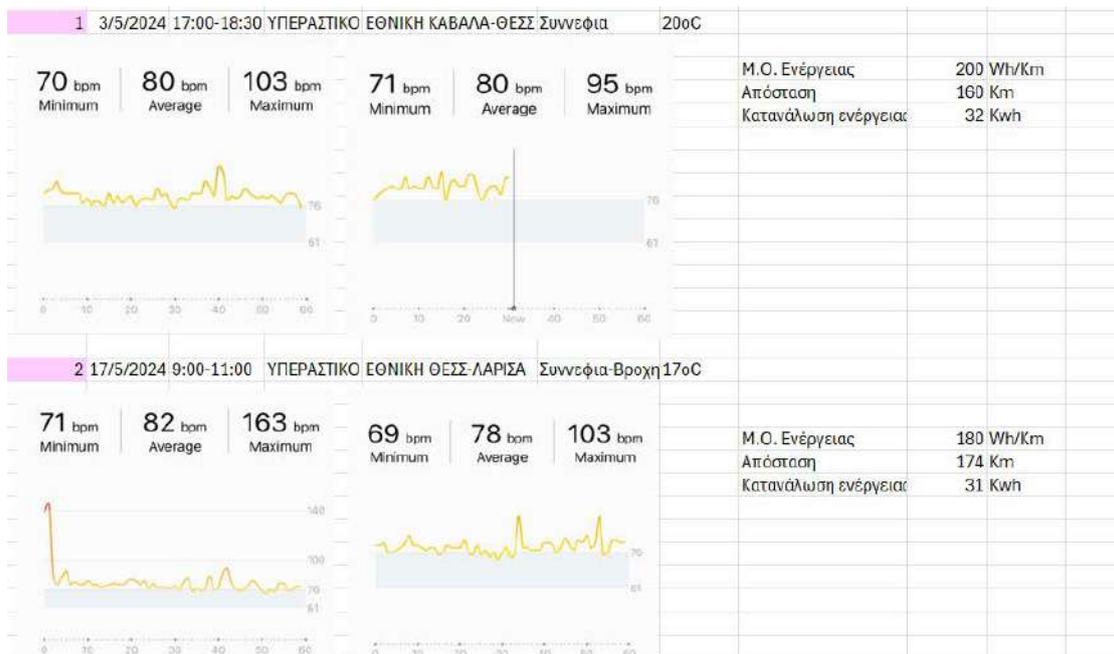


Πίνακας 6: Έβδομο και Όγδοο πείραμα



Πίνακας 7: Ένατο και Δέκατο πείραμα

Έπειτα ακολούθησαν τα πειράματα με το ηλεκτρικό αυτόνομο όχημα Tesla Model 3.



Πίνακας 8: Πρώτο και Δεύτερο πείραμα

3	20/5/2024	15:00-15:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ 27οC			
62 παλ/λ Ελάχιστο	77 παλ/λ Μ.Ο.	94 παλ/λ Μέγιστο		Μ.Ο. Ενέργειας	114 Wh/Km		
				Απόσταση	26 Km		
				Κατανάλωση ενέργειας	3 Kwh		
4	22/5/2024	17:00-17:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ 27οC			
70 παλ/λ Ελάχιστο	81 παλ/λ Μ.Ο.	113 παλ/λ Μέγιστο		Μ.Ο. Ενέργειας	109 Wh/Km		
				Απόσταση	27 Km		
				Κατανάλωση ενέργειας	3 Kwh		

Πίνακας 9: Τρίτο και Τέταρτο πείραμα

5	23/5/2024	13:00-13:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ 27οC					
71 παλ/λ Ελάχιστο	83 παλ/λ Μ.Ο.	107 παλ/λ Μέγιστο		Μ.Ο. Ενέργειας	115 Wh/Km				
				Απόσταση	24 Km				
				Κατανάλωση ενέργειας	3 Kwh				
6	26/5/2024	11:00-12:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ-Συννεφ 26οC					
67 παλ/λ Ελάχιστο	76 παλ/λ Μ.Ο.	97 παλ/λ Μέγιστο	64 παλ/λ Ελάχιστο	82 παλ/λ Μ.Ο.	121 παλ/λ Μέγιστο	Μ.Ο. Ενέργειας	132 Wh/Km		
						Απόσταση	72 Km		
						Κατανάλωση ενέργειας	10 Kwh		

Πίνακας 10: Πέμπτο και Έκτο πείραμα

7	26/5/2024	18:00-19:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ-Συννεφ 25oC			
82 παλ/λ Ελάχιστο	96 παλ/λ Μ.Ο.	126 παλ/λ Μέγιστο	73 παλ/λ Ελάχιστο	89 παλ/λ Μ.Ο.	121 παλ/λ Μέγιστο	Μ.Ο. Ενέργειας 136 Wh/Km	Απόσταση 78 Km
						Κατανάλωση ενέργειας 11 Kwh	
8	28/5/2024	16:00-16:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ 27oC			
63 παλ/λ Ελάχιστο	73 παλ/λ Μ.Ο.	122 παλ/λ Μέγιστο				Μ.Ο. Ενέργειας 116 Wh/Km	Απόσταση 29 Km
						Κατανάλωση ενέργειας 3 Kwh	

Πίνακας 11: Έβδομο και Όγδοο πείραμα

9	6/6/2024	12:00-12:59	ΑΣΤΙΚΟ	Ηλιοφ 29oC			
67 παλ/λ Ελάχιστο	76 παλ/λ Μ.Ο.	94 παλ/λ Μέγιστο				Μ.Ο. Ενέργειας 146 Wh/Km	Απόσταση 52 Km
						Κατανάλωση ενέργειας 8 Kwh	
10	9/6/2024	12:00-12:59	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ	ΕΘΝΙΚΗ ΒΟΛ-ΘΕΣΣ	Ηλιοφ 30oC		
78 παλ/λ Ελάχιστο	87 παλ/λ Μ.Ο.	109 παλ/λ Μέγιστο				Μ.Ο. Ενέργειας 178 Wh/Km	Απόσταση 85 Km
						Κατανάλωση ενέργειας 15 Kwh	

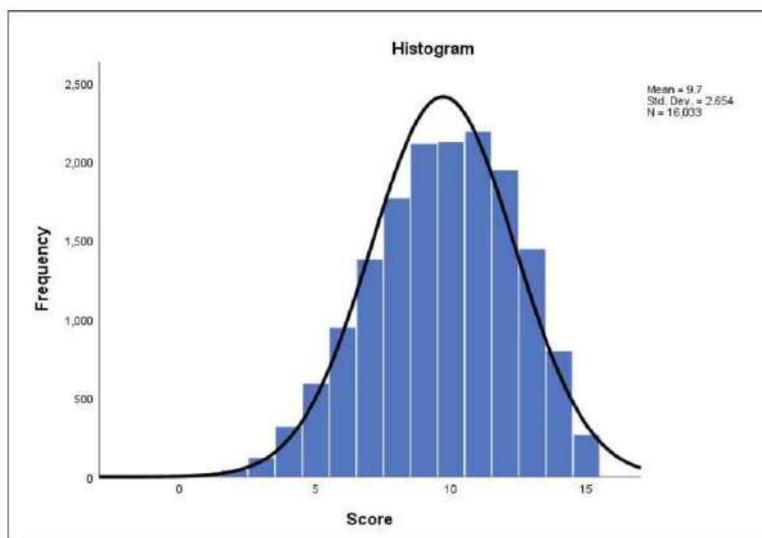
Πίνακας 12: Ένατο και Δέκατο πείραμα

3.2 Θεωρητικό υπόβαθρο

3.2.1 Περιγραφική στατιστική

Η περιγραφική στατιστική είναι ο κλάδος της στατιστικής που ασχολείται με τη συλλογή, οργάνωση, ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων με τρόπο που να διευκολύνει την κατανόησή τους. Μέσω αυτής, επιδιώκεται η περιγραφή και περίληψη των χαρακτηριστικών ενός συνόλου δεδομένων, χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως οι πίνακες, τα διαγράμματα και διάφοροι στατιστικοί δείκτες, όπως ο μέσος όρος, η διάμεσος και η τυπική απόκλιση. Η περιγραφική στατιστική επιτρέπει την απεικόνιση της κατανομής των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για το σύνολο των δεδομένων, χωρίς να προχωρά σε προβλέψεις ή γενικεύσεις για ευρύτερους πληθυσμούς. Η περιγραφική στατιστική περιλαμβάνει τρεις κύριες κατηγορίες- είδη.

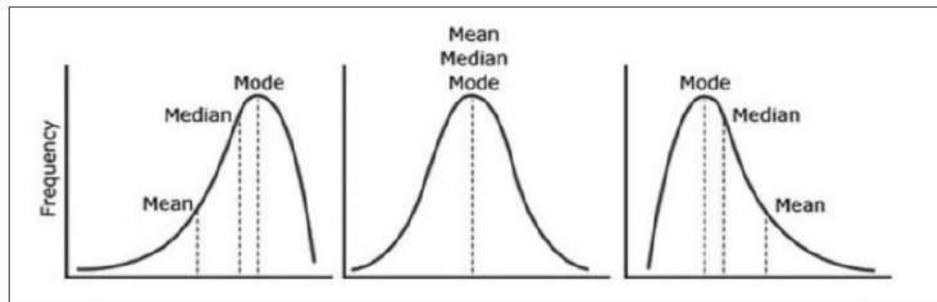
Η κατανομή συχνοτήτων χρησιμοποιείται τόσο για ποσοτικά όσο και για ποιοτικά δεδομένα και απεικονίζει τη συχνότητα ή τον αριθμό των διαφορετικών αποτελεσμάτων σε ένα σύνολο δεδομένων ή σε ένα δείγμα. Η κατανομή συχνοτήτων παρουσιάζεται συνήθως σε μορφή πίνακα ή γραφήματος όπως για παράδειγμα το ραβδόγραμμα και το ιστόγραμμα. Κάθε καταχώρηση στον πίνακα ή στο γράφημα συνοδεύεται από το πλήθος ή τη συχνότητα εμφάνισης των τιμών. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται μια πιο δομημένη παρουσίαση των ανεπεξέργαστων δεδομένων (raw data).



Εικόνα 26: Ιστόγραμμα

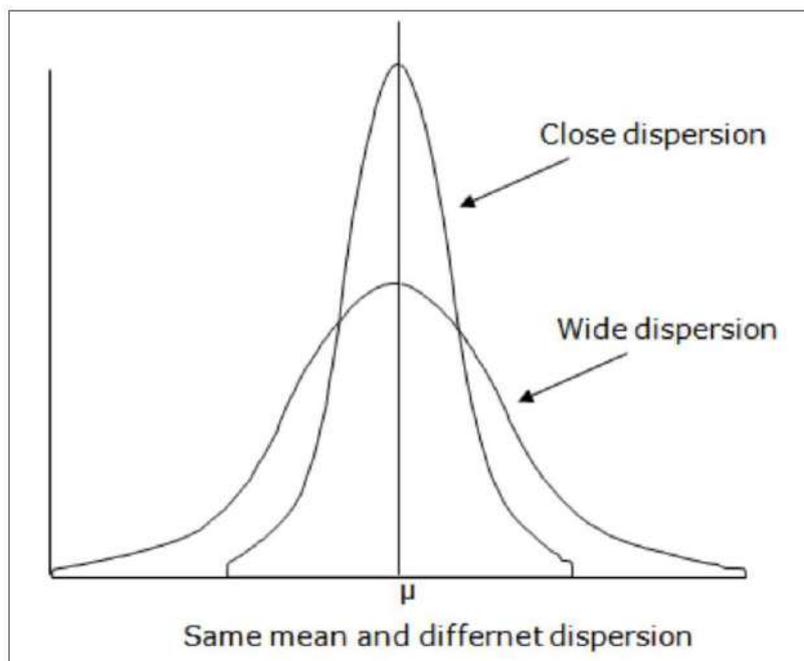
Τα μέτρα κεντρικής τάσης, γνωστά και ως μέτρα κεντρικής θέσης, υπολογίζουν το μέσο όρο ή τις μέσες τιμές ενός συνόλου δεδομένων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι ο μέσος όρος, η διάμεση τιμή και η επικρατούσα τιμή. Ο μέσος όρος (mean), το πιο δημοφιλές μέτρο της κεντρικής τάσης, είναι η μέση τιμή σε ένα σύνολο δεδομένων. Η διάμεση τιμή (median) αναφέρεται στη μεσαία τιμή για ένα σύνολο δεδομένων σε αύξουσα σειρά. Η επικρατούσα τιμή ή κορυφή (mode) αναφέρεται στη βαθμολογία ή την τιμή που είναι πιο συχνή σε ένα σύνολο από δεδομένα. Η επικρατούσα τιμή μπορεί

να οριστεί και στην περίπτωση που έχουμε ποιοτικά δεδομένα, ενώ τα άλλα μέτρα ορίζονται μόνο για ποσοτικά δεδομένα.



Εικόνα 27: Μέτρα κεντρικής τάσης

Τα μέτρα μεταβλητότητας ή αλλιώς μέτρα διασποράς χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση του πόσο διασκορπισμένη είναι η κατανομή σε ένα δείγμα ή σε ένα σύνολο δεδομένων. Στη συγκεκριμένη κατηγορία περιγραφικής στατιστικής για την απεικόνιση διαφορετικών στοιχείων και πτυχών της εξάπλωσης, χρησιμοποιούνται 3 μέτρα: το εύρος, η τυπική απόκλιση και η διακύμανση. Το εύρος απεικονίζει τον βαθμό διασποράς, ορίζοντας το πόσο απέχουν οι ακραίες τιμές. Η τυπική απόκλιση χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τη μέση διακύμανση σε ένα σύνολο δεδομένων. Η διακύμανση είναι ένας μέσος όρος των τετραγωνισμένων αποκλίσεων.



Εικόνα 28: Μέτρα διασποράς

3.2.2 Έλεγχος υποθέσεων

Συμπληρωματικά με την περιγραφική στατιστική λειτουργούν και τα t-tests. Πιο συγκεκριμένα, πριν εκτελεστεί ένα t-test, συνήθως εφαρμόζουμε περιγραφική στατιστική για να κατανοήσουμε τα δεδομένα μας, δηλαδή να δούμε την κατανομή, τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις. Το t-test τελικά είναι αυτό που θα δείξει αν αυτή η διαφορά είναι σημαντική ή απλώς τυχαία.

Πιο αναλυτικά ο έλεγχος υποθέσεων είναι μια βασική διαδικασία στη στατιστική ανάλυση που χρησιμοποιείται για να εξετάσει αν υπάρχουν επαρκή στατιστικά στοιχεία ώστε να υποστηριχθεί ή να απορριφθεί μια αρχική υπόθεση σχετικά με τα δεδομένα. Η διαδικασία αυτή βοηθά στη λήψη αποφάσεων με βάση τα δεδομένα, αντί για υποκειμενικές εκτιμήσεις. Υπάρχουν τρία είδη υποθέσεων. Στην πρώτη περίπτωση συγκρίνεται η μέση τιμή του δείγματος με την μέση τιμή του πληθυσμού γνωρίζοντας την τυπική απόκλιση και τον μέσο όρο.

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

α	Κρίσιμος δείκτης Z_c
0.05 or 5%	1.645
0.025 or 2.5%	1.96
0.01 or 1%	2.33
0.005 or 0.5%	2.575

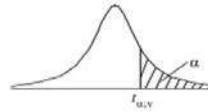
Πίνακας 13: Επίπεδο σημαντικότητας και κρίσιμος δείκτης

Η δεύτερη περίπτωση είναι σαν την πρώτη μόνο που σε αυτήν δεν είναι γνωστή η τυπική απόκλιση. Συνεπώς υπολογίζεται η τιμή T από τον παρακάτω τύπο και συγκρίνεται με την τιμή T_c .

$$T = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Table of the Student's *t*-distribution

The table gives the values of $t_{\alpha, v}$ where $\Pr(T_v > t_{\alpha, v}) = \alpha$, with v degrees of freedom



$\alpha \backslash v$	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
1	3.078	6.314	12.076	31.821	63.657	318.310	636.620
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.326	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.213	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

Εικόνα 29: Πίνακας *t*-student

Στην τρίτη και τελευταία περίπτωση συγκρίνονται δύο μέσες τιμές πληθυσμών/δείγματος χωρίς να είναι γνωστές οι διακυμάνσεις. Με την βοήθεια των παρακάτω τύπων υπολογίζονται οι διακυμάνσεις και με την βοήθεια του πίνακα ελέγχεται αν τα δύο δείγματα είναι στατιστικά σημαντικά ή όχι.

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_p^2}{n_1} + \frac{s_p^2}{n_2}}}$$

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Επεξεργασία δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με την βοήθεια του προγράμματος Excel. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα των καρδιακών παλμών από το Smartwatch συλλέχθηκαν σε μορφή διαγράμματος παλμών-λεπτό. Συνεπώς καταγράφηκε σε ένα φύλλο Excel ο μέσος όρος των παλμών κάθε διαδρομής καθώς και η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του. Έπειτα καταγράφηκαν μετρήσεις που συλλέχθηκαν από τα δύο οχήματα όπως η μέση ταχύτητα και κατανάλωση, η απόσταση η οποία διανύθηκε καθώς και τελικές καταναλώσεις βάση την χιλιομετρική απόσταση κάθε πειράματος. Όλα τα δεδομένα κατηγοριοποιήθηκαν με την βοήθεια του Excel με βάση την οδήγηση σε αστικό ή υπεραστικό περιβάλλον και σε αυτόνομη και συμβατική οδήγηση ώστε η επεξεργασία τους να είναι ευκολότερη. Μετά από την καταγραφή των δεδομένων έγινε μία ανάλυση σχετικά με τον μέσο όρο και την τυπική απόκλιση των καρδιακών παλμών, των ταχυτήτων και των καταναλώσεων. Πρέπει να σημειωθεί ότι για την σύγκριση των καταναλώσεων των δύο οχημάτων χρειάστηκε να γίνει μετατροπή σε κοινό μέτρο σύγκρισης και επιλέχθηκε η κατανάλωση σε ευρώ. Τα διάφορα διαγράμματα που προέκυψαν από τις αναλύσεις αυτές παρουσιάζονται στην επόμενη υποενότητα. Εν συνεχεία της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα του Excel μία κατανομή t-student test. Η κατανομή αυτή συγκρίνει τους μέσους όρους δύο δειγμάτων για την αξιολόγηση της στατιστικής σημαντικότητας και κρίνεται αν είναι στατιστικά σημαντικό ή όχι το δείγμα.

4.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα του πειράματος, όπως προαναφέρθηκε σε παραπάνω ενότητα, δίνονται με την βοήθεια του προγράμματος Excel με την μορφή διαγραμμάτων και στατιστικών ελέγχων.

Τα παρακάτω αποτελέσματα αφορούν τα πειράματα που διεξήχθη με το συμβατικό όχημα.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ									
ΠΕΙΡΑΜΑ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΑΣΤΙΚΟ/ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ	min ΠΑΛΜΟΙ	max ΠΑΛΜΟΙ	Εύρος Παλμών	ΜΟ Εύρους Παλμών	ΜΟ ΠΑΛΜΩΝ	
1	13/4/2024	18:06-18:59	ΑΣΤΙΚΟ	74	111	37	36,33		88
2	15/4/2024	19:17-19:59	ΑΣΤΙΚΟ	76	109	33			87
		20:00-20:36		73	99	26			83
3	17/4/2024	12:00-12:59	ΑΣΤΙΚΟ	73	101	28			83
4	22/4/2024	16:00-16:59	ΑΣΤΙΚΟ	66	117	51			83
5	23/4/2024	17:00-17:59	ΑΣΤΙΚΟ	72	107	35			83
6	24/4/2024	15:20-15:59	ΑΣΤΙΚΟ	74	108	34			87
		16:00-16:27		79	132	53			93
10	29/4/2024	15:02-15:59	ΑΣΤΙΚΟ	83	113	30			92
7	25/4/2024	10:32-10:59	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ	74	96	22	38,00		83
		11:00-11:30		74	100	26			82
8	25/4/2024	12:00-12:59	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ	68	115	47			86
9	26/4/2024	12:00-12:59	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ	66	114	48			81
		13:00-13:59		67	104	37			76
		14:00-14:59		65	113	48			78
ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ									
				Μ. Όρος min παλμών	Μ. Όρος max παλμών			Μ. Όρος μέσου όρου παλμών	
ΑΣΤΙΚΟ				74,44	110,78			86,56	
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ				69,00	107,00			81,00	
				Τυπική απόκλιση					
ΑΣΤΙΚΟ				4,72	9,71			3,94	
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ				4,00	8,10			3,58	
N				9	9			9	
				6	6			6	

Πίνακας 14: Ανάλυση δεδομένων για συμβατικό όχημα (1)

Τα παρακάτω αποτελέσματα αφορούν την σύγκριση μεταξύ συμβατικού και ηλεκτρικού αυτόνομου οχήματος.

ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ/ΑΥΤΟΝΟΜΟ		Μ. Όρος min παλμών	Μ. Όρος max παλμών	Μ. Όρος μέσου όρου παλμών	Μ. Όρος κατανάλωσης σε ευρώ
ΑΣΤΙΚΟ		71,61	110,67	84,00	1,17
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ		70,27	110,45	81,18	3,01
		Τυπική απόκλιση			
ΑΣΤΙΚΟ		6,09	11,09	6,25	0,78
ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ		3,90	18,74	3,34	1,54
N		18	18	18	14
		11	11	11	6

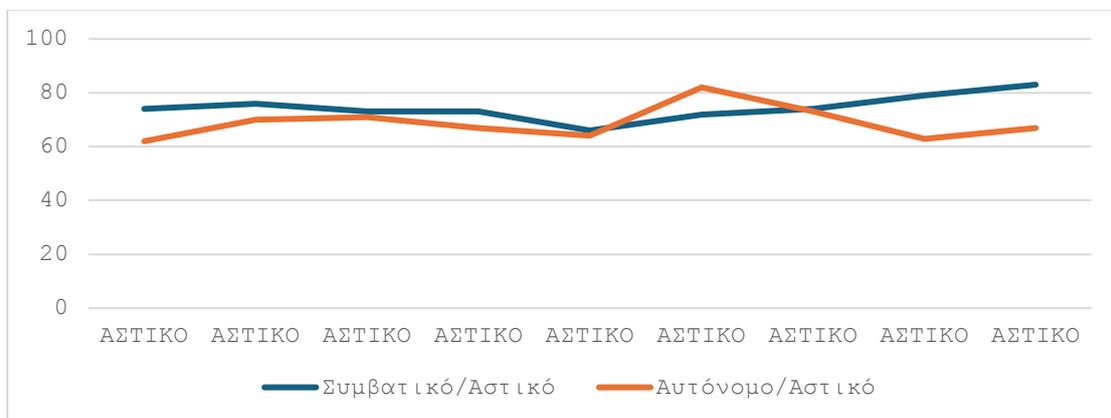
Πίνακας 18: Ανάλυση δεδομένων για αυτόνομο και συμβατικό όχημα

Στον παρακάτω πίνακα του Excel παρουσιάζεται ο στατιστικός έλεγχος που πραγματοποιήθηκε για την σύγκριση των παλμών και των καταναλώσεων μεταξύ των δύο οχημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα.

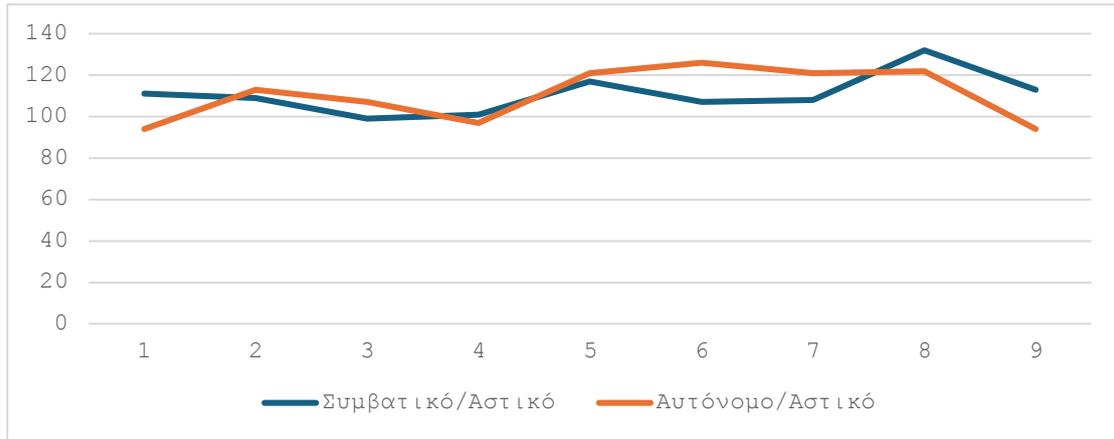
		ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ/ΑΥΤΟΝΟΜΟ				
		ΑΣΤΙΚΟ min παλμοί	ΑΣΤΙΚΟ max παλμοί	ΑΣΤΙΚΟ μ.ο. παλμών	ΑΣΤΙΚΟ κατανάλωση σε ευρώ	
t-student test	\bar{X}_1	74,44	110,78	86,56	1,83	
	\bar{X}_2	68,78	110,56	81,44	0,52	
	S_1	4,72	9,71	3,94	0,52	
	S_2	6,20	12,93	7,26	0,23	
	S_1^2	22,28	94,19	15,53	0,28	
	S_2^2	38,44	167,28	52,78	0,05	
	S^2	30,36	130,74	34,15	0,16	
	t	2,18	0,04	1,86	6,01	
			ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ min παλμοί	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ max παλμοί	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ μ.ο. παλμών	ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ κατανάλωση σε ευρώ
		\bar{X}_1	69,00	107,00	81,00	4,15
	\bar{X}_2	71,80	114,60	81,40	1,86	
	S_1	4,00	8,10	3,58	1,42	
	S_2	3,56	27,51	3,44	0,06	
	S_1^2	16,00	65,60	12,80	2,01	
	S_2^2	12,70	756,80	11,60	0,00	
	S^2	14,53	372,80	12,36	1,01	
	t	-1,21	-0,65	-0,19	2,79	

Πίνακας 19: t-student test

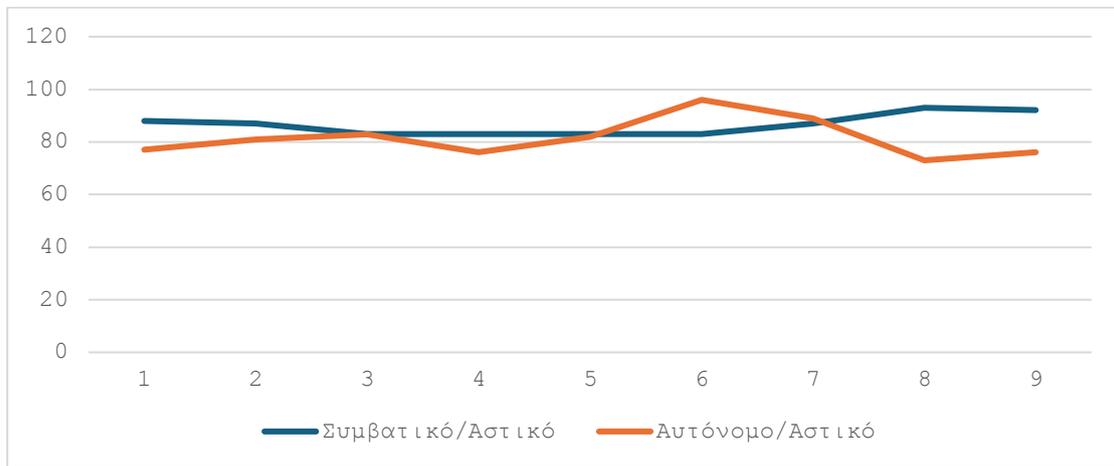
Ακολουθούν τα διαγράμματα που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος του Excel.



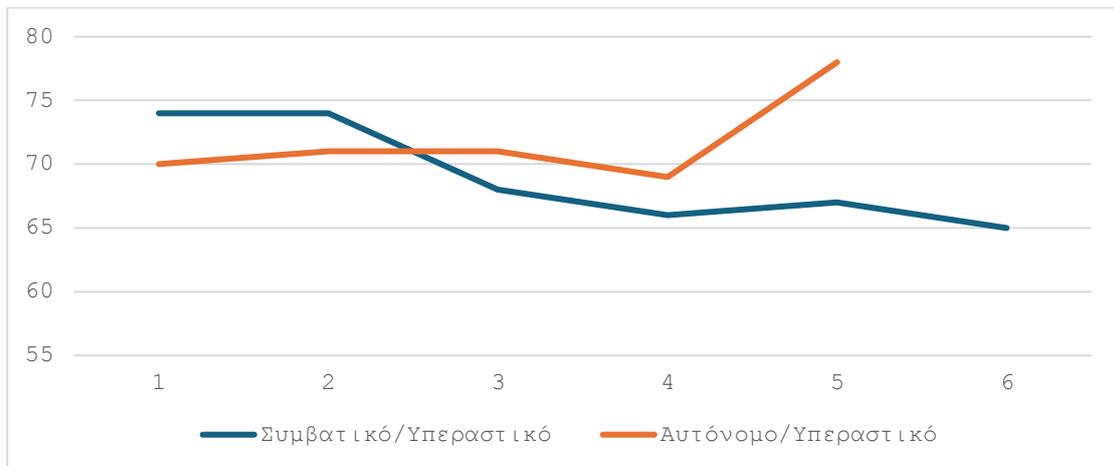
Διάγραμμα 1: min παλμοί σε αστικό περιβάλλον



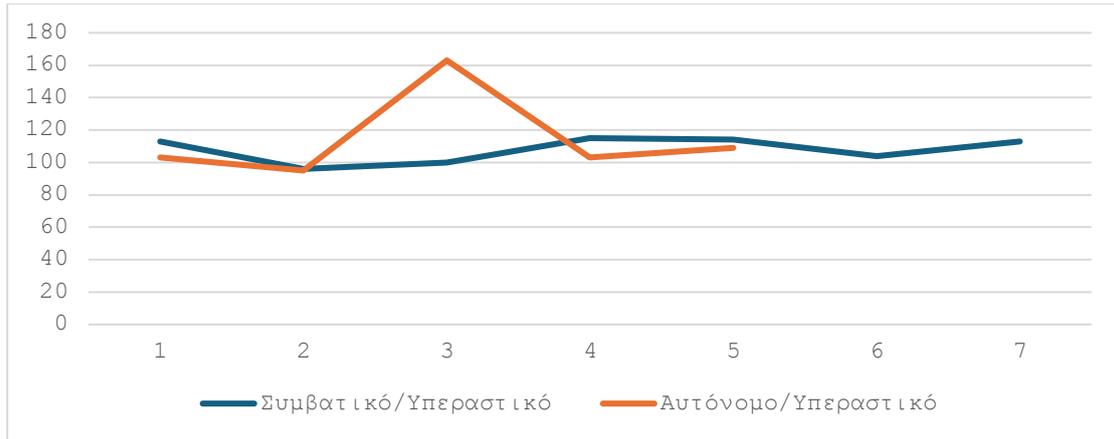
Διάγραμμα 2: max παλμοί σε αστικό περιβάλλον



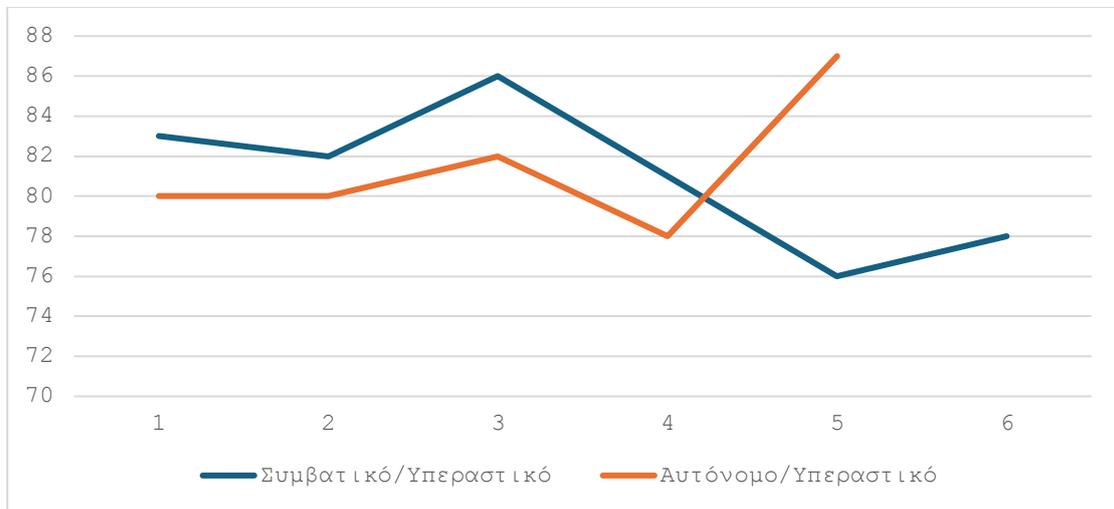
Διάγραμμα 3: Μέσος όρος παλμών σε αστικό περιβάλλον



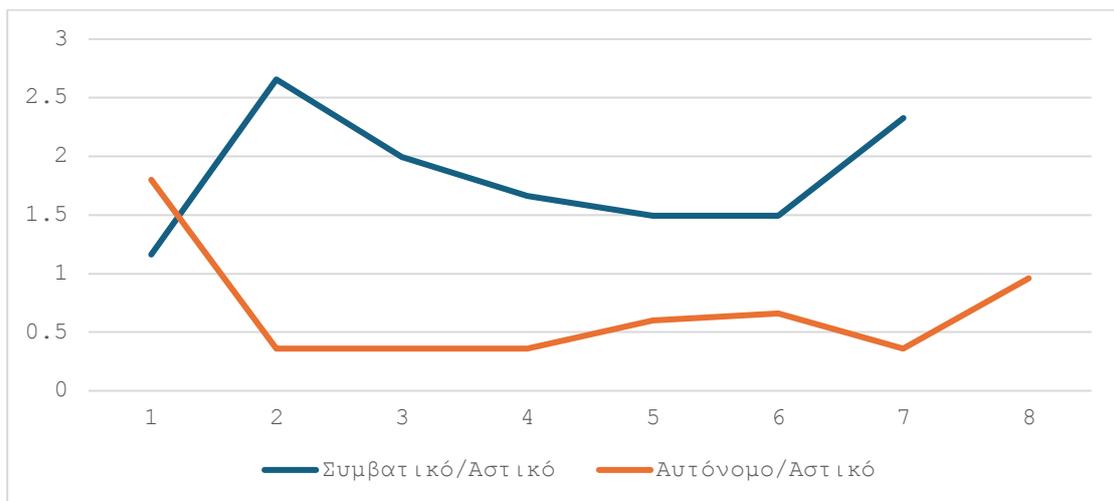
Διάγραμμα 4: min παλμοί σε υπεραστικό περιβάλλον



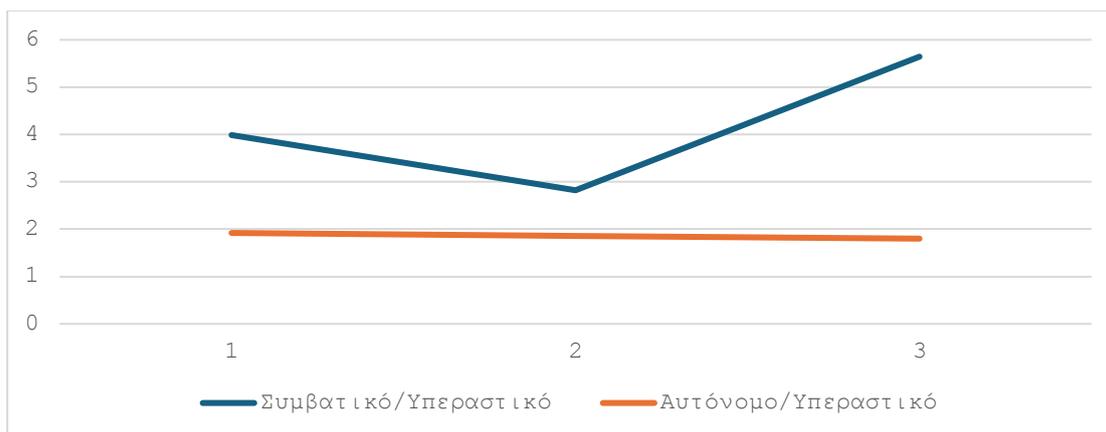
Διάγραμμα 5: max παλμοί σε υπερστατικό περιβάλλον



Διάγραμμα 6: Μέσος όρος παλμών σε υπερστατικό περιβάλλον



Διάγραμμα 7: Κατανάλωση καυσίμου σε αστικό περιβάλλον



Διάγραμμα 8: Κατανάλωση καυσίμου σε υπεραστικό περιβάλλον

Στον παρακάτω πίνακα σημειώνονται τα ποσοστά αύξησης των καρδιακών παλμών του οδηγού στις διάφορες συνθήκες οδήγησης. Πιο συγκεκριμένα για το συμβατικό όχημα αύξηση των καρδιακών παλμών προκαλούν οι πεζοί που υπάρχουν στο δίκτυο κυκλοφορίας, τα δίκυκλα και τα ποδήλατα καθώς και η επικίνδυνη οδήγηση από τρίτους στο περιβάλλον. Για το αυτόνομο όχημα σημειώνεται ότι το στρες του οδηγού αυξάνεται όταν εντοπίζεται κυκλοφοριακή συμφόρηση, πεζοί και επικίνδυνη οδήγηση και αυτό διότι ένα αυτόνομο όχημα κινείται με τους κανόνες και τα όρια της οδικής ασφάλειας και δημιουργεί σύγχυση στο δίκτυο οδήγησης.

	ΣΥΜΒΑΤΙΚΟ ΟΧΗΜΑ	ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΟΧΗΜΑ
ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		
ΚΥΚΛ. ΣΥΜΦΟΡΗΣΗ		Αύξηση 20-30%
ΜΕΓΑΛΟ ΟΧΗΜΑ		
ΠΕΖΟΙ	Αύξηση 20-25%	Αύξηση 25-30%
ΔΙΚΥΚΛΑ/ΠΟΔΗΛΑΤΑ	Αύξηση 25-30%	
ΟΧΗΜΑΤΑ		
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΗ ΟΔΗΓΗΣΗ	Αύξηση 30-35%	Αύξηση 25-30%

Πίνακας 20: Ποσοστά αύξησης καρδιακών παλμών στις διάφορες συνθήκες οδήγησης

4.3 Συζήτηση

Ο στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο ένας οδηγός επηρεάζεται ψυχοσωματικά από την μετάβαση σε αυτόνομη οδήγηση. Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τα επίπεδα άγχους του οδηγού μέσω της μέτρησης των καρδιακών παλμών του

καθώς αυτός οδηγούσε συμβατικό και αυτόνομο όχημα ενώ παράλληλα καταγράφηκαν και αποτελέσματα σχετικά με τις καταναλώσεις των οχημάτων. Αξιοποιώντας λοιπόν τις τεχνικές ανάλυσης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα δεδομένα έδειξαν ότι ο οδηγός είχε παρόμοιους καρδιακούς παλμούς τόσο στην συμβατική όσο και στην αυτόνομη οδήγηση και στα δύο περιβάλλοντα. Πιο αναλυτικά ο μέσος όρος του μέσου όρου των καρδιακών παλμών σε αστικό περιβάλλον είναι 86,56 για το συμβατικό όχημα και 81,44 για το αυτόνομο. Επίσης όσον αφορά το υπεραστικό περιβάλλον είναι 81,00 και 81,40 αντίστοιχα. Συμπεραίνεται δηλαδή ότι είτε αυτόνομο είτε συμβατικό όχημα και σε οποιοδήποτε περιβάλλον οδήγησης ο οδηγός δεν αντιμετώπισε κάποιο ακραίο σκηνικό άγχους και μπόρεσε να ανταπεξέλθει στις ανάγκες κάθε οχήματος. Παράλληλα παρουσιάζονται και αναλύονται και οι καταναλώσεις των δύο οχημάτων για μία επιπλέον ενημέρωση. Όσον αφορά το συμβατικό όχημα ο μέσος όρος κατανάλωσης σε ευρώ σε αστικό περιβάλλον ανέρχεται στα 1,83 ενώ σε υπεραστικό περιβάλλον στα 4,15. Στο αυτόνομη ηλεκτρικό όχημα οι καταναλώσεις είναι αντίστοιχα 0,52 και 1,86. Είναι φανερό λοιπόν ότι και στα δύο περιβάλλοντα το ηλεκτρικό όχημα αποτελεί οικονομικότερη λύση.

Είναι αξιοσημείωτο ότι παρατηρήθηκαν απρόσμενα αποτελέσματα στην έρευνα που πραγματοποιήθηκε καθώς μία νέα τεχνολογική εξέλιξη, αυτή της αυτόνομης οδήγησης, ήταν αναμενόμενο ότι θα παρουσίαζε σημαντικά ευρήματα. Ωστόσο αν και η μέθοδος που επιλέχθηκε παρείχε αξιόπιστα δεδομένα, για μελλοντικές μελέτες, προτείνεται η χρήση μεγαλύτερου δείγματος, καθώς και η διεξαγωγή διαχρονικής μελέτης που θα παρέχει πληρέστερη εικόνα των τάσεων.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Συμπεράσματα

Για να καταλήξουμε στα συμπεράσματα του πειράματος χρησιμοποιήσαμε τον στατιστικό έλεγχο two sample t-test. Με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ και τα αποτελέσματα που έδωσαν οι τύποι που είδαμε σε προηγούμενη ενότητα καταλήγουμε στα εξής ευρήματα:

- Οι min παλμοί σε αστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=(n_1+n_2-2)=(9+9-2)=16$ και $t_{score}=2,18$ δίνουν $p\text{-value}=0,04454$, δηλαδή το δείγμα είναι στατιστικά σημαντικό.
- Οι max παλμοί σε αστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=16$ και $t_{score}=0,04$ δίνουν $p\text{-value}=0,96859$, δηλαδή το δείγμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.
- Ο μέσος όρος παλμών σε αστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=16$ και $t_{score}=1,86$ δίνουν $p\text{-value}=0,08137$, δηλαδή το δείγμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.

- Η κατανάλωση σε αστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=(n_1+n_2-2)=(7+7-2)=12$ και $t_{score}=6,01$ δίνουν $p-value=0,00006$, δηλαδή το δείγμα είναι στατιστικά σημαντικό.
- Οι *min* παλμοί σε υπεραστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=(n_1+n_2-2)=(5+6-2)=9$ και $t_{score}=-1,21$ δίνουν $p-value=0,2571$, δηλαδή το δείγμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.
- Οι *max* παλμοί σε υπεραστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=9$ και $t_{score}=-0,65$ δίνουν $p-value=0,53193$, δηλαδή το δείγμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.
- Ο μέσος όρος παλμών σε υπεραστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=9$ και $t_{score}=-0,19$ δίνουν $p-value=0,85353$, δηλαδή το δείγμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.
- Η κατανάλωση σε υπεραστικό περιβάλλον σε αυτόνομο και συμβατικό όχημα με βαθμό ελευθερίας $df=(n_1+n_2-2)=(3+3-2)=4$ και $t_{score}=2,79$ δίνουν $p-value=0,04931$, δηλαδή το δείγμα είναι στατιστικά σημαντικό.

Συνεπώς καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι ελάχιστοι παλμοί του οδηγού διέφεραν όταν αυτός οδηγούσε συμβατικό και αυτόνομο όχημα σε αστικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα οι ελάχιστοι παλμοί που είχε ο οδηγός με το αυτόνομο όχημα είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από ότι αυτοί του συμβατικού οχήματος. Ο μέσος όρος των παλμών αλλά και οι μέγιστοι παλμοί δεν έδειξαν κάποια στατιστική σημαντικότητα, συνεπώς ο οδηγός δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει κάποια αγχωτική κατάσταση όταν έχει ο ίδιος τον έλεγχο του οχήματος ή όταν τον έλεγχο τον έχει το ίδιο το όχημα. Επιπλέον ένα ακόμα σημαντικό εύρημα της έρευνας αφορά τις καταναλώσεις των δύο οχημάτων. Πιο αναλυτικά μπορούμε να διαπιστώσουμε και μέσα από τον στατιστικό έλεγχο αλλά και μέσω των διαγραμμάτων ότι η κατανάλωση του καυσίμου με αυτόνομο ηλεκτρικό όχημα και στα δύο περιβάλλοντα είναι αισθητά χαμηλότερη.

5.2 Προτάσεις

Καθώς η τεχνολογική εξέλιξη προχωρά με ραγδαίους ρυθμούς και η ανάπτυξη της τεχνολογίας φέρνει στο προσκήνιο την χρήση των αυτόνομων ηλεκτρικών οχημάτων όλο και περισσότερο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μέσω της έρευνας που πραγματοποιήθηκε σχετικά με τα επίπεδα άγχους του οδηγού στην χρήση των δύο οχημάτων, δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει κάποιο σοβαρό πρόβλημα στην μετάβαση της αυτοματοποιημένης οδήγησης. Ωστόσο θεωρούμε ότι μία νέα τεχνολογία οδήγησης συχνά προβληματίζει και δημιουργεί αρνητικά συναισθήματα στους χρήστες. Συνεπώς μία τέτοια μετάβαση θα πρέπει να ακολουθηθεί από την αντίστοιχη ενημέρωση καθώς θα ήταν και αρκετά βοηθητικό να υπάρξουν πρακτικά μαθήματα για την χρήση τέτοιων οχημάτων. Με την ορθή καθοδήγηση των χρηστών, η νέα αυτή τεχνολογική εξέλιξη, η οποία είναι σε θέση να λύσει πολλά περιβαλλοντικά, κυκλοφοριακά και κοινωνικά ζητήματα, θα ενταχθεί ομαλά στην νέα καθημερινότητα των οδηγών χωρίς να προκαλέσει αρνητικά συναισθήματα και ακραίες καταστάσεις.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Antoun, M. et al. (2017) 'The acute physiological stress response to driving: A systematic review,' *PLoS ONE*, 12(10), p. e0185517.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185517>.
2. Arakawa, T. (2021) 'A review of heartbeat detection systems for automotive applications,' *Sensors*, 21(18), p. 6112.
<https://doi.org/10.3390/s21186112>.
3. Attaur-Rasool, S., Rahman, I.-U.- and Rehman, W.-U.- (no date) Use of Wearable Technology to Measure Influence of Driving Stress on Heart Rate of Professional Drivers. <https://doi.org/10.52206/jsmc.2020.10.1>.
4. Barka, R.E. and Politis, I. (2024) 'Driving into the future: A scoping review of smartwatch use for real-time driver monitoring,' *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 25, p. 101098.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101098>.
5. Brishtel, I. et al. (2021) 'To drive or to be driven? The impact of autopilot, navigation system, and printed maps on driver's cognitive workload and spatial knowledge,' *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), p. 668.
<https://doi.org/10.3390/ijgi10100668>.
6. Du, N. et al. (2020) 'Predicting driver takeover performance in conditionally automated driving,' *Accident Analysis & Prevention*, 148, p. 105748.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105748>.
7. Harsh S. et al. (2020) 'Effects of Anger and Display Urgency on Takeover Performance in Semi-automated Vehicles'
<https://doi.org/10.1145/3409120.3410664>
8. Huang, J. et al. (2024) 'Differences in driver takeover performance and physiological responses in conditionally automated driving: Links to emotional instability,' *Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 105, pp. 73–86. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.07.001>.

9. Kaiming H. et al. (2017) 'Mask R-CNN' 2017 IEEE International Conference on Computer Vision, Italy

<https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.322>

10. Li, M. et al. (2023) 'How much situation awareness does the driver have when driving autonomously? A study based on driver attention allocation,' *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 156, p. 104324.

<https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104324>.

11. MacDonald, E.A., Rose, R.A. and Quinn, T.A. (2020) 'Neurohumoral control of sinoatrial node activity and heart rate: insight from experimental models and findings from humans,' *Frontiers in Physiology*, 11.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00170>.

12. McCabe T. et al. (2020) 'The Effect of Heart Rate on Driving Style'

https://www.researchgate.net/publication/338698463_The_Effect_of_Heart_Rate_on_Driving_Style

13. Ortoncelli, L. Silva, O. R. P. Bellon, T. M. d. Oliveira and J. Daga, (2020) "Summarizing Driving Behavior to Support Driver Stress Analysis," 2020 15th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Buenos Aires, Argentina, 2020, pp. 587-591, doi: 10.1109/FG47880.2020.00058.

14. Su H. and Jia Y., "Study of Human Comfort in Autonomous Vehicles Using Wearable Sensors," in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 8, pp. 11490-11504, Aug. 2022, doi: 10.1109/TITS.2021.3104827.

15. Taherisadr, M. et al. (2018) 'ECG-based driver inattention identification during naturalistic driving using Mel-frequency cepstrum 2-D transform and convolutional neural networks,' *Smart Health*, 9–10, pp. 50–61.

<https://doi.org/10.1016/j.smhl.2018.07.022>.

16. Tavakoli, A. et al. (2023) 'How are drivers' stress levels and emotions associated with the driving context? A naturalistic study,' *Journal of Transport & Health*, 31, p. 101649. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101649>.

17. Tracy, J.L. and Randles, D. (2011) 'Four models of basic emotions: a review of Ekman and Cordaro, Izard, Levenson, and Panksepp and Watt,' *Emotion Review*, 3(4), pp. 397–405.

<https://doi.org/10.1177/1754073911410747>.

18. Yarwood, M. (no date) Russell's (1980) Circumplex Models.
<https://psu.pb.unizin.org/psych425/chapter/circumplex-models/>.

19. Θεοφιλάτος Α. (no date) 'Στατιστικός έλεγχος υποθέσεων'.
eClass Πανεπιστημίου Θεσσαλίας |(uth.gr)

20. Θεοχάρης, Δ. (2023, September 26). Πόσοι έχουν ηλεκτρικό αυτοκίνητο στην Ελλάδα; Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ.
<https://www.kathimerini.gr/life/auto/https://www.kathimerini.gr/life/auto/562637113/posoi-echoyn-ilektriko-aytokinito-stin-ellada//posoi-echoyn-ilektriko-aytokinito-stin-ellada/>

21. Τσιγκρής, Γ. (2013) 'Το νέο Clio διαπρέπει στην κλάση του'
https://www.gocar.gr/test-drives/test/10689,Renault_Clio_15_dCi.html.

22. Academy, B.B.D. (2023) 'Περιγραφική Στατιστική: Ορισμός, Είδη και Παραδείγματα,' *Big Blue Data Academy*, 23 February.
<https://bigblue.academy/gr/perigrafiki-statistiki>.

23. AthensVoice. (2023, October 12). Ηλεκτρικά αυτοκίνητα: Αύξηση πωλήσεων σύμφωνα με ΕΛΣΤΑΤ. AthensVoice.
<https://www.athensvoice.gr/life/autokinisi/819343/ilektrika-autokineta-auxisi-poliseon-sumfona-me-elstat/>

24. Electricity spot prices in Greece today, hour by hour (no date).
<https://www.energyprices.eu/electricity/greece>.

25. Google Maps (no date). Χάρτες Google

26. *newsauto.gr*. (2020, December 20). *Αυτή ήταν η πορεία των εργοστασίων αυτοκινήτων στην Ελλάδα*. *NewsAuto.gr*. <https://www.newsauto.gr/news/afti-itan-i-poria-ton-ergostasion-aftokiniton-stin-ellada/>

27. *Renault Clio IV Grandtour 1.5 Energy dCi (90 Hp) start&stop | Τεχνικά Χαρακτηριστικά, Κατανάλωση καυσίμου, Διαστάσεις* (no date). <https://www.auto-data.net/gr/renault-clio-iv-grandtour-phase-i-1.5-energy-dci-90hp-start-stop-18714>.

28. *Statology* (2024) *Welcome to Statology.org*. <https://www.statology.org/>.

29. *Tesla* (no date). https://www.tesla.com/el_GR/support/power-consumption (Accessed: June 9, 2024).

30. *Tesla Model 3 Performance AWD Price & Specifications - The Car Guide* (no date). <https://mobile.guideautoweb.com/en/specifications/tesla/model-3/performance-awd/2021/>.