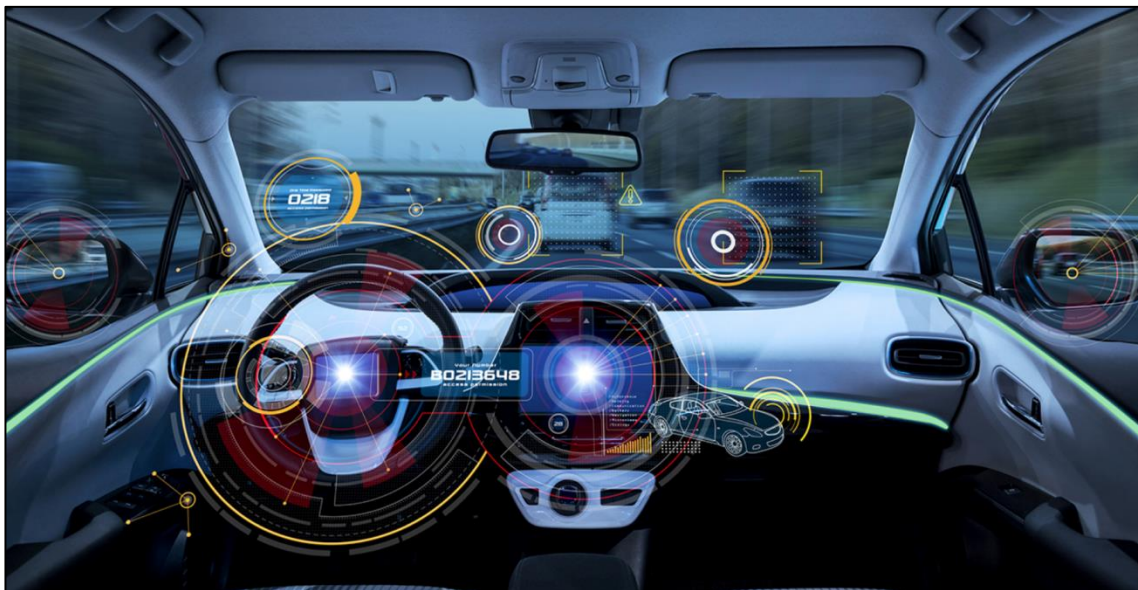




ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ
ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ»**



**ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 7356)
ΒΑΡΕΛΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ (Α.Μ. 7357)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΑΡΑΒΑΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και αναφέρεται στις «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ».

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή Αραβανή Θεοφάνη, ο οποίος με την κατάλληλη καθοδήγησή του μας βοήθησε στη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Επιπλέον θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα μέλη της επιτροπής. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας και τους φίλους μας για την υποστήριξή τους σε όλα τα χρόνια των σπουδών μας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουν επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Αποστολόπουλος Ιωάννης

Βαρελάς Χρήστος



.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη μελέτη τεχνολογιών αυτόνομων οχημάτων (autonomous vehicles), στις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η σύγχρονη επιστημονική έρευνα σε σχέση με την τεχνολογία αυτή, καθώς και στις προοπτικές που τα αυτόνομα οχήματα φαίνεται να διαθέτουν. Ενδεικτικά, θα μελετηθούν θέματα όπως τα ηλεκτρομηχανικά συστήματα κίνησης αυτόνομων οχημάτων, οι τεχνολογίες αυτοματισμού τους (με έμφαση στα συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης που ενσωματώνονται σε αυτά), οι διάφορες κατηγορίες αυτόνομων οχημάτων, καθώς και η σχέση των αυτόνομων οχημάτων με τα σύγχρονα έξυπνα δίκτυα (smart grids). Επιπροσθέτως, θα γίνει εκτενής αναφορά σε θέματα που αφορούν σε κοινωνικοοικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι συναρτώνται από την τεχνολογία αυτόνομων οχημάτων. Η διάρθρωση της εργασίας έχει ως εξής: το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στην εισαγωγή των αυτόνομων οχημάτων τόσο στην ιστορική αναδρομή, όσο και στα είδη, τα στάδια της αυτόνομης οδήγησης και τα πλεονεκτήματα. Το δεύτερο κεφάλαιο στην ενεργειακή διαχείριση και επικοινωνία, καθώς και στα έξυπνα συστήματα επικοινωνίας. Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στις τεχνολογίες για τον αυτοματισμό οχημάτων, το τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο στην τεχνητή νοημοσύνη και στις εφαρμογές και υλοποιήσεις και το πέμπτο κεφάλαιο στους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Στο έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται ένα ερωτηματολόγιο σχετικό με τα αυτόνομα αυτοκίνητα και τη στάση των ανθρώπων απέναντί τους, καθώς και στην προθυμία τους για την αγορά ενός. Επιπλέον, σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνεται η ανάλυση του ερωτηματολογίου και κάποια συνοπτικά συμπεράσματα από αυτή. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συγκεντρωτικά συμπεράσματα της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	16
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	16
1.2 ΓΕΝΙΚΑ	21
1.2.1 Τι είναι η αυτόνομη οδήγηση;	22
1.2.2 Περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται η αυτόνομη οδήγηση	24
1.3 ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	27
1.3.1 Το κόστος της οδήγησης	30
1.3.2 Η αξία του χρόνου του ταξιδιού/διαδρομής	30
1.4 ΕΙΔΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	31
1.4.1 Επίγεια οχήματα	32
1.4.2 Αυτόνομα θαλάσσια οχήματα	33
1.4.3 Αυτόνομα διαστημικά οχήματα και ρομπότ	35
1.4.4 Αυτόνομα εναέρια οχήματα	39
1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	40
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	42
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	42
2.2 ΠΩΣ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ Η ΦΟΡΤΙΣΗ	45
2.3 ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	46
2.4 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΉΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ (SMART GRIDS)	48
2.4.1 Αυτόματα συστήματα ενέργειας	49
2.5 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	51
2.6 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ	52
2.7 ΉΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ	53

2.7.1	Ευφείς ή έξυπνοι δρόμοι (IR).....	55
3.	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	57
3.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	57
3.2	GPS (ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ)	58
3.3	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	58
3.3.1	Τεχνολογία LIDAR	58
3.3.2	Τεχνολογία RADAR	59
3.3.3	Βίντεο (κάμερα CCTV για συλλογή οπτικής κατάστασης).....	60
3.3.4	Υπέρηχοι	61
3.4	Ελεγκτές πολλαπλών τομέων.....	61
3.5	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	61
4.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ (AI)	63
4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	63
4.2	ΑΞΙΟΣΗΜΕΙΩΤΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ AI/ML.....	65
4.3	ΠΩΣ ΒΟΗΘΑΕΙ Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	65
4.4	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	66
4.5	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ... 66	
4.5.1	Εύρεση της λωρίδας και αναγνώριση των σημάτων	66
4.5.2	Εντοπισμός εμποδίων	68
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	70
5.1	ΈΝΑ ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ: ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΟΛΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	70
5.1.1	Γενικά.....	70
5.1.2	Ανάπτυξη της τεχνολογικής πλατφόρμας.....	70
5.1.3	Πλοήγηση του αυτοκινήτου	71

5.1.4	Υπηρεσία πληροφοριών κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο	71
5.1.5	Οφέλη	72
5.2	ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΤΗΓΩΝ: ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΙ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ	72
5.2.1	Αυτόνομο Σύστημα Εφαρμογής Κινητικότητας	73
5.2.2	Μηχανική του αυτοματοποιημένου συστήματος οδήγησης.....	74
6.	ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ..	77
6.1	ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΟΙ ΤΟΠΙΚΕΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΙΣ ΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΟΥΝ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	77
6.1.1	Προτεινόμενος κυβερνητικός ρόλος σε αυτόνομα οχήματα.....	78
6.1.2	Δραστηριότητες βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού	79
6.2	Ο ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ	79
6.2.1	Οικονομία και αγορά	80
6.2.2	Κοινωνία.....	82
6.3	ΗΘΙΚΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ	83
6.3.1	Αποφυγή του ατυχήματος	84
6.4	ΜΕΛΛΟΝ	85
7.	ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	87
7.1	ΓΕΝΙΚΑ	87
7.2	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	88
7.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	89
7.3.1	Περιγραφική στατιστική αρχικών ερωτήσεων.....	89
7.3.2	Περιγραφική στατιστική κύριων ερωτήσεων	99
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	116
Ερωτήσεις ερωτηματολογίου	116
Ποσοστά ανά πόλη του ερωτηματολογίου.....	121

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AAV: Αυτόνομο εναέριο όχημα
AEV: Αυτόνομα ηλεκτρικά οχήματα
AI: Τεχνητή νοημοσύνη
ACM: Ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου
AGV: Αυτόνομο επίγειο όχημα
AHS: Αυτοματοποιημένα Συστήματα Αυτοκινητοδρόμων
AMAS: Αυτόνομο Σύστημα Εφαρμογής Κινητικότητας
AMI: Προηγμένη υποδομή μέτρησης
AMR: Τεχνολογίες αυτόματης ανάγνωσης μετρητών
APS : Αυτόνομο σύστημα ισχύος
AUV: Αυτόνομο υποβρύχιο όχημα
BASt: Γερμανικό Ινστιτούτο Ομοσπονδιακής Έρευνας Οδού
CAV: Συνδεδεμένα οχήματα υψηλής αυτοματοποίησης
CNN: «Convolutional» νευρωνικά δίκτυα
DA: Αυτοματισμός διανομής
DAM: Μονάδα απόκτησης δεδομένων
DSM: Τεχνολογία διαχείρισης από πλευράς ζήτησης
DSRC: Αποκλειστικές επικοινωνίες μικρής εμβέλειας
EPS: Μονάδα ηλεκτρονικής διεύθυνσης
EV: Ηλεκτρικά οχήματα
FHWA: Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αυτοκινητόδρομων
G2V: Σύνδεση από το δίκτυο στο αυτοκίνητο
GPS: Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης
GPU: Μονάδα επεξεργασίας γραφικών
ICV: Άμεση επικοινωνία
ITS: Ευφυές σύστημα μεταφορών
IVHS: Ευφυές σύστημα οχημάτων και αυτοκινητόδρομων
LIDAR: Ανίχνευση φωτός και εύρος
ML: Μηχανική μάθηση
NFV: Λειτουργία δικτύου
NLP: Επεξεργασία φυσικής γλώσσας
OCR: Οπτική αναγνώριση χαρακτήρων
PPM: Μονάδα σχεδιασμού διαδρομών
RDP: αλγόριθμος Ramer-Douglas-Peucker
SAV: Κοινόχρηστα αυτόνομα οχήματα
SMI: Έξυπνη μέτρηση και η υποδομή

SP: Έρευνα δεδηλωμένης προτίμησης
TCO: Συνολικό κόστος ιδιοκτησίας
UAV: Μη επανδρωμένο εναέριο όχημα
UGV: Μη επανδρωμένο επίγειο όχημα
USV: Μη επανδρωμένο επιφανειακό όχημα
UV: Μη επανδρωμένα οχήματα
UUV: Μη επανδρωμένα υποβρύχια οχήματα
VICS: Σύστημα πληροφοριών και επικοινωνίας οχημάτων
VOR: Αξία της αξιοπιστίας
VOT: Αξία του χρόνου ταξιδιού
V2G: Σύνδεση από το αυτοκίνητο στο δίκτυο
V2I: Επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων και των υποδομών
V2V: Επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων
ΠΟΥ: Παγκόσμιος οργανισμός υγείας

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Το πρώτο τηλεχειριζόμενο όχημα (Η.Π.Α 1921) [9]	18
Εικόνα 1.2: Τηλεχειριζόμενο όχημα σε «Παρέλαση Ασφάλειας» στις Η.Π.Α [10].....	19
Εικόνα 1.3: Αυτόνομη υπηρεσία στάθμευσης [26]	25
Εικόνα 1.4: Πλήρης αυτοματοποίηση χρησιμοποιώντας πρόγραμμα οδήγησης για εκτεταμένη διαθεσιμότητα [27]	26
Εικόνα 1.5: Τα 5 στάδια της αυτόνομης οδήγησης [28].....	28
Εικόνα 1.6: Πως λειτουργεί ένα αυτόνομο αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο είναι ένα μοντέλο της Lexus επεξεργασμένο από τη Google. [29].....	29
Εικόνα 1.7: Τι βλέπει ένα αυτοκίνητο [29].....	29
Εικόνα 1.8 Ένα μη επανδρωμένο επίγειο όχημα [35].....	32
Εικόνα 1.9: Αυτόνομο μη επανδρωμένο θαλάσσιο όχημα [36]	35
Εικόνα 1.10: Sputnik 1 [40]	37
Εικόνα 1.11: Το διαστημικό σκάφος Mariner 5 καθ 'οδόν προς τον πλανήτη Αφροδίτη [42] .	38
Εικόνα 1.12: Αυτόνομο επανδρωμένο εναέριο όχημα [44]	40
Εικόνα 2.1: Φόρτιση αυτόνομων οχημάτων [53]	45
Εικόνα 2.2: Βύσματα καλωδίων φόρτισης [54]	46
Εικόνα 2.3: Υπερ-φορτιστές της Tesla [56]	46
Εικόνα 3.1: Αυτοκινούμενοι αισθητήρες αυτοκινήτου και το εύρος τους [83]	60
Εικόνα 6.1: Πρόβλεψη παγκόσμιας αγοράς για εγγεγραμμένα οχήματα με εφαρμογές IoT [101].....	80
Εικόνα 6.2:Εξέλιξη της σύνδεσης των αυτόνομων αυτοκινήτων [103].....	81
Εικόνα 7.1: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου	88
Εικόνα 7.2: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου	89
Εικόνα 7.3: Ποσοστιαία κατανομή φύλου	90
Εικόνα 7.4: Ποσοστιαία κατανομή ηλικίας	90
Εικόνα 7.5: Κατοχή διπλώματος οδήγησης.....	91
Εικόνα 7.6: Κατοχή αυτοκινήτου	91
Εικόνα 7.7: Άτομο με ειδικές ανάγκες.....	92
Εικόνα 7.8: Ποσοστιαία κατανομή εκπαιδευτικού επιπέδου	92
Εικόνα 7.9: Ποσοστιαία κατανομή ατομικού εισοδήματος.....	93
Εικόνα 7.10: Εργασιακή κατάσταση	94
Εικόνα 7.11: Μηνιαίο κόστος μετακίνησης.....	94
Εικόνα 7.12: Χρήση τεχνολογικών προϊόντων.....	95
Εικόνα 7.13: Κατοχή smartphone	95
Εικόνα 7.14: Γνώση των αυτόνομων οχημάτων	96
Εικόνα 7.15: Χρόνια οδήγησης.....	96
Εικόνα 7.16: Λόγος συνηθισμένης μετακίνησης	97
Εικόνα 7.17: Ικανοποίηση από τον τρέχον τρόπο μετακίνησης	98

Εικόνα 7.18: Οδήγηση αυτόνομου οχήματος	98
Εικόνα 7.19: Αγορά αυτόνομου οχήματος	99
Εικόνα 7.20: Ερώτηση ως προς την τεχνολογία.....	100
Εικόνα 7.21: Ερώτηση ως προς την οδήγηση	100
Εικόνα 7.22: Ερώτηση ως προς την ασφάλεια της οδήγησης.....	101
Εικόνα 7.23:Ερώτηση ως προς το περιβάλλον	102
Εικόνα 7.24: Ερώτηση ως προς το περιβάλλον και τα αυτόνομα αυτοκίνητα	102
Εικόνα 7.25:Ερώτηση ως προς την ασφάλεια στα αυτόνομα αυτοκίνητα	103

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυτόνομη οδήγηση είναι ένα δημοφιλές θέμα συζήτησης στα σημερινά μέσα. Οι διακηρύξεις επιτυχίας από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων, τους συνεργάτες του συστήματος και οι εταιρείες των οποίων τα επιχειρηματικά μοντέλα προέρχονται από άλλους τομείς συνεχίζουν να τροφοδοτούν τη συζήτηση. Μέχρι και πριν από μερικά χρόνια δε μπορούσε να προβλεφθεί με ακρίβεια ο χρονικός ορίζοντας όπου η αυτόνομη οδήγηση θα ήταν τελικά εφικτή. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μια εισαγωγή στην αυτόνομη οδήγηση, στα στάδιά της, στα είδη των αυτόνομων οχημάτων και στα πλεονεκτήματά τους.

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η γοητεία με την υπόσχεση της αυτονομίας της αυτοκινητοβιομηχανίας βασίζεται ιστορικά κυρίως στον έλεγχο των ανθρώπινων οδηγών για το πεντάλ γκαζιού, το τιμόνι και τα φρένα. Η οδήγηση ενός αυτοκινήτου είναι ο μόνος τομέας όπου η αγάπη για τη δύναμη και τη φαντασία εξακολουθεί να έχει ελεύθερο έλεγχο, παρατήρησε ο σημειολόγος Roland Barthes το 1963 [1]. Ο κοινωνιολόγος Henri Lefebvre τόνισε επίσης ότι το αυτοκίνητο ήταν το τελευταίο καταφύγιο τύχης και κινδύνου σε μια όλο και περισσότερο ελεγχόμενη και διαχειριζόμενη κοινωνία [2].

Κρυμμένη σε αυτόν τον κίνδυνο, ωστόσο, δεν είναι μόνο η ελευθερία: υπάρχει επίσης η απειλή των θανατηφόρων ατυχημάτων. Υπό αυτήν την έννοια, το αυτοκίνητο τρέχει τόσο, όσο και «ο σπόρος της ουτοπίας της νεωτερικότητας», όπως τόνισε ο πολιτιστικός επιστήμονας Käte Meyer-Drawe [3].

Το όραμα του ανθρώπου να οδηγεί τον εαυτό του, συνεπώς, συνοδεύτηκε νωρίς από το όνειρο των αυτοκινούμενων αυτοκινήτων που μας φέρνουν με ασφάλεια στον επιθυμητό προορισμό μας. Είναι εκπληκτικό το γεγονός ότι η εκπλήρωση αυτής της επιθυμίας παρέμενε πάντα 20 χρόνια μακριά για σχεδόν τα τελευταία 100 χρόνια [4]. Μεταξύ ενός αυτοκινήτου που ελέγχεται από έναν οδηγό και ενός αυτοκινήτου που μεταφέρει επιβάτες, υπάρχει προφανώς όχι μόνο ένα τεχνολογικό διάλειμμα, αλλά πάνω απ' όλα ένα πολιτιστικό. Τα οχήματα χωρίς οδηγό έχουν διαδραματίσει πρωταρχικό ρόλο στις φαντασίες της τεχνολογίας και η ιστορία τους είναι σε μεγάλο βαθμό εικονογραφημένη.

Η ιστορία του αυτοκινήτου χωρίς οδηγό ξεκινά στις ΗΠΑ το πρώτο μισό του εικοστού αιώνα. Αυτή τη στιγμή, η απότομη αύξηση των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων έγινε κοινωνικό πρόβλημα. Η μαζική αυτοκινητοβιομηχανία είχε αρχίσει στις ΗΠΑ ήδη από τη δεκαετία του 1920, δηλαδή τρεις δεκαετίες νωρίτερα από ό, τι στην Ευρώπη. Περισσότεροι Αμερικανοί σκοτώθηκαν σε αυτοκινητιστικά ατυχήματα τα πρώτα τέσσερα χρόνια μετά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, από ό,τι συνολικά στη Γαλλία μέχρι εκείνο το σημείο [5]. Συνολικά, οι μηχανοκίνητες οδικές μεταφορές οδήγησαν σε τυχαίους θανάτους περίπου 200.000 πολιτών των ΗΠΑ τη δεκαετία του 1920 και μακράν ο μεγαλύτερος αριθμός από αυτούς ήταν πεζοί.

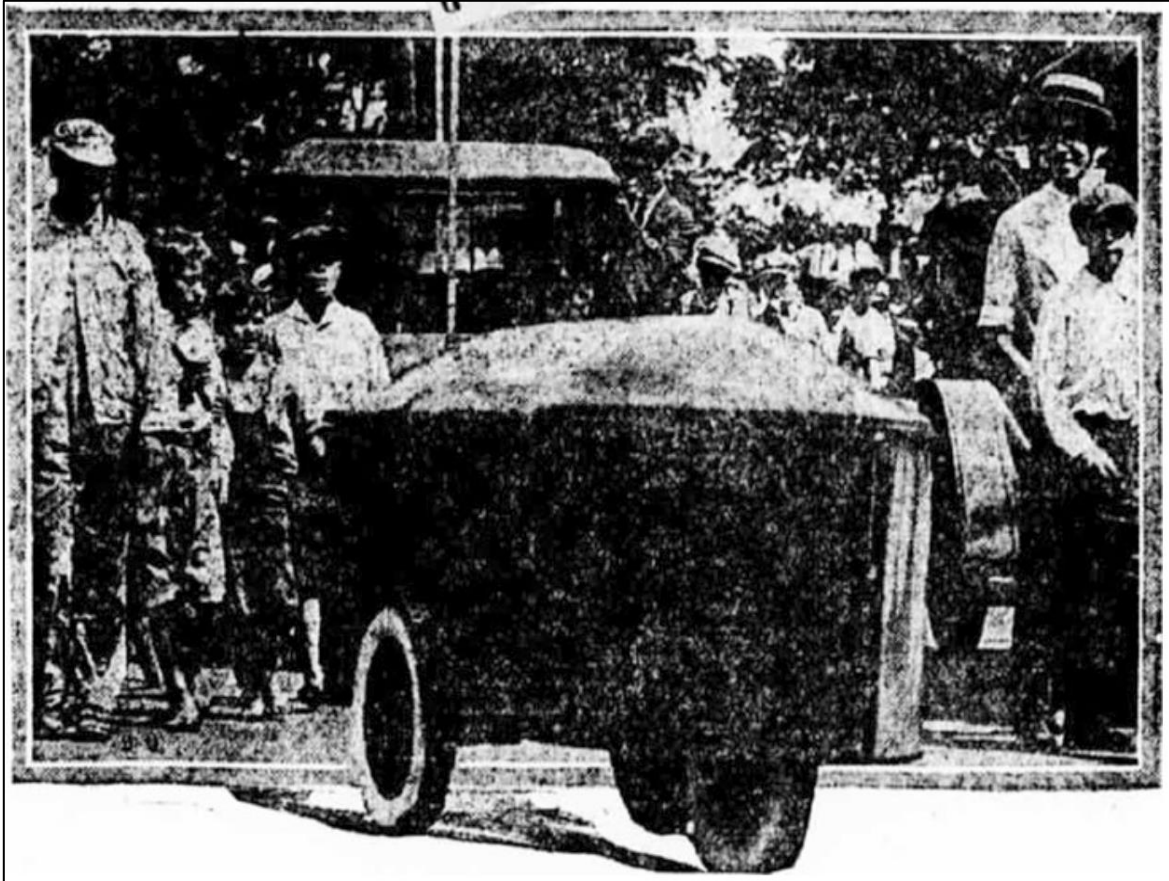
Το σφάλμα του οδηγού θεωρήθηκε ως η κύρια αιτία των ατυχημάτων. Αυτή η υποδομή και ο σχεδιασμός των οχημάτων είναι επίσης κρίσιμοι παράγοντες στη μορφή των ατυχημάτων και η σοβαρότητα ελάχιστα αναγνωρίστηκε αρχικά. Η ιδέα της υποκατάστασης των ανθρώπων που είναι επιρρεπείς σε σφάλματα με την τεχνολογία προτάθηκε έτσι πρακτικά. Δύο νέες τεχνολογικές εξελίξεις από τους τομείς της αεροπλοΐας και της μηχανικής του ραδιοφώνου ανήκαν στις υλικές συνθήκες όπου θα έκαναν κατανοητό για πρώτη φορά ένα αυτοκινούμενο όχημα χωρίς ατυχήματα.

Πρώτον, στο Bezons κοντά στο Παρίσι, τον Ιούνιο του 1914, ο Lawrence B. Sperry (1892–1923) παρουσίασε τον πρώτο γυροσκοπικό Σταθεροποιητή Αεροπλάνου, ο οποίος σήμερα θεωρείται ως ο πρώτος αυτόματος πιλότος. Πριν από τα μάτια των έκπληκτων θεατών, ο μηχανικός του ανέβηκε στη δεξιά πτέρυγα κατά τη διάρκεια της πτήσης, ενώ στο πιλοτήριο ο Sperry σηκώθηκε και σήκωσε τα χέρια του πάνω από το κεφάλι του. Το σύστημα βασίστηκε στη γυροσύνδεση, την οποία είχε εφεύρει ο πατέρας του Elmer A. Sperry (1860-1930) [6]. Εξισορρόπησε αυτόματα το αεροσκάφος, το οποίο αν και δεν απαλλάσσει πλήρως τον χειριστή από τα καθήκοντα διεύθυνσης. Ο John Hays Hammond (1888– 1965) εισήγαγε ένα σύστημα αυτόματης σταθεροποίησης περίπου την ίδια περίοδο. Οι εφευρέσεις των Sperry και Hammond άνοιξαν το δρόμο για την εμπορευματοποίηση των αυτόματων πιλότων [7].

Δεύτερον, η τεχνολογία του ραδιοφώνου ήταν μία από τις τεχνικές απαιτήσεις που απαιτούνταν για να είναι σε θέση να δημιουργηθεί ένα αυτο-οδηγούμενο όχημα. Η νέα επιστήμη της ραδιοφωνικής καθοδήγησης ασχολήθηκε με το τηλεχειριστήριο των κινούμενων μηχανισμών μέσω ραδιοκυμάτων [8]. Αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε, μεταξύ άλλων, από τον αμερικανικό στρατό, ο οποίος πειραματιζόταν με τηλεχειριζόμενες τορπίλες, πλοία και αεροσκάφη.

Αυτά τα πρωτοποριακά έργα οδήγησαν στο πρώτο αυτοκίνητο χωρίς οδηγό, το οποίο οι μηχανικοί της Radio Air Service παρουσίασαν στο κοινό στη δοκιμαστική βάση της αεροπορικής δύναμης McCook στο Ντέιτον του Οχάιο στις 5 Αυγούστου του 1921.

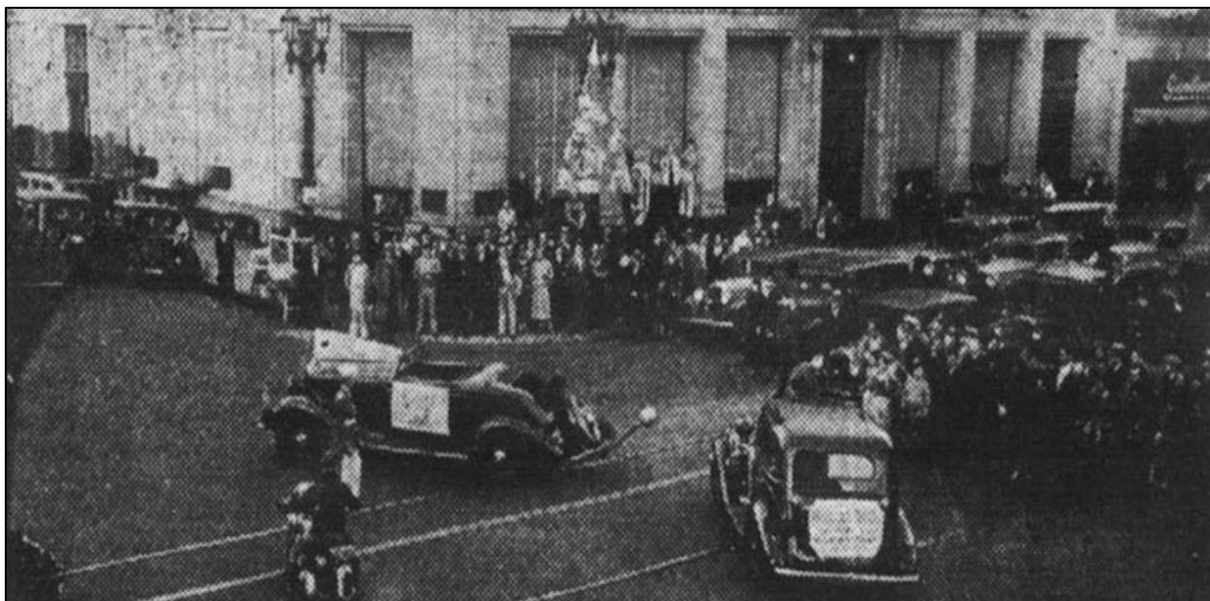
Το αυτοκίνητο μήκους 2,5 μέτρων (Εικόνα 1.1: Το πρώτο τηλεχειριζόμενο όχημα (Η.Π.Α 1921)) ελέγχθηκε μέσω ραδιοφώνου από ένα στρατιωτικό φορτηγό που οδηγούσε 30 μέτρα πίσω. Από τεχνικής απόψεως, λοιπόν, αυτό δεν ήταν αυτόνομο αυτό-όχημα, αλλά μάλλον τηλεχειριζόμενο, ακριβώς επειδή ο οδηγός ήταν έξω από το αυτοκίνητο. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι ότι η ιστορία των αυτοκινήτων χωρίς οδηγό συνδέεται με το στρατό.



Εικόνα 1.1: Το πρώτο τηλεχειριζόμενο όχημα (Η.Π.Α 1921) [9]

Το 1925 ένα άλλο τηλεχειριζόμενο αυτοκίνητο που ονομάζεται American Wonder προκάλεσε αίσθηση καθώς οδηγούσε στο Broadway της Νέας Υόρκης. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία ελέγχου ραδιοφώνου Houdina. Η στρατιωτική τεχνολογία έπαιξε επίσης ρόλο εδώ. Ο Francis P. Houdina είχε εργαστεί ως ηλεκτρολόγος μηχανικός στον αμερικανικό στρατό. Το American Wonder κατευθύνθηκε επίσης με τηλεχειριστήριο από ένα δεύτερο όχημα.

Τη δεκαετία του 1930, εμφανίστηκαν στο κοινό διάφορα παρακλάδια αυτών των τηλεχειριζόμενων αυτοκινήτων. Από τη μία πλευρά θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν ως εμπορικά διαφημιστικά οχήματα, λόγω των αξιοσημείωτων ιδιοτήτων τους όσον αφορά την οικονομία της προσοχής. Από την άλλη πλευρά, διαδραμάτισαν πρωταγωνιστικό ρόλο στις λεγόμενες «Παρελάσεις Ασφάλειας» (Εικόνα 1.2: Τηλεχειριζόμενο όχημα σε «Παρέλαση Ασφάλειας» στις Η.Π.Α) για την ασφάλεια των οδικών μεταφορών.



Εικόνα 1.2: Τηλεχειριζόμενο όχημα σε «Παρέλαση Ασφάλειας» στις Η.Π.Α [10]

Το όχημα χωρίς οδηγό ήταν σχεδόν τέλεια κατάλληλο για εκστρατείες ασφαλείας. Με αφορμή μια εκστρατεία για την ασφάλεια της οδήγησης, τονίστηκε ότι η ασφάλεια των σύγχρονων αυτοκινήτων εξαρτάται από τον οδηγό. Επειδή το αυτοκίνητο χωρίς οδηγό τηρούσε όλους τους κανόνες κυκλοφορίας, θα χρησίμευε ως παράδειγμα για τους οδηγούς αυτοκινήτων.

Δεν ήταν μόνο οι λογοτεχνικές και οι κινηματογραφικές φαντασιώσεις που περιβάλλανε το αυτοκίνητο χωρίς οδηγό τα πρώιμα χρόνια της ιδέας. Περίπου την ίδια στιγμή, στα μέσα της δεκαετίας του 1930 οι αμερικανικές βιομηχανίες πετρελαίου και αυτοκινήτων άρχισαν να εργάζονται σε υπερσύγχρονα σχέδια για τους αυτοκινητόδρομους του μέλλοντος μαζί με πολεοδόμους, βιομηχανικούς σχεδιαστές, αρχιτέκτονες, ερευνητές μεταφορών και υπεύθυνους πολιτικής χάραξης [4]. Εκείνη τη στιγμή, η αυτόματη οδήγηση απομακρύνθηκε από τις πρώτες προσπάθειες του τηλεχειρισμού και αναβαθμίστηκε σε μια κατευθυντήρια αρχή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος μεταφοράς. Η ιδέα του αυτοματοποιημένου δρόμου προβαλλόταν σε πραγματικά τοπία, αν και δεν είχε προγραμματιστεί μια άμεση εφαρμογή.

Το Μάιο του 1938, το *Popular Science* ανέφερε για πρώτη φορά την αυτόματη μεταφορά του μέλλοντος [11]. Ο συγγραφέας εισήγαγε το λεγόμενο όραμα του διασυνδεδεμένου μέσω καλωδίωσης οδηγού, το οποίο επρόκειτο να παραμείνει μια πολιτιστική κατευθυντήρια αρχή μέχρι τη δεκαετία του 1970. Όλα τα οχήματα έπρεπε να ακολουθήσουν ένα ηλεκτρομαγνητικό σύρμα βυθισμένο στην επιφάνεια του δρόμου του οποίου η ώθηση θα ρύθμιζε την ταχύτητα και το τιμόνι. Ιδανικά, αυτό το πρόωρο όραμα προέβλεπε τη μετάβαση από το χειροκίνητο στον αυτόματο έλεγχο. Ο McClintock ήταν ένας από τους σημαντικότερους εγκέφαλους του σχεδιασμού των μεταφορών των ΗΠΑ [5]. Στη διδακτορική του διατριβή, είχε αναλύσει τις αιτίες της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των ατυχημάτων ήδη από το 1925, και ανέπτυξε νέους κανονισμούς κυκλοφορίας και έργα οδοποιίας [12].

Σημαντική ώθηση για την αυτόματη οδήγηση δόθηκε από μια μεγάλη εταιρεία πετρελαίου. Την άνοιξη του 1937, η Shell έφερε σε επαφή τον McClintock μαζί με τον Bel Geddes, τον πρωτοπόρο του εξορθολογισμού. Για μια διαφήμιση της Shell, επρόκειτο να σχεδιαστεί ένα μοντέλο της πόλης του αύριο. Ο Bel Geddes [4] είχε ήδη γράψει για την αστικοποίηση και το σχεδιασμό του αυτοκινήτου στο βιβλίο του

Horizons το 1932, αλλά ήταν η δουλειά της Shell που τον ανάγκασε να αναπτύξει το όραμα των αυτόματων αυτοκινητοδρόμων. Τον Μάιο του 1938, κατάφερε να πείσει την GM να αναπτύξει περαιτέρω το μοντέλο της Shell για την Παγκόσμια Έκθεση της Νέας Υόρκης του 1939.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1950, πραγματικές πρακτικές εφαρμογές προστέθηκαν στα ουτοπικά οράματα που είχαν φανταστεί σε ταινίες, εικόνες και λέξεις, καθώς και στα πειραματικά συστήματα τεχνολογίας. Το Popular Science αναφέρθηκε το 1954 σε ένα «Εκπαιδευμένο πεντάλ αερίου», το «Speed-o-Stat», που αναπτύχθηκε από τον Ralph Teetor (1890–1982). Αυτός ο αυτόματος ρυθμιστής ταχύτητας και περιοριστής σύντομα ήρθε για να απολαύσει μεγάλη δημοτικότητα με τα ονόματα «Tempomat» ή Cruise «Control». Το περιοδικό παρουσίασε το σύστημα ως ορόσημο στο δρόμο για την αυτόματη οδήγηση, τοποθετώντας το σε μια μεγαλύτερη κίνηση προόδου [13]. Στην πραγματικότητα, αυτό το κίνημα κατευθυνόταν προς μια άλλη κατεύθυνση. Με την ανάπτυξη του Tempomat, το αυτοκίνητο, που οδηγείται αυτόματα σε πιο μειωμένη και εξατομικευμένη μορφή, αποσπάρθηκε από τη μεγάλη όψη των αυτόματων αυτοκινητοδρόμων. Το Tempomat αποτέλεσε έτσι ένα μοντέλο για συστήματα υποστήριξης του οδηγού.

Ένα άρθρο της Popular Science από το 1958 αναφέρει ότι η Chrysler ανέπτυξε ένα νέο «supergadget», έναν «αυτόματο πιλότο» [14]. Δεν υπήρχε πλέον καμία συζήτηση για αυτόματη μεταφορά, το ουτοπικό όραμα είχε συρρικνωθεί και συμπυκνωθεί σε ένα προϊόν που ήταν άμεσα διαθέσιμο.

Το 1977, η ομάδα του Sadayuki Tsugawa από το Εργαστήριο Μηχανολόγων Μηχανικών στο Tsukuba της Ιαπωνίας, παρουσίασε το πρώτο οπτικά καθοδηγούμενο αυτόνομο όχημα που θα μπορούσε να εγγράψει και να επεξεργαστεί (επί του σκάφους) φωτογραφίες πλευρικών οδών στο δρόμο μέσω δύο φωτογραφικών μηχανών. Το αυτοκίνητο μπόρεσε να κινηθεί με ταχύτητα 10 km / h [15]. Δεν είχε καμία λειτουργία ανίχνευσης της σήμανσης της λωρίδας.

Ο Hans Moravec από το εργαστήριο τεχνητής νοημοσύνης στο Πανεπιστήμιο του Στάνφορντ στις ΗΠΑ ερεύνησε την πλοήγηση ρομπότ από το 1973 έως το 1981, για το οποίο χρησιμοποίησε το Stanford Cart, ένα πειραματικό όχημα με τέσσερα ελαστικά ποδηλάτων. Τον Οκτώβριο του 1979, με τη βοήθεια της τηλεοπτικής κάμερας (όχι των υπολογιστών που απαιτούνται), το όχημα κατάφερε να μετακινηθεί μέσα από ένα δωμάτιο γεμάτο με καρέκλες χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. «Το σύστημα ήταν αξιόπιστο για μικρές διαδρομές, αλλά αργό [16].

Ταυτόχρονα, η άνοδος της μικροηλεκτρονικής οδήγησε στην αύξηση της χρήσης ηλεκτρονικών στην τεχνολογία οχημάτων (ψεκασμός καυσίμου, ανάφλεξη), έως την κυκλοφορία του πρώτου ενσωματωμένου υπολογιστή (ολοκληρωμένος έλεγχος) στη BMW 7 (E23). Η εποχή των ενεργών συστημάτων υποστήριξης του οδηγού που επεμβαίνουν άμεσα στη διαδικασία οδήγησης ξεκίνησε με την εισαγωγή του ABS το 1978.

Η ιδέα της αυτόνομης οδήγησης κέρδισε δυναμική με το πρόγραμμα EUREKA για μια ευρωπαϊκή κυκλοφορία υψηλής απόδοσης και ασφάλειας (PROMETHEUS) της Ευρωπαϊκής Ένωσης (1987-1994). Στην αρχή, η βιομηχανία είχε μια προτίμηση για την πλευρική καθοδήγηση των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από καλώδια στο δρόμο, όπως ήταν γνωστό από τη δεκαετία του 1930. Ωστόσο, η ομάδα του Dickmanns έπεισε με επιτυχία τη βιομηχανία να προνοήσει την έννοια της μηχανικής όρασης που θα επέτρεπε τον εντοπισμό εμποδίων και θα απέφευγε το πρόσθετο κόστος στην υποδομή [17].

Το 1995, τα μέλη του NavLab του Πανεπιστημίου Carnegie Mellon στις ΗΠΑ παρουσίασαν ένα μερικώς αυτόνομο όχημα που οδήγησε από το Πίτσμπουργκ στο

Σαν Ντιέγκο («Χωρίς χέρια στην Αμερική»). Χρησιμοποίησαν επίσης μια προσέγγιση με τη βάση ότι το σύστημα διεύθυνσης θα βασιζόταν σε εικόνες από κάμερες στο δρόμο. Ωστόσο ένας άνθρωπος οδηγός θα έπρεπε να ελέγξει τα φρένα και την επιτάχυνση.

1.2 ΓΕΝΙΚΑ

Η έρευνα για τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα εξακολουθούσε και εξακολουθεί να οδηγείται από πολλούς λόγους. Παρόλο που ο αριθμός των θανάτων από ατυχήματα στην Ευρώπη μειώνονται σχεδόν κάθε χρόνο [18], ο εκτιμώμενος παγκόσμιος αριθμός είναι αρκετός για μια περαιτέρω αύξηση της ασφάλειας του συστήματος των μεταφορών. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ, 1,35 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως πεθαίνουν σε τροχαία ατυχήματα κάθε χρόνο [19].

Το πόσο χρειάζεται ένας οδηγός ή ένας δυνητικός χρήστης βοήθεια, βρίσκεται στο επίκεντρο οποιουδήποτε συγκεκριμένου συστήματος οχημάτων. Επιπλέον, αντιμετωπίζει μια δραστηριότητα που είναι κουραστική και σκοτώνει οποιαδήποτε ευχαρίστηση στην οδήγηση (π.χ στάση και κίνηση, μεγάλες εκτάσεις στους αυτοκινητόδρομους). Κάποιος που είναι προσωρινά ανίκανος να οδηγήσει, λόγω επήρειας φαρμάκων, ή κούρασης ή είναι απλά πολύ απρόσεκτος για ενεργή οδήγηση θα μπορούσε να χρειάζεται βοήθεια. Υπάρχει ανάγκη για βοήθεια επίσης σε ανθρώπους λόγω μειωμένων ικανοτήτων, λόγω ασθένειας ή γήρατος ή ασθενών μυών ή οστών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η αυτόνομη ικανότητα οδήγησης ενός αυτοκινήτου ανοίγει νέες ευκαιρίες για την ατομική κινητικότητα.

Η πλήρως αυτοματοποιημένη οδήγηση προσφέρει τις μεγαλύτερες δυνατότητες βελτιστοποίησης της κυκλοφοριακής ροής. Μέχρι στιγμής το πιο γνωστό ευρωπαϊκό πρόγραμμα αυτοματισμού οχημάτων του περασμένου αιώνα έχει ήδη δείξει αυτόν τον στόχο. Το πρόγραμμα για μια ευρωπαϊκή κυκλοφορία με υψηλότερη απόδοση και άνευ προηγουμένου ασφάλεια» (Προμηθεάς εν συντομία) [20]. Πιο πρόσφατα έργα έχουν δείξει τεχνικές λύσεις ειδικά σχεδιασμένες για την αύξηση της ροής της κυκλοφορίας.

Η σημασία της ικανότητας της αυτόνομης οδήγησης για επαγγελματικά οχήματα αξίζει ιδιαίτερη προσοχή. Το δυναμικό που διαθέτει η αυτόνομη κυκλοφορία οχημάτων για μια εκτεταμένη αναμόρφωση του συστήματος μεταφορών δεν έχει ακόμη ερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό. Τα τελευταία τρία χρόνια ωστόσο παρατηρείται μια πιο εκτεταμένη έρευνα.

Η αυτο-οδήγηση ή τα αυτόνομα οχήματα, ένας πολυαναμενόμενος καταλύτης για αλλαγή, αναδύονται γρήγορα από τον ιδιωτικό τομέα. Τα αυτόνομα οχήματα αντιπροσωπεύουν μια σημαντική στιγμή στην ανάπτυξη των μεταφορών. Εάν ενθαρρυνθεί σωστά, αυτή η καινοτομία υπόσχεται όχι μόνο τη βελτίωση των οδικών ταξιδιών και τη δημιουργία τεράστιων οφελών σε ταξιδιώτες, φορτωτές και εταιρείες παράδοσης, αλλά θα ωφελήσει ολόκληρη την οικονομία μειώνοντας τη συμφόρηση και ουσιαστικά εξαλείφοντας σε μεγάλο βαθμό τα ατυχήματα οχημάτων. Επιπλέον, αν και είναι πιθανό να αναμειχθούν οι επιπτώσεις των αυτόνομων οχημάτων στη χρήση γης, στην απασχόληση, σε άλλους τρόπους ταξιδιού και στη δημόσια χρηματοδότηση, οι αρνητικές επιπτώσεις γενικά υπερεκτιμώνται, επειδή αγνοούν εύλογες προσαρμογές από το κοινό και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής που θα μπορούσαν να βελτιώσουν. Όπως σημειώνει ο Bowler P. J. (2017) στην περίπτωση των αερομεταφορών, ήδη από τη δεκαετία του 1920 οι σκεπτικιστές εξακολουθούν να χλευάζουν ολόκληρη την ιδέα μιας εμπορικά βιώσιμης αεροπορικής βιομηχανίας. Οι γρήγορες τεχνικές εξελίξεις επέτρεψαν σύντομα να απορριφθούν τα επιχειρήματά

τους. Ωστόσο, μέχρι το 1937, ο Sir Harold Harley έλεγε στο κοινό του BBC ότι δε θα μπορούσαν να προβλεφθούν σημαντικές καινοτομίες στην τεχνολογία των αερομεταφορών [21].

Παρομοίως, τα αυτόνομα οχήματα έχουν προσελκύσει αρκετούς, που ισχυρίζονται ότι η τεχνολογία δε θα μπορεί ποτέ να λειτουργήσει αρκετά αποτελεσματικά για να βελτιώσει σημαντικά τη μεταφορά των αυτοκινητοδρόμων ή ότι θα χρειαστεί πολύς χρόνος έως ότου τα οχήματα αυτά να χρησιμοποιηθούν κανονικά και ότι ακόμη και τότε, είναι πιθανό να αυξήσουν τα ταξίδια και τελικά την επιδείνωση της συμφόρησης. Ο Litman T. (2019) συνοψίζει διάφορες αμφιβολίες σχετικά με τα αυτόνομα οχήματα [22].

Ο ανταγωνισμός και η συνεργασία που εξελίσσεται στην αυτόνομη βιομηχανία οχημάτων είναι άνευ προηγουμένου στο παγκόσμιο πεδίο της εφαρμογής του. Η τεχνολογία έχει προχωρήσει πολύ και συνεχίζει να προχωρά με ταχύ ρυθμό. Τα κίνητρα για να επιτύχουν οι συμμετέχοντες στη βιομηχανία και το κόστος της αποτυχίας είναι τεράστια. Είναι πιθανό ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ των πόλεων, των πολιτειών, ακόμη και των χωρών θα αναπτυχθεί και θα παρέχει κίνητρα στους υπεύθυνους πολιτικής χάραξης να θεσπίσουν πολιτικές που επιταχύνουν την υιοθέτηση και την αποτελεσματική λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων.

1.2.1 Τι είναι η αυτόνομη οδήγηση;

Τα αυτόματα συστήματα ελέγχου εισήχθησαν πολύ πριν από το δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και η μελέτη αυτών των συστημάτων ήταν πρωτοπόρος, μεταξύ άλλων, από τους Αμερικανούς μηχανικούς Χάρι Νίκιστ και Χέρμαν Μπόντε. Σχεδόν πάντα περιλαμβάνουν την αρχή του ελέγχου ανατροφοδότησης και έχουν εξελιχθεί από τη θεωρία των σερβομηχανισμών, όπως ήταν γνωστοί τις πρώτες μέρες. Επί του παρόντος, υπάρχει σημαντικό ενδιαφέρον για το θέμα των αυτόνομων συστημάτων ελέγχου και συχνά η διαφορά μεταξύ των νεότερων αυτόνομων συστημάτων ελέγχου και των κλασικών συστημάτων αυτόματου ελέγχου είναι ασαφής. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί με σαφήνεια η διαφορά και επίσης τα μοναδικά χαρακτηριστικά των αυτόνομων συστημάτων ελέγχου.

Πρώτον, τα αυτόνομα συστήματα προκύπτουν από μια συνέργεια διαφόρων αλληλοεπιδρώντων υποσυστημάτων. Η αρχή της συνέργειας είναι ότι το άθροισμα είναι μεγαλύτερο από τα μέρη. Ένα τυπικό παράδειγμα είναι το κινητό τηλέφωνο, το οποίο παρέχει μια σειρά λειτουργιών όταν συναρμολογούνται όλα τα αλληλοεπιδρώντα υποσυστήματα, ώστε να διευκολύνεται η σωστή αλληλεπίδραση μεταξύ των υποσυστημάτων. Σε ένα κλασικό σύστημα αυτόματου ελέγχου, η λήψη αποφάσεων πραγματοποιείται εκτός του ελεγκτή. Γενικά, ο ελεγκτής βρίσκεται υπό την επίβλεψη του χειριστή υπό την έννοια ότι τα καθορισμένα σημεία και σχέδια καθορίζονται από τον χειριστή. Δεν υπάρχει δυνατότητα επίγνωσης της κατάστασης ή του χώρου και είναι επίσης γενικά αλήθεια ότι ο ελεγκτής έχει περιορισμένη εξουσία. Ένα κλασικό σύστημα αυτόματου ελέγχου παρακολουθεί ένα δεδομένο καθορισμένο σημείο ή ένα σχέδιο, μια ταξινομημένη συλλογή καθορισμένων σημείων. Έτσι, η παρακολούθηση μιας επιθυμητής ακολουθίας καθορισμένων σημείων ή μιας εντολής τροχιάς μπορεί να αναμένεται από ένα τέτοιο σύστημα.

Στην περίπτωση ενός αυτόνομου συστήματος ελέγχου, η λήψη των αποφάσεων εμπίπτει στην αρμοδιότητα του ελεγκτή. Ο ελεγκτής δεν είναι υπό την επίβλεψη ενός χειριστή και είναι γενικά αλήθεια ότι τα καθορισμένα σημεία και τα σχέδια καθορίζονται από μόνα τους. Για το σκοπό αυτό, είναι απαραίτητο ένα τέτοιο σύστημα να είναι ικανό

για την επίγνωση του χώρου ή και την επίγνωση της κατάστασης, το οποίο με τη σειρά του συνεπάγεται την παρακολούθηση του περιβάλλοντος που επηρεάζει άμεσα την απόδοση του συστήματος ελέγχου. Έτσι, μπορεί να ειπωθεί ότι ένα αυτόνομο σύστημα ελέγχου έχει την πρόσθετη εξουσία και την ευθύνη να διαχειρίζεται το δικό του σχέδιο, να διαχειρίζεται όλες τις εξωτερικές επικοινωνίες και να διατηρεί την επιτήρηση, να παρακολουθεί όλα τα εσωτερικά συστήματα για σφάλματα και τη δική του διαδρομή ή τροχιά. Επιπλέον, θα πρέπει επαναδιαμορφώνει / επανασχεδιάζει εάν είναι απαραίτητο, να διαχειρίζεται τα απρόβλεπτα, να αντιδρά όταν υπάρχει εμπόδιο (ή διένεξη) και να αλλάζει το σχέδιο, την πορεία ή τα σημεία ρύθμισης. Οι πρόσθετες αρμοδιότητες γενικά ανήκουν σε τέσσερις κατηγορίες: ζητήματα που σχετίζονται με την αποστολή, χωρική ή / και επίγνωση της κατάστασης, ζητήματα διαχείρισης «διαδρομής» (πήσης ή τροχιάς σε περίπτωση εναέριων ή διαστημικών οχημάτων) και ζητήματα που σχετίζονται με τα συστήματα. Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα αυτόματα συστήματα ελέγχου αναμένεται να αντιμετωπίσουν αβεβαιότητες (η αρχιτεκτονική ανάδραση είναι κοινή τόσο με προσαρμοστικούς ή αυτο-συντονισμένους βρόχους ελέγχου, και η ανοχή σφαλμάτων είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό και των δύο). Ωστόσο, μόνο τα αυτόνομα συστήματα ελέγχου αναμένεται να αντιμετωπίσουν αλλαγές στην αποστολή, να αντιμετωπίσουν εμπόδια ή διενέξεις (ανανέωση διαδρομής), να αντιμετωπίσουν σφάλματα εσωτερικά και «εξωτερικά» στο σύστημα (αναδιάρθρωση συστήματος) και να είναι σε θέση για να αντιμετωπίσουν απρόβλεπτα (επανασχεδιασμός κίνησης). Συνοψίζοντας, τα αυτόνομα συστήματα ελέγχου προσφέρουν τις πρόσθετες δυνατότητες επανασχεδιασμού και επαναδιαμόρφωσης.

Ακόμη και μια γρήγορη ματιά στην τρέχουσα δημόσια συζήτηση για την αυτόνομη οδήγηση δείχνει ότι δεν υπάρχει καθολική συναίνεση για την ορολογία. Εδώ και δεκαετίες, τα λεγόμενα παιχνίδια στη λέξη «αυτοκίνητα» είναι έντονα μεταξύ των πρωτοπόρων στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης [17]. Όταν επινοήθηκε το αυτοκίνητο, η σύνθεση της λέξης «αυτοκίνητο», συνδύαζε το ελληνικό «αυτο» («αυτο, προσωπικά, ανεξάρτητα») και το «κινούμενο» ή το λατινικό «mobilis» [23]. Το κυρίαρχο συναίσθημα ήταν η χαρά που ο οδηγός ήταν κινητός χωρίς τη βοήθεια αλόγων. Αυτό που δεν αναγνώρισε ο όρος αυτός, ωστόσο, ήταν ότι η έλλειψη αλόγων σήμαινε ότι το όχημα είχε επίσης χάσει μια συγκεκριμένη μορφή αυτονομίας. Μέσω της εκπαίδευσης του αλόγου, τα άλογα μεταφοράς είχαν μάθει για τον εαυτό τους να παραμένουν εντός των ορίων των απλών νόμων («ανθρώπινη τάξη, νόμοι από ανθρώπους») Υπό αυτήν την έννοια, το άλογο και η άμαξα είχαν και τα δύο επιτύχει μια ορισμένη αυτονομία.

Κατά τη μετάβαση από τις άμαξες στα αυτοκίνητα, χάθηκαν σημαντικές δεξιότητες της αποφυγής των εμποδίων, καθώς αναμφίβολα ήταν η περιστασιακή ικανότητα της εκτέλεσης «αυτόνομων αποστολών». Πολλές φορές τα άλογα θα έφεραν μια άμαξα στο σπίτι με ασφάλεια ακόμα κι αν ο οδηγός δεν ήταν πλέον απόλυτα κατάλληλος για το ταξίδι. Θα είχαν τουλάχιστον μεταφέρει το όχημα σε «ασφαλή κατάσταση», τρώγοντας το χορτάρι τους στο παραλιακό δρόμο. Το αυτόνομο αυτοκίνητο στοχεύει στην ανάκτηση της χαμένης αυτονομίας του και μάλιστα υπερβαίνει την ιστορική του μορφή.

Μια ειδική αντίληψη για την έννοια της αυτονομίας του Καντ, όπως διατυπώθηκε από τον Feil E., έγινε σημαντική για την κατανόηση της «αυτόνομης οδήγησης» εντός του έργου: η αυτονομία ως «αυτοδιάθεση μέσα σε έναν υπερεκτιμημένο (ηθικό) νόμο» [24]. Στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων, ο άνθρωπος καθορίζει τον ηθικό νόμο, προγραμματίζοντας τη συμπεριφορά του οχήματος. Το όχημα πρέπει να λαμβάνει συνεχώς αποφάσεις για το πώς να συμπεριφέρεται στην κυκλοφορία με

τρόπο σύμφωνο με τους κανόνες και τους περιορισμούς με τους οποίους έχει προγραμματιστεί.

Πρέπει να ειπωθεί ότι η αντίδραση των εμπειρογνομόνων από διαφορετικούς κλάδους κυμαίνονται και κυμαίνεται από την πλήρη απόρριψη αυτού του ορισμού έως την προσεκτική εξέταση της έγκρισης. Ανεξάρτητα από αυτό, ωστόσο, είναι δυνατόν, με αναφορά στην έννοια της αυτονομίας που ερμηνεύεται και κατανοείται με αυτούς τους Καντιανούς όρους, να επισημανθεί ο άμεσος σύνδεσμος μεταξύ της τεχνολογικής ανάπτυξης και των ηθικών θεωρήσεων.

Αντιμετωπίζοντας αυτόν τον ορισμό, οι άνθρωποι έχουν καταλάβει τα τελευταία δέκα χρόνια ότι η ανάπτυξη της αυτόνομης οδήγησης απαιτεί από αυτούς όχι μόνο να ερευνήσουν και να αναπτύξουν την τεχνολογία, αλλά και να εφαρμόσουν τους «ηθικούς νόμους» με απόλυτη συνέπεια (π.χ πώς συμπεριφέρεται ένα αυτόνομο όχημα σε κατάσταση διλήμματος, όταν τουλάχιστον ένας χρήστης του δρόμου θα τραυματιστεί αναπόφευκτα σε ατύχημα;

Για να συμφωνήσουν οι μηχανικοί και οι δικηγόροι, ορίστηκαν διάφοροι βαθμοί βοήθειας και αυτοματισμού σε μια ομάδα εργασίας που προήλθε από το Γερμανικό Ινστιτούτο Ομοσπονδιακής Έρευνας Οδού (BASt) [25]. Ο υψηλότερος καθορισμένος βαθμός του αυτοματισμού ονομάστηκε "Πλήρης Αυτοματισμός": Το πλήρως αυτοματοποιημένο όχημα οδηγεί από μόνο του χωρίς ανθρώπινη επίβλεψη. Σε περίπτωση υποβάθμισης της απόδοσης του συστήματος, το όχημα "επαναφέρεται αυτόνομα στην κατάσταση του συστήματος με ελάχιστο κίνδυνο." Από τεχνική άποψη, η μεγαλύτερη πρόκληση έγκειται στην πλήρη απουσία ενός ανθρώπινου επόπτη που γνωρίζει τα όρια του συστήματος, αναγνωρίζει τις βλάβες του συστήματος και τελικά όπου απαιτείται, μετατρέπει το όχημα σε ασφαλή κατάσταση.

Τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα πρέπει να παρακολουθούν τη δική τους κατάσταση αυτόνομα, να εντοπίζουν πιθανά σφάλματα του συστήματος και υποβαθμίσεις απόδοσης και στη συνέχεια, με απειλή πτώσης της απόδοσης, να αρχικοποιούν και να εκτελούν τη μετάβαση σε ασφαλή κατάσταση. Είναι σαφές ότι η ασφαλής κατάσταση διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στον ορισμό. Η ασφαλής κατάσταση ωστόσο είναι σχετική όπως για παράδειγμα, για ένα πλήρως αυτοματοποιημένο όχημα το οποίο κινείται στον αυτοκινητόδρομο με ταχύτητα 65 km/h.

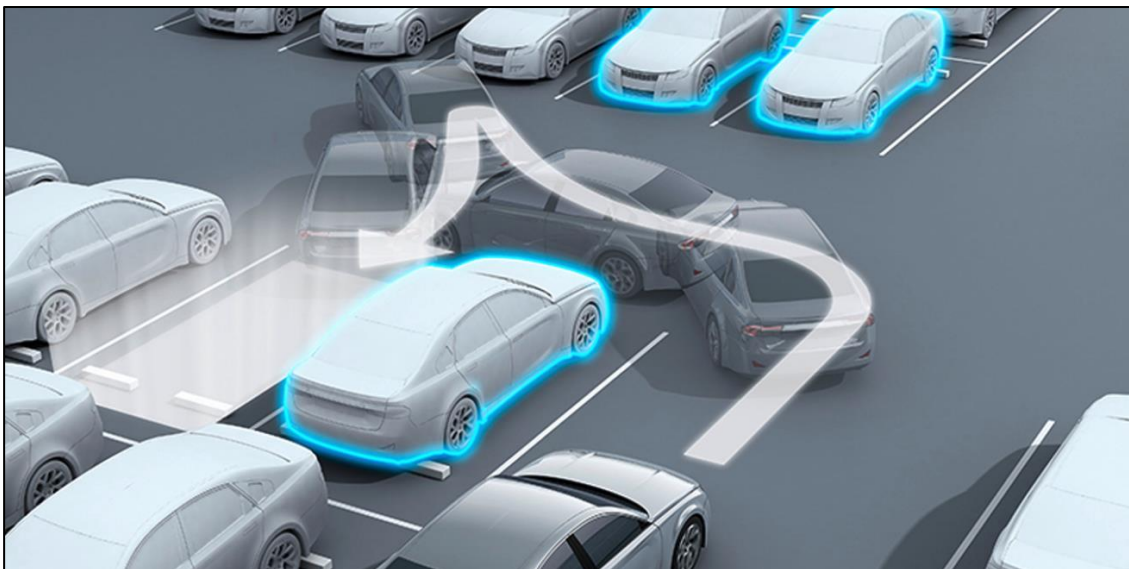
1.2.2 Περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται η αυτόνομη οδήγηση

Σε αυτή την υπο-ενότητα αναφέρονται κάποια από τα πιο συχνά συζητημένα σενάρια και περιπτώσεις χρήσης ενός αυτόνομου οχήματος. Η πρώτη περίπτωση χρήσης ενός αυτόνομου οχήματος είναι χρήση ενός τέτοιου οχήματος με τη συνθήκη ως ένας διακρατικός πιλότος που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα οδήγησης για εκτεταμένη διαθεσιμότητα. Στην ουσία, το ρομπότ οδήγησης αναλαμβάνει το καθήκον οδήγησης του οδηγού αποκλειστικά σε διακρατικούς ή παρόμοιους αυτοκινητόδρομους. Ο οδηγός γίνεται μόνο επιβάτης κατά τη διάρκεια του αυτόνομου ταξιδιού, μπορεί να αφαιρέσει τα χέρια του από το τιμόνι και τα πεντάλ και να συνεχίσει άλλες δραστηριότητες.

Μόλις ο οδηγός εισέλθει στο διακρατικό δίκτυο, μπορεί, εάν το επιθυμεί, να ενεργοποιήσει το ρομπότ οδήγησης. Αυτό γίνεται πιο λογικά σε συνδυασμό με την ένδειξη του επιθυμητού προορισμού. Το ρομπότ οδήγησης αναλαμβάνει την πλοήγηση, την καθοδήγηση και τον έλεγχο έως ότου επιτευχθεί η έξοδος ή το τέλος του διακρατικού αυτοκινητοδρόμου. Το ρομπότ οδήγησης συντονίζει με ασφάλεια την παράδοση στον οδηγό. Εάν ο οδηγός δεν πληροί τις προϋποθέσεις για ασφαλή

παράδοση, π.χ. επειδή κοιμάται ή φαίνεται ότι δεν έχει επίγνωση της κατάστασης, το ρομπότ οδήγησης μεταφέρει το όχημα στην κατάσταση ελάχιστου κινδύνου στη λωρίδα έκτακτης ανάγκης ή λίγο μετά την έξοδο από το διακρατικό. Κατά τη διάρκεια του αυτόνομου ταξιδιού, δεν απαιτείται ενημέρωση για την κατάσταση από τον επιβάτη. Ισχύει ο ορισμός για πλήρως αυτοματοποιημένη οδήγηση σύμφωνα με το BSt [25]. Λόγω του απλού τοπίου και των περιορισμένων δυναμικών των αντικειμένων, αυτή η χρήση θεωρείται ως ένα εισαγωγικό σενάριο, ακόμη και αν η συγκριτικά υψηλή ταχύτητα του οχήματος επιδεινώνει την επίτευξη της ελάχιστης κατάστασης κινδύνου.

Μια άλλη περίπτωση χρήσης ενός αυτόνομου οχήματος είναι η αυτόνομη υπηρεσία στάθμευσης Εικόνα 1.3: Αυτόνομη υπηρεσία στάθμευσης . Το ρομπότ οδήγησης μπορεί να σταθμεύσει το όχημα σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία μετά την έξοδο των επιβατών και την εκφόρτωση του φορτίου. Το ρομπότ οδήγησης οδηγεί το όχημα από τη θέση στάθμευσης σε έναν επιθυμητό προορισμό. Το ρομπότ οδήγησης σταθμεύει ξανά το όχημα. Ο οδηγός μπορεί να εξοικονομήσει το χρόνο εύρεσης θέσης στάθμευσης, καθώς και περπατήματος προς / από τον απομακρυσμένο χώρο στάθμευσης. Επιπλέον, η πρόσβαση στο όχημα διευκολύνεται (χωρικά και χρονικά). Ο επιπλέον χώρος στάθμευσης χρησιμοποιείται πιο αποτελεσματικά και η αναζήτηση για στάθμευση γίνεται πιο αποτελεσματικά.

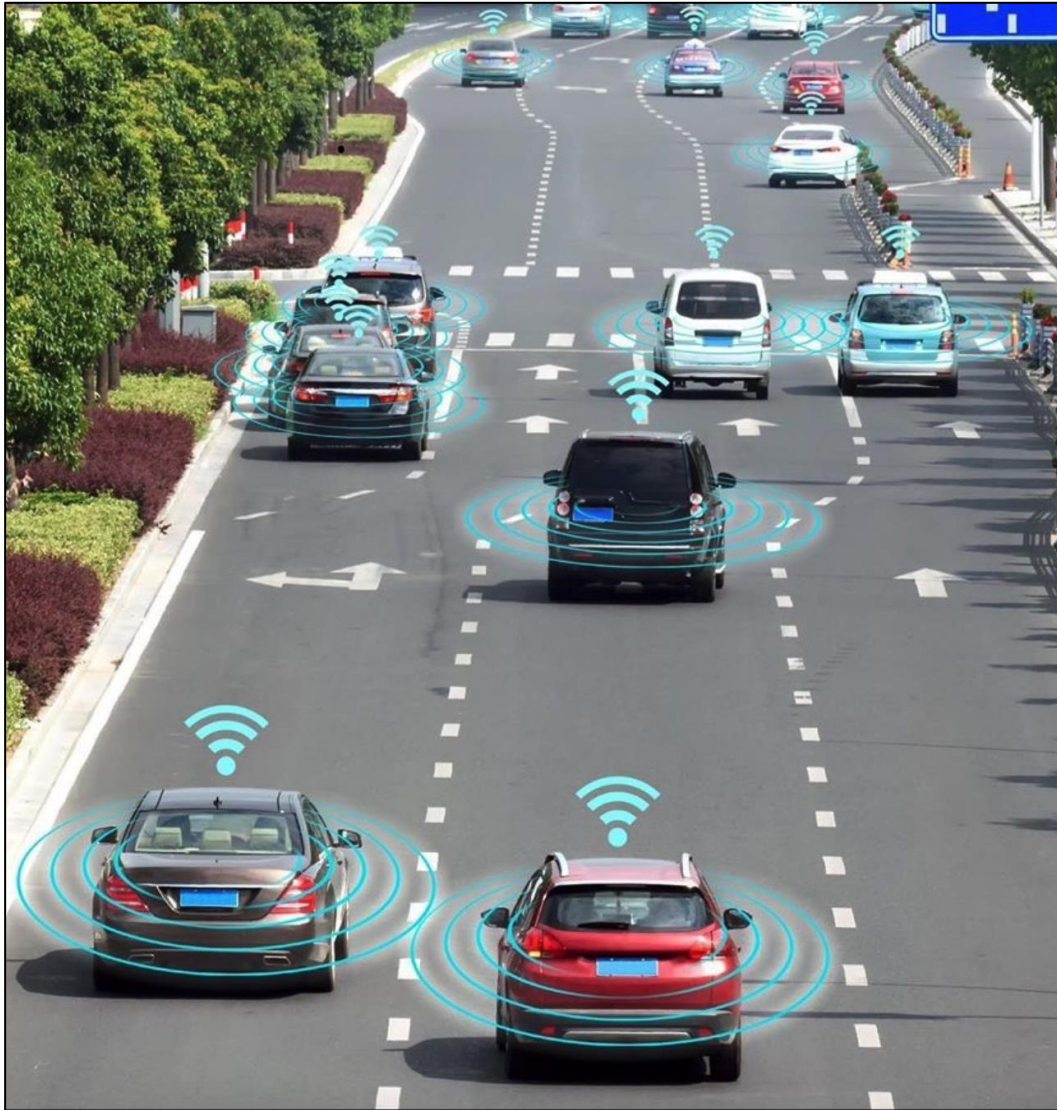


Εικόνα 1.3: Αυτόνομη υπηρεσία στάθμευσης [26]

Εάν ένας οδηγός έχει φτάσει στον προορισμό του (για παράδειγμα, στον τόπο εργασίας, στο γυμναστήριο ή στο σπίτι), σταματά το όχημα, βγαίνει και διατάζει το ρομπότ οδήγησης να σταθμεύσει το όχημα. Το όχημα μπορεί να ανήκει σε ιδιώτες, αλλά μπορεί επίσης να ανήκει σε πάροχο κοινής χρήσης αυτοκινήτων ή παρόμοιο επιχειρηματικό μοντέλο. Επομένως, το ρομπότ οδήγησης μπορεί τώρα να οδηγήσει το όχημα σε ιδιωτικό, δημόσιο ή ιδιωτικό χώρο στάθμευσης. Είναι σημαντικό να εκχωρηθεί ο χώρος στάθμευσης στο ρομπότ οδήγησης. Η αναζήτηση για τον αντίστοιχο χώρο στάθμευσης από το ρομπότ οδήγησης δε λαμβάνεται υπόψη για αυτήν την περίπτωση χρήσης. Επομένως, δίνεται πάντα ένας καθορισμένος προορισμός για το ρομπότ οδήγησης. Λόγω της χαμηλής ταχύτητας και της χαμηλής κυκλοφοριακής κατάστασης, η ανάπτυξη της αυτόνομης στάθμευσης περιορίζεται στην άμεση γειτνίαση με την τοποθεσία όπου ο οδηγός έφυγε από το όχημα. Από τη μία

πλευρά, αυτός ο περιορισμός μειώνει σημαντικά τις απαιτήσεις σχετικά με τις δυνατότητες (οδήγησης) του οδηγού ρομπότ, επειδή η χαμηλότερη κινητική ενέργεια καθώς και οι μικρότερες αποστάσεις στάσης προκύπτουν από χαμηλότερη ταχύτητα. Από την άλλη πλευρά, αυτή η περίπτωση χρήσης μπορεί δυνητικά να ενοχλήσει ή να απογοητεύσει άλλους χρήστες του δρόμου. Ωστόσο, αυτή η περίπτωση χρήσης φαίνεται να είναι κατάλληλη ως ένα εισαγωγικό σενάριο. Ένας εξουσιοδοτημένος χρήστης κοντά στο όχημα μπορεί να υποδείξει μια θέση παραλαβής στο ρομπότ οδήγησης. Το ρομπότ οδήγησης οδηγεί το όχημα στον προορισμό-στόχο και σταματά, έτσι ώστε ο οδηγός να μπορεί να εισέλθει και να αναλάβει το καθήκον της οδήγησης. Εάν το επιθυμεί από τη διοίκηση του χώρου στάθμευσης, το ρομπότ οδήγησης μπορεί να σταθμεύσει ξανά το όχημα.

Μία επιπρόσθετη περίπτωση μπορεί να είναι η πλήρης αυτοματοποίηση με χρήση προγράμματος οδήγησης για εκτεταμένη διαθεσιμότητα. Εικόνα 1.4: Πλήρης αυτοματοποίηση χρησιμοποιώντας πρόγραμμα οδήγησης για εκτεταμένη διαθεσιμότητα. Εάν ο οδηγός το επιθυμεί, παραδίδει το καθήκον οδήγησης στο ρομπότ οδήγησης σε επιτρεπόμενες περιοχές. Ο οδηγός γίνεται μόνο επιβάτης κατά τη διάρκεια του αυτόνομου ταξιδιού, μπορεί να αφαιρέσει τα χέρια του από το τιμόνι και τα πεντάλ και να συνεχίσει άλλες δραστηριότητες.



Εικόνα 1.4: Πλήρης αυτοματοποίηση χρησιμοποιώντας πρόγραμμα οδήγησης για εκτεταμένη διαθεσιμότητα [27]

Σχεδόν ολόκληρη η περιοχή κυκλοφορίας στην επιτρεπόμενη χώρα θα πρέπει να έχει εγκριθεί για το όχημα. Ωστόσο, η έγκριση αυτή υπόκειται σε περιορισμούς. Εάν, για παράδειγμα, η ροή της κυκλοφορίας ανακατευθυνθεί, ανοίξει μια νέα δομή στάθμευσης ή πραγματοποιηθούν παρόμοιες αλλαγές στην υποδομή, τότε δε θα μπορούν να πλοηγηθούν τα αυτόνομα οχήματα στις αντίστοιχες περιοχές μέχρι την περαιτέρω έγκριση. Φαίνεται επίσης λογικό σε αυτό το σενάριο ότι τα τμήματα των δρόμων θα εξαιρούνται από την έγκριση μόνιμα ή προσωρινά, π.χ. οι δρόμοι με υψηλή συχνότητα διέλευσης πεζών. Η παράδοση μεταξύ οδηγού και ρομπότ οδήγησης πρέπει να γίνεται με ασφαλή τρόπο και σε αυτή την περίπτωση.

Αυτή η χρήση μπορεί να έρθει όσο πιο κοντά γίνεται στα σημερινά οράματα για την αυτόνομη οδήγηση, καθώς αντιστοιχεί έντονα στη σημερινή χρήση των επιβατικών οχημάτων και το καθήκον οδήγησης ανατίθεται σχεδόν πλήρως στο ρομπότ οδήγησης, ενώ ο παραδοσιακός κύριος χρήστης και οδηγός εξακολουθούν να συμμετέχουν στο ταξίδι.

Μία ακόμα περίπτωση είναι αυτή του οχήματος κατ' απαίτηση. Το ρομπότ οδήγησης οδηγεί το όχημα αυτόνομα σε όλα τα σενάρια με τους επιβάτες, με φορτίο, αλλά και εντελώς χωρίς κανένα ωφέλιμο φορτίο. Το ρομπότ οδήγησης καθιστά το όχημα διαθέσιμο σε οποιαδήποτε ζητούμενη τοποθεσία. Οι επιβάτες χρησιμοποιούν

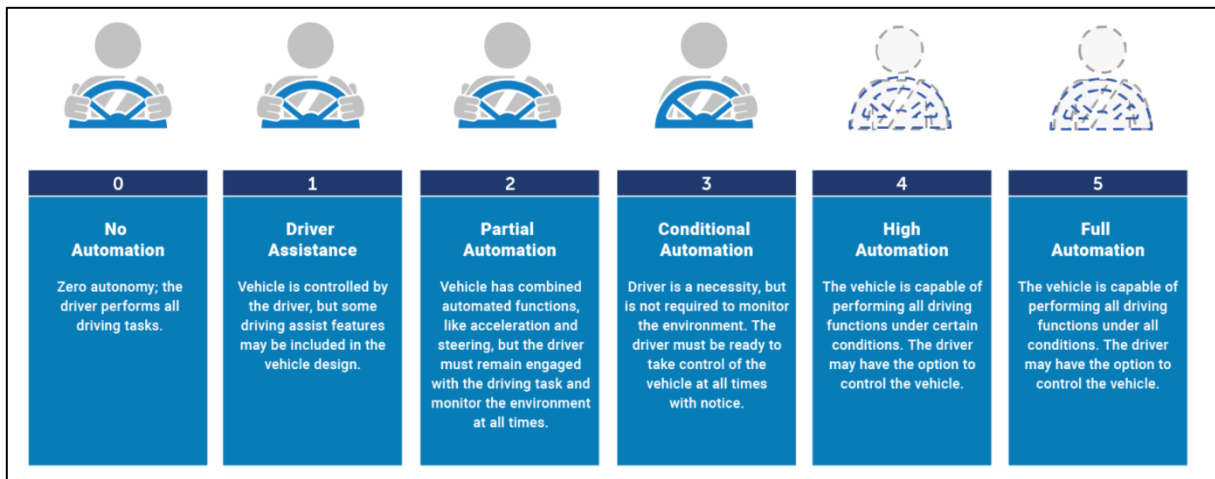
το χρόνο ταξιδιού εντελώς ανεξάρτητα για άλλες δραστηριότητες εκτός από την εκτέλεση της εργασίας της οδήγησης. Η καμπίνα έχει σχεδιαστεί εντελώς ανεξάρτητα από τυχόν περιορισμούς στο χώρο εργασίας του οδηγού. Το φορτίο μπορεί να μεταφερθεί με τη βοήθεια του ρομπότ οδήγησης συνεχώς για 24 ώρες την ημέρα, αρκεί να μην περιορίζεται από την παροχή ενέργειας για οδήγηση.

Το ρομπότ οδήγησης λαμβάνει σε αυτή την περίπτωση τον επιθυμητό προορισμό από τους επιβάτες ή άλλες εξωτερικές οντότητες (χρήστες, πάροχοι υπηρεσιών κ.λπ.), στον οποίο το όχημα προχωρά αυτόνομα. Οι άνθρωποι δεν έχουν καμία επιλογή να αναλάβουν το καθήκον της οδήγησης. Ο άνθρωπος μπορεί να υποδείξει μόνο τον προορισμό ή να ενεργοποιήσει την ασφαλή έξοδο, ώστε να μπορεί να βγει από το όχημα με ασφάλεια όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Με αυτό το ρομπότ οδήγησης, είναι κατανοητός ένας πλούτος διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρξει ένας συνδυασμός υπηρεσιών ταξί και κοινής χρήσης αυτοκινήτων, αυτόνομα φορτηγά οχήματα ή ακόμη και μοντέλα χρήσης που υπερβαίνουν την καθαρή εργασία μεταφοράς. Ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ένα όχημα για κοινωνικά δίκτυα που χρησιμοποιεί πληροφορίες από το δίκτυο απευθείας για να σχεδιάζει διαδρομές, να ταιριάζει με άτομα ή να επιτρέπει περαιτέρω υπηρεσίες που δεν έχουν ανακαλυφθεί ακόμη.

1.3 ΣΤΑΔΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

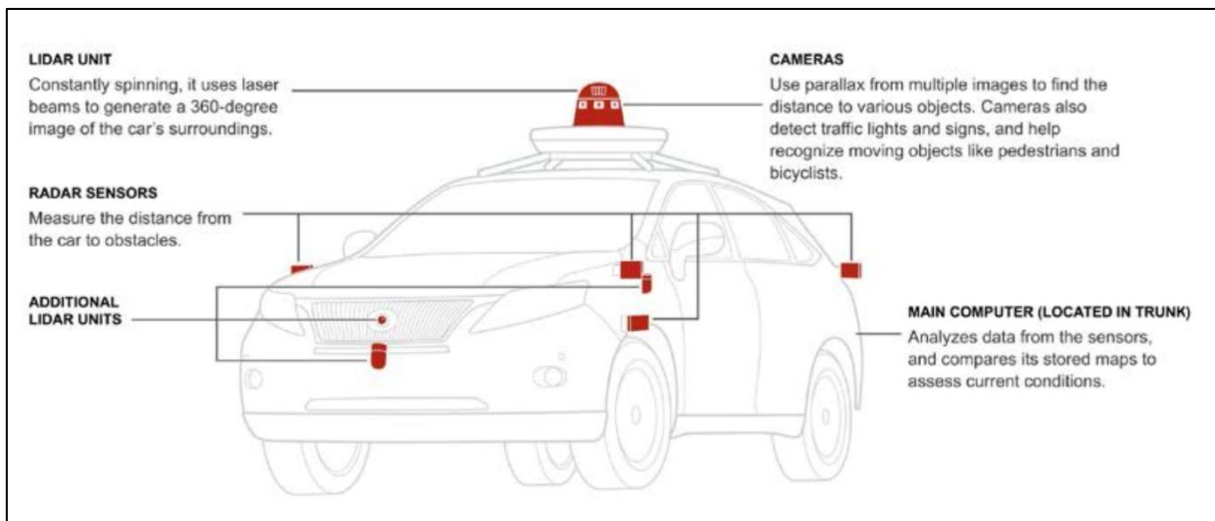
Οι μηχανικοί αυτοκινήτων έχουν δημιουργήσει μια ευρέως αποδεκτή κλίμακα αυτονομίας οχημάτων, η οποία κυμαίνεται από το επίπεδο 0 (χωρίς αυτονομία) έως το επίπεδο 5 (αυτοκίνητα που δεν χρειάζονται τιμόνι ή πετάλια επειδή μπορούν να εκτελέσουν ολόκληρο το ταξίδι χωρίς ανθρώπινη συμβολή). Οι αυτοκινητιστές έχουν ήδη συνηθίσει σε κάποιο επίπεδο ανεξαρτησίας από τα αυτοκίνητά τους. Πολλά οχήματα για παράδειγμα, διαθέτουν συστήματα αποφυγής της σύγκρουσης ή δυνατότητες αυτόματης στάθμευσης που τα τοποθετούν στο επίπεδο 1 στην κλίμακα. Στην Εικόνα 1.5: Τα 5 στάδια της αυτόνομης οδήγησης .

Για παράδειγμα, η Mercedes-Benz S-Class του 2018 διαφημίζει τα οχήματά της ως μια σειρά τεχνολογιών ασφαλείας και υποβοηθούμενα από τον οδηγό, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος ανίχνευσης που φρενάρει αυτόνομα αν ένας πεζός ή ποδηλάτης βρεθεί μπροστά από το αυτοκίνητο. Επίσης, ένα σύστημα παρακολούθησης της λωρίδας οδηγεί το όχημα μεταξύ των γραμμών στο δρόμο και η λειτουργία αλλαγής λωρίδας ενεργοποιείται κατόπιν εντολής. Ο αυτόματος έλεγχος της ταχύτητας λειτουργεί διαβάζοντας τις τρέχουσες συνθήκες του δρόμου και προσαρμόζεται στις επόμενες συνθήκες. Τέλος, το όχημα είναι εξοπλισμένο με μια λειτουργία επικοινωνίας από αυτοκίνητο σε αυτοκίνητο που επιτρέπει σε παρόμοια εξοπλισμένα οχήματα της Mercedes να στέλνουν το ένα στο άλλο προειδοποιητικά μηνύματα σχετικά με τις οδικές συνθήκες, όπως παγωμένα μπαλώματα που πρέπει να αποφεύγονται, τη θέση ενός δέντρου που εμποδίζει το δρόμο ή ένα ατύχημα που καθυστερεί την κυκλοφορία.



Εικόνα 1.5: Τα 5 στάδια της αυτόνομης οδήγησης [28]

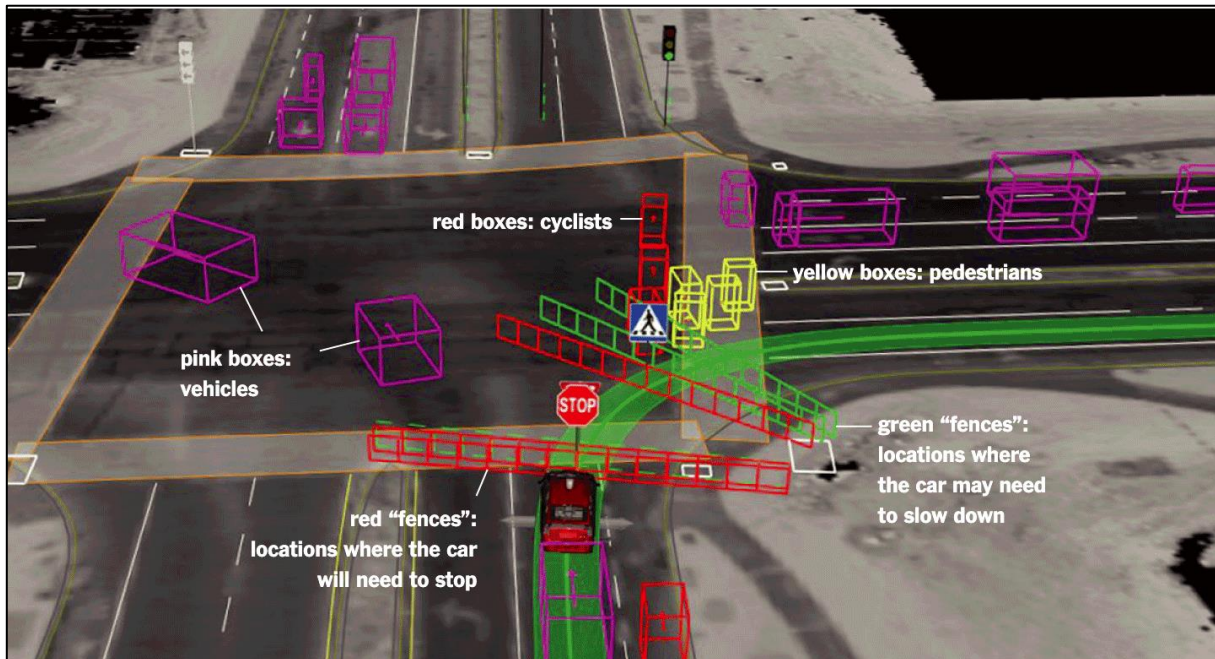
Αυτό δεν σημαίνει ότι έχουν επιλυθεί όλες οι τεχνικές προκλήσεις για την επίτευξη λειτουργιών επιπέδου 5, ή ότι πλησιάζουν ακόμη και προς επίλυση. Επίσης, δε σημαίνει ότι τα οφέλη από τα αυτόνομα οχήματα που συζητούνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία, θα μπορούσαν να επιτευχθούν μόνο με αυτόνομα οχήματα επιπέδου 5. Τα αυτόνομα οχήματα επιπέδου 4 (τα οποία οδηγούν μόνα τους αλλά λειτουργούν μόνο υπό καλά καθορισμένες συνθήκες, όπως σε ορισμένους τύπους δρόμων ή γεωγραφικές περιοχές) θα μπορούσαν επίσης να προσφέρουν σημαντικά οφέλη. Ωστόσο, επειδή υπάρχει μια μακροπρόθεσμη εικόνα της αυτόνομης ανάπτυξης οχημάτων, των δοκιμών και της υιοθέτησής. Θεωρητικά, ένα όχημα που λειτουργεί στο επίπεδο 5 είναι πιθανό να βασιστεί σε έναν συνδυασμό τεχνολογιών για να οδηγηθεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.6: Πως λειτουργεί ένα αυτόνομο αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο είναι ένα μοντέλο της Lexus επεξεργασμένο από τη Google.



Εικόνα 1.6: Πως λειτουργεί ένα αυτόνομο αυτοκίνητο. Το αυτοκίνητο είναι ένα μοντέλο της Lexus επεξεργασμένο από τη Google. [29]

Οι αισθητήρες στο όχημα χρησιμοποιούν ραδιοκύματα (ραντάρ), φωτεινά κύματα "(ανίχνευση φωτός και εύρος ή LIDAR) και φωτογραφία για τη μέτρηση της απόστασης του αυτοκινήτου από διάφορα αντικείμενα, όπως πεζοί, ποδηλάτες και άλλα αυτοκίνητα. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες παρουσιάζονται εκτενέστερα στο

κεφάλαιο 3. Ένας ενσωματωμένος υπολογιστής επεξεργάζεται τις διάφορες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και εκτελεί σχέδια για να προχωρήσει το αυτοκίνητο με ασφάλεια στον προορισμό του. Η Εικόνα 1.7: Τι βλέπει ένα αυτοκίνητο δείχνει τι βλέπει το αυτοκίνητο ώστε να μπορεί να λειτουργεί στην κυκλοφορία. Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS), που συμπληρώνεται με πολύ λεπτομερείς ψηφιακούς χάρτες, εντοπίζει το όχημα. Οι επικοινωνίες μεταξύ οχημάτων (V2V) και μεταξύ οχημάτων και των οδικών υποδομών (V2I) συμβάλλουν στην ενημέρωση των αυτοκινήτων για τη θέση και τις προθέσεις άλλων οχημάτων, καθώς και για την κατάσταση του οδοστρώματος και την κατάσταση των σημάτων κυκλοφορίας.



Εικόνα 1.7: Τι βλέπει ένα αυτοκίνητο [29]

Ο ορισμός ενός αυτοκινούμενου οχήματος είναι ένα οποιοδήποτε όχημα με χαρακτηριστικά που του επιτρέπουν να επιταχύνει, να φρενάρει και να οδηγεί με περιορισμένη ή καθόλου αλληλεπίδραση από οδηγό. Γενικότερα, τα αυτόνομα αυτοκίνητα με βάση και τα παραπάνω στάδια χωρίζονται σε δύο κυρίως κατηγορίες Τα ημι-αυτόνομα και τα πλήρως αυτόνομα.

Τα ημιαυτόνομα αυτοκίνητα μπορούν να επιταχύνουν, να φρενάρουν και να οδηγούν, να διατηρούν την απόσταση από το αυτοκίνητο μπροστά και επίσης να διατηρούν τη λωρίδα σε ταχύτητες έως και 130 km / h, αλλά ο οδηγός εξακολουθεί να απαιτείται και εξακολουθεί να έχει τον πλήρη έλεγχο. Από την άλλη, ένα πλήρως αυτόνομο όχημα μπορεί να οδηγεί από το σημείο A στο σημείο B χωρίς να χρειάζεται αλληλεπίδραση από τον οδηγό.

1.3.1 Το κόστος της οδήγησης

Η οδήγηση είναι ο κυρίαρχος τρόπος προσωπικής μεταφοράς στις Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και στην Ευρώπη. Η κατοχή και η λειτουργία ενός οχήματος είναι μια σημαντική δαπάνη ενός νοικοκυριού. Σύμφωνα με το Bureau of Labor Statistics, το μέσο αμερικανικό νοικοκυριό το 2015 ξόδεψε περισσότερα στην οδήγηση (9,503 \$ ή 17% όλων των εξόδων) από ό, τι σε οποιαδήποτε άλλη κατηγορία εκτός από τη στέγαση [30]. Γενικότερα υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις για την οδήγηση,

όπως η κοινή χρήση διαδρομών (π.χ. carpooling), οι υπηρεσίες αυτοκινήτων (π.χ. Uber ή ταξί) και οι δημόσιες συγκοινωνίες, όπου διατίθενται σε κάποια τιμή ανά ταξίδι.

Το κόστος είναι ένας παράγοντας που μπορεί να λάβουν υπόψη οι άνθρωποι, όταν επιλέγουν να αλλάξουν τη συμπεριφορά της μεταφοράς τους. Στο διαθεωρητικό μοντέλο, το πρώτο στάδιο της αλλαγής της συμπεριφοράς είναι η προετοιμασία, κατά την οποία οι άνθρωποι μπορεί να μην έχουν πλήρη επίγνωση ή ενημέρωση σχετικά με τις συνέπειες των ενεργειών τους [31]. Πολλοί άνθρωποι δεν έχουν καλή κατανόηση του συνολικού κόστους ιδιοκτησίας (TCO) της κατοχής και λειτουργίας ενός οχήματος, ειδικά σε βάση ανά ταξίδι, επειδή τα έξοδα των εξαρτημάτων (π.χ. απόσβεση, συντήρηση, ασφάλιση, καύσιμο) πραγματοποιούνται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, οι Thaler R. H. και Sunstein C. R. (2008) υποστηρίζουν ότι «οι αρχιτέκτονες επιλογής» (όπως οι σχεδιαστές των συστημάτων πληροφοριών) μπορούν να συμβάλλουν με σημαντικές πληροφορίες που ήταν προηγουμένως μη ορατές (όπως η απόσβεση ενός οχήματος ανά ταξίδι οδήγησης), ή ορατές, προκειμένου να ενημερώσουν για τις αποφάσεις των ανθρώπων [32]. Οι Southern C. et al. (2017) ανέπτυξαν ένα σύστημα που κάνει το συνολικό κόστος κάθε ταξιδιού οδήγησης (συμπεριλαμβανομένης της απόσβεσης, συντήρηση, ασφάλιση και καύσιμα) ορατό στο χρήστη. Σε αυτή την παρέμβαση, οι συμμετέχοντες μπόρεσαν να εκτιμήσουν με ακρίβεια και αυτοπεποίθηση το κόστος των μετακινήσεων τους και να μεταφέρουν αυτή τη γνώση σε άλλα ταξίδια για τα οποία δεν είχαν δει κάποιο κόστος προηγουμένως[33].

1.3.2 Η αξία του χρόνου του ταξιδιού/διαδρομής

Οι επενδύσεις σε βελτιωμένη υποδομή των μεταφορών, οδηγούν συνήθως σε μείωση του χρόνου ταξιδιού ενός ταξιδιώτη και σε αύξηση της αξιοπιστίας του χρόνου του ταξιδιού. Η αξία του χρόνου ταξιδιού (VOT) υπήρξε από καιρό ένα αναπόσπαστο μέρος στην αξιολόγηση των έργων μεταφοράς. Το VOT είναι το αντίστοιχο ποσό χρημάτων που θα καταβάλλουν οι ταξιδιώτες για τη μείωση του χρόνου του ταξιδιού τους.

Ομοίως, οι ταξιδιώτες εκτιμούν επίσης τα ταξίδια για τα οποία μπορούν να αναμένουν να φτάσουν στην ώρα τους, γεγονός που αναφέρεται στην αξιοπιστία του χρόνου του ταξιδιού. Η αξιοπιστία του χρόνου ταξιδιού είναι η συνέπεια ή η αξιοπιστία των χρόνων ταξιδιού όπως μετράται από μέρα σε μέρα, σε διαφορετικές ώρες της ημέρας, ή και τα δυο. Ποσοτικά, η οικονομική αξία της διακύμανσης του χρόνου του ταξιδιού αναφέρεται ως η αξία της αξιοπιστίας (VOR), η οποία είναι ισοδύναμη με το ποσό των χρημάτων που οι ταξιδιώτες θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν για να μειώσουν τη διακύμανση στον αναμενόμενο χρόνο του ταξιδιού τους.

Τα τελευταία 40 χρόνια, το VOT έχει μελετηθεί διεξοδικά και οι περισσότερες εταιρείες μεταφορών έχουν μια οδηγία για την εκτίμηση του VOT. Ωστόσο, οι μέθοδοι εκτίμησης του VOR εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο συζητήσεων. Διαφορετικές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικά μέτρα αξιοπιστίας και αυτά έχουν οδηγήσει σε ασυνέπεια μεταξύ των λαμβανόμενων VOR. Η πλειονότητα των ερευνητών έχει χρησιμοποιήσει δεδομένα έρευνας δηλωμένης προτίμησης (SP) για την εκτίμηση του VOR και οι εκτιμώμενες τιμές ποικίλλουν σημαντικά με βάση το σχεδιασμό της έρευνας, τη θέση, το μέγεθος του δείγματος και τις μεθόδους μέτρησης της αξιοπιστίας.

Ένα σημαντικό ζήτημα για την εκτίμηση του VOR είναι ο καθορισμός του τρόπου με τον οποίο οι ταξιδιώτες αντιλαμβάνονται την αξιοπιστία. Στη βιβλιογραφία έχουν

χρησιμοποιηθεί αρκετά μέτρα αξιοπιστίας, όπως η τυπική απόκλιση, το 95ο εκατοστημόριο του χρόνου ταξιδιού, η μείωση του σωστού εύρους και ο δείκτης χρόνου αποθήκευσης [34]. Όμως οι ταξιδιώτες μπορεί να αντιλαμβάνονται την αξιοπιστία με προσωπικό τρόπο που μπορεί να μην αντιπροσωπεύονται σωστά από τα κοινά χρησιμοποιούμενα μέτρα αξιοπιστίας. Η εξοικείωση των ταξιδιωτών με μια διαδρομή μπορεί να επηρεάσει την αντίληψή τους για την αξιοπιστία. Για παράδειγμα, οι ταξιδιώτες μπορούν να εξετάσουν τα πέντε προηγούμενα ταξίδια τους όταν αποφασίζουν εάν μια διαδρομή είναι αξιόπιστη ή όχι. Επιπλέον, για ένα συγκεκριμένο ταξιδιώτη, η αξιοπιστία μιας διαδρομής μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την ημέρα της εβδομάδας, αλλά και την ώρα της ημέρας.

1.4 ΕΙΔΗ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Με την ταχεία πρόοδο των τεχνολογιών έχει δοθεί αυξανόμενη προσοχή στην έρευνα των μη επανδρωμένων οχημάτων που λειτουργούν σε διαφορετικούς περιβαλλοντικούς τομείς, όπως τη γη «αυτόνομο επίγειο όχημα» (AGV) και «μη επανδρωμένο επίγειο όχημα» (UGV), την αεροδιαστημική «αυτόνομο εναέριο όχημα» (AAV) ή «μη επανδρωμένο εναέριο όχημα» (UAV), τη θάλασσα «Αυτόνομο υποβρύχιο όχημα» (AUV) και μη επανδρωμένο επιφανειακό όχημα (USV), μη επανδρωμένα υποβρύχια οχήματα (UUV).

Τα UAV, τα UGV, τα USV και τα UUV μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά όσον αφορά τις βασικές αρχιτεκτονικές, την πρόωση, τις επικοινωνίες και τις τεχνολογίες που στοχεύουν να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά της αυτονομίας τους. Αυτοί οι τύποι οχημάτων είναι ικανοί για πολλές διαφορετικές εφαρμογές στους τομείς της επιβολής του νόμου, της περιβαλλοντικής παρακολούθησης, της ανακούφισης από καταστροφές και των επιχειρήσεων αποκατάστασης. Μπορούν επίσης να αναλάβουν λειτουργίες ρουτίνας και επιτήρησης των εσωτερικών και εξωτερικών συνόρων ενός έθνους καθώς και για παράδειγμα, της κρίσιμης επιθεώρησης των υποδομών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Υπάρχει ανάγκη για πρωτότυπα αυτόνομων οχημάτων που θα χρησιμεύσουν ως δοκιμαστικά για νέους αλγόριθμους, καθώς και αυτόνομα οχήματα με σήμανση για τις μέγιστες προσδοκίες, τα οποία θα επιτρέψουν τη σύγκριση των διαφόρων εναλλακτικών αλγορίθμων. Τελικά, είναι απαραίτητη μια ιεραρχία οχημάτων αυξανόμενης πολυπλοκότητας όσον αφορά το περιβάλλον, στο οποίο θα πρέπει να μετακινηθούν. Παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων είναι οι πλανητικοί δρομολογητές, οι δορυφόροι, τα αυτοκίνητα, τα αεροσκάφη, τα υποβρύχια, επίγεια οχήματα κ.λπ.

1.4.1 Επίγεια οχήματα

Το μεγαλύτερο μέρος της παρούσας πτυχιακής εργασίας αφιερώνεται στο τμήμα των αυτόνομων αυτοκινήτων. Για το λόγο αυτό στην παρούσα υπο-ενότητα αναφέρονται κάποια ενδεικτικά χαρακτηριστικά των επίγειων οχημάτων και πιο συγκεκριμένα των μη επανδρωμένων επίγειων οχημάτων.

Ένα μη επανδρωμένο επίγειο όχημα (UGV) είναι ένα όχημα που λειτουργεί ερχόμενο σε επαφή με το έδαφος και χωρίς ανθρώπινη παρουσία μέσα στην καμπίνα. Τα UGV μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλές εφαρμογές όπου μπορεί να είναι άβολο, επικίνδυνο ή αδύνατο να υπάρχει κάποιος ανθρώπινος χειριστής. Γενικά, το όχημα θα έχει ένα σύνολο αισθητήρων για την παρατήρηση του περιβάλλοντος και είτε

θα λάβει αυτόνομα αποφάσεις σχετικά με τη συμπεριφορά του ή θα μεταβιβάσει τις πληροφορίες σε έναν ανθρώπινο χειριστή εξωτερικά, δηλαδή σε διαφορετική τοποθεσία που θα ελέγχει το όχημα μέσω τηλεχειρισμού.

Το UGV είναι το χερσαίο ομόλογο για τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα και μη επανδρωμένα υποβρύχια οχήματα. Η μη επανδρωμένη ρομποτική αναπτύσσεται ενεργά τόσο για στρατιωτική χρήση για την εκτέλεση ποικίλων επικίνδυνων δραστηριοτήτων (Εικόνα 1.8 Ένα μη επανδρωμένο επίγειο όχημα .



Εικόνα 1.8 Ένα μη επανδρωμένο επίγειο όχημα [35]

Ένα αυτόνομο UGV (AGV) είναι ουσιαστικά ένα αυτόνομο ρομπότ που λειτουργεί χωρίς την ανάγκη ενός ανθρώπινου ελεγκτή βάσει τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης. Το όχημα χρησιμοποιεί τους αισθητήρες του για να αναπτύξει κάποια περιορισμένη κατανόηση του περιβάλλοντος, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται από αλγόριθμους ελέγχου για να προσδιορίσει την επόμενη ενέργεια που θα αναλάβει, στο πλαίσιο ενός ανθρώπινου στόχου αποστολής. Αυτό εξαλείφει πλήρως την ανάγκη οποιουδήποτε ανθρώπου να παρακολουθεί τις εργασίες που ολοκληρώνει το AGV.

Ένα πλήρως αυτόνομο ρομπότ μπορεί να έχει τη δυνατότητα:

- Να συλλέξει πληροφορίες για το περιβάλλον, όπως χάρτες κτιρίων, ή εσωτερικών κτιρίων.
- Να εντοπίσει αντικείμενα ενδιαφέροντος, όπως άτομα και οχήματα.
- Να ταξιδέψει μεταξύ σημείων χωρίς ανθρώπινη βοήθεια πλοήγησης.
- Να εργαστεί για παρατεταμένη διάρκεια χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.
- Να αποφύγει καταστάσεις που είναι επιβλαβείς για τους ανθρώπους, την ιδιοκτησία ή τον εαυτό του, εκτός εάν αυτές αποτελούν μέρος των προδιαγραφών του.
- Να αφοπλίσει ή να αφαιρέσει εκρηκτικά.

- Να επισκευαστεί χωρίς εξωτερική βοήθεια.

Ένα ρομπότ μπορεί επίσης να είναι σε θέση να μάθει αυτόνομα. Η αυτόνομη μάθηση περιλαμβάνει τη δυνατότητα:

- Να μάθει ή να αποκτήσει νέες δυνατότητες χωρίς εξωτερική βοήθεια.
- Να προσαρμόσει στρατηγικές με βάση το περιβάλλον.
- Να προσαρμοστεί στο περιβάλλον χωρίς εξωτερική βοήθεια.
- Να αναπτύξει μια αίσθηση ηθικής σχετικά με τους στόχους της αποστολής.

Μία από τις πιο κρίσιμες πτυχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη για παράδειγμα των ένοπλων αυτόνομων μηχανών είναι η διάκριση μεταξύ των μαχητών και των αμάχων. Εάν γίνει εσφαλμένα η εκτίμηση, η ανάπτυξη του ρομπότ μπορεί να είναι επιζήμια. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στη σύγχρονη εποχή, όταν οι μαχητές συχνά σκόπιμα μεταμφιέζονται ως πολίτες για να αποφύγουν τον εντοπισμό τους. Ακόμα κι αν ένα ρομπότ διατηρούσε την ακρίβεια της τάξεως του 99%, ο αριθμός των αμάχων που χάθηκαν μπορεί να είναι καταστροφικός. Λόγω αυτού, είναι απίθανο να αποσταλούν πλήρως αυτόνομα μηχανήματα στη μάχη, τουλάχιστον έως ότου να μπορέσει να αναπτυχθεί μια ικανοποιητική λύση.

1.4.2 Αυτόνομα θαλάσσια οχήματα

Με την πρόοδο των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, αυξάνεται η ανάπτυξη των αυτόνομων θαλάσσιων οχημάτων (ASV), ιδίως στις εφαρμογές εκτέλεσης απαιτητικών εργασιών. Μεγάλη έμφαση δίνεται τα τελευταία χρόνια στα αυτόνομα θαλάσσια οχήματα και ιδιαίτερα στα μη επανδρωμένα επιφανειακά οχήματα (USVs) και το σχεδιασμό ενός αυτόνομου συστήματος πλοήγησης. Μετά από μια γενική ανασκόπηση σχετικά με την ανάπτυξη των USV τόσο σε πολιτικές όσο και σε στρατιωτικές εφαρμογές, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση και τον έλεγχο τους περιλαμβάνουν το συνδυασμό διαφορετικών τομέων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει δοθεί στον προγραμματισμό της κίνησης των USV με μια σειρά αποτελεσμάτων προσομοίωσης που παρουσιάζονται για να δείξουν την αποτελεσματικότητα του αυτόνομου συστήματος πλοήγησης σε ένα πρακτικό θαλάσσιο περιβάλλον.

Είναι ενδιαφέρον ότι παρά την ίδια σημασία για την ανάπτυξη όλων των τύπων των αυτόνομων οχημάτων, οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν για τα θαλάσσια οχήματα, ειδικά για τα USV, είναι λιγότερο ώριμες από αυτές των υπολοίπων. Αυτό, οφείλεται εν μέρει στους λόγους της πολυπλοκότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και τις ανάγκες του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα. Στην Εικόνα 1.9: Αυτόνομο μη επανδρωμένο θαλάσσιο όχημα αποτυπώνεται ένα αυτόνομο μη επανδρωμένο θαλάσσιο όχημα.

Τα USV προτάθηκαν και αναπτύχθηκαν αρχικά για στρατιωτικές επιχειρήσεις κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ως στόχοι πυροβολισμών και πυραύλων. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η εκπαιδευτική και πολιτική ανάπτυξη των USV άρχισε να εμφανίζεται στη δεκαετία του 1970 [37]. Από τη δεκαετία του 1990, ορισμένα σημαντικά ερευνητικά προγράμματα, όπως το OWL MK II και το Roboski [38], προώθησαν σημαντικά την ανάπτυξη των USV από την άποψη της ικανότητας αποστολής και της αυτονομίας τους. Αυτή η αυτονομία, αύξησε περαιτέρω την ικανότητα και την εφαρμογή των USV να περιλαμβάνονται σε

αποστολές εξερεύνησης των ωκεανών, περιπολίες της παράκτιας γραμμής και καθήκοντα παρακολούθησης του περιβάλλοντος.

Για έναν έξυπνο και στιβαρό οδηγό και έλεγχο ενός USV, το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης είναι ζωτικής σημασίας. Μέσα στο σύστημα, η μονάδα απόκτησης δεδομένων (DAM) παρακολουθεί και λαμβάνει πληροφορίες της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο από διάφορες θαλάσσιες συσκευές για να προσδιορίσει τις θέσεις και τις ταχύτητες του USV καθώς και των άλλων πλοίων. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που τροφοδοτούνται από τους ναυτικούς αισθητήρες, η μονάδα σχεδιασμού διαδρομών (PPM) είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία μιας ασφαλούς πορείας, σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της αποστολής. Το προηγμένο σύστημα ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (ACM) υπολογίζει τελικά τις κατάλληλες εντολές ελέγχου έτσι ώστε μια τροχιά να μπορεί να ακολουθείται με ακρίβεια.

Γενικότερα, έχουν δημιουργηθεί αρκετά βασικά πρωτότυπα USV καθώς και αντίστοιχα συστήματα πλοήγησης. Το μεγαλύτερο μέρος της πρώιμης ανάπτυξης των USV επικεντρώθηκε στις μονάδες πλοήγησης και ελέγχου με κύριο στόχο να επιτρέψει στο όχημα να ακολουθήσει με ακρίβεια μια προκαθορισμένη πορεία. Θα μπορούσαν να εκτελεστούν μόνο απλές αποστολές επειδή το σύστημα δε διέθετε προγραμματισμό διαδρομών, καθώς και δυνατότητες αποφυγής σύγκρουσης. Από το 2005, με την πρόοδο των τεχνολογιών στα υλικά και στα συστήματα λήψης αποφάσεων υψηλού επιπέδου που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη έχει εφαρμοστεί το σύστημα NGC, το οποίο βελτιώνει την αυτονομία των περισσότερων πλατφορμών USV. Οι δυνατότητες ανίχνευσης και αποφυγής των εμποδίων έχουν ενσωματωθεί επιτυχώς καθιστώντας το USV ικανό να αναλάβει πολύπλοκες αποστολές [39].



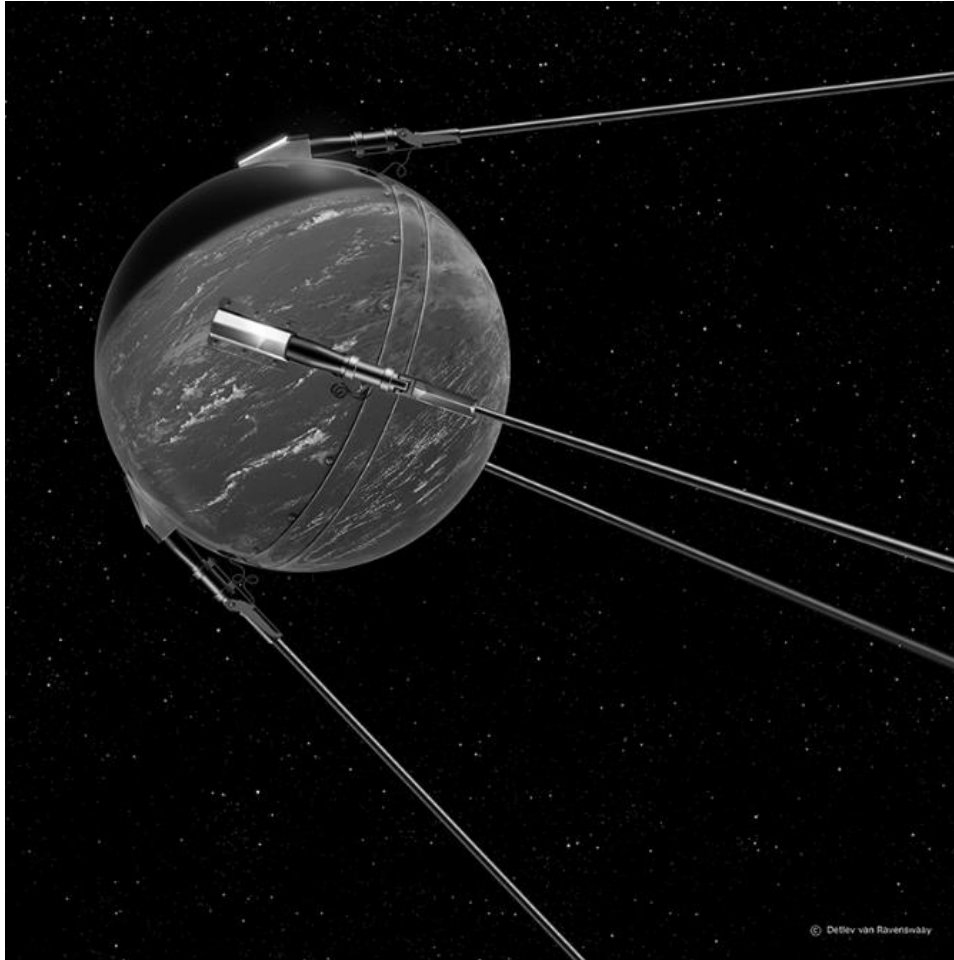
Εικόνα 1.9: Αυτόνομο μη επανδρωμένο θαλάσσιο όχημα [36]

1.4.3 Αυτόνομα διαστημικά οχήματα και ρομπότ

Τα μη επανδρωμένα συστήματα αναμένεται να μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα. Ενώ, σχεδόν όλα τα επίγεια συστήματα οχημάτων συνεχίζουν να εξελίσσονται από μια επανδρωμένη, χειροκίνητη και ελεγχόμενη αρχιτεκτονική σε μη επανδρωμένα, αυτόνομα ελεγχόμενα συστήματα, τα διαστημικά οχήματα θεωρήθηκαν φυσικά ως μη επανδρωμένα αυτόνομα συστήματα. Έτσι, τα διαστημικά οχήματα θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως άριστα πρωτότυπα για τη μελέτη της δυναμικής και του ελέγχου των αυτόνομων οχημάτων. Από τη σκοπιά της μηχανικής του συστήματος, απαιτείται ο σχεδιασμός και η ενσωμάτωση τόσο των συστημάτων όσο και των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται σε μη επανδρωμένα συστήματα, συμπεριλαμβανομένης της κίνησης, των αισθητήρων και των υπολογιστικών συστημάτων, για την παροχή μιας εγγενούς ικανότητας αυτονομίας (συστήματα αυτονομίας) και των αρχιτεκτονικών (απαιτούνται αλγόριθμοι και μέθοδοι για την ενεργοποίηση του ελέγχου και της αυτονομίας, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου παρακολούθησης διαδρομών και των στρατηγικών σχεδιασμού υψηλού επιπέδου όπως ο έλεγχος για την αυτονομία). Απαιτείται μια ευρύτερη κατηγορία αισθητήρων ή μετατροπέων και σχετικού λογισμικού για την εκπλήρωση των πρόσθετων αρμοδιοτήτων (συμπεριλαμβανομένων των RADAR, LIDAR, ultra-sonic SONAR, LASER ranger, κάμερων απεικόνισης που λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα, λήψη δεδομένων και ενεργοποιητές). Η επιλογή μεταξύ των διαφορετικών σχεδίων (ή αλγορίθμων) σημαίνει τη διατήρηση μιας βάσης δεδομένων ή μιας τράπεζας εφικτών σχεδίων πτήσης (ή αλγορίθμων) ή τη δυνατότητα σύνθεσής τους όταν χρειάζεται. Η σύνθεση των σχεδίων σημαίνει ότι η αποστολή, η διαδρομή ή ο σχεδιασμός της κίνησης (συμπεριλαμβανομένης της γρήγορης ανανέωσης σε πραγματικό χρόνο), ή όλα αυτά μαζί, μπορεί να είναι απαραίτητες. Ενδέχεται να χρειαστεί να ενσωματωθούν εργασίες παρακολούθησης για τη βέλτιστη χρήση των πόρων (για παράδειγμα, SLAM: Ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση).

Το όνειρο της εξερεύνησης του χώρου που περιβάλλει τη γη υπάρχει εδώ και πολλές εκατοντάδες χρόνια. Η εξερεύνηση του διαστήματος χρειάστηκε πυραύλους για να πάνε στο διάστημα και μηχανικοί όπως ο Ρώσος Konstantin Tsiolkovsky, ο Γερμανός Herman Oberth και ο Αμερικανός Robert H. Goddard ήταν μεταξύ πολλών που προσπάθησαν με επιτυχία να δημιουργήσουν πυραύλους για τα διαστημικά ταξίδια. Το όνειρο του διαστημικού ταξιδιού τροφοδοτήθηκε από συγγραφείς επιστημονικής φαντασίας όπως ο Cyrano de Bergerac (1619–1655), ο Jules Verne, ο οποίος δημοσίευσε το μυθιστόρημά του «From the Earth to the Moon» το 1865 και ο HG Wells, του οποίου το μυθιστόρημα «First Men on the Moon» δημοσιεύθηκε το 1901. Αυτά τα έργα ενέπνευσαν επιστήμονες όπως τον Robert H. Goddard και τον Werner von Braun, οι οποίοι οδήγησαν την προσπάθεια των ΗΠΑ να στείλουν έναν αστροναύτη στη σελήνη. Στις 4 Οκτωβρίου 1957 η Σοβιετική Ένωση ξεκίνησε τον πρώτο αυτόνομο τεχνητό δορυφόρο, Sputnik 1, που απεικονίζεται στην Εικόνα 1.10: Sputnik 1, ο οποίος περιστράφηκε γύρω από τη Γη σε 96,2 λεπτά σε ελλειπτική τροχιά με κλίση 65 μοιρών [40].

Ο δορυφόρος είχε διάμετρο 58 εκατοστά και περιήλθε σε τροχιά γύρω από τη Γη με ρυθμό 8,100 m / s για τρεις εβδομάδες προτού εξαντληθούν οι μπαταρίες του. Εκτοξεύτηκε πάνω σε έναν σοβιετικό R7 πύραυλο μήκους άνω των 29 μέτρων και ανέπτυξε ώθηση 3,9 mega Newtons. Έπεσε πίσω στη Γη έξι μήνες μετά την εκτόξευσή του. Λίγο αργότερα, η Σοβιετική Ένωση ξεκίνησε το Sputnik 2 με ένα σκύλο στο εσωτερικό του. Δυστυχώς, ο σκύλος δεν επέζησε από την πτήση, αν και πέρασε μια εβδομάδα σε τροχιά της Γης. Το 1958 ξεκίνησε ο δορυφόρος Explorer 1 που ήταν υπεύθυνος για την ανίχνευση των στρωμάτων ακτινοβολίας γύρω από τη Γη.



Εικόνα 1.10: Sputnik 1 [40]

Ο πρώτος δορυφόρος επικοινωνιών των ΗΠΑ, το Telstar 1, εκτοξεύτηκε τον Ιούλιο του 1962. Από τότε έχουν εκτοξευτεί πάνω από 3.000 δορυφόροι για εφαρμογές επικοινωνίας και πλοήγησης, για παρατήρηση καιρού, για έρευνα για το διάστημα και για στρατιωτικές εφαρμογές. Ο πρώτος επιτυχημένος διαστημικός ανιχνευτής ήταν ο Luna 2, ο οποίος έπεσε στη Σελήνη το 1959. Μετά από αυτόν, πολλά άλλα διαστημικά σκάφη επισκέφθηκαν τη σελήνη (η σειρά διαστημικών σκαφών Mariner επισκέφθηκε τους πλανήτες Venus, Mars και Mercury, ενώ το διαστημικό σκάφος Pioneer 10 και 11 επισκέφτηκαν τους πλανήτες Δία και Κρόνο, αντίστοιχα). Το διαστημικό σκάφος Early Pioneer χρησιμοποιήθηκε για την εκτόξευση ανιχνευτών που προσγειώθηκαν στην επιφάνεια της Αφροδίτης. Η Εικόνα 1.11: Το διαστημικό σκάφος Mariner 5 καθ' οδόν προς τον πλανήτη Αφροδίτη απεικονίζει το Mariner 5, που δημιουργήθηκε ως εφεδρικό για το Mariner 4, το πρώτο διαστημικό σκάφος που πήγε στον Άρη, το οποίο τελικά συνέχισε να διερευνά τον πλανήτη Αφροδίτη.

Το Voyager 2 επισκέφτηκε τους εξωτερικούς πλανήτες Ουρανό και Ποσειδώνα το 1986 και το 1989, αντίστοιχα. Ο αστεροειδής Gaspra εξετάστηκε από το αμερικανικό διαστημικό σκάφος Galileo, ενώ το ευρωπαϊκό διαστημικό σκάφος Giotto εξέτασε τον κομήτη του Halley. Το διαστημικό σκάφος STARDUST της NASA ξεκίνησε το 1999, καθ' οδόν προς τον κομήτη Tempel 1, μετά από την επιτυχή πτήση ενός διαστημικού σκάφους της NASA από τον κομήτη Hartley 2. Ο δορυφόρος Mars Atmosphere και Volatile Evolution (MAVEN) της NASA, ο οποίος άρχισε να βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τον Άρη τον Σεπτέμβριο του 2014, σχεδιάστηκε για να πετάξει από τον κομήτη C / 2013 A1 Siding Spring. Χρησιμοποιώντας ένα νέο ελιγμό γύρω από τον πλανήτη Δία,

το διαστημικό σκάφος Οδυσσέας ανακατευθύνθηκε στον Ήλιο και πέρασε από τον Βόρειο Πόλο του Ήλιου το 1995.



Εικόνα 1.11: Το διαστημικό σκάφος Mariner 5 καθ'οδόν προς τον πλανήτη Αφροδίτη [42]

Εκτός από την Εθνική Διοίκηση Αεροναυτικής και Διαστήματος των ΗΠΑ (NASA), τη Ρωσική Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαστήματος (ROSCOSMOS), την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA), την Ιαπωνική Υπηρεσία Εξερεύνησης Αεροδιαστημικής (JAXA), την Εθνική Υπηρεσία Διαστήματος της Κίνας και τον Ινδικό διαστημικό σταθμό, ο ερευνητικός οργανισμός (ISRO) δραστηριοποιείται επίσης στην εκτόξευση δορυφόρων.

Σε μια άλλη εξέλιξη, ο Arthur C. Clarke προέβλεψε το 1945 ότι οι δορυφόροι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για επίγεια επικοινωνία σε ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά στο περιοδικό Wireless World το 1945. Ο πρώτος δορυφόρος εμπορικών επικοινωνιών, το Intelsat 1, κυκλοφόρησε 20 χρόνια αργότερα τον Απρίλιο του 1965. Μετά την έναρξη του πρώτου δορυφόρου επικοινωνίας το 1962, υποβλήθηκαν προτάσεις για την ανάπτυξη συστημάτων ραδιοπλοήγησης παρόμοια κατ'αρχήν με τα LORAN και DECCA αλλά με δορυφορικές εκπομπές ακριβών σημάτων ραδιοπλοήγησης [43]. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη του συστήματος TRANSIT, που περιλαμβάνει επτά δορυφόρους σε τροχιά, όπου η θέση του χρήστη καθορίστηκε από τη μετατόπιση του Doppler στο λαμβανόμενο σήμα ραδιοσυχνότητας. Το TRANSIT διατέθηκε το 1967 και αμέσως μετά οδήγησε στην ανάπτυξη του συστήματος GPS. Μετά από 10 χρόνια ανάπτυξης, οι προτάσεις για τη δημιουργία του συστήματος GPS εγκρίθηκαν τη δεκαετία του 1970 και το σύστημα διατέθηκε σε επιλεκτική βάση στη δεκαετία του 1980. Από τη δεκαετία του 1990 το

σύστημα πλοήγησης GPS έχει διατεθεί διεθνώς για εφαρμογές πλοήγησης σε όλο τον κόσμο.

Εκτός από το GPS των Ηνωμένων Πολιτειών (με 24 δορυφόρους σε έναν αστερισμό, σε τροχιά γύρω από τη Γη σε υψόμετρο 20.200 km), το GLONASS της Ρωσίας και το Galileo της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο Ινδικός Οργανισμός Διαστημικής Έρευνας ξεκίνησε το Ινδικό Περιφερειακό Δορυφορικό Σύστημα Ναυσιπλοΐας (IRNSS) δορυφόρων, ένα σύνολο από 7 αποκλειστικούς δορυφόρους, το 2016, οι οποίοι αποτελούν το σύστημα NavIC (Navigation with Indian Constellation) για εφαρμογές πλοήγησης. Λειτουργώντας σε ζώνες διπλής συχνότητας χρησιμοποιώντας τις ζώνες S και L, το σύστημα NavIC καλύπτει μια περιορισμένη περιοχή πάνω από την ινδική υπο-ήπειρο. Τέσσερις από τους δορυφόρους είναι γεωσυγχρονισμένοι, σε τροχιά σε ζεύγη, έτσι το ίχνος του εδάφους να μοιάζει με σχήμα οκτώ, βόρεια και νότια του ισημερινού, ενώ οι υπόλοιποι τρεις είναι γεωστατικοί, όλοι σε τροχιά γύρω από τη Γη, σε κυκλική τροχιά σε υψόμετρο 35.787 χλμ. από τον ισημερινό. Το ινδικό διαστημικό ερευνητικό ίδρυμα πέρασε ένα σημαντικό όριο όταν για πρώτη φορά έχοντας ένα εργοστάσιο που ανήκε στον ιδιωτικό τομέα που συμμετείχε στην κατασκευή ενός πλήρους δορυφόρου πλοήγησης πολλών εκατομμυρίων δολαρίων.

Η χρήση της ζώνης διπλής συχνότητας επιτρέπει τις διορθώσεις να γίνονται εύκολα για χρόνους μετάδοσης λόγω ατμοσφαιρικών και τροποσφαιρικών καθυστερήσεων. Η ανάπτυξη του συστήματος απέδειξε τη σκοπιμότητα ανάπτυξης και εγκατάστασης ενός συστήματος που μπορεί να παρέχει περιορισμένη κάλυψη πλοήγησης σε οποιονδήποτε πλανήτη. Η Εθνική Διαστημική Διοίκηση της Κίνας βρίσκεται επίσης στη διαδικασία κατασκευής του δικού της συστήματος δορυφορικής πλοήγησης, γνωστό ως Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης BeiDou.

1.4.4 Αυτόνομα εναέρια οχήματα

Τα μη επανδρωμένα οχήματα (UV), έχουν σαγηνεύσει τη φαντασία των ανθρώπων για αιώνες. Για παράδειγμα, η ιδέα για μια «ιπτάμενη μηχανή» σχεδιάστηκε για πρώτη φορά πριν από 2.500 χρόνια, στην αρχαία Ελλάδα και την Κίνα. Ο Πυθαγόρας, ο Αρχιμήδης και άλλοι μελέτησαν τη χρήση των αυτόνομων μηχανισμών για μια ποικιλία εφαρμογών. Η πρώτη γνωστή αυτόνομη ιπτάμενη μηχανή έχει πιστωθεί στον «Archytas of Tarentum» στη Νότια Ιταλία. Ο Archytas έχει αναφερθεί ως ο Leonardo da Vinci του αρχαίου κόσμου. Το 425 π.Χ., δημιούργησε ένα μηχανικό πουλί, το οποίο ονόμασε περιστέρι. Σύμφωνα με τον Κορνήλιο Γέλιους στα *Noctes Atticae*, το πουλί ήταν φτιαγμένο από ξύλο, όμορφα ισορροπημένο με βάρη και πέταξε χρησιμοποιώντας αέρα (πιθανότατα ατμό) που περικλειόταν στο στομάχι του. Υποστηρίζεται ότι το περιστέρι αυτό πέταξε περίπου 200 μέτρα πριν πέσει στο έδαφος, όταν χρησιμοποιήθηκε όλη η ενέργεια. Κατά την ίδια εποχή σε ένα διαφορετικό μέρος του Αρχαίου Κόσμου, στην Κίνα, περίπου το 400 π.Χ., οι Κινέζοι ήταν οι πρώτοι που τεκμηρίωσαν την ιδέα ενός αεροσκάφους πτήσης. Αρκετούς αιώνες αργότερα, ο Λεονάρντο ντα Βίντσι, το 1483 μ.Χ., σχεδίασε ένα αεροσκάφος ικανό να αιωρείται, που ονομάζεται εναέρια βίδα ή γυροσκόπιο αέρα. Ο Ντα Βίντσι επινόησε επίσης ένα μηχανισμό πτηνού το 1508 μ.Χ. που θα έβαζε τα φτερά του μέσω ενός μηχανισμού διπλού μανιβέλου καθώς κατέβαινε κατά μήκος ενός καλωδίου.

Σήμερα, ο κόσμος παρακολουθεί μια άνευ προηγουμένου αναταραχή της έρευνας και της ανάπτυξης. Οι πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα πειραματίζονται με νέες ιδέες και θέτουν το στάδιο για ακόμη μεγαλύτερη έκρηξη στην ανάπτυξη και τις

εφαρμογές. Στην Εικόνα 1.12: Αυτόνομο επανδρωμένο εναέριο όχημα αποτυπώνεται ένα αυτόνομο εναέριο επανδρωμένο όχημα.



Εικόνα 1.12: Αυτόνομο επανδρωμένο εναέριο όχημα [44]

1.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Η τεχνολογία αυτόνομων οχημάτων έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά την ασφάλεια, την ταχύτητα, την αξιοπιστία και το κόστος των οδικών ταξιδιών με τέσσερις τρόπους. Μπορεί να αποτρέψει τις συγκρούσεις. Το 94% των συγκρούσεων, σύμφωνα με την Εθνική Υπηρεσία Ασφάλειας Κυκλοφορίας Αυτοκινητόδρομων, προκαλείται από ανθρώπινο σφάλμα [45] και κατά συνέπεια μπορούν να μειωθούν σημαντικά οι θάνατοι στους αυτοκινητόδρομους, οι σοβαροί τραυματισμοί, οι ζημιές στο όχημα και η δαπανηρή ασφάλιση. Οι αντίδραση του αυτοκινήτου και η επεξεργασία των πληροφοριών άμεσα σε πραγματικό χρόνο εξαλείφουν τις ανησυχίες σχετικά με την επικίνδυνη ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως την απόσπαση της προσοχής. Γενικότερα μπορεί να μειώσει σημαντικά τόσο τις καθυστερήσεις συμβάντων, όσο και να βελτιώσει την αξιοπιστία του χρόνου του ταξιδιού μειώνοντας τα ατυχήματα και όταν είναι απαραίτητο, αλλάζοντας τη διαδρομή των οδηγών που έχουν προγραμματίσει τους προορισμούς τους [46]. Επιπλέον, θα μπορούν τα οχήματα να ταξιδεύουν πιο κοντά μαζί και σε υψηλότερες ταχύτητες με μεγαλύτερη ασφάλεια. Γενικότερα, θα μπορεί να υπάρξει ομαλότερη ροή της κυκλοφορίας, αυξάνοντας έτσι αποτελεσματικά την χωρητικότητα των αυτοκινητόδρομων χωρίς το κοινό να χρειάζεται να επιβαρυνθεί με το τεράστιο κόστος κατασκευής και συντήρησης πρόσθετων λωρίδων και νέων

αυτοκινητόδρομων. Επίσης, θα μπορεί να μειωθεί το κόστος των επιβατών, των φορτηγών προς ενοικίαση και των ταχυδρομικών υπηρεσιών εξαλείφοντας την ανάγκη για οδηγό 7.

Τέλος, εξομαλύνοντας τη ροή της κυκλοφορίας και μειώνοντας την οδήγηση με στάση, τα αυτόνομα οχήματα θα επιτύχουν βελτιωμένη οικονομία καυσίμου. Σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων (EV), θα μπορούσαν να μειώσουν σημαντικά τη ρύπανση και να βελτιώσουν το περιβάλλον. Η ανάπτυξη και η εμπορευματοποίηση των EV προχωρά αυτή τη στιγμή από τις εταιρείες, ανεξάρτητα από την ανάπτυξη και την εμπορευματοποίηση των AV. αναμένεται ότι τα EV και τα AV θα συνδυαστούν τελικά και ότι τα προκύπτοντα αυτόνομα ηλεκτρικά οχήματα (AEV), θα εξαλείψουν το κόστος των εκπομπών και θα υπερβούν το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, αντικαθιστώντας τα μη αυτόνομα με ορυκτά καύσιμα οχήματα.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ο κόσμος σήμερα καταναλώνει ενέργεια μέρα με τη μέρα και ώρα με ώρα. Η όλη ύπαρξη της ανθρωπότητας εξαρτάται από την ενέργεια. Δε μπορεί κανείς να φανταστεί μια καθημερινή ζωή χωρίς την άνεση που προσφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στα σπίτια, στη λειτουργία των λαμπτήρων στο δρόμο για το φωτισμό, στην απεριόριστη παροχή βενζίνης για να γεμίσουν οι δεξαμενές των αυτοκινήτων ή στην ομαλή ροή του φυσικού αερίου στους σωλήνες για τη θέρμανση των σπιτιών το χειμώνα.

Η καλύτερη αναπαράσταση της ενέργειας που είναι πάντα εκεί, πάντα σε ζήτηση, είναι, χωρίς αμφιβολία, η ηλεκτρική ενέργεια. Μεγαλώνοντας σε οποιαδήποτε ανεπτυγμένη δυτική χώρα τη δεκαετία του 1980, τη δεκαετία του 1990, ή ακόμα και αργότερα, θα πίστευε κανείς ότι η ηλεκτρική ενέργεια ήταν πανταχού παρούσα και πάντα σε ζήτηση όποτε χρειαζόταν. Σίγουρα, οι διακοπές ρεύματος συνέβησαν κατά καιρούς, αλλά ήταν σχετικά σπάνιες. Η παροχή ενέργειας λειτούργησε με τα χρήματα και υπήρχε πάντα ζεστό νερό στους σωλήνες, η θέρμανση κρατούσε τα σπίτια ζεστά το χειμώνα, καθώς επίσης υπήρχαν φώτα, τηλεόραση και ραδιόφωνο. Είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς να επιβιώνει αρκετές ημέρες χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα. Όλοι οι καταναλωτές ή οι επιχειρήσεις, εξαρτώνται από τη συνεχή και αδιάκοπη ροή του [47], [48].

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας παίζει κρίσιμο ρόλο στη σημερινή κοινωνία. Τα πολλά οφέλη της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν την ευελιξία, την αξιοπιστία, την ασφάλεια και το χαμηλό κόστος. Όσον αφορά την ευελιξία, όταν λαμβάνονται υπόψη νέες πηγές ενέργειας όπως η αιολική, ή ηλιακή, η καλύτερη μέθοδος για τη μετάδοση της ισχύος στους καταναλωτές είναι η μετατροπή των υπολοίπων σε ηλεκτρική. Άλλες επιλογές μετάδοσης, για παράδειγμα, η παραγωγή ενός ενδιάμεσου αερίου υδρογόνου, είναι σημαντικά πιο περίπλοκες και δαπανηρές στην εφαρμογή τους. Όσον αφορά την αξιοπιστία και την οικονομία, το διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας έχει δείξει εξαιρετική αντοχή για πολλές δεκαετίες και με πολύ χαμηλό κόστος. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ηλεκτρική ενέργεια είναι υπεύθυνη για την παροχή περίπου του ενός τρίτου των συνολικών απαιτήσεων. Επιπλέον, το ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης της ενέργειας με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται λόγω των τάσεων στην ηλεκτροκίνηση των μεταφορών των αυτοκινήτων και των αυξήσεων στην υποδομή των υπολογιστών και των επικοινωνιών [49].

Λόγω της σημασίας για την κοινωνία, υπάρχει μια συνεχής ανάγκη βελτίωσης της αξιοπιστίας και της οικονομίας της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κλειδί για αυτό είναι η διατήρηση της σωστής λειτουργίας κατά τη διάρκεια δύσκολων γεγονότων, όπως στην αστοχία εξοπλισμού, στα ηλεκτρικά σφάλματα και σε τυχόν μεταβολές που προκαλούνται από τον καιρό που επηρεάζουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι

ιεραρχίες προστασίας και ελέγχου, ξεκινώντας από ένα τοπικό κατανεμημένο επίπεδο και επεκτείνοντας σε ένα κεντρικό επίπεδο ευρείας περιοχής, εφαρμόζονται για να διατηρήσουν το σύστημα λειτουργικό σε αποδεκτές περιοχές σε κρίσιμες περιόδους.

Σε τοπικό επίπεδο, οι συσκευές προστασίας του εξοπλισμού αναπτύσσονται για τη γρήγορη αποσύνδεση των συσκευών που παρουσιάζουν σφάλμα. Αυτό απομονώνει τις αστοχίες και αποτρέπει την εξάπλωση των διαταραχών. Όταν το σφάλμα είναι προσωρινό, οι συσκευές προστασίας ξανακλείνουν τη γραμμή σε λειτουργία. Αυτό διατηρεί το σύστημα ισχυρό έναντι μελλοντικών διαταραχών. Η προστασία του εξοπλισμού χρησιμοποιεί κυρίως τοπικά σήματα για τη λήψη αποφάσεων. Μεταξύ των τοπικών και ανώτερων επιπέδων παρατήρησης, εφαρμόζεται μια ποικιλία κατανεμημένων συστημάτων ελέγχου για την απόκριση σε καταστάσεις που απαιτούν πληροφορίες ευρείας περιοχής, αλλά πρέπει να λειτουργούν με διαστήματα που είναι πολύ σύντομα, για να μπορεί ένας άνθρωπος να επεξεργαστεί και να λάβει μια καλή απόφαση [50].

Τα σύγχρονα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν σχεδιαστεί για να συνδέουν γεννήτριες και καταναλωτές σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό δημιουργεί μια μοναδική μηχανική πρόκληση για μια αξιόπιστη λειτουργία, λόγω των απαιτήσεων της επικοινωνίας που προκύπτουν όταν οι μετρήσεις πρέπει να μοιραστούν με κρίσιμες εφαρμογές για σωστό έλεγχο και λειτουργία. Το σύστημα της ηλεκτρικής ενέργειας, ή ένα συγκεκριμένο υποσύνολο, μπορεί να εκτείνεται σε εκατοντάδες ή και χιλιάδες μίλια. Η μέτρηση, η μετάδοση και ο έλεγχος των μετρήσεων που συλλέγονται σε αυτές τις μεγάλες αποστάσεις απαιτούν μια εξελιγμένη επικοινωνιακή υποδομή. Οι σχετικές αποστάσεις είναι ιδιαίτερα δύσκολες για τον έλεγχο των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα περισσότερα άλλα συστήματα ελέγχου, όπως οι δέκτες των κινητών τηλεφώνων ή οι ρυθμιστές των κινητήρων των αυτοκινήτων, συσκευάζονται σε σχετικά μικρούς χώρους. Η επικοινωνία σε αυτά τα συστήματα είναι γρήγορη. Τα δίκτυα επικοινωνίας μεγάλων αποστάσεων μπορούν να οδηγήσουν σε μεγάλες καθυστερήσεις, δυσκολία στην ευθυγράμμιση των μετρήσεων και αναξιόπιστη ποιότητα λήψης. Τα συστήματα ελέγχου είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αυτές τις επιπτώσεις.

Ιστορικά, οι μηχανικοί έχουν ξεπεράσει την πρόκληση της γεωγραφικής απόστασης για τις μετρήσεις του συστήματος ισχύος μετρώντας μόνο τις ποσότητες που αλλάζουν αργά. Τόσο το μέγεθος της τάσης όσο και η ισχύς που εισάγεται σε ένα σύστημα μετάδοσης ποικίλλουν ελαφρώς σε διάστημα αρκετών δευτερολέπτων. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερες καθυστερήσεις στην επικοινωνία και απλοποιεί την ευθυγράμμιση των μετρήσεων στο χρόνο. Ο περιορισμός των μετρήσεων σε αυτές που αλλάζουν αργά είναι αποδεκτός για πολλές εφαρμογές, αλλά, γενικά είναι ένα πρόβλημα επειδή η κατάσταση του συστήματος ισχύος αποτελείται όχι μόνο από το μέγεθος αλλά και από τη γωνία φάσης.

Στο παρελθόν, αλλά ακόμη και σήμερα, σε πολλά συστήματα, η γωνία φάσης που αλλάζει γρήγορα υπολογίζεται με ρυθμούς τόσο αργούς (όσο και ένα λεπτό) και αντιμετωπίζεται σε σχετική βάση. Εκτός από την παροχή τιμών γωνίας, οι εκτιμητές υπολογίζουν τα ελλείποντα δεδομένα από φυσικές τοποθεσίες όπου η άμεση μέτρηση δεν είναι πρακτική ή για περιπτώσεις όπου τα ζητήματα του συστήματος επικοινωνίας οδηγούν σε διακοπή δεδομένων. Αυτοί οι εκτιμητές βελτιώνουν επίσης την ακρίβεια των μετρήσεων. Η εκτίμηση της κατάστασης βασίστηκε στο παρελθόν σε μια μη γραμμική μέθοδο, η οποία οφείλεται στην ανάγκη να προκύψουν γωνίες από τις μετρήσεις ισχύος. Λόγω της μη γραμμικότητάς, η εκτίμηση της παραδοσιακής κατάστασης είναι υπολογιστικά ακριβή και μερικές φορές μπορεί να αποτύχει να συγκλίνει. Αυτό οδηγεί σε κενά όταν τα κρίσιμα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα, όχι λόγω

αποτυχιών επικοινωνίας αλλά λόγω αλγοριθμικών περιορισμών. Τα προβλήματα σύγκλισης έγιναν ένα μεγαλύτερο ζήτημα πρόσφατα, επειδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οδηγούν σε παραβίαση της υπόθεσης ότι το σύστημα ισχύος αλλάζει αργά. Απαιτούνται καλές εκτιμήσεις ακόμη και σε περιόδους γρήγορης δυναμικής.

Ενώ οι ηλεκτρικές διασυνδέσεις είχαν διαφορετικά είδη και επίπεδα νοημοσύνης για πολλές δεκαετίες, τα τελευταία 6 χρόνια η έννοια του «έξυπνου δικτύου» βγήκε φαινομενικά από το πουθενά στο μυαλό όχι μόνο των μηχανικών ισχύος αλλά και των υπευθύνων χάραξης πολιτικής (ρυθμιστές, προμήθειες τιμών) και το ευρύ κοινό. Έμφυτη στην έννοια του έξυπνου πλέγματος ή δικτύου είναι η ικανότητα να επικοινωνούν πολύ περισσότερα δεδομένα από αισθητήρα και να έχουν πολύ περισσότερους υπολογισμούς σε πολλές περισσότερες τοποθεσίες, χρησιμοποιώντας αυτά τα δεδομένα.

Ο όρος «cloud» διαδίδεται σχεδόν σε κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής, δημιουργώντας ένα επιτακτικό ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή πώς μπορεί το cloud να βελτιώσει τις μελλοντικές κρίσιμες υποδομές. Το «cloud computing» έχει ήδη επηρεάσει σημαντικά το τοπίο των υπολογιστών και έχει ενσωματωθεί μόνιμα σε όλους σχεδόν τους τομείς της βιομηχανίας. Το ίδιο, ωστόσο, δε μπορεί να ειπωθεί για κρίσιμες υποδομές. Ειδικότερα, η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν πολύ προσεκτική όσον αφορά τις δυνατότητες των υπολογιστών που βασίζονται στο cloud.

Αυτό δεν αποτελεί απόλυτη έκπληξη. Η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας είναι διαβόητα συντηρητική για την αλλαγή του λειτουργικού της μοντέλου και οι προμήθειες των επιτοκίων της επικεντρώνονται γενικά σε βραχυπρόθεσμους στόχους. Με χιλιάδες κινούμενα ανταλλακτικά, που ανήκουν και λειτουργούν από πολλούς ενδιαφερόμενους, ακόμη και κάποιες μέτριες αλλαγές είναι δύσκολες. Επιπλέον, η συνέχιση της λειτουργίας με την ενσωμάτωση μεγάλων αλλαγών δεν είναι ούτε μια απλή ούτε μια διαδικασία χωρίς κίνδυνο. Εκτός από τον συντηρητισμό της βιομηχανίας, η πρόοδος επιβραδύνεται από την έλλειψη ολοκληρωμένων λύσεων που βασίζονται στο cloud και πληρούν τις τρέχουσες και τις μελλοντικές απαιτήσεις εφαρμογής του δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές ευκαιρίες σε πολλά μέτωπα, από τη μαζική παραγωγή ενέργειας, έως τη μετάδοση σε ευρεία περιοχή, έως την οικιακή διανομή, συμπεριλαμβανομένου του επιπέδου του μικροδικτύου (όπου οι τεχνολογίες cloud μπορούν να ενισχύσουν τις λειτουργίες του δικτύου ισχύος και να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και την αξιοπιστία του δικτύου).

Ο αντίκτυπος του cloud computing εξηγείται καλύτερα από την πρόσφατη ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου και των ηλεκτρονικών αγορών. Το cloud έχει ενδυναμώσει τους σύγχρονους πελάτες με εξαιρετική διαπραγματευτική ισχύ στις επιλογές των αγορών τους, παρέχοντας ενημερωμένες πληροφορίες τιμολόγησης για τα προϊόντα από ένα ευρύ φάσμα πηγών των οποίων η υποδομή των υπολογιστών είναι οικονομικά αποδοτική και επεκτάσιμη κατά παραγγελία. Για παράδειγμα, πριν από πολύ καιρό οι αεροπορικοί ταξιδιώτες βασίστηκαν στους τοπικούς ταξιδιωτικούς πράκτορες για να πάρουν τις καλύτερες τιμές στις κρατήσεις τους. Το cloud computing έχει φέρει επανάσταση σε αυτήν την αγορά, επιτρέποντας στους προμηθευτές να παρέχουν εύκολα στους πελάτες, υπηρεσίες κράτησης μέσω του διαδικτύου.

2.2 ΠΩΣ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ Η ΦΟΡΤΙΣΗ

Εκτός από την περιορισμένη γκάμα των ηλεκτρικών οχημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα, ένα επιπλέον μειονέκτημα είναι η χρονοβόρα και επίπονη διαδικασία φόρτισης. Για να καταστεί δυνατή η άνετη και αυτόνομη φόρτιση της μπαταρίας, η προσπάθεια ανάπτυξης επενδύεται σε επαγωγικά συστήματα φόρτισης. Λόγω των πλεονεκτημάτων της μεθόδου χωρίς επαφή, οι κατασκευαστές εργάζονται για την εμπορευσιμότητα αυτής της τεχνικής. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλές προκλήσεις όπως οι απώλειες ενέργειας, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η σύνθετη προσαρμογή του οχήματος ή οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και τα ζώα. Επιπλέον, οι μεγάλες διαδρομές οδήγησης και τα μικρά χρονικά διαστήματα φόρτισης είναι απαραίτητα για ένα υψηλό όφελος για τους πελάτες. Λόγω της σημαντικά χαμηλότερης απόδοσης της μετάδοσης ισχύος, οι υψηλές δυνατότητες φόρτισης δεν είναι εφικτές με επαγωγικά συστήματα, αλλά μόνο με αγωγή συστήματα (γρήγορη φόρτιση DC). Οι σταθμοί εναλλαγής μπαταριών παρέχουν μια επιπλέον επιλογή.

Γενικότερα τα χιλιόμετρα ανά ώρα καλύπτονται ανάλογα τη χωρητικότητα των μπαταριών και ανάλογα με τη μέθοδο φόρτισης [51] και με βάση την κατανάλωση ενέργειας ενός μέσου ηλεκτρικού οχήματος [52]. Σε αυτό δεν λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες φόρτισης και ξε-φόρτισης. Οι τεχνολογίες γρήγορης φόρτισης με χωρητικότητα φόρτωσης έως 170 kW μειώνουν σημαντικά το χρόνο φόρτισης σε σύγκριση με τις μεθόδους χαμηλής φόρτισης.








Για να επιτευχθούν ισχυρά ρεύματα φόρτισης DC, η διάμετρος του καλωδίου πρέπει να αυξηθεί. Αυτό με τη σειρά του κάνει το καλώδιο βαρύ, άκαμπτο και άβολο, με αποτέλεσμα οι άνθρωποι να αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη φόρτιση του οχήματός τους. Αυτή η δυνατότητα φόρτισης οχημάτων είναι όσο το δυνατόν πιο φιλική προς το χρήστη και αποτελεί ένα λόγο για τον οποίο τα αυτοματοποιημένα αγωγή συστήματα φόρτισης γίνονται όλο και πιο ενδιαφέροντα.

Τα αυτόνομα οχήματα μαζί με τα αυτοματοποιημένα συστήματα φόρτισης προσφέρουν νέες ευκαιρίες. Πλήρως αυτοματοποιημένες λύσεις στάθμευσης και φόρτισης επιτρέπουν πιο φιλικές λύσεις προς τον πελάτη και καινοτόμες ιδέες υπηρεσιών. Για παράδειγμα, οι οδηγοί σταθμεύουν μπροστά από τα εμπορικά κέντρα. Το αυτοκίνητο μπορεί να οδηγήσει στον επόμενο δωρεάν χώρο στάθμευσης αυτόνομα, να φορτίσει τις μπαταρίες του αυτόματα και να παραλαμβάνει τον οδηγό μετά την ταψώνια μέσω μιας κλήσης μέσω της εφαρμογής για κινητό τηλέφωνο.

Η αμερικάνικη Tesla αλλά και η ευρωπαϊκή Volkswagen για παράδειγμα, εργάζονται ήδη για την υλοποίηση παρόμοιων έργων με αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα και συστήματα επαγωγικής φόρτισης. Στην Εικόνα 2.1: Φόρτιση αυτόνομων οχημάτων και στην Εικόνα 2.2: Βύσματα καλωδίων φόρτισης φαίνεται η φόρτιση των αυτόνομων οχημάτων και ο τύπος των βυσμάτων των καλωδίων φόρτισης αντίστοιχα.



Εικόνα 2.1: Φόρτιση αυτόνομων οχημάτων [53]

Schuko	CEE	Typ 1	Typ 2	CCS	CHdeMO	Tesla SG
						

Εικόνα 2.2: Βύσματα καλωδίων φόρτισης [54]

Η Tesla έχει εγκαταστήσει υπερ-φορτιστές¹ σε πολλά σημεία παγκοσμίως (περισσότερους από 20.000) ώστε να εξυπηρετούνται τα αυτοκίνητά της. Στην ουσία, κατέχει και λειτουργεί το μεγαλύτερο παγκόσμιο, δίκτυο γρήγορης φόρτισης στον κόσμο. Χρειάζεται κανείς μόνο να συνδέσει το όχημά του (στην ουσία η σύνδεση επιτυγχάνεται αυτόματα από το όχημα) σε έναν από τους φορτιστές. Οι υπερ-φορτιστές μπορούν να προσθέσουν απόσταση έως και 200 μίλια ακόμα σε μόλις 15 λεπτά. Εφόσον η φόρτιση είναι απαραίτητη να βρίσκεται άνω του 80 %, οι στάσεις είναι συνήθως σύντομες και βολικές [55]. Στην Εικόνα 2.3: Υπερ-φορτιστές της Tesla φαίνονται εγκατεστημένοι κάποιοι υπερ-φορτιστές της Tesla.



Εικόνα 2.3: Υπερ-φορτιστές της Tesla [56]

2.3 ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΑΞΙΔΙΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

¹ Οι φορτιστές αυτοί προσφέρουν γρηγορότερη φόρτιση σε σχέση με τους υπολοίπους κλασσικούς φορτιστές. Επιπλέον, σε σύντομο χρόνο φόρτισης μπορούν να προσφέρουν μεγάλη αυτονομία.

Τα αυτοματοποιημένα οχήματα όπως έχει ήδη αναφερθεί, προσφέρουν μια μεγάλη υπόσχεση για πρωτοφανείς βελτιώσεις στην κινητικότητα και την ασφάλεια. Εν αναμονή αυτής της τεχνολογίας, ένας αυξανόμενος αριθμός των πολιτειών των ΗΠΑ έχουν θεσπίσει συγκεκριμένη νομοθεσία που επιτρέπει τη λειτουργία αυτόνομων οχημάτων υπό περιορισμένες συνθήκες, (έχει σχεδιαστεί με σκοπό να καθορίσει τη χρήση και τη συμβατότητά τους σε δημόσιους αυτοκινητόδρομους) [57].

Τα υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού απαιτούν τη σύνδεση των αυτόνομων οχημάτων σε λογισμικό χαρτογράφησης των διαδρομών σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της επίγνωσης της κατάστασης του δρόμου, όπως η πρόβλεψη της συμφόρησης και των κατασκευαστικών εμποδίων. Ενώ, η συνδεσιμότητα ενισχύεται ή απαιτείται για ένα τέτοιο όχημα, η συνδεσιμότητα γίνεται όλο και περισσότερο ενσωματωμένη στα νέα, που δεν θα έχουν υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού. Έτσι, από τη σκοπιά της συμπεριφοράς, τα συνδεδεμένα οχήματα υψηλής αυτοματοποίησης (CAV) διαφέρουν από τα συνδεδεμένα οχήματα (επίπεδα αυτοματισμού 1 ή 2) ως προς την ικανότητά τους να επιτρέπουν στους οδηγούς, να εκτελούν άλλες εργασίες, αλλά δεν έχουν τα απαραίτητα πλεονεκτήματα όσον αφορά τη βέλτιστη εύρεση διαδρομής.

Λόγω των συμπεριφορικών αποκρίσεων των οδηγών, τα CAV ενδέχεται να έχουν μεγάλες ακούσιες συνέπειες όσον αφορά την πρόσθετη χρήση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των μεταφορών και μπορεί επίσης να έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν περαιτέρω την πυκνότητα των αστικών περιοχών.

Υπάρχει κάποιο τμήμα στη βιβλιογραφία που προσπαθεί να εξετάσει τις πιθανές επιπτώσεις των CAV στην οδήγηση και τη χρήση της ενέργειας [58] [59]. Συνολικά οι περισσότερες μελέτες τείνουν να είναι αισιόδοξες για τα οφέλη της τεχνολογίας των CAV. Σε μία αρκετά παλιά μελέτη αναλύονται οι μακροπρόθεσμες ενεργειακές επιπτώσεις της αυτοματοποίησης των οδικών οχημάτων [60].

Πιο συγκεκριμένα σε αυτή τη μελέτη προσδιορίζονται κάποιοι τρόποι με τους οποίους ο αυτοματισμός επιπέδου 4 μπορεί να έχει ένα σημαντικό αντίκτυπο σε πολλές πτυχές της χρήσης των προσωπικών οχημάτων. Αυτές οι πιθανές επιπτώσεις περιλαμβάνουν τη μείωση της συμφόρησης, τη βελτιωμένη αποφυγή της σύγκρουσης, τις υψηλότερες ταχύτητες στον αυτοκινητόδρομο, την εξομάλυνση της κυκλοφορίας (αποτελεσματική οδήγηση), τη βελτιωμένη δρομολόγηση, τη μείωση του χρόνου και το ασφαλιστικό κόστος ιδιοκτησίας και την ενεργοποίηση νέων ομάδων (ως χρήστες) όπως ηλικιωμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες. Όπως σημειώνεται, τα CAV μπορεί επίσης να αυξήσουν την ενέργεια και τις εκπομπές προκαλώντας επιπλέον και ταχύτερη οδήγηση και προσελκύνοντας διάφορους πληθυσμούς (άτομα με ειδικές ανάγκες και ηλικιωμένους οδηγούς). Λόγω των εγγενών αβεβαιοτήτων, το εκτιμώμενο εύρος των επιπτώσεων, όπως η ζήτηση του ταξιδιού, η χρήση της ενέργειας και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, είναι πολύ μεγάλα, από -40 έως +100%. Αυτό το εύρος γίνεται μικρότερο αν ληφθούν υπόψη μόνο οι αλλαγές που οφείλονται στον αυτοματισμό, όχι στα οχήματα, στο κόστος του οχήματος ή στη βελτιωμένη δρομολόγηση από την αύξηση της συνδεσιμότητας.

Οι Fagnant D. J. και Kockelman K. M. (2014) σημειώνουν ότι τα κοινόχρηστα αυτόνομα οχήματα (SAV) ενδέχεται να αυξήσουν τη χρήση των προγραμμάτων κοινής χρήσης των αυτοκινήτων, όπως Car2Go και Zipcar, μειώνοντας τα εμπόδια, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης των χρηστών να ταξιδεύουν μέσω πρόσβασης σε διαθέσιμα οχήματα [61]. Τα αποτελέσματα προσομοίωσής τους δείχνουν ότι, σε αστικό περιβάλλον, κάθε SAV μπορεί να αντικαταστήσει περίπου έντεκα συμβατικά οχήματα, αλλά προσθέτει έως και 10% μεγαλύτερη απόσταση ταξιδιού από τα συγκρίσιμα ταξίδια εκτός SAV, με αποτέλεσμα γενικές επιπτώσεις στις εκπομπές. Δεν είναι σαφές,

ωστόσο, πόσο από αυτές τις εξοικονομήσεις οφείλεται στις χαμηλότερες εκπομπές ανά όχημα των SAV.

Αυτό που είναι σημαντικό είναι η κατανόηση της οπτικής γωνίας των πραγματικών επιπτώσεων των CAV και των παραγόντων που επηρεάζουν τον τρόπο χρήσης τους και από ποιον. Αν και έχουν σημασία οι πιθανές βελτιώσεις στην απόδοση του οχήματος και οι άλλες βελτιστοποιήσεις συστήματος, οι μεγαλύτερες επιπτώσεις είναι πιθανό να προέρχονται από το πώς αντιδρούν οι καταναλωτές στον αυτοματισμό όσον αφορά τη χρήση (πόσο συχνά, πότε και πόσο χρησιμοποιούν τα οχήματά τους). Αυτό καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το πλήρες κόστος και την αξία για τους οδηγούς που αποφασίζουν να κάνουν ένα ταξίδι με το αυτοκίνητο, να χρησιμοποιούν τις δημόσιες συγκοινωνίες ή να περπατήσουν. Τα CAV θα εισέλθουν μόνο στην αγορά και θα αγοραστούν ως ιδιωτικά επειδή θα βελτιώνουν την οδήγηση.

2.4 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΞΕΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ (SMART GRIDS)

Τα έξυπνα δίκτυα επιτρέπουν τεχνολογίες με υψηλή αξιοπιστία, αυτοδιόρθωση, πλήρη δυνατότητα ελέγχου και βέλτιστη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων. Συνδυάζοντας ευφυείς αλγόριθμους ελέγχου με προηγμένη τεχνολογία επικοινωνίας και πληροφοριών, τα έξυπνα δίκτυα επιτρέπουν στους προμηθευτές βοηθητικών προγραμμάτων να διαχειρίζονται και να ελέγχουν την παραγωγή και διανομή της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια του δικτύου, η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα βελτιώνονται σημαντικά, ωφελώντας όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των γεννητριών, των διανομέων, των εμπόρων και των τελικών καταναλωτών. Μια βασική τεχνολογία για ανάπτυξη ενός έξυπνου δικτύου είναι η τεχνολογία διαχείρισης από πλευράς ζήτησης (DSM). Αξιοποιώντας την τεχνολογία επικοινωνίας και πληροφοριών, ο σκοπός του DSM είναι να επιτρέψει στους καταναλωτές να συμμετέχουν άμεσα στη λειτουργία δικτύου μέσω διαφόρων μέσων όπως μετατόπιση φορτίου, άμεσο έλεγχο του φορτίου, δυναμική τιμολόγηση και άλλα προγράμματα ανταπόκρισης στη ζήτηση.

Η ηλεκτρική ενέργεια παραδίδεται μέσω των ηλεκτρικών δικτύων. Τα δίκτυα είναι στην ουσία διασυνδεδεμένα δίκτυα που μεταφέρουν ηλεκτρισμό από τους προμηθευτές στους καταναλωτές που μεταφέρουν ισχύ από μακρινές πηγές σε κέντρα ζήτησης και γραμμές διανομής που συνδέουν μεμονωμένους πελάτες. Ο όρος «δίκτυο» χρησιμοποιείται συνήθως για την περιγραφή ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας που υποστηρίζει τέσσερις λειτουργίες (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας, διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και έλεγχο ηλεκτρικής ενέργειας). Τα παραδοσιακά δίκτυα χρησιμοποιήθηκαν για τη μεταφορά ισχύος από μερικές κεντρικές γεννήτριες σε ένα μεγάλο αριθμό πελατών. Ωστόσο, με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα του σημερινού παγκοσμιοποιημένου κόσμου, τα παραδοσιακά δίκτυα έπρεπε να εξελιχθούν στα λεγόμενα «έξυπνα δίκτυα». Ένα έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί αμφίδρομες ροές ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφοριών για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου δικτύου παροχής ενέργειας. Τα έξυπνα δίκτυα ξέρουν αμέσως πού και σε ποιον πρέπει να παραδίδεται η ηλεκτρική ενέργεια και να αντιδρούν στις αλλαγές της ζήτησης και της προσφοράς.

Σήμερα, η πίεση στα ηλεκτρικά δίκτυα εντείνεται [62], [63] και το μέλλον της βρίσκεται στο cloud [64]. Ένας από τους κύριους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι η δέσμευση για το μέλλον των χαμηλών εκπομπών άνθρακα που έκαναν οι περισσότερες κυβερνήσεις των δυτικών χωρών (Levi and Pollitt, 2015). Τα μελλοντικά

δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας πιθανότατα να αντιμετωπίσουν μια σειρά από προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένων των νέων προτύπων κατανάλωσης, προγραμματίζοντας υπό αυξανόμενη αβεβαιότητα, αλλά και συνολική αυξανόμενη πολυπλοκότητα, λόγω του μεγάλου αριθμού μικρών ανεξάρτητων συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο [65].

Σήμερα υπάρχουν ήδη μικρές συσκευές που χρήζουν ανάγκης χρήσης των έξυπνων δικτύων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα smartphone. Το πρώτο iPhone ήρθε το 2007 και σήμερα, εννέα χρόνια αργότερα, περίπου το 50% του ενήλικου πληθυσμού του πλανήτη χρησιμοποιεί smartphone (εκτιμάται ότι αυτός ο αριθμός θα φτάσει το 80% έως το 2020). Ένα σημερινό μέσο smartphone έχει περισσότερη υπολογιστική ισχύ από τον υπερυπολογιστή της NASA που χρησιμοποιήθηκε για την αποστολή της διαστημικής αποστολής στη Σελήνη το 1969.

Τα smartphone (και άλλες παρόμοιες συσκευές όπως τα tablet) γίνονται ένα σημαντικό μέρος του παγκόσμιου διασυνδεδεμένου συστήματος πληροφοριών. Μια μέρα, ενδέχεται να χρησιμοποιείται η υπολογιστική τους δύναμη σε μια σειρά δικτύων που θα εργάζονται σε εξουσιοδοτημένες εργασίες. Ωστόσο, τα σημερινά smartphone καταναλώνουν πολύ γρήγορα την ενέργειά τους και πρέπει να φορτίζονται πολύ συχνά.

Τα έξυπνα δίκτυα επιτρέπουν τεχνολογίες που στοχεύουν στην επίλυση σημαντικών προκλήσεων που προκύπτουν από την αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων, τη γήρανση των βοηθητικών υποδομών και τις αυξανόμενες ανησυχίες σχετικά με τη χρήση των ορυκτών καυσίμων. Τα έξυπνα δίκτυα έχουν χαρακτηριστεί ή οριστεί από πολλούς οργανισμούς ως ιδιοφυή δίκτυα (ή Intelligrid) ή μελλοντικά δίκτυα [66]. Προκειμένου να ενσωματωθούν ευφυείς δυνατότητες στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο, απαιτείται μια ολοκληρωμένη τεχνολογική σουίτα που περιλαμβάνει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, πρόβλεψη, λήψη αποφάσεων, ελέγχους και αλγόριθμους βελτιστοποίησης [67]. Από την άποψη της εφαρμογής, οι έξυπνες τεχνολογίες δικτύου περιλαμβάνουν (1) αυτοματισμό διανομής, (2) καταμεμημένη παραγωγή και ολοκλήρωση ενέργειας, (3) βέλτιστη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων, (4) προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI) και (5) DSM. Σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των δικτύων τεχνολογίας πληροφοριών και τηλεπικοινωνιών, τα έξυπνα δίκτυα επιτρέπουν στις εταιρείες να παρακολουθούν και να βελτιστοποιούν την παραγωγή και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, το σύστημα, η αξιοπιστία, η ποιότητα ισχύος και η ενεργειακή απόδοση διασφαλίζονται με συνέπεια, ωφελώντας όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των γεννητριών, των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας, των εμπόρων της αγοράς και των τελικών καταναλωτών.

2.4.1 Αυτόματα συστήματα ενέργειας

Ένα πολύ ενδιαφέρον όραμα για το πώς θα μπορούσε να μοιάζει το δίκτυο της ηλεκτρικής ενέργειας το 2050 είναι το «Autonomic Power System» ή «Αυτόνομο σύστημα ισχύος» (APS), μια ιδέα που επινοήθηκε από τους Βρετανούς επιστήμονες κατά τη διάρκεια ενός τριετούς προγράμματος υπό την ηγεσία του Πανεπιστημίου του Strathclyde (με τη συμμετοχή ερευνητικών ομάδων από Πανεπιστήμια του Ηνωμένου Βασιλείου, συμπεριλαμβανομένων των Cambridge και Imperial College of London). Κατά την άποψή τους, το APS θεωρείται αυτόματο (αυτορυθμιζόμενο, με αυτοβελτιστοποίηση και αυτοπροστασία). Σε γενικές γραμμές, το APS αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση σε ολόκληρο το σύστημα, όπου η αποκεντρωμένη και χαμηλού επιπέδου

ευφυΐα λαμβάνει αυτόνομα τις αποφάσεις που είναι απαραίτητες για την εκπλήρωση των προτεραιοτήτων των ενδιαφερόμενων μερών του συστήματος. Το σύστημα μπορεί, για παράδειγμα, να αποσυνδέσει το τμήμα του δικτύου που απειλείται και στη συνέχεια, να το επανασυνδέσει στο δίκτυο μετά το πέρας του πιθανού κινδύνου. Μπορεί επίσης να ανιχνεύσει τα νέα στοιχεία του δικτύου (π.χ. ηλεκτροπαραγωγούς) και να επικοινωνεί συνεχώς μαζί τους, λαμβάνοντας υπόψη την παρουσία τους την ενσωμάτωσή τους στο δίκτυο (Alimisis and Taylor, 2015; Kitapbayev et al., 2015). Όλα τα παραπάνω γίνονται χωρίς ανθρώπινη αλληλεπίδραση ή χειροκίνητη διαχείριση του συστήματος, δηλαδή το σύστημα ισχύος του 2050 θα αποφασίσει τι είναι καλύτερο από μόνο του.

Η ιδέα πίσω από το αυτόνομο σύστημα ισχύος προέρχεται από την ιδέα του Autonomic Computing που ξεκίνησε η International Business Machines Corporation (κοινώς γνωστή ως IBM) το 2001 ως ένα νέο παράδειγμα στη διαχείριση όλο και πιο περίπλοκων συστημάτων πληροφοριών. Η IBM στοχεύει στην ανάπτυξη συστημάτων υπολογιστών ικανών για αυτοδιαχείριση, ώστε να χειρίζονται την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των συστημάτων των υπολογιστών και να μειώσουν την πολυπλοκότητα που μπορεί να επιβραδύνει την περαιτέρω ανάπτυξη. Το αυτόνομο υπολογιστικό σύστημα λαμβάνει τις δικές του αποφάσεις χρησιμοποιώντας πολιτικές υψηλού επιπέδου. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχει συνεχώς την κατάστασή του και προσαρμόζεται αυτόματα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Ένα αυτόνομο υπολογιστικό πλαίσιο αποτελείται από αυτόνομα στοιχεία που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Αν και έχουν τεθεί οι κύριοι στόχοι του συστήματος, η πραγματική συμπεριφορά προκύπτει από αποφάσεις που λαμβάνονται από αποκεντρωμένη, χαμηλού επιπέδου ευφυΐα. Αυτό επιτρέπει σε εξαιρετικά πολύπλοκα συστήματα να επιτυγχάνουν βελτιστοποίηση των λειτουργιών σε πραγματικό χρόνο.

Επί του παρόντος, υπάρχουν διάφορα πλαίσια που βασίζονται σε αυτόνομα στοιχεία «αυτορυθμιζόμενα» που εμπνέονται από τα συστήματα των πολλαπλών παραγόντων και την έρευνα του αυτόνομου νευρικού συστήματος που μπορεί να βρεθεί στη βιολογία (π.χ. μίμηση της συλλογικής συμπεριφοράς των κοινωνικών ζώων).

Τα δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας του αύριο σίγουρα θα πρέπει να προσαρμοστούν στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και τους κανόνες της αγοράς που ασχολούνται με ζητήματα όπως η αύξηση του πληθυσμού, οι αυξανόμενες τιμές της ενέργειας, η μεταβλητότητα της παραγωγής και διανομής ενέργειας, καθώς και στον αυξανόμενο αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων και συσκευών. Οι πελάτες που ενεργούσαν ως αγοραστές της ηλεκτρικής ενέργειας στο παρελθόν ενδέχεται να γίνουν πωλητές του και η τεχνική εξέλιξη και η ελεύθερη πρόσβαση σε πληροφορίες θα δημιουργήσουν τις πολλαπλές αγορές της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα ηλεκτρικά οχήματα είναι μια ενδιαφέρουσα ιστορία. Η Tesla Motors διαδίδει την έννοια του ηλεκτρικού αυτοκινήτου για τις μάζες και τα γνωστά σχήματα «grid-to-vehicle» (G2V) και «vehicle-to-grid» (V2G) επιτρέπουν απλά τη σύνδεση κάποιου οχήματος στο δίκτυο για αγορά ή πώληση ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, όλοι οι ιδιοκτήτες ηλεκτρικών αυτοκινήτων θα γίνουν αυτόνομα στοιχεία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και οι αυτόνομες ανεξάρτητες αποφάσεις τους θα διαμορφώσουν τη ζήτηση, την προσφορά και τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα δίκτυα της ηλεκτρικής ενέργειας του αύριο θα αποτελούνται από μεγάλο αριθμό μικρών συστατικών που θα αλληλεπιδρούν μαζί ως ένας ενιαίος οργανισμός, είτε θα διέπεται από την ανώτερη συγκεντρωτική νοημοσύνη, είτε θα λειτουργεί ως μια διάσπαρτη νοημοσύνη, ίσως παρόμοια με το cloud computing.

Από τη σημερινή προοπτική, το όραμα των αυτόματων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας του 2050 μπορεί να φαίνεται λίγο φουτουριστικό (σίγουρα λιγότερο από πριν από 5-10 χρόνια). Ωστόσο, πρέπει να εξεταστούν όλα τα πιθανά αποτελέσματα χωρίς να δίνεται προτεραιότητα σε κανένα από αυτά. Τα αυτονομικά συστήματα ισχύος του μέλλοντος θα είναι σίγουρα πολύπλοκες οντότητες λήψης αποφάσεων τεχνητής νοημοσύνης.

Ο αυτοματισμός διανομής (DA) περιλαμβάνει λειτουργίες παρακολούθησης, ελέγχου και επικοινωνίας που βρίσκονται στον ηλεκτρικό τροφοδότη. Οι λειτουργίες προστασίας και μεταγωγής είναι από τις πιο σημαντικές πτυχές όταν σχεδιάζεται ένας αποτελεσματικός μηχανισμός DA. Σήμερα, οι διάφορες έξυπνες συσκευές DA έχουν αναπτυχθεί σε γραμμές διανομής για την παρακολούθηση των καταστάσεων ρεύματος και τάσης, την ανταλλαγή πληροφοριών των συσκευών και την αναδιάρθρωση του δικτύου ώστε να ανταποκρίνεται στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η τοπολογία σε ένα έξυπνο δίκτυο προτίθεται να είναι πιο ευέλικτη και προσαρμοστική, επιτρέποντας την αναδιάρθρωση της τοπολογίας σε περίπτωση βλαβών, υπερβολικών απαιτήσεων φορτίου και κακόβουλων επιθέσεων.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό DA είναι η αυτοματοποιημένη διάγνωση των σφαλμάτων παρακολουθώντας το σφάλμα δικτύου, εντοπίζοντας τη βασική αιτία και αποκαθιστώντας το σύστημα. Έχει επίσης διερευνηθεί η αυτόματη αναγνώριση των βλαβών και των ριζικών αιτιών χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο αιτίων-αποτελεσμάτων, ασαφών κανόνων, τεχνητής νοημοσύνης ή συμπεράσματα Bayesian [68]. Η ανάπτυξη αισθητήρων ασύρματων δικτύων, κατανεμημένων ενεργοποιητών και άλλων τεχνολογιών επικοινωνίας σε έξυπνα δίκτυα θα δημιουργούσε ακριβέστερα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις καταστάσεις του συστήματος, καθιστώντας εφικτές και εφαρμόσιμες τις αυτόματες διαγνώσεις των σφαλμάτων σε μελλοντικά δίκτυα.

2.5 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Πολλές από τις προκλήσεις για την υιοθέτηση του cloud που περιγράφονται παραπάνω αφορούν ουσιαστικά την υποστήριξη πολύ επεκτάσιμων, ιδιαίτερα εξασφαλισμένων συμπεριφορών και αυστηρών εγγυήσεων επικοινωνίας. Πρόκειται για ιδιότητες που σπάνια βρίσκονται στις σημερινές εμπορικές υποδομές του cloud, οι οποίες είναι βελτιστοποιημένες για να υποστηρίζουν εφαρμογές για κινητά και εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου που βασίζονται στον ιστό. Οι έννοιες της απόκρισης σε πραγματικό χρόνο, της εγγυημένης συνοχής, της ασφάλειας των δεδομένων και της ανοχής των σφαλμάτων είναι πολύ πιο συγχωρητικές σε αυτές τις εφαρμογές από ό, τι στον έλεγχο της υποδομής, παρέχοντας μικρό κίνητρο στα τρέχοντα εμπορικά cloud να αγκαλιάσουν τον τύπο των αλλαγών που απαιτούνται για την υποστήριξη κρίσιμων συστημάτων υποδομής [69]. Η αρχιτεκτονική περιλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία:

1. Υποδομή συλλογής δεδομένων και μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο
2. Μια μαλακή κατάσταση, ελαστικό επίπεδο εξωτερικού cloud που υποστηρίζει τη συλλογή δεδομένων, την επεξεργασία, την προσωρινή αρχειοθέτηση, τον καθαρισμό και το φιλτράρισμα δεδομένων, και τη διανομή σε υπηρεσίες

3. Υπηρεσίες και εφαρμογές φιλοξενίας εσωτερικών επιπέδων cloud και υποστηρικτικά δεδομένα, επεξεργασία, ανάλυση, επεξεργασία παρτίδας, επίμονη αποθήκευση και λειτουργίες οπτικοποίησης

Η υποδομή της συλλογής δεδομένων και μεταφοράς βρίσκεται μεταξύ των φυσικών αισθητήρων και του εξωτερικού επιπέδου του cloud και αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της επικοινωνίας της συνολικής αρχιτεκτονικής. Αυτό το στοιχείο είναι υπεύθυνο για την παράδοση των δεδομένων που παράγονται έξω από το cloud στους συλλέκτες cloud της πρώτης βαθμίδας με ισχυρές εγγυήσεις (όπως εγγυημένη παράδοση, εξαιρετικά υψηλή διαθεσιμότητα, υπερηχητική καθυστέρηση και εγγυημένη καθυστέρηση). Η μαλακή κατάσταση, το πιο απομακρυσμένο επίπεδο του cloud παρέχει τη διεπαφή των δεδομένων που ρέουν προς τις εφαρμογές που φιλοξενούνται στις εσωτερικές βαθμίδες. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της βαθμίδας είναι η παροχή υψηλής διαθεσιμότητας, η ταχεία ελαστικότητα και η προώθηση των σωστών δεδομένων στις κατάλληλες εφαρμογές. Για να βοηθήσει σε αυτήν τη διαδικασία, αυτό το επίπεδο θα φιλοξενήσει επίσης βοηθητικές εφαρμογές που παρέχουν καθαρισμό των δεδομένων, φιλτράρισμα των κακών δεδομένων, δυνατότητες προ-επεξεργασίας των δεδομένων και προώθησης. Η διαθεσιμότητα και η ανοχή των σφαλμάτων αυξάνονται από τους αναπαραγόμενους κόμβους που συλλέγουν δεδομένα από μια ομάδα αισθητήρων με την αντιστοίχιση των κατάλληλων πηγών των δεδομένων. Τα εσωτερικά επίπεδα cloud φιλοξενούν τις πραγματικές εφαρμογές που καταναλώνουν δεδομένα και εκτελούν εργασίες ανάλυσης και υπολογισμού. Επιπλέον, τα αποτελέσματα αυτών των βαθύτερων υπολογισμών μπορούν να παραδοθούν με υψηλούς ρυθμούς σε εφαρμογές οπτικοποίησης που βρίσκονται εντός και εκτός του cloud [70].

2.6 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ

Η χρέωση είναι ο κύριος σκοπός της μέτρησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα βοηθητικά προγράμματα εγκαθιστούν μετρητές για να καταγράψουν την κατανάλωση ενέργειας (kWh) των πελατών τους και να τους χρεώνουν ανάλογα. Η μέτρηση από το λαμβάνεται συνήθως από μια συγκεκριμένη ομάδα που επισκέπτεται τους χώρους πελατών κάθε μήνα και καταγράφει μη αυτόματα τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας των πελατών.

Για να επωφεληθούν από την πρόοδο των τεχνολογιών της επικοινωνίας και να μειώσουν το κόστος της ανάγνωσης των μετρητών έχουν εφαρμοστεί ορισμένα βοηθητικά προγράμματα και τεχνολογίες αυτόματης ανάγνωσης μετρητών (AMR), οι οποίες επιτρέπουν τη μηνιαία συλλογή δεδομένων χρέωσης χωρίς να διαβάζεται φυσικά ο μετρητής. Αυτά πραγματοποιούνται συχνά μέσω μιας προσέγγισης «walk-by» ή «drive-by» με χρήση μονόδρομων τεχνολογιών επικοινωνίας όπως συστήματα κινητής τηλεφωνίας, ραδιόφωνο και τηλέφωνο.

Τα τελευταία χρόνια, η έξυπνη μέτρηση και η υποδομή (SMI), η οποία ονομάζεται επίσης προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI) [71], έχει γίνει ένα από τα πιο φλέγοντα θέματα στις επιχειρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας. Το SMI δεν είναι ένα εργαλείο για να συλλάβει απλά την κατανάλωση της ενέργειας των πελατών κάθε δύο ή παραπάνω μήνες, αλλά μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική υλικού και λογισμικού που είναι ικανή να αποτυπώνει σχεδόν σε πραγματικό χρόνο ή σε πραγματικό χρόνο την

κατανάλωση, τη ζήτηση, την τάση, το ρεύμα και άλλες σημαντικές πληροφορίες. Με άλλα λόγια, η λειτουργικότητα του συστήματος SMI υπερβαίνει κατά πολύ την απλή λήψη μιας μηνιαίας μέτρησης.

Το SMI είναι το σύνολο των συστημάτων και των δικτύων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση, τη συλλογή, την αποθήκευση, την ανάλυση και τη χρήση των δεδομένων χρήσης της ενέργειας. Με άλλα λόγια, το SMI περιλαμβάνει έξυπνους μετρητές και όλα τα άλλα στοιχεία υποδομής, όπως το υλικό, το λογισμικό και τα δίκτυα επικοινωνίας που απαιτούνται για να προσφέρουν προηγμένες δυνατότητες. Το SMI καλύπτει την υποδομή όχι μόνο από τους μετρητές έως το βοηθητικό πρόγραμμα, αλλά και από τους μετρητές στους πελάτες, γεγονός που επιτρέπει σε κάθε πελάτη να αναλύει και να χρησιμοποιεί τα δεδομένα μέτρησης της ενέργειας. Το SMI καθιστά επίσης διαθέσιμα τα δεδομένα χρήσης της ενέργειας σε μέρη εκτός της χρησιμότητας για την υποστήριξη της παροχής λύσεων απόκρισης στη ζήτηση.

Ένα τυπικό δίκτυο SMI χρησιμοποιεί ένα αμφίδρομο σύστημα επικοινωνίας και ταυτόχρονα έξυπνη τεχνολογία μέτρησης. Αντί, για μηνιαία καταγραφή της συσσωρευμένης κατανάλωσης ενέργειας, ένας έξυπνος μετρητής καταγράφει την κατανάλωση του πελάτη σε προκαθορισμένα διαστήματα σε συνεχή βάση. Κοινοποιεί τα δεδομένα στο προφίλ φόρτωσης του πελάτη σε μια κεντρική τοποθεσία, όπου τα δεδομένα ταξινομούνται και αναλύονται για διάφορους σκοπούς, όπως η χρέωση των πελατών, η απόκριση της διακοπής της λειτουργίας και η διαχείριση από πλευράς της ζήτησης. Το SMI χρησιμοποιεί επίσης τον ίδιο εξοπλισμό συστήματος για την αποστολή πληροφοριών μέσω του δικτύου σε μετρητές για τη λήψη πρόσθετων δεδομένων, τον έλεγχο των μετρητών ή την ενημέρωση του υλικο-λογισμικού των μετρητών.

2.7 ΞΕΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Ο πρόσφατος πολλαπλασιασμός των μικροσκοπικών τεχνολογιών της αυτόνομης οδήγησης έχει φέρει την επανάσταση στις πόλεις καθιστώντας τα έξυπνα αυτόνομα αυτοκίνητα μια βιώσιμη επιλογή για την καθημερινή μεταφορά. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα ελαφραίνουν το βάρος των ανθρώπινων οδηγών εκτελώντας έξυπνες λειτουργίες (αποφυγή σύγκρουσης, προειδοποίηση αναχώρησης λωρίδας κυκλοφορίας και ανίχνευση πινακίδων κυκλοφορίας). Επιπλέον, οι αυτόνομες τεχνολογίες οδήγησης μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά τη ροή της κυκλοφορίας και να μειώσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να προωθήσουν την οικονομία του καυσίμου, μειώνοντας τις εκπομπές [72]. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα βοηθούν τους ανθρώπους στην καθημερινή τους ζωή παρέχοντας αξιόπιστες και ασφαλείς υπηρεσίες μεταφοράς σε ηλικιωμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες, χειρίζοντας τα προβλήματα στάθμευσης και εξαλείφοντας ένα σημαντικό αριθμό των ατυχημάτων που προηγούμενως γίνονταν από ανθρώπινα λάθη.

Η ανάπτυξη των αυτόνομων αυτοκινήτων απαιτεί σύγχρονες λύσεις όσον αφορά την αντίληψη, το σχεδιασμό και τον έλεγχο. Παρόλο που τα αυτόνομα αυτοκίνητα είναι συνήθως εξοπλισμένα με ισχυρές τεχνολογίες υπολογιστών και ανίχνευσης που βασίζονται σε ετερογενείς αρχιτεκτονικές, πολλές εγγενείς προκλήσεις που σχετίζονται με τις τεχνολογίες της επικοινωνίας και της δικτύωσης, το απόρρητο και την ασφάλεια, την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τη μετάδοση δεδομένων και το περιορισμένο εύρος ζώνης εμποδίζουν τα αυτόνομα αυτοκίνητα από το να γίνουν μια βασική τεχνολογία. Έχουν γίνει πολλές ερευνητικές προσπάθειες για

να ξεπεραστούν οι προαναφερθείσες προκλήσεις. Οι Yaqoob I. et al. (2019) διερεύνησαν τις πρόσφατες λύσεις και προόδους που σημειώθηκαν στην αυτόνομη τεχνολογία οδήγησης [73].

Η έλευση των σύγχρονων τεχνολογιών επικοινωνίας έχει μετατρέψει τις παραδοσιακές βιομηχανίες μεταφορών σε έξυπνες μεταφορές. Παραδοσιακά, τα οχήματα παρουσίαζαν μια περιορισμένη ικανότητα επικοινωνίας μεταξύ τους. Ωστόσο, το όραμα των αυτόνομων αυτοκινήτων γίνεται πραγματικότητα λόγω του προτύπου πέμπτης γενιάς (5G), το οποίο εξασφαλίζει ένα χαμηλό λανθάνοντα χρόνο και παρέχει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων [74]. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα στέλνουν και λαμβάνουν δεδομένα από πολλές πηγές, όπως σήματα κυκλοφορίας και θέσεις στάθμευσης, άλλα αυτόνομα οχήματα και το cloud, που απαιτούν εξαιρετικά αξιόπιστες τεχνολογίες επικοινωνίας. Οι βασικές τεχνολογίες που εμπλέκονται στο 5G ονομάζονται κύμα χιλιοστών, διαμόρφωση δέσμης, επικοινωνία μεταξύ συσκευών και τεχνολογία μικρών κυψελών. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα πρόσφατα ερευνήθηκαν στο πλαίσιο των αποκλειστικών επικοινωνιών μικρής εμβέλειας (DSRC) και του κυτταρικού προτύπου οχήματος προς τα πάντα. Πολλά απαραίτητα χαρακτηριστικά αυτών των τεχνολογιών, όπως ο χαμηλός λανθάνων χρόνος, η υψηλή απόδοση, ο τεμαχισμός του δικτύου, η ευελιξία, η υψηλή χωρητικότητα, η κατεύθυνση, τα μικρότερα μήκη κύματος και η προσιτή τιμή, τα καθιστούν εξαιρετικά ευνοϊκά για τα αυτόνομα αυτοκίνητα [75]. Επιπλέον, ο συνδυασμός των δικτύων 5G με την εικονικοποίηση της λειτουργίας δικτύου (NFV) και της δικτύωσης του καθορισμένου λογισμικού (SDN) τα καθιστά εξαιρετικά ισχυρά για τα αυτόνομα αυτοκίνητα.

Η μακροπρόθεσμη εξέλιξη για το όχημα (LTE-V) είναι μια τεχνολογία βασισμένη σε σταθμό βάσης. Το LTE-V βασίζεται επί του παρόντος σε τεχνολογία 4G. Ωστόσο, το LTE-V μπορεί να επεκταθεί προς το 5G στο μέλλον. Το LTE-V παρέχει μια ευρεία κάλυψη και επιτρέπει την υποστήριξη σε σενάρια αυτόματης οδήγησης υψηλής ταχύτητας σε σύγκριση με το DSRC. Η ασύρματη πιστότητα (WiFi) και το DSRC ανήκουν στην οικογένεια IEEE 802.11. Σε αυτόνομα αυτοκίνητα, το WiFi μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάδοση πληροφοριών και την πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Το DSRC είναι μια αναβαθμισμένη τεχνολογία WiFi, η οποία είναι πολύ αποτελεσματική και ειδικά σχεδιασμένη για εφαρμογές αυτοκινήτων. Το Bluetooth είναι μια τεχνολογία επικοινωνίας χαμηλής ισχύος, μικρής εμβέλειας και χαμηλού κόστους. Ωστόσο, αυτή η τεχνολογία είναι ακατάλληλη για αυτόνομες εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.

Η αστική ιστορία δείχνει ότι οι πόλεις έχουν αλλάξει επανειλημμένα το σχήμα τους σύμφωνα με την εξέλιξη των αστικών μεταφορών. Υπάρχουν αυξανόμενα στοιχεία που δείχνουν ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα ενσωματώνονται όλο και περισσότερο στο χαρτοφυλάκιο των μεταφορών των πόλεων [76]. Έχει εκτιμηθεί ότι το αυτόνομο αυτοκίνητο θα είναι η κυρίαρχη μορφή αστικών μεταφορών έως το 2040 και οι σπόροι αυτού του φαινομένου είναι ήδη εμφανείς σε πόλεις όπως το Σαν Φρανσίσκο, το Λονδίνο, το Πίτσμπουργκ, το Γκέτεμποργκ και η Σιγκαπούρη, όπου δοκιμάζεται αυτή η νέα τεχνολογία σε περιβάλλοντα πραγματικής ζωής [77]. Επιπλέον, σε αρκετές χώρες, η μετάβαση προς τις αυτόνομες μεταφορές προωθείται από γενικές πολιτικές ατζέντες που αναδιαμορφώνουν την πολιτική των μεταφορών σε μια εθνική κλίμακα. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, για παράδειγμα, η ομοσπονδιακή κυβέρνηση, «στο κατώφλι μιας περιόδου δραματικής αλλαγής», έχει υποστηρίξει επίσημα αυτήν τη νέα μορφή μεταφοράς, απελευθερώνοντας πολιτικές που έχουν σχεδιαστεί για να επιταχύνουν την ανάπτυξη πλήρως αυτόνομων οχημάτων μέσω νέων κανονισμών και σχεδίων οδικής ανάπτυξης. Παρόμοια περίπτωση είναι η Ολλανδία όπου το υπουργείο υποδομών και περιβάλλοντος άνοιξε τους δημόσιους δρόμους σε δοκιμές μεγάλης κλίμακας με αυτοκινούμενα επιβατικά αυτοκίνητα και φορτηγά, με στόχο να καταστήσει

ολόκληρη τη χώρα ένα γόνιμο έδαφος αναπαραγωγής για αυτό το είδος της καινοτομίας.

2.7.1 Ευφυείς ή έξυπνοι δρόμοι (IR)

Οι ευφυείς ή έξυπνοι δρόμοι (IR) είναι ένα πολυλειτουργικό ολοκληρωμένο σύστημα οδικής υποδομής που μπορεί να παρέχει ένα μεγάλο αριθμό παγκόσμιων, σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών που βοηθούν στην αντίληψη του περιβάλλοντος και την άμεση επικοινωνία (ICV), η οποία μπορεί να εξαλείψει την ασφάλεια της οδήγησης και την κυκλοφοριακή συμφόρηση και να καταστήσει εφικτά τα μελλοντικά συστήματα οδικής κυκλοφορίας [78].

Το IR είναι ένα σημαντικό μέρος του ευφυούς συστήματος μεταφορών (ITS). Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, οι μελετητές και τα ιδρύματα πρότειναν την έννοια των αυτοματοποιημένων αυτοκινητοδρόμων [79]. Στη δεκαετία του 1980, η ομοσπονδιακή διοίκηση αυτοκινητόδρομων (FHWA) διεξήγαγε έρευνα σχετικά με τα αυτοματοποιημένα συστήματα των αυτοκινητοδρόμων (AHS).

Σχετικές μελέτες δείχνουν ότι το AHS είναι ένα σύστημα που συλλέγει πληροφορίες μέσω αισθητήρων που είναι εγκατεστημένοι σε δρόμους και οχήματα και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να οδηγήσει το όχημα με μικρή ή καθόλου παρέμβαση [80]. Η τεχνολογία έχει σχεδιαστεί για να καθοδηγεί τα οχήματα για τη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής και της οδικής ασφάλειας, μειώνοντας τα ατυχήματα, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση καυσίμου, αλλά και τη ρύπανση. Το επίκεντρο του AHS είναι να παρέχει υποστήριξη της υποδομής για τα αυτοματοποιημένα οχήματα. Το σύστημα ελέγχου του δρόμου και το ίδιο το όχημα μπορούν να είναι υπεύθυνα για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της ροής της κυκλοφορίας.

Το AHS είναι μια λύση που μπορεί να επιλύσει την οδική συμφόρηση, την οδήγηση σε προβλήματα ασφάλειας και τη βελτίωση της χρήσης του δρόμου. Επιπρόσθετα, μπορεί να αυξήσει την χωρητικότητα των οδικών οχημάτων και το σύστημα ελέγχου στο δρόμο μπορεί να βελτιστοποιήσει ολόκληρη την χωρητικότητα του δρόμου και τη ροή της κυκλοφορίας. Η αυτοματοποίηση του δρόμου με τεχνολογίες ελέγχου, ανίχνευσης και επικοινωνίας που εφαρμόζονται στα οδικά οχήματα θα μπορούσε να βελτιώσει την απόδοση του δρόμου και να αυξήσει την χωρητικότητα του δρόμου κατά περίπου τρεις φορές.

Το AHS εισάγει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της οδικής κυκλοφορίας μέσω του αυτοματισμού. Εκτός αυτού, υπάρχει το ευφυές σύστημα οχημάτων και αυτοκινητόδρομων (IVHS), ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα που ξεκίνησε από την κυβέρνηση των ΗΠΑ βάσει του νόμου περί μεταφορών των επίγειων μεταφορών πολλαπλών μεταφορών του 1991 για τη βελτίωση της ασφάλειας, τη μείωση της συμφόρησης, τη βελτίωση της κινητικότητας, τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την αύξηση της οικονομικής παραγωγικότητας στις μεταφορές. Το IR είναι ένας τρόπος του ICV για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής αντίληψης και της περιβαλλοντικής προσαρμοστικότητας, για να το βοηθήσει να επιτύχει μια αξιόπιστη και ασφαλή αυτόνομη πλοήγηση και για να βοηθήσει το ICV να προσφέρει έναν ασφαλέστερο και πιο βολικό τρόπο ταξιδιού.

Μελέτες έχουν δείξει ότι στην πλήρως αυτοματοποιημένη φάση της οδήγησης, τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να αποφύγουν εντελώς τα τροχαία ατυχήματα και να βελτιώσουν την απόδοση της κυκλοφορίας κατά περισσότερο από 30%. Ωστόσο,

εξακολουθούν να υπάρχουν πολλοί κρυμμένοι κίνδυνοι στην τρέχουσα περιβαλλοντική αντίληψη και ικανότητα ανταπόκρισης σε διάφορες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Εγκαθιστώντας συσκευές ανίχνευσης, συσκευές επικοινωνίας, συσκευές ελέγχου κ.λπ. στην οδική υποδομή, οι δρόμοι μπορούν να μετατραπούν σε «έξυπνους» και να παρέχεται περιβαλλοντική αντίληψη και υποστήριξη της επικοινωνίας για τα οχήματα, τα οποία μπορούν να ξεπεράσουν τους περιορισμούς του ευφυούς συστήματος.

Οι Baskar L. D. et al. (2012) πρότειναν μια ολοκληρωμένη μέθοδο διαχείρισης και ελέγχου της κυκλοφορίας που βασίζεται στην ιεραρχική αρχιτεκτονική ελέγχου της κυκλοφορίας με βάση το AHS. Στο IVHS, το AHS θεωρείται ένα προηγμένο σύστημα ελέγχου οχημάτων [81]. Ως εκ τούτου, το AHS μπορεί να οριστεί ως εξής: «Το AHS αποτελείται από τρία μέρη: όχημα αυτο-οδήγησης, επικοινωνία και συντονισμός των οχημάτων και υποδομή υπερύθρων, στόχος του οποίου είναι η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου συστήματος οχημάτων-δρόμων μέσω της επικοινωνίας, της ηλεκτρονικής και της τεχνολογίας αυτοματισμού για την επίτευξη της μέγιστης χωρητικότητας του δρόμου σε ένα περιβάλλον επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο». Με τη συνεχή πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας, το AHS κινείται σταδιακά προς μια έξυπνη κατεύθυνση. Το IR θα είναι μια απαραίτητη διευκόλυνση για την παροχή ενός πακέτου υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στους χρήστες.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟ Τ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα αυτόνομα και αυτοκινούμενα οχήματα διαθέτουν μια σειρά από ειδικά χαρακτηριστικά και στοιχεία εκτός από τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης με δυνατότητα μηχανικής μάθησης για την εκτέλεση των λειτουργιών τους. Αν κάποιος πρέπει να αναφερθεί με απλά λόγια, θα πρέπει να απαντήσει στην ερώτηση πώς λειτουργεί ένα αυτοκινούμενο αυτοκίνητο. Θα έλεγε κανείς λοιπόν, ότι το κάνει μέσω των δεδομένων. Η μονάδα αυτο-οδήγησης του αυτοκινήτου λαμβάνει δεδομένα κυρίως σε εικόνες και μορφή ήχου. Τα επεξεργάζεται και προσπαθεί να καταλάβει όλα τα αντικείμενα στο περιβάλλον.

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για να την απλοποίηση, η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στην αυτο-οδήγηση λαμβάνει ως είσοδο εικόνα και κάποιες πληροφορίες από αισθητήρες και τα ραντάρ και δίνει ως έξοδο για παράδειγμα, τις θέσεις των διαφορετικών αυτοκινήτων στο δρόμο, τις αποστάσεις τους και πιθανώς την ταχύτητα. Με αυτό τον τρόπο η οδήγηση του αυτοκινήτου μπορεί να αποφύγει άλλα τα αντικείμενα στο δρόμο. Αυτό δίνει μια πολύ απλή διαμόρφωση ενός αυτόνομου αυτοκινήτου. Χρειάζονται μερικές κάμερες, μερικοί αισθητήρες και ένα ενσωματωμένο σύστημα ραντάρ που θα μπορούν να ανιληφθούν τις γύρω περιοχές. Έτσι, όλα τα βασικά στοιχεία των αυτόνομων αυτοκινήτων δρουν ταυτόχρονα για να δώσουν μια ολοκληρωμένη εικόνα του περιβάλλοντος και τη δυνατότητα εκτέλεσης της εργασίας, δηλαδή να φτάσουν στον προορισμό τους, χωρίς φυσικά κανένα ανεπιθύμητο συμβάν.

Η Google είναι μία από τις εταιρείες δισεκατομμυρίων δολαρίων που έχει επιδείξει το δικό της αυτοκίνητο χωρίς οδηγό, ένα σχέδιο που καταργεί όλους τους συμβατικούς ελέγχους, συμπεριλαμβανομένου του τιμονιού και άλλες εκπληκτικές τεχνολογίες. Στο αυτοκίνητό της χωρίς οδηγό, η Google δεν συμπεριέλαβε μόνο την επεξεργασία εικόνας, αλλά και πολλές άλλες τεχνολογίες και μία από τις πιο σημαντικές μεταξύ τους είναι το σύστημα LIDAR. Εκτός από το ότι βοηθάει το αυτοκίνητο χωρίς οδηγό να «δει», το LIDAR χρησιμοποιείται για τη δημιουργία γρήγορων, ακριβών τρισδιάστατων σαρώσεων των τοπίων, κτιρίων, χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς κ.λ.π. Ορισμένες από τις άλλες τεχνολογίες περιλαμβάνουν ραντάρ στον προφυλακτήρα για αποφυγή σύγκρουσης, κεραία που διαβάζει την ακριβή γεωγραφική τοποθεσία, αισθητήρες υπερήχων στους πίσω τροχούς που εντοπίζουν και αποφεύγουν εμπόδια, λογισμικό που έχει προγραμματιστεί για την ερμηνεία των κοινών οδικών σημείων κ.λπ., γυροσκόπια και ταχύμετρο που καθορίζουν την πολύ ακριβή θέση του αυτοκινήτου και προσφέρουν πολύ ακριβή δεδομένα για το αυτοκίνητο να λειτουργεί με ασφάλεια. Ο συνεργιστικός συνδυασμός των αισθητήρων είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες σε αυτό το αυτόνομο αυτοκίνητο που περιλαμβάνει τα δεδομένα που συλλέγονται συνολικά από αυτούς τους αισθητήρες, ταξινομούνται και ερμηνεύονται από τη CPU (επεξεργαστής)

του αυτοκινήτου ή από το ενσωματωμένο σύστημα λογισμικού για να δημιουργήσουν μια ασφαλή οδηγική εμπειρία. Εκτός από την Google, πολλές άλλες εταιρείες όπως η Tesla, η Audi και η Uber έχουν επίσης αναπτύξει τα δικά τους αυτοκίνητα χωρίς οδηγό και τα έχουν δυνητικά δοκιμάσει.

3.2 GPS (ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ)

Το παγκόσμιο σύστημα τοποθεσίας ή εντοπισμού θέσης (GPS), αρχικά Navstar GPS, είναι ένα παγκόσμιο σύστημα πλοήγησης που βασίζεται σε δορυφόρο, το οποίο ανήκει, συντηρείται και προσφέρεται ελεύθερα σε οποιονδήποτε διαθέτει δέκτη GPS από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών και λειτουργεί από την πολεμική αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών. Παρέχει τις πληροφορίες της γεωγραφικής θέσης και χρόνου σε ένα δέκτη GPS οπουδήποτε πάνω ή κοντά στη Γη, όπου υπάρχει μια ανεμπόδιστη οπτική επαφή σε τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους GPS. Εμπόδια όπως βουνά και κτίρια εμποδίζουν τα σχετικά αδύναμα σήματα GPS. Το GPS παρέχει κρίσιμες δυνατότητες τοποθέτησης σε στρατιωτικούς, πολιτικούς και εμπορικούς χρήστες σε όλο τον κόσμο. Όλα τα αυτόνομα οχήματα όπως τα drones, τα αυτοκίνητα και άλλες κινητές συσκευές κοσμούν έναν δέκτη GPS που τα βοηθά να τοποθετηθούν και να πλοηγηθούν στις επιθυμητές τοποθεσίες. Το GPS γίνεται τυπικό χαρακτηριστικό ακόμη και για μη αυτόματα αυτοκίνητα που βοηθούν τους χρήστες να πλοηγούνται οπουδήποτε στον κόσμο με τη βοήθεια των δορυφορικών σημάτων.

3.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Μια ποικιλία αισθητήρων όπως LIDAR, RADAR και κάμερες βοηθούν τα αυτόνομα αυτοκίνητα να μετρήσουν το περιβάλλον και να το αξιολογήσουν. Οι διάφοροι τύποι των αισθητήρων επιτρέπουν στο αυτόνομο αυτοκίνητο να ανιχνεύει τις αποστάσεις, τα αντικείμενα, τα εμπόδια και του επιτρέπουν ομαλούς ελιγμούς στους δρόμους ώστε να φτάσει στους προορισμούς του. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν τις πληροφορίες για όλα τα γύρω αντικείμενα και τις τροφοδοτούν στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας του αυτοκινήτου, η οποία με τη βοήθεια προηγμένων τεχνικών AI και ML επεξεργάζεται τα ίδια και επιτρέπει τη σωστή απόφαση και την αντίστοιχη ενέργεια που πρέπει να αναλάβει το μηχανήμα για να σχεδιάσει και να προχωρήσει μπροστά.

3.3.1 Τεχνολογία LIDAR

Ορισμένες εταιρείες, όπως η Aeva, αναπτύσσουν LIDAR επόμενης γενιάς, το οποίο μπορεί να μετρήσει με μεγαλύτερη ακρίβεια την απόσταση ενός αυτοκινήτου από τα γύρω αντικείμενα (πεζοί, ποδηλάτες και άλλα οχήματα), καθώς και την ταχύτητα αυτών των αντικειμένων και προβλέπουν τη μελλοντική τους κίνηση με λιγότερα σφάλματα πρόβλεψης. Η Luminar αναπτύσσει μια τεχνολογία LIDAR που μπορεί να ανιχνεύσει εάν ένας πεζός, για παράδειγμα βρίσκεται στο τηλέφωνό του και δε δίνει προσοχή στις συνθήκες του δρόμου. Αυτή η εγκατάσταση παρέχει ένα πρόσθετο οπτικό στοιχείο που θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ένα αυτόνομο όχημα για τη λήψη αποφάσεων, όπως στο να επιβραδυνθεί. Οι νέες κάμερες τεχνητής

νοημοσύνης επιτρέπουν στα αυτόνομα οχήματα να αναγνωρίζουν τις εικόνες πολύ πιο γρήγορα και να λαμβάνουν πιο γρήγορες αποφάσεις. Επιπλέον, η επόμενη γενιά αισθητήρων LIDAR ενσωματώνεται σε ένα μόνο τσιπ, το οποίο θα μειώσει σημαντικά το κόστος του, διευκολύνοντας τη μαζική παραγωγή και μειώνοντας τα κινούμενα μέρη που μπορεί να σπάνε. Τέλος, η Nvidia Corporation δημιούργησε έναν ισχυρό νέο υπολογιστή, με κωδικό όνομα Pegasus, ικανό να επεξεργάζεται γρήγορα πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον ενός μη αυτόνομου οχήματος, επιτρέποντας στο όχημα να λειτουργεί με ασφάλεια ως ένα πλήρως αυτόνομο όχημα.

Ορισμένοι συμμετέχοντες στη βιομηχανία λαμβάνουν μέτρα για την αντιμετώπιση των ελλείψεων του LIDAR σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα και καταστάσεις. Για παράδειγμα, το LIDAR δεν ανιχνεύει μαύρα αυτοκίνητα, καθώς βλέπει και οχήματα άλλων χρωμάτων. Ως εκ τούτου, η PPG Industries έχει αναπτύξει ένα χρώμα που επιτρέπει στο φως της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα λέιζερ να διέρχεται από το εξωτερικό ενός σκοτεινού αυτοκινήτου και να ανακάμπτει από ένα ανακλαστικό υπόστρωμα, καθιστώντας το ορατό στους αισθητήρες. Η εταιρεία αναπτύσσει επίσης άλλες επενδύσεις για τη βελτίωση των ικανοτήτων των αισθητήρων όταν η απόδοσή τους μειώνεται από τη βρωμιά και τον πάγο. Επιπλέον, το LIDAR έχει δυσκολίες στη μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των αντικειμένων σε συνθήκες υπερβολικού λευκού χρώματος (π.χ χιόνια). Ένα αυτόνομο αυτοκίνητο που αναπτύχθηκε στη Φινλανδία, το Martti, χρησιμοποιεί ένα νέο σύστημα ραντάρ που του επιτρέπει να οδηγεί με ασφάλεια σε χιονισμένους δρόμους. Το WaveSense, ένα άλλο στην περιοχή της Βοστώνης, έχει αναπτύξει ένα σύστημα ραντάρ που διεισδύει στο έδαφος για να διατηρεί τα αυτόνομα οχήματα στο δρόμο ανεξάρτητα από τον καιρό. Τέλος, το MIT Media Lab αναπτύσσει ένα νέο σύστημα απεικόνισης που μπορεί να μετρήσει την απόσταση των αντικειμένων που κρύβονται από την πυκνή ομίχλη.

Τα αυτόνομα οχήματα επί του παρόντος βασίζονται είτε σε πολύ λεπτομερείς τρισδιάστατους χάρτες που λένε στο σύστημα τι να περιμένει, είτε σε καλές λωρίδες που μπορούν να πλοηγηθούν σε πόλεις ή στον αυτοκινητόδρομο. Ωστόσο, πολλοί δρόμοι δεν είναι σχεδιασμένοι κατάλληλα με σήματα λωρίδας ή δεν έχουν χαρτογραφηθεί με 3D απεικόνιση λεπτομερώς. Το MIT έχει αρχίσει να αντιμετωπίζει αυτόν τον περιορισμό αναπτύσσοντας το MapLite, το οποίο συνδυάζει το GPS, χρησιμοποιώντας μόνο τους πιο βασικούς τοπογραφικούς χάρτες από το OpenStreetMap, με αισθητήρες LIDAR και IMU (αδρανειακή μονάδα μέτρησης) που παρακολουθούν τις οδικές συνθήκες. Επιπλέον, το Κέντρο Προηγμένων Οχημάτων του Πανεπιστημίου του Μισισσιπή έχει αναπτύξει έναν προσομοιωτή για τη συλλογή δεδομένων για να βοηθήσει τα αυτόνομα οχήματα να αναγνωρίζουν ρεαλιστικά τοπία εκτός δρόμου. Αναπτύσσει επίσης ένα κομμάτι δοκιμής για δοκιμές των οχημάτων εκτός του δρόμου [82].

3.3.2 Τεχνολογία RADAR

Οι αισθητήρες ραντάρ είναι ενσωματωμένοι γύρω από την επιφάνεια του αυτοκινήτου και του επιτρέπουν να παρακολουθεί τα στάσιμα και δυναμικά αντικείμενα που κινούνται γύρω του με δυναμικό τρόπο, τροφοδοτώντας τις σχετικές πληροφορίες στα συστήματα ελέγχου του αυτοκινήτου.

Το ραντάρ είναι ένα σύστημα ανίχνευσης που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για να προσδιορίσει το εύρος, τη γωνία ή την ταχύτητα των αντικειμένων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση αεροσκαφών, πλοίων, διαστημικών σκαφών, κατευθυνόμενων πυραύλων, μηχανοκίνητων οχημάτων, σχηματισμούς του καιρού

αλλά και του εδάφους. Ένα σύστημα ραντάρ αποτελείται από έναν πομπό που παράγει ηλεκτρομαγνητικά κύματα στον τομέα του ραδιοφώνου ή των μικροκυμάτων, μια κεραία εκπομπής, μια κεραία λήψης (συχνά η ίδια κεραία χρησιμοποιείται για μετάδοση και λήψη) και έναν δέκτη και επεξεργαστή για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αντικειμένων. Τα ραδιοκύματα (παλμικά ή συνεχή) από τον πομπό αντανακλούν το αντικείμενο και επιστρέφουν στο δέκτη, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την ταχύτητα του αντικειμένου.

Οι διάφοροι τύποι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στο αυτοκίνητο είναι επομένως υπεύθυνοι για έναν διαφορετικό τύπο λειτουργίας, ανάλογα με την απόσταση και τον τύπο του αντικειμένου που πρέπει να ανιχνευθεί και τον τύπο δραστηριότητας που πρέπει να αναληφθεί. Το ίδιο μπορεί να συνοψιστεί καλά στην Εικόνα 3.1: Αυτοκινούμενοι αισθητήρες αυτοκινήτου και το εύρος τους :

Self Driving Cars Vision System's Range	
Far radar	300 meters
Front camera	50 meters
Near radar	20 meters
Side cameras	3 meters
Ultrasonic sensors	1 meter
Rear camera	50 meters

Εικόνα 3.1: Αυτοκινούμενοι αισθητήρες αυτοκινήτου και το εύρος τους [83]

3.3.3 Βίντεο (κάμερα CCTV για συλλογή οπτικής κατάστασης)

Τα αυτόνομα αυτοκίνητα διαθέτουν μια σειρά από κάμερες CCTV τόσο εντός όσο και εκτός του οχήματος. Οι έξυπνες εσωτερικές κάμερες προσφέρουν ασφάλεια των επιβατών και οι έξυπνες εξωτερικές κάμερες επικεντρώνονται στην ασφάλεια γενικότερα, αλλά και την ασφάλεια του οχήματος.

Οι εικόνες από τις κάμερες αναλύονται συνεχώς χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές AI και ML και μηχανική όραση για να προσδιορίσουν τα περιεχόμενα, ώστε να αναλύσουν και να τροφοδοτήσουν τις πληροφορίες στον ελεγκτή του αυτοκινήτου για μια κατάλληλη απόφαση.

Ενώ οι εικόνες από τις μπροστινές κάμερες βοηθούν το αυτοκίνητο να προσαρμόσει την ταχύτητά του και επίσης να ακολουθεί τους κανόνες του δρόμου, οι πίσω κάμερες επιτρέπουν στο αυτοκίνητο να αποτρέψει τις συγκρούσεις, προειδοποιεί τα οχήματα όταν βρίσκονται αδικαιολόγητα κοντά, μέσω κατάλληλων ρυθμίσεων ήχου και ταχύτητας. Επιπλέον, βοηθούν στο χώρο στάθμευσης.

3.3.4 Υπέρηχοι

Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούνται κατά τη στάθμευση για να εκτιμήσουν και να προειδοποιήσουν το όχημα για πιθανή σύγκρουση. Μετρούν την ακριβή απόσταση του οχήματος από ένα αντικείμενο με τη βοήθεια των ηχητικών κυμάτων που εκπέμπονται για να χτυπήσουν ένα αντικείμενο και να λάβουν πίσω την πληροφορία. Χρησιμοποιούνται μαζί με το LIDAR και το RADAR, συμπληρώνοντάς τα για εφαρμογές χαμηλής ταχύτητας.

3.4 Ελεγκτές πολλαπλών τομέων

Οι ελεγκτές πολλαπλών τομέων λαμβάνουν εισόδους από τα διάφορα συστήματα από το αυτόνομο σύστημα «όρασης» του αυτοκινήτου, όπως τα συστήματα RADAR, LIDAR, κάμερας και πλοήγησης για να επιβεβαιώσουν τις κατάλληλες αποφάσεις στο σύστημα οδήγησης που περιλαμβάνουν συστήματα διεύθυνσης, επιτάχυνσης, φρεναρίσματος και στάθμευσης.

3.5 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες, οι εταιρείες τεχνολογίας και τα ερευνητικά πανεπιστήμια συνεχίζουν να διερευνούν τους τρόπους με τους οποίους τα αυτόνομα οχήματα θα μπορούσαν να βελτιωθούν ώστε να λειτουργούν με ασφάλεια σε όλες τις συνθήκες οδήγησης και ως απόκριση σε όλες τις συμπεριφορές που είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν. Αυτές οι συμπεριφορές συμπεριλαμβάνουν άτομα που οδηγούν μη αυτόνομα οχήματα, πεζούς και ποδηλάτες. Σύμφωνα με τη γραμματέα του Υπουργείου Μεταφορών Elaine Chao, περισσότερα από 1.400 αυτοκινούμενα αυτοκίνητα, φορτηγά και άλλα οχήματα βρίσκονται σε δοκιμή από περισσότερες από ογδόντα εταιρείες σε τριάντα έξι πολιτείες της Αμερικής [84]. Γενικά, η βιομηχανία έχει εξελιχθεί ώστε να συνδυάσει μια προσέγγιση προσομοίωσης και μια προσέγγιση που βασίζεται σε οχήματα για τη δοκιμή και τη βελτίωση των οχημάτων, η οποία επιτρέπει περισσότερες δοκιμές σε μια ευρύτερη ποικιλία του περιβάλλοντος οδήγησης.

Για παράδειγμα, η Waymo, η μονάδα αυτοκινούμενου αυτοκινήτου της Alphabet, χρησιμοποιεί προσομοίωση για να διδάξει στα αυτόνομα οχήματά της πώς να ανταποκρίνονται σε μια κατάσταση που δεν έχουν αντιμετωπίσει στο παρελθόν. Μόλις ένα αυτοκίνητο οδηγεί και επαναφέρει αυτή τη συγκεκριμένη κατάσταση και τις πολλές παραλλαγές του, η δεξιότητα προστίθεται στη βάση γνώσεων και κοινοποιείται στο δίκτυο αυτοκινούμενων αυτοκινήτων της Waymo. Οι ερευνητές διδάσκουν επίσης στα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα να αναγνωρίζουν και να προβλέπουν τις κινήσεις των πεζών με μεγάλη ακρίβεια, δημιουργώντας ένα «βιομηχανικά εμπνευσμένο επαναλαμβανόμενο νευρωνικό δίκτυο» που καταγράφει τις ανθρώπινες κινήσεις [85]. Με αυτήν την ικανότητα, τα αυτοκίνητα μπορούν να προβλέψουν θέσεις και μελλοντικές τοποθεσίες για έναν ή περισσότερους πεζούς, έως και 50 μέτρα από το όχημα.

Η ενημέρωση των τελευταίων προκλήσεων οδήγησης που έχουν εντοπίσει οι συμμετέχοντες στη βιομηχανία και οι τελευταίες τεχνολογικές προσεγγίσεις τους για την αντιμετώπισή τους μπορεί να είναι μια πρόκληση. Αυτός ο κλάδος δεν έχει επιλύσει σίγουρα όλα τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν σήμερα τα αυτόνομα οχήματα, ούτε έχει εξαντλήσει όλες τις τεχνολογικές λύσεις. Στην πραγματικότητα, συνεχίζει να διερευνά νέες, όπως δείχνουν τα ακόλουθα παραδείγματα. Μέχρι τώρα, τέσσερα κύρια είδη αισθητήρων, βιντεοκάμερες, ραντάρ, αισθητήρες υπερήχων και LIDAR έχουν χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψουν στα αυτόνομα οχήματα να αντιλαμβάνονται τα αντικείμενα γύρω τους έτσι ώστε να είναι αρκετά ασφαλή. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν ελλείψεις στη σουίτα των αισθητήρων, όπως περιορισμοί της απόστασης και μειωμένη αντίληψη, για παράδειγμα στη δυνατή βροχή [86]. Οι εταιρείες LIDAR εργάζονται σε μοντέλα υψηλότερου μήκους κύματος που θα μπορούσαν να παρέχουν συστήματα μεγάλης εμβέλειας και ταχύτητας στον αυτοκινητόδρομο που βλέπουν μέσω βροχής και χιονιού. Οι εταιρείες ραντάρ εργάζονται επίσης σε βελτιώσεις, όπως το ραντάρ απεικόνισης 4D που μπορεί να δημιουργήσει λεπτομερείς εικόνες σε αποστάσεις άνω των 900 ποδιών. Μια πιθανή λύση που υπερβαίνει αυτές τις βελτιώσεις μπορεί να είναι οι κάμερες υπέρυθρων (θερμικές κάμερες), οι οποίες ανιχνεύουν μήκη κύματος κάτω από το ορατό φάσμα, που υποδεικνύουν θερμότητα. Οι εταιρείες αναπτύσσουν κάμερες υπέρυθρων για διάφορες στρατιωτικές εφαρμογές και επιχειρήσεις διάσωσης, και ορισμένες πρόσφατα έβαλαν αισθητήρες υπέρυθρων σε αυτόνομα οχήματα για να εξερευνήσουν και να αποδείξουν τις δυνατότητές τους.

Σε γενικές γραμμές, οι συμμετέχοντες στη βιομηχανία ήταν προληπτικοί στην καθιέρωση αρχών και κατευθυντήριων γραμμών ασφαλείας, οι οποίες θα πρέπει να γίνουν μέρος ενός πλαισίου που τελικά θεσπίζεται από κυβερνητικές ρυθμιστικές αρχές για να θέσει εθνικά πρότυπα ασφαλείας για τα αυτόνομα οχήματα. Τον Απρίλιο του 2016, οι Ford, Lyft, Uber, Volvo και Waymo ξεκίνησαν τον συνασπισμό «Self-Driving» για ασφαλέστερες οδούς. Πρόσφατα, έντεκα εταιρείες πρότειναν κατευθυντήριες αρχές για τα αυτοκινούμενα οχήματα για την ανάπτυξη, τον έλεγχο και την επικύρωση των ασφαλών αυτόνομων οχημάτων [87]. Αυτές οι πρωτοβουλίες δείχνουν ότι η βιομηχανία και οι ακαδημαϊκοί ερευνητές παγκοσμίως έχουν δεσμευτεί να βελτιώσουν την ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων συνεργατικά. Οι προσπάθειες τελικά θα συγκεντρωθούν για να τελειοποιήσουν αυτά τα οχήματα για ασφαλή χρήση από το ταξιδιωτικό κοινό.

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ (ΑΙ)

Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες αποθήκευσης της μπαταρίας και της ενεργειακής πυκνότητας σε συνδυασμό με τις εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης, όπως η αναγνώριση εικόνας, η αναγνώριση αντικειμένων, τα αναλυτικά στοιχεία και η προηγμένη αναζήτηση, επιτρέπουν τις τεχνολογίες που ήταν πάντα στον κόσμο των ουράνιων αντικειμένων και των δορυφόρων για επέκταση στα επίγεια οχήματα που χρησιμοποιούνται για καθημερινή χρήση. Σε αυτό το κεφάλαιο κατανοούνται οι διάφορες συνιστώσες των αυτόνομων αυτοκινήτων για το πώς βοηθούν οι «πράκτορες του αυτοματισμού» (τεχνητή νοημοσύνη) να εξυπηρετήσουν μια σειρά από οφέλη για την ανθρωπότητα και ό, τι βρίσκεται μπροστά σε αυτόν τον τομέα.

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Η τεχνητή νοημοσύνη (ΑΙ) αναφέρεται στην ικανότητα των υπολογιστών να σκέφτονται και να αποφασίζουν σαν τους ανθρώπους. Η έλευση της μηχανικής μάθησης (ML) διευκολύνεται από την τεράστια ικανότητα του ηλεκτρονικού εμπορίου και της οργάνωσης κοινωνικών μέσων μαζικής ενημέρωσης να συλλέγει μια τεράστια ποσότητα δεδομένων των πελατών τους και των προτιμήσεών τους, σε διάφορα σημεία δεδομένων. Αυτό επέτρεψε σε αυτούς τους εκθέτες δεδομένων να μαθαίνουν συνεχώς από την εμπειρία τους, βελτιώνοντας έτσι τις μεθόδους και τις μεθοδολογίες τους ώστε να στοχεύουν με ακρίβεια, να κάνουν «cross-selling» και να πωλούν στους πελάτες τους.

Οι εκθέτες του ΑΙ και ΜΛ μπορούν να γωνιάσουν ένα εξειδικευμένο τμήμα της καταναλωτικής αγοράς προσελκύνοντας πελάτες με διάφορους τρόπους. Εταιρείες όπως η Amazon, το Facebook, το Netflix, η Google και η Apple έχουν καταφέρει να αξιοποιήσουν το ΑΙ και το ΜΛ από αρκετά νωρίς.

Η Amazon αξιοποίησε τη δύναμη της μάρκας που καλλιεργούσε για να παρέχει μια πλατφόρμα σε αγοραστές και πωλητές χωρίς μετοχικό σήμα, επεκτείνοντάς τους τα οφέλη της πλατφόρμας για την καταχώριση τελών και χρεώσεων αποθήκευσης. Για ισχυρές και περιζήτητες μάρκες, προσέφερε μια πλατφόρμα και ευκαιρίες μάρκετινγκ με βελτιωμένες στρατηγικές στόχευσης που μεγιστοποίησαν τις πωλήσεις τους μέσω προσαρμοσμένων προσφορών. Άλλαξε την πελατειακή βάση και βελτίωσε δραστικά την απόδοση των πελατών και την αξία της, απομακρύνοντας τους ανταγωνιστές και κάνοντας τους πελάτες να ξοδέψουν πολύ περισσότερα από ό, τι φανταζόταν.

Εταιρείες όπως το Facebook, η Google και η Apple προσέφεραν νέες ευκολίες μέσω πλατφορμών προστιθέμενης αξίας, όπως τα «Chatbots», οι φωνητικοί βοηθοί, ώστε το κοινό τους να κολλήσει στα κανάλια τους με αδιάκοπη πίστη, αυξάνοντας έτσι τα διαφημιστικά έσοδά τους. Το Netflix, από την άλλη πλευρά, δημιούργησε

περιεχόμενο που ανταποκρίνεται στο γούστο του κοινού, δίνοντάς ένα πρωτοφανές πλεονέκτημα στον χώρο των μέσων.

Η έκρηξη του ηλεκτρονικού εμπορίου στις αρχές του 2000 δημιούργησε μια εντελώς νέα βιομηχανία με λιανοπωλητές όπως η Amazon να κυριαρχούν στην ηλεκτρονική λιανική αγορά. Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, πολλοί κλάδοι όπως οι τραπεζικές συναλλαγές, τα εισιτήρια, οι αεροπορικές εταιρείες και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μπήκαν σε πλήρη διαχείριση της διαδικτυακής διαχείρισης των πελατών και των συμμετεχόντων τους, δημιουργώντας την επανάσταση του ψηφιακού μάρκετινγκ. Αυτό ανάγκασε τις κορυφαίες εταιρείες μηχανημάτων (οι οποίες είχαν πολλά πλεονεκτήματα όπως τη φυσική εγγύτητα και τη σχετική εμπιστοσύνη) να συμμετάσχουν σε διαδικτυακές πωλήσεις, τόσο οργανικά όσο και μέσω εξαγορών. Υπάρχουν αρκετές στρατηγικές που υιοθετούνται για τη μεγιστοποίηση των πωλήσεων και της απόδοσης των πελατών τους μέσω των επαναλαμβανόμενων αγορών και των πολλαπλών πωλήσεων.

Η στρατηγική λιανικής καναλιού Omni (Omnichannel) που βοήθησε τους λιανοπωλητές να στοχεύσουν τους πελάτες σε μέρη όπως διαδικτυακά σημεία, κοινωνικά μέσα δικτύωσης, καταστήματα εκτός σύνδεσης, δημοφιλή hotspots και εμπορικά κέντρα υψηλού επιπέδου, εκτός από τους ιστότοπους που υποστηρίζουν εφαρμογές. Η στόχευση δυνητικών πελατών και η μετατροπή τους σε δια βίου πελάτες ξεκίνησε ως μια εξειδικευμένη δεξιότητα και προϊόν της δημιουργικής έκρηξης των επαγγελματιών του ψηφιακού μάρκετινγκ. Πλέον, έχει γίνει μια πλήρης βιομηχανία που αξιοποιεί προηγμένες τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική εκμάθηση για την ανάλυση των διαφόρων στοιχείων και τακτικών αυτοματοποίησης του μάρκετινγκ.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την προσομοίωση της έξυπνης συμπεριφοράς στους υπολογιστές και στοχεύει στη βελτίωση των λειτουργιών τους που σχετίζονται με την ανθρώπινη γνώση, όπως η λογική, ο σχεδιασμός, η εκμάθηση, η επεξεργασία της φυσικής γλώσσας (NLP), η αντίληψη, η λήψη αποφάσεων και η ικανότητα της κίνησης και ο χειρισμός αντικειμένων (ρομποτική).

Η τεχνητή νοημοσύνη που έχει χαρακτηριστεί εδώ και πολύ καιρό ως μια εφαρμογή του μέλλοντος, θα επιτρέψει στις μηχανές να σκέφτονται σαν ανθρώπινα όντα με αποτέλεσμα μια απίστευτη παραγωγικότητα. Φυσικά, είχε πολλά ανεπιτυχή στάδια μετά από μια σειρά εκκινήσεων και στάσεων στο παρελθόν.

Η δραστηριότητα στην τεχνητή νοημοσύνη, ένας όρος που υιοθετήθηκε στο Νιάρτμουθ το 1956, γνώρισε πολλές περιόδους έλλειψης ενδιαφέροντος και αποεπένδυσης, ειδικά κατά την περίοδο 1974-1980 και 1987-1993 λόγω της αδυναμίας δημιουργίας εντυπωσιακών αποτελεσμάτων που οδήγησαν στην απογοήτευση των επενδυτών.

Οι εξελίξεις σε πολλές τεχνολογίες όπως Big Data, Cloud, γνώσεις προγραμματισμού νέας γενιάς, ανάπτυξη εργαλείων Business Intelligence μεγάλων εταιρειών όπως της Microsoft, της IBM και της Google, καθώς και εργαλεία ανοιχτού κώδικα όπως Hadoop, Golang, Python, R κ.λπ συνέβαλλαν σε αυτή την εξέλιξη. Τώρα δόθηκε μια τεράστια ώθηση στην κίνηση της τεχνητής νοημοσύνης που οδήγησε ο αλγόριθμος σε συνδυασμό με τη μηχανική μάθηση. Στον πυρήνα της, η μηχανική μάθηση είναι απλά ένας τρόπος επίτευξης της τεχνητής νοημοσύνης.

Η διαθεσιμότητα του μεγάλου όγκου των δεδομένων μέσω διαφόρων πρωτοβουλιών που συζητήθηκαν νωρίτερα και με τεράστιο όγκο δεδομένων που παράγονται από τους χρήστες ενώ αλληλεπιδρούν με τις διάφορες πύλες, έχει προσφέρει στις εταιρείες την ευκαιρία να εκπαιδεύσουν μοντέλα μηχανικής μάθησης

για να προσομοιώσουν γρήγορα τα ανακαλυφθέντα πρότυπα και να προβλέψουν την ανθρώπινη συμπεριφορά χρησιμοποιώντας κατάλληλα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα. Τεχνικές όπως τα μοντέλα εναλλακτικών ελάχιστων τετραγώνων, επιτρέπουν την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων και δημιουργούν κατάλληλα μοντέλα που κλείνουν τα κενά με πραγματικές παρατηρήσεις που οδηγούν σε ακριβείς προβλέψεις για το μέλλον.

Οι έμποροι έχουν τώρα τα δεδομένα όχι μόνο της συμπεριφοράς των θεμάτων τους, των συμπαθειών τους, των αντιπαθειών και των προτύπων αναζήτησης στο διαδίκτυο, αλλά και τη χαρτογράφηση της συμπεριφοράς σε σχέση με άλλους με παρόμοια δημογραφικά και ψυχογραφικά χαρακτηριστικά. Με τη συσχέτιση τους, είναι σε θέση να προβλέψουν τις συμπεριφορές οποιουδήποτε από τα παρατηρούμενα θέματα στο μέλλον με αρκετά καλή ακρίβεια. Έτσι, το AI / ML συνέβαλε καθοριστικά στην ενίσχυση και την αύξηση των προσπαθειών των ανθρώπων στις δραστηριότητές τους και επίσης στην αυτοματοποίηση ενός μεγάλου αριθμού επαναλαμβανόμενων εργασιών και στην απελευθέρωση του ανθρώπινου χρόνου για πιο στρατηγικές αναζητήσεις.

4.2 ΑΞΙΟΣΗΜΕΙΩΤΑ ΕΚΘΕΜΑΤΑ AI/ML

Το DeepMind της Google (σύστημα ML) και το RankBrain (σύστημα AI) χρησιμοποιούνται για την ακριβή πρόβλεψη της ανθρώπινης συμπεριφοράς κατά την αναζήτηση στο διαδίκτυο και επίσης για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων αναζήτησης. Η Google χρησιμοποιεί αλγόριθμους DeepMind AI για να βελτιώσει δραματικά την ενεργειακή απόδοση των λειτουργιών της.

Το Fluid AI χρησιμοποιεί ρομπότ εξυπηρέτησης πελατών με τεχνολογία AI / ML για να κάνει την τραπεζική διασκέδαση για τους πελάτες, καθώς μιμείται τις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις με τους πελάτες, μειώνοντας έτσι το λειτουργικό κόστος.

Η Niki, μια εταιρεία AI / ML, προσφέρει Chatbots που χρησιμοποιούν διεπαφές χρήστη φυσικής γλώσσας που προσφέρουν στους πελάτες τους την αλληλεπίδραση στη φυσική τους γλώσσα.

Το ShopR360 προσφέρει λύσεις που λειτουργούν με AI / ML σε εμπορικά κέντρα και μεγάλους εμπόρους λιανικής πώλησης για τη διάκριση μεταξύ των πελατών και των υπαλλήλων τους, ενσωματώνοντας την υποδομή CCTV.

Ο Baidu, ο κινεζικός γίγαντας μηχανών αναζήτησης, χρησιμοποιεί AI / ML για επεξεργασία εικόνας, αναγνώριση ομιλίας, επεξεργασία φυσικής γλώσσας, βαθιά μάθηση και υπολογιστές υψηλής απόδοσης.

Η IBM προσφέρει ρομποτικές διαδικασίες αυτοματοποίησης για τη μείωση του λειτουργικού κόστους και την εξάλειψη των επαναλαμβανόμενων εργασιών από ανθρώπους.

4.3 ΠΩΣ ΒΟΗΘΑΕΙ Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Το στοιχείο της εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης (AI) βοηθά στην επεξεργασία των εικόνων και των δεδομένων ήχου. Επεξεργάζεται τα δεδομένα και προσδιορίζει διαφορετικά τα αντικείμενα που βρίσκονται στο πλαίσιο. Για παράδειγμα,

τα οχήματα στο δρόμο, τα άτομα, τα σήματα και τα μονοπάτια. Μόλις τα εντοπίσει, τότε λειτουργεί στη θέση κάθε αντικειμένου και κατά συνέπεια το αυτοκίνητο αλλάζει τη διαδρομή του, ή εάν αναγνωρίζει ότι το φανάρι είναι κόκκινο, τότε το αυτοκίνητο σταματά.

Με τη βοήθεια του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού, της αρχικής θέσης, της στοχευμένης θέσης, της τρέχουσας θέσης και επίσης της γνώσης των διαδρομών, καθώς και της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των προβλεπόμενων χρόνων αναμονής, το αυτοκίνητο σχεδιάζει τον καταλληλότερο χάρτη διαδρομής για να φτάσει στον προορισμό του. Ο κεντρικός ελεγκτής στέλνει οδηγίες στους ενεργοποιητές του οχήματος που ελέγχουν την επιτάχυνση, το φρενάρισμα και το τιμόνι. Διάφορα στοιχεία αλγορίθμων διακρίσεων και αποφυγής αντικειμένων τύπου AI, προγνωστικής μοντελοποίησης κ.λπ. του επιτρέπουν να ακολουθεί την κατάλληλη διαδρομή συνεχώς ακολουθώντας τα σήματα και τους κανόνες κυκλοφορίας.

Οι αλγόριθμοι AI εκπαιδεύονται συνεχώς για να γίνουν πιο ακριβείς όσον αφορά την αναγνώριση των διαφορετικών αντικειμένων. Μόλις εκπαιδευτεί στα δεδομένα, η εφαρμογή ξεκινά την ταξινόμηση των διαφορετικών εικόνων που λαμβάνει σε τάξεις όπως το όχημα, το πρόσωπο, το δρόμο, το σηματοδότη κ.λπ. Η πρόκληση είναι να γίνει κατάλληλη εκπαίδευση του αλγορίθμου σε όλα τα πιθανά αντικείμενα ή σενάρια που μπορούν να υπάρξουν ώστε ο αλγόριθμος να προσαρμοστεί ανάλογα και σε πραγματικές συνθήκες.

4.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Ένας από τους κύριους περιορισμούς είναι το επίπεδο της εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, έστω ένας αλγόριθμος όπου έχει εκπαιδευτεί για την αναγνώριση ενός ατόμου. Αν το άτομο κουνήσει το χέρι του, τότε ο αλγόριθμος δεν καταλαβαίνει αν το άτομο του ζητά να σταματήσει την κίνησή του ή απλά χαιρετάει. Επίσης, κάθε άτομο θα κινηθεί διαφορετικά ή θα χαιρετήσει με διαφορετικό τρόπο, έτσι είναι δύσκολο για έναν αλγόριθμο να καταγράψει αυτό το είδος χειρονομίας και ακόμη και αν τον καταγράψει, είναι πολύ δύσκολο να κατανοηθεί από ένα τέτοιο σύστημα το πλαίσιο.

4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ

Η επεξεργασία της εικόνας είναι ένας από τους κύριους μοχλούς της αυτοματοποίησης και της ασφάλειας της ηλεκτρονικής βιομηχανίας. Οι περισσότερες τεχνολογίες επεξεργασίας εικόνας περιλαμβάνουν διάφορα βήματα, όπως την επεξεργασία της εικόνας ως ένα δισδιάστατο σήμα και την εφαρμογή μιας τυπικής επεξεργασίας του σήματος. Πολύ αποτελεσματικές και αξιόπιστες λύσεις μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας ενσωματωμένα συστήματα και επεξεργασία εικόνας για να αναδείξουν τα οφέλη και των δύο για εφαρμογές.

4.5.1 Εύρεση της λωρίδας και αναγνώριση των σημάτων

Οι Viswanathan V. και Hussein R. (2017) στη μελέτη τους επικεντρώθηκαν στον τρόπο με τον οποίο η επεξεργασία εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οχήματα, με

σκοπό να οδηγηθεί η αυτοκινητοβιομηχανία σε πλήρως αυτόνομους και υψηλούς δρόμους ασφαλείας. Ένα ενσωματωμένο περιβάλλον συστήματος σε πραγματικό χρόνο είναι αναπόφευκτο σε μια εφαρμογή αυτοκινήτου. Επίσης, η κλίμακα του κλάδου είναι πολύ υψηλή, επομένως οι λύσεις πρέπει να είναι οικονομικά αποδοτικές, γρήγορες και αξιόπιστες [88].

Σε αυτόνομα οχήματα, οι εντολές οδήγησης από ένα ανθρώπινο πρόγραμμα οδήγησης αντικαθίστανται από έναν ελεγκτή ή ένα σύστημα μικροϋπολογιστών που δημιουργεί αυτές τις εντολές από τις πληροφορίες που λαμβάνει καθώς εισάγεται. Η είσοδος που δίνεται στο σύστημα των μικροϋπολογιστών είναι οι οπτικές πληροφορίες που λαμβάνονται από μια κάμερα τοποθετημένη στο όχημα. Η ανίχνευση της λωρίδας αντιπροσωπεύει μια ισχυρή και πραγματική ανίχνευση της οδικής λωρίδας, χρησιμοποιώντας την έννοια του μετασχηματισμού Hough στον οποίο εφαρμόζεται η ανίχνευση των άκρων χρησιμοποιώντας την τεχνική ανίχνευσης της ακμής Canny και την τεχνική του νευρωνικού δικτύου Spiking. Η ανίχνευση των πινακίδων κυκλοφορίας περιλαμβάνει την αναγνώριση πινακίδων οδικής κυκλοφορίας όπου, η έννοια της πολυωνυμικής προσέγγισης των ψηφιακών καμπυλών χρησιμοποιείται στη μονάδα ανίχνευσης. Η ανίχνευση της ταχύτητας αντιπροσωπεύει την ανίχνευση και την αναγνώριση των προσκρούσεων ταχύτητας που υπάρχουν στο δρόμο, που προειδοποιεί το όχημα να ελέγχει αυτόματα την ταχύτητα. Το σύστημα ηλεκτρονικής διεύθυνσης αντιπροσωπεύει ένα αυτόνομο σύστημα διεύθυνσης που χρησιμοποιεί τη μονάδα ηλεκτρονικής διεύθυνσης «Power Steering» (EPS).

Η ανίχνευση της λωρίδας είναι ένα από τα κύρια μέρη στην ανάπτυξη των αλγορίθμων των αυτοκινούμενων αυτοκινήτων. Οι κάμερες διατηρούνται μέσα και γύρω από τα αυτοκίνητα για τη λήψη εικόνων του δρόμου και του περιβάλλοντος του αυτοκινήτου σε πραγματικό χρόνο [89]. Όταν το όχημα φαίνεται να αποκλίνει από τη λωρίδα, ή όταν απόσταση ασφαλείας του οχήματος είναι πολύ μικρή, μπορεί να ειδοποιήσει εγκαίρως τον οδηγό για να αποφύγει επικίνδυνες καταστάσεις. Η βασική ιδέα της ανίχνευσης της λωρίδας είναι ότι, από την εικόνα του δρόμου, ο εποχούμενος ελεγκτής πρέπει να κατανοεί τα όρια της λωρίδας και να προειδοποιεί τον οδηγό όταν το όχημα κινείται πιο κοντά στις λωρίδες. Σε ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, η ανίχνευση της λωρίδας είναι σημαντική για να διατηρείται το όχημα στη μέση της λωρίδας, ανά πάσα στιγμή, εκτός από την αλλαγή λωρίδων. Τα συστήματα προειδοποίησης αναχώρησης της λωρίδας έχουν ήδη ανιχνευθεί στα περισσότερα επιβατικά αυτοκίνητα υψηλού επιπέδου που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά.

Η ανίχνευση των πινακίδων είναι το κλειδί για τα ημι-αυτόνομα και πλήρως αυτόνομα οχήματα. Ο σκοπός της τεχνικής είναι να εντοπίσει τις πινακίδες στο πλάι του δρόμου και να προσδιορίσει τι υπονοούν και να ενημερώσει τον υπολογιστή του αυτοκινήτου. Το σύστημα έχει δύο συστατικά, το ένα είναι η μονάδα προεπεξεργασίας, η οποία βασίζεται σε τεχνικές επεξεργασίας εικόνας, όπως η τμηματοποίηση του χρώματος, η τεχνική κατωφλίου, το φίλτρο Gauss, η ανίχνευση των άκρων και η ανίχνευση του περιγράμματος [90]. Το δεύτερο είναι η ενότητα ανίχνευσης που βασίζεται στην τεχνική της πολυωνυμικής προσέγγισης των ψηφιακών καμπυλών που εφαρμόζεται σε περιγράμματα για τον σωστό προσδιορισμό της πινακίδας. Χρησιμοποιεί μια παρόμοια τεχνική μετατροπής εικόνας από RGB σε γκρι και σε δυαδικό και στη συνέχεια στην εύρεση του περιγράμματος. Με βάση το σχήμα της πινακίδας, ο αλγόριθμος προσδιορίζει τι είναι το σήμα κυκλοφορίας.

Η μονάδα προεπεξεργασίας λαμβάνει την εικόνα RGB και τη μετατρέπει σε HSV (Απόχρωση, κορεσμός και τιμή). Αυτό μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την τμηματοποίηση των χρωμάτων. Οι εικόνες ελέγχονται για κυκλικά και τριγωνικά σχήματα μπλε και κόκκινου. Στη συνέχεια, η μονάδα ανίχνευσης προσδιορίζει το

σχήμα της πινακίδας χρησιμοποιώντας την τεχνική της πολυγωνικής προσέγγισης ψηφιακών καμπυλών, που εφαρμόζεται σε περιγράμματα, η οποία βασίζεται στον αλγόριθμο Ramer-Douglas-Peucker (RDP). Το RDP είναι ένας αλγόριθμος για τη μείωση του αριθμού των σημείων σε μια καμπύλη που προσεγγίζεται από μια σειρά σημείων [91]. Ο σκοπός του αλγορίθμου είναι (δεδομένης μιας καμπύλης που αποτελείται από τμήματα γραμμών) να βρει μια παρόμοια καμπύλη με λιγότερα σημεία. Ο αλγόριθμος ορίζει το «ανόμοιο» με βάση τη μέγιστη απόσταση μεταξύ της αρχικής καμπύλης και της απλοποιημένης καμπύλης. Η απλοποιημένη καμπύλη αποτελείται από ένα υποσύνολο των σημείων που καθόρισαν την αρχική καμπύλη. Ένας αλγόριθμος που ονομάζεται Freeman Chain code, ο οποίος βρίσκεται επίσης πίσω από την οπτική αναγνώριση των χαρακτήρων (OCR), χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των γραμμάτων, των αριθμών και των σημείων μέσα στην πινακίδα.

4.5.2 Εντοπισμός εμποδίων

Το σύστημα αποφυγής της σύγκρουσης αποτελεί το βασικό συστατικό των αυτόνομων οχημάτων και η ανίχνευση των εμποδίων είναι ένα από τα κύρια καθήκοντα αυτού του συστήματος. Η πιο γνωστή προσέγγιση για την ανίχνευση των εμποδίων χρησιμοποιεί ενεργούς αισθητήρες, λέιζερ, ραντάρ κ.λπ. όπως έχει ήδη αναφερθεί. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό μπορούν να μετρήσουν την απόσταση απευθείας, χρησιμοποιώντας περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους που δείχνουν το κύριο πλεονέκτημά τους. Ωστόσο, αυτοί οι ενεργοί αισθητήρες έχουν πολλά μειονεκτήματα, χαμηλή ταχύτητα σάρωσης και χαμηλή χωρική ανάλυση. Επιπλέον, η παρεμβολή μεταξύ του ίδιου τύπου των αισθητήρων δημιουργεί ένα σοβαρό πρόβλημα όταν συναντά έναν αριθμό οχημάτων που κινούνται ταυτόχρονα κατά την ίδια κατεύθυνση. Οι οπτικοί αισθητήρες, όπως οι συμβατικές κάμερες συλλέγουν δεδομένα με τρόπο που δεν είναι παρεμβατικός και αναφέρονται γενικά ως παθητικοί αισθητήρες. Το κόστος είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα για την προτίμηση των παθητικών αισθητήρων σε σχέση με τους ενεργούς αισθητήρες. Από την άλλη πλευρά, λόγω πολλών μεταβλητών εντός των τάξεων, η ανίχνευση των εμποδίων είναι ιδιαίτερα δύσκολη όταν σχεδιάζεται και αναπτύσσεται με οπτικούς αισθητήρες. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες προσθέτουν επίσης μια άλλη πρόκληση για την απόκτηση εικόνων υψηλής ποιότητας.

Οι υπάρχουσες τεχνικές ανίχνευσης εμποδίων στο δρόμο με βάση την οπτική δεν έχουν εξελιχθεί σε ώριμη μορφή λόγω πολλών ζητημάτων όπως η μεταβλητότητα στα σχήματα του οχήματος, το ακατάστατο περιβάλλον και οι συνθήκες του φωτισμού [92] [93]. Η βαθιά μάθηση έχει δείξει μια μεγάλη υπόσχεση τα τελευταία χρόνια στον τομέα της ανίχνευσης και αναγνώρισης των αντικειμένων [94]. Τα «convolutional» νευρωνικά δίκτυα (CNN) είναι αφιερωμένα σε προσεγγίσεις βασισμένες στο όραμα αυτό και είναι αρκετά εφικτά για την επιτάχυνση της μονάδας της επεξεργασίας γραφικών (GPU) σε εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Οι GPU, αρχικά σχεδιασμένες για τρισδιάστατη μοντελοποίηση και απόδοση, επιλύουν τώρα κλασικά προβλήματα επεξεργασίας εικόνας και παρέχουν μια τεράστια βελτίωση στην ταχύτητα σε σχέση με τις εφαρμογές μόνο για CPU. Οι GPU όταν αναπτύσσονται στο σύστημα αντίληψης των αυτόνομων οχημάτων θα μπορούσαν να επεξεργαστούν καρέ βίντεο με αρκετά υψηλό ρυθμό και να διευκολύνουν την οδήγηση υψηλής ταχύτητας, εντοπίζοντας τα εμπόδια πολύ πριν από τον σχεδιασμό της κίνησης για την αποφυγή της σύγκρουσης.

Στη μελέτη των Prabhakar G. et al. (2017), πραγματοποιήθηκε ένα σύστημα ανίχνευσης αντικειμένων με βάση την όραση για οδικά εμπόδια χρησιμοποιώντας το

Faster R-CNN και εφαρμόστηκε σε GPU. Αυτή η ανίχνευση είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της τροχιάς των κινούμενων οχημάτων και άλλων αντικειμένων στο δρόμο. Η απόδοση αξιολογήθηκε σε εικόνες συνόλων δεδομένων αναφοράς και δρόμους της Ινδίας. Το δίκτυο της βαθιάς μάθησης είναι ισχυρό σε διαφορές στην άποψη του αντικειμένου, το φωτισμό και τις κλιματολογικές συνθήκες. Επίσης, επιτεύχθηκε ρυθμός καρέ πάνω από 10 fps κατά την επεξεργασία ενός βίντεο. Παρόλο, που το σύστημα που αναπτύχθηκε ανιχνεύει σχεδόν όλα τα εμπόδια στο δρόμο, μερικές φορές αποτυγχάνει να εντοπίσει οχήματα όπως το αυτοκίνητο που συνήθως εμφανίζονται στους δρόμους της Ινδίας, αλλά όχι στο σύνολο των δεδομένων της εκπαίδευσης [95].

5. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1 ΈΝΑ ΕΘΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΗΝ ΙΑΠΩΝΙΑ: ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΟΛΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

5.1.1 Γενικά

Το 2014, η ιαπωνική κυβέρνηση ξεκίνησε ένα ερευνητικό και αναπτυξιακό πρόγραμμα για τα αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης. Η ανάπτυξη των ευφυών συστημάτων μεταφορών έχει προωθηθεί ενεργά από την ιαπωνική κυβέρνηση τα τελευταία 20 χρόνια. Τεχνολογικές και επιχειρησιακές πλατφόρμες απαραίτητες για τα αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης διαμορφώθηκαν ως αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ δημόσιων φορέων, βιομηχανιών και ακαδημαϊκών φορέων. Η εφαρμογή των αυτοματοποιημένων τεχνολογιών οδήγησης αναμένεται να συμβάλει στην υπέρβαση των κοινωνικών προκλήσεων, όπως η γήρανση της κοινωνίας, εκτός από την οδική ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την αυξημένη κινητικότητα.

Η ιαπωνική κυβέρνηση έχει καθορίσει στρατηγικές για την αναζωογόνηση της ιαπωνικής οικονομίας και της επιστήμης, της τεχνολογίας και της καινοτομίας. Αυτά συνδέονται στενά μεταξύ τους. Σύμφωνα με αυτές τις στρατηγικές, δημιουργήθηκε ένα νέο πρόγραμμα E & A με την ονομασία Cross-Ministerial Innovation Promotion Program (SIP). Δέκα έργα ξεκίνησαν το 2014 στο πλαίσιο του SIP. Ένα από αυτά, είναι ένα έργο για αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης με επικεφαλής τον Δρ. Hiroyuki Watanabe ως Διευθυντή του Προγράμματος [96].

Το αυτοματοποιημένο πρόγραμμα οδήγησης ονομάστηκε SIP, το οποίο σημαίνει καινοτομία της αυτόματης οδήγησης για καθολικές υπηρεσίες. Η κοινωνία χωρίς αποκλεισμούς, όπου διαφορετικά άτομα σε διαφορετικές κοινότητες συμμετέχουν ενεργά στη δημιουργία αξιών, θα ενισχύσουν τόσο την ευεξία των ατόμων όσο και την οικονομική ανάπτυξη. Οι αυτοματοποιημένες τεχνολογίες οδήγησης που συνδυάζονται με κοινωνικές καινοτομίες θα πρέπει να παρέχουν σε όλους κινητικότητα για να ασκήσουν πλήρως την ικανότητά τους, επιτρέποντας τη βιώσιμη ανάπτυξη της κοινωνίας.

5.1.2 Ανάπτυξη της τεχνολογικής πλατφόρμας

Το έργο του αυτοματοποιημένου συστήματος οδήγησης έχει σχεδιαστεί στο χαρτοφυλάκιο των ήδη λειτουργικών εφυών συστημάτων μεταφοράς. Η ανάπτυξη αυτών των συστημάτων ξεκίνησε το 1996 σε 9 περιοχές. Η λειτουργία της ηλεκτρονικής συλλογής διοδίων ξεκίνησε το 2001 στην Ιαπωνία και σύντομα επεκτάθηκε ως μια εθνική λειτουργία. Μεταξύ μιας ποικιλίας απαιτήσεων που εγγυώνται το επίπεδο της αξιόπιστης λειτουργίας που είναι αποδεκτή για τους πελάτες, η διαλειτουργικότητα μεταξύ του οδικού εξοπλισμού που παρέχεται από πολλούς κατασκευαστές και του

εποχούμενου εξοπλισμού που παρέχεται επίσης από πολλούς κατασκευαστές και η ασφάλεια κάθε βήματος συναλλαγών ήταν οι πιο απαιτητικές. Για τη διαλειτουργικότητα, η τυποποίηση των τεχνικών προδιαγραφών δεν ήταν επαρκής για την εγγύησή της.

Οι κατασκευαστές που συνεργάστηκαν με τους οδικούς χειριστές μοιράστηκαν πληροφορίες σχετικά με πιθανές αστοχίες και καθιέρωσαν μεθοδολογίες για τον έλεγχο της συμμόρφωσης με τον κανονισμό και τη διαλειτουργικότητα. Ένας οργανισμός που ειδικεύεται στη δοκιμή ραδιοεξοπλισμού έχει επεκτείνει το πεδίο εφαρμογής του για να καλύψει όλες τις σχετικές εργασίες. Για λόγους ασφάλειας, χρησιμοποιήθηκαν οι τελευταίες τεχνολογίες κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας των δεδομένων. Ωστόσο, η δυναμική διαχείριση των κλειδιών ασφαλείας είναι πολύ νέα για πολιτικές υπηρεσίες. Μετά από μακρά και εντατική εργασία σε συνεργασία μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, δημιουργήθηκε ένας νέος οργανισμός για τη διαχείριση της ασφάλειας των εφαρμογών ITS. Τώρα, το ίδιο πλαίσιο εφαρμόζεται στις υπηρεσίες συνεργασίας των οχημάτων σε υποδομές, που είναι ένας από τους σημαντικούς λόγους για τους οποίους η λειτουργία των συνεργατικών υπηρεσιών σε ολόκληρη τη χώρα ξεκίνησε τόσο σύντομα στην Ιαπωνία.

5.1.3 Πλοήγηση του αυτοκινήτου

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και οι προμηθευτές εξοπλισμού άρχισαν να διαθέτουν στην αγορά την πρώτη γενιά συστημάτων πλοήγησης αυτοκινήτων. Ήδη γνώριζαν ότι η ατομική ανάπτυξη μιας βάσης δεδομένων ψηφιακών χαρτών δεν ήταν μια ρεαλιστική λύση. Επέλεξαν να συνεργαστούν με τους ανταγωνιστές, αλλά και την κυβέρνηση. Μια κυβερνητική υπηρεσία, Geospatial Authority of Japan, διέθετε μια βάση δεδομένων τρισδιάστατης έρευνας της χώρας. Η Japan Digital Road Map Association ιδρύθηκε το 1988 για την ανάπτυξη και συντήρηση μιας βάσης δεδομένων ψηφιακού χάρτη και τοπολογικής δομής του οδικού δικτύου με μοναδικά αναγνωριστικά αναφοράς τοποθεσίας για μια ποικιλία υπηρεσιών ITS. Τόσο ο δημόσιος όσο και ο ιδιωτικός τομέας μοιράστηκαν τη βάση δεδομένων ως μια κοινή βάση για την οικονομική υποστήριξη της δραστηριότητας. Οι ιδιωτικές εταιρείες ανταγωνίζονται, ενσωματώνοντας πρόσθετα χαρακτηριστικά για υπηρεσίες πλοήγησης αυτοκινήτων.

5.1.4 Υπηρεσία πληροφοριών κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο

Η υπηρεσία πληροφοριών κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, με το όνομα «Vehicle Information and Communication System» ή «Σύστημα πληροφοριών και επικοινωνίας οχημάτων» (VICS), ξεκίνησε στην Ιαπωνία το 1996. Οι πληροφορίες κυκλοφορίας από τους αυτοκινητόδρομους ενσωματώνονται στο κέντρο πληροφοριών της κυκλοφορίας. Τα δεδομένα κωδικοποιούνται και μεταδίδονται από το κέντρο VICS. Το σύστημα πλοήγησης του αυτοκινήτου αποκωδικοποιεί και εμφανίζει τις πληροφορίες της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη πλοήγησης πάνω από τον ψηφιακό χάρτη. Τα δεδομένα περιλαμβάνουν το επίπεδο συμφόρησης, το κλείσιμο των δρόμων και τις ειδοποιήσεις από τις δημόσιες υπηρεσίες. Επειδή ο κοινός ψηφιακός χάρτης και το σχήμα αναφοράς κοινοποιούνται σε όλες τις σχετικές δημόσιες υπηρεσίες και τους κατασκευαστές των συστημάτων πλοήγησης αυτοκινήτων, οι

πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο εμφανίζονται σωστά σε οποιοδήποτε κινητό τερματικό.

5.1.5 Οφέλη

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης θα συμβάλουν στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται άμεσα με την οδική κυκλοφορία, όπως η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα. Ωστόσο, τα οφέλη από τις αυτοματοποιημένες τεχνολογίες οδήγησης θα συμβάλλουν σε πιο θεμελιώδεις κοινωνικές προκλήσεις, όπως η γήρανση της κοινωνίας.

Οι θάνατοι λόγω της οδικής κυκλοφορίας ήταν πάνω από 16.000 ετησίως περίπου το 1970 στην Ιαπωνία. Οι καλύτερες οδικές εγκαταστάσεις, η εκπαίδευση και η επιβολή ήταν αποτελεσματικά αντίμετρα εκείνες τις μέρες. Οι θάνατοι άρχισαν να αυξάνονται και πάλι τη δεκαετία του 1980. Σήμερα, οι νέες τεχνολογίες οχημάτων και τα ευφυή συστήματα μεταφορών συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των θανάτων. Αν και ο συνολικός αριθμός των θανάτων από την οδική κίνηση συνεχίζει να μειώνεται αργά, η ταχεία δημογραφική αλλαγή θέτει μια νέα πρόκληση. Σήμερα, περίπου το 54% των θυμάτων των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων είναι από ηλικίες 65 ετών και άνω. Δεν είναι μόνο θύματα των ατυχημάτων, αλλά προκαλούν επίσης ατυχήματα. Τα θανατηφόρα τροχαία ατυχήματα ταξινομούνται ανά τύπο παραβίασης. Η πιο εμφανής παρατήρηση είναι ότι ακατάλληλες λειτουργίες από ηλικιωμένους οδηγούς προκάλεσαν τόσα πολλά ατυχήματα. Η Εθνική Αστυνομική Υπηρεσία διενήργησε έρευνα για τις οικογένειες των θυμάτων των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων. Μία από τις υψηλότερες προτεραιότητες που επιθυμούν είναι τα καλύτερα αντίμετρα για τους ηλικιωμένους οδηγούς και προβλέπουν επίσης την ευρύτερη διείσδυση των τεχνολογιών αποφυγής της σύγκρουσης. Επομένως, η άμεση εφαρμογή των αυτοματοποιημένων τεχνολογιών για τη βοήθεια του οδηγού σε μοντέλα που κυκλοφορούν ήδη στην αγορά είναι η πιο επικείμενη αποστολή.

Η κοινόχρηστη πλατφόρμα που θα δημιουργηθεί για την αυτοματοποιημένη οδήγηση, όπως η δυναμική βάση δεδομένων των χαρτών, θα χρησιμοποιηθεί από μια ποικιλία εφαρμογών. Με συνδυασμένες τις πληροφορίες κυκλοφορίας από σταθερούς αισθητήρες και κινούμενα οχήματα και λεπτομερή ψηφιακό οδικό χάρτη, μπορεί να αναπαραχθεί με ακρίβεια η κίνηση κάθε οχήματος στον υπολογιστή. Στη συνέχεια, μπορεί να εξαχθεί ακόμη και ο συνολικός όγκος εκπομπών CO₂ στην περιοχή [97].

5.2 ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΤΗΓΩΝ: ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΙ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Ίσως ο ευκολότερος τρόπος να φανταστεί κανείς το αυτοματοποιημένο σύστημα οδήγησης των φορτηγών είναι να σκεφτεί, τι χρειάζεται ώστε να υπάρξει ένας εξαιρετικός οδηγός φορτηγού. Μεταξύ άλλων, ο εξαιρετικός οδηγός θα πρέπει να είναι σε καλή υγεία και να έχει καλή αντίληψη, να ανταποκρίνεται και να είναι ικανός να κάνει ελιγμούς στο φορτηγό και το ρυμουλκούμενο όχημα, στο άμεσο περιβάλλον του και σύμφωνα με τους κανόνες του δρόμου. Οι αισθήσεις του θα πρέπει είναι προσαρμοσμένες στην κατάσταση του φορτηγού. Ο εξαιρετικός οδηγός γνωρίζει την ασφαλή στάση και τις αποστάσεις, καθώς και τις ακτίνες της στροφής με, αλλά και

χωρίς το ρυμουλκούμενο όχημα υπό διαφορετικές συνθήκες και φορτία. Επιπλέον, πρέπει να διατηρεί το όχημα σε καλή κατάσταση λειτουργίας, στο μέτρο του δυνατού. Αυτός ο οδηγός είναι επίσης ικανός να αποφεύγει τους κινδύνους του δρόμου, συμπεριλαμβανομένων των πεζών, των αντικειμένων και των οχημάτων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να προκαλέσουν ατυχήματα. Ακόμη και όταν τα πράγματα πάνε στραβά, ο οδηγός θα πρέπει να μπορεί να σταματήσει το όχημα με ασφάλεια.

Παρόλο, που αυτή η συζήτηση για τον εξαιρετικό οδηγό ενός φορτηγού δεν είναι λεπτομερής, παρέχει κάποιες πληροφορίες σχετικά με το τι αναμένεται από το αυτοματοποιημένο σύστημα οδήγησης και πώς πρέπει να συμπεριφέρεται, προκειμένου να διατηρήσει την ασφάλεια των επιβατών και του φορτίου. Είναι πολύ περισσότερο από ένα σύστημα προειδοποίησης της σύγκρουσης ή της αποφυγής της σύγκρουσης. Θα πρέπει να οδηγεί το όχημα εντός των επιλεγμένων ορίων από την αρχή έως και το τέλος της διαδρομής. Για όσους οδηγούν στη λωρίδα ασφαλείας για παράδειγμα, μπορεί να προτείνει την προσθήκη διαφορετικής συμπεριφοράς για τον εικονικό οδηγό και μια νέα σειρά για συμπεριφορές πιθανής σύγκρουσης [98].

Ωστόσο, ενώ ο Haddon W. (1980) επικεντρώθηκε στην εκδήλωση της σύγκρουσης, τα αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης θα αντιμετωπίσουν όλες τις πτυχές της ανθρώπινης οδήγησης, καθώς και νέες δυνατότητες, όπως την επιλογή ανάμεσα στις διάφορες διακλαδώσεις, καθώς και το συντονισμό πολλαπλών οχημάτων. Ο εικονικός οδηγός έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ασφάλεια απευθείας, μέσω μιας πιο προσεκτικής αντίληψης και απόκρισης του χειρισμού των συμβάντων και έμμεσα πλοηγώντας σε ασφαλείς ταχύτητες, αποστάσεις και κενά που συχνά παραβλέπουν οι ανθρώπινοι οδηγοί. Ο εικονικός οδηγός ενός φορτηγού μπορεί να ακολουθήσει ένα προπορευόμενο όχημα σε σύντομο χρονικό διάστημα με μεγαλύτερη ασφάλεια και αξιοπιστία από έναν ανθρώπινο οδηγό. Αυτές οι ασφαλείς και εκτεταμένες συμπεριφορές των οδηγών είναι οι στόχοι ενός συστήματος για δοκιμές, έγκριση και σε πολλές περιπτώσεις, πιστοποίηση για ένα αυτόνομο φορτηγό. Ο στόχος είναι να εκτελούνται κάθε φορά αυτές οι συμπεριφορές πιο άνετα και με ασφάλεια στα οποιαδήποτε χιλιόμετρα και με λιγότερα λάθη, καλύτερη απόδοση και αξιοπιστία σε σχέση με τους ανθρώπους οδηγούς.

Οι δοκιμές και η αξιολόγηση θα βοηθήσουν στη διασφάλιση ενός σωστού σχεδιασμού και στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης του κοινού, καθώς και νομοθετικής και κανονιστικής υποστήριξης. Ο έλεγχος του συστήματος θα είναι επίσης απαραίτητος για να διασφαλιστεί η αποδοχή των καταναλωτών και η υπεύθυνη κατασκευή και συντήρηση των αυτόνομων φορτηγών. Μακροπρόθεσμα, οι δοκιμές θα βοηθήσουν στη βελτίωση του σχεδιασμού, στην εμπιστοσύνη και στη μελλοντική πιστοποίηση των αυτόνομων φορτηγών.

5.2.1 Αυτόνομο Σύστημα Εφαρμογής Κινητικότητας

Το Κέντρο έρευνας, ανάπτυξης και μηχανικής του στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών (TARDEC) ακολουθεί μια σταδιακή προσέγγιση στον αυτοματισμό και την αυτονομία, ενσωματώνοντας ώριμους αισθητήρες και συστήματα ελέγχου στα τακτικά οχήματα του Στρατού των ΗΠΑ, αλλά και του ναυτικού για να βοηθήσουν τους οδηγούς και να επιτρέψουν τη μελλοντική αυτόνομη λειτουργία.

Το Αυτόνομο Σύστημα Εφαρμογής Κινητικότητας (AMAS) θα μειώσει τους κινδύνους οδήγησης στην μάχη, παρέχοντας στους στρατιώτες ενεργά συστήματα ασφαλείας και προειδοποίησης, ενώ ταυτόχρονα θα παρέχει μια πλατφόρμα για σταδιακή υιοθέτηση των αυτοματοποιημένων και αυτόνομων συστημάτων οχημάτων.

Οι πρώτες φάσεις της ανάπτυξης του AMAS θα πάρουν την πλατφόρμα βάσης και θα προσθέσουν των ημι-αυτόνομο έλεγχο, ανακουφίζοντας τον στρατιώτη από την οδηγική εργασία, μειώνοντας την κόπωση, εξαλείφοντας τις συγκρούσεις. Επιπλέον, αυτές οι τεχνολογίες έχουν αποδειχθεί ότι ενισχύουν την επίγνωση της κατάστασης του χειριστή, επιτρέποντας μια πιο αποτελεσματική απόκριση σε εχθρικές καταστάσεις. Οι μελλοντικές αυξήσεις του AMAS θα παρέχουν αυτόνομη πλοήγηση σε αστικό και αγροτικό περιβάλλον. Επιπλέον θα προσφέρουν την αναγνώριση πεζών, διασταυρώσεων και επικείμενης κυκλοφορίας. Τα σχέδια TARDEC ακολουθούν την ακόλουθη αυξανόμενη λειτουργικότητα:

- Υποβοήθηση του οδηγού και ενεργή ασφάλεια
- Συμπεριφορά οδηγού / ακόλουθου
- Πλήρη αυτοματοποίηση

Το πλήρες σύστημα AMAS αποτελείται από ένα ενσωματωμένο κιτ ασφαλείας By-Wire / Active και ένα πρόσθετο κιτ αυτονομίας. Η AMAS χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό αυτοκινητοβιομηχανίας και εξειδικευμένων συστημάτων ανίχνευσης και εντοπισμού για να εξισορροπήσει την απόδοση και την προσιτή τιμή του συστήματος. Το σύστημα AMAS έχει αποδειχθεί σε έξι διαφορετικές οικογένειες τακτικών φορτηγών.

5.2.2 Μηχανική του αυτοματοποιημένου συστήματος οδήγησης

Η μηχανική διαδικασία των συστημάτων είναι το σημείο εκκίνησης για τη σύλληψη, το σχεδιασμό και τον έλεγχο της αυτόνομης οδήγησης. Σήμερα, οι ερευνητικές και μηχανικές κοινότητες μεταβαίνουν από τα χαμηλά επίπεδα αυτοματισμού οχημάτων σε υψηλότερα επίπεδα, ενώ, ταυτόχρονα, τα αυτοματοποιημένα συστήματα οχημάτων αιχμής μεταβαίνουν από την έρευνα στην ανάπτυξη των προϊόντων. Οι στόλοι των φορτηγών, τόσο οι εμπορικοί όσο και οι στρατιωτικοί, είναι πιθανό να είναι οι πρώτοι υιοθέτες των αυτοματοποιημένων συστημάτων οδήγησης, με γνώμονα το κόστος των καυσίμων, τη διαθεσιμότητα των οδηγών και την αυξανόμενη έμφαση στην ασφάλεια. Η αγορά των φορτηγών έχει υιοθετήσει από νωρίς τους βασικούς πρόδρομους στην αυτοματοποιημένη οδήγηση, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων όπως τον Roll/Yaw ηλεκτρονικό έλεγχο της σταθερότητας, το συμπληρωματικό ηλεκτρικό τιμόνι, την προειδοποίηση της αλλαγής λωρίδας, το αυτόματο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης και τον έλεγχο της διαδρομής (cruise control).

Ενώ η έρευνα είναι συχνά λιγότερο δομημένη στα αρχικά στάδια, γίνεται πιο δομημένη στις μεταγενέστερες φάσεις των δοκιμών. Η έρευνα για τα φορτηγά αντιμετωπίζει υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού σε συστήματα όπως την υποβοήθηση στην κυκλοφοριακή συμφόρηση, στο αυτοματοποιημένο υποβοηθούμενο φρενάρισμα του ρυμολκούμενου οχήματος, τον πιλότο σε αυτοκινητοδρόμους και την αυτοματοποιημένη μετακίνηση εκτός του δρόμου. Οι μηχανικοί που ασχολούνται με την ανάπτυξη των νέων προϊόντων ακολουθούν μια πιο δομημένη διαδικασία μηχανικής των συστημάτων με τρεις φάσεις (ιδέα, ανάπτυξη και έγκριση). Επιπλέον, οι προγραμματιστές θα πρέπει να αποδείξουν στους ρυθμιστικούς οργανισμούς (π.χ. NHTSA, FMCSA, FHWA, Command Test and Evaluation

Command κ.λπ.) ότι αυτά τα συστήματα είναι ασφαλή και αξιόπιστα πριν από την ανάπτυξή τους.

Στην αρχική φάση, οι απαιτήσεις του συστήματος καθοδηγούν την ανάπτυξη της αρχικής απόδειξης, δηλαδή της έννοιας που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός συνόλου προδιαγραφών του συστήματος. Η μοντελοποίηση και η προσομοίωση είναι τα εργαλεία για τη δοκιμή των εννοιών για την ιεραρχία των συστημάτων, των υποσυστημάτων, των λειτουργικών μονάδων και των εξαρτημάτων.

Είναι χρήσιμο να υπάρχει η γνώση εκ των προτέρων για το πώς θα εγκριθεί το σύστημα. Μία από τις βασικές προκλήσεις σήμερα στο σχεδιασμό και τη δοκιμή του εικονικού προγράμματος οδήγησης, είναι η έλλειψη γνώσεων σχετικά με το πώς το σύστημα θα εγκριθεί ή / και θα πιστοποιηθεί εάν αυτό απαιτείται. Το μέλλον της έγκρισης των αυτοματοποιημένων ή αυτόνομων οχημάτων για χρήση στο δρόμο, είναι πλεονεκτικό με βάση την προετοιμασία ενός σχεδίου για το συντονισμό των απαιτήσεων και των αρχιτεκτονικών του συστήματος με τις διαδικασίες έγκρισης. Επιπλέον, οι δοκιμαστικές περιπτώσεις θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα σχέδια για τη μελλοντική επικύρωση και επαλήθευση [99].

Οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις καθοδηγούν όλες τις φάσεις της διαδικασίας. Η αρχική φάση γενικά ξεκινά με ένα συνολικό ορισμό που περιλαμβάνει την ανάλυση του κινδύνου και την εκτίμηση του κινδύνου και στη συνέχεια προχωρά στην ανάπτυξη ενός προϊόντος και την έγκριση ενός επικυρωμένου συστήματος. Ένα επίσημο σχέδιο επικύρωσης και επαλήθευσης μπορεί να περιλαμβάνει μεταξύ άλλων λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων για αυτοματισμό φορτηγού τα εξής:

- **Λειτουργική ορθότητα:** Το σύστημα παρέχει τις καθορισμένες λειτουργίες (π.χ. εντοπισμός, πλοήγηση, οδηγός / ακόλουθος, αποφυγή εμποδίων, συμμόρφωση με τους κανόνες του δρόμου, την άνεση της οδήγησης των επιβατών, την ασφάλεια των οχημάτων, κ.λπ.) και τους ελιγμούς σε περιβάλλοντα στόχου (όπως καιρός, γεωμετρία δρόμου, σήματα και πινακίδες κυκλοφορίας, οδικές συνθήκες, φωτισμός, κίνηση κ.λπ.)
- **Διαχείριση των σφαλμάτων:** Τι συμβαίνει όταν εντοπίζεται ένα σφάλμα και πώς διαχειρίζεται η ασφάλεια και η αξιοπιστία σε αυτό το πλαίσιο; Απαιτείται αυτόματη πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο και εναλλακτικός σχεδιασμός διαδρομής σε περίπτωση σοβαρού σφάλματος
- **Ασφάλεια και αξιοπιστία:** Θα πρέπει να είναι το σύστημα επαρκώς διαθέσιμο, αξιόπιστο και διατηρήσιμο για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και να αποφευχθούν οι καταστροφικές συνέπειες. Πώς διαχειρίζεται το σύστημα τα σφάλματα και αν πλησιάζει για να ολοκληρωθεί ο τερματισμός του συστήματος (δηλαδή διαθεσιμότητα, συντήρηση, αξιοπιστία, ασφάλεια κ.λπ.).
- **Δυνατότητα εκτέλεσης:** Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει οδηγός που θα αναλάβει, τα αυτοματοποιημένα συστήματα οχημάτων θα λειτουργούν δυνατά υπό περιορισμούς όπως υπό την παρουσία πολλαπλών βλαβών. Επομένως πρέπει να προσδιοριστεί η στρατηγική ασφαλείας για τα οχήματα.
- **Αποδεκτό κόστος:** Αντιμετωπίζει το σύστημα όλες τις υπόλοιπες απαιτήσεις με λογικό και αποδεκτό κόστος στο πλαίσιο των αναμενόμενων όγκων παραγωγής και της ζήτησης στην αγορά, της διείσδυσης και του ανταγωνισμού; Υποστηρίζει το σύστημα καλά καθορισμένες διεπαφές που θα προωθήσουν τον ανταγωνισμό σε επίπεδο συνιστωσών στο

σχεδιασμό και την παραγωγή; (δηλαδή, επεκτασιμότητα, διαλειτουργικότητα κ.λπ.)

6. ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

6.1 ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΟΙ ΤΟΠΙΚΕΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΙΣ ΝΑ ΣΧΕΔΙΑΣΟΥΝ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Είναι ζωτικής σημασίας η κάθε κυβέρνηση να θεσπίσει προληπτικά πολιτικές και κανονισμούς για τα αυτόνομα οχήματα, για να διασφαλίσει ότι οι επιβάτες και οι παρευρισκόμενοι είναι ασφαλείς. Τα ακόλουθα είναι μια σειρά θεμάτων που αντιμετωπίζονται καταλληλότερα σε εθνικό επίπεδο:

- **Ασφάλεια:** Η κυβέρνηση θα πρέπει να αναλάβει την ευθύνη για τον καθορισμό (ή την ενημέρωση των υφιστάμενων) προτύπων ασφαλείας για τα αυτόνομα οχήματα, παρόμοια με εκείνα που ισχύουν ήδη από τα ομοσπονδιακά πρότυπα και κανονισμούς ασφαλείας οχημάτων με κινητήρα. Συγκεκριμένα, η κυβέρνηση θα μπορούσε να καθιερώσει πρότυπα σχετικά με την κατασκευή, το σχεδιασμό των οχημάτων, την υποδομή και όλες τις πτυχές των δεδομένων και των επικοινωνιών, με σκοπό τη διατήρηση της ασφαλείας στους δρόμους.
- **Απόρρητο / Κοινή χρήση δεδομένων:** Επειδή τα αυτόνομα οχήματα θα συγκεντρώνουν μεγάλο όγκο δεδομένων ώστε να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά, υπάρχουν σημαντικές ανησυχίες σχετικά με την ιδιοκτησία, τη συλλογή και τη χρήση των δεδομένων. Η κυβέρνηση θα πρέπει, όπως έχει και με άλλες βιομηχανίες πλούσιες σε δεδομένα, να απαιτήσει από την αυτόνομη αυτοκινητοβιομηχανία να είναι ασφαλής και διαφανής με τους καταναλωτές σχετικά με την ιδιοκτησία των δεδομένων, την αποθήκευση, την κοινή χρήση και τις παραβιάσεις ασφαλείας.
- **Κυβερνοασφάλεια:** Τα αυτόνομα οχήματα ασφαλείας στον κυβερνοχώρο θα μπορούσαν να είναι στόχοι για τρομοκράτες και μια επίθεση ενέχει τον κίνδυνο σημαντικών, συντονισμένων διαταραχών ή συγκρούσεων στην κυκλοφορία. Το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (NIST) για παράδειγμα αναπτύσσει ένα πλαίσιο για τη βελτίωση της κρίσιμης ασφαλείας των υποδομών στον κυβερνοχώρο και είναι ζωτικής σημασίας να διασφαλίσει η κυβέρνηση ότι αυτό περιλαμβάνει τους κινδύνους που σχετίζονται με τα αυτόνομα οχήματα.

6.1.1 Προτεινόμενος κυβερνητικός ρόλος σε αυτόνομα οχήματα

Τα αυτόνομα οχήματα έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν νομούς και δήμους με διάφορους τρόπους. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα φορολογικά έσοδα ενδέχεται να αυξηθούν ή να μειωθούν, οι τρέχουσες επιλογές δημόσιας συγκοινωνίας μπορεί να χρειαστούν να γίνουν πιο ανταγωνιστικές, οι ανάγκες στάθμευσης ενδέχεται να μειωθούν και η υποδομή των οδικών οδών μπορεί να χρειαστεί να προσαρμοστεί. Οι τοπικές κυβερνήσεις θα πρέπει να προγραμματίσουν αυτές τις αλλαγές.

Ανάλογα με το μοντέλο της διακυβέρνησης που χρησιμοποιείται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, θα έχουν δικαιοδοσία διαφορετικές τοπικές οντότητες για τα αυτόνομα οχήματα. Αυτές οι τοπικές, περιφερειακές και κρατικές οντότητες μπορεί να περιλαμβάνουν πρακτορεία διαμετακόμισης, μητροπολιτικούς οργανισμούς σχεδιασμού, περιοχές ποιότητας του αέρα, τμήματα μεταφορών, τμήματα αυτοκινητοδρόμων και τμήματα δημοσίων έργων. Τα ακόλουθα είναι μια σειρά ζητημάτων που αντιμετωπίζονται καταλληλότερα σε τοπικό επίπεδο:

- **Κινητικότητα:** Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που θα επηρεάσουν το επίπεδο συμφόρησης εντός και γύρω από τις πόλεις. Το επίπεδο διαμοιρασμού της διαδρομής και η ανταγωνιστικότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς θα είναι σημαντικοί παράγοντες. Πρόσθετοι παράγοντες περιλαμβάνουν αυξημένες επιλογές κινητικότητας για ηλικιωμένους, άτομα με ειδικές ανάγκες και πληθυσμούς νέων, άτομα που είναι πρόθυμα να ζήσουν μακρύτερα από τη δουλειά τους και αυξημένη χωρητικότητα του δρόμου λόγω των μικρότερων δρόμων μεταξύ των οχημάτων και των μειωμένων απαιτήσεων στάθμευσης.
- **Υποδομή:** Ανάλογα με την εξέλιξη των αυτόνομων οχημάτων (και της τεχνολογίας των συνδεδεμένων οχημάτων), η τοπική υποδομή θα πρέπει να συμβαδίσει. Συγκεκριμένα, οι τοπικές κυβερνήσεις ενδέχεται να χρειαστεί να ενημερώσουν και να αναδιαμορφώσουν τη σήμανση, τα όρια ταχύτητας, το χρονικό σήμα, τους δρόμους και τους χώρους στάθμευσης.
- **Διαμετακόμιση:** Καθώς τα αυτόνομα οχήματα γίνονται πιο δημοφιλή, τα πάντα, από την κάλυψη των υπηρεσιών έως και τους τύπους των οχημάτων έως και τις απαιτήσεις εργασίας αλλάζουν. Τα πρακτορεία διαμετακόμισης θα πρέπει να επανεξετάσουν πλήρως τις υπηρεσίες, τις ανάγκες εργασίας και τη δομή των τελών τους, προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικά στο νέο περιβάλλον μεταφοράς.
- **Οικονομικά** Η ευρεία χρήση των αυτόνομων οχημάτων θα έχει δυνητικά σημαντικές οικονομικές συνέπειες για τις τοπικές κυβερνήσεις. Οι φόροι, τα τέλη στάθμευσης, τα εισιτήρια ταχύτητας, τα ακίνητα στάθμευσης και τα έξοδα διαχείρισης των συμβάντων είναι μόνο μερικά από τα κρατικά έσοδα και το κόστος που ενδέχεται να επηρεαστεί. Επιπλέον, η τοπική αυτοδιοίκηση μπορεί να χρειαστεί να εντοπίσει νέες πηγές εσόδων για να πληρώσει για την υποδομή (παρόμοια με τη σημερινή). Οι τοπικές κυβερνήσεις πρέπει να κατανοήσουν τον αντίκτυπο των αυτόνομων οχημάτων εκ των προτέρων και να προετοιμαστούν ανάλογα.

6.1.2 Δραστηριότητες βραχυπρόθεσμου προγραμματισμού

Τα επόμενα χρόνια πιθανότατα θα είναι μια στιγμή για συνεχή ανάπτυξη και δοκιμή της αυτόνομης τεχνολογίας. Οι συστάσεις που περιγράφονται βραχυπρόθεσμα επικεντρώνονται στην υποστήριξη της προόδου της τεχνολογίας και στη θέση της κυβέρνησης να σχεδιάσει με επιτυχία τη μελλοντική αυτόνομη κοινωνία οχημάτων.

Τα κράτη πιθανότατα θα συνεχίσουν να είναι υπεύθυνα για τις απαιτήσεις αδειοδότησης και δοκιμών των αυτόνομων οχημάτων προκειμένου να διασφαλίσουν τη δημόσια ασφάλεια. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό του προτύπου για το ποιος μπορεί να «οδηγήσει» (ή να είναι υπεύθυνος για) ένα αυτόνομο όχημα και πώς και πού πρέπει να δοκιμαστεί. Επιπλέον, οι κυβερνητικές οντότητες μπορούν να εξετάσουν το ενδεχόμενο να προσφέρουν αγροτεμάχια κλειστής πανεπιστημιούπολης ως τοποθεσίες για δοκιμές προγραμματιστών τεχνολογίας. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν πανεπιστημιούπολεις, νησιά και πρώην στρατιωτικές βάσεις. Αυτό μπορεί να υποστηρίξει την πρόοδο της τεχνολογίας, διατηρώντας ταυτόχρονα την κυβέρνηση ενήμερη και συνδεδεμένη με τους ιδιωτικούς συνεργάτες της [100].

Είναι ζωτικής σημασίας οι τοπικές, περιφερειακές και κρατικές κυβερνήσεις να εκπαιδεύουν στην κατάσταση αυτής της συνεχώς εξελισσόμενης βιομηχανίας. Οι κυβερνητικοί εκπρόσωποι πρέπει να παρακολουθούν τις αυτόνομες εξελίξεις οχημάτων, τόσο στην εξέλιξη της τεχνολογίας, όσο και στην ανάπτυξη της εθνικής πολιτικής, στις Ηνωμένες Πολιτείες και διεθνώς.

Στην ιδανική περίπτωση, οι κυβερνητικοί φορείς θα γίνουν συνεργάτες με αυτήν την ολοένα αυξανόμενη κοινότητα. Τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να περιλαμβάνουν τοπικούς αντιπροσώπους από αυτοκινητοβιομηχανίες, προγραμματιστές τεχνολογίας, ασφαλιστικούς μεσίτες, υπερασπιστές απορρήτου, δικηγόρους, ακόμη και το ευρύ κοινό. Η συμμετοχή σε έναν συνασπισμό μπορεί να είναι ένας τρόπος συγκέντρωσης ή παροχής πολύτιμων στοιχείων καθώς οι πολιτικές και τα σχέδια θα αναπτύσσονται τα επόμενα χρόνια.

Εκτός από την αύξηση της ευαισθητοποίησης σχετικά με την αυτόνομη τεχνολογία οχημάτων, οι τοπικές, περιφερειακές και κρατικές κυβερνήσεις θα πρέπει να αναπτύξουν τρέχοντα σχέδια και πολιτικές με γνώμονα το μέλλον και με έμφαση την ασφάλεια. Η ικανότητα δημιουργίας σχεδίων και πολιτικών που είναι ευέλικτα και ενημερώνονται εύκολα θα είναι ζωτικής σημασίας, καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται και οι ανάγκες της κοινωνίας αλλάζουν.

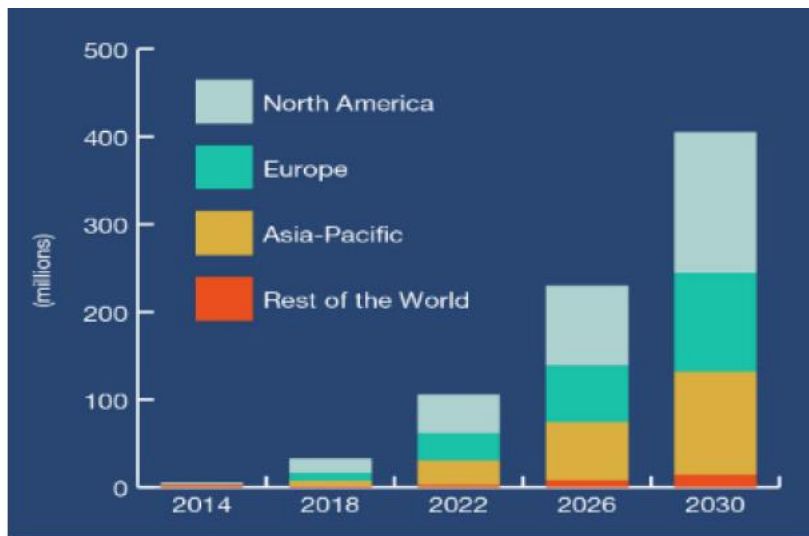
Καθώς διατίθενται περισσότερες πληροφορίες, η κυβέρνηση είναι σε θέση να ενθαρρύνει την ανοιχτή ανταλλαγή των δεδομένων. Αν και είναι σημαντικό να διατηρηθεί το απόρρητο των ανθρώπων, τα ανοιχτά, ανώνυμα δεδομένα μπορούν να βελτιώσουν τη λήψη των αποφάσεων από την κυβέρνηση και να τη βοηθήσουν να αναπτύξει πιο ενημερωμένες πολιτικές και σχέδια.

Η παροχή των δεδομένων ή η προθυμία των ιδιωτικών εταιρειών να κοινοποιούν τα δεδομένα τους, ενδέχεται να μη συμβεί. Προκειμένου να παρακινηθούν αυτές οι ιδιωτικές εταιρείες, η κυβέρνηση μπορεί να εξετάσει το ενδεχόμενο να τους παρέχει ισχυρά φορολογικά κίνητρα για την κοινή χρήση δεδομένων για το δημόσιο αγαθό. Επιπλέον, οι δημόσιες και ιδιωτικές εταιρείες θα πρέπει να συνεργαστούν για να προσδιορίσουν μοντέλα για κοινή χρήση δεδομένων με τρόπους που σέβονται την προσωπική προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας.

6.2 Ο ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΡΟΜΩΝ

6.2.1 Οικονομία και αγορά

Ως ο κύριος μοχλός της αυτόνομης βιομηχανίας οχημάτων, η αγορά IoT σημείωσε σταθερή ανάπτυξη από το 2014 και αναμένεται να συνεχίσει με αυτήν την ανάπτυξη όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.1: Πρόβλεψη παγκόσμιας αγοράς για εγγεγραμμένα οχήματα με εφαρμογές IoT. Σύμφωνα με την Gartner, μια εταιρεία έρευνας της αγοράς, οι προμηθευτές προϊόντων και υπηρεσιών IoT θα αποφέρουν πρόσθετα έσοδα που υπερβαίνουν τα 300 δισεκατομμύρια δολάρια μετά το 2020. Ενώ η IDC, μια άλλη ερευνητική εταιρεία, προβλέπει ότι η παγκόσμια αγορά λύσεων IoT θα αυξηθεί σε πάνω από 7,1 τρισεκατομμύρια δολάρια.



Εικόνα 6.1: Πρόβλεψη παγκόσμιας αγοράς για εγγεγραμμένα οχήματα με εφαρμογές IoT [101]

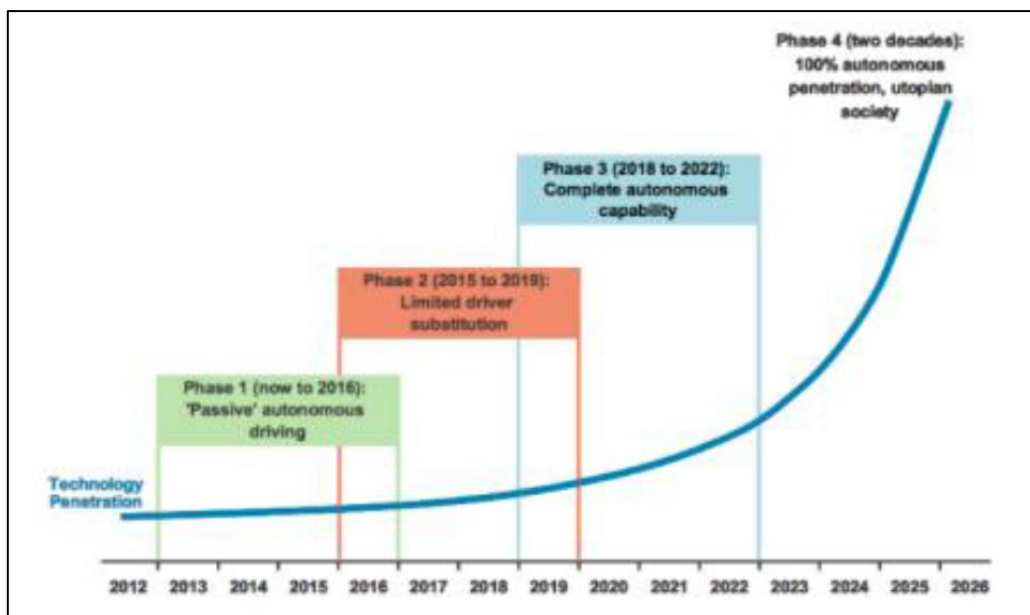
Η εξέλιξη των συνδεδεμένων αυτοκινήτων πέρασε από μια σειρά φάσεων που ταξινομήθηκαν ανάλογα με το ποιος καθόρισε αυτήν την κατηγοριοποίηση. Ανεξάρτητα από την πηγή αυτών των κατηγοριών, περιλαμβάνονται διαφορετικές τεχνολογίες και διαφορετικές βελτιώσεις, καθώς και νέοι παίκτες και νέα επιχειρηματικά μοντέλα [102].

Υπάρχουν πέντε μεγάλες φάσεις. Η πρώτη φάση είναι η έρευνα και ανάπτυξη. Αυτή ήταν η μεγαλύτερη εποχή, περίπου 30 χρόνια, κατά τη διάρκεια της οποίας προτάθηκαν μεγάλες ιδέες, αλλά δεν εφαρμόστηκαν λόγω έλλειψης των τεχνολογιών. Οι δεύτερη φάση ήταν η εποχή ενσωμάτωσης. Αυτή ήταν η εποχή των ενσωματωμένων μονάδων στα αυτοκίνητα (π.χ. κινητά τηλέφωνα, που χρησιμοποιούνται για ασύρματη επικοινωνία πληροφοριών σε έναν πάροχο). Η τρίτη φάση ήταν η εποχή ψυχαγωγίας. Αυτή η εποχή σηματοδοτεί την εισαγωγή εφαρμογών πληροφοριών και ψυχαγωγίας στο όχημα και ξεκινά μια αλλαγή στην εξίσωση ισχύος στη βιομηχανία, όπου προστίθενται νέοι παίκτες στο οικοσύστημα, όπως πάροχοι λογισμικού και τους τρίτοι πάροχοι περιεχομένου και εφαρμογών. Η τέταρτη φάση είναι η εποχή V2X. Αποτελεί την επικοινωνία του οχήματος σε οποιοδήποτε όχημα ή υποδομή. Αυτή είναι η εποχή που συνδυάζει την ενσωματωμένη τεχνολογία και τις υπηρεσίες όπου τα βασικά στοιχεία είναι πολλοί αισθητήρες στο όχημα, έξυπνες συσκευές, έξυπνες οικιακές συσκευές και υποδομές και η επικοινωνία των δεδομένων σε μια ενσωμάτωση που ονομάζεται ενσωμάτωση V2X.

Η πέμπτη εποχή είναι η νέα εποχή κινητικότητας. Αυτή η εποχή των αυτόνομων οχημάτων αναμένεται να απογειωθεί μετά το 2020. Ορισμένα πρωτότυπα αυτοκινούμενα οχήματα βρίσκονται ήδη στο δρόμο. Αυτή είναι επίσης μια εποχή που

οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι πάροχοι λογισμικού ανταγωνίζονται για κυριαρχία και η οποία μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω μετατόπιση από τα οχήματα ως ιδιόκτητα περιουσιακά στοιχεία.

Μια άλλη πρόβλεψη εξέλιξης δόθηκε από την Morgan Stanley Research που βασίστηκε κυρίως στη διείσδυση της τεχνολογίας και σε μεταγενέστερες εξελίξεις από το 2012. Μια απότομη αύξηση αυτής της διείσδυσης αναμένεται να συμβεί μετά την ολοκλήρωση της τρίτης εποχής, περίπου το χρονικό πλαίσιο του 2022, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.2:Εξέλιξη της σύνδεσης των αυτόνομων αυτοκινήτων .



Εικόνα 6.2:Εξέλιξη της σύνδεσης των αυτόνομων αυτοκινήτων [103]

Το δυναμικό της αγοράς των αυτοκινούμενων οχημάτων είναι τεράστιο με τις άμεσες επιπτώσεις σε πολλούς τομείς. Διαφορετικές εταιρείες έρευνας της αγοράς εξετάζουν τις τάσεις στην αγορά και τις τεχνικές για τα αυτοκινούμενα οχήματα από διαφορετικές οπτικές γωνίες και προοπτικές [104].

Τα αυτοκινούμενα οχήματα θα μπορούσαν να αποφέρουν έως και 507 δισεκατομμύρια δολάρια σε ετήσια αύξηση της παραγωγικότητας. Η αγορά των προηγμένων συστημάτων υποβοήθησης θα αυξηθεί στα 20 δισεκατομμύρια ευρώ έως το 2022. Επιπλέον, αναμένεται ότι οι οδηγοί της επόμενης γενιάς θα ήθελαν τα αυτοκίνητά τους να λειτουργούν σαν smartphone σε τροχούς, δηλαδή να έχουν τα αυτοκίνητά τους συνδεδεμένα [105].

Η εγγενής μη προβλέψιμη και μεταβλητή φύση των στοχαστικών ενεργειακών πόρων, όπως η αιολική ενέργεια, καθιστούν δύσκολο για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας με μεγάλη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας να ασκούν πλήρως την οικονομική αποστολή σε πραγματικό χρόνο με λεπτομέρεια [106]. Η ερευνητική κοινότητα έχει ήδη εντοπίσει την ανάγκη αντικατάστασης του τρέχοντος λογισμικού οικονομικής αποστολής με βραχυπρόθεσμο στοχαστικό λογισμικό προγραμματισμού που έχει αναλυτικότητα δευτερολέπτων, λεπτών ή μερικών ωρών [107]. Ένα τέτοιο λογισμικό έχει πολύ ελαστικές υπολογιστικές ανάγκες που αυξάνονται προς τα κάτω με βάση τις συνθήκες, το επίπεδο διείσδυσης και τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών, προσφέροντας έτσι μια πρόσκληση για εκμετάλλευση της δυνατότητας ταχείας ελαστικότητας του cloud για την παροχή λογισμικού, πλατφόρμας και υπολογιστικών υποδομή με διαφορετικές διαμορφώσεις κατά παραγγελία, παρά υπολογιστικές

στοίβες εσωτερικού χώρου που προσφέρουν μικρή ευελιξία, επεκτασιμότητα ή διαθεσιμότητα [108].

6.2.2 Κοινωνία

Παρά τον αυξανόμενο ενθουσιασμό σε πόλεις και χώρες, η μετάβαση σε αυτόνομες αστικές μεταφορές είναι απίθανο να είναι μια ομαλή διαδικασία. Οι ανησυχίες για την ασφάλεια έχουν επίσης επιβεβαιωθεί σε κοινωνιολογικές και ψυχολογικές μελέτες που εξετάζουν τη στάση των ανθρώπων απέναντι στα αυτοκίνητα. Ο σκεπτικισμός είναι ιδιαίτερα έντονος μεταξύ ευάλωτων χρηστών του δρόμου, όπως πεζών και ποδηλατών, οι οποίες είναι οι κατηγορίες που τείνουν να φοβούνται περισσότερο τις συγκρούσεις [109]. Πολλοί φοβούνται να χρησιμοποιήσουν καθώς και απλώς να βρίσκονται γύρω από οχήματα που ελέγχονται από τεχνητή νοημοσύνη, και αυτοί οι φόβοι δε θα εξαφανιστούν έως ότου οι κατασκευαστές να είναι σε θέση να αποδείξουν πειστικά ότι ένα αυτοκίνητο που λειτουργεί με τεχνητή νοημοσύνη είναι εξίσου ασφαλές με ένα μέσο ελεγχόμενο από τον άνθρωπο αυτοκίνητο [110]. Συνολικά, λαμβάνοντας υπόψη την πληθώρα των τεχνολογικών προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές των αυτόνομων αυτοκινήτων (ανίχνευση ποδηλατών, οδήγηση εκτός δρόμου, αντίληψη υπό σοβαρές καιρικές συνθήκες, για παράδειγμα), η αποδοχή αυτής της νέας τεχνολογίας από την κοινωνία μπορεί να εξακολουθεί να είναι πολύ μακριά.

Ωστόσο, από την άλλη πλευρά, η ιστορία της πόλης δείχνει ότι τα ατυχήματα, οι θάνατοι και οι σχετικές ανησυχίες δε σταμάτησαν τη διάδοση των τότε επικίνδυνων μορφών αστικών μεταφορών. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα συνεχίζουν να συμβαίνουν στις μέρες μας με αυξανόμενο ρυθμό, αλλά, κατά κάποιο τρόπο, παράδοξα, αυτή η τάση δεν εμποδίζει τους ανθρώπους να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν μια ακόμα επικίνδυνη τεχνολογία μεταφορών. Παρά το γεγονός ότι πάνω από 1,25 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν κάθε χρόνο λόγω τροχαίων ατυχημάτων και ότι οι τραυματισμοί στην οδική κυκλοφορία είναι η κύρια αιτία θανάτου για παιδιά και νεαρούς ενήλικες (ηλικίας 5 έως 29 ετών) στον κόσμο, το αυτοκίνητο παραμένει η κυρίαρχη μορφή αστικών μεταφορών [111].

Με την ίδια έννοια, η ιστορία της πόλης προτείνει, παρόμοια δυναμική που μπορεί να εμφανιστεί σήμερα στη διάδοση των αυτόνομων αυτοκινήτων. Η μετάβαση σε αυτόνομες μεταφορές σε πόλεις, είναι ένα περίπλοκο και άνισο φαινόμενο του οποίου η εξέλιξη και η υλοποίηση μπορεί να γίνει κατανοητή σε σχέση με τρεις βασικούς διασυνδεδεμένους παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι πώς αισθάνονται τα άτομα για τα αυτόνομα αυτοκίνητα. Από κοινωνική σκοπιά, υπάρχει το ερώτημα πώς αντιδρούν οι άνθρωποι σε μια ριζικά διαφορετική τεχνολογία μεταφορών. Ένα μέσο αστικών μεταφορών που ελέγχεται, για πρώτη φορά στην ιστορία, από μια μη βιολογική νοημοσύνη. Η στάση των ανθρώπων απέναντι στα αυτόνομα οχήματα θα επηρεάσει άμεσα το βαθμό στον οποίο θα υιοθετηθεί αυτή η νέα τεχνολογία μεταφορών. Όπως σημειώνεται στη βιβλιογραφία, αυτός ο περίπλοκος παράγοντας καθορίζεται από μια πληθώρα αλληλένδετων κοινωνιολογικών, ψυχολογικών, οικονομικών και πολιτιστικών μεταβλητών [112]. Η ηλικία, η εκπαίδευση και το εισόδημα του ατόμου, η επιρροή σημαντικών άλλων (οικογένεια, φίλοι και συνεργάτες), ο τρόπος ζωής, το προσωπικό ενδιαφέρον για τη βιωσιμότητα και η άποψη για την τεχνολογική καινοτομία, αποτελούν παραδείγματα ορισμένων από αυτές τις μεταβλητές [113]. Στην ουσία, ο πρώτος παράγοντας έχει μια έντονη κοινωνική χροιά, που συλλαμβάνει τις συμπεριφορές και τις στάσεις των ανθρώπων

μέσα σε ομάδες (κοινωνιολογία), καθώς και τους εσωτερικούς λόγους και τα συναισθήματά τους ως άτομα (ψυχολογία).

6.3 ΗΘΙΚΗ ΣΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ

Υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη για ηθική στα αυτόνομα αυτοκίνητα. Ένα παράδειγμα που το αποδεικνύει είναι το εξής όπως διαμορφώθηκε από τον Lin P. το 2014: Σε κάποιο μακρινό μέλλον, ένα αυτόνομο αυτοκίνητό συναντά μια τρομερή επιλογή. Θα πρέπει είτε να στρίψει αριστερά και να χτυπήσει ένα οκτάχρονο κορίτσι, είτε να στρίψει δεξιά και να χτυπήσει μια 80χρονη γιαγιά [114]. Δεδομένης της ταχύτητας του αυτοκινήτου, κάθε θύμα σίγουρα θα σκοτωνόταν κατά την πρόσκρουση. Εάν δεν πραγματοποιηθεί «στραβοτιμονιά» και τα δύο θύματα θα χτυπηθούν και θα σκοτωθούν. Οπότε, υπάρχει καλός λόγος να σκεφτεί κανείς ότι πρέπει να στραφεί προς τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Αλλά ποια θα ήταν η ηθικά σωστή απόφαση; Αν προγραμματίζε κάποιος το αυτο-οδηγούμενο αυτοκίνητο, πώς θα έπρεπε τελικά να το καθοδηγήσει να συμπεριφερθεί αν συναντούσε ποτέ μια τέτοια περίπτωση;

Θα μπορούσαν κάποιοι να πουν ότι το χτύπημα της γιαγιάς θα μπορούσε να είναι το λιγότερο κακό. Η σκέψη είναι ότι το κορίτσι έχει ακόμα όλη της τη ζωή μπροστά της. Γενικότερα, φαίνεται να υπάρχουν λόγοι που ζυγίζουν υπέρ της διάσωσης του μικρού κοριτσιού από τη γιαγιά, εάν ένα ατύχημα είναι αναπόφευκτο. Οποιαδήποτε από τις δύο επιλογές είναι ηθικά λανθασμένη, τουλάχιστον σύμφωνα με τους σχετικούς επαγγελματικούς κώδικες δεοντολογίας. Μεταξύ των πολλών δεσμεύσεων του, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE), για παράδειγμα, δεσμεύεται «να αντιμετωπίζουν δίκαια όλα τα άτομα και να μην εμπλέκονται σε πράξεις διακρίσεων λόγω φυλής, θρησκείας, φύλου, αναπηρίας, ηλικίας, εθνικής καταγωγής, σεξουαλικού προσανατολισμού, ταυτότητας φύλου ή έκφρασης φύλου» [115]. Επομένως, η διαφορετική μεταχείριση των ατόμων με βάση την ηλικία τους, όταν η ηλικία δεν είναι σχετικός παράγοντας, φαίνεται να είναι ακριβώς το είδος των διακρίσεων που απαγορεύει το IEEE [116].

Η διάκριση με βάση την ηλικία στο σενάριο συντριβής φαίνεται να είναι το ίδιο κακό με τη διάκριση με βάση τη φυλή, τη θρησκεία, το φύλο, την αναπηρία, την εθνική καταγωγή και ούτω καθεξής. Στη Γερμανία όπου φιλοξενούνται πολλές εταιρείες επιρροής αυτοκινήτων που εργάζονται για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτο-οδήγησης αναφέρεται το δικαίωμα στη ζωή και την ανθρώπινη αξιοπρέπεια. Αποτελεί ένα βασικό παράγοντα και εκτίθεται στα δύο πρώτα άρθρα του πρώτου κεφαλαίου στο σύνταγμα του έθνους [117]. Επομένως, είναι δύσκολο το γερμανικό δίκαιο να μπορούσε ακόμη και να επιτρέψει σε μια εταιρεία να δημιουργήσει ένα προϊόν που μπορεί να κάνει μια τόσο φρικτή και προφανώς παράνομη επιλογή. Οι Ηνωμένες Πολιτείες προσπαθούν επίσης να προσφέρουν την ίση προστασία σε όλα τα άτομα, όπως ορίζεται στη δέκατη τέταρτη τροποποίηση του συντάγματός της.

Εάν δεν μπορεί ηθικά να επιλεγεί μια πορεία προς τα εμπρός, τότε θα πρέπει να ερευνηθούν σε βάθος οι πιθανές επιλογές. Μια λύση είναι να αρνηθεί κανείς να πάρει μια τεράστια απόφαση, επιτρέποντας και στα δύο θύματα να χτυπηθούν, αλλά αυτό φαίνεται πολύ χειρότερο από το να πεθάνει μόνο το ένα θύμα, ακόμα κι αν υπάρχει προκατάληψη εναντίον του. Ένα άλλο τροποποιημένο σενάριο θα ήταν το εξής: Θα πέθαιναν 10 ή 100 πεζοί, εάν το αυτοκίνητο συνέχιζε προς τα εμπρός και η περιστροφή θα οδηγούσε και πάλι σε ένα μόνο θάνατο.

Μια άλλη λύση θα μπορούσε να είναι η αυθαίρετη και απρόβλεπτη επιλογή ενός μονοπατιού, με την επιφύλαξη οποιουδήποτε ατόμου [118]. Αυτό φαίνεται ηθικά ανησυχητικό, καθώς πραγματοποιείται επιλογή ανάμεσα σε ζωές χωρίς καθόλου συζήτηση. Αφήνονται δηλαδή όλα στην τύχη, όταν υπάρχουν δυνητικά κάποιοι λόγοι να προτιμηθεί ο ένας από τον άλλον, όσο δυσάρεστοι κι αν είναι οι λόγοι. Αυτό είναι ένα δίλημμα που δεν είναι εύκολα επιλύσιμο και ως εκ τούτου επισημαίνει την ανάγκη για ηθική στην ανάπτυξη αυτόνομων αυτοκινήτων.

6.3.1 Αποφυγή του ατυχήματος

Πολλοί θα μπορούσαν να πουν ότι το δίλημμα παραπάνω, δεν θα συνέβαινε ποτέ με τα αυτόνομα αυτοκίνητα. Μπορεί να προτείνεται ότι τα μελλοντικά αυτοκίνητα δε χρειάζεται να αντιμετωπίζουν σκληρές ηθικές επιλογές, αφού η απλή διακοπή του αυτοκινήτου ή η επιστροφή του ελέγχου στον ανθρώπινο χειριστή είναι ο εύκολος δρόμος γύρω από την ηθική.

Πολλά συνηθισμένα σενάρια υπάρχουν σήμερα στα οποία το φρενάρημα δεν είναι η καλύτερη ή ασφαλέστερη κίνηση, είτε με ανθρώπινο είτε με αυτοκινούμενο αυτοκίνητο. Για παράδειγμα, ένας υγρός δρόμος ή μια ουρά, μπορεί να το κάνει επικίνδυνο να χρησιμοποιήσει τα φρένα, σε αντίθεση με κάποια άλλη ενέργεια, όπως την οδήγηση γύρω από το εμπόδιο ή απλά μέσω αυτού, εάν είναι ένα μικρό αντικείμενο. Σήμερα, τα πιο προηγμένα αυτοκινούμενα αυτοκίνητα δε μπορούν να ανιχνεύσουν μικρά αντικείμενα όπως για παράδειγμα τους σκίουρους [119]. Επομένως, προφανώς δε μπορούν επίσης να ανιχνεύσουν βράχους, λακκούβες, γάτες και άλλους μικρούς αλλά συνακόλουθους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσουν βλάβη του εξοπλισμού, όπως εκρήξεις των ελαστικών ή σφάλματα του αισθητήρα ή αποκλίσεις από την ασφαλή διαδρομή.

Σε αυτές και σε πολλές άλλες περιπτώσεις, ενδέχεται να μην υπάρχει αρκετός χρόνος για να επιστραφεί ο έλεγχος στον οδηγό. Ορισμένα πειράματα προσομοίωσης δείχνουν ότι οι άνθρωποι οδηγοί χρειάζονται έως και 40 δευτερόλεπτα για να ανακτήσουν την επίγνωση της κατάστασης, ανάλογα με τη δραστηριότητα που τους αποσπά την προσοχή [120]. Αυτό σημαίνει ότι το αυτοκίνητο πρέπει να είναι υπεύθυνο για τη λήψη αποφάσεων όταν είναι παράλογη η αναμονή της έγκρισης για την έγκαιρη μεταφορά του ελέγχου πίσω στον άνθρωπο όπου και πάλι το φρενάρημα μπορεί να μην είναι η πιο υπεύθυνη ενέργεια.

Μερικά ατυχήματα είναι αναπόφευκτα, όπως όταν ένα ζώο ή ένας πεζοδρόμος βγαίνει μπροστά από ένα κινούμενο αυτοκίνητο. Ως εκ τούτου τα αυτόνομα αυτοκίνητα θα πρέπει επίσης να εμπλακούν στη βελτιστοποίηση των ατυχημάτων. Η βελτιστοποίηση των σφαλμάτων σημαίνει την επιλογή της πορείας της δράσης που πιθανότατα θα οδηγήσει στη μικρότερη ζημιά και αυτό θα μπορούσε να σημαίνει μια αναγκαστική επιλογή μεταξύ δύο επιλογών όπως στο παράδειγμα που αναφέρθηκε.

Μπορεί να υπάρχουν λόγοι, παρεμπιπτόντως, που θα ήταν προτιμότερο να επιλεγεί το οκτάχρονο κορίτσι. Εάν το αυτόνομο αυτοκίνητο ενδιαφερόταν περισσότερο για την προστασία των επιβατών του, τότε θα ήταν λογικό να επιλέξει μια σύγκρουση με το ελαφρύτερο δυνατό αντικείμενο (το κορίτσι). Εάν η επιλογή ήταν μεταξύ δύο οχημάτων, τότε το αυτοκίνητο θα πρέπει να προγραμματιστεί για να προτιμά να χτυπά ένα ελαφρύτερο όχημα από ένα βαρύτερο σε μια γειτονική λωρίδα.

Από την άλλη πλευρά, εάν το αυτοκίνητο χρεωνόταν με την προστασία άλλων οδηγών και πεζών έναντι των δικών του επιβατών, τότε θα έπρεπε να προγραμματιστεί να προτιμά μια σύγκρουση με το βαρύτερο όχημα από το ελαφρύτερο. Εάν οι

επικοινωνίες οχήματος-προς-όχημα (V2V) και οχήματος-προς-υποδομή (V2I) ξεδιπλωθούν (ή V2X για αναφορά και στα δύο) ή εάν ένα αυτόνομο αυτοκίνητο μπορεί να προσδιορίσει τα συγκεκριμένα μοντέλα άλλων αυτοκινήτων στο δρόμο, τότε φαίνεται να έχει νόημα η σύγκρουση με ένα ασφαλέστερο όχημα (όπως ένα συγκεκριμένο μοντέλο που έχει φήμη για την ασφάλεια) σε σχέση με ένα αυτοκίνητο που δεν είναι γνωστό για την ασφάλειά του σε περίπτωση σύγκρουσης.

Αυτή η στρατηγική μπορεί να είναι και νομικά και ηθικά καλύτερη από την προηγούμενη. Επίσης, επειδή ο οδηγός είναι αυτός που εισήγαγε τον κίνδυνο, με το χειρισμό ενός αυτόνομου οχήματος σε δημόσιους δρόμους, ο οδηγός μπορεί να είναι νομικά υποχρεωμένος, ή τουλάχιστον ηθικά υποχρεωμένος, να απορροφήσει το βάρος κάθε βλάβης, τουλάχιστον όταν είναι εναντίον του πεζοί, ποδήλατα και ίσως ελαφρύτερα οχήματα.

Το ηθικό σημείο εδώ, ωστόσο, είναι ότι ανεξάρτητα από τη στρατηγική που υιοθετείται από τον αρχικό κατασκευαστή του εξοπλισμού, δηλαδή από τον κατασκευαστή των αυτοκινήτων, ο προγραμματισμός ενός αυτοκινήτου για την επιλογή σύγκρουσης με οποιοδήποτε συγκεκριμένο είδος αντικειμένου έναντι ενός άλλου μοιάζει πολύ με έναν αλγόριθμο στόχευσης [114]. Κάτι που σχετίζεται με τη στρατιωτική αίσθηση της επιλογής στόχων, οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης των σφαλμάτων ενδέχεται να περιλαμβάνουν τη σκόπιμη και συστηματική διάκριση, για παράδειγμα, μεγάλων οχημάτων για σύγκρουση. Οι ιδιοκτήτες ή οι χειριστές αυτών των στοχοθετημένων οχημάτων φέρουν αυτό το βάρος χωρίς δικό τους λάθος, εκτός από ότι ίσως να ενδιαφέρονται για την ασφάλεια ή χρειάζονται SUV για να μεταφέρουν μια μεγάλη οικογένεια.

6.4 ΜΕΛΛΟΝ

Η επιτυχία των μελλοντικών αυτόνομων οχημάτων εξαρτάται από ένα βασικό στοιχείο, τη διεπαφή του ανθρώπου-μηχανής. Η απόρριψη του τιμονιού συνεχίζει να αποτελεί ταμπού. Ενδέχεται, ωστόσο, ότι το «SIRI», το λογισμικό αναγνώρισης ομιλίας που εισήχθη σε smartphone το 2011, να ανοίξει το δρόμο για γλωσσικές διεπαφές στα αυτοκίνητα. Μια δημοσιευμένη μελέτη κατέστησε σαφές ότι τα αυτόνομα οχήματα αντιμετωπίζουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη από τους ανθρώπους εάν τους δοθεί ένα όνομα, μια φωνή και ένα φύλο [121]. Στο αυτοκίνητο δόθηκε το όνομα IRIS και μια γυναικεία φωνή μιλούσε στο χρήστη δίνοντας οδηγίες για το πώς λειτουργεί το όχημα.

Από τη μία πλευρά, τα αυτοκίνητα χωρίς οδηγό αντιτίθενται σε όλες τις ιστορικές απόψεις που σχετίζονται με τον έλεγχο. Από την άλλη, είναι σχεδόν προκαθορισμένο να καθιστούν τα αυτοκίνητα ολοένα και πιο ανθρωπομορφωμένα. Σήμερα, αντιμετωπίζονται ήδη τα αυτοκίνητά ως ζωντανά όντα.

Το όραμα των αυτόνομων αυτοκινήτων υπήρχε εδώ και πολύ καιρό και ήταν μέρος του οράματος για το μέλλον, αλλά η επίτευξη αυτού περιορίστηκε από τις διαθέσιμες τεχνολογίες για την υποστήριξή του. Αυτές οι τεχνολογίες είναι διαθέσιμες πλέον και μπορούν να δημιουργηθούν αυτά τα αυτοκίνητα. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) ήταν μία από τους πιο χρησιμοποιούμενες λέξεις-κλειδιά της τεχνολογίας τα τελευταία δύο χρόνια. Το διαδίκτυο των πραγμάτων εξακολουθεί να είναι πολύ δημοφιλής και σε ευρεία χρήση και η ίδια η τεχνολογία επιτρέπει μετασχηματιστικές αλλαγές σε αρκετές αγορές και τομείς, συμπεριλαμβανομένου του τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας που αλλάζει εξαιρετικά γρήγορα.

Οι τεχνολογίες που σχετίζονται με το IoT θα καθορίσουν το δρόμο για την αυτοκινητοβιομηχανία και τα συνδεδεμένα αυτοκίνητα και θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στους δρόμους στην οικονομία του μέλλοντος. Ο μετασχηματισμός της αυτοκινητοβιομηχανίας θα σηματοδοτήσει μια μετάβαση από μια εποχή προϊόντων σε μια εποχή υπηρεσιών και εμπειριών, από υλικό σε λογισμικό, από λειτουργικότητα σε πληροφορίες, ως βασικό αντικείμενο της δημιουργίας αξίας μέσω της παραγωγής σύνθετων συνδεδεμένων οικοσυστημάτων.

Το IoT όχι μόνο θα μεταμορφώσει την αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά και θα προκαλέσει μια διαμάχη μεταξύ των αυτοκινητοβιομηχανιών ως των κατεστημένων φορέων από τη μία πλευρά και των προγραμματιστών λογισμικού από την άλλη πλευρά. Ακόμα κι αν η αυτοκινητοβιομηχανία θεωρείται ότι λειτουργεί στο έδαφός της, , πολλές φορές οι βιομηχανίες αυτές δρουν σε ένα εξαιρετικά διευρυμένο οικοσύστημα παικτών, όπου όλοι οι παίκτες προσπαθούν να καταλάβουν αξία και όπου οι πάροχοι λογισμικού φαίνεται να κερδίζουν έδαφος.

Τα αυτόνομα οχήματα δεν είναι κάποια φουτουριστική τεχνολογία αυτοκινήτων και απέχουν πολύ από την πραγματικότητα. Στην πραγματικότητα υπάρχουν ήδη αυτοκίνητα με κάποια χαρακτηριστικά αυτο-οδήγησης στο δρόμο, όπως τα αυτοκίνητα Google, Tesla, Nissan κ.λπ.

Τα αυτόνομα αυτοκίνητα λειτουργούν σε συστήματα με μπαταρία. Ως εκ τούτου, οι μπαταρίες είναι μακράς διάρκειας, φιλικές προς τη συντήρηση και φορτίζονται εύκολα. Τα σημεία φόρτισης για τις μπαταρίες πρέπει να βρίσκονται σε βολική τοποθεσία σε δημόσιους χώρους ή σε σημεία κατά μήκος των διαδρομών και σε χώρους στάθμευσης με εύκολη πρόσβαση. Αυτού του είδους τα χαρακτηριστικά και οι εγκαταστάσεις χρειάζονται πολύ χρόνο για να χτιστούν από τις διάφορες κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο, ειδικά στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Τα αυτοκίνητα είναι περισσότερο από 5-6 φορές δαπανηρά σε σύγκριση με τα χειροκίνητα / ημιαυτόματα αυτοκίνητα του αντίστοιχου σχήματος και μεγέθους και είναι απρόσιτα για το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Ωστόσο, οι τιμές μειώνονται δραματικά κάθε χρόνο με ρυθμό 20% ετησίως, οδηγώντας σε πολύ υψηλό CAGR στις αγορές των ανεπτυγμένων χωρών.

Ο Elon Musk της Tesla δήλωσε ότι όλα τα αυτοκίνητά του πρέπει να διαθέτουν το υψηλότερο επίπεδο δυνατοτήτων που μπορεί να διαθέτει κάθε αυτόνομο αυτοκίνητο. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία IOT σε συνδυασμό με τη δυνατότητα γνωστικών υπολογιστών που περιλαμβάνει διάφορα προηγμένα χαρακτηριστικά, όπως το NLP, η αναγνώριση προτύπων, η συνεχής μάθηση κ.λ.π. βοηθούν τα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους και να αποφεύγουν συγκρούσεις και να βελτιστοποιούν τα πρότυπα οδήγησης. Σε ορισμένες χώρες, μπορούν να αναληφθούν διάφορες ενέργειες από τις κυβερνήσεις για τη λειτουργία αυτόνομων υποδομών φιλικών προς τα αυτοκίνητα, όπως η ύπαρξη λωρίδων «μόνο για αυτόνομα οχήματα». Αυτό θα εξασφαλίσει μια δραματική αύξηση στη χρήση τους λόγω της πραγματοποίησης ορισμένων παροχών που περιγράφονται νωρίτερα με θανάτους, τραυματισμούς και ιατρικά έξοδα που σχετίζονται με τα ατυχήματα. Ωστόσο, αναμένεται ότι η αυτόνομη επανάσταση οχημάτων θα διαρκέσει πολύ χρόνο για να φτάσει σε όλες τις γωνίες του κόσμου.

7. ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο κύριος στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας, περιλαμβάνει τη διερεύνηση της στάσης του κοινωνικού συνόλου απέναντι στα αυτόνομα αυτοκίνητα. Τα δεδομένα που αντλήθηκαν από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση, ώστε να εξεταστεί η σημαντικότητά τους.

Ο στόχος του ερωτηματολογίου είναι η διερεύνηση των αυτόνομων οχημάτων και πιο συγκεκριμένα η πρόθεση του κοινού για την υιοθέτηση ενός τέτοιου τύπου οχήματος. Γενικότερα, τα αυτόνομα οχήματα έχουν ήδη αρχίσει να χτίζουν τα θεμέλιά τους και αποτελούν μια πραγματικότητα. Όπως επισημάνθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια θα φέρουν τόσο περιβαλλοντικές, τεχνολογικές, όσο και οικονομικές και κοινωνικές αλλαγές. Επομένως είναι ιδιαίτερα σημαντικό το ερώτημα της αποδοχής τους από το κοινωνικό σύνολο.

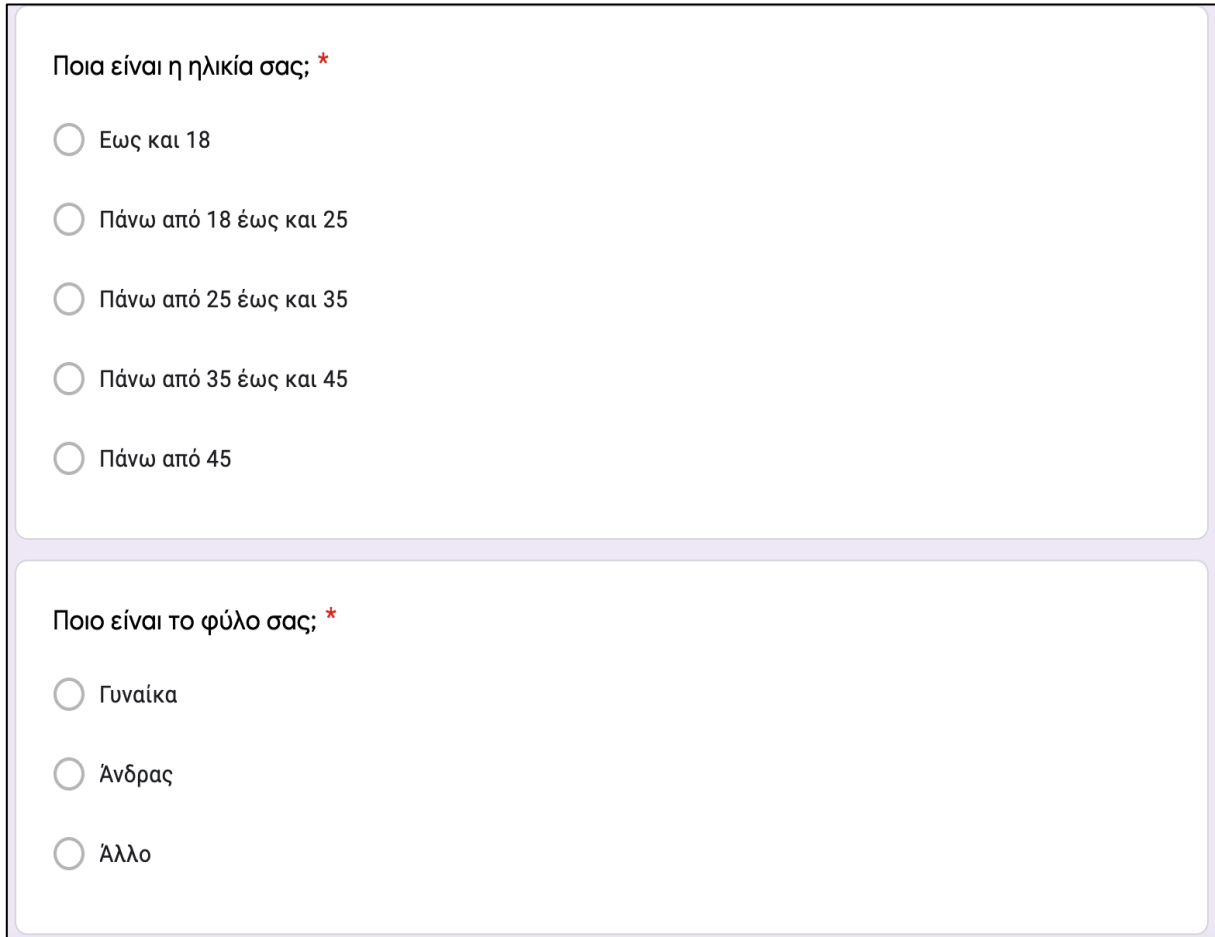
Για τη συλλογή των απαντήσεων του ερωτηματολογίου αποφασίστηκε η πραγματοποίηση της έρευνας, η οποία ολοκληρώθηκε σε διάστημα περίπου ενός μηνός από τις αρχές Μαρτίου του 2021. Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε μέσω του διαδικτύου, αφού δημιουργήθηκε στο «google forms». Γενικότερα, το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε σε δείγμα τόσο οδηγών, όσο και μη οδηγών, με ποικιλία δημογραφικών στοιχείων (φύλο, ηλικία, εισόδημα, εκπαίδευση κ.λ.π.). Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να διευκολυνθεί η συμπλήρωσή του ανώνυμα από τους διάφορα άτομα. Γενικότερα, οι διαδικτυακές έρευνες δεν ικανοποιούν πάντα σε σημαντικό βαθμό ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα, καθώς δε διαθέτουν όλες οι ηλικίες για παράδειγμα πρόσβαση στο διαδίκτυο. Ωστόσο, όπως θα παρατηρηθεί και αργότερα στα στατιστικά αποτελέσματα, υπάρχει μια αρκετά σημαντική διακύμανση στα ποσοστά του δείγματος.

Το ερωτηματολόγιο ήταν διαθέσιμο στην ελληνική γλώσσα και αποτελείται από 23 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και 1 ερώτηση ελεύθερης απάντησης. Επίσης, χωρίζεται σε 2 υποενότητες και ο συνολικός χρόνος συμπλήρωσης είναι περίπου 10 λεπτά. Επιπλέον, το συνολικό δείγμα αποτελείται από 223 άτομα.

Η πρώτη υποενότητα συμπεριελάμβανε έναν αριθμό ερωτήσεων σχετικά με τα δημογραφικά στοιχεία των ερωτηθέντων. Η δεύτερη υποενότητα συμπεριελάμβανε τα γενικά χαρακτηριστικά της μετακίνησης των ερωτηθέντων, καθώς και τις σχετικές γνώσεις και απόψεις τους (στάση) απέναντι στα αυτόνομα αυτοκίνητα.

7.2 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Η συγκεκριμένη υποενότητα αναφέρεται στη δομή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου. Ολόκληρο το ερωτηματολόγιο μπορεί να βρεθεί στο παράρτημα. Ένα παράδειγμα των ερωτήσεων φαίνεται και στην Εικόνα 7.1: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου και στην Εικόνα 7.2: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου.



Ποια είναι η ηλικία σας; *

- Εως και 18
- Πάνω από 18 έως και 25
- Πάνω από 25 έως και 35
- Πάνω από 35 έως και 45
- Πάνω από 45

Ποιο είναι το φύλο σας; *

- Γυναίκα
- Άνδρας
- Άλλο

Εικόνα 7.1: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με τα παρακάτω με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς την οδήγηση (εάν κατέχετε δίπλωμα οδήγησης):

	1	2	3	4	5
Χρησιμοποιώ νέα προϊόντα νωρίτερα από τους γνωστούς μου	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Γνωρίζω περισσότερες λεπτομέρειες για τα τελευταία τεχνολογικά προϊόντα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Αγοράζω συχνά ακριβά προϊόντα τεχνολογίας	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ενθουσιάζομαι με τις νέες τεχνολογίες	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Εικόνα 7.2: Παράδειγμα ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

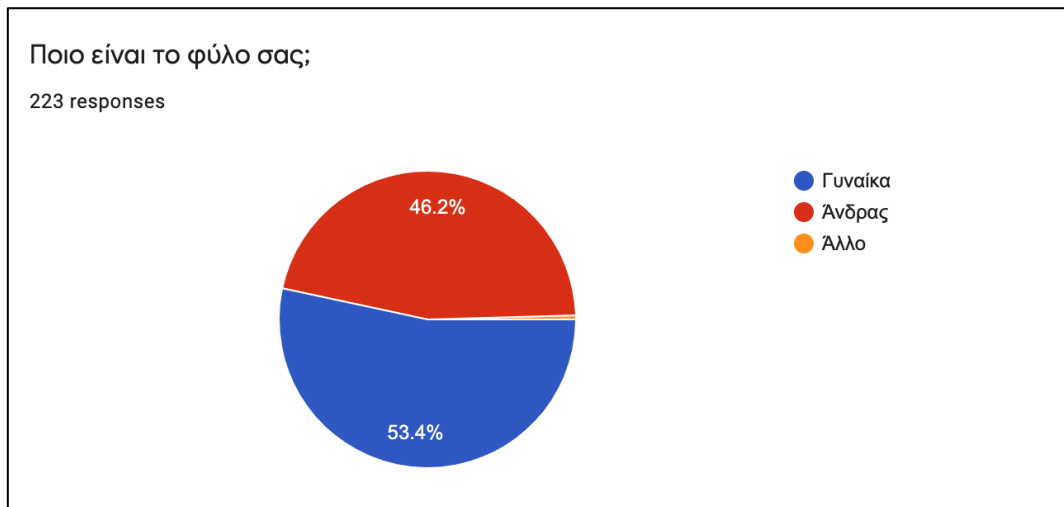
Σε αυτό το υποκεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση των δεδομένων απαιτήθηκε μία έρευνα κατά την οποία πραγματοποιήθηκε συλλογή στοιχείων σχετικά με το αυτόνομο αυτοκίνητο, μέσω της συμπλήρωσης ερωτηματολογίων από το δείγμα που αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα. Επιπλέον, δομήθηκε η στατιστική επεξεργασία αυτών με τη βοήθεια του προγράμματος Microsoft Excel και της γλώσσας προγραμματισμού R.

Σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζονται επίσης και σχολιάζονται τα διαγράμματα από τις σημαντικότερες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Επιπλέον, αναφέρονται τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν με τη στατιστική ανάλυση.

7.3.1 Περιγραφική στατιστική προκαταρκτικών ερωτήσεων

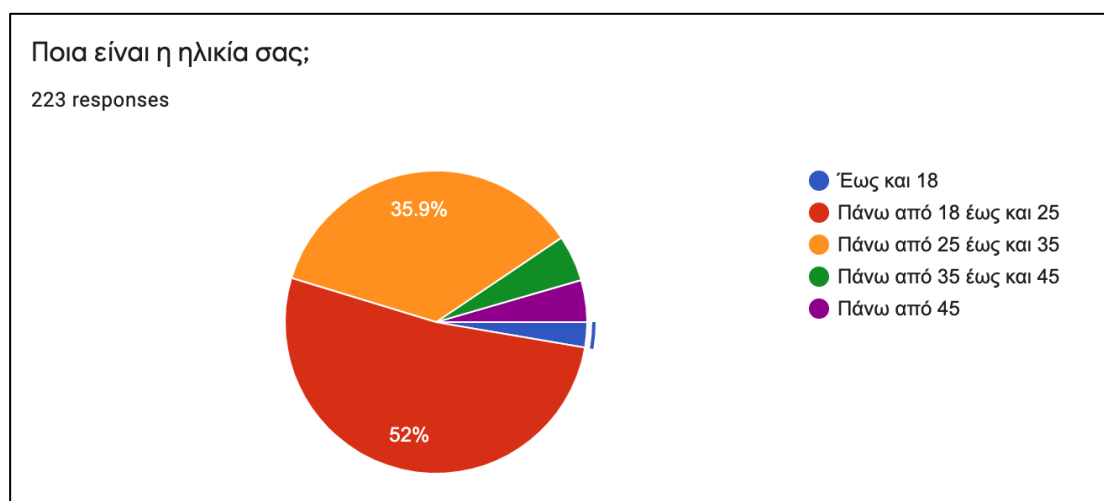
Από την Εικόνα 7.3: Ποσοστιαία κατανομή φύλου παρατηρείται πως από το σύνολο των ερωτηθέντων (223 άτομα) το ποσοστό των γυναικών που απάντησαν στο

ερωτηματολόγιο ανέρχεται στο 53,4% οι γυναίκες, ενώ οι άντρες αποτελούν το 46,2% του δείγματος.



Εικόνα 7.3: Ποσοστιαία κατανομή φύλου

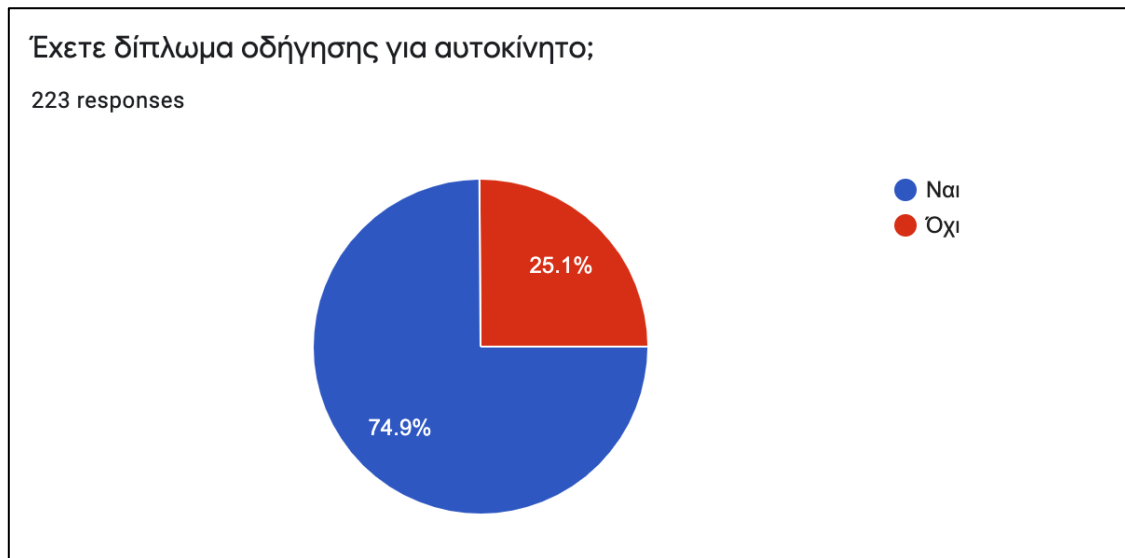
Επιπλέον, αναφορικά με την ηλικία του δείγματος θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ερώτηση αυτή ήταν κλειστού τύπου. Επομένως, έχει πραγματοποιηθεί κατάλληλη ομαδοποίηση των ηλικιών, όπου καταγράφεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (52%) κυμαίνεται στις ηλικίες 18 έως και 25 χρονών. Γενικότερα, μπορεί να αναφερθεί ότι υπάρχει σχεδόν ισόποση κατανομή ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες. Έπειτα ακολουθεί η ηλικιακή ομάδα 25 έως 35 χρονών με ποσοστό απαντήσεων 35,9% και η ηλικιακή ομάδα 35-45 με ποσοστό 4,9%. Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 4,5% για τους ερωτηθέντες που ανήκουν στην ηλικιακή ομάδα άνω των 45 χρόνων και έως 18 χρονών με ποσοστό 2.7% (Εικόνα 7.4: Ποσοστιαία κατανομή ηλικίας). Ως προς την ηλικία το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος, δηλαδή το 90% βρίσκεται σε ηλικία μικρότερη ή ίση με τα 35 χρόνια. Αυτή σημαίνει ότι το δείγμα αποτελείται από σχετικά νέους ανθρώπους.



Εικόνα 7.4: Ποσοστιαία κατανομή ηλικίας

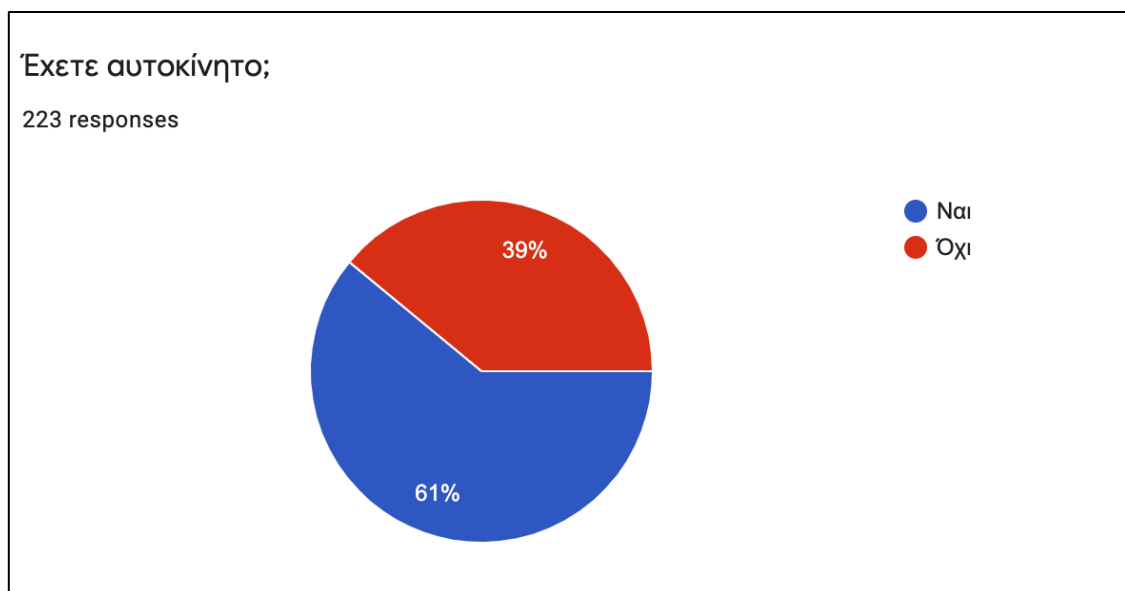
Αναφορικά με την κατοχή διπλώματος οδήγησης το 25,1% του δείγματος απάντησε όχι και το 74,9% απάντησε ναι Εικόνα 7.5: Κατοχή διπλώματος οδήγησης. Το

μεγαλύτερο μέρος του δείγματος περισσότερο από τα 2/3 απάντησε ότι έχει δίπλωμα οδήγησης, που σημαίνει ότι γνωρίζει γενικότερα βασικά πράγματα για τα αυτοκίνητα.



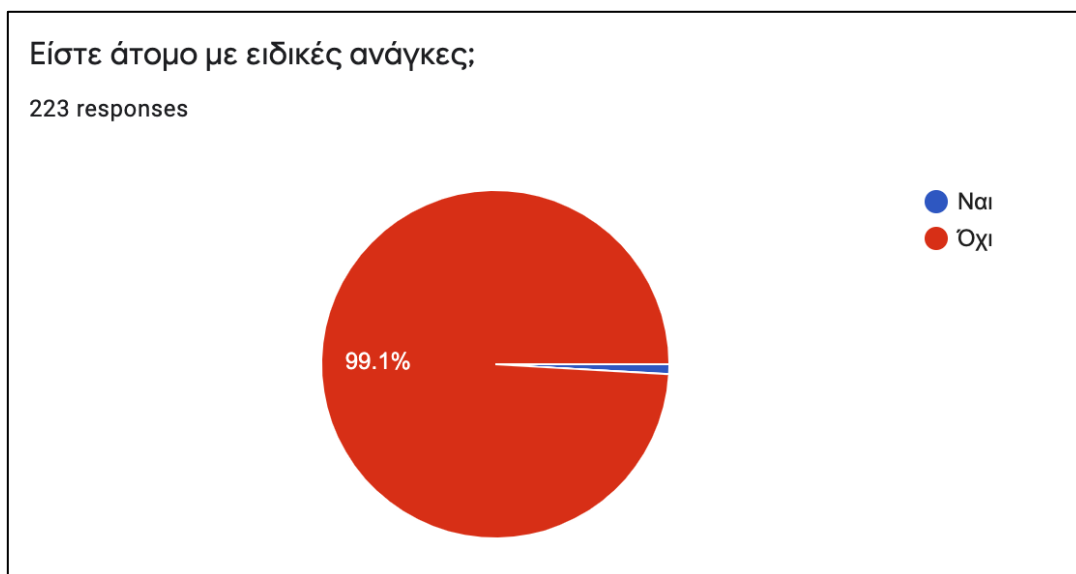
Εικόνα 7.5: Κατοχή διπλώματος οδήγησης

Επιπλέον, για την κατοχή αυτοκινήτου, το 39% του δείγματος απάντησε όχι και το 61% του δείγματος απάντησε ναι Εικόνα 7.6: Κατοχή αυτοκινήτου. Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος απάντησε ότι έχει αυτοκίνητο και άρα είναι πιθανό να είναι σχετικό με τα αυτοκίνητα.



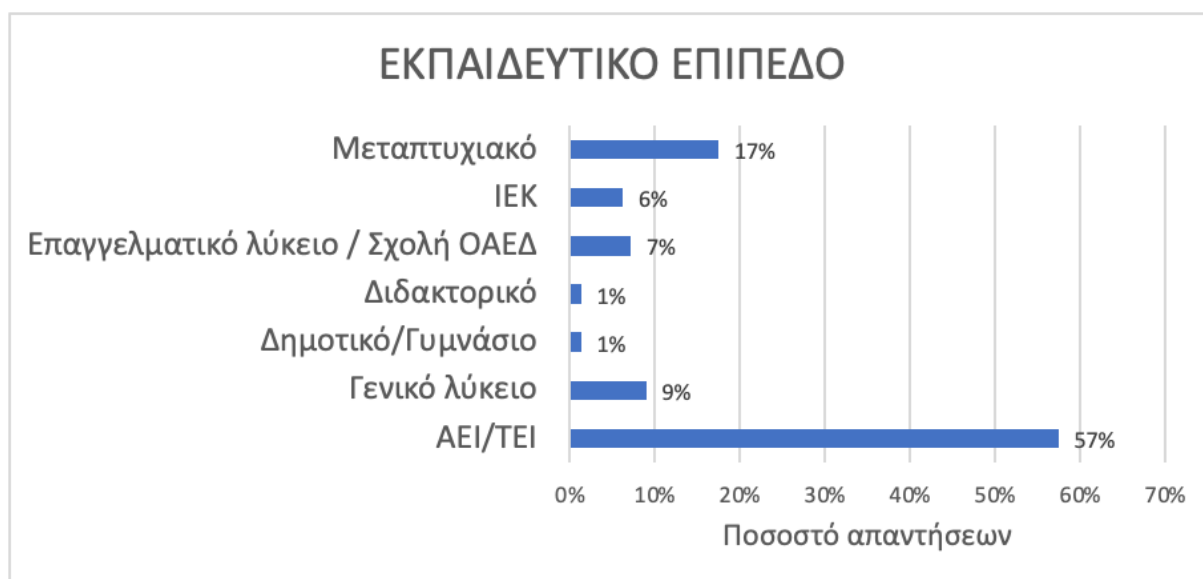
Εικόνα 7.6: Κατοχή αυτοκινήτου

Στην ερώτηση του ατόμου με ειδικές ανάγκες το 99,1% του δείγματος απάντησε όχι και το 0,09% του δείγματος απάντησε ναι Εικόνα 7.7: Άτομο με ειδικές ανάγκες.



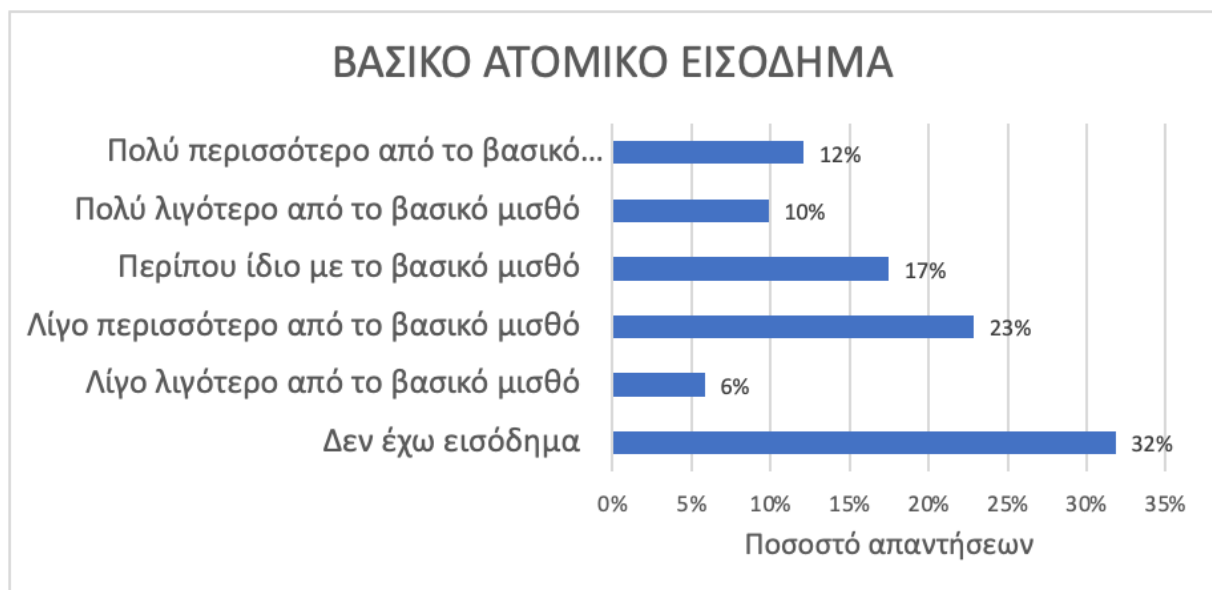
Εικόνα 7.7: Άτομο με ειδικές ανάγκες

Στην Εικόνα 7.8: Ποσοστιαία κατανομή εκπαιδευτικού επιπέδου καταγράφεται το εκπαιδευτικό επίπεδο των ερωτηθέντων. Συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (57%) είναι απόφοιτοι ΑΕΙ και ΤΕΙ, ενώ το αμέσως επόμενο μεγαλύτερο ποσοστό (17%) καταγράφεται από ερωτηθέντες που έχουν Μεταπτυχιακό. Οι απόφοιτοι γενικού λυκείου αποτελούν το 9% των ερωτηθέντων, οι απόφοιτοι επαγγελματικού λυκείου ή σχολής ΟΑΕΔ αποτελούν το 7%, το 6% των ερωτηθέντων έχουν ολοκληρώσει τις σπουδές τους σε ΙΕΚ, ενώ το μικρότερο ποσοστό (1%) καταλαμβάνουν οι απόφοιτοι διδακτορικού και δημοτικού/γυμνασίου. Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος (3/4) έχει σπουδάσει στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, που σημαίνει ότι πρόκειται για άτομα μορφωμένα τα οποία θα έχουν κάποια εξοικίωση με την τεχνολογία όπως προκύπτει και από την ερώτηση παρακάτω σχετικά με την τεχνολογία.



Εικόνα 7.8: Ποσοστιαία κατανομή εκπαιδευτικού επιπέδου

Αναφορικά με την ερώτηση για το ατομικό μηνιαίο εισόδημα των ερωτηθέντων παρατηρείται από την Εικόνα 7.9: Ποσοστιαία κατανομή ατομικού εισοδήματος ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (32%) ανέφερε ότι δεν έχει εισόδημα. Επιπλέον, παρατηρείται ότι το 23% των ερωτηθέντων δήλωσε πως έχει ατομικό μηνιαίο εισόδημα λίγο περισσότερο από το βασικό, το 17% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι έχει περίπου το ίδιο εισόδημα με το βασικό μισθό, το 12% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι έχει πολύ περισσότερο εισόδημα από το βασικό μισθό, ενώ το 10% δήλωσε πως το εισόδημά του είναι πολύ λιγότερο από το βασικό μισθό. Το 6% των ερωτηθέντων δήλωσε πως έχει ατομικό μηνιαίο μισθό λίγο λιγότερο από το βασικό μισθό. Αναμφίβολα το βασικό εισόδημα κάποιου παίζει σημαντικό ρόλο στην αγορά ενός σχετικά ακριβού αυτοκινήτου (αυτόνομου). Στη συγκεκριμένη περίπτωση μεγάλο μέρος του δείγματος (6/10) έχει εισόδημα μικρότερο ή ίσο με το βασικό μισθό, πράγμα που καθιστά δύσκολη την αγορά ενός τέτοιου αυτοκινήτου.



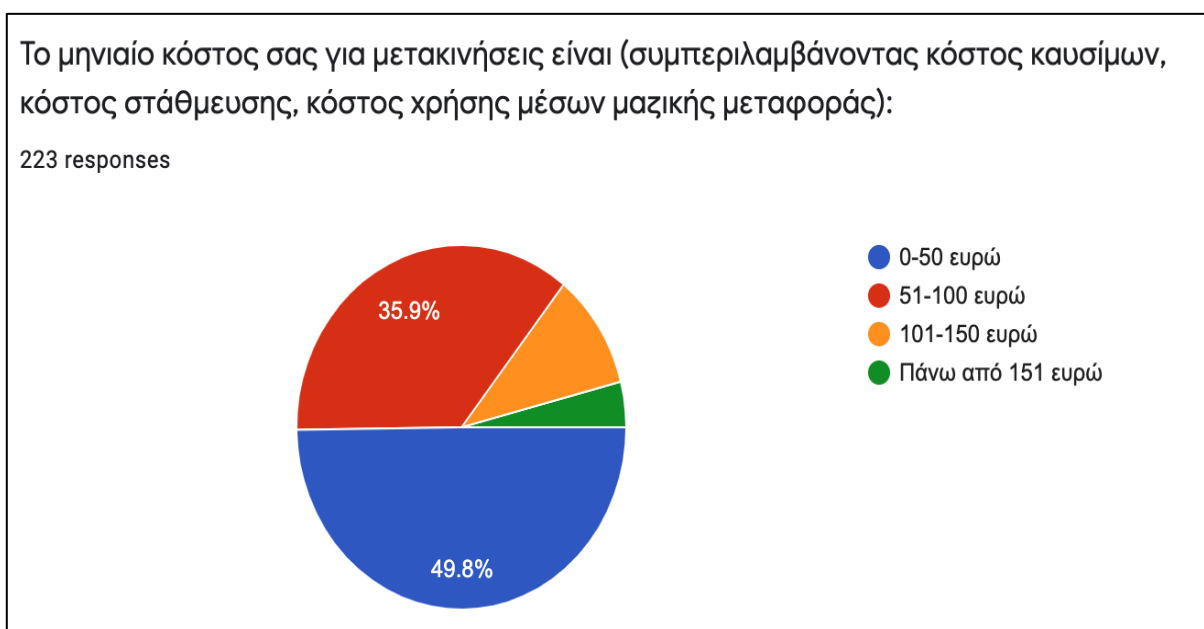
Εικόνα 7.9: Ποσοστιαία κατανομή ατομικού εισοδήματος

Αναφορικά με την ερώτηση για την τρέχουσα εργασιακή κατάσταση των ερωτηθέντων παρατηρείται από το διάγραμμα 5.6 ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (48%) ανέφερε ότι εργάζεται. Επιπλέον, παρατηρείται ότι το 40% των ερωτηθέντων δήλωσε πως σπουδάζει, το 6% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι βρίσκεται σε κατάσταση ανεργίας, το 2% των ερωτηθέντων δήλωσε την κατηγορία «άλλο», ενώ το 1% δήλωσε πως βρίσκεται σε κατάσταση συνταξιοδότησης. Τέλος, το 1% των ερωτηθέντων δήλωσε πως ασχολείται με οικιακά (Εικόνα 7.10: Εργασιακή κατάσταση). Η εργασιακή κατάσταση κάποιου παίζει ρόλο σχετικά με τις ανάγκες του και τις ανάγκες μετακίνησης πιο συγκεκριμένα. Η συντριπτική πλειοψηφία του δείγματος είναι φοιτητές και εργαζόμενοι, αυτοί δηλαδή που μετακινούνται περισσότερο και συχνότερα.



Εικόνα 7.10: Εργασιακή κατάσταση

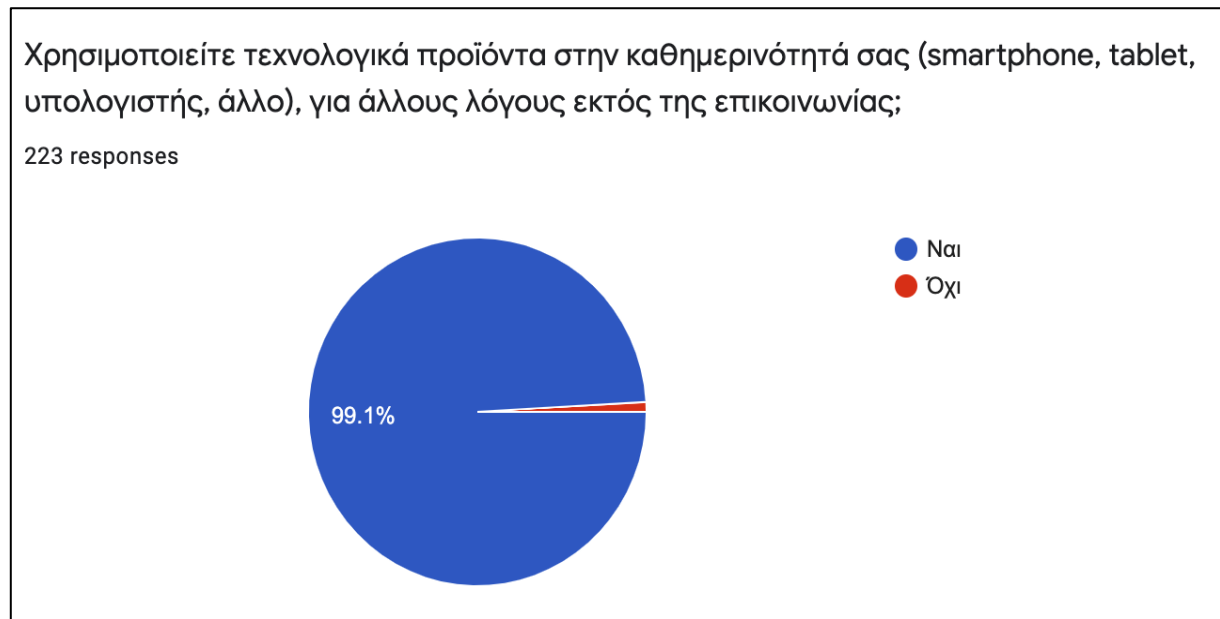
Αναφορικά με το μηνιαίο κόστος μετακίνησης το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (49.8%) απάντησε 0-50 ευρώ. Έπειτα ακολουθεί η ομάδα 51 έως 100 ευρώ με ποσοστό απαντήσεων 35,9% και η ομάδα 101-150 ευρώ με ποσοστό 10,3%. Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 4% για την κατηγορία άνω των 151 ευρώ (Εικόνα 7.11: Μηνιαίο κόστος μετακίνησης). Ανάλογα με τα μηνιαία έξοδα μπορεί να εξαχθεί ένα πιθανό συμπέρασμα σχετικά με τις ανάγκες για αυτοκίνητο και επομένως προθυμία για αγορά ενός. Το 85% περίπου του συνολικού δείγματος δαπανά λιγότερα από 101 ευρώ το μήνα για μετακίνηση.



Εικόνα 7.11: Μηνιαίο κόστος μετακίνησης

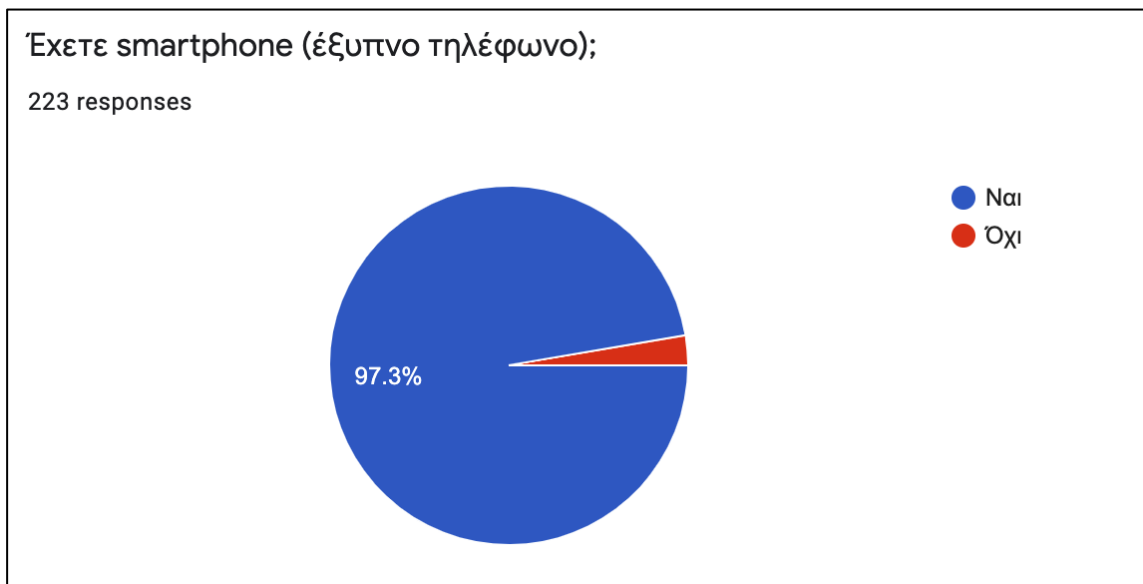
Στην ερώτηση χρήσης τεχνολογικών προϊόντων το 99,1% του δείγματος απάντησε ναι και το 0,09% του δείγματος απάντησε όχι Εικόνα 7.12: Χρήση τεχνολογικών προϊόντων. Σχεδόν όλο το δείγμα απάντησε θετικά σε αυτή την ερώτηση που σημαίνει

ότι πρόκειται για ανθρώπους εξοικειωμένους με τις τρέχουσες βασικές τεχνολογικές εξελίξεις. Το ίδιο ισχύει και για την επόμενη ερώτηση.



Εικόνα 7.12: Χρήση τεχνολογικών προϊόντων

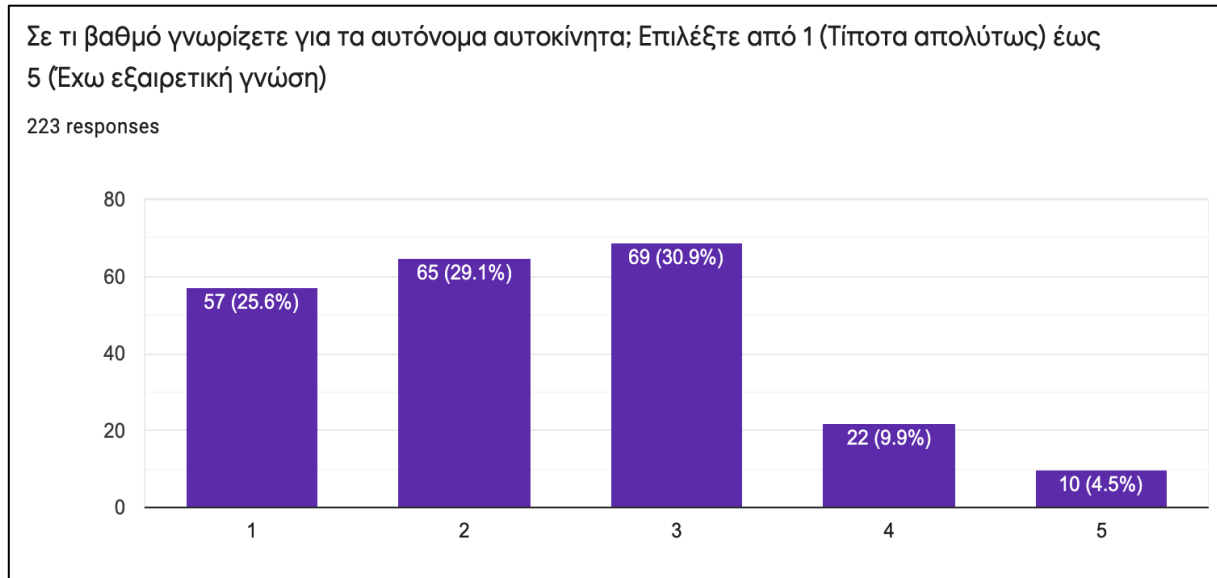
Στην ερώτηση κατοχής smartphone το 97,3% του δείγματος απάντησε ναι και το 0,07% του δείγματος απάντησε όχι (Εικόνα 7.13: Κατοχή smartphone).



Εικόνα 7.13: Κατοχή smartphone

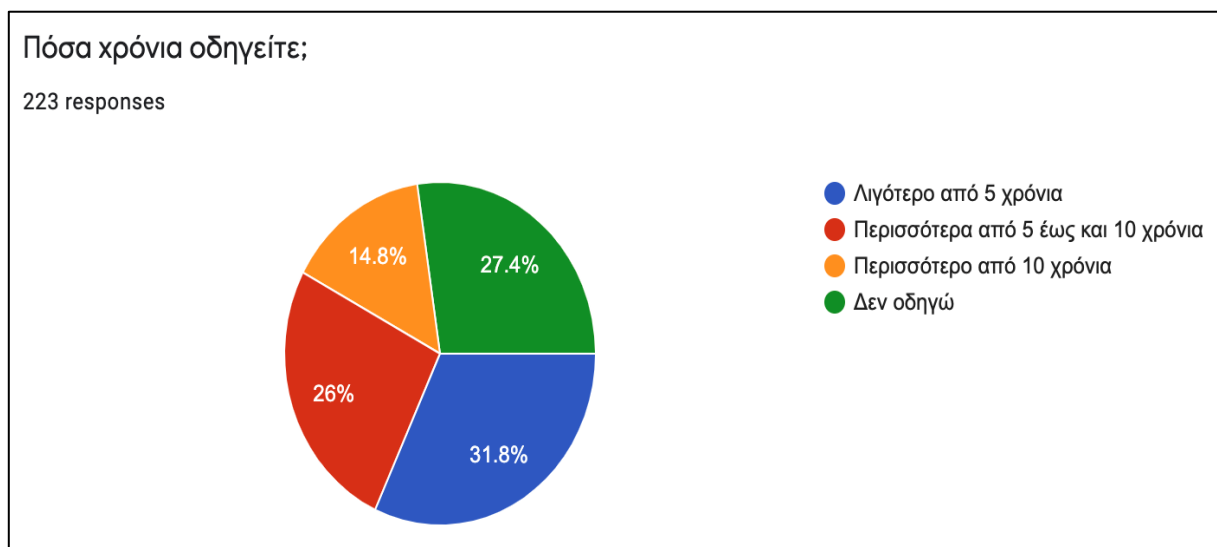
Αναφορικά με το βαθμό γνώσης των αυτόνομων οχημάτων (έχοντας κατηγορίες από 1: τίποτα απολύτως έως 5: εξαιρετική γνώση), το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (30.9%) ανήκει στην κατηγορία 3. Έπειτα ακολουθεί η κατηγορία 2 με 29,1% και η κατηγορία 1 με ποσοστό 25,6%. Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 9,9% για την κατηγορία 4 και 4,5% για την κατηγορία 5 (Εικόνα 7.14: Γνώση των αυτόνομων

οχημάτων). Ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος όπως αναφέρθηκε έχει δίπλωμα οδήγησης και αυτοκίνητο, η απάντηση για γνώση των αυτόνομων αυτοκινήτων ήταν σχετικά μέτρια προς τελείως ελλιπής. Αυτό σημαίνει ότι ενώ το μορφωτικό επίπεδο είναι υψηλό σε συνδυασμό με τις άλλες δύο προαναφερθείσες παραμέτρους δεν έχει τύχει να ασχοληθούν ή να ενημερωθούν για τα αυτόνομα αυτοκίνητα.



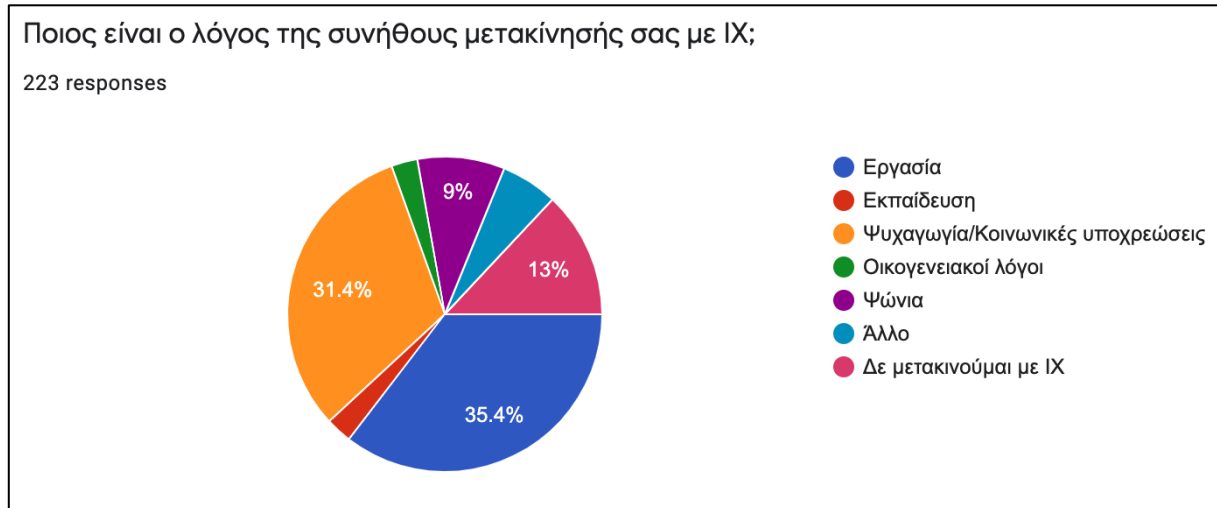
Εικόνα 7.14: Γνώση των αυτόνομων οχημάτων

Αναφορικά με τα χρόνια οδήγησης το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (31.8%) απάντησε λιγότερο από 5 χρόνια. Έπειτα ακολουθεί το ποσοστό 27,4% με το οποίο δεν οδηγεί και το ποσοστό 26% το οποίο οδηγεί περισσότερα από 5 έως και 10 χρόνια. Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 14,8% για την κατηγορία που οδηγεί περισσότερα από 10 χρόνια (Εικόνα 7.15: Χρόνια οδήγησης). Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού οδηγεί λιγότερο από δέκα χρόνια, επομένως η εμπειρία των εν λόγω οδηγών είναι σχετικά μέτρια και είναι μια αναμενόμενη τιμή, αφού το δείγμα όπως αναφέρθηκε αποτελείται από σχετικά νέους ανθρώπους.



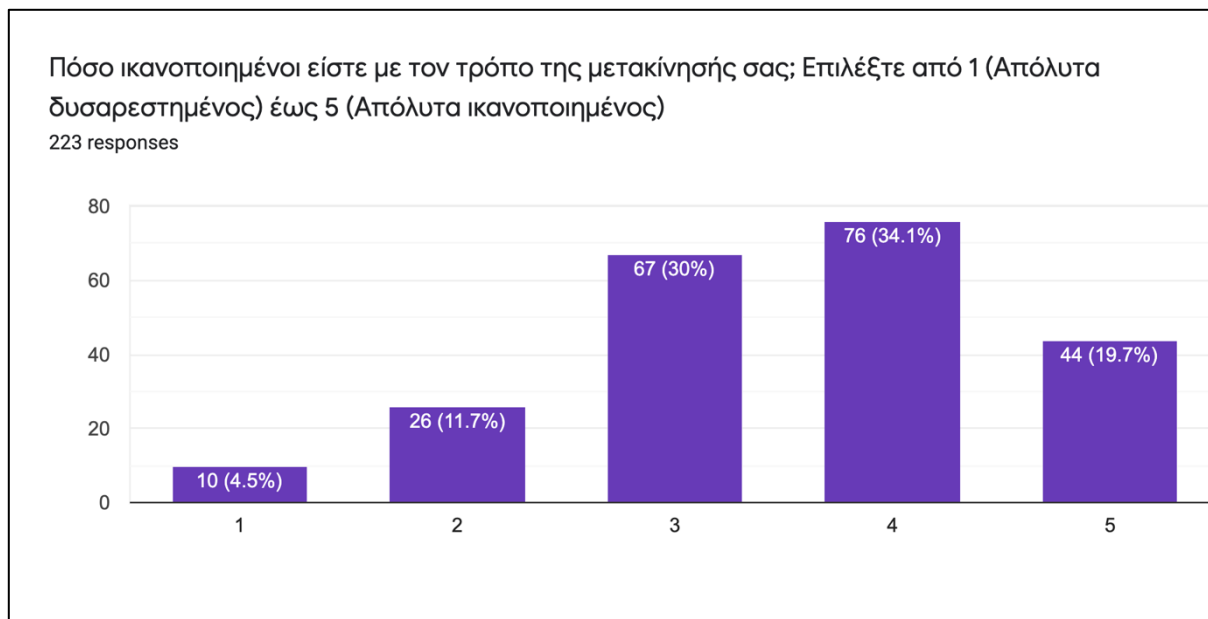
Εικόνα 7.15: Χρόνια οδήγησης

Αναφορικά με το λόγο της συνήθους μετακίνησης με ΙΧ το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (35,4%) απάντησε την εργασία. Έπειτα ακολουθεί η απάντηση ψυχαγωγία/Κοινωνικές υποχρεώσεις με ποσοστό 31,4% και η απάντηση πως δεν πραγματοποιείται μετακίνηση με ΙΧ με ποσοστό 13%. Το 9% των ερωτηθέντων απάντησε πως μετακινείται με ΙΧ για ψώνια, ενώ το 5,8% απάντησε «άλλο». Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 2,7% για οικογενειακούς λόγους και αντίστοιχα 2,7% για εκπαίδευση (Εικόνα 7.16: Λόγος συνηθισμένης μετακίνησης).



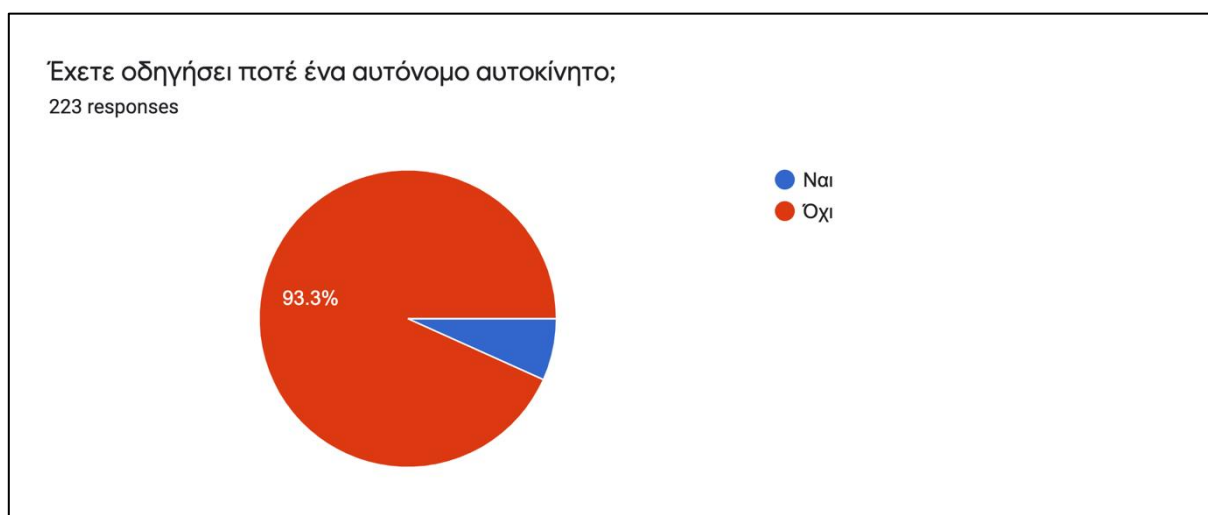
Εικόνα 7.16: Λόγος συνηθισμένης μετακίνησης

Αναφορικά με το βαθμό ικανοποίησης με τον τρόπο μετακίνησης (έχοντας κατηγορίες από 1: απόλυτα δυσαρεστημένος έως 5: απόλυτα ικανοποιημένος), το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (30.9%) ανήκει στην κατηγορία 3. Έπειτα ακολουθεί η κατηγορία 2 με 29,1% και η κατηγορία 1 με ποσοστό 25,6%. Τέλος, καταγράφεται το ποσοστό 9,9% για την κατηγορία 4 και 4,5% για την κατηγορία 5 (Εικόνα 7.17: Ικανοποίηση από τον τρέχον τρόπο μετακίνησης). Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος απάντησε σχετικά θετικά που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο είναι ικανοποιημένο με τον τρέχον τρόπο μετακίνησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει και στο συμπέρασμα, ότι για αρκετούς μπορεί να μην υπάρχει λόγος αλλαγής του τρόπου αυτού για μετάβαση σε κάποιον άλλο (π.χ. αυτόνομο αυτοκίνητο).



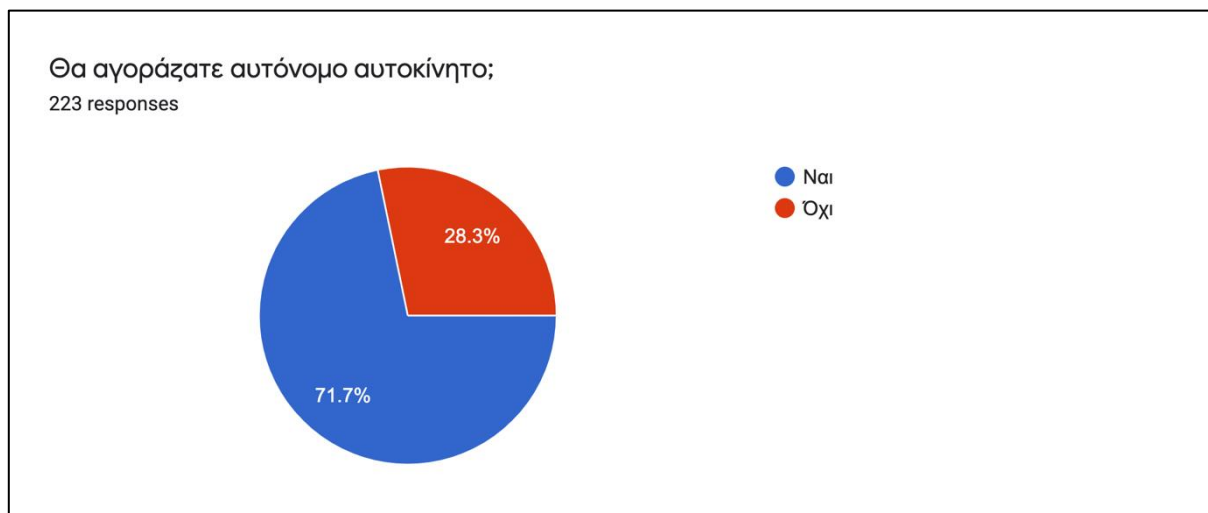
Εικόνα 7.17: Ικανοποίηση από τον τρέχον τρόπο μετακίνησης

Στην ερώτηση εάν έχουν οδηγήσει οι ερωτηθέντες ποτέ αυτόνομο αυτοκίνητο, το 93,3% του δείγματος απάντησε όχι και το 6,07% του δείγματος απάντησε ναι (Εικόνα 7.18: Οδήγηση αυτόνομου οχήματος). Το ποσοστό του «όχι» είναι υψηλό. Αυτό μπορεί να συμβαίνει για αρκετούς λόγους, όπως ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα είναι για την ώρα μια σχετικά καινούρια και ακριβή τεχνολογία και επομένως δύσκολα κάποιος θα είχε τύχει να οδηγήσει κάποιο. Επιπλέον, ήταν αναμενόμενο ένα υψηλό ποσοστό, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δε γνώριζε για τα αυτόνομα αυτοκίνητα.



Εικόνα 7.18: Οδήγηση αυτόνομου οχήματος

Στην ερώτηση αγοράς ενός αυτόνομου αυτοκινήτου το 71,7% του δείγματος απάντησε ναι και το 28,3% του δείγματος απάντησε όχι (Εικόνα 7.19: Αγορά αυτόνομου οχήματος). Παρόλο που αρκετοί δε γνώριζαν για τα αυτόνομα αυτοκίνητα και σχεδόν κανένας δε έχει οδηγήσει κάποιο, θα ήταν πρόθυμο ένα αρκετά υψηλό ποσοστό του δείγματος να αγοράσει ένα αυτόνομο αυτοκίνητο.

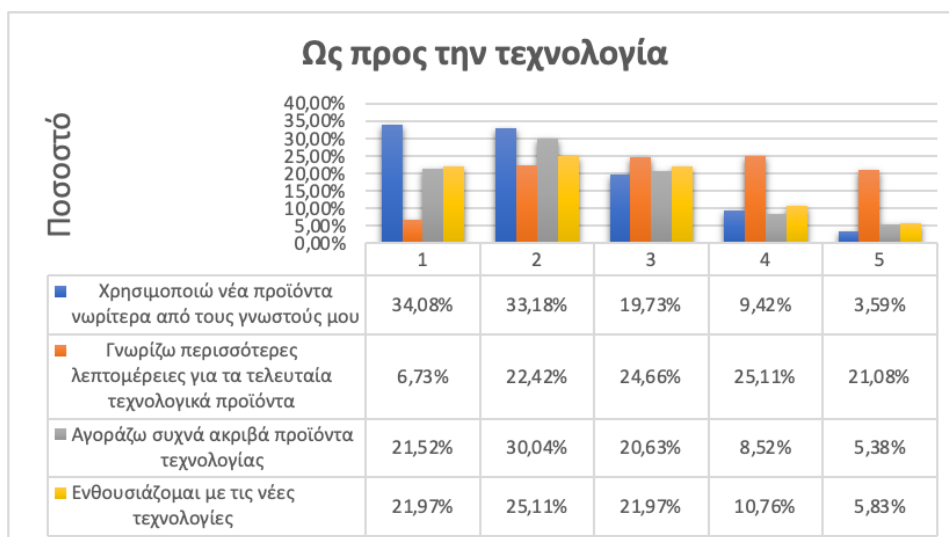


Εικόνα 7.19: Αγορά αυτόνομου οχήματος

Όσον αφορά τον τόπο κατοικίας του δείγματος, στην παρούσα ανάλυση πραγματοποιήθηκε μια ερώτηση ανοιχτού τύπου. Το μεγαλύτερο ποσοστά έλαβε η Πάτρα (26,46 %), ενώ αμέσως μετά σε ποσοστά ήταν η Αθήνα και οι περιοχές της Αττικής με τρίτη επιλογή τη Ναύπακτο και έπειτα το Αντίρριο. Καθώς η ερώτηση αυτή ήταν ανοιχτού τύπου ήταν δυσκολότερη η επεξεργασία της σε σχέση με τις υπόλοιπες ερωτήσεις. Για αυτό και τα αναλυτικά ποσοστά ανά περιοχή καταγράφονται στο παράρτημα.

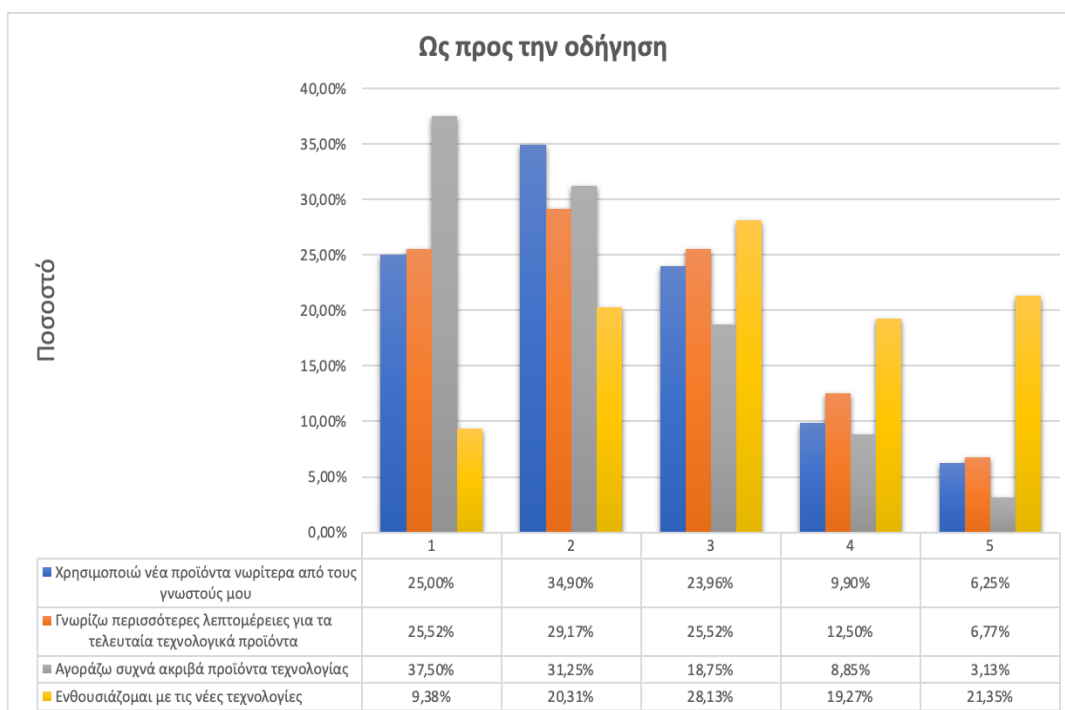
7.3.2 Περιγραφική στατιστική κύριων ερωτήσεων

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα των κύριων ερωτήσεων σχετικά με τα αυτόνομα αυτοκίνητα και τη στάση των ερωτηθέντων. Αυτές οι ερωτήσεις περιλαμβάνουν κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Η πρώτη κύρια ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην τεχνολογία (Εικόνα 7.20: Ερώτηση ως προς την τεχνολογία). Από τις απαντήσεις από αυτή την ερώτηση μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα, ότι ενώ το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δηλώνει ότι γνωρίζει περισσότερες τεχνολογικές λεπτομέρειες από τους γνωστούς του, δε χρησιμοποιεί καινούριες τεχνολογίες νωρίτερα. Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δεν ενθουσιάζεται με τις νέες τεχνολογίες και δεν αγοράζει ακριβά τεχνολογικά προϊόντα.



Εικόνα 7.20: Ερώτηση ως προς την τεχνολογία

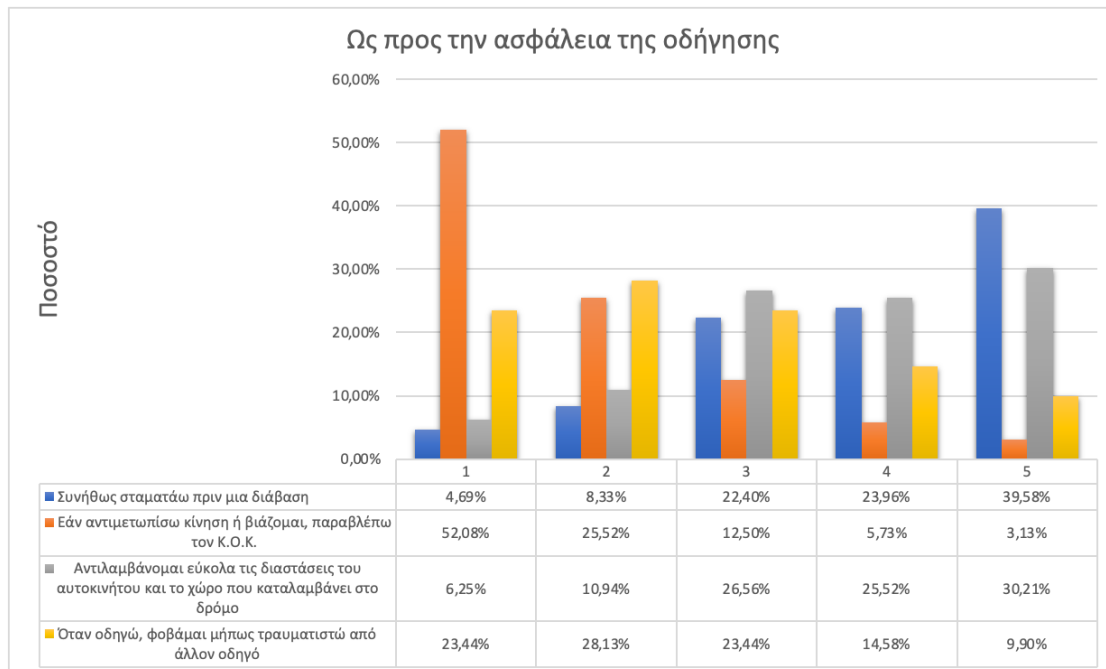
Η επόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην οδήγηση. Αυτή η ερώτηση δεν ήταν υποχρεωτική αφού υπήρχε η δυνατότητα να απαντήσουν μόνο όσοι οδηγούν. Για αυτό το λόγο στη συγκεκριμένη ερώτηση το δείγμα ήταν 192 ερωτηθέντες και επομένως τα ποσοστά είναι αντίστοιχα αυτού (Εικόνα 7.21: Ερώτηση ως προς την οδήγηση). Εδώ μπορεί να γίνει μια σύγκριση με την προηγούμενη ερώτηση. Ενώ οι περισσότεροι κατά μέσο όρο δεν ενθουσιάζονται με τις νέες τεχνολογίες γενικότερα, απάντησαν εντελώς το αντίθετο για την οδήγηση. Επιπλέον, σε σχέση με την προηγούμενη ερώτηση σχετικά με την εκ των προτέρων γνώση σε σχέση με τους γνωστούς, οι απαντήσεις είναι εντελώς αντίθετες.



Εικόνα 7.21: Ερώτηση ως προς την οδήγηση

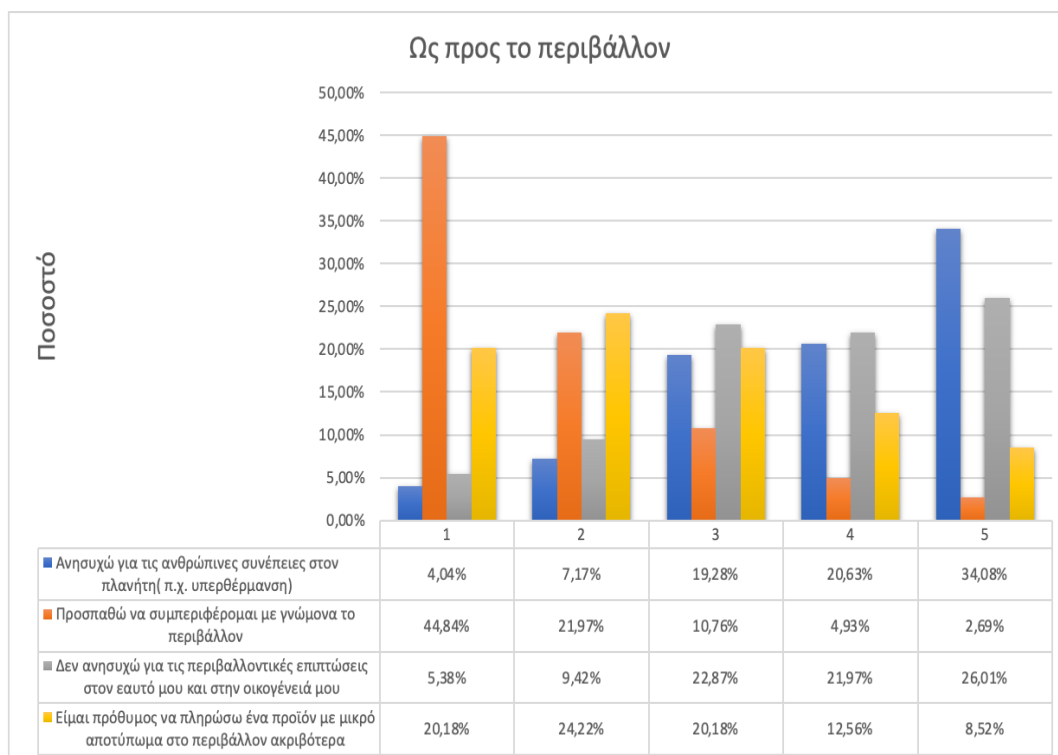
Η επόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην ασφάλεια της οδήγησης. Αυτή η ερώτηση δεν ήταν υποχρεωτική αφού υπήρχε η δυνατότητα να

απαντήσουν μόνο όσοι οδηγούν. Για αυτό το λόγο στη συγκεκριμένη ερώτηση το δείγμα ήταν ξανά 192 ερωτηθέντες και επομένως τα ποσοστά είναι αντίστοιχα αυτού (Εικόνα 7.22: Ερώτηση ως προς την ασφάλεια της οδήγησης). Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δηλώνει ότι οδηγεί σύμφωνα με τον Κ.Ο.Κ και ότι αντιλαμβάνεται σχετικά τις διαστάσεις του αυτοκινήτου κατά την οδήγηση. Τέλος το μεγαλύτερο ποσοστό δηλώνει ότι δε φοβάται για τον τραυματισμό του από άλλον οδηγό.



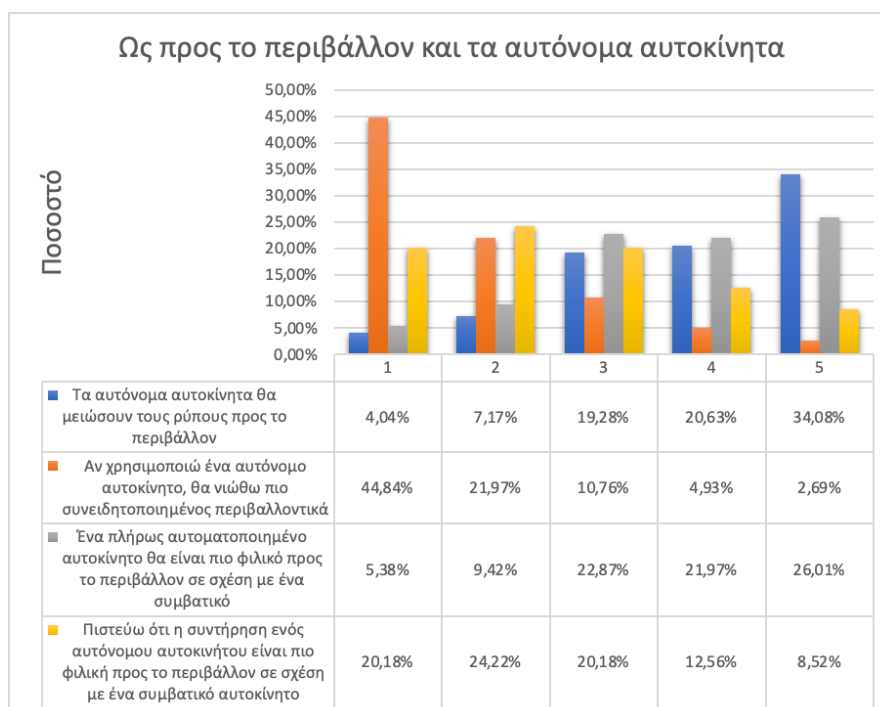
Εικόνα 7.22: Ερώτηση ως προς την ασφάλεια της οδήγησης

Η επόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στο περιβάλλον (Εικόνα 7.23: Ερώτηση ως προς το περιβάλλον). Ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος δηλώνει ότι ανησυχεί για τις ανθρώπινες συνέπειες στο περιβάλλον, σε πραγματικό επίπεδο δεν προβαίνει σε πράξεις σχετικές με λύσεις πιο φιλικές ως προς το περιβάλλον (σχετική συμπεριφορά, χρήση ακριβότερων προϊόντων με μικρότερο αποτύπωμα στο περιβάλλον). Θα μπορούσε να εξαχθεί με επιφύλαξη το συμπέρασμα ότι το δείγμα δε θα ήταν πρόθυμο να προβεί σε αγορά ενός αυτόνομου αυτοκινήτου με γνώμονα το περιβάλλον, αλλά αυτό μπορεί να απαντηθεί από την επόμενη ερώτηση.



Εικόνα 7.23:Ερώτηση ως προς το περιβάλλον

Η επόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στο περιβάλλον και τα αυτόνομα αυτοκίνητα (Εικόνα 7.24: Ερώτηση ως προς το περιβάλλον και τα αυτόνομα αυτοκίνητα). Σε αυτή την ερώτηση φαίνεται ότι εν μέρη επιβεβαιώνεται ο προηγούμενος ισχυρισμός. Ενώ το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος πιστεύει ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα θα μειώσουν τους ρύπους στο περιβάλλον, δε θεωρεί ότι χρησιμοποιώντας ένα αυτόνομο αυτοκίνητο θα νιώθει πιο συνειδητοποιημένο περιβαλλοντικά.



Εικόνα 7.24: Ερώτηση ως προς το περιβάλλον και τα αυτόνομα αυτοκίνητα

Η επόμενη ερώτηση του ερωτηματολογίου αναφέρεται στην ασφάλεια και στα αυτόνομα αυτοκίνητα (Εικόνα 7.25:Ερώτηση ως προς την ασφάλεια στα αυτόνομα αυτοκίνητα). Το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος υποστηρίζει ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα είναι ασφαλέστερα από τα κανονικά αυτοκίνητα. Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό των ατόμων εμπιστεύεται περισσότερο ένα αυτόνομο αυτοκίνητα να οδηγήσει σε σχέση με τον εαυτό τους ανεξάρτητα από εάν πρόκειται για αυτοκινητόδρομο ή για μέσα στην πόλη. Σε ακριβώς αντίθετη πλευρά βρίσκεται η περίπτωση του ατυχήματος όπου το μεγαλύτερο ποσοστό απάντησε πως εμπιστεύεται τον εαυτό του σε σχέση με ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, δηλαδή τη στιγμή του διλλήματος δε θα ήθελε να αφήσει την επιλογή στο αυτόνομο σύστημα του αυτοκινήτου.



Εικόνα 7.25:Ερώτηση ως προς την ασφάλεια στα αυτόνομα αυτοκίνητα

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογική ιστορία της αυτόματης οδήγησης έχει δείξει ότι η καινοτομία παίζει τον πρωταρχικό ρόλο. Η τεχνολογία του τηλεχειρισμού έφερε το πρώτο τηλεχειριζόμενο αυτοκίνητο στους δρόμους. Ωστόσο, το πρώτο πραγματικά αυτόνομο όχημα εμφανίστηκε στη λογοτεχνική φαντασία. Από το 1935-1955, η ιστορία των εικόνων ήταν ένα βήμα μπροστά από αυτήν της τεχνολογίας. Από τη δεκαετία του 1980 και μετά, ξεκίνησε άμεσα η αυξημένη χρήση των ηλεκτρονικών στην οδήγηση. Ο αυτοματισμός του αυτοκινήτου δεν είναι συγκρίσιμος με τον αυτοματισμό άλλων αντικειμένων από τη βιομηχανική κουλτούρα του 20ού αιώνα.

Η μηχανική μάθηση έχει δώσει μια νέα ζωή στο παράδειγμα της τεχνητής νοημοσύνης. Η έλευση των Big Data, Cloud Computing και η μηχανική μάθηση μαζί με την τεχνητή νοημοσύνη διαμορφώνουν το νέο κόσμο του αυτοματισμού. Οι «Πράκτορες Αυτοματισμού» του αύριο θα χρησιμοποιήσουν κάθε όπλο στην πανοπλία που παρέχουν αυτές οι τεχνολογίες για να οδηγήσουν σε έναν αδιανόητο κόσμο που έχει την ικανότητα να αυξήσει και να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την ποιότητα ζωής. Όλα αυτά θα χρησιμοποιηθούν σε κάποια μορφή σε συνδυασμό για να τροφοδοτήσουν το εργατικό δυναμικό των αυτόνομων αντικειμένων και πιο συγκεκριμένα των αυτόνομων οχημάτων.

Εάν η ηθική αγνοηθεί και το ρομποτικό αυτοκίνητο συμπεριφέρεται άσχημα, θα μπορούσε να γίνει μια ισχυρή υπόθεση ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες ήταν αμελείς στο σχεδιασμό του προϊόντος τους και αυτό τους δίνει μια τεράστια νομική ευθύνη, σε περίπτωση που συμβεί κάτι τέτοιο. Η μεγαλύτερη πρόκληση, ωστόσο, δεν είναι μόνο τα ηθικά διλήμματα. Αφορά επίσης τον καθορισμό ακριβών προσδοκιών με τους χρήστες και το ευρύ κοινό που μπορεί να εκπλήσσονται με κακούς τρόπους από τα αυτόνομα αυτοκίνητα. Οι προσδοκίες έχουν σημασία για την αποδοχή και την υιοθέτηση της αγοράς ενός αυτοκινήτου. Όποια και αν είναι η απάντηση σε ένα ηθικό δίλημμα που μπορεί να κλίνει η βιομηχανία δεν θα είναι ικανοποιητική για όλους. Η ηθική και οι προσδοκίες είναι κοινές προκλήσεις για όλους τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και προμηθευτές της πρώτης κατηγορίας που θέλουν να λειτουργήσουν σε αυτόν τον αναδυόμενο τομέα.

Τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα υπόσχονται μεγάλα οφέλη αλλά και ακούσια προβλήματα που είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Η αλλαγή είναι αναπόφευκτη και όχι απαραίτητα κακή από μόνη της. Ωστόσο, πρέπει να προβλεφθούν και να αποφευχθούν, όπου είναι δυνατόν, οι μεγάλες διαταραχές και οι νέες ζημιές. Αυτός είναι ο ρόλος της ηθικής στην πολιτική της καινοτομίας. Μπορεί να ανοίξει το δρόμο για ένα καλύτερο μέλλον, επιτρέποντας παράλληλα ευεργετικές τεχνολογίες.

Συνολικά, τα έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και τα αυτόνομα συστήματα ισχύος του μέλλοντος αντιπροσωπεύουν τόσο ενδιαφέρουσες όσο και ανησυχητικές έννοιες που πρόκειται να αλλάξουν τον κόσμο. Ωστόσο, ο κάθε επιστήμονας πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός όταν προσπαθεί να προβλέψει τι πρόκειται να συμβεί στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπου 30-50 χρόνια από τώρα.

Η αποδοχή των αυτόνομων συστημάτων ισχύος από το ευρύ κοινό είναι πιθανό να συμβεί εάν και μόνο εάν αυτό θα σημαίνει κάποια οικονομικά πλεονεκτήματα. Σε

περίπτωση που η περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή τους συνεπάγεται πρόσθετο κόστος που προστίθεται στους λογαριασμούς της ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών χωρίς πραγματικό κέρδος ή ορατό πλεονέκτημα, η πλειοψηφία των ανθρώπων θα είναι ενάντια σε τέτοιες καινοτομίες και μάλλον θα υποστηρίξει τον παραδοσιακό τρόπο για τον έλεγχο της ενέργειας.

Από την ανάλυση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου συνάχθηκαν κάποια χρήσιμα και σημαντικά συμπεράσματα. Αρχικά μπορεί να διευκρινιστεί ότι το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δεν είχε την κατάλληλη επάρκεια γνώσης για τα αυτόνομα αυτοκίνητα, παρόλο που ταυτόχρονα δήλωσε ότι γνωρίζει νωρίτερα από τους γνωστούς του πληροφορίες για τα νέα τεχνολογικά προϊόντα. Εδώ, αποτυπώνεται και το αντίστοιχο συμπέρασμα ότι για τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας δεν υπάρχει το απαραίτητο τεχνολογικό κίνητρο για γνώση. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δήλωσε ότι ενθουσιάζεται με τις νέες τεχνολογίες σχετικά με τα αυτοκίνητα, αλλά δεν αγοράζει συχνά ακριβά τέτοια προϊόντα. Από την άλλη πλευρά, ως προς το περιβάλλον, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δήλωσε ανησυχία για το περιβάλλον και θεωρεί ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα είναι πιο φιλικά ως προς αυτό, δήλωσε ότι οδηγώντας ένα τέτοιο αυτοκίνητο δε θα νιώσει πιο συνειδητοποιημένο. Τέλος, κατά μέσο όρο το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος δήλωσε ότι εμπιστεύεται και θεωρεί γενικά τα αυτόνομα αυτοκίνητα πιο ασφαλή από τα συμβατικά, ωστόσο στην περίπτωση κάποιου πιθανού ατυχήματος θα ήθελε τον έλεγχο να τον έχει ο οδηγός. Η γενικότερη εικόνα που απορρέει μέσα από την ανάλυση του ερωτηματολογίου δείχνει ότι το δείγμα έχει θετική στάση ως προς τα αυτόνομα αυτοκίνητα και φαίνεται να υπάρχει ενθουσιασμός για αυτά. Επιπλέον, φαίνεται η κάποια ελλιπή γνώση των ερωτηθέντων για τα αυτόνομα αυτοκίνητα. Επιπρόσθετα, υπάρχει η αναγνώριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά μάλλον δεν είναι ικανή για την υιοθέτηση ενός τέτοιου αυτοκινήτου για αυτό το λόγο. Σίγουρα πάντως στο θέμα της ασφάλειας υπάρχει μια αρκετά θετική στάση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Barthes R., "Mythologie de l'automobile. In: Barthes, R.: OEuvres complètes. Tome II, Livres, textes, entretiens 1962–1967," *Nouvelle édition revue, corrigée et présentée par Éric Marty. Éditions du Seuil*, p. 234–242 , 2002.
- [2] Lefebvre H., "La vie quotidienne dans le monde moderne," *Gallimard*, 1968.
- [3] Meyer-Drawe K. , "Das Auto - ein gepanzertes Selbst," *In: Winzen, M., Bilstein, J. (ed.) Ich bin mein Auto. Die maschinale Ebenbilder des Menschen, 102-113. Verlag der Buchhandlung Walther König, Köln* , 2001.
- [4] Wetmore J. M, "Driving the Dream. The History and Motivations Behind 60 Years of Automated Highway Systems in America," *Automotive History Review* , 2003.
- [5] Norton P. D. , "Fighting Traffic. The Dawn of the Motor Age in the American City," *The MIT Press, Cambridge* , 2008.
- [6] Ceruzzi Paul E., "Beyond the Limits, Flight Enters the Computer Age," *The MIT Press, Cambridge and London* , 1989.
- [7] Espenschied L., "Discussion of A History of Some Foundations of Modern Radio-Electronic Technology“ .," in *Proceedings of the IRE, 47/47*, 1959.
- [8] Green F. , "Radio Control – Marvel of the Future," *Popular Science*, vol. 106, no. 3, pp. 88-89 & 171-172 , 1925.
- [9] The Daily Ardmoreite, *The first remote-controlled vehicle*, USA: The Daily Ardmoreite, 1921.
- [10] The Herald Statesman, *Remote-controlled vehicle in a safety parade (USA, 1930s)—magic car to demonstrate safety*, USA: The Herald Statesman, 1936.
- [11] Murtfeldt E. W., "Highways of the future," *Popular Science*, vol. 132, no. 5, p. 118–119, 1938.
- [12] McClintock M., *Street Traffic Control*, McGraw-Hill Book Company: New York , 1925.
- [13] Rowsome Jr. F., " Educated Gas Pedal Keeps the Cops Away," *Popular Science* , 1954.

- [14] Rowsome Jr. F., "What It's Like to Drive an Auto-Pilot Car," *Popular Science*, 1958.
- [15] Tsugawa S., Yatabe T., Hirose T., Matsumoto S., "An Automobile with Artificial Intelligence," in *Proc. 6th IJCAI*, Tokyo, 1979.
- [16] Cox I. J. & Wilfong G. T. , "The Stanford Cart and the CMU Rover," *Autonomous Robot Vehicles*, pp. 407-419 , 1990.
- [17] Dickmanns E. D. , "Computer Vision in Road Vehicles – Chances and Problems," 1686.
- [18] European Commission, "2019 road safety statistics: what is behind the figures?," European Commission, 2020. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1004. [Accessed 24 1 2021].
- [19] WHO, "World health organization," World health organization, 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>. [Accessed 25 1 2021].
- [20] Nagel H. H., EUREKA-Projekt PROMETHEUS und PRO-ART (1986-1994) in: Reuse, B., Vollmar, R, Germany: Springer , 2008.
- [21] Bowler P. J. , "A history of the future," *Cambridge University Press*, 2017.
- [22] Litman T., "Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning.," *Victoria Transport Policy Institute*, 2019.
- [23] Duden-Verlag , "Duden Deutsches Universalwörterbuch A-Z, Mannheim.," 1989.
- [24] Feil, E., " Antithetik neuzeitlicher Vernunft - 'Autonomie - Heteronomie' und 'rational - irrational'," *1st edition Göttingen Vandenhoeck & Ruprecht*, 1987.
- [25] Gasser T., Arzt C., Ayoubi, M., Bartels A., Bürkle L., Eier J., Flemisch F., Häcker D., Hesse T., Huber W., Lotz C., Maurer M., "Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung - Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe.," *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach*, 2012.
- [26] "Japan automotive daily," 8 12 2017. [Online]. Available: <https://www.japanautomotivedaily.com/2017/12/08/denso-begin-verification-testing-entry-automated-parking/>. [Accessed 26 3 2021].
- [27] datahacker.rs, "datahacker," 29 8 2019. [Online]. Available: <http://datahacker.rs/best-autonomous-driving-cars/>. [Accessed 26 3 2021].

- [28] SAE, "Automation levels - The Evolution of Automated Safety Technologies," 2020. [Online]. Available: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>. [Accessed 26 1 2021].
- [29] Gates G., "The Race for Self-Driving Cars," *The New York Times*, 2017.
- [30] Bureau of Labor Statistics, «CONSUMER EXPENDITURES,» 2016. [Ηλεκτρονικό]. [Πρόσβαση 3 2021].
- [31] Prochaska J. O. & Velicer W. F., "The transtheoretical model of health behavior change," *American journal of health promotion* , vol. 12, no. 1, pp. 38-48, 1997.
- [32] Thaler R. H. & Sunstein C. R. , "Nudge: Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness," *Yale University Press*, 2008.
- [33] Southern C., Cheng Y., Zhang C., Abowd G. D., "Understanding the Cost of Driving Trips," *Cars and Automation* , vol. 6, no. 11, pp. 430-434, 2017.
- [34] Alemazkour N., M.W. Burris, Danda S.R., "Using Empirical Data to Find the Best Measure of Travel Time Reliability," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2530, p. 93–100, 2015.
- [35] Vision systems design, "Vision systems design," 12 6 2020. [Online]. Available: <https://www.vision-systems.com/embedded/article/14177718/united-states-army-and-navy-order-centaur-unmanned-ground-vehicles-from-flir-systems>. [Accessed 27 3 2021].
- [36] International institute of marine surveying, "IIMS," 2018. [Online]. Available: <https://www.iims.org.uk/autonomous-vessels-challenges-opportunities-design/>. [Accessed 25 1 2021].
- [37] Motwani A. , "A Survey of Uninhabited Surface Vehicles.," *Marine and Industrial Dynamic Analysis, School of Marine Science and Engineering Plymouth University, Plymouth. Tech. Report*, 2012.
- [38] Bremer R., Cleophas P., Fitski H., Keus D. , "Unmanned Surface and Underwater Vehicles," *Technical Report, DTIC Document*, 2007.
- [39] Sharma S. & Subudhi B., *Navigation and Control of Autonomous Marine Vehicles*, United Kingdom: The Institution of Engineering and Technology, 2019.
- [40] Detlev van Ravenswaay, "Picture Press, Getty Images," [Online]. [Accessed 3 2021].
- [41] Bergin C. , "Debris from old Russian satellite forced ISS crew into contingency ops," *nasaspaceflight*, 2015.
- [42] Stocktrek Images , "Getty Images," [Online]. [Accessed 27 3 2021].

- [43] Levit C. & Marshall W. , "Improved orbit predictions using two-line elements," *Advances in Space Research*, vol. 47, no. 7, p. 1107–1115, 2011.
- [44] Aerospace technology, Aerospace technology, 2018. [Online]. Available: <https://www.aerospace-technology.com/projects/ehang-216-autonomous-aerial-vehicle/>. [Accessed 27 3 2021].
- [45] U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, "Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey," 2015. [Online]. Available: "https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115." Excerpt From: Clifford Winston. "Autonomous Vehicles". Apple Books. . [Accessed 26 1 2021].
- [46] Small, Winston, Yan, "Incident delays account for roughly one-third of all delays. Thus, by virtually eliminating accidents, autonomous vehicles can significantly reduce delays and improve travel time and travel time reliability," 2005.
- [47] Janda K., Rausser G., Strielkowski W. , "Determinants of Profitability of Polish Rural Micro-Enterprises at the Time of EU Accession,," *Eastern European Countryside*, vol. 19, pp. 177-217, 2013.
- [48] Abrahám J., Bilan Y., Krauchenia A., Strielkowski W. , "Planning horizon in labour supply of Belarusian small entrepreneurs," *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, vol. 28, no. 1, pp. 773-787, 2015.
- [49] Annual Energy Outlook 2013, "Projections to 2040," *US Energy Information Administration*, 2013.
- [50] Madani V., Novosel D., Horowitz S., Adamiak M., Amantegui J., Karlsson D., Imai S., Apostolov A., "IEEE PSRC report on global industry experiences with system integ- rity protection schemes (SIPS)," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 4, p. 2143– 2155, 2010.
- [51] Karle H., "100% Strom aus erneubaren Energien für E-(2015): Elektromobilität Grundlagen und Praxis," *Carl Hanser Verlag*, 2015, ISBN:: *Effekte Marktszenarien und Handlungsempfehlungen*, Technische Universität Wien, Wien, 2015.
- [52] Geringer B. , "Batterielektrische Fahrzeuge in der Praxis: Kosten, Reichweite," *Umwelt, Komfort*, 2012.
- [53] Walzel B., Sturm C., Fabian J., Hirz M., "Automated robot-based charging system for electric vehicles," in *Internationales Stuttgarter Symposium*, 2016.
- [54] The Mobility House , "Welche Ladekabel zum Laden von Elektroautos gibts es?," 2015. [Online]. Available: <http://mobilityhouse.com/de/ladekabelarten-und-steckertypen/>. [Accessed 1 4 2021].

- [55] tesla, "Tesla," 2021. [Online]. Available: <https://www.tesla.com/supercharger>. [Accessed 1 4 2021].
- [56] "autoblog," 25 5 2019. [Online]. Available: <https://www.autoblog.com/2019/05/25/tesla-supercharger-limit-80-percent-charging/>. [Accessed 1 4 2021].
- [57] NHTSA, "Traffic safety facts," 2013 Data. NHTSA, 2015.
- [58] Brown A., Gonder J., Repac B., "An analysis of possible energy impacts of automated vehicle," *Springer International Publishing*, p. 137–153, 2014.
- [59] Morrow, William R., Jeffery B.G., Sturges A., Saxena S., Gopal A., Millstein D., Shah N., Gilmore E.A. , "Key factors influencing autonomous vehicles' energy and environmental outcome," *Springer International Publishing*, vol. 127, no. 35, 2014.
- [60] Schipper L., "Sustainable urban transport in the 21st Century: a new agenda," *Transp Res Rec: J Transp Res Board* , vol. 1, p. 12–19, 2002.
- [61] Fagnant D. J., Kockelman K. M. , "The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios," *Trans Res Part C: Emerg Technol* , vol. 40, p. 1–13, 2014.
- [62] Loukarakis E., Bialek J. W., Dent C. J. , "Investigation of maximum possible OPF problem decomposition degree for decentralized energy markets," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 30, no. 5, pp. 2566-2578, 2015.
- [63] Oseni M. O. & Pollitt M. G. , "The promotion of regional integration of electricity markets: Lessons for developing countries," *Energy Policy*, vol. 88, pp. 628-638, 2016.
- [64] Chawla M. & Pollitt, M., "Global Trends in Electricity Transmission System Operation: Where Does the Future Lie?," *Electricity Journal*, vol. 26, no. 5, pp. 65-71., 2013.
- [65] Zhou Y. Mancarella P., Mutale J., "Modelling and assessment of the contribution of demand response and electrical energy storage to adequacy of supply, Sustainable Energy," *Grids and Networks*, vol. 3, pp. 12-23, 2015.
- [66] Brown R.E., "Impact of smart grid on distribution system desig," in *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Pittsburgh, PA., 2008.
- [67] Venayagamoorthy G.K., "Potentials and promises of computational intelligence for smart grids," in *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Calgary, AB, 2009.

- [68] Xu L. & Chow M.-Y., "A classification approach for power distribution systems fault cause identification," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 21, p. 53–60, 2006.
- [69] Novosel D., Madani V., Bhargava B., Vu K., Cole J. , "Dawn of the grid synchronization," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 6, no. 1, p. 49–60, 2008.
- [70] Armbrust M., Fox A., Griffith R., Joseph A. D., Katz R., Konwinski A. , Lee G. , "A view of cloud computing," *Communications of the ACM*, vol. 53, no. 4, p. 50–58, 2010.
- [71] National Energy Technology Laboratory, "Advanced Metering Infrastructure," *National Energy Technology Laboratory*, 2008.
- [72] Hussain R. & Zeadally S., "Autonomous Cars: Research Results, Issues and Future Challenges," *IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 2, pp. 1275-1313, 2018.
- [73] Yaqoob I., Latif U. K., Ahsan K., Muhammad I., Nadra G., Choong S. , "Autonomous driving cars in smart cities: Recent advances, requirements, and challenges."," *IEEE Network* , vol. 1, pp. 174-181, 2019.
- [74] Mehmood Y. , "M2M Communications in 5G: State-of-the-Art Architecture, Recent Advances, and Research Challenges," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 55, no. 9, p. 194–201, 2017.
- [75] Wang J., Liu J., Kato N., "Networking and Communications in Autonomous Driving: A Survey," *IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, vol. 21, no. 2, pp. 1243-1274, 2018.
- [76] Milakis D. Van Arem B., Van Wee B. , "Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 21, no. 4, p. 324–348, 2017.
- [77] Talebian A. & Mishra S., "Predicting the adoption of connected autonomous vehicles: A new approach based on the theory of diffusion of innovations," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 95, p. 363–380, 2018.
- [78] LI K., Yi-fan D., LI S., "State of-the-art and Technical Trends of Intelligent and Connected Vehicles," *Journal of Automotive Safety and Energy*, vol. 8, no. 1, pp. 1-14, 2017.
- [79] Ioannou P A. , "Automated Highway Systems," *Springer Science and Business Media*, 2013.

- [80] Manivannan P. V. & Ramajanth P., "Vision Based Intelligent Vehicle Steering Control Using Single Camera for Automated Highway System," *Procedia Computer Science*, vol. 133, p. 839–846, 2018.
- [81] Baskar L. D., DeSchutter B., Hellendoorn H. , "Traffic Management for Automated Highway Systems Using Model-based Predictive Control," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, no. 2, p. 838–847, 2012.
- [82] Doude M., Goodin C., Carruth D., "Driving Autonomous Cars Off the Beaten Path," *The Conversation*, 2018.
- [83] Deepika M., Cuddapah V., Srivastava A., Mahankali S. , AI & ML - Powering the Agents of Automation_ Demystifying, IOT, Robots,, India: BPB PUBLICATIONS, 2019.
- [84] Etherington D., "Over 1,400 Self-Driving Vehicles Are Now in Testing by 80+ Companies across the U.S," *Tech Crunch*, 2019.
- [85] Michigan Engineering, "Predicting Pedestrian Movement in 3D for Driverless Cars," Michigan Engineering YouTube channel (video)," 2019. [Online]. Available: www.youtube.com/watch?v=YIB8IALSwmE..
- [86] Quain J. R., "These High-Tech Sensors May Be the Key to Autonomous Cars.," *New York Times*, 2019.
- [87] Aptiv, Audi, Baidu, BMW, Continental, Daimler, Fiat Chrysler, Infineon Intel, Volkswagen, "Safety First for Automated Driving," 2019. [Online]. Available: "(<https://www.daimler.com/documents/innovation/other/safety-first-for-automated-driving.pdf>)" Excerpt From: Clifford Winston. "Autonomous Vehicles". Apple Books. .
- [88] Viswanathan V. & Hussein R, "Applications of Image Processing and Real-Time embedded Systems in Autonomous Cars: A Short Review," *International Journal of Image Processing (IJIP)*, vol. 11, no. 2, 2017.
- [89] Li X., Wu Q., Kou Y., Hou L., Yang H., "Lane Detection Based on Spiking Neural Network and Hough Transform," in *8th International Congress on Image and Signal Processing (CISP 2015)*, 2015.
- [90] Salhi A., Minaoui B., Fakir M., "Robust Automatic Traffic Signs Detection using fast polygonal approximation of digital curves," in *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2014 International Conference on, Marrakech*, 2014.
- [91] Ramer U., "An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves," *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 1, no. 3, pp. 244-256, 1972.

- [92] Mukhtar A., Xia L., Tang T.B., "Vehicle detection techniques for collision avoidance systems: A review," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 5, 2015.
- [93] Sivaraman S. & Trivedi M.M., "Looking at vehicles on the road: A survey of vision-based vehicle detection, tracking, and behavior analysis," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 4, 2013.
- [94] Arel I., Rose D. C., Karnowski T. P., "Deep Machine Learning - A New Frontier in Artificial Intelligence Research," *IEEE Computational Intelligence Magazine*, vol. 5, no. 4, pp. 13-18, 2010.
- [95] Prabhakar G., Kailath B., Natarajan S., Kumar R., "Obstacle Detection and Classification using Deep Learning for Tracking in High-Speed Autonomous Driving," *IEEE*, 2017.
- [96] Tanuma T. , "The National Program for Innovation - Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)," *SIS72. ITS World Congress Detroit*, 2014.
- [97] Kuwahara M. & Shladover S. , "Guidelines for assessing the effects of ITS on CO2 emissions- International Joint Report," *Institute of Industrial Science The University of Tokyo*, 2013.
- [98] Haddon W. Jr. , "Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy," *Public Health Reports*, vol. 95, no. 5, p. 411, 1980.
- [99] Wagner M., Koopman P., "A philosophy for developing trust in self-driving cars," *Springer International Publishing*, p. 163–171, 2015.
- [100] Meyer G. & Beiker S., *Road vehicle automation 3 (Lecture Notes in Mobility)*, Switzerland: Springer, 2016.
- [101] «ABI research,» 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.abiresearch.com/market-research/service/smart-mobility-automotive/>. [Πρόσβαση 28 1 2021].
- [102] Ninan S., Gangula B., von Alten M., Sniderman B., "Who owns the road?," 2015. [Online]. Available: <http://dupress.com/articles/internet-of-things-iot-in-automotive-industry>.
- [103] «Morgan Stanley,» Morgan Stanley , 2016. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.morganstanley.com/ideas/car-of-future-is-autonomous-electric-shared-mobility>. [Πρόσβαση 28 1 2021].
- [104] Bertoncetto M. & Wee D., "Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world.," 2015. [Online]. Available:

<http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>.

- [105] Krasniqi X. & Hajrizi E., "Use of IoT Technology to Drive the Automotive Industry from Connected to Full Autonomous Vehicles," *Elsevier, IFAC* , vol. 49, no. 29, pp. 269-274, 2016.
- [106] Albadi M. H. & El-Saadany E. F., "Overview of wind power intermittency impacts on power systems," *Electric Power Systems Research*, vol. 80, no. 6, p. 627–632, 2010.
- [107] Powell W. B., George A., Simão H. S., Lamont A. W., Stewart J., "SMART: A stochastic multiscale model for the analysis of energy resources, technology, and policy," *INFORMS Journal on Computing*, vol. 24, no. 4, p. 665–682, 2012.
- [108] Mell P., Grance T., "The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology," *The National Institute of Standards and Technology*, 2011.
- [109] Penmetsa P., Adanu A., Wood K., Wang D., Jones S. L., "Perceptions and expectations of autonomous vehicles—A snapshot of vulnerable road user opinion," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 143, p. 9–13, 2019.
- [110] Hudson J., Orviska M., Hunady J., "People's attitudes to autonomous vehicles," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 121, p. 164–176, 2019.
- [111] World Health Organisation, "Road traffic injuries," 2018. [Online]. [Accessed 14 2021].
- [112] Acheampong R. A., & Cugurullo F. , "Capturing the behavioural determinants behind the adoption of autonomous vehicles: conceptual frameworks and measurement models to predict public transport, sharing and ownership trends of self-driving cars," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 62, p. 349–375, 2019.
- [113] Potoglou D., Whittle C., Tsouros I., Whitmarsh L. , "Consumer intentions for alternative fuelled and autonomous vehicles: A segmentation analysis across six countries," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2020.
- [114] Lin P., "Ethics and autonomous cars: why ethics matters, and how to think about it," *Lecture presented at Daimler and Benz Foundation's Villa Ladenburg Project*, 2014.
- [115] IEEE, "IEEE code of ethics," 2014. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html>. [Accessed 25 1 2021].

- [116] Gurney J. , "Sue my car, not me: products liability and accidents involving autonomous vehicles. J," *Journal of Law, Technology and Policy* , pp. 247-277, 2013.
- [117] Federal Ministry of Justice and Consumer Protection, "Basic Law for the Federal Republic of Germany," Federal Ministry of Justice and Consumer Protection, [Online]. Available: http://www.gesetze-im-internet.de/englisch_gg/englisch_gg.html . [Accessed 25 1 2021].
- [118] Lin P. , "The robot car of tomorrow might just be programmed to hit you. Wired.," 2014. [Online]. Available: <http://www.wired.com/2014/05/the-robot-car-of-tomorrow-might-just-be-programmed-to-hit-you/> . [Accessed 25 1 2021].
- [119] Davies A. , "Avoiding squirrels and other things Google's robot car can't do. Wired.," 2014. [Online]. Available: <http://www.wired.com/2014/05/google-self-driving-car-can-cant/> . [Accessed 25 1 2021].
- [120] Goodall N. J., "Vehicle automation and the duty to act," in *Proceedings of the 21st World Congress on Intelligent Transport Systems*, , Detroit, Michigan , 2014.
- [121] Waytz A., Heafner, J. Epley, N. , "The Mind in the Machine. Anthropomorphism Increases Trust in an Autonomous Vehicle," *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 52, pp. 113-117 , 2014.
- [122] Darrell Etherington, "Over 1,400 Self-Driving Vehicles Are Now in Testing by 80+ Companies across the U.S.," Tech Crunch, June 11, 2019, <https://techcrunch.com/2019/06/11/over-1400-self-driving-vehicles-are-now-in-testing-by-80-companies-across-the-u-s/>..

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο

«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ»

«Το παρόν ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο πτυχιακής εργασίας του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Μέσω του ερωτηματολογίου αυτού, επιδιώκεται η διερεύνηση της στάσης του κοινωνικού συνόλου απέναντι στα αυτόνομα αυτοκίνητα.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 23 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και 1 ερώτηση ελεύθερης απάντησης. Επισημαίνεται πως οι απαντήσεις που θα ληφθούν θα είναι ανώνυμες, και θα αξιολογηθούν αποκλειστικά και μόνο στα πλαίσια της ανάλυσης της έρευνας. Ο απαιτούμενος χρόνος για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ανέρχεται στα 10 λεπτά.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για τη συνεργασία!»

Δημογραφικά στοιχεία και βασικές πληροφορίες

- Πόλη διαμονής
«Ελεύθερη απάντηση»
- Έχετε δίπλωμα οδήγησης για αυτοκίνητο;
 - Ναι
 - Όχι
- Έχετε αυτοκίνητο;
 - Ναι
 - Όχι
- Σε τι εργασιακή κατάσταση βρίσκεστε;

- Εργαζόμενος
- Άνεργος
- Συνταξιούχος
- Φοιτητής/Σπουδαστής
- Οικιακά
- Άλλο
- Είστε άτομο με ειδικές ανάγκες;
 - Ναι
 - Όχι
- Ποια είναι η ηλικία σας;
 - Έως και 18
 - Πάνω από 18 έως και 25
 - Πάνω από 25 έως και 35
 - Πάνω από 35 έως και 45
 - Πάνω από 45
- Ποιο είναι το φύλο σας;
 - Γυναίκα
 - Άνδρας
 - Άλλο
- Ποιο είναι το επίπεδο εκπαίδευσής σας;

- Δημοτικό/Γυμνάσιο
- Γενικό λύκειο
- Επαγγελματικό λύκειο / Σχολή ΟΑΕΔ
- ΙΕΚ
- ΑΕΙ/ΤΕΙ
- Μεταπτυχιακό
- Διδακτορικό
- Το εισόδημά σας είναι:
 - Πολύ λιγότερο από το βασικό μισθό
 - Λίγο λιγότερο από το βασικό μισθό
 - Περίπου ίδιο με το βασικό μισθό
 - Λίγο περισσότερο από το βασικό μισθό
 - Πολύ περισσότερο από το βασικό μισθό
 - Δεν έχω εισόδημα

Κύριες ερωτήσεις

- Το μηνιαίο κόστος σας για μετακινήσεις είναι (συμπεριλαμβάνοντας κόστος καυσίμων, κόστος στάθμευσης, κόστος χρήσης μέσων μαζικής μεταφοράς):
 - 0-50 ευρώ
 - 51-100 ευρώ
 - 101-150 ευρώ
 - Πάνω από 151 ευρώ
- Χρησιμοποιείτε τεχνολογικά προϊόντα στην καθημερινότητά σας (smartphone, tablet, υπολογιστής, άλλο), για άλλους λόγους εκτός της επικοινωνίας;
 - Ναι
 - Όχι

- Έχετε smartphone (έξυπνο τηλέφωνο);
 - Ναι
 - Όχι

- Σε τι βαθμό γνωρίζετε για τα αυτόνομα αυτοκίνητα; Επιλέξτε από 1 (Τίποτα απολύτως) έως 5 (Έχω εξαιρετική γνώση)

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- Πόσα χρόνια οδηγείτε;
 - Λιγότερο από 5 χρόνια
 - Περισσότερα από 5 έως και 10 χρόνια
 - Περισσότερο από 10 χρόνια
 - Δεν οδηγώ

- Ποιος είναι ο λόγος της συνήθους μετακίνησής σας με ΙΧ;
 - Εργασία
 - Εκπαίδευση
 - Ψυχαγωγία/Κοινωνικές υποχρεώσεις
 - Οικογενειακοί λόγοι
 - Ψώνια
 - Άλλο
 - Δε μετακινούμαι με ΙΧ

- Πόσο ικανοποιημένοι είστε με τον τρόπο της μετακίνησής σας; Επιλέξτε από 1 (Απόλυτα δυσαρεστημένος) έως 5 (Απόλυτα ικανοποιημένος)

1

2

3

4

5

- Έχετε οδηγήσει ποτέ ένα αυτόνομο αυτοκίνητο;
 - Ναι
 - Όχι

- Θα αγοράζατε αυτόνομο αυτοκίνητο;
 - Ναι
 - Όχι

- Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με τα παρακάτω με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς την τεχνολογία:
 1. Χρησιμοποιώ νέα προϊόντα νωρίτερα από τους γνωστούς μου
 2. Γνωρίζω περισσότερες λεπτομέρειες για τα τελευταία τεχνολογικά προϊόντα
 3. Αγοράζω συχνά ακριβά προϊόντα τεχνολογίας
 4. Ενθουσιάζομαι με τις νέες τεχνολογίες

- Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείτε με τα παρακάτω με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς την οδήγηση (εάν κατέχετε δίπλωμα οδήγησης):
 1. Χρησιμοποιώ νέα προϊόντα νωρίτερα από τους γνωστούς μου
 2. Γνωρίζω περισσότερες λεπτομέρειες για τα τελευταία τεχνολογικά προϊόντα
 3. Αγοράζω συχνά ακριβά προϊόντα τεχνολογίας
 4. Ενθουσιάζομαι με τις νέες τεχνολογίες

- Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείται με τα παρακάτω με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς την ασφάλεια της οδήγησης (εάν κατέχετε δίπλωμα οδήγησης):
 1. Συνήθως σταματάω πριν μια διάβαση
 2. Εάν αντιμετωπίσω κίνηση ή βιάζομαι, παραβλέπω τον Κ.Ο.Κ.
 3. Αντιλαμβάνομαι εύκολα τις διαστάσεις του αυτοκινήτου και το χώρο που καταλαμβάνει στο δρόμο
 4. Όταν οδηγώ, φοβάμαι μήπως τραυματιστώ από άλλον οδηγό

- Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείται με τα παρακάτω, με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς το περιβάλλον:
 1. Ανησυχώ για τις ανθρώπινες συνέπειες στον πλανήτη(π.χ. υπερθέρμανση)
 2. Προσπαθώ να συμπεριφέρομαι με γνώμονα το περιβάλλον

3. Δεν ανησυχώ για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον εαυτό μου και στην οικογένειά μου
 4. Είμαι πρόθυμος να πληρώσω ένα προϊόν με μικρό αποτύπωμα στο περιβάλλον ακριβότερα
- Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείται με τα παρακάτω, με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς τα αυτόνομα αυτοκίνητα και το περιβάλλον:
 1. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα θα μειώσουν τους ρύπους προς το περιβάλλον
 2. Αν χρησιμοποιώ ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, θα νιώθω πιο συνειδητοποιημένος περιβαλλοντικά
 3. Ένα πλήρως αυτοματοποιημένο αυτοκίνητο θα είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον σε σχέση με ένα συμβατικό
 4. Πιστεύω ότι η συντήρηση ενός αυτόνομου αυτοκινήτου είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον σε σχέση με ένα συμβατικό αυτοκίνητο
 - Αξιολογήστε σε ποιο βαθμό συμφωνείται με τα παρακάτω, με κλίμακα από 1 (Διαφωνώ απόλυτα) έως 5 (Συμφωνώ απόλυτα). Ως προς την ασφάλεια στα αυτόνομα αυτοκίνητα:
 1. Η οδήγηση ενός αυτόνομου αυτοκινήτου είναι ασφαλέστερη από ένα κανονικό αυτοκίνητο
 2. Όσο περισσότερα αυτόνομα αυτοκίνητα υπάρχουν τόσο λιγότερα θα είναι τα οδικά ατυχήματα
 3. Εμπιστεύομαι ένα αυτόνομο αυτοκίνητο να οδηγήσει αντί για εμένα προς έναν προορισμό
 4. Εμπιστεύομαι περισσότερο την αυτόματη οδήγηση ενός αυτόνομου αυτοκινήτου σε μεγάλους δρόμους παρά μέσα στην πόλη
 5. Εάν πρόκειται να γίνει ατύχημα, εμπιστεύεστε περισσότερο το σύστημα του αυτόνομου αυτοκινήτου από τον οδηγό

Ποσοστά ανά πόλη του ερωτηματολογίου

Colchester	1	0,45%
Toronto	1	0,45%
Αγρίνιο	1	0,45%
Αθήνα	58	26,01%
Αίγιο	1	0,45%
Αιτωλικό	1	0,45%
Ακράτα	1	0,45%
Αμστερνταμ	1	0,45%
Αμφιλοχία	3	1,35%
Ανδραβίδα	1	0,45%
Άνδρος	1	0,45%
Αντίρριο	12	5,38%

Αργοστόλι	1	0,45%
Βέροια	1	0,45%
Βόλος	3	1,35%
Ηράκλειο	1	0,45%
Θεσσαλονίκη	6	2,69%
Θήβα	1	0,45%
Ιωάννινα	1	0,45%
Καβάλα	1	0,45%
Κιάτο	1	0,45%
Κοζάνη	1	0,45%
Κόρινθος	2	0,90%
Λαμία	6	2,69%
Λάρισα	1	0,45%
Λονδίνο	2	0,90%
Μέγαρα	1	0,45%
Μελβουρνη	1	0,45%
Ναύπακτος	30	13,45%
Ξάνθη	7	3,14%
Ξυκοκαστρο	1	0,45%
Πάτρα	59	26,46%
Πάφος	1	0,45%
Πειραιάς	1	0,45%
Πύργος	2	0,90%
Ροδος	1	0,45%
ΣΕΦ	1	0,45%
Χαλκίδα	1	0,45%
Χαλκιδική	1	0,45%
Χανιά	1	0,45%
Χίος	5	2,24%