

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

υπό

ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΟΥΡΑΖΑΝΗΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2016

© 2016 Σωτήριος Μπουραζάνης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής: Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς
(Επιβλέπων) Λέκτορας,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής: Δρ. Κωνσταντίνος Βογιατζής
Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: Δρ. Αθανάσιος Γαλάνης
Διδάσκων (ΠΔ 407/80),
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Δρ. Παντελεήμων Κοπελιά, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής μου εργασίας, Δρ. Αθανάσιο Γαλάνη και Δρ. Κωνσταντίνο Βογιατζή για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Σωτήριος Μπουραζάνης

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

Σωτήριος Μπουραζάνης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2016

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Παντελεήμων Κοπελιάς, Λέκτορας

Περίληψη

Το θέμα αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι το αυτόνομο όχημα και το επίπεδο του αυτοματισμού της κίνησης σήμερα. Εξετάζεται η τεχνολογία του αυτόνομου οχήματος, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του και οι μελλοντικές προβλέψεις και επιπτώσεις εφαρμογής τους στο οδικό περιβάλλον, θετικές και αρνητικές. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τεχνολογικά πρότυπα αυτόνομων οχημάτων που αναπτύσσουν κυρίαρχες αυτοκινητοβιομηχανίες συμβατικών έως σήμερα οχημάτων. Επίσης γίνεται αναφορά σε εταιρίες παροχής τεχνολογικού εξοπλισμού και λογισμικού εφαρμογών χαρτογράφησης, αλλά και λοιπού εξοπλισμού και εφαρμογών συνδεσιμότητας. Αναλύεται η τεχνολογία V2V και V2I και παρουσιάζονται σχετικά ερευνητικά προγράμματα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό, όπως και παραδείγματα κυκλοφορίας αυτόνομων οχημάτων στην Ελλάδα και διεθνώς, καθώς και τα οχήματα τεχνολογίας Pod. Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2: Τεχνολογική Εξέλιξη, Προβλέψεις και Επιπτώσεις Κυκλοφορίας Αυτόνομων Οχημάτων.....	2
2.1 Αυτόνομα Οχήματα: Γενικά	2
2.2 Αυτόνομα Οχήματα: Πλεονεκτήματα	5
2.3 Αυτόνομα Οχήματα: Μειονεκτήματα.....	7
2.4 Αυτόνομα Οχήματα: Εκτιμώμενα Κόστη	9
2.5 Αυτόνομα Οχήματα: Εκτιμώμενα Οφέλη	10
2.6 Αυτόνομα Οχήματα: Ανάπτυξη και Εφαρμογή	11
2.7 Αυτόνομα Οχήματα: Προβλέψεις Εφαρμογής.....	14
Κεφάλαιο 3: Τεχνολογικά Πρότυπα Αυτόνομων Οχημάτων.....	23
3.1 Mercedes Benz.....	24
3.2 General Motors	28
3.3 Nissan	29
3.4 Renault	31
3.5 Audi.....	32
3.6 Volvo.....	36
3.7 Tesla	39
3.8 Peugeot.....	40
3.9 VisLab	41
3.10 Google.....	45
3.11 BMW	47
3.12 Ford	50
Κεφάλαιο 4: Αυτόνομα Οχήματα και Τεχνολογία Συνδεσιμότητας	53
4.1 Συνδεδεμένα Οχήματα	53

4.2	Εταιρείες Λογισμικού και Εξοπλισμού	55
Κεφάλαιο 5: Η τεχνολογία V2I / V2V		63
5.1	Περιγραφή της τεχνολογίας	63
5.2	Τεχνολογία V2V: Παραδείγματα	65
5.3	Διαδίκτυο των πραγμάτων	67
Κεφάλαιο 6: Κυκλοφορία Αυτόνομων Οχημάτων στην Ελλάδα		68
6.1	Η ανάθεση του προγράμματος	68
6.2	Λεπτομέρειες του προγράμματος	69
6.3	Εφαρμογή και αντιδράσεις.....	70
Κεφάλαιο 7: Κυκλοφορία Αυτόνομων Οχημάτων Παγκοσμίως.....		72
7.1	Αυτόνομα οχήματα στην Κίνα.....	72
7.2	Αυτόνομα οχήματα στο Ηνωμένο Βασίλειο	73
7.3	Αυτόνομα οχήματα στην Ολλανδία	75
7.4	Αυτόνομα οχήματα στην Σουηδία.....	77
7.5	Αυτόνομα οχήματα στην Αμερική	78
7.6	Αυτόνομα οχήματα σε μεγάλες πόλεις ανά τον κόσμο.....	79
Κεφάλαιο 8: Αυτόνομα οχήματα τύπου Pod		81
8.1	Όχημα Pod.....	81
8.2	Εταιρίες που ειδικεύονται στα συστήματα Pod.....	81
Κεφάλαιο 9: Συμπεράσματα.....		85
Βιβλιογραφία.....		88

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1: Στάδια Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων.....	12
Πίνακας 2-2: Σύνοψη Τεχνολογικής Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων.....	15
Πίνακας 2-3: Προβολές Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων.....	16
Πίνακας 2-4: Σχεδιασμός Επιδράσεων Αυτόνομων Οχημάτων ανά Χρονική Περίοδο.....	19
Πίνακας 2-5: Χρονοδιάγραμμα Σχεδιαστικής Επίδρασης Αυτόνομων Οχημάτων.....	22

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3-1: Navlab 11	24
Σχήμα 3-2: Mercedes-Benz S500 Intelligent Drive.....	25
Σχήμα 3-3: Mercedes-Benz F 015 Luxury.....	26
Σχήμα 3-4: Mercedes-Benz Vision Tokyo.....	28
Σχήμα 3-5: Chevrolet EN-V 2.0.....	29
Σχήμα 3-6: Nissan Leaf all-electric car.....	30
Σχήμα 3-7: Nissan IDS Concept.....	31
Σχήμα 3-8: Nissan IDS Concept.....	32
Σχήμα 3-9: Audi TTS.....	33
Σχήμα 3-10: Audi RS7 piloted driving concept.....	34
Σχήμα 3-11: Audi RS7 Updated.....	34
Σχήμα 3-12: Audi A7 Sportback.....	35
Σχήμα 3-13: Volvo XC90.....	36
Σχήμα 3-14: Project SARTRE.....	38
Σχήμα 3-15: Tesla Model S.....	40
Σχήμα 3-16: Tesla Model S.....	41
Σχήμα 3-17: DEEVA.....	42
Σχήμα 3-18: PROUD.....	42

Σχήμα 3-19: VIAC.....	44
Σχήμα 3-20: BRAiVE.....	44
Σχήμα 3-21: Google’s self-driving car.....	47
Σχήμα 3-22: BMW 3 Series.....	48
Σχήμα 3-23: BMW i3.....	49
Σχήμα 3-24: BMW 330i.....	49
Σχήμα 3-25: BMW i Vision Future Interaction Car.....	50
Σχήμα 3-26: Ford Focus.....	51
Σχήμα 3-27: Mcity.....	52
Σχήμα 4-1: Delphi’s self-driving demo car.....	58
Σχήμα 6-1: Αυτόνομο λεωφορείο “CityMobil2”	70
Σχήμα 7-1: Lutz PoD.....	73
Σχήμα 7-2: Heathrow PoDs.....	75
Σχήμα 7-3: WEpod.....	76
Σχήμα 7-4: Δρομολόγια των προαστιακών της πόλης του Γκέτεμποργκ.....	78
Σχήμα 7-5: Αυτόνομο λεωφορείο EZ10.....	79
Σχήμα 7-6: RoboRace.....	80
Σχήμα 8-1: Οχήματα PoD.....	84

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει το αντικείμενο της αυτόνομης οδήγησης και αναπτύσσεται σε επτά κύριες ενότητες. Στο Κεφάλαιο 2, παρουσιάζεται η τεχνολογική εξέλιξη, οι προβλέψεις και οι επιπτώσεις εφαρμογής των αυτόνομων οχημάτων στο οδικό περιβάλλον, θετικές και αρνητικές. Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται ορισμένα από τα σημαντικότερα τεχνολογικά πρότυπα αυτόνομων οχημάτων που αναπτύσσουν κυρίαρχες αυτοκινητοβιομηχανίες συμβατικών έως σήμερα οχημάτων σε συνδυασμό με εταιρίες χαρτογράφησης και τεχνολογικού εξοπλισμού. Στο Κεφάλαιο 4, παρουσιάζονται οι εταιρίες και οι εφαρμογές που καθιστούν τα οχήματα συνδεδεμένα τόσο μεταξύ τους, όσο και με τον οδικό εξοπλισμό. Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται η τεχνολογία όχημα προς όχημα (V2V) και όχημα προς υποδομή (V2I). Στο Κεφάλαιο 6, παρουσιάζεται η ανάπτυξη και εφαρμογή του ερευνητικού προγράμματος CityMobil2 που περιλαμβάνει την κυκλοφορία μικρών αυτόνομων λεωφορείων σε πραγματικές συνθήκες στην πόλη των Τρικάλων, αποτελώντας την πρώτη κυκλοφορία αυτόνομου οχήματος στην Ελλάδα και από τις πρώτες παγκοσμίως στον τομέα των δημόσιων συγκοινωνιών ενώ στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζονται αντίστοιχες ερευνητικές εφαρμογές αυτόνομων οχημάτων παγκοσμίως. Στο Κεφάλαιο 8, παρουσιάζονται τα αυτόνομα οχήματα τεχνολογίας PoD, ενώ τελικά στο Κεφάλαιο 9, παρατίθενται τα γενικότερα συμπεράσματα της τεχνολογικής ανάπτυξης και κυκλοφορίας αυτόνομων οχημάτων.

Κεφάλαιο 2 Τεχνολογική Εξέλιξη, Προβλέψεις και Επιπτώσεις Κυκλοφορίας Αυτόνομων Οχημάτων

Η βιομηχανία αυτοκινήτων έχει αποτελέσει εδώ και 125 χρόνια ένα μοχλό τεχνολογικής καινοτομίας και οικονομικής ανάπτυξης. Στις αρχές του 21ου αιώνα, η ανάγκη για καινοτομία και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των πολιτών οδηγεί σε μια νέα τεχνολογική επανάσταση, αυτή του «αυτόνομου οχήματος». Η χρήση της νέας τεχνολογίας μπορεί να δώσει λύσεις σε μια σειρά προβλημάτων που αντιμετωπίζει σήμερα η κοινωνία. Μερικά από αυτά είναι το υψηλό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων, οι χαμένες εργατοώρες εξαιτίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τα συνακόλουθα περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς και η κατάληψη αστικού χώρου για θέσεις στάθμευσης προς όφελος των λίγων. Με την ευρεία εφαρμογή της τεχνολογίας αυτόνομης οδήγησης, πρόκειται να αλλάξει όλο το περιβάλλον μεταφορών επιβατών και εμπορευμάτων σε σύγκριση με όσα γνωρίζουμε σήμερα.

Η αυτόνομη οδήγηση (self-driving, driverless or robotic vehicles) έχει προφητευθεί από τις ταινίες επιστημονικής φαντασίας και σχολιαστεί από τα μέσα ενημέρωσης. Τα τελευταία χρόνια, μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν ανακοινώσει τα σχέδια τους ώστε να κατασκευάσουν και να πουλήσουν αυτόνομα οχήματα εντός των επόμενων ετών, ενώ νομοθετικά διατάγματα έχουν υιοθετηθεί ώστε να επιτρέψουν στα εν λόγω οχήματα να κινηθούν νόμιμα στις δημόσιες οδούς (Wikipedia, 2013) [1].

2.1 Αυτόνομα Οχήματα: Γενικά

Ένα αυτόνομο αυτοκίνητο (autonomous car), γνωστό και ως αυτοκίνητο χωρίς οδηγό (driverless car) είναι ένα αυτόνομο όχημα ικανό να εκπληρώσει τις μεταφορικές υποχρεώσεις

ενός οχήματος χωρίς οδηγό, διεπιδρώντας με το οδικό περιβάλλον χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Τα οχήματα που αλληλεπιδρούν τόσο μεταξύ τους, όσο και με το οδικό περιβάλλον μπορούν να μειώσουν τα τροχαία ατυχήματα, τις εκπομπές ρύπων, το άγχος οδηγητικού έργου και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Για να επιτευχθούν όμως αυτοί οι στόχοι πρέπει να ληφθούν υπόψιν και να επιλυθούν ζητήματα ασφαλείας (Maisto, 2013) [2]. Ο αυτόνομος έλεγχος ενός οχήματος σημαίνει ότι το όχημα παρουσιάζει καλή απόδοση υπό συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες για μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς να παρουσιάζει σφάλματα και να απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση (Antsaklis et al., 1991) [3].

Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (Η.Π.Α.), η «Εθνική Διοίκηση Κυκλοφοριακής Ασφάλειας Αυτοκινητοδρόμων [National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)] του Υπουργείου Μεταφορών [U.S. Department of Transportation (DOT)], σε έκθεσή της το έτος 2013, δηλώνει ότι τα «αυτόνομα» (autonomous) ή «αυτό-οδηγούμενα» (self-driving) οχήματα, είναι εκείνα στα οποία η λειτουργία του οχήματος συμβαίνει χωρίς να ελέγχει ο οδηγός άμεσα την επιβράδυνση, την επιτάχυνση, και την πέδηση, ενώ είναι σχεδιασμένα ώστε ο οδηγός να μην αναμένεται να ελέγχει συνέχεια το οδικό περιβάλλον καθώς το όχημα που λειτουργεί αυτόνομα.

Η ίδια υπηρεσία [National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)] υιοθετεί ένα μοντέλο κατάταξης πέντε βαθμίδων που κυμαίνεται από οχήματα που δεν έχουν κανένα σύστημα αυτοματοποίησης (επίπεδο 0) έως τα πλήρως αυτόνομα οχήματα (επίπεδο 4), (NHTSA, 2013) [4]:

- *Επίπεδο 0: Καμία αυτοματοποίηση (No automation):* Ο οδηγός ελέγχει απόλυτα το όχημα σε όλο το χρόνο μετακίνησης.
- *Επίπεδο 1: Αυτοματοποίηση συγκεκριμένης λειτουργίας (Function-specific automation):* Η αυτοματοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών όπως ο έλεγχος πλεύσης του οχήματος (cruise control), η καθοδήγηση των οριογραμμών (lane guidance) και η υποβοήθηση παράλληλης στάθμευσης (automated parallel parking). Οι οδηγοί των οχημάτων εμπλέκονται πλήρως και είναι υπεύθυνοι για το οδηγικό έργο (τα χέρια στο τιμόνι και τα πόδια στα πεντάλ καθ' όλη την ώρα της οδήγησης).
- *Επίπεδο 2: Αυτοματοποίηση συνδυασμένης λειτουργίας (Combined-function automation):* Αυτοματοποίηση πολλαπλών και ολοκληρωμένων λειτουργιών ελέγχου, όπως ο προσαρμοσμένος έλεγχος πλεύσης με κέντρωση επί των οριογραμμών τω

λωρίδων κυκλοφορίας (adaptive cruise with lane centering). Οι οδηγοί είναι υπεύθυνοι να ελέγχουν τις συνθήκες κυκλοφορίας στην οδό και να είναι σε θέση να αναλάβουν τον έλεγχο του οχήματος ανά πάσα χρονική στιγμή. Υπό ορισμένες κυκλοφοριακές συνθήκες μπορούν να αποδεσμευθούν τελείως από το οδηγικό έργο χωρίς να έχουν τα χέρια στο τιμόνι και τα πόδια στο πεντάλ.

- *Επίπεδο 3: Περιορισμένη αυτοματοποίηση (Limited self-driving automation):* Οι οδηγοί μπορούν να παραβλέψουν όλες τις κρίσιμες λειτουργίες υπό συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες και να βασιστούν στο όχημα τους να πραγματοποιήσει όλους τους οδηγικούς ελιγμούς. Οι οδηγοί δεν αναμένεται να ελέγχουν συνεχώς τις κυκλοφοριακές συνθήκες.
- *Επίπεδο 4: Πλήρης αυτοματοποίηση (Full self-driving automation):* Τα οχήματα μπορούν να πραγματοποιήσουν όλες τις οδηγικές λειτουργίες και να επιβλέψουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Επομένως, μπορούν να μεταφέρουν επιβάτες που δε γνωρίζουν πώς να οδηγούν ή και να κινούνται χωρίς να μεταφέρουν καθόλου επιβάτες.

Υπάρχουν συγκεκριμένες φήμες που κυκλοφορούν σχετικά με τα αυτόνομα οχήματα. Οι υποστηρικτές των αυτόνομων οχημάτων θεωρούν ότι οι πολίτες θα είναι σύντομα ικανοί να αγοράσουν οχήματα αυτόνομης τεχνολογίας τα οποία θα τους προσδώσουν τη δυνατότητα να μειώσουν το κόστος μετακίνησης και στάθμευσης, τα οδικά ατυχήματα και τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων, καθώς και να μεταφέρουν επιβάτες που δεν μπορούν να οδηγήσουν, μειώνοντας την ανάγκη χρήσης μέσων μαζικής μετακίνησης (Keen, 2013) [5]. Σύμφωνα με αυτό το σενάριο τα οφέλη των αυτόνομων οχημάτων θα είναι τόσο μεγάλα που αναμφίβολα όλοι θα επωφεληθούν. Παρόλα αυτά, ενδεχομένως τα οφέλη να μην είναι τόσο σημαντικά και το κόστος απόκτησης και λειτουργίας υψηλότερο από τις υποθέσεις των αισιόδοξων προβλέψεων.

Τα πλήρως αυτόνομα οχήματα αναμένεται να αναπτυχθούν τεχνολογικά εντός της δεκαετίας, αλλά θα χρειαστούν αρκετά χρόνια ακόμη μέχρι να προσαρμοστούν οι μεταφορικές υποδομές και η κοινωνία σε αυτά (Irving, 2014) [6]. Η εταιρεία Nissan ανακοίνωσε το έτος 2013 τα σχέδιά της να θέσει σε κυκλοφορία αυτόνομα οχήματα μέχρι το έτος 2020. Η Nissan παρουσίασε την τεχνολογία αυτόνομου οχήματος σε έκθεση στην

Καλιφόρνια το έτος 2013, εφαρμόζοντας την στο μοντέλο ηλεκτρικού οχήματος Nissan Leaf (Nissan News, 2013) [7].

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες προσφέρουν σήμερα ένα πλήθος εφαρμογών υποβοήθησης της οδήγησης στους τομείς της αυτόνομης πέδησης, διατήρησης λωρίδας κυκλοφορίας, επιβράδυνσης/επιτάχυνσης, στάθμευσης, αποφυγής σύγκρουσης και ανίχνευσης κόπωσης οδηγού. Το μοντέλο αυτοκινήτου “2014 Mercedes S-Class” έχει υιοθετήσει τις ανωτέρω εφαρμογές για κυκλοφορία τόσο σε αστικό όσο και σε υπεραστικό περιβάλλον, για ταχύτητες έως 124 μίλια/ώρα (200 χλμ/ώρα), (Ingraham, 2013) [8].

Το πρώτο αυτόνομο όχημα που αναπτύχθηκε για εμπορική χρήση είναι το Navia που αποτελεί ένα υβρίδιο μεταξύ ενός οχήματος για γκολφ και ενός μίνι λεωφορείου (Maisto, 2014) [9]. Το Navia είναι ένα ηλεκτρικό όχημα με μηδενικές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων ικανό να μεταφέρει 8 επιβάτες με ταχύτητα 12 μιλίων/ώρα ή 20 χλμ/ώρα. Η εταιρεία Google ανακοίνωσε στις 27 Μαΐου 2014, ότι σκοπεύει να κατασκευάσει 100 πρωτότυπα αυτόνομων οχημάτων που θα τεθούν σε κυκλοφορία στην Πολιτεία της Καλιφόρνιας εντός των επόμενων δυο ετών. Σχεδιασμένα με γνώμονα την οδική ασφάλεια με έμφαση στην κάλυψη των τυφλών σημείων, τα οχήματα αυτά θα είναι ιδιαίτερα αποδοτικά σε δρόμους με υψηλούς κυκλοφοριακούς φόρτους και πολλές διασταυρώσεις. Η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος θα είναι 25 μίλια/ώρα ενώ θα διαθέτουν δυο καθίσματα, χώρο για αποσκευές, ένα κουμπί για έναρξη και παύση της λειτουργίας του οχήματος, και μια οθόνη που δείχνει τη διαδρομή (Google Official Blog, 2014) [10].

2.2 Αυτόνομα Οχήματα: Πλεονεκτήματα

Οι πιθανές θετικές επιδράσεις από την κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων (οφέλη) περιγράφονται ακολούθως (Litman, 2015) [11]:

- Μειωμένο στρες οδήγησης: Μειώνει το άγχος για την οδήγηση και επιτρέπει τους επιβάτες να ξεκουραστούν και να εργαστούν όταν ταξιδεύουν.
- Μειωμένο κόστος οδήγησης: Μειώνει το κόστος για χρήση ταξί ή μέσων μαζικής μετακίνησης.
- Κινητικότητα για όσους δεν οδηγούν: Παρέχεται η δυνατότητα αυτόνομης μετακίνησης σε πολίτες που δεν μπορούν να οδηγήσουν είτε διότι δεν έχουν δίπλωμα

οδήγησης, είτε διότι δεν έχουν τη φυσική – σωματική δυνατότητα. Επομένως αποδεδειγμένα οι συνοδοί οδηγού, μειώνεται η ανάγκη μετακίνησης με ταξί ή μέσα μαζικής μεταφοράς.

- Αυξημένη ασφάλεια: Δύναται να μειώσει τα οδικά ατυχήματα, ελαχιστοποιώντας τους θανάτους και τραυματίες, καθώς και το συνολικό κόστος τους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, κόστους αποκατάστασης υλικών ζημιών και ανάγκης ψυχολογικής στήριξης.
- Αυξημένη χωρητικότητα οδού: Είναι δυνατή η κίνηση των οχημάτων σε ομάδες με ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους (platooning) σε κυκλοφοριακές λωρίδες μικρότερου πλάτους, αυξάνοντας έτσι τη χωρητικότητα και κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού.
- Αποδοτικότερες συνθήκες στάθμευσης: Τα οχήματα μπορούν να αποβιβάσουν τους επιβάτες τους και να αναζητήσουν ένα χώρο στάθμευσης, όπως και να τους παραλάβουν από ένα ορισμένο σημείο συνάντησης χωρίς οι επιβάτες να χρειαστεί να μεταβούν στο χώρο στάθμευσης του οχήματος.
- Αύξηση της αποδοτικότητας κατανάλωσης καυσίμων και μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων.
- Υποστήριξη κοινόχρηστων οχημάτων μεταξύ περισσότερων πολιτών μειώνοντας έτσι το κόστος απόκτησης και χρήσης του οχήματος.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναγνωρισθεί επίσης αρκετά πλεονεκτήματα και που θα επιφέρει η χρήση των αυτόνομων οχημάτων. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα αυτόνομα οχήματα είναι τα εξής:

- Πρόκληση λιγότερων τροχαίων ατυχημάτων, εξαιτίας της απόσπασης προσοχής των οδηγών από το οδηγικό έργο (Cowen, 2011) [12].
- Αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας των οδών και μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, εξαιτίας της μείωσης των κυκλοφοριακών κενών ασφαλείας και της ικανότητας για καλύτερη διαχείριση της κυκλοφοριακής ροής (Cowen, 2011) [12]. Ανάλογα με το επίπεδο αυτοματοποιημένων λειτουργιών που διαθέτει ένα όχημα η αύξηση της χωρητικότητας μπορεί να κυμαίνεται από 43%, στην περίπτωση που όλα τα οχήματα έχουν εγκατεστημένους αισθητήρες εμποδίων, πρόσφυσης, κ.α., έως και 273% στην περίπτωση που πέρα από τους αισθητήρες υπάρχει και η δυνατότητα

επικοινωνίας όχημα-με-όχημα με σκοπό τη συλλογή-επεξεργασία πληροφοριών και ενημέρωση κάθε οδηγού ως προς την κυκλοφορία στο αντίθετο ρεύμα, στις διασταυρώσεις, κ.α. (Tientrakool et al., 2011) [13].

- Ανακούφιση των επιβατών του οχήματος από το έργο οδήγησης και εύρεση διαδρομής (Cowen, 2011) [12].
- Αύξηση των ορίων ταχύτητας για τα αυτόνομα οχήματα (Houston Chronicle, 2012) [14].
- Αφαίρεση των περιορισμών οδήγησης εξαιτίας φυσικής αδυναμίας του οδηγού ή του ιδιοκτήτη, όπου δε τίθεται πλέον θέμα ηλικίας, κόπωσης, απόσπασης προσοχής, κατανάλωσης αλκοόλ ή ουσιών.
- Καλύτερη διαχείριση της στάθμευσης, καθώς οι επιβάτες θα μπορούν να αποβιβασθούν στο σημείο προορισμού μετακίνησης και το όχημα να σταθμεύσει μακρύτερα και να ειδοποιηθεί να τους παραλάβει στην επιβίβαση, περιορίζοντας έτσι το χρόνο αναζήτησης στάθμευσης.
- Περιορισμός ανάγκης για αστυνόμευση και ασφαλιστική κάλυψη οχημάτων (Light, 2012) [15].
- Μείωση των απαραίτητων υποδομών οδικής σήμανσης και σηματοδότησης (Au et al., 2012) [16].
- Ομαλότερη οδήγηση (Simonite, 2013) [17].
- Μείωση της κατανάλωσης καυσίμων (λόγω της μείωσης της αεροδυναμικής αντίστασης) καθώς τα οχήματα έχουν τη δυνατότητα να κινούνται σε πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους.

2.3 Αυτόνομα Οχήματα: Μειονεκτήματα

Οι πιθανές αρνητικές επιδράσεις από την κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων (κόστη) περιγράφονται ακολούθως (Litman, 2015) [11]:

- Αύξηση του κόστους υποδομών: Απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός των οχημάτων, υπηρεσίες και συντήρηση, καθώς και επενδύσεις στην οδική υποδομή.

- Επιπλέον ρίσκο: Μπορεί να εισάγει νέα ρίσκα, όπως απώλεια συστήματος, με κίνδυνο για ιδιαίτερες κυκλοφοριακές συνθήκες.
- Ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας: Τα οχήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τρομοκρατικές επιθέσεις (κινούμενα αυτόνομα προς το στόχο), είναι ευαίσθητα σε ηλεκτρονικές επιθέσεις (hacking), ενώ η μετάδοση πληροφοριών από συστήματα ανίχνευσης θέσης μπορεί να θέσουν ζητήματα ιδιωτικότητας στις μετακινήσεις.
- Αύξηση χρήσης οχημάτων και εξωτερικού κόστους μετακινήσεων: Η βελτίωση της άνεσης μετακίνησης με αυτόνομα οχήματα μπορεί να αυξήσει τη χρήση τους όπως και το εξωτερικό κόστος των μετακινήσεων.
- Ζητήματα κοινωνικής ισότητας: Μπορεί να τεθούν θέματα ανισότητας, μειώνοντας πχ την άνεση και την ασφάλεια των υπόλοιπων οχημάτων.
- Μείωση θέσεων εργασίας: Θέσεις εργασίας για οδηγούς και τεχνικούς οχημάτων πιθανώς να μειωθούν εξαιτίας της αυτόνομης οδήγησης και του μειωμένου αριθμού τροχαίων ατυχημάτων.
- Αλλαγή των προτεραιοτήτων στις πολιτικές κυκλοφοριακού σχεδιασμού: Είναι πιθανόν να μειωθούν οι επενδύσεις για υποδομές βιώσιμων μέσων μετακίνησης και μέσων μαζικής μεταφοράς.

Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν αναγνωριστεί επίσης αρκετά μειονεκτήματα και που θα επιφέρει η χρήση των αυτόνομων οχημάτων. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα που παρέχουν τα αυτόνομα οχήματα είναι τα εξής:

- Ζητήματα αξιοπιστίας ή αστοχίας του λογισμικού που μπορεί να οδηγήσουν σε ακινητοποίηση του οχήματος, λανθασμένη πορεία ή πρόκληση ατυχήματος (Ross, 2014) [18].
- Εφαρμογή κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου για την κυκλοφορία αυτόνομων οχημάτων (Lancaster, 2013) [19].
- Οι οδηγοί δεν έχουν επαρκή οδηγική εμπειρία για να ανταποκριθούν σε περίπτωση που χρειαστεί να ανακτήσουν τον έλεγχο του οχήματος.
- Απώλεια επαγγελματιών που σχετίζονται με τον τομέα εκτέλεσης μεταφορικού έργου (Prynne, 2014) [20].

- Απώλεια της ιδιωτικότητας και έλεγχος των μεταφορικών και καταναλωτικών προτιμήσεων (Lin, 2014) [21].
- Κίνδυνος να εφοδιαστούν τα οχήματα με εκρηκτικά και να χρησιμοποιηθούν ως «φονικά όπλα» (Harris, 2014) [22].
- Ηθικά προβλήματα που δημιουργούνται όταν ένα αυτόνομο όχημα αναγκαστεί να επιλέξει τη λιγότερο επιβλαβή δράση, εμπλεκόμενο σε μια αναπόφευκτη σύγκρουση (Worstell, 2014) [23].

2.4 Αυτόνομα Οχήματα: Εκτιμώμενα Κόστη

Το κόστος λειτουργίας των αυτόνομων οχημάτων είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, καθώς απαιτούν ποικιλία ειδικών αισθητήρων υψηλού κόστους, τόσο εντός του οχήματος όσο και στην οδική υποδομή. Επειδή οι αστοχίες των αισθητήρων μπορεί να αποβούν θανατηφόρες τόσο στους επιβάτες των οχημάτων όσο και στους λοιπούς οδικούς χρήστες, όλα τα κρίσιμα υλικά θα πρέπει να διαπνέονται από υψηλά επίπεδα ποιότητας κατασκευής, εγκατάστασης, επιδιόρθωσης, ελέγχου και συντήρησης, παρόμοια με τα συστήματα των αεροσκαφών, καθιστώντας τα έτσι σχετικά υψηλού κόστους. Η αυτόνομη λειτουργία των οχημάτων θα απαιτήσει ειδικές υπηρεσίες χαρτογράφησης και πλοήγησης στο οδικό δίκτυο (Google Maps, GPS).

Συγκεντρωτικά, ο εξοπλισμός των αυτόνομων οχημάτων και οι απαιτούμενες υπηρεσίες είναι ο εξής (Litman, 2015) [11]:

- Ασύρματοι πομποί
- Ποικίλοι και υπεράριθμοι αισθητήρες (οπτικοί, υπέρυθρες, ραντάρ, υπερηχητικά και λέιζερ) ικανοί να λειτουργούν σε ποικίλες συνθήκες (βροχή, χιόνι, μη ασφαλτοστρωμένες οδοί, τούνελ κλπ).
- Ασύρματα δίκτυα. Συστήματα μικρής εμβέλειας για επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων, και συστήματα μεγάλης εμβέλειας για πρόσβαση σε χάρτες, αναβάθμιση λογισμικού, αναφορά οδικών κυκλοφοριακών συνθηκών και επείγοντα μηνύματα.
- Πλοήγηση, χρήση συστημάτων GPS και ψηφιακών χαρτών.
- Αυτόματος έλεγχος (τιμόνι, φρένα, σήματα κλπ)

- Σκληροί δίσκοι, λογισμικό και προμηθευτές ενέργειας με υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας.
- Επιπρόσθετος έλεγχος, συντήρηση και κόστος επιδιόρθωσης για κρίσιμα στοιχεία όπως αισθητήρες και διακόπτες.

Οι κατασκευαστές των οχημάτων θα πρέπει να ενσωματώσουν το κόστος τεχνολογικής ανάπτυξης και των επιπρόσθετων αισθητήρων στην τελική τιμή ενός οχήματος. Αν και εκτιμάται ότι τα οχήματα θα καταναλώνουν λιγότερα καύσιμα και θα απαιτούν χαμηλότερο κόστος ασφάλισης, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για το αν τα αυτόνομα οχήματα θα είναι οικονομικά ελκυστικά και ανταγωνιστικά σε σχέση με τα συμβατικά για το μέσο καταναλωτή.

Τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να βελτιστοποιήσουν το επίπεδο άνεσης των επιβατών. Επομένως, θα τείνουν να μειώσουν τις απότομες επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις και την εν γένει «επιθετική» οδήγηση των ανθρώπων οδηγών, μετατρέποντας τη μετακίνηση πιο άνεση για τους επιβάτες παρέχοντας τους τη δυνατότητα να εργαστούν ή να κοιμηθούν. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται αφενός η κατανάλωση καυσίμων αλλά μειώνεται αφετέρου η συνολική κυκλοφοριακή ικανότητα μιας οδού.

2.5 Αυτόνομα Οχήματα: Εκτιμώμενα Οφέλη

Οι υποστηρικτές των αυτόνομων οχημάτων δίνουν έμφαση στην άνεση, ασφάλεια, μείωση κυκλοφοριακής συμφόρησης και τις εκπομπές ρύπων. Για παράδειγμα, υιοθετούν την άποψη ότι καθώς ο ανθρώπινος παράγοντας είναι κυρίαρχος στην πρόκληση τροχαίων ατυχημάτων, τα αυτόνομα οχήματα θα μειώσουν τα ατυχήματα σε ποσοστό 90% (Fagnant and Kockelman, 2013) [24]. Παρόλα αυτά, τα αυτόνομα οχήματα είναι πιθανόν να εισάγουν νέα ρίσκα περιλαμβάνοντας αστοχίες λειτουργικού συστήματος ή κυβερνοπολέμου (Bilger, 2013) [25], ισοδύναμη συμπεριφορά (offsetting behavior) στην έννοια της ανάληψης επιπρόσθετου ρίσκου από τους οδηγούς όταν «αισθάνονται» ασφαλέστεροι (risk compensation) και επιστρεφόμενες επιδράσεις (rebound effects) στην έννοια της αυξημένης χρήσης του αυτοκινήτου που συνεπάγεται μια πιο σύντομη ή χαμηλότερου κόστους μετακίνηση (Ohnsman, 2014) [26]. Για παράδειγμα, επειδή οι επιβάτες αισθάνονται μεγαλύτερη ασφάλεια μπορεί να μειώσουν τη χρήση ζώνης ασφαλείας, λοιποί οδικοί χρήστες να γίνουν λιγότερο προσεκτικοί, τα οχήματα να κινούνται με υψηλότερη ταχύτητα και εγγύτερα μεταξύ τους. Οι Sivak and Schoettle (2015a) [27] στην έρευνα τους συμπεραίνουν

ότι τα αυτόνομα οχήματα δε θα είναι πιο ασφαλή σε σχέση με τον μέσο οδηγό και πιθανώς να αυξήσουν τον αριθμό των οχημάτων στην περίπτωση ταυτόχρονης κυκλοφορίας στην οδό με συμβατικά οχήματα.

Οι εκτιμώμενες μειώσεις στο κόστος κυκλοφοριακής συμμόρφωσης και στάθμευσης, μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές ρύπων είναι επίσης αβέβαιες λόγω διαδραστικών επιδράσεων. Για παράδειγμα, η προσφερόμενη ικανότητα εργασίας και ξεκούρασης κατά τη διάρκεια της μετακίνησης μπορεί να προσελκύσει ορισμένους αυτοκινητιστές να επιλέξουν μεγαλύτερα οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν ως κινητά γραφεία και υπνοδωμάτια, αυξάνοντας τα οχηματοχιλιόμετρα που θα διανύουν. Η χρήση αυτόνομων οχημάτων μπορεί να αυξήσει το εξωτερικό κόστος μετακινήσεων, να μειώσει τη χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, να οδηγήσει στην εξάπλωση των πόλεων καθιστώντας έτσι μονόδρομο τη χρήση του αυτοκινήτου και εν τέλει να αυξήσει το συνολικό αριθμό των διανυόμενων χιλιομέτρων.

Μερικοί υποστηρικτές των αυτόνομων οχημάτων ισχυρίζονται ότι θα μειώσουν το δείκτη ιδιοκτησίας ΙΧ και θα καταναείμουν το κόστος στάθμευσης μεταξύ των χρηστών. Οι Sivak and Schoettle (2015b) [28] εκτιμούν ότι θα μειωθεί έως 43% ο δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ, από 2,1 σε 1,2 οχήματα ανά νοικοκυριό, αλλά θα αυξηθούν οι διανυόμενες αποστάσεις έως 75% ανά όχημα. Αυτά τα οφέλη και οι επιδράσεις είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Επιπλέον, πολλοί οδηγοί επιλέγουν ένα όχημα που να εξυπηρετεί όχι μόνο τις προσωπικές, οικογενειακές ή εργασιακές τους ανάγκες, αλλά που να τους προσδίδει μια ξεχωριστή ταυτότητα, καθιστώντας δυσχερή την κοινή ιδιοκτησία και χρήση με άλλους πολίτες. Η χρήση αυτόνομων οχημάτων ως ταξί μπορεί να μειώσει επίσης τον δείκτη ιδιοκτησίας ΙΧ, αλλά οι επιδράσεις αναμένονται μετριοπαθείς καθώς θα εξαρτώνται από παράγοντες όπως το κόστος καθαρισμού και βανδαλισμού από τους επιβάτες, όπως επιπρόσθετα η άνεση και ιδιωτικότητα τους.

2.6 Αυτόνομα Οχήματα: Ανάπτυξη και Εφαρμογή

Πολλά οχήματα που κυκλοφορούν σήμερα στο οδικό περιβάλλον των προηγμένων τεχνολογικά βρίσκονται στο 1^ο επίπεδο αυτοματοποίησης, διαθέτοντας λειτουργίες ελέγχου πλεύσης (cruise control), προειδοποίησης προσέγγισης σε εμπόδιο (obstruction warning) και παράλληλης στάθμευσης (parallel parking). Επίσης, βρίσκονται σε ανάπτυξη χαρακτηριστικά

του 2^{ου} επιπέδου, όπως η αυτόματη παρακολούθηση οριογραμμής οδού, η αποφυγή ατυχήματος, και η ανίχνευση κούρασης του οδηγού. Ο συντονισμός των οχημάτων σε ομάδες είναι πλέον εφικτός αλλά όχι λειτουργικός καθώς απαιτούνται σημαντικές επενδύσεις στη δημιουργία οδικών υποδομών που θα υποστηρίζουν αυτή τη λειτουργία. Τα οχήματα της εταιρείας Google 3^{ου} επιπέδου, έχουν διανύσει εκατοντάδες χιλιάδες μίλια υπό αυστηρές συνθήκες: ειδικά χαρτογραφημένες διαδρομές, αίθριες καιρικές συνθήκες, και παρέμβαση ανθρώπινου παράγοντα στην οδήγηση όταν κριθεί απαραίτητο (Muller, 2013) [29]. Ορισμένοι κατασκευαστές φιλοδοξούν να πουλήσουν αυτοκίνητα 4^{ου} επιπέδου εντός μερικών ετών, αλλά οι λεπτομέρειες είναι αβέβαιες, καθώς οι πρώιμες εκδόσεις τους θα είναι διαθέσιμες για κυκλοφορία σε απόλυτα ελεγχόμενες κυκλοφοριακές συνθήκες σε οδικά περιβάλλοντα όπως είναι οι αυτοκινητόδρομοι (Row, 2013) [30].

Παρά αυτή την πρόοδο, χρειάζεται σημαντική τεχνολογική βελτίωση για να γίνει πρόοδος από το «περιορισμένο επίπεδο 3» στη λειτουργία «μη – περιορισμένο επίπεδο 4». Από τη στιγμή που μια αστοχία του λειτουργικού συστήματος μπορεί να αποβεί θανατηφόρα στους επιβάτες του οχήματος και στους υπόλοιπους οδικούς χρήστες, η αυτόματη οδήγηση απαιτεί υψηλά επίπεδα απόδοσης. Οι αισθητήρες, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και το λογισμικό θα πρέπει να είναι εύρωστοι, υπεράριθμοι και ανθεκτικοί. Ορισμένα επιπλέον χρόνια ανάπτυξης και δοκιμών θα είναι πιθανώς απαραίτητα μέχρι οι νομοθέτες και οι πιθανοί χρήστες να εμπιστευθούν οχήματα 4^{ου} επιπέδου, ώστε να λειτουργούν όπως είναι επιθυμητό σε όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Στον Πίνακα 2-1, παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα στάδια ανάπτυξης των αυτόνομων οχημάτων από τη σημερινή κατάσταση ανάπτυξης πρωτοτύπων και περιορισμένης κυκλοφορίας στις οδούς μέχρι την πλήρη κυριαρχία στο παγκόσμιο οδικό δίκτυο.

Πίνακας 2-1: Στάδια Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων

Στάδιο	Σημείωση
Επίπεδο 2 – Αυτοματοποίηση συνδυασμένης λειτουργίας (πλοήγηση, πέδηση και	Αυτό είναι το υφιστάμενο τεχνολογικό επίπεδο, διαθέσιμο σε μερικά νέα οχήματα.

παρακολούθηση οριογραμμών)	
Συντονισμένη κίνηση σε ομάδες	Τεχνολογικά δυνατό αλλά απαιτεί επικοινωνία όχημα-όχημα και οριοθετημένες λωρίδες κυκλοφορίας για να μεγιστοποιήσουν την ασφάλεια και τα οφέλη κινητικότητας.
Επίπεδο 3 – Περιορισμένη αυτοματοποίηση	Σε υφιστάμενη δοκιμή: Τα πειραματικά οχήματα της εταιρείας Google έχουν διανύσει εκατοντάδες χιλιάδες μίλια αυτοδύναμης οδήγησης υπό αυστηρές συνθήκες.
Επίπεδο 4 – Αυτοματοποίηση σε όλες τις συνθήκες	Απαιτεί περαιτέρω τεχνολογική ανάπτυξη.
Νομοθετική έγκριση για αυτόματη οδήγηση σε δημόσιες οδούς	Έχουν αναπτυχθεί σε ορισμένες πολιτείες των ΗΠΑ ορισμένα νομοθετικά πλαίσια που να επιτρέπουν τα αυτόνομα οχήματα να κινούνται με ασφάλεια στις δημόσιες οδούς.
Πλήρως αυτόνομα οχήματα διαθέσιμα προς πώληση στο καταναλωτικό κοινό	Ορισμένες εταιρείες αναμένουν τη διάθεση στο καταναλωτικό κοινό «αυτόνομων οχημάτων» μεταξύ των ετών 2018 και 2020, αν και οι ικανότητες και τιμές τους δεν έχουν καθοριστεί.
Τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μεγάλο τμήμα της αγοράς οχημάτων	Θα εξαρτηθεί από την απόδοση τους, την τιμή και την αποδοχή από το καταναλωτικό κοινό. Οι νέες τεχνολογίες απαιτούν συνήθως αρκετά χρόνια μέχρι να αποκτήσουν εμπιστοσύνη από τους καταναλωτές.
Τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν μεγάλο τμήμα των κυκλοφορούμενων οχημάτων	Με την είσοδο νέων οχημάτων με αυξημένες δυνατότητες αυτόνομης οδήγησης, θα αυξηθεί το ποσοστό τους στο συνολικό στόλο των κυκλοφορούμενων οχημάτων.
Κορεσμός στην αγορά οχημάτων	Όποιος θέλει ένα αυτόνομο όχημα θα μπορεί να το αποκτήσει.
Παγκόσμια κυριαρχία	Όλα τα οχήματα κινούνται πλήρως αυτόνομα στις

Πηγή: NHTSA, 2013 [4]; Litman, 2015 [11]

2.7 Αυτόνομα Οχήματα: Προβλέψεις Εφαρμογής

Η εφαρμογή των αυτόνομων οχημάτων μπορεί να προβλεφθεί σύμφωνα με το σχέδιο τεχνολογικής εξέλιξης υφιστάμενων οχημάτων και του κύκλου αντικατάστασης:

- Αυτόματοι πομποί (Healey, 2012) [31]: Αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά τη δεκαετία 1930 και χρειάστηκε μέχρι τη δεκαετία του 1980, ώστε να γίνουν αξιόπιστα και οικονομικά προσιτά. Αποτελούνε σήμερα τυπικό εξοπλισμό στα περισσότερα οχήματα μεσαίας και υψηλής τιμής που κυκλοφορούν στις Η.Π.Α., αν και μερικά μοντέλα έχουν χειροκίνητα μέσα. Μόλις βελτιστοποιηθούν θα κοστίζουν μεταξύ 1000\$ - 2000\$. Τα υφιστάμενα εμπορικά μερίδια οχημάτων βρίσκονται στη Βόρεια Αμερική (90%) και στην Ευρώπη (50%).
- Αερόσακοι (Dirksen, 1997) [32]: Εισήχθησαν για πρώτη το 1973. Αρχικά αποτέλεσαν μια ακριβή και μερικές φορές επικίνδυνη επιλογή (μπορούσαν να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανάτους), σταδιακά έγιναν πιο φθηνά και πιο ασφαλή, τυποποιήθηκαν σε ορισμένα μοντέλα από το 1988 και έγιναν υποχρεωτικά στις Η.Π.Α. από το 1998.
- Υβριδικά οχήματα (Berman, 2011) [33]: Έγιναν διαθέσιμα στο εμπόριο το 1997, αλλά οι τιμές τους ήταν υψηλές και η απόδοσή τους χαμηλή. Η χρησιμότητα και απόδοση τους έχει βελτιωθεί, αλλά προσθέτουν 5000\$ κατά μέσο όρο στην τιμή ενός οχήματος. Το 2012 αποτελούσαν το 3,3% του συνολικού κύκλου πωλήσεων οχημάτων.
- Συνδρομητικές υπηρεσίες οχημάτων: Πλοήγηση, απομακρυσμένο κλείδωμα / ξεκλείδωμα, διαγνωστικοί έλεγχοι και υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Η υπηρεσία OnStar έγινε διαθέσιμη το 1997 και η Tom-Tom το 2009. Κοστίζουν περίπου 200\$ - 400\$ ετησίως. Περίπου το 2% των αυτοκινητιστών στις Η.Π.Α. είναι συνδρομητές στην εταιρεία OnStar.

- Συστήματα πλοήγησης οχήματος (Lendino, 2012) [34]. Τα συστήματα πλοήγησης οχημάτων έγιναν διαθέσιμα στα μέσα της δεκαετίας 1980. Στα μέσα της δεκαετίας 1990, τα εργοστασιακά εγκατεστημένα συστήματα στα οχήματα κοστίζουν περί τα 2000\$. Η απόδοση και χρησιμότητα τους έχει βελτιωθεί ενώ οι τιμές τους έχουν μειωθεί για τα εργοστασιακά εγκατεστημένα συστήματα στα 500\$ και στα 200\$ για φορητά συστήματα. Βρίσκονται εγκατεστημένα στα περισσότερα οχήματα υψηλού κόστους.

Στον Πίνακα 2-2 συνοψίζεται ο κύκλος ανάπτυξης των ανωτέρω αναφερόμενων τεχνολογιών από την αρχική εμπορική τους διαθεσιμότητα μέχρι την πλήρη κυριαρχία τους στην αγορά οχημάτων.

Πίνακας 2-2: Σύνοψη Τεχνολογικής Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων

<i>Εξοπλισμός</i>	<i>Κύκλος ανάπτυξης</i>	<i>Τυπικό κόστος (πλήρες)</i>	<i>Κυριαρχία στην αγορά</i>
Αερόσακοι	25 έτη (1973-1978)	100\$+	100%
Αυτόματοι πομποί	50 έτη (1940-1990)	1500\$	90% (ΗΠΑ), 50% παγκοσμίως
Συστήματα πλοήγησης	30+ έτη (1985 - 2015+)	500\$-	Αβέβαιο, πιθανώς άνω του 80%
Προαιρετικές υπηρεσίες GPS	15 έτη	250\$ ετησίως	2-5%
Υβριδικά οχήματα	25+ έτη (1990-2015+)	5000\$	Αβέβαιο, περίπου 4%

Πηγή: Litman, 2015 [11]

Το κόστος απόκτησης αυτόνομων οχημάτων θα είναι σημαντικά υψηλότερο από τα συμβατικά οχήματα και θα απαιτεί επιπλέον έξοδα σε ετήσιες συνδρομητικές υπηρεσίες πλοήγησης και ανανέωσης λογισμικού. Αν και τα αυτόνομα οχήματα θα προσφέρουν

σημαντικές υπηρεσίες σε ορισμένους χρήστες, είναι αβέβαιο το ποσοστό των καταναλωτών που θα εκτιμήσουν τα οφέλη τους και θα τα αντισταθμίσουν με το υψηλότερο κόστος απόκτησης και χρήσης.

Η ανάπτυξη των αυτόνομων οχημάτων μπορεί να εκτιμηθεί σύμφωνα με τους δείκτες ανάπτυξης υφιστάμενων τεχνολογιών. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, τα πλήρως αυτόματα οχήματα θα κυκλοφορήσουν στους δημόσιους δρόμους περί το 2020, αλλά θα είναι αρχικά τεχνολογικά ατελή και θα κοστίζουν δεκάδες χιλιάδες δολάρια υψηλότερα από τα συμβατικά οχήματα. Με το πέρασμα των ετών και τη βελτίωση της τεχνολογίας θα επέλθει μείωση του κόστους απόκτησης και λειτουργίας, καθώς και της αξιοπιστίας και λειτουργικότητας τους με αποτέλεσμα της απόκτηση μεγαλύτερου τμήματος της αγοράς. Η ανάπτυξη τους εκτιμάται πως θα είναι αντίστοιχη των αυτόματων πομπών, οι οποίοι χρειάστηκαν περίπου πέντε δεκαετίες για να κατακτήσουν την αγορά, αν και υπάρχει ακόμη ένα μικρό ποσοστό χρηστών που επιλέγουν τους χειροκίνητους πομπούς λόγω τους χαμηλότερου κόστους και της προσωπικής επιλογής.

Στον Πίνακα 2-3, παρουσιάζονται οι προβολές ανάπτυξης αυτόνομων οχημάτων όπως αναμένεται ότι θα απαιτήσουν αρκετές δεκαετίες έως ότου κυριαρχήσουν όχι μόνο στην αγορά νέων οχημάτων αλλά και να αντικαταστήσουν πλήρως τα συμβατικά οχήματα αναλαμβάνοντας πλήρως το μεταφορικό έργο επιβατών και εμπορευμάτων.

Πίνακας 2-3: Προβολές Ανάπτυξης Αυτόνομων Οχημάτων

<i>Στάδιο</i>	<i>Δεκαετία</i>	<i>Πωλήσεις</i>	<i>Στόλος</i>	<i>Μετακινήσεις</i>
Διαθέσιμα σε υψηλή τιμή	2020	2-5%	1-2%	1-4%
Διαθέσιμα σε μέτρια τιμή	2030	20-40%	10-20%	10-30%
Διαθέσιμα σε χαμηλή τιμή	2040	40-60%	20-40%	30-50%
Τυπικά χαρακτηριστικά στα περισσότερα νέα οχήματα	2050	80-100%	40-60%	50-80%

Κορεσμός στην αγορά	2060	άγνωστο	άγνωστο	άγνωστο
Απαραίτητος εξοπλισμός για όλα τα οχήματα	άγνωστο	100%	100%	100%

Πηγή: Litman, 2015 [11]

Η πλήρης ανάπτυξη των αυτόνομων οχημάτων μπορεί να είναι πιο αργή από την αναμενόμενη. Η τεχνολογικές προκλήσεις μπορεί να είναι πιο δύσκολο να επιλυθούν από το αναμενόμενο, επομένως τα πλήρως αυτόνομα οχήματα μπορεί να μην είναι διαθέσιμα πριν από τις δεκαετίες 2030 ή 2040. Πιθανώς να έχουν υψηλότερο κόστος παραγωγής και συντήρησης, τα οφέλη τους μικρότερα από το αναμενόμενο ή να αναπτυχθούν ζητήματα προσωπικής προτίμησης ή προστασίας της ιδιωτικότητας. Επομένως, είναι πιθανό να καταλάβουν μικρότερο τμήμα της αγοράς από το αναμενόμενο σύμφωνα με τον ανωτέρω πίνακα.

Η σημαντικά πιο γρήγορα ανάπτυξη τους θα απαιτούσε υψηλότερες επενδύσεις για την ανανέωση του στόλου των οχημάτων και τον εξοπλισμό των οδικών υποδομών. Για παράδειγμα, αν επιθυμούμε η πλειοψηφία των οχημάτων να είναι αυτόνομη έως το 2035, θα πρέπει τα περισσότερα νέα οχήματα που αγοράζονται από τους καταναλωτές περί το 2025 να είναι αυτόνομα. Οι καταναλωτές όμως πιθανώς να μην έχουν την αγοραστική δύναμη να προβούν σε μια τέτοια αλλαγή ενώ υφιστάμενα μοντέλα συμβατικών οχημάτων θα απαξιωθούν και θα πρέπει να αποσυρθούν.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή των αυτόνομων οχημάτων είναι μια από τις πολλές παραμέτρους και παράγοντες που αναμένεται να επηρεάσουν τις μελλοντικές ανάγκες και κόστος μετακίνησης. Οι σημαντικότερες είναι οι εξής (Litman, 2015) [11]:

Δημογραφικές τάσεις

- Γήρανση πληθυσμού
- Περισσότερος χρόνος εργασίας στο σπίτι
- Μειωμένες άδειες οδήγησης νέων οδηγών

Τιμολογιακή μεταβολή

- Αύξηση του κόστους καυσίμων – ενέργειας

- Αποτελεσματική τιμολόγηση οδικών μεταφορών και στάθμευσης

Βελτίωση επιλογών μετακίνησης

- Καλύτερες συνθήκες για περπάτημα και ποδηλασία
- Βελτίωση των δημόσιων μέσων μετακίνησης
- Τηλεργασία και υπηρεσίες μεταφοράς – παράδοσης προϊόντων
- Κοινόχρηστα οχήματα

Αλλαγή των μεταφορικών προτιμήσεων

- Λιγότερη οδήγηση
- Περισσότερα κοινόχρηστα σε σύγκριση με τα ιδιωτικά οχήματα
- Περισσότερο περπάτημα και ποδηλασία
- Αύξηση κατοίκησης σε αστικές περιοχές

Έξυπνα Συστήματα Μεταφορών (ITS)

- Βελτίωση των υπηρεσιών πληροφορίας και πλοήγησης
- Ηλεκτρονική τιμολόγηση
- Αυτόνομα οχήματα

Σχεδιαστικές καινοτομίες

- Επεκτεινόμενοι στόχοι
- Λειτουργία συστημάτων
- Διαχείριση ζήτησης

Ο Πίνακας 2-4, συνοψίζει τις λειτουργικές απαιτήσεις και τα σχεδιαστικά συμπεράσματα ποικίλων επιπτώσεων αυτόνομων οχημάτων, καθώς και την αναμενόμενη χρονική περίοδο σύμφωνα με τις προβολές του Πίνακα 2. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών 2020 και 2030, οι περισσότεροι συγκοινωνιολόγοι μηχανικοί και σχεδιαστές θα απασχολούνται κυρίως με το να βελτιώσουν την απόδοση των αυτόνομων οχημάτων, ώστε να κινούνται με άνεση και ασφάλεια στις δημόσιες οδούς. Αν μετά από ορισμένα έτη αποδειχθούν τα συγκριτικά οφέλη των αυτόνομων οχημάτων, θα ασκηθεί σημαντική πίεση τους πολιτικούς παράγοντες να υποστηρίξουν την εκτενή προώθηση των αυτόνομων οχημάτων και χρήση από τους πολίτες.

Μια πιθανή επίδραση κατά τις δεκαετίες 2030 και 2040 από την ικανότητα των αυτόνομων οχημάτων να παρέχουν υπηρεσίες ταξί και κοινών μετακινήσεων, θα ήταν μείωση της ανάγκης για συμβατικά μέσα μαζικής μετακίνησης και μείωση του δείκτη ατομικής ιδιοκτησίας ΙΧ, μειώνοντας αντίστοιχα τον απαιτούμενο χώρο στάθμευσης. Ορισμένα οφέλη (υψηλότερη ταχύτητα, μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση και αυτόματες διασταυρώσεις) απαιτούν επιπρόσθετη επένδυση σε οριοθετημένες λωρίδες για αυτόνομα οχήματα. Αναμένεται να τεθούν ζητήματα κοινωνικής δικαιοσύνης και οικονομικής ισότητας, ενώ πολλά συμβατικά οχήματα πιθανώς σε εισέρχονται παράνομα σε μια ομάδα αυτόνομων οχημάτων, δημιουργώντας ζητήματα ασφάλειας και εφαρμογής νομοθεσίας, ξεκινώντας από τη δεκαετία 2030.

Πίνακας 2-4: Σχεδιασμός Επιδράσεων Αυτόνομων Οχημάτων ανά Χρονική Περίοδο

<i>Επίδραση</i>	<i>Λειτουργικές απαιτήσεις</i>	<i>Σχεδιαστικές επιδράσεις</i>	<i>Χρονική περίοδος</i>
Νομική υπόσταση	Απόδειξη λειτουργικότητας και ασφάλειας	Ορισμός απόδοσης, δοκιμές και απαιτήσεις συλλογής δεδομένων για αυτόνομα οχήματα σε δημόσιες οδούς.	2015-2025
Αύξηση κυκλοφοριακής ικανότητας οδού μέσω συντονισμού οχημάτων	Οδικές λωρίδες αφιερωμένες σε οχήματα με δυνατότητα συντονισμένης κυκλοφορίας	Αξιολόγηση επιδράσεων. Ορισμός απαιτήσεων. Αναγνώριση λωρίδων αφιερωμένων σε αυτόνομα οχήματα.	2020-2040
Ανεξάρτητη χρήση από μη οδηγούς	Πλήρως αυτόνομα οχήματα διαθέσιμα	Δυνατότητα πληθώρας μη οδηγών	2020-2030+

	για χρήση	να μετακινηθούν	
Αυτόνομα κοινόχρηστα οχήματα / ταξί	Μεσαία τιμή – επιτυχημένα επιχειρηματικά μοντέλα	Υποστήριξη άμεσης απόκρισης σε μεταφορική ζήτηση – κοινόχρηστα οχήματα.	2030-2040+
Ανεξάρτητη χρήση για χαμηλά εισοδήματα	Οικονομικά προσιτά οχήματα για πώληση στο κοινό	Μειωμένη ανάγκη χρήσης δημόσιων μέσων μετακίνησης σε ορισμένες περιοχές	2040-2050+
Μειωμένη ζήτηση στάθμευσης	Μεγάλο ποσοστό αυτόνομων οχημάτων	Μειωμένες απαιτήσεις στάθμευσης	2040-2050+
Μειωμένη κυκλοφοριακή συμφόρηση	Μεγάλο ποσοστό αυτόνομων οχημάτων σε ώρες κυκλοφοριακής αιχμής	Μειωμένη χρήση οδών	2050-2060+
Αυξημένη οδική ασφάλεια	Μεγάλο ποσοστό αυτόνομων οχημάτων	Μείωση τροχαίων ατυχημάτων και αύξηση της μετακίνησης πεζή και ποδήλατο	2040-2060+
Μείωση κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών ρύπων	Μεγάλο ποσοστό αυτόνομων οχημάτων. Αυξημένη οδική ασφάλεια για πεζούς και ποδηλάτες.	Υποστήριξη της μείωσης κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών ρύπων.	2040-2060+

Βελτιωμένος έλεγχος οχήματος	Η πλειοψηφία των οχημάτων είναι αυτόνομα	Υποστήριξη στενότερων λωρίδων και διαδραστικής διαχείρισης κυκλοφορίας.	2050-2070+
Ανάγκη σχεδιασμού μεικτής κυκλοφορίας	Η πλειοψηφία των οχημάτων είναι αυτόνομα	Περίπλοκη οδική κυκλοφορία και πιθανή απαγόρευση οδήγησης από ανθρώπους.	2040-2060+
	Η πλειοψηφία των οχημάτων είναι αυτόνομα και έχουν αποδειχθεί τα σημαντικά οφέλη.	Υποστήριξη αναβαθμισμένης διαχείρισης κυκλοφορίας	2060-2080+

Πηγή: Litman, 2015 [11]

Όταν τα αυτόνομα οχήματα αποκτήσουν ένα σημαντικό τμήμα του μεταφορικού έργου αναμένεται να μειώσουν σημαντικά τα τροχαία ατυχήματα, κυκλοφοριακή συμφόρηση, κατάληψη οδικού χώρου για στάθμευση, και να μειώσουν επιπρόσθετα την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές ρύπων. Οι συγκοινωνιολόγοι μηχανικοί θα εμπλακούν σε τεχνικές αναλύσεις σχετικά με τα οφέλη των αυτόνομων οχημάτων και οι πολιτικοί παράγοντες θα συνδιαλέγονται σχετικά με την ενθάρρυνση εφαρμογής αυτόνομων οχημάτων. Αυτές οι επιδράσεις πιθανώς να διαφέρουν γεωγραφικά ανάλογα με την οικονομική ευρωστία, την πυκνότητα πληθυσμού και την κοινωνική – πολιτική υποστήριξη. Στον Πίνακα 2-5 συνοψίζονται οι προβολές σχεδιαστικών επιδράσεων των αυτόνομων οχημάτων.

Πίνακας 2-5: Χρονοδιάγραμμα Σχεδιαστικής Επίδρασης Αυτόνομων Οχημάτων

<i>Χρονική περίοδος</i>	<i>Σχεδιαστικές επιδράσεις</i>
2010-2020	Ανάπτυξη δεικτών απόδοσης και απαιτήσεων συλλογής δεδομένων για την κυκλοφορία αυτόνομων οχημάτων στις δημόσιες οδούς.
2020-2030	Υποστήριξη μεγάλης κλίμακας δοκιμών αυτόνομων οχημάτων. Αξιολόγηση κόστους-οφέλους σε πραγματικές κυκλοφοριακές συνθήκες.
2030-2040	Διερεύνηση της δυνατότητας αυτόνομων οχημάτων να υποστηρίξουν υπηρεσίες ταξί, κοινόχρηστων οχημάτων και υπηρεσίες άμεσης ανταπόκρισης ζήτησης.
2040-2050	Εφόσον τα αυτόνομα οχήματα αποδειχθεί ότι είναι αποδοτικά και προσιτά στον καταναλωτή, προώθηση της χρήσης οριοθετημένων λωρίδων κυκλοφορίας στους αυτοκινητοδρόμους.
2050-2060	Εφόσον τα αυτόνομα οχήματα αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμα και αποκτήσουν το μεγαλύτερο ποσοστό του μεταφορικού έργου, είναι πιθανό να αλλάξει ο σχεδιασμός του οδικού δικτύου και οι πρακτικές διαχείρισης κυκλοφορίας.
2060+	Εφόσον αποδειχθεί η συνολική χρησιμότητα των αυτόνομων οχημάτων είναι πιθανή η καθολική απαγόρευση της οδήγησης συμβατικών οχημάτων από ανθρώπους.

Πηγή: Litman, 2015 [11]

Κεφάλαιο 3 Τεχνολογικά Πρότυπα Αυτόνομων Οχημάτων

Τα πρώτα πραγματικά αυτόνομα αυτοκίνητα που είχαν αυτάρκεια εμφανίστηκαν στη δεκαετία του 1980, με τα έργα Navlab και ALV του πανεπιστημίου Carnegie Mellon το 1984 και το έργο EUREKA Prometheus για το οποίο συνεργάστηκαν η εταιρία Mercedes-Benz και το πανεπιστήμιο Bundeswehr του Μονάχου το 1987 [1].

Το Navlab είναι μια σειρά αυτόνομων και ημιαυτόνομων οχημάτων που αναπτύχθηκαν από την ομάδα του Ινστιτούτου Ρομποτικής στο Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του πανεπιστημίου Carnegie Mellon. Η ομάδα Navlab κατασκευάζει αυτοκίνητα ρομπότ, φορτηγά και λεωφορεία ικανά για αυτόνομη οδήγηση ή υποστήριξη του οδηγού. Η ομάδα έχει δημιουργήσει μία σειρά 11 οχημάτων από το Navlab 1 έως το Navlab 11. Το Navlab 11 είναι ένα ρομπότ Jeep Wrangler εξοπλισμένο με μια μεγάλη ποικιλία από αισθητήρες, μικρής και μεσαίας εμβέλειας καθώς και ανίχνευση εμποδίων. Οι λειτουργίες του περιλαμβάνουν πρόληψη συγκρούσεων και υποστήριξη του οδηγού για ελιγμούς σε συνωστισμένους χώρους της πόλης. Μία τρέχουσα εργασία της ομάδας περιλαμβάνει την ανίχνευση πεζών και του χώρου για τον έλεγχο του οχήματος [35].

Το έργο Eureka PROMETHEUS (PROgramMme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, 1987-1995) είναι ένα σημαντικό έργο έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης. Έλαβε χρηματοδότηση € 749 εκατομμυρίων από τα κράτη μέλη του EUREKA και καθόρισε την εξέλιξη της τεχνολογίας των αυτόνομων οχημάτων. Πολλά πανεπιστήμια και κατασκευαστές αυτοκινήτων συμμετείχαν σε αυτό το πανευρωπαϊκό έργο που έγινε στις 18 Οκτωβρίου, το 1994 στο Παρίσι [36].

Σχήμα 3-1: Navlab 11



Πηγή: [35]

3.1 Mercedes Benz

Mercedes-Benz S500 Intelligent Drive

Η εταιρεία Mercedes-Benz παρουσίασε σε αντίθεση με το συμβατικό “S-Class Benz”, το μοντέλο “S500 Intelligent Drive” που δεν απαιτεί οδηγό για να κατευθύνει το αυτοκίνητο αφού όλα εξαρτώνται από ένα συνδυασμό αλγορίθμων, καμερών και ραντάρ [37] (Σχήμα 3-1). Η εταιρία κάνει ελέγχους σε αυτόνομα οχήματα που κινούνται σε δημόσιους δρόμους στην πολιτεία της Καλιφόρνια των ΗΠΑ από τα μέσα Σεπτεμβρίου 2014, μετά τη χορήγησή επίσημη άδεια από το κράτος. Ωστόσο το Τμήμα Μηχανοκινήτων Οχημάτων (DMV) στην Καλιφόρνια απαιτεί ειδικά εκπαιδευμένους οδηγούς για τη διεξαγωγή των δοκιμών σε περίπτωση που όλα πάνε στραβά. Πρέπει να αναγνωρίζουν όταν το αυτοκίνητο βρίσκεται σε αυτόνομη λειτουργία οδήγησης και πρέπει να είναι σε θέση να παρακάμψουν το σύστημα ανά πάσα στιγμή. Επιπλέον, το αυτοκίνητο πρέπει να είναι σε θέση να σταματά αυτόνομα ανά πάσα στιγμή.

Σχήμα 3-2: Mercedes-Benz S500 Intelligent Drive



Πηγή: [35]

Για το σκοπό αυτό, το μοντέλο “S500 Intelligent Drive” ήταν ειδικά εξοπλισμένο με ψηφιακή χαρτογράφηση που απαριθμεί όλες τις τοποθεσίες των 14 φαναριών κατά μήκος της διαδρομής που έλαβε χώρα η δοκιμή. Είναι επίσης εξοπλισμένο με ειδικές συσκευές ανίχνευσης, συμπεριλαμβανομένων τριών ραντάρ μεγάλης εμβέλειας και τέσσερα ραντάρ μικρής εμβέλειας για τη βελτίωση της ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο των λοιπών χρηστών του οδικού δικτύου και του οδικού περιβάλλοντος. Η εταιρεία Mercedes-Benz ολοκλήρωσε και μια δοκιμή αυτόνομου οχήματος στη Γερμανία τον Αύγουστο 2013, όπου το μοντέλο “S500 Intelligent Drive” διάνυσε την απόσταση 100 χιλιομέτρων μεταξύ των γερμανικών πόλεων Mannheim και Pforzheim.

Mercedes-Benz F 015 Luxury

Η εταιρεία Mercedes-Benz παρουσίασε στην Έκθεση “Consumer Electronics Show”, που διεξάγεται στο Las Vegas, το πρωτότυπο “F 015 Luxury in Motion”, το οποίο πραγματώνει την αντίληψη των ανθρώπων της Γερμανικής εταιρείας για την αυτόνομη οδήγηση και μετακίνηση των επιβατών στο εγγύς μέλλον [38]. Οι μεγάλες διαστάσεις και η σχετικά λιτή -ωστόσο, ενδιαφέρουσα σχεδιαστικά- μορφή του, προσδιορίζουν ένα όχημα το οποίο συνάδει με τον τρόπο μετακίνησης των επιβατών που οραματίζονται οι σύγχρονοι

φιλόσοφοι τεχνολόγοι και κοινωνικοί τεχνολόγοι για το βραχυμεσοπρόθεσμο μέλλον της αυτοκίνησης.

Σχήμα 3-3: Mercedes-Benz F 015 Luxury



Πηγή: [38]

Το μήκος του “F 015 Luxury in Motion”, όπως είναι η πλήρης ονομασία του πρωτότυπου, φτάνει τα 5.220 mm, το πλάτος του τα 2.018 mm και το ύψος του τα 1.524 mm. Δηλαδή παραπλήσιες συγκριτικά με ό,τι ισχύει για την επιμηκυμένη έκδοση της νέας S-Class. Σε ό,τι αφορά το μεταξόνιο του F 015, φτάνει τα 3.610 mm (συγκριτικά, είναι κατά 455 mm μακρύτερο από αυτό της επιμηκυμένης S-Class). Σύμφωνα με τη Mercedes-Benz, το σασί, το αμάξωμα και το εσωτερικό του πρωτότυπου είναι κατασκευασμένο από υψηλής αντοχής χάλυβα, πολυμερές πλαστικό με ανθρακονήματα, αλουμίνιο και δέρμα nappa.

Όπως ανακοινώθηκε, η προσεγμένη διαδικασία εξέλιξης και κατασκευής του -η οποία ονομάζεται από την εταιρεία «Smart Body Structure» («SBS»)- είχε ως αποτέλεσμα να είναι κατά 40% ελαφρύτερο συγκριτικά με το αν δημιουργούταν με πιο συμβατικά υλικά. Ο εσωτερικός χώρος είναι πολυτελέστατος και ευρύχωρος ώστε οι επιβαίνοντες να αισθάνονται άνετα. Οι πλαϊνές πόρτες ανοίγουν διάπλατα, σε γωνία 90 μοιρών, ενώ τα εμπρός καθίσματα έχουν τη δυνατότητα να περιστραφούν δίνοντας την ευκαιρία στους εκεί επιβάτες να στραφούν προς τους πίσω συνεπιβάτες τους. Περιμετρικά του εσωτερικού χώρου υπάρχουν έξι οθόνες μεγάλων διαστάσεων στις οποίες απεικονίζονται στοιχεία και εικόνες που

επιλέγονται κάθε φορά. Φυσικά, υπάρχει διαρκής σύνδεση με το διαδίκτυο ενώ ο χειρισμός των οθονών είναι δυνατόν να γίνεται μέσω νευμάτων ή και μέσω της κίνησης των ματιών καθενός από τους επιβάτες.

Το “F 015 Luxury in Motion” μπορεί να κινηθεί είτε με το να έχει τον έλεγχο του οχήματος ο οδηγός, είτε αυτόνομα. Στην πρώτη περίπτωση, τα τεχνολογίας LED φώτα εκπέμπουν λευκό φως ενώ στη δεύτερη μπλε φως, ώστε να γνωρίζουν οι υπόλοιποι τον τρόπο μετακίνησης οχήματος και επιβατών. Το πρωτότυπο είναι ηλεκτροκίνητο με την ενέργεια να προέρχεται από κυψέλες καυσίμου. Με τον τρόπο αυτό το κόστος χρήσης είναι μικρό και η προστασία του περιβάλλοντος έχει σημαντικό ρόλο, καθώς δεν εκπέμπονται βλαβεροί ρύποι. Με το “F 015 Luxury in Motion”, η Mercedes-Benz δημιούργησε ένα κινητό εργαστήριο εφαρμογής υπάρχουσας τεχνολογίας και τεχνογνωσίας που διαθέτει αλλά και μια «βάση» για την περαιτέρω εξέλιξη αυτών.

Καθώς ο πληθυσμός του πλανήτη θα συγκεντρώνεται διαρκώς στις μεγαλουπόλεις στο εγγύς μέλλον, ο διαθέσιμος χώρος ανά κάτοικο σε αυτές θα μειώνεται διαρκώς, το ίδιο και ο ελεύθερος χρόνος των πολιτών. Σύμφωνα με τους κοινωνιολόγους, χώρος και χρόνος θα αποτελούν ακόμη μεγαλύτερη πολυτέλεια για τον «σύγχρονο αστό», καθώς θα είναι περισσότερο δυσεύρετος και λιγοστός. Υπό αυτή την προσέγγιση, η Mercedes-Benz θέλει να δώσει λύση στη μετακίνηση και την εξυπηρέτηση των (χωροταξικά και γεωγραφικά) αστών του μέλλοντος, με το να δημιουργεί τις κατάλληλες προς τούτο συνθήκες. Αυτό επεσήμανε, μεταξύ άλλων, στην ομιλία του κατά την επίσημη παρουσίαση του “F 015 Luxury in Motion” και ο κ. Dieter Zetsche, Πρόεδρος του Διοικητικού Συμβουλίου της εταιρείας Daimler AG και Πρόεδρος του Τμήματος Επιβατικών Οχημάτων της Mercedes-Benz. Όπως είπε χαρακτηριστικά: «Όποιος εστιάζει μόνο στην τεχνολογία (του αυτοκινήτου) δεν έχει αντιληφθεί ακόμα σε τι βαθμό η αυτόνομη οδήγηση θα αλλάξει την κοινωνία μας. Ο ρόλος του αυτοκινήτου επεκτείνεται -από απλώς ένα μέσο μετακίνησης θα μετατραπεί σε έναν κινητό χώρο διαβίωσης, τελικώς».

Mercedes-Benz Vision Tokyo

Ακολουθώντας το ερευνητικό όχημα “F 015 Luxury in Motion” ως ένα αυτόνομο πολυτελές σεντάν το μοντέλο “Mercedes-Benz Vision Tokyo” αντιπροσωπεύει την έννοια του αυτοκινήτου-σαλονιού για τη γενιά τους μέλλος των μεγαλουπόλεων. Το νέο μοντέλο

τροφοδοτείται από μια κυψέλη καυσίμου που λειτουργεί με υδρογόνο και χρησιμοποιείται για πολυτελή ταξίδια χωρίς οδηγό. Η τεχνολογία υδρογόνου είναι επίσης ενδιαφέρουσα, επειδή επιτρέπει επί του παρόντος μεγαλύτερη αυτονομία στα ηλεκτρικά μοντέλα [39].

Σχήμα 3-4: Mercedes-Benz Vision Tokyo



Πηγή: [39]

3.2 General Motors

Chevrolet EN-V 2.0

Το όχημα EN-V (Electric Networked-Vehicle) έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα διετές πιλοτικό πρόγραμμα στην πόλη της Σαγκάης στην Κίνα στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν 16 οχήματα “Chevy EN-V 2.0” τα οποία ενσωματώθηκαν στο σύστημα πολυτροπικών μέσων μεταφοράς στην πανεπιστημιούπολη του πανεπιστημίου της Σαγκάης Jiao Tong (SJTU). Ο στόχος ήταν να ανταποκριθούν τα οχήματα στις ανάγκες των μετακινήσεων “από και προς” [(λεωφορείο κλπ) – (first mile, last mile transportation needs)] [40].

Σχήμα 3-5: Chevrolet EN-V 2.0



Πηγή: [40]

3.3 Nissan

Nissan Leaf all-electric car

Τον Αύγουστο του 2013 η εταιρεία Nissan ανακοίνωσε τα σχέδιά της να δρομολογήσει αρκετά αυτοκίνητα αυτόνομης οδήγησης από το έτος 2020. Η Nissan εγκατέστησε τεχνολογία αυτόνομης οδήγησης σε ένα μοντέλο οχήματος “Nissan Leaf all-electric” για λόγους επίδειξης. Ένας οδηγός όμως πρέπει να είναι έτοιμος να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος σε κάθε στιγμή, και κατά πάσα πιθανότητα θα κληθεί να το πράξει [41]. Στην εκδήλωση “Nissan 360 test drive” που πραγματοποιήθηκε στην Καλιφόρνια, τον Αύγουστο του 2013 έγινε επίδειξη του αυτοκινήτου.

Σχήμα 3-6: Nissan Leaf all-electric car



Πηγή: [41]

Τον Σεπτέμβριο του 2013 παραχωρήθηκε στο “Leaf” πινακίδα που του επέτρεπε την κυκλοφορία στους ιαπωνικούς δημόσιους δρόμους. Το αυτοκίνητο δοκιμής χρησιμοποιήθηκε από τους μηχανικούς της εταιρείας Nissan για να αξιολογήσουν πως το λογισμικό αυτόνομης οδήγησης αποδίδει στον πραγματικό κόσμο.

Ο χρόνος που δαπανάται σε δημόσιους δρόμους θα βοηθήσει να βελτιωθεί το λογισμικό του αυτοκινήτου για την πλήρως αυτοματοποιημένη οδήγηση. Το αυτόνομο “Leaf” επιδείχτηκε σε δημόσιους δρόμους για πρώτη φορά σε μια εκδήλωση των μέσων ενημέρωσης που πραγματοποιήθηκε στην Ιαπωνία το Νοέμβριο του 2013. Το “Leaf” οδηγήθηκε στην οδό “Sagami Expressway” στο νομού Kanagawa κοντά στο Τόκιο. Ο αντιπρόεδρος της Nissan, Toshiyuki Shiga και ο Κυβερνήτης του νομού, Yuji Kuroiwa, ήταν επιβάτες στο αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Nissan IDS Concept

Στο “Tokyo Motor Show 2015”, η Nissan αποκάλυψε ένα πρωτότυπο όχημα που ενσαρκώνει το όραμα της Nissan για το μέλλον της αυτόνομης οδήγησης, το “Nissan IDS Concept”. Αισθητήρες παρακολουθούν συνεχώς τις συνθήκες και η βοήθεια είναι διαθέσιμη

ακόμη και όταν ο οδηγός έχει τον έλεγχο. Σε περίπτωση επικείμενου κινδύνου, το “Nissan IDS Concept” θα βοηθήσει τον οδηγό να λάβει τα κατάλληλα μέτρα [42].

Σχήμα 3-7: Nissan IDS Concept



Πηγή: [42]

3.4 Renault

Renault Next Two

Η γαλλική Renault προετοιμάζεται προκειμένου το 2020 να μπορεί να διαθέτει να πρώτα αυτοκίνητα που δεν χρειάζονται οδηγό. Ήδη έχει ξεκινήσει τις δοκιμές της σχετικής τεχνολογίας που βρίσκεται σε ανάπτυξη και για το σκοπό αυτό έχει κατασκευάσει το Next Two, ένα πρωτότυπο που βασίζεται στο “Renault Zoe”. Σύμφωνα μάλιστα με τον επικεφαλής του ομίλου Renault-Nissan, Carlos Ghosn, «η αυτόνομη οδήγηση όχι μόνο βελτιώνει την ασφάλεια αλλά εξασφαλίζει και περισσότερο ελεύθερο χρόνο για τους οδηγούς. Όντας συνδεδεμένοι, θα μπορούν να περνάνε τον περισσότερο από αυτό το χρόνο τους με νέες υπηρεσίες που θα προσφέρουν τα αυτοκίνητα, όπως video-επικοινωνίες, online shopping, πληροφορίες για το ταξίδι κλπ» [43]. Έτσι το “Next Two” επιτρέπει στον οδηγό να χαλαρώνει στα πίσω καθίσματα, με το ίδιο μπορεί να κινείται απολύτως αυτόνομα σε πολυσύχναστους δρόμους, με ταχύτητες έως και 30 χλμ/ώρα. Όταν μάλιστα φτάσει στον τελικό προορισμό, παρκάρει μόνο του, αφού πρώτα βρει την κατάλληλη θέση στάθμευσης. Ο

οδηγός, από την άλλη, έχει στη διάθεσή του δίκτυα 3G, 4G, Wi-Fi κλπ, ενώ το αυτοκίνητο μπορεί να συνδεθεί και να συνεργαστεί με όλα τα υπάρχοντα λειτουργικά συστήματα.

Σχήμα 3-8: Nissan IDS Concept



Πηγή: [43]

3.5 Audi

Audi TTS

Τον Σεπτέμβριο 2010, η ομάδα της Audi, το πανεπιστήμιο του Stanford, και η εταιρία Volkswagen Electronics ολοκλήρωσε ένα αυτόνομο Audi TSS το οποίο μπόρεσε να διανύσει μία απόσταση 15 χλμ της διάσημης διαδρομής αγώνων ράλι, το “Pikes Peak International Hill Climb” χωρίς οδηγό και χωρίς να σταματήσει. Το αυτόνομο όχημα με ισχύ 265bhp, ολοκλήρωσε τη διαδρομή που περιλάμβανε και ειδική διαδρομή σε χωματόδρομο, εντός 27 λεπτών. Την ίδια διαδρομή εκτιμάται ότι ένας έμπειρος οδηγός αγώνων, θα μπορούσε να ολοκληρώσει το πολύ σε 17 λεπτά με το ίδιο αυτοκίνητο [44].

Σχήμα 3-9: Audi TTS



Πηγή: [43]

Το επίτευγμα αυτό της Audi έχει στόχο την εξέλιξη συστημάτων που μπορούν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά σε οχήματα για να βοηθούν οδηγούς σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης, να φτάσουν σε ένα ασφαλές σημείο. Δηλαδή να «μαθαίνουν» από την οδηγική συμπεριφορά του οδηγού και να τον συμπληρώνουν, όπως γίνεται και με τους αυτόματους πιλότους στα σύγχρονα αεροσκάφη.

Audi RS7 Sportback

Οι προσπάθειες της Audi στον τομέα της «πilotικής οδήγησης» είναι πλέον γνωστές. Αιχμή του δόρατος, ήδη από το 2014, αποτελεί το “RS7 Piloted Driving Concept”, το οποίο κατάφερε να αυτονομηθεί στην πίστα του Hockenheim καθοδηγούμενο χωρίς οδηγό με ταχύτητες έως 200 χλμ/ώρα.

Σχήμα 3-10: Audi RS7 piloted driving concept



Πηγή: [45]

Εν έτη 2015, η Audi μας παρουσιάζει μια βελτιωμένη εκδοχή του μοντέλου, η οποία αποδίδει την ίδια ισχύ με το παρελθόν (560 ίππους). Η βασικότερη αλλαγή έγκειται στη δραστική μείωση του βάρους του αμαξώματος κατά 400 κιλά, γεγονός που επιδρά θετικά στις επιδόσεις του οχήματος. Χαρακτηριστικά, ο Thomas Müller, που έχει αναλάβει την περαιτέρω εξέλιξη του οχήματος, δήλωσε πως «το νέο RS7 Piloted Driving Concept μπορεί κινηθεί σε κλειστή διαδρομή με ταχύτερους ρυθμούς ακόμα και αν στο πηδάλιο του βρίσκεται ένας επαγγελματίας οδηγός» [45, 47].

Σχήμα 3-11: Audi RS7 Updated



Πηγή: [47]

Audi A7 Sportback piloted driving concept

Η Audi συμμετείχε στη CES, τη μεγαλύτερη έκθεση ηλεκτρονικών ειδών, στέλνοντας το A7 Sportback που δε χρειάζεται οδηγό [46]. Πρόκειται για το “piloted driving concept”, το οποίο είχε εμφανιστεί για πρώτη φορά ενώπιον του κοινού τον Οκτώβριο 2014 στο φινάλε του DTM, στην πίστα του Hockenheim. Τότε είχε χρησιμοποιηθεί η sport έκδοση RS7 με τον 4λιτρο κινητήρα “TFSP” των 560 PS.

Σχήμα 3-12: Audi A7 Sportback



Πηγή: [46]

Τώρα την εμφάνισή του στους δρόμους των Ηνωμένων Πολιτειών κάνει ένα μοντέλο A7, παρόμοιας όμως τεχνολογίας. Το αυτόνομο Audi πραγματοποιεί τη διαδρομή μήκους σχεδόν 900χλμ από τη Σίλικον Βάλεϊ της Καλιφόρνια μέχρι το Λας Βέγκας της Νεβάδα, όπου ανοίγει τις πύλες της στις 6 Ιανουαρίου 2015 η έκθεση CES. Η γερμανική εταιρεία δίνει τη δυνατότητα σε δημοσιογράφους του ειδικού Τύπου να βρεθούν στο κάθισμα του οδηγού, χωρίς όμως να χρειαστεί να οδηγήσουν.

Το “A7 piloted driving concept” δε χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση για ταχύτητες έως 110 χλμ/ώρα και η τεχνολογία που διαθέτει του επιτρέπει να επιταχύνει, να φρενάρει, να αλλάζει λωρίδα κυκλοφορίας ή να κάνει ελιγμούς προσπέρασης. Πριν αλλάξει λωρίδα, προσαρμόζει αυτόματα την ταχύτητά του ανάλογα με αυτή των οχημάτων που κινούνται γύρω του. Αρκετοί από τους αισθητήρες του αυτόνομου Audi βρίσκονται σε στάδιο εξέλιξης και θα του επιτραπεί να περάσει σύντομα σε μοντέλο παραγωγής.

Το αυτο-οδηγούμενο A7 χρησιμοποιεί μια σειρά από σαρωτές (scanners), αισθητήρες, ραντάρ και κάμερες –κάποια από τα οποία έχουν ήδη εξελιχθεί για τα υπάρχοντα βοηθητικά συστήματα– για να ανιχνεύουν αυτοκίνητα, αντικείμενα, ανθρώπους και οδικά σήματα στην περιοχή γύρω από το αυτοκίνητο. Στην περίπτωση του μετωπικού ραντάρ, η ανίχνευση συμβαίνει σε μια απόσταση μέχρι 250μ.

Σημαντικό ρόλο στο σύστημα διαδραματίζει η νέα κεντρική μονάδα ελέγχου zFAS της Audi, ένα σύνολο από μικροεπεξεργαστές υψηλής απόδοσης στριμωγμένους μέσα σε ένα κουτί όχι μεγαλύτερο από ένα tablet. Η μονάδα συνθέτει ένα μοντέλο του περιβάλλοντος χώρου και μεταδίδει τις σχετικές πληροφορίες στα διάφορα συστήματα οδήγησης. Όλη αυτή η τεχνολογία είναι αφανής για τον οδηγό του πρωτοτύπου A7 [46].

3.6 Volvo

XC90 Drive Me

Η εταιρεία “Volvo” δημιούργησε ένα από τα πλέον προηγμένα και ευκολονόητα περιβάλλοντα χρήστη για τα αυτοκίνητά της με λειτουργίες αυτόνομης οδήγησης. Στόχος της εταιρείας είναι να εξάγει πολύτιμα συμπεράσματα μέσα από τη χρήση σε πραγματικές συνθήκες στο πλαίσιο του προγράμματος “Drive Me”, για το πώς οι οδηγοί θα μεταβιβάζουν και θα ανακτούν τον έλεγχο στη λειτουργία αυτόνομης οδήγησης.

Σχήμα 3-13: Volvo XC90



Πηγή: [48]

Η ασφαλής και ομαλή μεταβίβαση του ελέγχου είναι ο ακρογωνιαίος λίθος κάθε νέας αξιόπιστης τεχνολογίας αυτόματης οδήγησης. Η Volvo σχεδίασε τον «Αυτόματο Πιλότο IntelliSafe», με το εμπορικό όνομα να είναι ένας συνδυασμός των όρων ευφυής (Intelligent) και ασφαλής (safe), έτσι ώστε να είναι αυτό που υποδηλώνει το όνομά του. Η λειτουργία αυτόνομης οδήγησης ενεργοποιείται/απενεργοποιείται με ειδικά σχεδιασμένα κουμπιά στο τιμόνι. Ο αυτόματος πιλότος IntelliSafe της εταιρείας Volvo θα είναι διαθέσιμος για πρώτη φορά σε 100 νέα οχήματα Volvo XC90 που θα παραχωρηθούν για το πρόγραμμα Drive Me στην πόλη Γκέτεμποργκ, έδρα της Volvo, το έτος 2017. Πρόκειται για το πιο φιλόδοξο πρόγραμμα αυτόνομης οδήγησης παγκοσμίως. Μέσω του προγράμματος Drive Me, 100 αυτόνομα οδηγούμενα Volvo θα διατεθούν σε οικογένειες και σε ανθρώπους που μετακινούνται σε σταθερή βάση γύρω από το Γκέτεμποργκ, για χρήση σε καθημερινές συνθήκες. Τα αυτοκίνητα θα οδηγούνται αυτόνομα για περίπου 50 χιλιόμετρα σε επιλεγμένους δρόμους [48].

Project SARTRE (Safe Road Trains for the Environment)

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα, οι πολλαπλοί αισθητήρες και τα υπερσύγχρονα ραντάρ πρέπει να είναι σε θέση να προσφέρουν μια περιμετρική κάλυψη στον οδηγό όλων των τεκταινόμενων του οδικού περιβάλλοντος γύρω από το φορτηγό του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κίνηση με εξαιρετικά χαμηλές ταχύτητες και οι συχνές στάσεις που παρατηρούνται εντός των πόλεων σε συνθήκες έντονου κυκλοφοριακού φόρτου. Σε αυτές τις περιπτώσεις η προσοχή του οδηγού είναι πολύ πιο εύκολο να αποσπαστεί από το φορτηγό όταν κινείται με υψηλές ταχύτητες στον αυτοκινητόδρομο.

Σχήμα 3-14: Project SARTRE



Πηγή: [49]

Για τον λόγο αυτό η εταιρεία “Volvo Trucks” εξελίσσει μια νέα σειρά τεχνολογικών καινοτομιών στο πλαίσιο του προγράμματος SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) [49]. Το εν λόγω πρόγραμμα υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναζητά λύσεις στην προσπάθεια δημιουργίας ειδικών κονβόι οχημάτων στα οποία επιφορτισμένος με τον χειρισμό του οχήματος είναι μόνο ο οδηγός του φορτηγού που προπορεύεται. Με τη χρήση ειδικών αισθητήρων και ηλεκτρονικών συστημάτων, τα οχήματα που έπονται μπορούν να διατηρούν μια μίνιμουμ απόσταση από το προπορευόμενο χωρίς οι οδηγοί του να ασχολούνται στο παραμικρό με την οδήγηση. Κάθε όχημα θα μπορεί ανά πάσα στιγμή να αποχωρήσει από το κονβόι ενώ οποιοδήποτε όχημα θα μπορεί να προστεθεί σε οποιοδήποτε σημείο της «φάλαγγας».

Τα οφέλη από το εν λόγω πρόγραμμα είναι πολλαπλά και αφορούν στην αύξηση της ασφάλειας καθώς η εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα και κατ' επέκταση οι λάθος χειρισμοί είναι μειωμένοι, η μέση κατανάλωση καυσίμου (άρα και οι ρύποι) είναι λιγότεροι λόγω της μείωσης της αεροδυναμικής αντίστασης των οχημάτων που ακολουθούν το προπορευόμενο, ενώ τέλος μειώνεται και η κυκλοφοριακή συμφόρηση καθώς ο ίδιος αριθμός οχημάτων πλέον απαιτεί σημαντικά λιγότερο χώρο στον δρόμο.

3.7 Tesla

Tesla Model S

Η έβδομη έκδοση του λογισμικού της εταιρείας “Tesla”, προσφέρει στους κατόχους του “Model S” και σύντομα του “Model X” τις παρακάτω δυνατότητες οι οποίες προστίθενται στο σύστημα “Autopilot” [50].

- Autosteer (beta): Με τη συγκεκριμένη λειτουργία, το αυτοκίνητο παραμένει με σταθερή ταχύτητα στη λωρίδα που κινείται, κάνοντας χρήση των χαρτών υψηλής ευκρίνειας GPS, με τους αισθητήρες να αναγνωρίζουν τις κατάλληλες ενδείξεις προκειμένου να γνωρίζει το αυτοκίνητο πότε είναι μέσα σε μια λωρίδα. Όπως δηλώνει ο Musk, ο ιδρυτής της Tesla, η λειτουργία “Autosteer” λειτουργεί ακόμα και όταν επικρατούν δύσκολες συνθήκες καιρού, όπως ακριβώς ισχύει και με τους ανθρώπους.
- Αυτόματη αποφυγή και ενημέρωση σύγκρουσης: Στην περίπτωση αυτή, το εντυπωσιακό καντράν των “Model S” και “Model X”, θα εμφανίσει με χαρακτηριστικό τρόπο την πληροφορία ότι υπάρχουν κάποια πράγματα τα οποία είναι πολύ κοντά στο αυτοκίνητο.
- Αυτόματη αλλαγή λωρίδας: Μόλις ο οδηγός ενεργοποιήσει το “flash”, τότε το αυτοκίνητο αλλάζει αυτόματα λωρίδα, από τη στιγμή που ο δρόμος είναι ελεύθερος.
- Αυτόματο παρκάρισμα: Όταν ο οδηγός βρίσκεται μέσα σε μια πόλη και διατηρεί χαμηλή ταχύτητα, τότε το αυτοκίνητο θα ελέγχει το δρόμο για ελεύθερο χώρο παρκαρίσματος, ενημερώνοντας τον. Αν ο οδηγός ενεργοποιήσει τη σχετική λειτουργία, τότε το αυτοκίνητο παρκάρει μόνο του χωρίς βοήθεια από τον οδηγό.

Σχήμα 3-15: Tesla Model S



Πηγή: [50]

3.8 Peugeot

PSA Peugeot Citroen

Στο πλαίσιο του Παγκόσμιου Συνεδρίου με θέμα «Τα Έξυπνα Συστήματα Μετακίνησης», ένα από τέσσερα «αυτόνομα» μοντέλα της εταιρείας “PSA Peugeot Citroen” διένυσε τη διαδρομή μήκους 580 χλμ από το Παρίσι έως τη Μπορντό. Το ταξίδι έγινε αποκλειστικά με αυτόνομη οδήγηση χωρίς την εμπλοκή οδηγού στο όλο εγχείρημα. Το γαλλικό αυτοκίνητο μείωνε από μόνο του ταχύτητα και άλλαζε λωρίδες προκειμένου να προσπεράσει λαμβάνοντας υπόψη του τόσο την κίνηση λοιπών οχημάτων όσο και τα όρια ταχύτητας, αλλά και την κατάσταση του οδικού δικτύου [51].

Σχήμα 3-16: Tesla Model S



Πηγή: [51]

Η PSA Peugeot Citroen εργάζεται συστηματικά για την εξέλιξη των τεχνολογικών εργαλείων που θα κάνουν το αυτοκίνητο του αύριο εξυπνότερο και τον οδηγό πιο άνετο και ξεκούραστο. Εκτιμάται ότι με την αυτόνομη οδήγηση στο μέλλον τα ατυχήματα στο δρόμο που σχετίζονται με ανθρώπινο λάθος θα μειωθούν σημαντικά κυρίως επειδή θα αποφευχθεί η κόπωση του οδηγού. Όλα αυτά τα συστήματα σύντομα θα μεταφερθούν σε μοντέλα παραγωγής όπως το επερχόμενο “Peugeot 508” το έτος 2018 ενώ μετά το έτος 2020 η εξέλιξή τους θα επιταχυνθεί σημαντικά ώστε να ανταποκριθεί στις ανάγκες της αγοράς.

3.9 VisLab

VisLab

Η εταιρεία VisLab αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαστήρια ανάπτυξης τεχνολογιών όρασης που τοποθετούνται εντός του οχήματος υποβοηθώντας την οδήγηση, μετατρέποντας τα σε ρομποτικά. Κατά τη διάρκεια των περασμένων 20 ετών, η VisLab ανέπτυξε έναν αριθμό πρωτότυπων οχημάτων, από τεχνολογία ADAS έως πλήρως αυτόνομα οχήματα. Τα ορόσημα ανάπτυξης της αναφερόμενης τεχνολογίας είναι τα εξής [52]:

- 2014: DEEVA – The new VisLab autonomous vehicle. Στις 31 Μαρτίου 2014, παρουσιάστηκε στα μέσα ενημέρωσης το νέο πρωτότυπο όχημα χωρίς οδηγό που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τη VisLab. Το DEEVA είναι εξοπλισμένο με

πλήρως ενσωματωμένους αισθητήρες, πάνω από 20 κάμερες, 4 λέιζερ και GPS. Το όχημα είναι σε θέση να καλύψει μια πολύ λεπτομερή θέα 360 μοιρών στον περιβάλλοντα χώρο. Η χρήση μιας τεχνολογίας που βασίζεται στην τεχνητή όραση επιτρέπει να επιτύχει δύο βασικούς στόχους που είναι το χαμηλό κόστος και υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης, καθιστώντας έτσι δυνατό να εξετάσει αυτό το πρωτότυπο αυτοκίνητο ως ένα τελικό προϊόν. Το DEEVA σε μεγάλο βαθμό βασίζεται στην τεχνολογία στερεοσκοπικής όραση "VisLab 3DV" , την οποία η εταιρία παρέχει σε τρίτους για να τροφοδοτήσει τα συστήματα ανίχνευσης τους και τα ρομπότ τους. Αυτό το όχημα αποτελεί βελτιωμένη έκδοση του οχήματος BRAIVE και παρουσιάστηκε από την VisLab το 2009 στην Κίνα στο συμπόσιο IEEE.

Σχήμα 3-17: DEEVA



Πηγή: [52]

Το 3DV-E είναι ένα χαμηλού κόστους και ισχύος σύστημα που τρέχει στα 25 fps σε ανάλυση "VGA". Η επεξεργασία βασίζεται σε μια βελτιωμένη έκδοση του αλγορίθμου "TAK" και στον τομέα της κινητής ρομποτικής το 3DV-E χρησιμοποιείται ως αισθητήρας πλοήγησης, δεδομένου ότι παρέχει πυκνή και τρισδιάστατη αντίληψη των όγκων στον περιβάλλοντα χώρο. Το 3DV-E εφαρμόζεται στα οχήματα AGVs (Automated Guided Vehicles) και η 3D ανακατασκευή που παρέχεται από τη συσκευή επιτρέπει όχι μόνο να εφαρμόσει τα χαρακτηριστικά ασφαλείας, αλλά και αυτο-εντοπισμό με παράλληλους ελιγμούς που απαιτούν υψηλή ακρίβεια.

- 2013: PROUD – Public Road Urban Driverless-Car Test. Στις 12 Ιουλίου 2013, το όχημα BRAIVE που αποτελεί το πλέον προηγμένο αυτόνομο αυτοκίνητο της VisLab, κυκλοφόρησε στο κέντρο της Πάρμα και σε αμφίδρομους στενούς επαρχιακούς δρόμους όπου αντιμετώπισε διαβάσεις πεζών, σηματοδότες, πεζόδρομους και κυκλικούς κόμβους. Το όχημα κινήθηκε με απολύτως καμία ανθρώπινη παρέμβαση, για πρώτη φορά!

Σχήμα 3-18: PROUD



Πηγή: [52]

- 2010: The VisLab Intercontinental Autonomous Challenge. Η απόσταση ήταν 13,000 χιλιόμετρα και ο χρόνος ταξιδιού 3 μήνες, χωρίς να υπάρχει οδηγός εντός του οχήματος. Η ομάδα της VisLab δημιούργησε μια εκτεταμένη δοκιμή της τεχνολογίας αυτόνομης οδήγησης: ένα ταξίδι μεταξύ των πόλεων Πάρμα (Ιταλία) και Σαγκάη (Κίνα), με προορισμό την έκθεση “World Expo”.

Σχήμα 3-19: VIAC



Πηγή: [52]

- 2008: ERC Grant (European Research Council)
- 2008: BRAiVE prototype. Η VisLab τελείωσε την προετοιμασία του νέου οχήματος (συντομία του BRAin-drIVE). Το BRAiVE είναι ένα καινοτόμο πρωτότυπο έξυπνο όχημα, εξοπλισμένο με 10 κάμερες, 4 σαρωτές λέιζερ, ακτίνες λέιζερ, ραντάρ, GPS και IMU. Οι 4 υπολογιστές επί του οχήματος επιτρέπουν το όχημα να κινείται αυτόνομα. Το BRAiVE παρουσιάστηκε επίσημα στο συνέδριο IEEE Intelligent Vehicle Symposium IV'09 στην πόλη Χι'αν (Κίνα).

Σχήμα 3-20: BRAiVE



Πηγή: [52]

- 2007: TerraMax at the DARPA Urban Challenge. Το όχημα TerraMax είναι ένα από τα 11 οχήματα που κάλυψαν τις απαιτήσεις και έλαβαν μέρος στο διαγωνισμό “DARPA Urban Challenge”. Το όχημα αντιλαμβάνεται τρισδιάστατα το οδικό περιβάλλον με τη χρήση 11 καμερών που του παρέχουν περιφερειακή όραση.
- 2005: VisLab’s vision systems drive TerraMax to the finishing line of the DARPA Grand Challenge. Κινούμενο αποκλειστικά αυτόνομα, το όχημα TerraMax ολοκληρώνει την μεγάλη πρόκληση DARPA, μια διαδρομή μήκους 132 μιλίων εκτός οδού, διερχόμενη από βουνά και ερήμους. Το όχημα TerraMax αποτέλεσε το μοναδικό όχημα που ολοκλήρωσε τη διαδρομή χρησιμοποιώντας την όραση ως τη κύρια τεχνολογία.
- 2004: VisLab hosts the IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Το διεθνές συνέδριο IEEE IV 2004 Symposium, διοργανώθηκε από την VisLab στην Πάρμα της Ιταλίας στο οποίο έλαβαν μέρος ερευνητές, εμπειρογνώμονες και στελέχη από όλο τον κόσμο.
- 1998: ARGO and the MilleMiglia in Automatico. Το πρωτότυπο όχημα ARGO που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τη VisLab ήταν το πρώτο όχημα που διένυσε περισσότερα από 2000 χλμ (94% εκ των οποίων αυτόνομα) στους ιταλικούς αυτοκινητοδρόμους σε μεικτή κυκλοφορία. Το όχημα ARGO θεωρείται ορόσημο στην ανάπτυξη ρομποτικών οχημάτων παγκοσμίως.

3.10 Google

Google self-driving car

Η εταιρεία Google δημοσίευσε ένα βίντεο στον ιστότοπο κοινωνικής δικτύωσης YouTube που εμφανίζεται το αυτόνομο όχημα “Toyota Prius”. Στο βίντεο ο "οδηγός" του οχήματος είναι τυφλός [53]. Στην περιγραφή του βίντεο θα πρέπει να σημειωθεί ότι μέσω της προσεκτικά προγραμματισμένης διαδρομής, το όχημα τον παραλαμβάνει από το σπίτι του και τον μεταφέρει σε ένα εστιατόριο, στο καθαριστήριο και τελικά πίσω στο σπίτι.

Στις 28 Μαΐου του 2014 Η Google παρουσίασε ένα νέο πρωτότυπο πρόγραμμα οδήγησης του αυτοκινήτου τους, που δεν είχε ούτε τιμόνι, ούτε πεντάλ. Είναι ένα έργο που περιλαμβάνει την ανάπτυξη της τεχνολογίας για αυτόνομα αυτοκίνητα, κυρίως τα ηλεκτρικά.

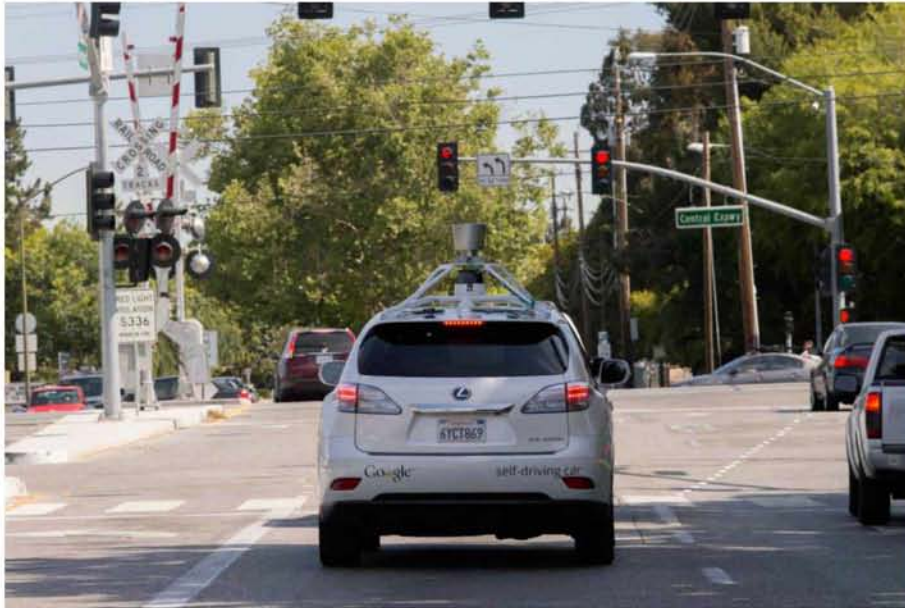
- Το λογισμικό που τροφοδοτεί τα αυτοκίνητα της Google ονομάζεται "σοφέρ".
- Το έργο που έχει ξεκινήσει από τον μηχανικό της Google "Sebastian Thrun", πρώην διευθυντή του Στάνφορντ συν-εφευρέτης της εφαρμογής "Street View".
- Η ομάδα ανάπτυξης του συστήματος αποτελείται από 15 μηχανικούς που εργάζονται για την Google.

Στις 22 Δεκέμβριου 2014, η Google παρουσίασε ένα πλήρως λειτουργικό πρωτότυπο πρόγραμμα οδήγησης του αυτοκινήτου τους και σχεδιάζει να το δοκιμάσετε στους δρόμους του San Francisco. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία των ΗΠΑ, επιτρέπεται η κυκλοφορία του οχήματος σε τέσσερις Πολιτείες: Φλόριντα, Ουάσινγκτον DC, Νεβάδα και Μίσιγκαν.

Η ομάδα του έργου έχει εξοπλίσει μια ομάδα συνολικά δέκα αυτοκινήτων: έξι "Toyota Prius", ένα "Audi TT", και τρία "Lexus RX450h" (Σχήμα 3-21), το καθένα συνοδεύεται στο κάθισμα του οδηγού με ένα από τα προγράμματα οδήγησης. Το αυτοκίνητο έχει κινηθεί στους δρόμους "Lombard Street" του Σαν Φρανσίσκο, οι οποίοι φημίζονται για τους απότομους ελιγμούς τους, και τα μέσα της κυκλοφορίας της πόλης.

Οι μονάδες συστήματος οδηγούν το όχημα στο όριο ταχύτητας που έχει αποθηκευτεί στους χάρτες και διατηρεί την απόστασή του από τα άλλα οχήματα που χρησιμοποιούν το σύστημα των αισθητήρων. Παρέχει μια παράκαμψη που επιτρέπει σε έναν άνθρωπο οδηγό να πάρει τον έλεγχο του αυτοκινήτου, ο οποίος το μόνο που πρέπει να κάνει είναι να πατήσει το φρένο ή την περιστροφή του τροχού, παρόμοια με τα συστήματα ελέγχου ταχύτητας ταξιδιού που ήδη βρίσκονται σε πολλά αυτοκίνητα σήμερα.

Σχήμα 3-21: Google's self-driving car



Πηγή: [54]

3.11 BMW

Active Assist

Ένα από τα έργα της εταιρίας είναι το Active Assist [55]. Ο όρος αυτός καλύπτει τις τεχνολογίες που διευκολύνουν την εν μέρει και την ολικά αυτοματοποιημένη οδήγηση για μεγαλύτερη ασφάλεια, άνεση και αποτελεσματικότητα. Αυτό σημαίνει ότι η BMW σας θα αναλάβει το καθήκον της οδήγησης, πλήρως ή μερικώς σε ορισμένες περιπτώσεις. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορεί κάποιος να τα παρατηρήσει στα ερευνητικά πρωτότυπα του σήμερα.

Το έτος 2014 η εταιρία δημιούργησε την λειτουργία “BMW safety assistant”. Στην εκδήλωση CES (Consumer Electronics Show) στο Λας Βέγκας, η ομάδα της εταιρίας παρουσίασε μια νέα διάσταση της “BMW Active Assist” η οποία είναι ένας βοηθός ασφαλείας που διατηρεί το όχημα στην πορεία του χωρίς καμία παρέμβαση από τον οδηγό ακόμη και σε απαιτητικές συνθήκες κυκλοφορίας.

Το έτος 2012 δημιουργήθηκε η λειτουργία “BMW Emergency Stop Assistant”. Η εταιρία παρουσίασε τον βοηθό διακοπής έκτακτης ανάγκης, ως μέρος του ερευνητικού έργου “Smart Senior”. Σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης που προκαλείται από την υγεία του οδηγού, το όχημα μεταβαίνει στην αυτόνομη λειτουργία οδήγησης και με ασφάλεια εκτελεί ελιγμούς διακοπής έκτακτης ανάγκης. Με τα φώτα προειδοποίησης ενεργοποιείται, το όχημα διαπραγματεύεται το δρόμο του προς τη δεξιά πλευρά του δρόμου με ελεγχόμενο τρόπο και σύμφωνα με την κατάσταση της κυκλοφορίας. Στη συνέχεια έρχεται σε στασιμότητα και αυτόματα ενεργοποιεί την έξυπνη κλήση έκτακτης ανάγκης.

Η εταιρία BMW και η Baidu εργάζονται σε ένα κοινό σχέδιο για την παραγωγή ενός αυτόματου οχήματος για την κινεζική αγορά [56]. Η Baidu αναφέρει ότι μόλις ολοκλήρωσε τις πρώτες επιτυχείς δοκιμές μέσα από τους δρόμους του Πεκίνου χρησιμοποιώντας μια ανανεωμένη BMW3 Series. Στις οδικές δοκιμές της Baidu περιλαμβάνεται ένα σύνθετο σύνολο οδηγιών οδήγησης, ενώ το όχημα έπρεπε να ανταποκριθεί με τον περιβάλλοντα χώρο.

Σχήμα 3-22: BMW 3 Series



Πηγή: [54]

Η λειτουργία Remote Valet Parking Assistant είναι επίσης μια από της δημιουργίες της εταιρίας [57]. Η BMW i3 σταθμεύει μόνη της καθώς ο αυτοματοποιημένος βοηθός του ερευνητικού οχήματος BMW i3 συνδυάζει τις πληροφορίες που έλαβε από τους εν πλω σαρωτές λέιζερ με το ψηφιακό σχέδιο ενός κτιρίου. Όταν ο οδηγός ενεργοποιεί τον βοηθό

στάθμευσης χρησιμοποιώντας το έξυπνο ρολόι του το όχημα οδηγείται γρήγορα και αυτόνομα μέσα από τα διάφορα επίπεδα στάθμευσης σε ένα χώρο στάθμευσης.

Σχήμα 3-23: BMW i3



Πηγή: [57]

Το αυτόνομο όχημα της εταιρίας BMW 330i [58] χρησιμοποιεί ένα ενσωματωμένο GPS, ένα ενισχυτή σήματος, έναν προσαρμοσμένο χάρτη της διαδρομής και ένα εκπαιδευμένο οδηγό για να επιδείξει την τέλεια αγωνιστική γραμμή. Στη διάρκεια της ζωής του, το 330i Track Trainer έχει διανύσει 12.000 μίλια δοκιμών.

Σχήμα 3-24: BMW 330i



Πηγή: [57]

Ένα ακόμη πρωτότυπο όχημα που ανέπτυξε η εταιρία είναι το “i8 concept car” [59]. Ένας διακόπτης στο τιμόνι του αυτοκινήτου ενεργοποιεί τρεις διαφορετικές λειτουργίες : την “PURE Drive” στην οποία χρησιμοποιείται μόνο το τιμόνι, την “Assist” που παρέχει ελεγχμένη πλοήγηση στην λωρίδας κίνησης και “Auto Mode” όπου το αυτοκίνητο έχει πλήρως τον έλεγχο. Στην πλήρως αυτόματη λειτουργία, ο τροχός μαζεύεται προς το ταμπλό, αλλάζει ο φωτισμός “led” του οχήματος, καθιστώντας σαφές ότι το όχημα έχει τον έλεγχο.

Βασισμένο στην "BMW i8 Concept Spyder" το όχημα "BMW i Vision Future Interaction Car" αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό ορόσημο στο δρόμο προς την επίτευξη του "Vision Zero" - την ιδέα της χωρίς ατυχήματα ατομικής κινητικότητας. Στο "CES 2016" η BMW χρησιμοποίησε το όχημα για να δείξει πως μπορεί να μοιάζει η διεπαφή του χρήστη του μέλλοντος συμπεριλαμβανομένης της υποβοήθησης από υψηλής ανάλυσης οθόνες του οχήματος όπου το περιεχόμενο ανταποκρίνεται με την κατάσταση. Για να γίνει η αλληλεπίδραση των επιβατών με το όχημα όσο πιο ρεαλιστική γίνεται, όλες οι λειτουργίες ελέγχονται χρησιμοποιώντας επιφάνειες αφής, χειρονομίες και φωνητικές εντολές.

Σχήμα 3-25: BMW i Vision Future Interaction Car



Πηγή: [59]

3.12 Ford

Ford Focus

Η εταιρία Ford έχει πραγματοποιήσει δοκιμές του αυτόνομου πρωτότυπου οχήματος Ford Focus στην τοποθεσία Mcity αυξάνοντας το επίπεδο της αυτόνομης τεχνολογίας της. Η

Ford είναι πρωτοπόρος στον τομέα των αυτόνομων συστημάτων οδήγησης που υπάρχουν στο χώρο εδώ και 10 χρόνια, συμπεριλαμβανομένων τη λειτουργία υποβοήθησης στάθμευσης "Active Park Assist", η οποία εισήχθη σε λειτουργία το 2009.

Σχήμα 3-26: Ford Focus



Πηγή: [60]

Mcity είναι η πόλη, η οποία ανατέθηκε τον περασμένο Ιούλιο και καλύπτει μια έκταση 13 εκταρίων διαθέτοντας όλα τα χαρακτηριστικά μιας κανονικής πόλης: φανάρια, γέφυρα, σήραγγα, αυτοκινητόδρομο, πολλαπλές εξόδους και ένα μηχανικό πεζό επάνω σε δρόμους για να δοκιμάσει τα διάφορα συστήματα ανίχνευσης. Η MCity είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ του πανεπιστημίου και του τμήματος μεταφορών της πόλης Μίσιγκαν, καθώς και 15 κατασκευαστών αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων της Ford. Το πρωτότυπο χρησιμοποιεί κάμερες στην πρόσοψη, ραντάρ, αισθητήρες υπερήχων και 4 αισθητήρες λέιζερ LIDAR, τα οποία είναι σε θέση να χαρτογραφήσουν το κοντινό περιβάλλον του οχήματος και να παράγουν δυναμικά ένα τρισδιάστατο χάρτη [60, 61].

Σχήμα 3-27: Mcity



Πηγή: [59]

Κεφάλαιο 4 Αυτόνομα Οχήματα και Τεχνολογία Συνδεσιμότητας

4.1 Συνδεδεμένα Οχήματα

Οι νέες τεχνολογίες μετασχηματίζουν τον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας με σημαντικές συνέπειες για τις βιομηχανίες και τους καταναλωτές. Το σημερινό αυτοκίνητο έχει υπολογιστική ισχύ παρόμοια με 20 προσωπικούς υπολογιστές, διαθέτει περίπου 100 εκατομμύρια γραμμές κώδικα προγραμματισμού, και επεξεργάζεται έως και 25 gigabytes δεδομένων σε μία ώρα. Ωστόσο, ενώ η ψηφιακή τεχνολογία έχει παραδοσιακά επικεντρωθεί στη βελτιστοποίηση των εσωτερικών λειτουργιών του οχήματος, η προσοχή στρέφεται πλέον στην ανάπτυξη της ικανότητας του να συνδέεται με τον έξω κόσμο, καθώς και στην ενίσχυση της εμπειρίας μέσα στο αυτοκίνητο. Αυτό είναι το συνδεδεμένο αυτοκίνητο (connected car) που είναι σε θέση να βελτιστοποιεί τη δική του λειτουργία και συντήρηση, καθώς και την ευκολία και την άνεση των επιβατών, χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες και τη σύνδεση του στο διαδίκτυο [62].

Εκτιμάται ότι ενώ το συνολικό κόστος απόκτησης των οχημάτων θα παραμείνει σταθερό για τους καταναλωτές, η αύξηση της ικανότητας διασύνδεσης του οχήματος θα αυξήσει την αξία της παγκόσμιας αγοράς για τα κατασκευαστικά στοιχεία και τις υπηρεσίες συνδεσιμότητας σε 170 δις € μέχρι το 2020 από μόλις 30 δις € σήμερα. Ενώ οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει τον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας για δεκαετίες, αυτή η δραματική επιτάχυνση ως αποτέλεσμα της διασύνδεσης έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει σημαντικά το ανταγωνιστικό τοπίο. Εταιρείες από τους τομείς του λογισμικού και των τηλεπικοινωνιών έχουν ήδη εισέλθει στην αγορά του αυτοκινήτου, καθώς και μια νέα έκθεση της εταιρείας McKinsey εκτιμά ότι οι κατασκευαστές αρχικού εξοπλισμού πρέπει να δράσουν τώρα για να εξασφαλίσουν τον έλεγχο κρίσιμων τομέων της βιομηχανίας.

Την ίδια στιγμή οι εταιρίες πρέπει να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των καταναλωτών. Σε μια έρευνα για περίπου 2.000 αγοραστές νέων αυτοκινήτων από τη

Βραζιλία, την Κίνα, τη Γερμανία και τις Ηνωμένες Πολιτείες προέκυψε ότι 13% των αγοραστών δεν είναι διατεθειμένοι να εξετάσουν ένα νέο όχημα εάν δεν διαθέτει πρόσβαση στο διαδίκτυο, και ότι περισσότεροι από το ένα τέταρτο δίνουν ήδη προτεραιότητα στη συνδεσιμότητα σε σχέση με λοιπά παραδοσιακά χαρακτηριστικά, όπως η ισχύς του κινητήρα και η αποδοτικότητα των καυσίμων.

Ωστόσο, ενώ οι οδηγοί είναι πρόθυμοι για τα οφέλη της συνδεσιμότητας του αυτοκινήτου, εκφράζουν επίσης ανησυχίες ότι μπορεί να εμποδίσει την ταχεία και ευρεία υιοθέτησή της. Πρώτον, οι καταναλωτές ανησυχούν για την ψηφιακή ασφάλεια και το απόρρητο των δεδομένων. Κατά μέσο όρο 37% των ερωτηθέντων δε θα εξετάσουν ακόμη την απόκτηση ενός συνδεδεμένου αυτοκινήτου, αν και υπήρχαν σημαντικές διαφορές ανάλογα με την περιοχή της έρευνας αλλά οι ανησυχίες ήταν εμφανείς σε όλες τις αγορές. Δεύτερον, οι καταναλωτές έδειξαν περιορισμένη προθυμία να πληρώσουν για τα χαρακτηριστικά συνδεσιμότητας του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα, μόνο το 35% των αγοραστών καινούργιων αυτοκινήτων δήλωσαν ότι θα δαπανήσουν επιπλέον 100\$ για την ενσωμάτωση ενός «έξυπνου τηλεφώνου» (smartphone), και μόλις 21% δήλωσαν ότι θα ήταν πρόθυμοι να πληρώσουν συνδρομή για τις υπηρεσίες συνδεσιμότητας.

Το γεγονός ότι οι καταναλωτές επιθυμούν συνδεσιμότητα, αλλά εγείρουν ανησυχίες για την σχετική ασφάλεια, και είναι μόνο οριακά πρόθυμοι να πληρώσουν για αυτό αφήνει τους παράγοντες του κλάδου σε μια ενδιαφέρουσα θέση. Η τροχιά στην οποία βρίσκεται το όχημα που επιτρέπει αυτήν την τεχνολογία οδηγεί σε ολοένα και μεγαλύτερη συνδεσιμότητα και οι εταιρείες θα αντιμετωπίσουν ταυτόχρονα σκληρές και λεπτές αποφάσεις τα επόμενα χρόνια .

Εταιρίες που ασχολούνται με την συνδεσιμότητα όπως η “ENERNOC”, η “Skyworks Solutions” και η “Covisint”, επεξεργάζονται ιδέες για το «έξυπνο πλέγμα» (smart grid), το «συνδεδεμένο σπίτι» (connected home), το «συνδεδεμένο αυτοκίνητο» (connected car) και το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» (IOT Internet of Things) ώστε αυτά να εξελιχθούν ομαλά και τελικά να συγκλίνουν τεχνολογικά [63].

4.2 Εταιρείες Λογισμικού και Εξοπλισμού

Enernoc

Η εταιρία Enernoc παρέχει λογισμικό σχετικά με την έξυπνη διαχείριση της ενέργειας (EIS - Energy Intelligent Software) και των σχετικών λύσεων για εμπορικούς, θεσμικούς και βιομηχανικούς πελάτες, καθώς και για τις επιχειρήσεις κοινής ωφελείας. Τα προϊόντα της περιλαμβάνουν τα Supply SMART, Efficiency SMART, και Demand SMART. Το EIS είναι λογισμικό που δίνει στους χρήστες ορατότητα σε τρεις παράγοντες που κοστίζουν ενέργεια: πώς αποκτάται η ενέργεια, πόση ενέργεια χρησιμοποιείται, και πότε χρησιμοποιείται η ενέργεια [64].

Skyworks Solutions

Η εταιρία Skyworks Solutions, Inc., μαζί με τις θυγατρικές της, σχεδιάζει, αναπτύσσει, κατασκευάζει και εμπορεύεται σε όλο τον κόσμο ιδιόκτητα προϊόντα ημιαγωγών, συμπεριλαμβανομένης και της πνευματικής ιδιοκτησίας τους [65]. Ένα προϊόν ημιαγωγών είναι η τελική ή ενδιάμεση μορφή ενός ενσωματωμένου κυκλώματος σε ένα τσιπ και λειτουργεί ηλεκτρονικά. Το τσιπ αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στα συνδεδεμένα οχήματα.

Covisint

Οι εφαρμογές της εταιρείας λειτουργούν μέσω της πλατφόρμας “Cloud Platform”. Η τεχνολογία αυτή διευκολύνει την ταχεία ανάπτυξη της ταυτοποίησης, της έγκρισης και της σύνδεσης των πολύπλοκων δικτύων που περιλαμβάνουν ανθρώπους, διαδικασίες, συστήματα και πράγματα. Η πλατφόρμα της Covisint υποστηρίζει τους πελάτες της στις προσπάθειές τους διαχείρισης ταυτότητας και πρόσβασης δηλαδή να ταυτοποιήσουν, πιστοποιήσουν και να συνδέσουν με ασφάλεια χρήστες, συσκευές, εφαρμογές και πληροφορίες. Υποστηρίζει περίπου 3.000 οργανώσεις που συνδέουν περισσότερους από 212.000 συνεργάτες και πελάτες που υποστηρίζουν χρηματικά ποσά \$4 δις ετησίως σε συναλλαγές ηλεκτρονικού εμπορίου [66].

Το έτος 2000, οι αυτοκινητοβιομηχανίες General Motors, Ford και Daimler Chrysler επένδυσαν \$500 εκατομμύρια για να σχηματίσουν την Covisint μαζί με τις εταιρείες Renault, Nissan και Peugeot προκειμένου να μειωθεί το κόστος και η πολυπλοκότητα διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας των βιομηχανιών. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες πίστευαν ότι μια διαδικτυακή πλατφόρμα για την ανταλλαγή των πόρων θα μείωνε σημαντικά το κόστος [67].

Όταν ωριμάσει η τεχνολογία V2V (Vehicle to Vehicle) και IOT (Internet of Things) τότε θα μπορέσει να ολοκληρωθεί η δημιουργία ασφαλούς υποδομής για τα αυτόνομα οχήματα. Παράλληλα, οι προμηθευτές σε συνεργασία με τους παρόχους τεχνολογίας θα συνεργαστούν για την προώθηση των μέτρων ασφαλείας, ώστε το αυτόνομο όχημα να επικρατήσει στις οδούς [68].

PolySync

Το “PolySync” είναι μια ολόκληρη πλατφόρμα λογισμικού που κατασκευάζεται από την εταιρεία Harbrick. Το λογισμικό στοχεύει να βοηθήσει τους προγραμματιστές να δημιουργήσουν, να δοκιμάσουν και να αναπτύξουν εφαρμογές αυτοματοποιημένου οχήματος. Το PolySync υποστηρίζει τους πιο γνωστούς προηγμένους αισθητήρες : Delphi ESR, Delphi SRR2, Ibeo Fusion ECU, Ibeo LUX, Hokuyo UTM30LX, Hokuyo UTM30LXEW, Mobileye 560, Mobileye EPM2, SMS Type 29, SMS Type 30, SMS Type 31, Velodyne HDL32, Velodyne VLP16 [69].

QNX Software Systems

Η QNX είναι μια εταιρία που εδράζεται στον Καναδά και στοχεύει στη μετατροπή του αυτοκινήτου σε κινητή συσκευή, περιλαμβάνοντας εφαρμογές ενημέρωσης και ψυχαγωγίας, πρόσβαση σε ταινίες και μουσική, καθώς και τον έλεγχο του ίδιου του αυτοκινήτου. Η πλατφόρμα "QNX Car Platform" είναι ένα εμπορικό “Unix-like” λειτουργικό σύστημα που λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Η "Hub and Spoke" αρχιτεκτονική του συστήματος επιτρέπει πολλές εφαρμογές να τρέχουν ταυτόχρονα με ασφάλεια και σταθερότητα. Είναι η λύση όταν απαιτείται ένα λειτουργικό σύστημα που απλά δεν μπορεί να αστοχήσει, έχοντας τις πιθανές συνέπειες μιας αποτυχίας ενός υπολογιστή ενώ ταξιδεύει σε ταχύτητες αυτοκινητόδρομου [70].

Delphi

Η εταιρία Delphi είναι ένας από τους μεγαλύτερους παγκοσμίως προμηθευτές εξαρτημάτων. Υποστηρίζει λύσεις οικονομικά αποδοτικές και για το σκοπό αυτό έχει ασχοληθεί με τρόπους μείωσης της πολυπλοκότητας αυτών των προηγμένων συστημάτων ασφαλείας. Για παράδειγμα, εργάζεται σε έναν ελεγκτή πολλαπλών τομέων που έχει σχεδιαστεί για να κάνει την ίδια εργασία με πολλαπλές μονάδες ηλεκτρονικού ελέγχου. Αυτό θα μειώσει την πολυπλοκότητα, το κόστος και το βάρος του συστήματος [70].

Delphi's self-driving demo car, Road Runner, (Audi SQ5)

Με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας V2E™ (vehicle-to-everything), το αυτοκίνητο κινείται αυτόνομα και επικοινωνεί με το οδικό περιβάλλον. Το λογισμικό του οχήματος επικοινωνεί με τον οδηγό και μοιράζεται μαζί του αυτό που "βλέπει". Μπορεί να προειδοποιεί τον οδηγό για πιθανούς οδικούς κινδύνους αλλά και να εντοπίζει τις προτιμήσεις του όπως η τοποθεσία μία καφετέριας. Η τεχνολογία είναι καλύτερη όταν είναι προσωπική και γνωρίζει τον οδηγό, τις επιθυμίες και αντιπάθειες του, τα άτομα που γνωρίζει, τον τόπο εργασίας και διαμονής.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η τεχνολογία V2I (vehicle-to-infrastructure), όπου το αυτοκίνητο μπορεί να επιβραδύνει λίγο, επειδή η τεχνολογία DSRC του αυτοκινήτου (Dedicated Short Range Communication) που ενεργοποιεί τη V2I, ενημερώνει το αυτοκίνητο ότι το φανάρι μπροστά πρόκειται να γίνει κόκκινο. Μέσω της διεπαφής, ο οδηγός προειδοποιείται για την αλλαγή. Αυτού του είδους η προειδοποίηση θα βοηθήσει τους οδηγούς να γίνουν καλύτεροι οδηγοί, το οποίο μεταφράζεται σε λιγότερα ατυχήματα. Η πρώτη έκδοση του αυτοματοποιημένου οχήματος Delphi ήταν σε θέση να «δει» τους πεζούς και τους ποδηλάτες, μέσω των αισθητήρων του. Με την επέκταση της τεχνολογίας V2E από τα αυτοκίνητα και τις υποδομές στους ανθρώπους, το αυτοκίνητο θα έχει επίγνωση των αντικειμένων εκτός του εύρους του αισθητήρα ή της γραμμής όρασης του οδηγού.

Η εταιρία έκανε επίδειξη επίσης της τεχνολογίας V2P (vehicle-to-pedestrian) σε ένα αυτοματοποιημένο όχημα στην έκθεση CES 2016. Αυτή είναι η ίδια τεχνολογία με την V2V (vehicle-to-vehicle), αλλά, σε αυτήν την περίπτωση, η επικοινωνία συμβαίνει μεταξύ του αυτοκινήτου και ενός ατόμου με ένα κινητό τηλέφωνο εξοπλισμένο με ένα ειδικό chip

προγραμματισμένο να επικοινωνεί με την παγκόσμια συχνότητα DSRC. Αυτό έχει επιδειχτεί σε χειροκίνητα οχήματα, αλλά ποτέ πριν σε αυτοματοποιημένο [71].

Σχήμα 4-1: Delphi's self-driving demo car



Πηγή: [71]

Το Audi SQ5 έχει ολοκληρώσει ένα ταξίδι από το Σαν Φρανσίσκο στη Νέα Υόρκη απόστασης σχεδόν 5.500 χιλιομέτρων και διάρκειας εννέα ημερών. Το Roadrunner ξεκίνησε με μια ομάδα μηχανικών από το Treasure Island στο San Francisco Bay στις 22 Μαρτίου και πέρασε από 15 πολιτείες και τη Περιφέρεια της Κολούμπια.

Continental

Η εταιρία “Continental Automotive” είναι η δεύτερη μεγαλύτερη στην Ευρώπη και ένας από τους μεγαλύτερους προμηθευτές εξαρτημάτων αυτοκινήτων στον κόσμο. Ανακοίνωσε στις αρχές του έτους 2013 ότι η αυτοματοποιημένη οδήγηση θα είναι στο επίκεντρο της μακροπρόθεσμης επιχειρηματικής στρατηγικής. Στόχος της είναι να καταστήσει πλήρως αυτόνομη την οδήγηση από το έτος 2025. Ένα από τα πρώτα έργα της είναι να συνδέσει αυτοκίνητα μέσω ασύρματων δικτύων, επιτυγχάνοντας καλύτερη κυκλοφορία και πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο, περισσότερες δυνατότητες ψυχαγωγίας επιβατών, προειδοποιήσεις ασφαλείας - κινδύνου, και τελικά λειτουργία αυτόνομων οχημάτων. Η γερμανική εταιρεία έχει ήδη συνάψει συμμαχίες με τις εταιρείες Cisco, IBM,

και λοιπές εταιρίες, για να εργαστούν σε συστήματα επικοινωνίας V2X, το οποίο θεωρείται από πολλούς ειδικούς ως κλειδί στην ανάπτυξη των αυτόνομων οχημάτων [70].

Cohda Wireless

Η εταιρία Cohda Wireless ειδικεύεται στο σχεδιασμό του υλικού και λογισμικού για επικοινωνίες V2X (Vehicle to Everything), δηλαδή για συστήματα που θα επιτρέπουν στα αυτοκίνητα να σχηματίζουν δίκτυα πλέγματος ενώ βρίσκονται στο δρόμο. Αυτοκίνητα σε αυτά τα δίκτυα θα είναι σε θέση να επικοινωνούν κρίσιμες πληροφορίες για την ασφάλεια, όπως την ταχύτητα και την κατεύθυνση τους, το εάν φρενάρουν ή επιταχύνουν και θα συνδέονται με αισθητήρες της οδού. Με αυτόν τον τρόπο θα δημιουργηθεί μια νοημοσύνη βασισμένη σε σύννεφο (cloud based intelligence) η οποία θα αναλάβει σταδιακά την οδήγηση των οχημάτων. Τα τσιπ της Cohda ενισχύουν τις ασύρματες επικοινωνίες σε επίπεδα ποιότητας πέραν των εμπορικών πομποδεκτών, επιτρέποντας τα αυτοκίνητα να "βλέπουν" πιο αποτελεσματικά μέσα από εμπόδια ή γύρω από γωνίες [70].

AutoTalks

Με έδρα το Ισραήλ, η εταιρία AutoTalks ειδικεύεται στην τεχνολογία της επικοινωνίας V2X, όπως ακριβώς η εταιρία Cohda. Η τεχνολογία της εταιρείας αναλύει τα δεδομένα που διαβιβάζονται από τις μονάδες επεξεργασίας δεδομένων που βρίσκονται σε κοντινά οχήματα, προκειμένου να προειδοποιούν τους οδηγούς για κάθε επικείμενο κίνδυνο και να επικοινωνούν με τις υποδομές μεταφορών. Τα τσιπ (chipsets) που τροφοδοτούν το σύστημα του επεξεργαστή επικοινωνιών που ονομάζεται Craton και του πομποδέκτη ραδιοσυχνότητων που ονομάζεται Pluton. Η εταιρία AutoTalks υποστηρίζει ότι τα "chipsets" είναι ασφαλή από εισβολές χάκερ και επεξεργάζονται κάθε εισερχόμενο πακέτο πληροφορίας που λαμβάνουν από ένα όχημα σε λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου [70].

Mobileye

Η εταιρία Mobileye βρίσκεται επίσης στο Ισραήλ και προσφέρει τεχνολογία παρακολούθησης που χρησιμοποιεί μια κάμερα και ένα σύστημα για να προειδοποιήσει τα αυτοκίνητα για επικείμενους κινδύνους (έναν πεζό, αλλαγή λωρίδας, ή πιθανή σύγκρουση),

καθώς και καταγραφή πορείας, ευφυή φώτα πορείας, αναγνώριση των σημάτων της κυκλοφορίας, προσαρμοζόμενο cruise control και ενδείξεις για το όριο ταχύτητας. Η τεχνολογία έχει ως στόχο να διασφαλίσει τους οδηγούς και τους επιβάτες και να μειώσει τα τροχαία ατυχήματα. Η τεχνολογία της εταιρίας είναι απλή και αποδοτική από πλευράς κόστους [70].

Nvidia

Η εταιρία Nvidia υποστηρίζει ότι η εμπειρία της σε μετάδοση σε πραγματικό χρόνο εικόνας και χωρικών δεδομένων που απόκτησε από τους υπολογιστές και τις κονσόλες παιχνιδιών καθιστούν τα chipsets της να είναι οι ιδανικοί υποψήφιοι για να τροφοδοτήσουν τα μελλοντικά συστήματα των αυτόνομων οχημάτων. Η Nvidia θέλει να κάνει τα υπολογιστικά εξαρτήματα ενός αυτοκινήτου αναβαθμίσιμα. Με τον τρόπο αυτόν είναι δυνατή η τοποθέτηση εξελιγμένων υπολογιστικών εξαρτημάτων μέσω περιοδικών αναβαθμίσεων, ενισχύοντας τη δύναμη του συνδεδεμένου αυτοκινήτου [70].

Airbiquity

Η εταιρία Airbiquity ειδικεύεται στις υπηρεσίες των συνδεδεμένων αυτοκινήτων και είναι πρωτοποριακή στην τηλεματική της αυτοκίνησης για πάνω από μια δεκαετία. Περισσότερα από 30 εκατομμύρια οχήματα έχουν ενεργοποιηθεί με την τεχνολογία της Airbiquity και πάνω από 6 εκατομμύρια συνδέονται με την πλατφόρμα Choreo. Η πλατφόρμα Choreo οργανώνει και παραδίδει υπηρεσίες "end to end" από το σύννεφο (cloud) για εκατομμύρια οχήματα σε όλο τον κόσμο και κρατά τους οδηγούς συνδεδεμένους με τις υπηρεσίες και το περιεχόμενό τους και συνεργάζεται άψογα με έξυπνα οχήματα, υλικό τηλεματικής και δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.

Η στήριξη ευέλικτου προγράμματος της Choreo επιτρέπει στις αυτοκινητοβιομηχανίες να αναπτύξουν γρήγορα συνδεδεμένα προγράμματα αυτοκίνησης ικανοποιώντας τις στρατηγικές και τα οράματά τους από την εμπειρία των χρηστών. Η επιδόσεις της Airbiquity έχουν αποδειχθεί από την τελευταία εγκατάσταση του πελάτη της εταιρείας, επιτρέποντας παροχή υπηρεσιών συνδεδεμένων οχημάτων για 23 μοντέλα αυτοκινήτων σε 51 χώρες σε

μόλις 16 μήνες - ένα πρωτοφανές επίπεδο της κλιμάκωσης του προγράμματος μη ανταγωνίσσιμο από οποιοδήποτε άλλο πάροχο παρόμοιων υπηρεσιών [72].

OpenCar

Η OpenCar διαθέτει συνδεσιμότητα συσκευών που επιτρέπει και ενεργοποιεί τις κάμερες του αυτοκίνητου, τους εξωτερικούς αισθητήρες, τα «έξυπνα ρολόγια» (smartwatches) και την παρακολούθηση των υποδομών. Η OpenCar ξεκίνησε την πύλη InsideTrack η οποία παρέχει στις αυτοκινητοβιομηχανίες μια κοινή πλατφόρμα για τη δημιουργία ισχυρών εφαρμογών για τα νέα αυτοκίνητα, και να διανείμουν και να διατηρήσει εφαρμογές μέσω "over the air" ενημερώσεων κατά τη διάρκεια ζωής του κάθε οχήματος [72]. Η OpenCar χρησιμοποιείται για το σύστημα infotainment της Mazda Connect και έχει συνεργάτες που ειδικεύονται στις εφαρμογές (apps) την Stitcher, Parkopedia, WCities, Glympse και άλλους.

IAV

Η IAV (Γερμανικά: Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr) είναι μια τεχνική εταιρεία στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας, που ασχολείται με το σχεδιασμό προϊόντων για τα συστήματα μετάδοσης κίνησης, των ηλεκτρονικών και της ανάπτυξης των οχημάτων. Η εταιρία IAV παρέχει υπηρεσίες μηχανικού τύπου για τις αυτοκινητοβιομηχανία διεξάγοντας καινοτόμα έργα έρευνας και ανάπτυξης και την πραγματοποιώντας νέες, φιλικές προς το περιβάλλον ιδέες οδήγησης έτοιμες για μαζική παραγωγή.

Για πάνω από δέκα χρόνια, η εταιρία IAV έχει αναπτύξει δοκιμαστικά οχήματα που μπορούν να κινηθούν στην οδική κυκλοφορία όλο και πιο αυτόνομα και παράλληλα πλησιάζει το σημείο της ετοιμότητας για κατασκευή. Το πιο πρόσφατο πρωτότυπο όχημα μπορεί να καλύψει ήδη μεγάλες αποστάσεις στην εθνική οδό. Έχουν ήδη ολοκληρώσει διαδρομές 70 χιλιομέτρων περίπου αρκετές φορές σε ένα εξαιρετικά αυτοματοποιημένο πρωτότυπο που βασίζεται στο μοντέλο Golf VII. Η ανθρώπινη παρέμβαση είναι απαραίτητη μόνο σε φανάρια, γιατί σε ένα δρόμο με πολλές λωρίδες η τεχνολογία δεν είναι σε θέση να προσδιορίσει με απόλυτη βεβαιότητα ποίο φανάρι είναι σημαντικό για την λωρίδα που βρίσκεται το όχημα. Υπάρχουν δύο τρόποι για να ταιριάζουν η λωρίδα με το φανάρι. Είτε

όλα τα φανάρια να απαριθμούνται ακριβώς για να πάρετε μια ακριβή αντιστοιχία ή τα οχήματα να επικοινωνούν με την υποδομή που τους περιβάλλει (επικοινωνία Car2X) - μια προσέγγιση που η IAV εξετάζει επί του παρόντος στο Braunschweig σε συνεργασία με το Γερμανικό Κέντρο Αεροδιαστημικής (DLR German Aerospace Center). Στο πλαίσιο της εκδήλωσης Ride & Drive κατά τη διάρκεια του CES στο Λας Βέγκας, η IAV παρουσίασε την τεχνολογία Cruise4U χρησιμοποιώντας ένα όχημα επίδειξης. Η τεχνολογία “Cruise4U” αναπτύχθηκε σε ένα κοινό πρόγραμμα μεταξύ IAV και την εταιρία Valeo, η οποία είναι ένας γαλλικό προμηθευτή εξαρτημάτων αυτοκινήτων [73].

Κεφάλαιο 5 Η τεχνολογία V2I / V2V

5.1 Περιγραφή της τεχνολογίας

Τα προβλήματα που σχετίζονται με ένα απομονωμένο αυτόνομο όχημα και τα υποσυστήματα του, αποτελούν πρόκληση αλλά η ερευνητική κοινότητα διερευνά την έξυπνη μετακίνηση η οποία περιλαμβάνει ένα σύστημα ή συστήματα πολλών οχημάτων που αλληλεπιδρούν στους δρόμους. Δύο σχετικά θέματα που περιλαμβάνονται σε αυτό το όραμα είναι:

- Αλληλεπίδραση Οχήματος-Υποδομής V2I (Vehicle-to-Infrastructure)
- Αλληλεπίδρασης Οχήματος-Οχήματος V2V (Vehicle-to-Vehicle)

Το V2I και V2V υπόσχονται βελτιώσεις στις μεταφορές, μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση, λιγότερη οδοποιία, μειωμένες συγκρούσεις και την ασφάλεια επιβατών του οχήματος και πεζούς καθώς και ποδηλατών. Τα συστήματα πέδησης τροχών ή τα προγράμματα ηλεκτρονικής σταθερότητας είναι αποδεκτά, επειδή δεν λαμβάνουν τον πλήρη έλεγχο του οχήματος, αλλά μάλλον βοηθούν τον οδηγό να ακολουθήσει μια πιο επιθυμητή πορεία, ενδεχομένως, σε περιπτώσεις όπου έχει ήδη χάσει τον έλεγχο του οχήματος.

Στην αλληλεπίδραση V2I, η υποδομή διαδραματίζει συντονιστικό ρόλο, συγκεντρώνοντας παγκόσμιες ή τοπικές πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας και στη συνέχεια προτείνει ή εφαρμόζει ορισμένες συμπεριφορές σε μια ομάδα οχημάτων. Σε ένα πιο εξελιγμένο σενάριο, οι ταχύτητες και επιταχύνσεις των οχημάτων και οι αποστάσεις μεταξύ τους θα προταθούν από την υποδομή με βάση τις συνθήκες κυκλοφορίας και με στόχο τη βελτιστοποίηση των συνολικών εκπομπών, την κατανάλωση καυσίμου και τις ταχύτητες κίνησης. Προτάσεις για τα οχήματα θα μπορούσαν να μεταδοθούν στους οδηγούς μέσω οθονών στους δρόμους ή απευθείας στα οχήματα μέσω ασύρματων συνδέσεων. Μελλοντικά οι προτάσεις θα μπορούσαν να ενσωματωθούν στα χειριστήρια του οχήματος και να

υλοποιούνται ημιαυτόματα. Ορισμένοι ειδικοί προβλέπουν ότι τα πρώτα συστήματα V2I θα εμφανιστούν στο χρονικό διάστημα 2015 με 2020.

Η αλληλεπίδραση V2V στοχεύει στην οργάνωση και ανάπτυξη της συνεργασίας των οχημάτων. Έτσι οι πληροφορίες εναλλάσσονται και οι αποφάσεις λαμβάνονται σε μία "τοπική" βάση που απαιτεί μια συμφωνία μεταξύ των κατασκευαστών των αυτοκινήτων και των προμηθευτών από πλευρά τεχνολογίας, εξοπλισμού επικοινωνίας και πρωτοκόλλων και οι προσπάθειες βρίσκονται σε εξέλιξη προς αυτή την κατεύθυνση (Car2Car Consortium). Η τεχνολογία βασίζεται στην "IEEE 802.11" επίσης γνωστή και ως ασύρματο LAN. Ένα φάσμα συχνοτήτων στην περιοχή των 5,9 GHz, έχει κατανεμηθεί σε εναρμονισμένη βάση στην Ευρώπη, σύμφωνα με παρόμοιες κατανομές στις Η.Π.Α. αν και τα συστήματα δεν είναι ακόμα συμβατά. Στην V2V, όταν δύο ή περισσότερα οχήματα ή οδικοί σταθμοί είναι εντός εμβέλειας ραδιοεπικοινωνίας, συνδέονται αυτόματα και δημιουργούν ένα δίκτυο "ad hoc" που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων θέσης, ταχύτητας και κατεύθυνσης. Κάθε όχημα είναι επίσης ένα router και επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων μέσω πολλαπλών ανακλάσεων σε πιο μακρινά οχήματα και οδικούς σταθμούς. Ο αλγόριθμος δρομολόγησης βασίζεται στη θέση των οχημάτων και είναι σε θέση να χειριστεί γρήγορες αλλαγές της τοπολογίας του δικτύου και το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει αυτόματα ή ημιαυτόματα αποφάσεις, παρέχοντας προειδοποιήσεις, πληροφορίες και ενδεχομένως, πιθανές ενέργειες [74].

Ένα όχημα που είναι φορέας της τεχνολογίας ανταλλάσσει δεδομένα 10 φορές κάθε δευτερόλεπτο με τα οχήματα που βρίσκονται σε ακτίνα 300 μέτρων από αυτό. Ένας υπολογιστής επεξεργάζεται συνεχώς τα δεδομένα και σε περίπτωση που διαπιστώσει πιθανό κίνδυνο ειδοποιεί τον οδηγό προβάλλοντας σχετικά σήματα στο παρμπρίζ του αυτοκινήτου. Εκτός από το να ειδοποιεί τον οδηγό αν ένα αυτοκίνητο που δεν είναι ορατό σε αυτόν παραβιάζει ερυθρό σηματοδότη ή μια ταμπέλα «stop», το σύστημα τον ενημερώνει επίσης για το αν υπάρχουν οχήματα πίσω από «τυφλές» στροφές στις οποίες ετοιμάζεται να εισέλθει ή αν μπορεί με ασφάλεια να κάνει μια προσπέραση.

Κατά την εφαρμογή σε σχετική παρουσίαση ο οδηγός ενός Ford Taurus ετοιμαζόταν να περάσει μπροστά από μια μεγάλη νταλικά που ήταν παρκαρισμένη σε δρόμο κάθετο σε αυτόν που εκείνος κινούνταν. Πίσω από τη νταλικά ένα άλλο αυτοκίνητο πέρασε με ταχύτητα τον ερυθρό σηματοδότη και με δεδομένο ότι ο οδηγός του Ford δεν είχε ορατότητα του

κάθετου δρόμου εξαιτίας της νταλίκας τα δύο οχήματα πιθανότατα θα συγκρούονταν. Το σύστημα ειδοποίησε τον οδηγό του Ford που πρόλαβε να φρενάρει έγκαιρα και έτσι αποφεύχθηκε το ατύχημα [75].

Παρόμοια τεχνολογία με τη V2V εξελίσσουν ανεξάρτητα και άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες, σε συνεργασία με πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα, για να ενώσουν αργότερα τις δυνάμεις τους προς την εξέλιξη ενός κοινού συστήματος που θα είναι συμβατό με όλους τους τύπους αυτοκινήτων. Σύμφωνα με τους ανθρώπους της GM, τα πρώτα δείγματα της τεχνολογίας V2V θα τα δούμε σε ευρεία χρήση περίπου το 2010, χωρίς να υπάρχει μεγάλη οικονομική επιβάρυνση, λόγω της απλής δομής του συστήματος.

5.2 Τεχνολογία V2V: Παραδείγματα

Προειδοποίηση ζώνης οδικών έργων και σταθμευμένων οχημάτων

Αν και συνήθως τα οδικά έργα είναι επαρκώς σηματοδοτημένα, η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ αυτών και του αυτοκίνητου-φορέα θα μεταφέρει έγκαιρα στον οδηγό πληροφορίες σχετικά με την απόσταση, την ταχύτητα που πρέπει να τηρεί, ακόμα και το μήκος των εργασιών. Επιπροσθέτως, σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, θα μπορεί να προσφέρει εκτιμήσεις σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για τη διέλευση από αυτά. Αντίστοιχα το σύστημα θα είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται και σταθμευμένα οχήματα σε επικίνδυνα σημεία, όπως για παράδειγμα επάνω σε στροφές, ενημερώνοντας και πάλι τον οδηγό μέσω των ανάλογων, προειδοποιητικών οπτικών σημάτων.

Παραχώρηση προτεραιότητας στις διασταυρώσεις

Είτε λόγω έλλειψης ορατότητας, είτε λόγω απροσεξίας των οδηγών, η παραβίαση προτεραιότητας στις διασταυρώσεις αποτελεί ένα από τα κυριότερα αίτια ατυχημάτων. Χάρη στην τεχνολογία V2V τα οχήματα αντιλαμβάνονται έγκαιρα το ένα το άλλο, πολύ πριν βρεθούν σε οπτική επαφή. Σε περίπτωση που οι οδηγοί δεν συμμορφωθούν με την υπάρχουσα σήμανση και κινούνται, χωρίς να κόψουν ταχύτητα, σε τροχιά σύγκρουσης, το σύστημα αναλαμβάνει αυτόματα να τους προειδοποιήσει, μέσω οπτικών και ηχητικών σημάτων. Εάν και πάλι δεν αντιδράσουν, τότε άμεσα θα αναλάβει μόνο του πρωτοβουλία, επεμβαίνοντας στα φρένα του ενός ή και των δύο οχημάτων, ανάλογα με την περίπτωση.

Προειδοποίηση σύγκρουσης με προπορευόμενο όχημα

Ένα απότομο φρενάρισμα του προπορευόμενου οχήματος, θέτει αυτομάτως σε δοκιμασία τα αντανακλαστικά των οδηγών που ακολουθούν, ενώ μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα επικίνδυνο όταν δεν τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας, σε περίπτωση κακών καιρικών συνθηκών, περιορισμένης ορατότητας ή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Όλα τα αυτοκίνητα που εφοδιάζονται με το σύστημα V2V μπορούν να αντιλαμβάνονται μία τέτοια κατάσταση σε απόσταση τουλάχιστον 300 μέτρων, ενημερώνοντας εγκαίρως τους οδηγούς τους. Αυτό ισχύει και σε περιπτώσεις που ένα ταχέως κινούμενο αυτοκίνητο κινείται στην ίδια λωρίδα με ένα πιο αργό προπορευόμενο. Εάν ο δεύτερος οδηγός δεν αλλάξει λωρίδα, ούτε και επιβραδύνει, ένα οπτικό σήμα, συνδυαζόμενο με κάποιους κραδασμούς που προέρχονται από τη βάση του καθίσματος του εφιστούν την προσοχή.

Συνεργασία με οχήματα έκτακτου ανάγκης

Η διέλευση οχημάτων έκτακτης ανάγκης σε συνθήκες αυξημένης κίνησης είναι αρκετά προβληματική, καθώς αρκετοί οδηγοί δεν αντιλαμβάνονται έγκαιρα την παρουσία τους και, ως εκ τούτου, καθυστερούν να αντιδράσουν. Μέσω της τεχνολογίας V2V το ίδιο το αυτοκίνητο θα ενημερώνει άμεσα τον οδηγό για τη θέση και την πορεία των ασθενοφόρων, περιπολικών και πυροσβεστικών οχημάτων, μεταφέροντάς του επιπλέον πληροφορίες του στιλ «Κινηθείτε προς τα δεξιά» ή «Ανοίξτε δρόμο μεταξύ δεύτερης και τρίτης λωρίδας».

Έλεγχος τυφλών σημείων / αλλαγής λωρίδας

Μια σημαντική λειτουργία του συστήματος V2V είναι αυτή της υποστήριξης αλλαγής λωρίδας. Όταν δύο αυτοκίνητα κινούνται παράλληλα, με μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, ένα οπτικό σήμα κοντά στον ανάλογο πλευρικό καθρέφτη ενημερώνει προληπτικά τον προπορευόμενο οδηγό. Εάν τώρα αυτός δεν το αντιληφθεί ή το αγνοήσει και αποπειραθεί να περάσει στη λωρίδα του άλλου αυτοκινήτου, άμεσα το σήμα αρχίζει να αναβοσβήνει, ενώ ταυτόχρονα μία δόνηση στη δεξιά ή ανάλογα στην αριστερή πλευρά του καθίσματος του εφιστά την προσοχή [76].

5.3 Διαδίκτυο των πραγμάτων

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων IoT (Internet of Things) είναι το δίκτυο που αποτελείται από φυσικά αντικείμενα, συσκευές, οχήματα και κτίρια με ενσωματωμένο ηλεκτρονικό εξοπλισμό, λογισμικό, αισθητήρες και το δίκτυο σύνδεσης που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα τη συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων επιτρέπει στα αντικείμενα να γίνουν αισθητά και να ελέγχονται εξ αποστάσεως σε όλη την υπάρχουσα υποδομή του δικτύου, τη δημιουργία ευκαιριών για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται στον υπολογιστή με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, της ακρίβειας και του οικονομικού οφέλους. Κάθε πράγμα είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο μέσω του ενσωματωμένου συστήματος υπολογιστών της, αλλά είναι σε θέση να ενσωματωθεί στο εσωτερικό της υπάρχουσας υποδομής του διαδικτύου. Οι ειδικοί εκτιμούν ότι το διαδίκτυο των πραγμάτων θα αποτελείται από σχεδόν 50 δισεκατομμύρια αντικείμενα από το 2020 [77].

Κεφάλαιο 6 Κυκλοφορία Αυτόνομων Οχημάτων στην Ελλάδα

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί το ερευνητικό πρόγραμμα CityMobil2 στην πόλη των Τρικάλων.

6.1 Η ανάθεση του προγράμματος

Το έτος 2013, το Ελληνικό Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, σε συνεργασία με εμπλεκόμενους φορείς της χώρας (ICCS, eTricala), ξεκίνησαν τις πρώτες συζητήσεις για να επιτρέψουν την κυκλοφορία αυτόνομων οχημάτων εντός του Ελλαδικού οδικού δικτύου. Η αφορμή για την έναρξη αυτής της συζήτησης ήταν η υλοποίηση του πιλοτικού ερευνητικού προγράμματος CityMobil2. Το Υπουργείο έχει ενθαρρύνει τη συζήτηση μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες και για το σκοπό αυτό διοργάνωσε μια συνάντηση στην Αθήνα το Μάιο 2014 με εκπροσώπους από υπουργεία ευρωπαϊκών χωρών, ώστε να συζητήσουν αυτή την προσέγγιση [78].

Στη συνάντηση έλαβαν μέρος 25 εμπειρογνώμονες από Υπουργεία Μεταφορών 11 Ευρωπαϊκών Κρατών Μελών. Συγκεκριμένα, συμμετείχαν τα εξής κράτη: Ελλάδα, Γαλλία, Ιταλία, Φιλανδία, Ισπανία, Σουηδία, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Πολωνία, Μάλτα και Κύπρος. Όλοι εξέφρασαν την άποψη ότι το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο δεν καλύπτει την κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων. Αναφέρθηκαν πρακτικά ζητήματα, αντιρρήσεις και προτάσεις βελτίωσης, από τη στιγμή που όλοι αναγνώρισαν ότι πρέπει να αποτελέσει μια νέα διαδικασία που τελικά θα χρειαστεί να εμπλακούν ενεργά και τα 28 κράτη μέλη. Συμφωνήθηκε ότι θα ακολουθήσει μια σειρά συζητήσεων, καθώς αυτή η συνάντηση αποτέλεσε την αρχή μιας νέας τάσης.

6.2 Λεπτομέρειες του προγράμματος

Το CityMobil2 είναι έργο του 7^{ου} Προγράμματος Πλαισίου (FP7), έχει αριθμό συμβολαίου 314190, πλήρη τίτλο “Cities demonstrating cybernetic mobility”, διάρκεια 48 μήνες (01/09/2012 – 31/08/2016), συνολικό προϋπολογισμό 17.961.639,57€ και Ευρωπαϊκή χρηματοδότηση ύψους 9.500.000,00€ [79].

Στο υλοποιημένο έργο “CityMobil” δημιουργήθηκε το «πρώτο έξυπνο όχημα που κινείται αυτόνομα χωρίς οδηγό» το οποίο με το έργο “CityMobil-2” προβλέπεται να ενταχθεί στη λειτουργία των πόλεων, διερευνώντας τις δυνατότητες κυκλοφορίας οχήματος χωρίς οδηγό σε αστικό οδικό περιβάλλον υπό πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Οι εταίροι του έργου στην Ελλάδα είναι η «Αναπτυξιακή ΑΕ ΟΤΑ» του Δήμου Τρικαίων “e-Trikala ΑΕ” και το «Ερευνητικό Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο Συστημάτων Επικοινωνιών & Υπολογιστών» (ΕΠΙΣΕΥ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Η πόλη των Τρικάλων κατάφερε να συγκεντρώσει τη μεγαλύτερη βαθμολογία μεταξύ των υπόλοιπων ευρωπαϊκών πόλεων που φιλοδοξούσαν να εφαρμόσουν το πρόγραμμα. Συνολικά, από τις 12 πόλεις που διεκδίκησαν να εφαρμόσουν το “CityMobil2” προκρίθηκαν οι ακόλουθες πέντε: Οριστάνο (Ιταλία), Βάντα (Φιλανδία), Σοφία Αντίπολις (Γαλλία), Σαν Σεμπασιάν (Ισπανία) και Τρίκαλα (Ελλάδα).

Το μικρό αυτόνομο λεωφορείο (minibus) διαθέτει 9-11 θέσεις καθημένων, όρθιων και ΑΜΕΑ, κινείται εντελώς αυτόνομα και με χαμηλή ταχύτητα (20 χλμ/ώρα) και έχει συμπεριφορά κίνησης, πέδησης και ακινητοποίησης αντίστοιχη με ένα όχημα που το χειρίζεται οδηγός (Σχήμα 4-1). Το λεωφορείο διανύει 2,4 χλμ με οκτώ στάσεις στο κέντρο της πόλης των Τρικάλων, εξυπηρετώντας τόσο τους μόνιμους κατοίκους όσο και τους επισκέπτες – τουρίστες της πόλης. Συνολικά κινούνται 4 αυτόνομα λεωφορεία, 12 ώρες την ημέρα, 6 ημέρες την εβδομάδα, συμπληρώνοντας το υφιστάμενο δίκτυο αστικών λεωφορείων.

Πρόκειται για ένα ηλεκτρικό λεωφορείο που λειτουργεί με 12 μπαταρίες που τροφοδοτούν τον ηλεκτρικό κινητήρα και κινείται σε δικό του λεωφορειόδρομο μεταξύ του πεζοδρομίου και των λωρίδων κυκλοφορίας των οχημάτων. Το όχημα είναι αθόρυβο, δεν εκπέμπει ατμοσφαιρικούς ρύπους και κινείται επί της διαδρομής που έχει καταχωρηθεί μέσω χαρτογράφησης με τη βοήθεια του GPS που διαθέτει. Σε περίπτωση που μέσω του λείζερ

ανιχνεύσει κάποιο εμπόδιο επί της διαδρομής (άνθρωπος, όχημα ή αντικείμενο), ακινητοποιείται αμέσως. Σε κάθε όχημα υπάρχουν τέσσερις κάμερες που προσδίδουν πλήρη ορατότητα στον υπεύθυνο παρακολούθησης τους στο κέντρο ελέγχου, αντίστοιχη με αυτή που θα είχε ένας κανονικός οδηγός. Τα οχήματα διαθέτουν κανονική άδεια κυκλοφορίας και πινακίδες σύμφωνα με την αδειοδότηση από το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων [80].

Σχήμα 6-1: Αυτόνομο λεωφορείο “CityMobil2”



Πηγή: [80]

6.3 Εφαρμογή και αντιδράσεις

Τα πρώτα δοκιμαστικά δρομολόγια των λεωφορείων ξεκίνησαν την Τετάρτη 1^η Ιουλίου 2015 στα Τρίκαλα, όπου μέχρι την Κυριακή 12 Ιουλίου 2015, κατέγραφαν ότι έβλεπαν στη διαδρομή τους για τεχνικούς λόγους, ενώ η πορεία τους γνωστοποιούνταν εκ των προτέρων στους κατοίκους. Η έναρξη κανονικής λειτουργίας των αυτόνομων λεωφορείων έγινε στις 10 Νοεμβρίου 2015.

Η κυκλοφορία των οχημάτων δημιούργησε ανάμεικτα αισθήματα στους κατοίκους όσον αφορά την ασφάλεια χρήση τους. Ορισμένοι κάτοικοι δίσταζαν να τα χρησιμοποιήσουν, ενώ μεγαλύτερη αποδοχή είχε από τα παιδιά και τους ηλικιωμένους [81]. Η αποδοχή του

αυτόνομου λεωφορείου από τους πολίτες και η διαπίστωση ότι μπορεί να κινηθεί με ασφάλεια σε συνθήκες πραγματικής κυκλοφορίας μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για μια νέα εποχή στις δημόσιες συγκοινωνίες.

Παρά τις διαβεβαιώσεις ασφαλείας, στις 26 Νοεμβρίου 2015 ένα μικρό αυτόνομο λεωφορείο είχε το πρώτο του ατύχημα, χωρίς όμως την πρόκληση τραυματισμών ή υλικών ζημιών. Το λεωφορείο αρχικά έφυγε από τη λωρίδα του και εισήλθε στη λωρίδα κυκλοφορίας των οχημάτων, ενώ στη συνέχεια προσπαθώντας να διορθώσει την πορεία του, ανέβηκε στο πεζοδρόμιο και αφού πέρασε δίπλα από το περίπτερο τελικά ακινητοποιήθηκε. Το συμβάν διήρκησε ελάχιστα δευτερόλεπτα, αλλά εντός του οχήματος υπήρχε χειριστής κατάλληλα εκπαιδευμένος ώστε να το ακινητοποιήσει σε περίπτωση απώλειας ελέγχου [82].

Η εφαρμογή των αυτόνομων λεωφορείων επέφερε και πολιτικές αντιδράσεις, καθώς από τη μια μεριά η δημοτική αρχή θεωρεί ότι η πόλη των Τρικάλων καινοτομεί σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ από την άλλη μεριά μέλη διάφορων πολιτικών κομμάτων θεωρούν ότι η λειτουργία του οχήματος απειλεί την εργατική τάξη [80]. Είναι γεγονός ότι η τεχνολογική ανάπτυξη συνεπάγεται κατάργηση ή περιορισμό παραδοσιακών επαγγελμάτων, όπως και αντικατάσταση με καινούργια. Για το λόγο αυτό, τα αυτόνομα λεωφορεία μπορεί να καταργήσουν ή να περιορίσουν τον αριθμό των ανθρώπων οδηγών, αλλά μπορεί να δημιουργήσουν νέες θέσεις εργασίας στον τομέα της συντήρησης που να απαιτούν όμως μεγαλύτερη εξειδίκευση.

Κεφάλαιο 7 Κυκλοφορία Αυτόνομων Οχημάτων Παγκοσμίως

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν διάφορα πιλοτικά προγράμματα και εφαρμογές που λαμβάνουν χώρα παγκοσμίως.

7.1 Αυτόνομα οχήματα στην Κίνα

Το όχημα Chevy EN-V 2.0 χρησιμοποιείται σε νέα πιλοτικό πρόγραμμα στη Κίνα Ένα διετές πιλοτικό πρόγραμμα που εστιάζει στην κοινή χρήση έλαβε μέρος στην κινεζική πόλη της Σαγκάης μέσω μιας εταιρικής σχέσης μεταξύ της General Motors και του πανεπιστημίου της Σαγκάης Jiao Tong University (SJTU). Τα οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 16 Chevy EN-V 2.0 ηλεκτρικά πρωτότυπα αυτοκίνητα. Στο πιλοτικό πρόγραμμα τα ηλεκτρικά οχήματα (EV) ενσωματώνονται στο σύστημα πολλαπλών μέσων μεταφοράς με λεωφορεία, ποδήλατα και αυτοκίνητα στην πανεπιστημιούπολη του SJTU Minhang. Ο στόχος είναι προφανώς να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μεταφοράς. Εκείνοι που μπορούν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα είναι διάφορα μέλη ΔΕΠ και μεταπτυχιακοί φοιτητές του SJTU οι οποίοι θα πρέπει να προπληρώσουν μια συνδρομή μέλους ως μέσο για την αντιστάθμιση των δαπανών που συνδέονται με τη χρήση των EN-V 2.0. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάλυση του πιλοτικού προγράμματος θα διεξαχθεί από τους μηχανικούς της GM και του προσωπικού του SJTU συλλέγοντας και αναλύοντας τα δεδομένα των οχημάτων από τη λειτουργία των χρηστών [83].

7.2 Αυτόνομα οχήματα στο Ηνωμένο Βασίλειο

Έργο LUTZ

Στο έργο LUTZ θα αναπτυχθούν στους δρόμους του Milton Keynes το 2016 οχήματα "Pods" που λειτουργούν με το ολοκληρωμένο αυτόνομο σύστημα "Selenium". Το έργο είναι η πρώτη δοκιμή στο Ηνωμένο Βασίλειο της αυτοματοποιημένης τεχνολογίας των οχημάτων σε δημόσιους χώρους και πεζόδρομους κάνοντας χρήση εκτάσεις που ορίζονται από το συμβούλιο του Milton Keynes. Τα ευρήματα από το έργο θα τροφοδοτήσουν το μεγαλύτερης κλίμακας πρόγραμμα του Ηνωμένου Βασιλείου Autodrive, το οποίο έχει οριστεί να αναπτύξει ένα μεγαλύτερο στόλο 40 οχημάτων "PoD" ως μέρος μιας πρωτοποριακής μελέτης δύο πόλεων στο Milton Keynes και Coventry.

Σχήμα 7-1: Όχημα PoD



Πηγή: [55]

Ένα βασικό στάδιο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι η χαρτογράφηση του Milton Keynes ή οπουδήποτε αλλού, καθώς παράγει αυτό που λέμε "scene priors" που είναι λεπτομερείς χάρτες του περιβάλλοντος και περιέχουν όλα τα είδη των επιπλέον πληροφοριών, όπως αλλαγές φωτισμού και εποχιακές αλλαγές στην εμφάνιση.

Τα αυτοματοποιημένα οχήματα που θεωρούνται από πολλούς ως το μέλλον της προσωπικής μεταφοράς, με την ενδεχόμενη υπόσχεση των πλήρως αυτοματοποιημένων οχημάτων αναμένεται να επιφέρουν σημαντικά κοινωνικά οφέλη. Η οδική ασφάλεια είναι

ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας καθώς έχει υπολογιστεί ότι το ανθρώπινο λάθος ευθύνεται για πάνω από το 90% των σημερινών θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων. Επίσης αναμένεται ότι τα αυτοματοποιημένα συστήματα του οχήματος θα επιτρέψουν την πιο αποτελεσματική μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών και δυνητικά θα οδηγήσουν σε σημαντική μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και σε πιθανά οφέλη για το περιβάλλον.

Υπάρχει ακόμη πολύς δρόμος μέχρι αυτό το όραμα να γίνει πραγματικότητα και τα Συστήματα Μεταφορών Catapult βοηθά να εξασφαλιστεί ότι το Ηνωμένο Βασίλειο παραμένει στην πρώτη γραμμή αυτής της τεχνολογίας με το έργο LUTZ Pathfinder σε περιοχές με πεζόδρομους της Milton Keynes. Τα Συστήματα Μεταφορών Catapult (Transport Systems) είναι ένα κέντρο τεχνολογίας και καινοτομίας του Ηνωμένου Βασιλείου που ειδικεύεται στην ευφυή κινητικότητα και το μέλλον των συστημάτων μεταφορών

Το έργο πραγματοποιήθηκε για λογαριασμό του βρετανικού συμβουλίου αυτοκίνησης και του Υπουργείου Επιχειρήσεων, Καινοτομίας και Δεξιοτήτων, το έργο LUTZ Pathfinder επιβλέπει τη δοκιμή τριών αυτόματων οχημάτων "POD" στο κέντρο της πόλης, καθώς και την αξιολόγηση της σκοπιμότητάς τους, τόσο από τεχνολογική και από κοινωνική άποψη. Το έργο έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί από την αυτοκινητοβιομηχανία RDM και τα "POD" είναι διαθέσιμα και εξοπλισμένα με αυτόνομα συστήματα ελέγχου που αναπτύχθηκαν την ομάδα Ρομποτικής του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (MRG) [84, 85].

Έργο GATEway

Τρεις βρετανικές εταιρείες συνεργάζονται για την ανάπτυξη νέων αυτοματοποιημένων POD για δοκιμές σε δημόσιους χώρους. Χρησιμοποιώντας κυρίως βρετανικές δυνατότητες μηχανικής και λογισμικού, η εταιρείες Westfield Sportscars, Heathrow Enterprises και Oxbotica ανέπτυξαν POD ικανά να λειτουργούν πλήρως αυτόνομα και με ασφάλεια στους δρόμους του Λονδίνου, ως μέρος του προγράμματος αυτόνομης οδήγησης GATEway που λαμβάνει χώρα στο Royal Borough του Greenwich.

Το GATEWAY (Greenwich Automated Transport Environment) είναι ένα έργο £ 8m το οποίο συγχρηματοδοτείται από την εταιρία Innovate UK και τη βιομηχανία που έχει ως στόχο να κατανοήσει και να ξεπεράσει τα τεχνικά, νομικά και κοινωνικά εμπόδια της εφαρμογής αυτοματοποιημένων οχημάτων σε αστικό περιβάλλον. Λαμβάνει μέρος στο Greenwich που είναι μία από τις κορυφαίες έξυπνες πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου όπου θα

εξεταστούν διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης των αυτοματοποιημένων οχημάτων συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών μεταφοράς με λεωφορείο χωρίς οδηγό, αυτόνομης στάθμευσης και αυτοματοποιημένων αστικών παραδόσεων (deliveries). Με την κατανόηση της αντίληψης και αντίδρασης του κοινού με τα οχήματα, οι δοκιμές θα διευκολύνουν και θα ενθαρρύνουν την ενσωμάτωση των αυτοματοποιημένων μεταφορών εντός του περιβάλλοντος μιας έξυπνης πόλης.

Το Heathrow αποτελεί το πιο πολυσύχναστο αεροδρόμιο του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα Pod του αεροδρόμιου είναι αυτόνομα, ηλεκτρικά και έχουν χωρητικότητα 4 ατόμων παρέχοντας υπηρεσίες μεταφορών μεταξύ του διαδρόμου 5 και του χώρου στάθμευσης των αυτοκινήτων. Από το 2011, τα 21 Pods έχουν μεταφέρει 1.5 εκατομμύριο επιβάτες και έχουν διανύσει πάνω από 3 εκατομμύρια χιλιόμετρα αυτόνομης οδήγησης. Το Heathrow θα παρέχει την υποστήριξη λογισμικού για το έργο [86].

Σχήμα 7-2: Heathrow PoDs



Πηγή: [86]

7.3 Αυτόνομα οχήματα στην Ολλανδία

WEpod

Το Ινστιτούτο γνώσης του ολλανδικού οργανισμού εφαρμοσμένης επιστημονικής έρευνας (TNO) προετοιμάζει μια δοκιμή με αυτόνομα φορτηγά σε συνεργασία με τον

κατασκευαστή φορτηγών DAF, το λιμεναρχείο του Ρότερνταμ και το σύλλογος των κάτω χωρών για τις Μεταφορές TLN (Dutch Association for Transport and Logistics) . Η επαρχία Gelderland και το πανεπιστήμιο και ερευνητικό κέντρο του Wageningen διερευνούν τις δυνατότητες για την αυτόνομη οδήγηση οχημάτων στην περιοχή της Food Valley.

Το Υπουργικό Συμβούλιο στοχεύει η Ολλανδία να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της αυτο-οδήγησης και συστημάτων που επιτρέπουν στα οχήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τα κέντρα ελέγχου της κυκλοφορίας. Η Ολλανδία έχει την κατάλληλη υποδομή στον τομέα της αυτοκίνησης και την τεχνογνωσία που απαιτείται για τη διευκόλυνση των δοκιμών των οχημάτων [87].

Σχήμα 7-3: WEpod



Πηγή: [87]

Το όχημα WEpod σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε αρχικά από μια γαλλική εταιρεία, την Easymile και μπορεί να μεταφέρει 6 επιβάτες, δεν διαθέτει τιμόνι, και θα κυκλοφορήσει για τη σύνδεση των ολλανδικών πόλεων του Wageningen και Ede που απέχουν 10 χιλιόμετρα. Το WEpod έχει, όπως και όλα τα άλλα αυτόνομα πρωτότυπα αυτοκίνητα, αισθητήρες ανίχνευσης με λέιζερ και κάμερες σε συνδυασμό με ένα σύστημα GPS. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών και για λόγους ασφαλείας το WEpod δεν θα βρεθεί σε δύσκολες συνθήκες, όπως τις ώρες αιχμής, το βράδυ ή σε κακές καιρικές συνθήκες. Ένα δωμάτιο ελέγχου θα παρακολουθεί επίσης το όχημα και θα προσέχει για τυχόν δυσλειτουργίες.

Τη στιγμή που αυτόνομες δημόσιες συγκοινωνίες λειτουργούν στο Λονδίνο και το Ρότερνταμ το WErpod θα είναι το πρώτο που θα ταξιδέψει σε συμβατικές οδούς. Στις προαναφερθείσες πόλεις, αυτόνομα μοντέλα κυκλοφορούν στις γραμμές που προορίζονται για αυτά ή σε περιοχές πεζών ή κυκλοφορούν σε πολύ χαμηλές ταχύτητες. Το όχημα δεν διαθέτει τιμόνι ή πετάλια και δεν είναι εφικτός ο έλεγχος με το χέρι εντός του οχήματος. Το WErpod, επίσης, δεν υπερβαίνει τα 25 km/h προκειμένου να επιτρέψει άλλους χρήστες του οδικού δικτύου και τους τεχνικούς στο κέντρο ελέγχου να παρέμβουν σε περίπτωση εσφαλμένης ερμηνείας του δρόμου. Η διαδρομή θα επιλέγεται μέσω μιας ειδικής εφαρμογής, προσδιορίζοντας τον τόπο αναχώρησης και άφιξης. Είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι τα πρώτα μοντέλα των αυτόνομων οχημάτων αρχίζουν να εμφανίζονται σε διαφορετικές χώρες και ότι οι μεγάλες εταιρείες δεν έχουν το μονοπώλιο των πρωτοτύπων και πρώτων μοντέλων στην κυκλοφορία [88].

7.4 Αυτόνομα οχήματα στην Σουηδία

Drive me

Το έργο Drive Me ξεκινά το 2017 και αποτελεί το πρώτο στον κόσμο μεγάλης κλίμακας τεστ αυτόνομων αυτοκινήτων καθώς 100 από τους πελάτες της εταιρίας Volvo θα οδηγήσουν XC90 οχήματα στους σουηδικούς δρόμους εξοπλισμένα με τον αυτόματο πιλότο IntelliSafe. Για το εγχείρημα Drive Me έχουν επιλέγει μερικά από τα πιο δημοφιλή δρομολόγια των προαστιακών της πόλης του Γκέτεμποργκ τα οποία είναι ιδανικά για ασφαλή δοκιμή σε ένα προαστιακό περιβάλλον, με μέση ταχύτητα 70 km/h, χωρίς πεζούς και διαχωρισμό μεταξύ λωρίδων [89].

Σχήμα 7-4: Δρομολόγια των προαστιακών τρένων στην πόλη του Γκέτεμποργκ



Πηγή: [89]

7.5 Αυτόνομα οχήματα στην Αμερική

EasyMile

Η EasyMile, μια γαλλική εταιρεία που παρέχει κοινόχρηστη μετακίνηση χωρίς οδηγό, ανακοίνωσε ότι έχει αναπτύξει μια συνεργασία με τον σταθμό GoMentum ο οποίος είναι χώρος δοκιμών αυτόνομων οχημάτων. Ο σταθμός GoMentum της CCTA (Contra Costa Transportation Authority) συγκεντρώνει κατασκευαστές αυτοκινήτων, εταιρείες τεχνολογίας και ερευνητές για να προωθήσει τις υποδομές μεταφορών. Βασισμένο στη συνεργασία ξεκίνησε ένα πιλοτικό έργο που το καλοκαίρι του 2016 θα φέρει δύο λεωφορεία χωρίς οδηγό στο πάρκο Bishop Ranch στο San Ramon για δοκιμή πρωτοτύπου. Τα λεωφορεία έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν επιβάτες σε μικρή απόσταση με χαμηλές ταχύτητες και θα ωφελήσουν τις ήδη υπάρχουσες επιλογές μέσων μαζικής μεταφοράς. Το Bishop Ranch, ένα πάρκο 585 στρεμμάτων δίπλα στο οποίο υπάρχουν γνωστές επιχειρήσεις όπως η AT&T, η Chevron και η General Electric, θα γίνει το πρώτο μέρος της χώρας όπου θα έχουν αναπτυχθεί τα οχήματα, σύμφωνα με EasyMile.

Η εταιρία έχει ήδη δοκιμάσει τα αυτόνομα λεωφορεία χαμηλής ταχύτητας EZ10 σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα στη Φινλανδία, τη Γαλλία, την Ιταλία, την Ισπανία και την Ελβετία. Σε μια περίπτωση, τα λεωφορεία χωρίς οδηγό εκτελούν μια κυκλική διαδρομή γύρω από ένα ψυχαγωγικό πάρκο, σε μια άλλη μεταφέρουν επιβάτες από ένα σημείο στάθμευσης στο παραλιακό μέτωπο. Τα εν λόγω οχήματα, όπως και τα αυτοκίνητα που αναπτύσσουν η Google και άλλες εταιρείες τεχνολογίας στην «Κοιλιάδα του Πυριτίου» διαθέτουν εσωτερικό λογισμικό χαρτογράφησης υψηλής ευκρίνειας για να γνωρίζουν τις διαδρομές τους και διάφορους αισθητήρες ώστε να αποφεύγουν τους πεζούς και άλλα εμπόδια [90, 91, 92].

Σχήμα 7-5: Αυτόνομο λεωφορείο EZ10



Πηγή: [91]

7.6 Αυτόνομα οχήματα σε μεγάλες πόλεις ανά τον κόσμο

RoboRace

Formula E και Kinetic ανακοίνωσαν μια συνεργασία με την πρόθεση να ξεκινήσουν μια παγκόσμια σειρά αγώνων που θα συμμετέχουν ηλεκτρικά αυτοκίνητα χωρίς οδηγό. Αυτό το νέο πρωτάθλημα που ονομάζεται «ROBORACE» και θα παρέχει μια ανταγωνιστική πλατφόρμα για τις αυτόνομες λύσεις οδήγησης που αναπτύσσονται. Αυτοί οι αγώνες θα πραγματοποιηθούν την ίδια μέρα και στον ίδιο αγωνιστικό χώρο με τη Formula E και θα συμμετέχουν 10 ομάδες για ένα σύνολο 20 αγωνιστικών οχημάτων. Το RoboRace θα

περιλαμβάνει πλήρως αυτόνομα και ηλεκτρικά αυτοκίνητα τα οποία θα διαγωνιστούν για μία ώρα, με σκοπό τη διερεύνηση της τεχνητής νοημοσύνης. Η Kinetik είναι η εταιρεία που διοργανώνει την εκδήλωση, σε συνεργασία με την Formula E. Οι ομάδες θα είναι σε θέση να αποφασίσουν το σύστημα ελέγχου που θα ενσωματώσουν στο όχημα. Δεν θα υπάρξει πρόβλημα ασφαλείας για τους θεατές καθώς ο αγωνιστικός χώρος περιβάλλεται από πύλες ασφαλείας. Μερικές από τις πιθανές εταιρίες που θα πάρουν μέρος είναι οι Google, Uber, Continental και Bosch [93, 94].

Σχήμα 7-6: RoboRace



Πηγή: [94]

Κεφάλαιο 8 Αυτόνομα οχήματα τύπου Pod

8.1 Όχημα Pod

Αυτά τα φουτουριστικά οχήματα μεταφορών θα προσφέρουν μια εναλλακτική λύση για τις αστικές μεταφορές που θα είναι φιλική προς το περιβάλλον. Τα αυτοκίνητα Pod είναι αυτοματοποιημένα οχήματα χωρίς οδηγό που θα λειτουργούν σε υπερυψωμένα ή σε υπόγεια δίκτυα μεταφοράς καθώς και σε παραδοσιακούς δρόμους με τη χρήση των προσωπικών συστημάτων ταχείας διέλευσης.

Η προσωπική ταχεία διέλευση PRT (Personal Rapid Transit) είναι ένα νέο σύστημα δημόσιων συγκοινωνιών το οποίο έχει σχεδιαστεί για ταχεία ταξίδια σε περιοχές με συμφόρηση και θα λειτουργεί σαν τα παραδοσιακά δίκτυα σιδηροδρόμων και τραμ σε υπερυψωμένες πλατφόρμες πάνω από αυτοκινητοδρόμους ή υπόγεια. Τα Pod θα είναι βολικά, προσιτά και επωφελή για το περιβάλλον καθώς θα κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια.

Υπάρχουν πολλές εταιρείες σε όλο τον κόσμο οι οποίες αναπτύσσουν διάφορα οχήματα POD και προσωπικά συστήματα ταχείας διέλευσης. Έργα μεγάλης κλίμακας περιλαμβάνουν το σύστημα Ultra PRT στο διεθνές αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου, το σύστημα Masdar City στο Abu Dhabi και το πανεπιστήμιο της δυτικής Βιρτζίνια στο οποίο λειτουργεί υπηρεσία PRT από το 1970 [95].

8.2 Εταιρίες που ειδικεύονται στα συστήματα Pod

Oxbotica

Η Oxbotica είναι μία ομάδα που προέκυψε από την ομάδα MRG του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης και διαθέτει μία πληθώρα λύσεων τεχνολογίας που επιτρέπουν στους πελάτες της να έχουν πρόσβαση, να προσαρμόζουν στα προσωπικά τους δεδομένα και να

ενσωματώνουν αυτόνομες ιδιότητες στα δικά τους προϊόντα. Τέτοιες ιδιότητες αποτελούν τη βάση του RoboCar, του πρώτου αυτόνομου οχήματος του Ηνωμένου Βασιλείου που έχει εγκριθεί για δημόσιες δοκιμές και τη βάση των έργων LUTZ και Autodrive φέρνοντας τα PoD στο Milton Keynes και στο Greenwich [96].

RDM Group

Ο όμιλος RDM παρέχει προϊόντα παγκόσμιας κατηγορίας και μηχανολογικές υπηρεσίες σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας. Ειδικεύεται στην παραγωγή αυτόνομων οχημάτων εντός των συστημάτων L-SATS (Low-Speed Autonomous Transport System). Ειδικοί σχεδιαστές, μηχανικοί και ηλεκτρονικοί εμπειρογνώμονες εργάζονται για την παροχή των πρώτων οχημάτων χωρίς οδηγό του Ηνωμένου Βασιλείου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δημόσια πεζοδρόμια, δρόμους και σε ιδιωτικές εκτάσεις. Αυτό θα επιτρέψει μελλοντικά την οδήγηση να είναι απαλλαγμένη από καύσιμα, εκπομπές, ατυχήματα και να ανοίγει νέες ευκαιρίες μεταφοράς για τις τοπικές αρχές που μαστίζονται από προβλήματα συμφόρησης.

Τα "Pod" μπορούν να προσαρμοστούν για να μεταφέρουν περισσότερους επιβάτες και να χρησιμοποιηθούν σε άλλες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων: Αεροδρομίων, οικολογικών πόλεων, χώρων άθλησης και ψυχαγωγίας, πάρκων, θέρετρων, έξυπνων πόλεων και πανεπιστημιούπολεων. Η εταιρία RDM μπορεί να συνεργαστεί με εταίρους ενός έργου, από τον αρχικό σχεδιασμό και την κατασκευή πρωτοτύπων, μέχρι και την δοκιμή και τη συναρμολόγηση. Το κέντρο προηγμένης μηχανικής στο Coventry είναι επίσης ικανό για μικρού έως μεσαίου όγκου παραγωγής.

RDM και έργο LUTZ

Το Διοικητικό Συμβούλιο και οι μηχανικοί της επιχείρησης συνάντησε στο Λονδίνο υπουργούς, εκπροσώπους της εταιρίας Catapult και άλλους εταίρους για να επιδείξει το πρώτο Pod χωρίς οδηγό για χρήση στο έργο "LUTZ" Pathfinder L-SATS. Το όχημα είναι ηλεκτρικό και μπορεί να φιλοξενήσει δύο άτομα και μπορεί να ταξιδέψει με μέγιστη ταχύτητα των 15 μιλίων/ώρα για 40 περίπου μίλια. Χρησιμοποιεί αισθητήρα και τεχνολογία πλοήγησης που παρέχεται από το πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Η κατασκευή του πρώτου πρωτοτύπου έχει λάβει μόλις 10 μήνες για να ολοκληρωθεί και συμμετείχαν οκτώ

εξειδικευμένοι μηχανικοί της εταιρίας RDM. Η ασφάλεια αποτελεί τη νούμερο ένα προτεραιότητα και αυτό φαίνεται από τους 19 διαφορετικούς τύπους αισθητήρων, τις κάμερες, τα λέιζερ, τα ραντάρ και τα LIDAR του.

RDM και Έργο UK Autodrive

Με βάση τη συμμετοχή της στο έργο Pathfinder "LUTZ", έχει κληθεί να λάβει μέρος στο Autodrive του Ηνωμένου Βασιλείου, μια κοινοπραξία των τοπικών αρχών, ακαδημαϊκών ιδρυμάτων και διάφορων προηγμένων επιχειρήσεων μηχανικής. Ο στόχος του έργου που ανέρχεται στο ποσό των £19,2 εκατομμυρίων είναι να καθιερωθεί το Ηνωμένο Βασίλειο ως παγκόσμιο κέντρο για την ανάπτυξη αυτόνομων τεχνολογιών οχημάτων L-SATS και να ενσωματωθούν τα χωρίς οδηγό οχήματα στο υπάρχον αστικό περιβάλλον με δοκιμή τους σε δύο μεγάλες πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου.

Το πρόγραμμα θα συμβάλει στην ανάπτυξη των νέων πρωτοκόλλων και της συνδεδεμένης υποδομής που απαιτείται για την παροχή της μελλοντικής αυτόνομης κινητικότητας και θα επιτρέψει στην ομάδα του Autodrive να δοκιμάσει την αντίδραση του κοινού τόσο για πρόγραμμα οδήγησης αυτοκινήτων όσο και για τα αυτο-οδηγούμενα "Pod". Η RDM είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη έως και 40 Pods χωρίς οδηγό (παρόμοιο με αυτά του Lutz) που θα χρησιμοποιηθούν για μια σειρά από δοκιμές στο Milton Keynes και μερικές στο Coventry [97].

Παρατίθενται παρακάτω φωτογραφίες από διαφορετικά αυτοκίνητα Pod που αναπτύσσονται ή που είναι ήδη σε χρήση.

Σχήμα 8-1: Οχήματα PoD



Πηγή: [97]

Κεφάλαιο 9 Συμπεράσματα

Οι πρόσφατες επιστημονικές ανακοινώσεις αναφέρουν ότι τα αυτόνομα οχήματα έχουν διανύσει με ασφάλεια χιλιάδες χιλιόμετρα, ενώ οι μεγάλες κατασκευαστικές εταιρείες εκτιμούν ότι εντός των επόμενων ετών θα διαθέσουν προς πώληση αυτόνομα οχήματα, έχουν αυξήσει τις ελπίδες ότι θα συμβάλλουν στην αντιμετώπιση ζητημάτων οδικής ασφάλειας, διαχείρισης κυκλοφορίας, προστασίας του περιβάλλοντος και πρόσβασης σε μη οδηγούς και κοινόχρηστα οχήματα. Οι υποστηρικτές των αυτόνομων οχημάτων εκτιμούν ότι σε λίγα χρόνια θα είναι επαρκώς ασφαλή και οικονομικά προσιτά στην πλειοψηφία των καταναλωτών. Παρόλα αυτά, τα αυτόνομα οχήματα θα απαιτήσουν την ανάπτυξη επιπρόσθετου εξοπλισμού, υπηρεσιών και συντήρησης το οποίο πιθανώς να αυξήσει το κόστος χρήσης τους, ενώ τα οφέλη τους δεν έχουν ακόμη διαπιστωθεί και ποσοτικοποιηθεί.

Οι υποστηρικτές των αυτόνομων οχημάτων είναι πιθανόν να έχουν υπερεκτιμήσει τα οφέλη τους και να έχουν υποτιμήσει τα κρυφά τους κόστη:

- Ισοδύναμη συμπεριφορά: Η τάση των οδικών χρηστών να αναλαμβάνουν επιπρόσθετο ρίσκο όταν αισθάνονται ασφαλέστεροι.
- Επιστρεφόμενες επιδράσεις: Αυξημένη χρήση οχημάτων που μπορεί να προκληθεί από τη μείωση του χρόνου διαδρομής ή του κόστους χρήσης, το οποίο μπορεί εν τέλει να αυξήσει το εξωτερικό κόστος μετακινήσεων και να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις σε όσους δεν χρησιμοποιούν την τεχνολογία, όπως η μείωση χρήσης των μέσων μαζικής μεταφοράς.

Τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να κινηθούν σήμερα υπό συγκεκριμένους περιορισμούς. Η κίνηση ενός οχήματος στο οδικό περιβάλλον είναι πιο πολύπλοκη από την οδήγηση αεροσκάφους, καθώς εισέρχονται παράμετροι που εξελίσσονται δυναμικά όπως η κίνηση άλλων οχημάτων, δικύκλων, ποδηλατών και πεζών. Τα αρχικά μοντέλα αυτόνομων οχημάτων στις δεκαετίες 2020 και 2030 θα έχουν υψηλό κόστος αγοράς και χρήσης. Θα

χρειαστεί να περιμένουμε μέχρι τις δεκαετίες 2040 και 2050 μέχρι να μειωθεί το κόστος τους και να είναι προσιτά από τον μέσο καταναλωτή. Είναι πιθανό ότι πολλοί οδηγοί θα προτιμούν να οδηγούν οι ίδιοι τα οχήματα τους όχι μόνο για οικονομικούς αλλά και για προσωπικούς λόγους, επομένως η ανάμειξη οχημάτων διαφορετικής τεχνολογίας και φιλοσοφίας στο ίδιο οδικό περιβάλλον δημιουργεί προβλήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας.

Οι τεχνολογικές καινοτομίες στον τομέα των αυτοκινήτων ενσωματώνονται πιο αργά από τους καταναλωτές εξαιτίας του υψηλού κόστους αγοράς, αυστηρών απαιτήσεων ασφαλείας και αργής ανανέωσης του στόλου οχημάτων. Τα αυτοκίνητα κοστίζουν πολύ περισσότερο από τυπικά τεχνολογικά προϊόντα όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα, επομένως οι καταναλωτές δεν είναι πρόθυμοι να εγκαταλείψουν στο συμβατικό τους όχημα για να αποκτήσουν ένα υψηλότερου κόστους αυτόνομο αν δεν αποσβέσουν πρώτα την αξία του.

Οι συγκοινωνιολόγοι μηχανικοί, σχεδιαστές και πολιτικοί αναλυτές έχουν να επιτελέσουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των ρίσκων και στη μεγιστοποίηση των ωφελειών των αυτόνομων οχημάτων. Αν τα αυτόνομα οχήματα έχουν αποτελεσματική απόδοση μπορεί να επηρεάσουν το συγκοινωνιακό σχεδιασμό και τη διαχείριση κυκλοφορίας, στάθμευσης και χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς. Μια κρίσιμη ερώτηση είναι αν τα αυτόνομα οχήματα αυξήσουν ή μειώσουν τις μετακινήσεις με ΙΧ και επηρεάσουν το εξωτερικό κόστος μετακινήσεων. Ορισμένα οφέλη όπως η βελτίωση κινητικότητας για τους μη οδηγούς και η βελτίωση του επιπέδου εξυπηρέτησης για κοινόχρηστα οχήματα και ταξί μπορεί να αυξήσουν τα διανυθέντα οχηματοχιλιόμετρα, αλλά να επιτρέψουν στα νοικοκυριά να μειώσουν το δείκτη ιδιοκτησίας ΙΧ και να μειώσουν ορισμένες περιττές μετακινήσεις, όπως για την εύρεση θέσης στάθμευσης.

Άλλο ένα κρίσιμο ζήτημα είναι ο βαθμός επιτυχίας των πιθανών ωφελειών των αυτόνομων οχημάτων όταν κυκλοφορεί μόνο ένα μικρό ποσοστό στις οδούς. Για παράδειγμα, είναι εξαιρετικά αμφίβολο αν άμεσα βελτιωθεί σημαντικά η κυκλοφοριακή ικανότητα των οδών, μειωθούν οι απαιτήσεις για χώρους στάθμευσης, μειωθεί το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας ή καταργηθούν η οριζόντια και κατακόρυφη σήμανση των οδών, μέχρι τα αυτόνομα οχήματα κυριαρχήσουν στο οδικό περιβάλλον.

Σημαντικό ζήτημα αποτελεί η επίπτωση των αυτόνομων οχημάτων σε όσους δεν χρησιμοποιούν αντίστοιχη τεχνολογία. Για παράδειγμα η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου

και ταχύτητας των αυτόνομων οχημάτων μπορεί να επιδράσει αρνητικά στις κυκλοφοριακές συνθήκες πεζών και ποδηλατών, στη χρήση δημόσιων μέσων μαζικής μεταφοράς και στην οδήγηση συμβατικών αυτοκινήτων από ανθρώπους. Ακόμη και η αφέρωση οριοθετημένων λωρίδων κυκλοφορίας για αυτόνομα οχήματα μπορεί να θέσει ζητήματα ισότητας.

Εν τέλει, σχολιάζοντας την τεχνολογία αυτόνομων οχημάτων δεν είναι σήμερα δυνατόν να εκτιμηθεί επαρκώς αν τα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος, αλλά σίγουρα θα τονώσουν το ενδιαφέρον για την αυτοκινητοβιομηχανία στις επερχόμενες δεκαετίες του 21^{ου} αιώνα.

Βιβλιογραφία

- [1] Wikipedia, The Free Encyclopedia. “Autonomous car”. Ανακτήθηκε από: http://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_car
- [2] Maisto, M. (28 October 2013), “Connected Cars Show Great Promise, but Safety, Security Worries Persist”, *eWeek*, Ανακτήθηκε από: <http://www.eweek.com/mobile/connected-cars-show-great-promise-but-safety-security-worries-persist.html>
- [3] Antsaklis, P.J., Passino, K.M., Wang, S.J. (1991), “An Introduction to Autonomous Control Systems”. *IEEE Control Systems*, 11 (4), 5-13.
- [4] NHTSA (2013), “Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”, *National Highway Traffic Safety Administration*. Ανακτήθηκε από: <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>
- [5] Keen, A. (2013), “The Future of Travel: How Driverless Cars Could Change Everything,” *CNN Business Traveler*, Ανακτήθηκε από: <http://edition.cnn.com/2013/05/14/business/bussiness-traveller-futurecast-driverless-car/>
- [6] Irving, W.B. (31 October, 2014), “When Can We Expect Truly Autonomous Vehicles?” *The Wall Street Journal*. Ανακτήθηκε από: <http://blogs.wsj.com/cio/2014/10/31/when-can-we-expect-truly-autonomous-vehicles/>

- [7] Nissan News (28 August 2013), “Nissan says it will have first commercially-viable autonomous drive vehicles by 2020; across the range in 2 vehicle generations”. *Green Car Congress*. Ανακτήθηκε από: <http://www.greencarcongress.com/2013/08/20130828-ad.html>
- [8] Ingraham, N. (18 May 2013), “Mercedes-Benz shows off self-driving car technology in its new \$100,000 S-Class”. *The Verge*. Ανακτήθηκε από: <http://www.theverge.com/2013/5/18/4341656/mercedes-benz-shows-off-self-driving-car-technology>
- [9] Maisto, M. (6 January 2014), “Induct Now Selling Navia, First Self-Driving Commercial Vehicle”, *eWeek*. Ανακτήθηκε από: <http://www.eweek.com/innovation/induct-now-selling-navia-first-self-driving-commercial-vehicle.html/>
- [10] Google Official Blog (27 May 2014), “Just press go: designing a self-driving car”. Ανακτήθηκε από: <http://googleblog.blogspot.gr/2014/05/just-press-go-designing-self-driving.html>
- [11] Litman, T. (2015), “Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Implications for Transport Planning”, *Victoria Transport Policy Institute*, Ανακτήθηκε από: <http://www.vtpi.org/avip.pdf>
- [12] Cowen, T. (28 May 2011), “Can I See Your License, Registration and C.P.U.?” *The New York Times*. Ανακτήθηκε από: http://www.nytimes.com/2011/05/29/business/economy/29view.html?_r=0
- [13] Tientrakool, P. Ho Y.C., Maxemchuk, N.F. (2011), “Highway capacity benefits from using vehicle-to-vehicle communication and sensors for collision avoidance”. *IEEE Vehicular Technology Conference*, pp. 1-5, San Francisco, CA.

- [14] Houston Chronicle (11 September 2012). “Get ready for automated cars”. Ανακτήθηκε από: <http://www.chron.com/opinion/editorials/article/Get-ready-for-automated-cars-3857472.php>
- [15] Light, D. (8 May 2012), “A Scenario: The end of Auto Insurance”, *Celent*, Ανακτήθηκε από: <http://www.celent.com/reports/scenario-end-auto-insurance>
- [16] Au, T.S., Quinlan, M., & Stone, P. (2012), “Setpoint Scheduling for Autonomous Vehicle Controllers”. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2012)*. Ανακτήθηκε από: <http://www.cs.utexas.edu/~chiu/papers/Au12setpoint.pdf>
- [17] Simonite, T. (25 October 2013). “Data Shows Google’s Robot Cars Are Smoother, Safer Drivers than You or I”. *MIT Technology Review*. Ανακτήθηκε από: <http://www.technologyreview.com/news/520746/data-shows-googles-robot-cars-are-smoother-safer-drivers-than-you-or-i/>
- [18] Ross, P.E. (11 April 2014), “A Cloud Connected Car Is a Hackable Car, Worries Microsoft”. *IEEE Spectrum*. Ανακτήθηκε από: <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/transportation/advanced-cars/a-connected-car-is-a-hackable-car>
- [19] Lancaster, J. (24 September 2013), “Will Regulators Allow Self-Driving Cars In A Few Years?” *Forbes*. Ανακτήθηκε από: <http://www.forbes.com/sites/quora/2013/09/24/will-regulators-allow-self-driving-cars-in-a-few-years/>
- [20] Prynne, M. (29 January 2014). “Mass unemployment fears over Google artificial intelligence plans”. *The Telegraph*. Ανακτήθηκε από: <http://www.telegraph.co.uk/technology/google/10603933/Mass-unemployment-fears-over-Google-artificial-intelligence-plans.html>

- [21] Lin, P. (22 January 2014), “What If Your Autonomous Car Keeps Routing You Past Krispy Kreme?” *The Atlantic*, Ανακτήθηκε από: http://finance.yahoo.com/news/autonomous-car-keeps-routing-past-130800241.html;_ylt=A2KJ3CU L199SkjsAexPQtDMD
- [22] Harris, M. (16 July 2014), FBI warns driverless cars could be used as “lethal weapons”. *The Guardian*. Ανακτήθηκε από: <http://www.theguardian.com/technology/2014/jul/16/google-fbi-driverless-cars-leathal-weapons-autonomous>
- [23] Worstall, T. (18 June 2014), “When Should Your Driverless Car From Google Be Allowed To Kill You?” *Forbes*, Ανακτήθηκε από: <http://www.forbes.com/sites/timworstall/2014/06/18/when-should-your-driverless-car-from-google-be-allowed-to-kill-you/>
- [24] Fagnant D.J., and Kockelman K.M. (2013), “Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations”, *Eno Foundation* (www.enotrans.org)
- [25] Bilger, B. (2013), “Auto Correct: Has The Self-Driving Car At Last Arrived,” *New Yorker*, 25 November 2013; Ανακτήθηκε από: www.newyorker.com/reporting/2013/11/25/131125fa_fact_bilger
- [26] Ohnsman, A. (2014), “Automated Cars May Boost Fuel Use, Toyota Scientist Says,” *Bloomberg Press*, 16 July 2014 (www.bloomberg.com)
- [27] Sivak, M., and Schoettle, B. (2015a), “Road Safety with Self-Driving Vehicles: General Limitations and Road Sharing with Conventional Vehicles”, Sustainable Worldwide Transportation Program (www.umich.edu/~umtriswt), University of Michigan.

- [28] Sivak, M., and Schoettle, B. (2015b), “Potential Impact of Self-Driving Vehicles on Household Vehicle Demand and Usage”, Sustainable Worldwide Transportation Program (www.umich.edu/~umtristwt), University of Michigan.
- [29] Muller, J. (2013), “No Hands, No Feet: My Unnerving Ride in Google's Driverless Car,” *Forbes Magazine* (www.forbes.com), 21 March 2013.
- [30] Row, S. (2013), “The Future of Transportation: Connected Vehicles to Driverless Vehicles...What Does It Mean To Me?” *ITE Journal* (www.ite.org), Vol. 83, No. 10, pp. 24-25.
- [31] Healey, J.R. (2012), “Stick Shifts Popular Again, Despite Lower Gas Mileage,” *USA Today*, 30 April (www.usatoday.com).
- [32] Dirksen, S. (1997), “Air Bags: History of American Technology”, *Bryant University Community Web* (http://web.bryant.edu/~ehu/h364proj/sprg_97/dirksen/airbags.html).
- [33] Berman, B. (2011), “History of Hybrid Vehicles”, *Hybrid Cars* (www.hybridcars.com), Ανακτήθηκε από: www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles
- [34] Lendino, J. (2012), “The History of Car GPS Navigation,” *PC Magazine* (www.pcmag.com), Ανακτήθηκε από: www.pcmag.com/article2/0,2817,2402755,00.asp
- [35] Carnegie Mellon University, Robotics Institute. Ανακτήθηκε από: https://www.ri.cmu.edu/research_lab_group_detail.html?lab_id=28&menu_id=263
- [36] Eureka Prometheus Project. Ανακτήθηκε από: https://en.wikipedia.org/wiki/Eureka_Prometheus_Project

- [37] Crawford, A. (24 November 2014), “Mercedes Benz S500 Intelligent Drive Review”, *Caradvice*, Ανακτήθηκε από: <http://www.caradvice.com.au/320876/mercedes-benz-s500-intelligent-drive-review/>
- [38] Mercedes-Benz F 015 Luxury in Motion Concept (8 January 2015), Ανακτήθηκε από: <http://www.caranddriver.gr/article.asp?catid=33126&subid=2&pubid=7392014>
- [39] Aymar (28 October 2015), “Le Tokyo Motor Show sous le Signe de la Voiture Autonome”, *Constructeurs*, Ανακτήθηκε από: <http://www.voiture-autonome.net/constructeurs/tokyo-motor-show-signe-voiture-autonome-299.html>
- [40] Ayre, J. (31 May 2015), “Chevy EN-V 2.0 Used in New Pilot Program in China”, *Clean Technica*, Ανακτήθηκε από: <http://cleantechnica.com/2015/05/31/chevy-en-v-2-0-used-in-new-pilot-program-in-china/>
- [41] Wikipedia, The Free Encyclopedia, *Nissan*, Ανακτήθηκε από: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nissan>
- [42] Nissan News (27 October 2015), “Nissan IDS Concept: Nissan’s vision for the future of EVs and autonomous driving”, Ανακτήθηκε από: <http://nissannews.com/en-US/nissan/usa/releases/nissan-ids-concept-nissan-s-vision-for-the-future-of-evs-and-autonomous-driving>
- [43] Σκουφής, Γ. (11 Φεβρουαρίου 2014), “Renault Next Two: Το επόμενο αυτόνομο βήμα”, *NewsBomb*, Ανακτήθηκε από: <http://www.newsbomb.gr/bombplus/aytokinhtho/news/story/403540/renault-next-two-to-epomeno-aytonomo-vima>

- [44] Audi Vorsprung durch Technik, “Piloted to the peak: Audi TTS Pikes Peak”, Ανακτήθηκε από: http://www.audi.com/com/brand/en/vorsprung_durch_technik/content/2014/10/pikes-peak.html
- [45] Audi Vorsprung durch Technik, “Audi piloted driving”, Ανακτήθηκε από: http://www.audi.com/content/com/brand/en/vorsprung_durch_technik/content/2014/10/piloted-driving.html
- [46] Μπιτσικόκος, Κ. (5 Ιανουαρίου 2015), “Το αυτόνομο Audi A7 πάει μόνο του στο Λας Βέγκας”, *Newsauto*, Ανακτήθηκε από: <http://www.newsauto.gr/to-aftonomo-audi-a7-pai-mono-tou-sto-las-vegkas/>
- [47] Αποστολόπουλος, Χ. (13 Ιουλίου 2015), “Βελτιώσεις για το «αυτόνομο» Audi RS7”, 4ΤΡΟΧΟΙ, Ανακτήθηκε από: <http://www.4troxoi.gr/tehnologia/eidiseis-paroysiaseis/veltioseis-gia-aytonomo-audi-rs7>
- [48] Βαρίνος, Γ. (5 Οκτωβρίου 2015), “Volvo και αυτόνομη οδήγηση (video)”, *inMotion*, Ανακτήθηκε από: <http://www.gazzetta.gr/in-motion/article/811534/volvo-kai-aytonomi-odigisi-video>
- [49] Rodgers, E. (29 May 2012), “Autonomous three-car caravan completes 125-mile public road test”, *The Verge*, Ανακτήθηκε από: <http://www.theverge.com/2012/5/29/3049296/autonomous-three-car-caravan-completes-125-mile-public-road-test>
- [50] Hal9000 (15 Οκτωβρίου 2015), “Το Tesla Model S αποκτά λειτουργίες αυτόνομου οχήματος καθώς και αυτόματου παρκαρίσματος”, *Insomnia*, Ανακτήθηκε από: <http://www.insomnia.gr/ /articles/>

- [51] Μουστακαρία, Ε. (5 Οκτωβρίου 2015), “PSA: γαλλική υπεροχή στην αυτόνομη οδήγηση”, *Car and Driver*, Ανακτήθηκε από: <http://www.caranddriver.gr/article.asp?catid=33046&subid=2&pubid=7456614>
- [52] Automotive, *VisLab*, Ανακτήθηκε από: <http://vislab.it/automotive/>
- [53] Car made by Google, Ανακτήθηκε από: https://prezi.com/aet_b1nc9zqh/car-made-by-google/
- [54] Google, Self Driving Car Project, Ανακτήθηκε από: <https://www.google.com/selfdrivingcar/where/>
- [55] BMW active assist, “Some insights into partially and highly automated driving from BMW ConnectedDrive”.Ανακτήθηκε από: http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/connecteddrive/2013/active_assist/
- [56] BMW, Boeriu H., (December 11th, 2015), “Baidu and BMW To Launch First Self-Driving Car On Chinese Roads” Ανακτήθηκε από: <http://www.bmwblog.com/2015/12/11/baidu-and-bmw-to-launch-first-self-driving-car-on-chinese-roads/>
- [57] Horatiu Boeriu ,(January 6th, 2015),”BMW i3 parks itself in a multistorey parking garage”.Auto Shows, News. Ανακτήθηκε από: <http://www.bmwblog.com/2015/01/06/bmw-i3-parks-multistorey-parking-garage/>
- [58] Horatiu Boeriu ,(August 20th, 2011), “Video: A lap in BMW’s self-driving 3 Series”. Ανακτήθηκε από: <http://www.bmwblog.com/2011/08/20/video-a-lap-in-bmws-self-driving-3-series/>
- [59] Jonathan M. Gitlin ,(Jan 11, 2016),”BMW uses CES to show its autonomous i8 concept to the world”. Ανακτήθηκε από: <http://arstechnica.com/cars/2016/01/bmw-uses-ces-to-show-its-autonomous-i8-concept-to-the-world/>

- [60] Ford Media, (13 Νοε, 2015), “Ford Fusion Hybrid Autonomous Research Vehicle”. Ανακτήθηκε από: <https://www.youtube.com/watch?v=Eurbzbp8VdY>
- [61] Par Aymar, (17/11/2015), “Ford teste sa voiture sans chauffeur dans une ville fantôme”. Ανακτήθηκε από: <http://www.voiture-autonome.net/constructeurs/ford-teste-voiture-sans-chauffeur-ville-fantome-399.html>
- [62] McKinsey & Company (September 2014), “What’s driving the connected car”, Ανακτήθηκε από: <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/whats-driving-the-connected-car>
- [63] Licata, J. (6 May 2015), “3 Tech Companies Poised to Exploit our Connected World”, Ανακτήθηκε από: <http://www.thestreet.com/story/13177088/1/3-tech-companies-poised-to-exploit-our-connected-world.html>
- [64] ENERNOC, “What is Energy Intelligent Software?” Ανακτήθηκε από: <http://www.enernoc.com/our-resources/term-pages/what-is-energy-intelligence-software>
- [65] SWKS Business Summary. Ανακτήθηκε από: <http://www.thestreet.com/quote/SWKS.html>
- [66] Covisint (24 February 2016), “Covisint Recognized as Supplier of the Year by SAIC General Motors, Ανακτήθηκε από: <http://investors.covisint.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=956889>
- [67] Seeking Alpha, “Covisint is a Misunderstood Transition Story with Massive Value Unlocking Potential, Ανακτήθηκε από: <http://seekingalpha.com/article/3802426-covisint-misunderstood-transition-story-massive-value-unlocking-potential>
- [68] Covisint, “Autonomous Vehicles: What are the Security Risks?” Ανακτήθηκε από: <http://www.covisint.com/blog/autonomous-vehicles-what-are-the-security-risks/>

- [69] AutonomouStuff Company. Ανακτήθηκε από: <http://www.autonomoustuff.com/polysynctrade.html>
- [70] Fast Company, “10 Autonomous Driving Companies to Watch”, Ανακτήθηκε από: <http://www.fastcompany.com/3024362/innovation-agents/10-autonomous-driving-companies-to-watch>
- [71] DELPHI, “Automated Driving That’s Remarkably Unremarkable”, Ανακτήθηκε από: <http://delphi.com/media/feature-stories/details/automated-driving-remarkably-unremarkable>
- [72] Walford, L. (29 December 2015), “Top Best Backhaul Connected Car Software: QNX, Covisint, Airbiquity & OpenCar”, Ανακτήθηκε από: <http://www.autoconnectedcar.com/2015/12/top-best-backhaul-connected-car-software-qnx-covisint-airbiquity-opencar/>
- [73] IAV company, “From Highly Connected to Highly Automated”. Ανακτήθηκε από: <https://www.iav.com/en/automotion-magazine/automotion-2015-01/highly-connected-highly-automated?r=en-US&n=12840>
- [74] T. Samad and A.M. Annaswamy, (2011), “The Impact of Control Technology”. Ανακτήθηκε από: <http://ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/IoCT-Part4-13VehicleToVehicle-HR.pdf>
- [75] Λαΐνας, Θ. (08/06/2012), “ Τα αυτοκίνητα θα «μιλούν» μεταξύ τους” , ΒΗΜΑ. Ανακτήθηκε από: <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=461391>

- [76] Μαρινόπουλος, Ν. Ι. (14 Φεβ 2009), “ Τεχνολογία GM V2V, το δικτυωμένο μέλλον”. Ανακτήθηκε από: <http://www.caroto.gr/2009/02/14/τεχνολογία-gm-v2v-το-δικτυωμένο-μέλλον/>
- [77] Wikipedia, the free encyclopedia, “Internet of Things”. Ανακτήθηκε από: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things#Enabling_technologies_for_the_IOT
- [78] “Meeting of expert representatives from 11 Ministries of Transport in Athens on the scope of CityMobil2”, Ανακτήθηκε από: <http://www.e-trikala.gr/node/448>
- [79] “Περιγραφή του Έργου CityMobil2”, Ανακτήθηκε από: <http://www.e-trikala.gr/citymobil2>
- [80] Σαββίδης, Π. (18 Οκτωβρίου 2015), «Διώξτε το σατανικό ρομπότ»: «Πόλεμος» στα Τρίκαλα για το... ακέφαλο λεωφορείο! *Πρώτο Θέμα*, Ανακτήθηκε από: <http://www.protothema.gr/greece/article/519058/polemos-sta-trikala-gia-to-akefalo-leoforeio-/>
- [81] Στάικος, Α. (3 Οκτωβρίου 2015), «Τρίκαλα: Στους δρόμους το πρώτο λεωφορείο χωρίς οδηγό», Euronews, Ανακτήθηκε από: <http://gr.euronews.com/2015/10/03/tiny-automated-bus-experiment-begins-in-greece/>
- [82] Βαρίνος, Γ. (27 Νοεμβρίου 2015), «Αυτονομήθηκε» το αυτόνομο λεωφορείο στα Τρίκαλα, inMotion, Ανακτήθηκε από: <http://www.gazzetta.gr/in-motion/article/838524/aytonomithike-aytonomo-leoforeio-sta-trikala>
- [83] Ayre, J. (Μάιος 2015), Ανακτήθηκε από: <http://cleantechnica.com/2015/05/31/chevy-en-v-2-0-used-in-new-pilot-program-in-china/>
- [84] LUTZ Pathfinder automated pods project. Ανακτήθηκε από: <https://ts.catapult.org.uk/pods>

- [85] The Robotics Research Group. Ανακτήθηκε από: <http://mrg.robots.ox.ac.uk/application/light-transport/>
- [86] Heathrow's corporate website. Ανακτήθηκε από: <http://www.heathrow.com/company>
- [87] The government of the Netherlands, (23-01-2015), “The Netherlands to become a test country for self-driving cars”. Ανακτήθηκε από: <https://www.government.nl/latest/news/2015/02/05/the-netherlands-to-become-a-test-country-for-self-driving-cars>
- [88] Par Aymar, (25/09/2015) , “Une voiture autonome en circulation dans 2 mois en Hollande”. Ανακτήθηκε από: <http://www.voiture-autonome.net/constructeurs/voiture-autonome-circulation-hollande-101.html>
- [89] The self-driving car in action – drive me. Ανακτήθηκε από: <http://www.volvocars.com/intl/about/our-innovation-brands/intellisafe/intellisafeautopilot/drive-me>
- [90] CBS San Francisco, (October 5, 2015),”1st In Nation Driverless Shuttles Coming To San Ramon Bishop Ranch”. Ανακτήθηκε από: <http://sanfrancisco.cbslocal.com/2015/10/05/driverless-shuttles-san-ramon-bishop-ranch/>
- [91] Econews, (9 Οκτωβρίου 2015), “Το «γκαβό» λεωφορείο χωρίς οδηγό φεύγει από τα Τρίκαλα και πάει Καλιφόρνια”. Ανακτήθηκε από: <http://www.econews.gr/2015/10/09/leoforeio-xoris-odigo-california-125861/>
- [92] Easymile, WEpod Project. Ανακτήθηκε από: <http://easymile.com/featured-projects/wepod-project/>

- [93] Par Aymar, (28/11/2015) , “Roborace, la course des voitures autonomes”. Ανακτήθηκε από: <http://www.voiture-autonome.net/constructeurs/roborace-course-voitures-autonomes-453.html>
- [94] Formula E, (27 Nov 2015), “Formula E & Kinetik announce driverless support series”. Ανακτήθηκε από: <http://www.fiaformulae.com/en/news/2015/november/formula-e-kinetik-announce-roborace-a-global-driverless-championship.aspx>
- [95] Article “What are Pod Cars?” Ανακτήθηκε από: <http://www.podcars.com/>
- [96] Mobile Robotics Group info. Ανακτήθηκε από: <http://www.oxbotica.com/>
- [97] RDM Group, “Autonomous vehicles”. Ανακτήθηκε από: <http://www.rdmgroup.co.uk/autonomous.html>