



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΠΑΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**



**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ**

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΝΟΜΙΚΗΣ

**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ»**

**«ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ:
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ»**

Διπλωματική Εργασία

Της

Αγγελικής Μπίσα

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2022

ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ:
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΤΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Αγγελική Μπίσα
Πτυχίο Νομικής, ΔΠΘ, 2016

Διπλωματική Εργασία
Υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΑΙΟ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέποντες καθηγητές:

Κωνσταντίνος Ψάννης

Απόστολος Χελιδόνης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 24^η Ιουνίου 2022.

Όνοματεπώνυμο 1

Όνοματεπώνυμο 2

Όνοματεπώνυμο 3

Ψάννης Κωνσταντίνος

Χελιδόνης Απόστολος

Χριστοδούλου Παναγής

Αγγελική Μπίσα

Περίληψη

Η αυτόνομη οδήγηση αναμένεται να φέρει επανάσταση στην οδική κυκλοφορία. Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων, οι ερευνητές και οι κυβερνήσεις εργάζονται για την αυτόνομη οδήγηση εδώ και χρόνια και έχει σημειωθεί έως σήμερα σημαντική πρόοδος. Αναμφίβολα κινητήρια δύναμη πίσω από την τεχνολογική υποστήριξη των αυτόνομων οχημάτων είναι η ταχύτατα αναπτυσσόμενη τεχνολογία, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI). Οι δυνατότητες και οι προοπτικές αυτών των τεχνολογιών είναι εκπληκτικές.

Ωστόσο, οι αμφιβολίες και οι προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν είναι ακόμα τεράστιες, καθώς η εφαρμογή ενός περιβάλλοντος αυτόνομης οδήγησης περιλαμβάνει όχι μόνο πολύπλοκη τεχνολογία αυτοκινήτου, αλλά και τον παράγοντα της ανθρώπινης συμπεριφοράς, στρατηγικές διαχείρισης της κυκλοφορίας, ευθύνη κ.λπ. Άλλωστε, έχουν ήδη προκύψει νομικά ζητήματα απόδοσης αστικής ευθύνης στο πλαίσιο της αυτοματοποιημένης οδήγησης λόγω των τροχαίων ατυχημάτων που έχουν συμβεί με εμπλεκόμενα αυτόματα οχήματα.

Αυτό το έγγραφο παρέχει μια επισκόπηση της τεχνολογίας στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων, της συμβολής του IoT και της AI στην αυτόνομη οδήγηση, των σύγχρονων εξελίξεων στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των αυτόνομων οχημάτων, καθώς και των ζητημάτων αστικής ευθύνης που προκύπτουν στις περιπτώσεις των τροχαίων ατυχημάτων.

Λέξεις κλειδιά: Αυτόνομα οχήματα, Τεχνητή Νοημοσύνη, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Νομοθεσία, Αστική Ευθύνη, Νομική Προσωπικότητα, Ασφάλιση

Abstract

Autonomous driving is expected to revolutionise road traffic. Car manufacturers, researchers and governments have been working on autonomous driving for years and significant progress has been achieved during last years. Undoubtedly, the motivating power behind the technological support of autonomous vehicles is the rapidly developing technology, the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). The possibilities and potential of these technologies are astounding.

However, the doubts and challenges that have to be superpassed are still important, as the implementation of an autonomous driving environment does not involve only complicated automotive technology, but also the factors of human behaviour, traffic management strategies, liability, etc. Besides, legal issues regarding liability in the context of autonomous driving have already arisen as some car accidents that have occurred involved automated vehicles.

This paper provides an overview of the technology on which the operation of autonomous vehicles is based, the contribution of IoT and AI to autonomous driving, the current developments in the automotive sector, the advantages and disadvantages of autonomous vehicles, as well as the civil liability issues arising in car accidents.

Key words: Autonomous vehicles, Artificial Intelligence, Internet of Things, Legislation, Civil Liability, Legal Personality, Insurance

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη φοίτησή μου στο εν λόγω διδρυματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Μακεδονίας η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί το τελικό στάδιο της όμορφης αυτής πορείας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στους καθηγητές μου και συγχρόνως επιβλέποντες της παρούσας εργασίας, τον **κ. Ψάννη Κωνσταντίνο και τον κ. Χελιδόνη Απόστολο**, για την ευκαιρία που μου έδωσαν να αναπτύξω το εν λόγω θέμα, καθώς και για τη συνεχή υποστήριξη και επίβλεψή τους καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής. Τους εκφράζω ένα βαθύ ευχαριστώ για όλη τη βοήθεια που μου προσέφεραν, για την άριστη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια εκπόνησης τα παρούσας εργασίας, αλλά και για τη προθυμία και τη βοήθεια που ποτέ δε δίστασαν να μου δώσουν.

Επίσης, αισθάνομαι ευγνώμων απέναντι στη διευθύντρια του μεταπτυχιακού προγράμματος **κ. Ευγενία Αλεξανδροπούλου Αιγυπτιάδου** υπό τη Διεύθυνση της οποίας διεξάγεται το παρόν πρόγραμμα, το οποίο αποτελεί εγχείρημα συγκερασμού δύο διαφορετικών κλάδων, της Νομικής και της Πληροφορικής.

Τέλος, δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τον αρραβωνιαστικό μου, τον αδερφό μου και όλους τους φίλους μου που μου παρείχαν αδιάκοπη υποστήριξη και συνεχή ενθάρρυνση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου συνδράμοντας την προσπάθειά μου. Αυτή η ολοκλήρωση δεν θα ήταν δυνατή χωρίς αυτούς. Ευχαριστώ!

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	9
ΜΕΡΟΣ Α΄: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	13
1. Ορισμός αυτόνομου οχήματος.....	13
2. Επίπεδα αυτοματοποίησης	13
3. Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) στα Αυτόνομα Οχήματα 15	
3.1. Κύκλος δράσης αντίληψης Τεχνητής Νοημοσύνης σε αυτόνομα οχήματα.....	17
3.2. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) στα Αυτόνομα οχήματα.....	19
3.2.1. Μοντέλα αλληλεπίδρασης για το οικοσύστημα IoT των αυτόνομων οχημάτων.....	21
3.2.2. Πλατφόρμα cloud computing της αυτόνομης οδήγησης.....	22
3.2.3. Πλατφόρμα edge computing για τα αυτόνομα οχήματα	24
3.2.4. Θέματα ασφάλειας στην ενσωμάτωση IoT και Cloud Computing.....	25
4. Τεχνολογία Αυτο-οδηγούμενων Οχημάτων	26
4.1. Σύστημα πλοήγησης αυτοκινήτου	30
4.2. Σύστημα εντοπισμού θέσης.....	31
4.2.1. Ηλεκτρονικός χάρτης.....	32
4.2.2. Αντιστοίχιση χάρτη	33
4.2.3. Παγκόσμιος Σχεδιασμός Διαδρομών.....	34
4.3. Αντίληψη του περιβάλλοντος.....	34
4.3.1. Αντίληψη λέιζερ.....	35
4.3.2. LiDAR.....	36
4.3.3. Συστήματα οπτικής αντίληψης.....	37
4.4. Έλεγχος οχήματος.....	39
5. Οι τελευταίες εξελίξεις (μοντέλα) στα αυτό-οδηγούμενα οχήματα	40
5.1. BMW	40
5.2. Volvo	41
5.3. General Motors	42
5.4. Tesla.....	43
5.5. Google.....	44
5.6. Συνεργασίες μεταξύ κατασκευαστών αυτοκινήτων και τεχνολογικών εταιρειών.....	45
5.6.1. Συνεργασία της Ford και Volkswagen.....	45
5.6.2. Συμμαχία Volkswagen – Microsoft για ανάπτυξη λογισμικού αυτόνομων οχημάτων	46
6. Σύνοψη ανάλυση των θετικών και αρνητικών συνεπειών της αυτόνομης οδήγησης.....	46
7. Ατυχήματα με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα.....	50

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΗ ΕΥΘΥΝΗ	52
1. Σύμβαση της Βιέννης για την Οδική Κυκλοφορία.....	52
2. Νομικά ζητήματα αστικής ευθύνης.....	53
3. Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την αστική ευθύνη στα αυτοκινητικά ατυχήματα. 53	
3.1. Η μη προβλεψιμότητα των ρομπότ και οι συνέπειές της.....	54
3.2. Πεδίο εφαρμογής του δικαίου της αστικής ευθύνης.....	55
3.3. Μορφές αστικής ευθύνης.....	55
3.3.1. Υποκειμενική ευθύνη.....	55
3.3.1.1. Αδικοπρακτική ευθύνη.....	55
3.3.1.2. Αμέλεια.....	57
3.3.2. Αντικειμενική ευθύνη.....	59
3.3.2.1. Αστική ευθύνη από διακινδύνευση (Ν. ΓπΝ΄/1911).....	60
3.3.2.2. Ευθύνη από ελαττωματικά προϊόντα.....	68
3.3.3. Ενδοσυμβατική ευθύνη.....	73
3.3.4. Ευθύνη των ρομπότ -αυτόνομων οχημάτων- και των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης αυτών. 75	
3.3.4.1. Η απόδοση «προσωπικότητας» στα αυτόνομα οχήματα.....	75
3.4. Υποχρεωτική Ασφάλιση.....	76
3.4.1. Ασφάλιση αστικής ευθύνης.....	78
3.4.2. Ευθύνη του Ασφαλιστή.....	79
3.5. Συγκριτική επισκόπηση νομοθετικών ρυθμίσεων διαφορετικών εννόμων τάξεων.....	81
3.5.1. Ηνωμένες Πολιτείες.....	81
3.5.2. Μεγάλη Βρετανία.....	83
3.5.3. Γερμανία.....	85
3.5.4. Ιαπωνία.....	86
4. Οι τελευταίες εξελίξεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης.....	87
5. Συμπεράσματα.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94

Πίνακας Συντομογραφιών

Ελληνικό ευρετήριο

AK	Αστικός Κώδικας
AO	Αυτόνομα Οχήματα
Αρ.	Άρθρο
Βλ.	Βλέπετε
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
Εισ.ΝΑΚ	Εισαγωγικός Νόμος Αστικού Κώδικα
EK	Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕμπΝ	Εμπορικός Νόμος
ΕΟΚ	Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΗΒ	Ηνωμένο Βασίλειο
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΚΤΕΟ	Κέντρο Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων
ΝΔ	Νομοθετικό Διάταγμα
ΟΗΕ	Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών
ΠΔ	Προεδρικό Διάταγμα
ΠΚ	Ποινικός Κώδικας
TN	Τεχνητή Νοημοσύνη
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών
ΦΕΚ	Φύλλο Ελληνικής Κυβέρνησης

Ξερόγλωσσο ευρετήριο

ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
AES	Advanced Encryption Standard
AEVA	Automated and Electric Vehicles Act
AI	Artificial Intelligence
ALKS	Automated lane-keeping systems
AV	Autonomous Vehicle
D2D	Device to Device
ECU	Engine Control Unit
EAVC	High Efficiency Video Coding
GPS	Global Positioning System
HD	High Definition
HLEG AI	High Level Expert Group on Artificial Intelligence
INS	Inertial Navigation System
LAN	Local area Network
LIDAR	Light Detection and Ranging
M2M	Machine-to-Machine
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NHTSA	National Highway Safety Administration
PAN	Personal area Network
PAYD	Pay-as-you-drive
PHYD	Pay-how-you-drive
R&P	Road and Personal device
SAE	Society of Automotive Engineers
V2V	Vehicle to Vehicle
V&I	Vehicle and Infrastructure
V&P	Vehicle and Personal device
V&R	Vehicle and Roadside
V&S	Vehicle and Sensor
WAN	Wide area Network
WSN	Wireless sensor Network

Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή, ο κόσμος μας βιώνει μια τεχνολογική πρόοδο τέτοιας κλίμακας που έχει επικρατήσει να αποκαλείται διεθνώς ως «4^η Βιομηχανική Επανάσταση». Η τελευταία βασίζεται στις νέες δυνατότητες που προσφέρει η εξέλιξη των υπολογιστών ως προς την επεξεργασία, ανάλυση και αποθήκευση τεράστιου όγκου δεδομένων, η δημιουργία προγραμμάτων τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence - AI), η διείσδυση του διαδικτύου και οι υψηλές ταχύτητες που είναι διαθέσιμες χάρη στις υποδομές σε ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα. Επιπρόσθετα, έχουν αναπτυχθεί προγράμματα που δίνουν τη δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης συσκευών μέσω υπολογιστών και κινητών τηλεφώνων (Internet of Things), αποθήκευσης, πρόσβασης και επεξεργασίας δεδομένων σε κεντρικές μονάδες (Cloud Computing), αυτοματοποίησης της παραγωγής, λήψης σημαντικών αποφάσεων βάσει των συλλεχθέντων δεδομένων, ακόμη και τρισδιάστατης εκτύπωσης μοντέλων (3D Printing).

Στην καθημερινότητα μας είναι πλείστες οι καινοτόμες εφαρμογές της «4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης», ορισμένες εκ των οποίων χρησιμοποιούνται ήδη ενώ άλλες βρίσκονται σε στάδιο ωρίμανσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας εφαρμογής που εξελίσσεται συνεχώς είναι αυτή της αυτόνομης οδήγησης.

Η ιδέα για τα αυτόνομα οχήματα έχει τις ρίζες της στο γεγονός ότι ο ανθρώπινος παράγοντας συνιστά την κυριότερη αιτία των τροχαίων ατυχημάτων, όπως έχει καταδειχθεί από εγχώριες και διεθνείς έρευνες για την οδική ασφάλεια. Ως εκ τούτου, προκύπτει αβίαστα ότι στον βωμό της μείωσης των τροχαίων ατυχημάτων ο άνθρωπος πίσω από το τιμόνι, ήτοι ο οδηγός, δύναται ή και επιβάλλεται να αντικατασταθεί από τις σύγχρονες τεχνολογίες των αυτόνομων/αυτο-οδηγούμενων οχημάτων, που στηρίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη. Τα εν λόγω αυτοκίνητα έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλες υποδομές και το εξωτερικό τους περιβάλλον ενώ παράλληλα λαμβάνουν αποφάσεις πιο γρήγορα από τα ανθρώπινα αντανακλαστικά, ακόμη και υπό δυσμενείς συνθήκες, με αποτέλεσμα να καθίστανται πιο ικανά να επιτύχουν τον ποθητό στόχο της ελαχιστοποίησης των τροχαίων ατυχημάτων και κατ' επέκτασης της οδικής ασφάλειας. Το μεγάλο αυτό πλεονέκτημα των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων οδήγησε σε μια άνευ προηγουμένου

εξέλιξη της χρήσης των τεχνολογιών αυτόνομης οδήγησης με αφετηρία τα συστήματα προηγμένης υποβοήθησης του οδηγού (επίπεδο μερικής αυτονομίας).

Η εξέλιξη αυτή δε θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο τον νομικό κόσμο, ο οποίος για άλλη μία φορά καλείται να ανταποκριθεί στις σύγχρονες ανάγκες συμβαδίζοντας με τις επιταγές της νέας τεχνολογικής εποχής. Τόσο ο εγχώριος όσο και κυρίως ο διεθνής νομοθέτης έχουν ήδη, άλλοτε σταδιακά και άλλοτε ταχέως, ανταποκριθεί στην αποστολή τους, ήτοι αυτή της θέσπισης κανόνων για τη ρύθμιση της πολυδαίδαλης, όπως εξελίσσεται, πραγματικότητας που εισάγει η τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων.

Η σταδιακή όμως αντικατάσταση του ανθρώπου από τη θέση του οδηγού έχει προκαλέσει ένα ντόμινο μετακύλισης της ευθύνης που απορρέει από την αυτόνομη οδήγηση. Όσο τα αυτόνομα αυτοκίνητα μετακυλύουν την ευθύνη της οδήγησης από τον άνθρωπο στην τεχνολογία των αυτόνομων αυτοκινήτων, γεννάται η ανάγκη το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο της ευθύνης να εξελιχθεί προκειμένου να προσδιορίζονται με εύλογο τρόπο οι κατάλληλες θεραπείες για τις ζημιές και τους τραυματισμούς, που προκύπτουν από ένα τροχαίο ατύχημα, στο οποίο ενεπλάκη ένα τέτοιο όχημα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η ευθύνη για περιστατικά στα οποία εμπλέκονται αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα αποτελεί έναν αναπτυσσόμενο τομέα του δικαίου και ταυτόχρονα ένα πεδίο με έντονη ανάγκη για κανονιστική ρύθμιση, καθώς καλείται να καθορίσει ποιος θα φέρει την ευθύνη, όταν ένα αυτόνομο αυτοκίνητο προκαλεί υλικές ζημιές ή σωματικές βλάβες σε πρόσωπα και κατ' επέκταση ποιος είναι αυτός που καθίσταται τελικά υπόχρεος σε αποζημίωση των προσώπων που ζημιώθηκαν.

Στην ελληνική πραγματικότητα, το νομικό πλαίσιο που διέπει την κυκλοφορία των οχημάτων βασίζεται στην παραδοχή ότι ο οδηγός είναι άνθρωπος και το αυτοκίνητο είναι ένα «πράγμα» που το χειρίζεται ο οδηγός. Κατ' επέκταση, η ευθύνη του οδηγού έγκειται στο σωστό ή εσφαλμένο χειρισμό του οχήματος κατά την οδήγηση. Ωστόσο, το υπάρχον νομικό πλαίσιο αδυνατεί να καλύψει την περίπτωση της πλήρους αυτόνομης οδήγησης, στην οποία πρωτεύον στοιχείο αποτελεί η έλλειψη του «φυσικού» οδηγού πίσω από το τιμόνι, τη θέση του οποίου στην οδήγηση αναλαμβάνει το ίδιο το όχημα μέσω των αντίστοιχων τεχνολογιών. Ως εκ τούτου,

κρίνεται ότι η κεντρική αρχή στην οποία βασίζονται πλείστοι των συμβατικών κανόνων για την απόδοση της ευθύνης κρίνονται ανεπαρκείς και ανεφάρμοστοι και νέοι κανόνες πρέπει να γραφτούν για να τους αντικαταστήσουν.

Κατόπιν των ανωτέρω, στο πρώτο μέρος της παρούσας θα αναπτυχθεί η τεχνολογία που υποστηρίζει τα αυτόνομα οχήματα και ειδικότερα θα οριστεί η έννοια του «αυτόνομου οχήματος» και θα προσδιοριστούν τα διεθνώς αποδεκτά επίπεδα αυτοματοποίησης. Έπειτα, θα αναλυθεί ο σημαίνοντας ρόλος των τεχνολογιών της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), οι οποίες στην ουσία μετουσιώνουν την ιδέα της αυτόνομης οδήγησης σε αυτό-οδηγούμενα οχήματα διαφορετικών επιπέδων αυτονομίας. Θα ακολουθήσει μια εκτενής ανάλυση της τεχνολογίας των αυτόνομων οχημάτων και ειδικότερα των συστημάτων με τα οποία ένα τέτοιο όχημα δύναται να πλοηγηθεί, να προσδιορίσει τη θέση (στίγμα) του στο χώρο, καθώς και να λάβει και να επεξεργαστεί τα διάφορα ερεθίσματα που δέχεται από το εξωτερικό περιβάλλον, ώστε να προβεί στη λήψη των ενδεδειγμένων οδηγητικών αποφάσεων. Τέλος, θα εκτεθούν οι εξελίξεις στον κατασκευαστικό τομέα των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων, τα πρώτα συμπεράσματα σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών ενώ θα παρατεθούν και ορισμένα παραδείγματα από τροχαία ατυχήματα, στα οποία πρωταγωνίστησαν αυτό-οδηγούμενα οχήματα.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο μέρος της παρούσας, θα διερευνηθούν τα ζητήματα αστικής ευθύνης που προκύπτουν από τροχαία ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται αυτόνομα αυτοκίνητα. Συγκεκριμένα, η ανάλυση θα εκκινήσει από τις γενικές διατάξεις της ισχύουσας σε ευρωπαϊκό επίπεδο Σύμβασης της Βιέννης για την οδική κυκλοφορία. Ακολούθως, θα αναλυθεί εκτενώς το ισχύον νομικό πλαίσιο που διέπει την αστική ευθύνη στα αυτοκινητικά ατυχήματα με ιδιαίτερη έμφαση στις διαφορετικές νομικές βάσεις στις οποίες δύναται να θεμελιωθεί η αστική ευθύνη που προκύπτει σε περιπτώσεις τροχαίων ατυχημάτων με εμπλεκόμενα αυτόνομα αυτοκίνητα. Ιδιαίτερη μνεία δε θα γίνει στην καινοτόμο λύση της θεμελίωσης ευθύνης απευθείας στο ρομπότ – αυτόνομο όχημα ή στην εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης (AI) μέσω της απόδοσης «προσωπικότητας» στο εν λόγω όχημα. Επιπλέον, θα εκτεθούν τα ζητήματα που προκύπτουν υπό το πρίσμα της υποχρεωτικής ασφάλισης των εν λόγω οχημάτων. Κλείνοντας, θα γίνει μια

συγκριτική επισκόπηση του νομικού πλαισίου για τα αυτόνομα αυτοκίνητα που προβλέπεται από αλλοδαπές έννομες τάξεις.

ΜΕΡΟΣ Α΄: Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

1. Ορισμός αυτόνομου οχήματος

Η χρήση του όρου «αυτόνομος» στα μηχανοκίνητα οχήματα έχει υπάρξει στο παρελθόν ιδιαίτερα ασαφής. Η χρήση του όρου σε ένα τεχνικό πλαίσιο σημαίνει ότι το όχημα είναι ικανό να αισθάνεται το περιβάλλον του και να κινείται με ελάχιστη ή καθόλου ανθρώπινη επέμβαση (Molla, 2018). Ένα «αυτόνομο σύστημα» είναι ως εκ τούτου μια τεχνική μονάδα που εκπληρώνει ορισμένα καθήκοντα χωρίς να εξαρτάται από ανθρώπινες εντολές (Πικονά & Πικα, 2017).

2. Επίπεδα αυτοματοποίησης

Σύμφωνα με τα πρότυπα SAE International (Society of Automotive Engineers) υπάρχουν 6 επίπεδα αυτονομίας ελέγχου στην οδήγηση, που κυμαίνονται από το Επίπεδο 0 (χωρίς αυτοματοποίηση οδήγησης) έως το Επίπεδο 5 (πλήρης αυτοματοποίηση οδήγησης). Αναλυτικά τα στάδια αυτά, που έχουν υιοθετηθεί και από την Εθνική Αρχή Ασφάλειας της Οδικής Κυκλοφορίας των Η.Π.Α., είναι τα εξής (SAE, 2016)

Επίπεδο 0 (χωρίς αυτοματοποίηση)

Τα οχήματα του επιπέδου αυτού είναι πλήρως χειροκίνητα, καθώς όλες οι διεργασίες της οδήγησης εκτελούνται από τον οδηγό, χωρίς κανένα ηλεκτρονικό βοήθημα. Ο οδηγός έχει τον απόλυτο έλεγχο του οχήματος, ακόμη και στην περίπτωση όπου το οδηγικό έργο υποβοηθείται από συστήματα προειδοποίησης ή παρέμβασης. Ο οδηγός είναι εξ ολοκλήρου υπεύθυνος για την επιτάχυνση και επιβράδυνση του οχήματος, όπως επίσης και για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος οδήγησης (Βογιατζή, 2020), (Καμινιάρης Σ, 2020).

Επίπεδο 1 (Υποβοηθούμενη οδήγηση)

Τα οχήματα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία ελέγχονται από τον οδηγό αλλά είναι εξοπλισμένα με επαρκή συστήματα υποστήριξης οδήγησης (driver assistance systems). Τέτοια είναι ο έλεγχος πλεύσης του οχήματος (cruise control), η καθοδήγηση των οριογραμμών (lane guidance) και η υποβοήθηση παράλληλης στάθμευσης (automated parallel parking). Τα εν λόγω συστήματα έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν πληροφορίες από το οδηγικό περιβάλλον και να ελέγχουν

την επιτάχυνση ή επιβράδυνση του αυτοκινήτου. Παρόλα αυτά, όμως, ο οδηγός του αυτοκινήτου παραμένει υπεύθυνος όλων των λειτουργιών του οχήματος, καθώς είναι άμεσα εμπλεκόμενος στη διαδικασία της οδήγησης (Βογιατζή, 2020), (Καμινιάρης Σ, 2020).

Επίπεδο 2 (μερική αυτοματοποίηση)

Στην κατηγορία αυτή υπάγεται η αυτοματοποίηση πολλαπλών λειτουργιών, όπως ο προσαρμοσμένος έλεγχος πλεύσης με κέντρωση επί των οριογραμμών των λωρίδων κυκλοφορίας (adaptive cruise control with lane centering). Τα οχήματα που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή έχουν την ικανότητα να ελέγχουν κάποιες από τις λειτουργίες τους, όπως η επιτάχυνση ή το φρενάρισμα και τον έλεγχο του τιμονιού. Ο οδηγός μπορεί να απομακρύνει τόσο τα πόδια του από το πεντάλ όσο και τα χέρια του από το τιμόνι. Ωστόσο, οφείλει να ελέγχει την κυκλοφορία και να βρίσκεται ανά πάσα στιγμή σε ετοιμότητα προκειμένου να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος (Βογιατζή, 2020), (Καμινιάρης Σ, 2020).

Επίπεδο 3 (αυτοματοποίηση υπό όρους)

Υπό συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να αποδεσμευτεί από τα καθήκοντα του χειριστή καθώς το όχημα αναλαμβάνει εξ ολοκλήρου το οδηγικό έργο. Παρόλα αυτά, ο οδηγός οφείλει να βρίσκεται σε θέση ώστε σε περίπτωση ανάγκης να κατορθώσει να ανακτήσει τον έλεγχο του οχήματος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα tesla με τη λειτουργία του αυτόματου πιλότου που διαθέτουν (Βογιατζή, 2020), (Καμινιάρης Σ, 2020).

Επίπεδο 4 (υψηλή αυτοματοποίηση)

Το όχημα αυτού του επιπέδου, λόγω της αυτοματοποίησης που διαθέτει, εκτελεί οδηγικούς χειρισμούς, ενώ ο οδηγός, όταν είναι παρών, δεν χρειάζεται να παρακολουθεί τις περιβαλλοντικές συνθήκες και κατά συνέπεια δεν φέρει ευθύνη για όσα συμβαίνουν. Το αυτοκίνητο έχει τη δυνατότητα να ακολουθεί συγκεκριμένη διαδρομή και να λειτουργεί κάτω από ορισμένες παραμέτρους, είτε μεταφέρει επιβάτες που δεν γνωρίζουν να οδηγούν, είτε επιβάτες με μειωμένη κινητικότητα είτε να εκτελεί το δρομολόγιο χωρίς κανέναν επιβάτη (Βογιατζή, 2020).

Επίπεδο 5 (πλήρης αυτοματοποίηση)

Πρόκειται για το υψηλότερο επίπεδο αυτονομίας, κατά το οποίο το όχημα αναλαμβάνει την εκτέλεση όλων των οδηγικών λειτουργιών και την επίβλεψη των κυκλοφοριακών συνθηκών κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, χωρίς να χρειάζεται καμία παρέμβαση από τον οδηγό σε καμία περίπτωση (Daziano et al., 2017).

3. Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) στα Αυτόνομα Οχήματα

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) είναι ένα εργαλείο μηχανικής νοημοσύνης που παρέχει τεράστιες δυνατότητες για έξυπνη βιομηχανική επανάσταση. Διευκολύνει τη συλλογή σχετικών δεδομένων-πληροφοριών, τον προσδιορισμό των εναλλακτικών, την επιλογή μεταξύ εναλλακτικών, τη λήψη ορισμένων ενεργειών, τη λήψη αποφάσεων, την επανεξέταση της απόφασης και την έξυπνη πρόβλεψη.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) έχει καταργήσει την αυτοκινητοβιομηχανία και ο λόγος που παρατηρείται τεράστια έκρηξη της τεχνητής νοημοσύνης τα τελευταία χρόνια είναι ο τεράστιος όγκος δεδομένων που έχουμε διαθέσιμα σήμερα. Με τη βοήθεια συνδεδεμένων συσκευών και υπηρεσιών, είμαστε σε θέση να συλλέγουμε δεδομένα σε κάθε κλάδο, τροφοδοτώντας έτσι την επανάσταση της τεχνητής νοημοσύνης.

Από την άλλη πλευρά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι το αξίωμα της επανάστασης του κλάδου, συμπεριλαμβανομένης μια παγκόσμιας υποδομής για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων από την αποθήκευση, την ενεργοποίηση, την ανίχνευση, τις προηγμένες υπηρεσίες και τις τεχνολογίες επικοινωνίας.

Ο συνδυασμός της υψηλής ταχύτητας, της ανθεκτικότητας, της χαμηλής καθυστέρησης συνδεσιμότητας και των τεχνολογιών AI και IoT θα επιτρέψει τον μετασχηματισμό προς ένα πλήρως έξυπνο αυτόνομο όχημα (AV) που απεικονίζει την αλληλοσυμπλήρωση του πραγματικού κόσμου και της ψηφιακής γνώσης. Είναι βέβαιο πως οι πιο πρόσφατες εξελίξεις στην AI και το IoT μπορούν να βοηθήσουν στο σχηματισμό του αυτόνομου οχήματος. Έχει αποδειχθεί ότι τα ανθρώπινα λάθη είναι η πηγή του 90% των τροχαίων ατυχημάτων και οι ασφαλέστεροι οδηγοί οδηγούν δέκα φορές καλύτερα από τον μέσο όρο. Η αυτοματοποιημένη ασφάλεια του

οχήματος είναι σημαντική και οι χρήστες απαιτούν 1000 φορές μικρότερο επίπεδο κινδύνου. Τα οφέλη ενός αυτόνομου οχήματος είναι ποικίλα.

Ωστόσο, τα αυτόνομα οχήματα πρέπει να χρησιμοποιούν δεδομένα μεγάλης κλίμακας από τους αισθητήρες και τις συσκευές τους. Η πολυπλοκότητα των δεδομένων των αυτόνομων οχημάτων (επεξεργασία 1 GB ανά δευτερόλεπτο) χρησιμοποιείται για τα προηγμένα συστήματα υποστήριξης οδηγού (ADAS) και τη ψυχαγωγία. Ως εκ τούτου, χρειάζεται να αυξηθούν οι απαιτήσεις υλικού και λογισμικού, που χρησιμοποιούν οι αισθητήρες και λογισμικό, για να ανταγωνιστούν λειτουργίες παρόμοιες με τον υπερανθρώπινο εγκέφαλο, όπως στοχεύεται μέσω της τεχνητής νοημοσύνης. Οι αισθητήρες και οι συσκευές των αυτόνομων οχημάτων παράγουν δεδομένα που περιέχουν πληροφορίες όπως ώρα, ημερομηνία, ανίχνευση κίνησης, πλοήγηση, κατανάλωση καυσίμου, φωνητική αναγνώριση, ταχύτητα οχήματος με επιτάχυνση, επιβράδυνση, σωρευτικά χιλιόμετρα, φωνητική αναζήτηση, μηχανές συστάσεων, παρακολούθηση ματιών και παρακολούθηση οδηγού, αναγνώριση εικόνας, ανάλυση συναισθήματος, αναγνώριση ομιλίας και χειρονομίας και εικονική βοήθεια. Τα συνολικά δεδομένα είναι επομένως πάνω από 100 terabyte ετησίως για 100.000 οχήματα.

Αυτά τα δεδομένα είναι προβλέψιμο να αυξηθούν περαιτέρω λόγω της αυξανόμενης υιοθέτησης των συνδεδεμένων οχημάτων. Η άνοδος των αυτόνομων οχημάτων φέρνει νέες ευκαιρίες για βιομηχανικούς κατασκευαστές και αντιπροσώπους, επιτρέποντας στις εταιρείες να χρησιμοποιούν την τεχνητή νοημοσύνη για να αυξήσουν την αξία για τους πελάτες τους. Όταν πρόκειται για την επεξεργασία αυτών των δεδομένων από την τεχνητή νοημοσύνη, η πιο αποτελεσματική προσέγγιση είναι η χρήση αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning). Οι αλγόριθμοι Machine Learning βοηθούν στη διαμόρφωση μοτίβων συμπεριφοράς για συγκεκριμένα προφίλ οδηγών και επίσης προσφέρουν στους κατόχους οχημάτων ό,τι ακριβώς χρειάζονται τόσο στο όχημα όσο και μέσω των κινητών τους μέσω μιας αντίστοιχης εφαρμογής. Το πετυχαίνουν αυτό απομνημονεύοντας τη συμπεριφορά τους και αναλύοντας το ιστορικό οδήγησης και την κατάσταση στο δρόμο. (Khayyam et al., 2020)

Η τεχνολογία Deep Learning, η οποία είναι μια τεχνική για την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης (μια προσέγγιση για την επίτευξη τεχνητής νοημοσύνης),

αναμένεται να είναι η μεγαλύτερη και η ταχύτερα αναπτυσσόμενη τεχνολογία στην αγορά της αυτοκινητοβιομηχανίας Τεχνητής Νοημοσύνης. Μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται στην αναγνώριση φωνής, τη φωνητική αναζήτηση, τις μηχανές συστάσεων, την ανάλυση συναισθήματος, την αναγνώριση εικόνας και την ανίχνευση κίνησης σε αυτόνομα οχήματα. (Gadam, 2018)

Παρόλο που η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χειριστεί μεγάλα δεδομένα των αυτόνομων οχημάτων, ορισμένες από τις επιπλέον συνθήκες δεδομένων, όπως η κυκλοφορία, οι πεζοί και οι εμπειρίες, θα πρέπει να συλλεχθούν μέσω διαφόρων δικτύων IoT, όπως το τοπικό δίκτυο (LAN), το δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN), το ασύρματο Δίκτυο αισθητήρων (WSN) και Προσωπικό Δίκτυο Περιοχής (PAN). (Khayyam et al., 2020)

Προκειμένου να γίνει κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας της τεχνητής νοημοσύνης στα αυτόνομα οχήματα θα πρέπει πρώτα να εξεταστεί η ανθρώπινη προοπτική της οδήγησης ενός αυτοκινήτου με τη χρήση αισθητηριακών λειτουργιών όπως η όραση και ο ήχος για την παρακολούθηση του δρόμου και των άλλων αυτοκινήτων στο δρόμο. Όταν ένας οδηγός σταματάει στο κόκκινο φανάρι ή περιμένει έναν πεζό να διασχίσει το δρόμο, χρησιμοποιεί τη μνήμη του για να πάρει αυτές τις γρήγορες αποφάσεις. Κατασκευάζονται αυτόνομα οχήματα που οδηγούν μόνο τους, αλλά θέλουμε να οδηγούν όπως οι άνθρωποι οδηγοί. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να παρέχονται σε αυτά τα οχήματα αισθητηριακές λειτουργίες, γνωστικές λειτουργίες (μνήμη, λογική σκέψη, λήψη αποφάσεων και μάθηση) και εκτελεστικές ικανότητες που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για την οδήγηση οχημάτων. Η αυτοκινητοβιομηχανία εξελίσσεται συνεχώς για να πετύχει αυτό ακριβώς τα τελευταία χρόνια. (Gadam, 2018)

3.1. Κύκλος δράσης αντίληψης Τεχνητής Νοημοσύνης σε αυτόνομα οχήματα

Ένα μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) για αυτόνομο όχημα περιλαμβάνει τρία βήματα: (1) συλλογή δεδομένων, (2) σχεδιασμό διαδρομής, (3) πράξη

Βήμα 1: Συλλογή Δεδομένων

Τα αυτόνομα οχήματα είναι εξοπλισμένα με πολλαπλούς αισθητήρες και συσκευές όπως ραντάρ, κάμερες και συστήματα επικοινωνίας για να παράγουν τεράστια δεδομένα από το όχημα και το περιβάλλον τους. Αυτά τα δεδομένα των οχημάτων

περιλαμβάνουν τον δρόμο, το οδικό δίκτυο, άλλα οχήματα, κάθε άλλο αντικείμενο πάνω και κοντά στο δρόμο, χώρο στάθμευσης, πληροφορίες κυκλοφορίας και περιβάλλοντος, ακριβώς παρόμοιες με έναν άνθρωπο οδηγό. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια στέλνονται για επεξεργασία ως ενημερωμένες πληροφορίες. Αυτή είναι η πρώτη επικοινωνία του αυτόνομου οχήματος με συγκεκριμένες καταστάσεις του οχήματος και συνθήκες περιβάλλοντος.

Βήμα 2: Σχεδιασμός διαδρομής

Τα τεράστια δεδομένα από το σύστημα του αυτόνομου οχήματος αποθηκεύονται και προστίθενται με προηγούμενες οδηγικές εμπειρίες από κάθε διαδρομή σε μια βάση δεδομένων που ονομάζεται Big Data. Επίσης, ένας πράκτορας AI ενεργεί στα BigData για να λαμβάνει σημαντικές αποφάσεις μέσω του ελέγχου στρατηγικής. Ο έλεγχος στρατηγικής του σχεδιασμού διαδρομής επιτρέπει στα αυτόνομα οχήματα να βρίσκουν τις ασφαλέστερες, πιο βολικές και οικονομικά πιο συμφέρουσες διαδρομές από το ένα σημείο στο άλλο, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες εμπειρίες οδήγησης που βοηθούν τον πράκτορα AI να λάβει πολύ πιο ακριβείς αποφάσεις στο μέλλον. Η εύρεση διαδρομών περιπλέκεται από όλα τα στατικά και κινούμενα εμπόδια που πρέπει να αναγνωρίσει και να παρακάμψει ένα όχημα. Η στρατηγική ελέγχου σχεδιασμού διαδρομής περιλαμβάνει την εύρεση μιας γεωμετρικής διαδρομής από μια αρχική διαμόρφωση σε μια δεδομένη, έτσι ώστε κάθε διαμόρφωση και κατάσταση στη διαδρομή να είναι εφικτή (αν ληφθεί υπόψη ο χρόνος). Η στρατηγική ελέγχου σχεδιασμού διαδρομής εμπλέκεται με τον προγραμματισμό ελιγμών που στοχεύει στη λήψη της καλύτερης απόφασης υψηλού επιπέδου για ένα όχημα λαμβάνοντας υπόψη τη διαδρομή που καθορίζεται από τους μηχανισμούς σχεδιασμού διαδρομής και τον σχεδιασμό τροχιάς που είναι ο σχεδιασμός σε πραγματικό χρόνο της μετακίνησης ενός οχήματος από τη μια εφικτή κατάσταση στην επόμενη, ικανοποιώντας την κινηματικά όρια με βάση τη δυναμική του οχήματός του και όπως περιορίζεται από τη λειτουργία πλοήγησης. Το AV ξέρει ακριβώς τι πρέπει να κάνει σε αυτό το περιβάλλον οδήγησης ή/και την κατάσταση οδήγησης.

Βήμα 3: Πράξη

Με βάση τις αποφάσεις που λαμβάνονται από τον πράκτορα AI, τα αυτόνομα οχήματα είναι σε θέση να ανιχνεύουν αντικείμενα στο δρόμο, να ελίσσονται στην κυκλοφορία, σε σημεία στάθμευσης, σε εμπόδια, σε φανάρια, σε ποδήλατα, σε πεζούς, σε καιρικές συνθήκες και σε άλλα οχήματα χωρίς παρέμβαση ανθρώπινου οδηγού και να πηγαίνουν στον προορισμό με ασφάλεια. Τα αυτόνομα οχήματα είναι

επίσης εξοπλισμένα με έλεγχο βασισμένο σε ΑΙ και λειτουργικά συστήματα όπως ο έλεγχος διεύθυνσης, η επιτάχυνση με πεντάλ κινητήρα, η φωνή και η αναγνώριση ομιλίας, ο έλεγχος πεντάλ φρένων, η παρακολούθηση ματιών, το σύστημα ασφαλείας, οι χειρονομίες, το οικονομικό καύσιμο και άλλα συστήματα υποβοήθησης/παρακολούθησης οδήγησης. Αυτός ο βρόχος διαδικασίας των αυτόνομων οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων της συλλογής δεδομένων, του σχεδιασμού διαδρομής και της πράξης, θα πραγματοποιείται επαναλαμβανόμενα. Όσο μεγαλύτερος αριθμός των βρόχων δεδομένων λαμβάνει χώρα, τόσο πιο έξυπνος γίνεται ο πράκτορας ΑΙ, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στη λήψη αποφάσεων, ειδικά σε περίπλοκες καταστάσεις οδήγησης. (Khayyam et al., 2020)

Αυτός ο βρόχος δεδομένων, που ονομάζεται Κύκλος Δράσης Αντίληψης, λαμβάνει χώρα επαναλαμβανόμενα. Όσο περισσότεροι είναι ο αριθμός των Κύκλων Δράσης Αντίληψης, τόσο πιο έξυπνος γίνεται ο έξυπνος πράκτορας, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ακρίβεια στη λήψη αποφάσεων, ειδικά σε περίπλοκες καταστάσεις οδήγησης. Όσο περισσότεροι είναι ο αριθμός των συνδεδεμένων οχημάτων, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός των οδηγικών εμπειριών που καταγράφεται, επιτρέποντας στον ευφυή πράκτορα να λαμβάνει αποφάσεις με βάση τα δεδομένα που παράγονται από πολλά αυτόνομα οχήματα. Αυτό σημαίνει ότι δεν χρειάζεται κάθε αυτόνομο όχημα να περάσει από μια περίπλοκη κατάσταση οδήγησης για να μπορέσει να την καταλάβει πραγματικά. (Gadam, 2018)

3.2. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) στα αυτόνομα οχήματα

Τα αυτόνομα οχήματα πρέπει να έχουν έναν αριθμό ικανοτήτων για παραγωγή, συλλογή, ανάλυση, επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων από διάφορες πηγές οδικών συνθηκών, όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση και ατυχήματα μέσω ενός δικτύου επικοινωνίας. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που περιλαμβάνει ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων όπως: κτίρια και άλλα αντικείμενα, οχήματα, ενσωματωμένα με συσκευές υλικού, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα δικτύου που επιτρέπει σε αυτά τα αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα σε πληροφορίες χωρίς ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Τα αντικείμενα-πράγματα λειτουργούν είτε μεμονωμένα είτε σε σύνδεση με άλλα αντικείμενα ή άτομα, και διαθέτουν μοναδικά αναγνωριστικά (ταυτότητες) (Stergiou & Psannis, 2017b). Η έννοια του IoT εξελίσσεται από τη

συνδεσιμότητα Machine-to-Machine (M2M). Το M2M συνδέει απομονωμένα συστήματα αισθητήρων σε διακομιστές χωρίς (ή ελάχιστη) ανθρώπινη παρέμβαση, ενώ το IoT λαμβάνει συνδεσιμότητα από το Machine-to-Machine, ενσωματώνει εφαρμογές Ιστού και το συνδέει με συστήματα υπολογιστικού νέφους. Η υιοθέτηση του IoT στα αυτόνομα οχήματα έχει πολλά τεχνικά πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας παρακολούθησης των οχημάτων για τη βελτίωση της απόδοσης του στόλου, των παραγόντων ασφάλειας, της μείωσης της σύγκρουσης του οχήματος, της χρήσης του οχήματος και της παροχής υπηρεσιών με μεγαλύτερη απόκριση στους πελάτες.

Μια τυπική πλατφόρμα IoT είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που είναι ικανό να υποστηρίζει εκατομμύρια ταυτόχρονες συνδέσεις συσκευών για τη δημιουργία μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data) προς μεταφορά και επεξεργασία στο Cloud Computing. Υπάρχουν τέσσερα κύρια στοιχεία σε μια τυπική πλατφόρμα IoT αυτόνομων οχημάτων: (1) το πρώτο στοιχείο είναι αισθητήρες και συσκευές υλικού που αποτελούν τα θεμελιώδη στοιχεία και συλλέγουν διάφορους τύπους δεδομένων από τον φυσικό κόσμο, (2) το δεύτερο στοιχείο είναι το δίκτυο επικοινωνίας που συνήθως βασίζεται σε ασύρματες τεχνολογίες όπως Wi-Fi ή τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας (3G, 4G, 5G), (3) το τρίτο στοιχείο είναι τα μεγάλα δεδομένα που αντιπροσωπεύουν τον όγκο, την ταχύτητα και την ποικιλία των δεδομένων που παράγονται. Αυτά τα δεδομένα πρέπει να μεταφερθούν, να αποθηκευτούν και να προχωρήσουν. (4) το τέταρτο στοιχείο της πλατφόρμας είναι το cloud όπου τα δεδομένα θα αποθηκευτούν και θα υποβληθούν σε επεξεργασία καθώς το cloud παρέχει πολλές υπηρεσίες επεξεργασίας, ανάλυσης και αποθήκευσης. Οι εφαρμογές IoT φιλοξενούνται παραδοσιακά στο cloud και μπορούν να παρέχουν ανατροφοδότηση και αποφάσεις στα φυσικά συστήματα. Στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων, το cloud θα είναι το κεντρικό σύστημα διαχείρισης όπου θα εφαρμοστούν όλα τα στοιχεία λογισμικού και τα εργαλεία παρακολούθησης.

Το IoT παρέχει πολλά οφέλη, όπως υπηρεσίες δυναμικής πληροφόρησης, έξυπνο έλεγχο οχημάτων και εφαρμογές για τη μείωση των ασφαλιστικών τελών και τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και πιθανώς των ατυχημάτων. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχει μεγάλος αριθμός αισθητήρων και συσκευών υλικού στην τυπική πλατφόρμα IoT. Σε αυτήν την πλατφόρμα, υπάρχουν δύο

ξεχωριστά στοιχεία απόκτησης δεδομένων ενός αυτόνομου οχήματος που περιλαμβάνουν (1) τη χρήση δεδομένων από δικούς τους αισθητήρες, την ανταλλαγή δεδομένων με άλλους γειτονικούς και (2) τις πλατφόρμες IoT χώρο συλλογής μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων από διαφορετική πύλη (στάθμευση, πληροφορίες κυκλοφορίας, μεταφορές, περιβαλλοντικές πληροφορίες) από συνδεδεμένες συσκευές (σημείο στάθμευσης, τρένο, ψυχαγωγία, φανάρια, ποδήλατο, πεζοί, χώροι εργασίας, καιρικές συνθήκες, άλλα οχήματα). Εδώ εμφανίζεται η δύναμη των ετερογενών πηγών δεδομένων και των αναλυτικών στοιχείων μεγάλων δεδομένων για να παρέχουν πιο ολοκληρωμένη νοημοσύνη για τα αυτόνομα οχήματα. (Khayyam et al., 2020)

3.2.1. Μοντέλα αλληλεπίδρασης για το οικοσύστημα IoT των αυτόνομων οχημάτων

Ένα οικοσύστημα οχημάτων που βασίζεται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελείται από έξι στοιχεία που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους συμπεριλαμβανομένων των εξής: 1) του οχήματος, 2) των ατόμων, 3) των προσωπικών συσκευών, 4) της υποδομής του δικτύου, 5) των συσκευών ανίχνευσης και 6) των συσκευών που βρίσκονται στους δρόμους.

Τα οχήματα μπορεί να είναι όλα κοντινά μεταξύ τους, τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν μεταξύ τους μια σύνδεση επικοινωνίας για ανταλλαγή σχετικών πληροφοριών, όπως κυκλοφοριακές και οδικές συνθήκες, ειδοποιήσεις και άλλες φυσικές παραμέτρους στο οικοσύστημα. Το άτομο περιλαμβάνει τα άτομα που ζητούν ή έχουν πρόσβαση σε μια υπηρεσία στο οικοσύστημα IoT. Προσωπική συσκευή είναι μια συσκευή που ανήκει σε οποιοδήποτε άτομο του οικοσυστήματος του οχήματος, όπως είναι για παράδειγμα ο οδηγός και ο επιβάτης, και χρησιμοποιεί ή παρέχει μια υπηρεσία. Η υποδομή δικτύου αναφέρεται σε όλες τις συσκευές στο δίκτυο επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά δεδομένων στο οικοσύστημα. Η συσκευή ανίχνευσης μπορεί να είναι αισθητήρες και ενεργοποιητές που συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις παραμέτρους του οχήματος, τα επίπεδα υγείας του ατόμου και μεταβλητές του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, αυτές οι πληροφορίες μπορεί να περιλαμβάνουν την πίεση των ελαστικών, την κατανάλωση του καυσίμου και τη θερμοκρασία του οχήματος για τα αυτοκίνητα, την αρτηριακή πίεση και τους παλμούς της καρδιάς για τα άτομα, καθώς και τη ρύπανση και τις

καιρικές συνθήκες. Τέλος, οι συσκευές των δρόμων είναι τα φανάρια, οι οθόνες πληροφοριών ή τα ραντάρ που έχουν τη δυνατότητα να διαδίδουν σχετικές πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία και τις οδικές συνθήκες, τα ατυχήματα ή πιθανές παρακάμψεις.

Το ουσιαστικό μέρος αυτού του οικοσυστήματος βασισμένο στο IoT είναι ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των στοιχείων IoT θα οδηγήσει σε ανταλλαγή δεδομένων σε πολλά επίπεδα. Αυτή η αλληλεπίδραση, γνωστή ως αλληλεπίδραση από συσκευή σε συσκευή «Device to Device» (D2D) μπορεί να περιλαμβάνει πολλές συσκευές (εσωτερικές και εξωτερικές), οι οποίες μπορούν να επικοινωνούν, να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες ή να παίρνουν αποφάσεις χωρίς ή λιγότερες ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Έξι τύποι αλληλεπιδράσεων D2D έχουν αναγνωριστεί. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις είναι οι εξής: 1) Όχημα με όχημα «Vehicle-to-Vehicle» (V2V), 2) Όχημα με προσωπική συσκευή «Vehicle and Personal device» (V&P), 3) Όχημα με οδική συσκευή «Vehicle and Roadside» (V&R), 4) Όχημα και αισθητήρες «Vehicle and Sensor» (V&S), 5) Όχημα και υποδομή «Vehicle and Infrastructure» (V&I), και 6) Δρόμος και προσωπική συσκευή «Road and Personal device» (R&P).

Οι αισθητήρες και μερικές από τις προσωπικές συσκευές βρίσκονται εντός του οχήματος και θεωρούνται ως εσωτερικές αλληλεπιδράσεις, ενώ οι υπόλοιπες είναι εξωτερικές αλληλεπιδράσεις και μπορούν να θεωρηθούν ως περιβαλλοντικές πληροφορίες. (Khayyam et al., 2020)

3.2.2. Πλατφόρμα cloud computing της αυτόνομης οδήγησης

Η πλατφόρμα αυτόνομης οδήγησης που βρίσκεται στο «σύννεφο», άλλως cloud, χρησιμεύει για την εξωτερική του συστήματος αποθήκευση των δεδομένων, κυρίως εκείνων που χρησιμοποιούνται για την αναβάθμιση και την «εκπαίδευση» του ίδιου του συστήματος. Αυτή η πλατφόρμα περιέχει έναν έξυπνο πράκτορα που χρησιμοποιεί αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης για τη λήψη ουσιαστικών αποφάσεων. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργεί ως κέντρο ελέγχου ή εγκέφαλος του αυτόνομου οχήματος. Αυτός ο έξυπνος πράκτορας συνδέεται επίσης με μια βάση δεδομένων που λειτουργεί ως μνήμη όπου αποθηκεύονται οι προηγούμενες εμπειρίες οδήγησης. Αυτά τα δεδομένα μαζί με την είσοδο σε πραγματικό χρόνο μέσω του

αυτόνομου οχήματος και του άμεσου περιβάλλοντος γύρω από αυτό βοηθούν τον έξυπνο πράκτορα να λάβει ακριβείς αποφάσεις οδήγησης (Gadam, 2018).

Οι τρέχουσες πλατφόρμες IoT για αυτόνομα οχήματα δεν επιτρέπουν την επεξεργασία δεδομένων χαμηλής καθυστέρησης και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και απαιτείται εκφόρτωση επεξεργασίας δεδομένων στο cloud. Το cloud επιτρέπει την πρόσβαση σε πόρους αποθήκευσης και υπολογιστών από οπουδήποτε και διευκολύνει την ανάπτυξη και τη συντήρηση εφαρμογών και σχετικών δεδομένων.

Παρόλο που το cloud computing βελτιστοποιεί τη χρήση των πόρων, δεν μπορεί να προσφέρει μία αποτελεσματική λύση για τη φιλοξενία έξυπνων εφαρμογών που απαιτούνται στα αυτόνομα οχήματα. Ως εκ τούτου, προκύπτουν διάφορα ζητήματα και προκλήσεις που εμποδίζουν την υιοθέτηση υπηρεσιών που βασίζονται στο IoT για αυτόνομα οχήματα, όπως αναλύονται ενδεικτικά κάποια κάτωθι.

Αρχικά, η μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων μέσω του δικτύου cloud μπορεί να ενέχει επιβαρύνσεις όσον αφορά στο θέμα του χρόνου, της απόδοσης, της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους. Επίσης, το cloud μπορεί να βρίσκεται φυσικά σε διαφορετική γεωγραφική περιοχή, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παροχή απαιτούμενων υπηρεσιών για τα αυτόνομα οχήματα με εύλογη καθυστέρηση. Επιπλέον, η επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων IoT σε πραγματικό χρόνο θα αυξήσει τον φόρτο εργασίας για τους παρόχους και το κέντρο δεδομένων cloud, χωρίς όφελος για τις εφαρμογές και τους χρήστες. Τέλος, υπάρχει ετερογένεια σε στοιχεία υλικού (hardware) και λογισμικού (software) των αισθητήρων IoT και των συσκευών (Khayyam et al., 2020).

Προκειμένου να προσφερθεί ασφαλής επικοινωνία μέσω του δικτύου, ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης παίζει σημαντικό ρόλο. Είναι ένας πολύτιμος και θεμελιώδης μηχανισμός για την προστασία των δεδομένων. Ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης μετατρέπει τα δεδομένα σε κρυπτογραφημένη μορφή με τη χρήση "ενός κλειδιού" και μόνο ο χρήστης έχει το κλειδί για την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων. Όσον αφορά τις έρευνες που έχουν γίνει, μία σημαντική τεχνική κρυπτογράφησης είναι η κρυπτογράφηση με συμμετρικό κλειδί. Σε αυτή την τεχνική κρυπτογράφησης ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι ο AES (Advanced Encryption Standard) (Stergiou & Psannis, 2017a).

3.2.3. Πλατφόρμα edge computing για τα αυτόνομα οχήματα

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν αναλύσεις δεδομένων στο δίκτυο «edge» κοντά στο σημείο που παράγονται τα δεδομένα για να μειωθεί ο όγκος των δεδομένων και των επιβαρύνσεων των επικοινωνιών. Αυτή η αναδυόμενη έννοια γνωστή ως «Edge computing» (ή Υπολογισμός ομίχλης) υπόσχεται να προσφέρει υψηλού επιπέδου υπηρεσίες ανταπόκρισης υπολογιστών, επιβολή απορρήτου, καθώς και την ικανότητα να καλύψει τις παροδικές διακοπές του cloud. Με βάση αυτή την τεχνολογία, τα αυτόνομα οχήματα θα συνδέονται στις συσκευές edge χρησιμοποιώντας ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας για πρόσβαση σε αναλύσεις δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τις απαιτούμενες εφαρμογές. Οι συσκευές Edge μπορούν να συνεργαστούν με άλλες τέτοιες συσκευές στην περιοχή, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο ένα τοπικό δίκτυο peer-to-peer κάτω από το cloud.

Συγκρίνοντας την αρχιτεκτονική του υπολογιστικού νέφους και του edge computing, το edge computing παρέχει αναλυτικές πληροφορίες δεδομένων καθώς και τις δυνατότητες των συσκευών IoT να επικοινωνούν και να συντονίζονται μεταξύ τους σε ένα κατακευματισμένο περιβάλλον και με το cloud. Το Edge computing παρέχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις τυπικές κεντρικές αρχιτεκτονικές του cloud, όπως βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων σε ένα σύστημα υπολογιστικού νέφους και μείωση της μεγάλης ροής δεδομένων του δικτύου, η οποία μειώνει τον κίνδυνο συμφόρησης δεδομένων. Επίσης, βελτιώνει την ασφάλεια και το απόρρητο κρυπτογραφώντας τα δεδομένα πιο κοντά στον πυρήνα του δικτύου και διατηρεί τα ιδιωτικά δεδομένα μακριά από κοινόχρηστα περιβάλλοντα cloud. Επιπλέον, η ανάλυση δεδομένων στο edge γίνεται σε πραγματικό χρόνο ενώ στο cloud γίνεται εκτός σύνδεσης. Το Edge έχει γενικά περιορισμένη υπολογιστική ισχύ και αποθήκευση σε σύγκριση με το cloud, ωστόσο, η επεξεργασία στο cloud επιφέρει μεγαλύτερη καθυστέρηση υπολογισμού.

Συνοπτικά, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για αυτόνομα οχήματα που χρησιμοποιεί edge computing, θα πρέπει να τροποποιηθεί το παραδοσιακό μοντέλο που βασίζεται σε cloud computing, όπου όλη η αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων γίνεται στο cloud. Για αυτό το λόγο, προτείνεται ένα μοντέλο, στο οποίο θα χωρίζεται η διαδικασία και το τμήμα σχεδιασμού σε δύο τμήματα που θα αντιμετωπίζονται συνεργατικά από το edge και το cloud. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα

από τους αισθητήρες IoT θα αναλύονται τοπικά στο edge, ενώ τα δεδομένα του συστήματος edge θα συλλέγονται και μεταδίδονται στο cloud για επεξεργασία εκτός σύνδεσης και μικρότερη λήψη αποφάσεων ευαίσθητων στο χρόνο. Έτσι, οι ευαίσθητες στο χρόνο αποφάσεις, όπως ο εντοπισμός εμποδίων ή η αποφυγή σύγκρουσης, θα εκτελούνται στον κόμβο edge σε πολύ μικρότερο χρόνο. Ενώ, τα στοιχεία που αφορούν το δρόμο, όπως η κυκλοφορία και το μοτίβο οδήγησης θα αναλύονται στο cloud για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και καλύτερης οδηγικής εμπειρίας. Καθώς τα δεδομένα υποβάλλονται σε προεπεξεργασία, φιλτράρισμα και καθαρισμό στον κόμβο edge πριν από τη μεταφόρτωση στο cloud, ο όγκος των μεταδιδόμενων δεδομένων είναι μικρότερος από τα δεδομένα που δημιουργούνται από τους αισθητήρες IoT στα αυτόνομα οχήματα (Khayyam et al., 2020).

3.2.4. Θέματα ασφάλειας στην ενσωμάτωση IoT και Cloud Computing

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, η τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων στηρίζεται, μεταξύ άλλων, στις τεχνολογίες του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) και του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing). Μέσω της ενσωμάτωσης του IoT και του Cloud Computing θα μπορούσε να παρατηρηθεί ότι το Cloud Computing μπορεί να "συμπληρώσει" ορισμένα κενά του IoT, όπως η "περιορισμένη αποθήκευση" και οι "εφαρμογές μέσω διαδικτύου". Επίσης, το IoT μπορεί να "συμπληρώσει" ορισμένα κενά του Cloud Computing, όπως το κύριο ζήτημα του "περιορισμένου πεδίου εφαρμογής" (Stergiou, Psannis, Gupta, et al., 2018).

Ωστόσο, στις περιπτώσεις ενοποίησης των ανωτέρω δύο τεχνολογιών προκύπτουν ποικίλα ζητήματα ασφάλειας των δεδομένων μεγάλου όγκου (Big Data) που διακινούνται μεταξύ των συστημάτων αυτών και σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να αγνοηθεί το γεγονός ότι τα κέντρα δεδομένων είναι υπεύθυνα για όλους, δεδομένου ότι οτιδήποτε τους συμβαίνει θα επηρεάσει όλους μας (Stergiou, Psannis, Plageras, et al., 2018). Όταν κρίσιμες εφαρμογές IoT μετακινούνται προς την τεχνολογία Cloud Computing, δημιουργούνται ανησυχίες λόγω της έλλειψης εμπιστοσύνης στον πάροχο υπηρεσιών ή της γνώσης σχετικά με τις συμφωνίες επιπέδου υπηρεσιών και της γνώσης σχετικά με τη φυσική τοποθεσία των δεδομένων. Η πολυμισθικότητα θα μπορούσε επιπλέον να συμβιβάσει την ασφάλεια και να οδηγήσει σε διαρροή ευαίσθητων πληροφοριών. Επιπλέον, η κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα επίπεδα λόγω των περιορισμών υπολογιστικής ισχύος που

επιβάλλουν τα πράγματα. Ακόμη, μία μεγάλη πρόκληση στην ενσωμάτωση των δύο εν λόγω τεχνολογιών σχετίζεται με την ευρεία ετερογένεια των συσκευών, λειτουργικών συστημάτων, πλατφορμών και υπηρεσιών είναι διαθέσιμες και ενδεχομένως χρησιμοποιούνται για νέες εφαρμογές. Τέλος, δε θα μπορούσε να μη γίνει αναφορά στο ζήτημα της απόδοσης και της αξιοπιστίας κατά τη μεταφορά, αποθήκευση, πρόσβαση και επεξεργασία των δεδομένων μεγάλου όγκου. Αυτές είναι ενδεικτικά κάποιες προκλήσεις που έχουν διερευνηθεί και εξακολουθούν να διερευνώνται με στόχο την αντιμετώπιση της μεγάλης πρόκλησης της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας στην ενσωμάτωση των Cloud Computing και του IoT.

Ως λύση για την αντιμετώπιση του ανωτέρω ζητήματος έχει προταθεί ένα νέο σύστημα για υπολογιστικό νέφος ενσωματωμένο με το Διαδίκτυο των πραγμάτων ως βασικό σενάριο για τα μεγάλα δεδομένα. Συγκεκριμένα, προτείνεται ένα "τείχος" ασφαλείας που εγκαθίσταται μεταξύ του διακομιστή νέφους και του Διαδικτύου με στόχο την εξάλειψη των ζητημάτων ιδιωτικότητας και ασφάλειας. Αυτός ο τύπος δικτύου χρησιμοποιεί όλα τα πλεονεκτήματα των υφιστάμενων τοπολογιών (π.χ. αστέρι, δακτύλιος κ.λπ.) προκειμένου να έχει καλύτερη επικοινωνία και να μεταφέρονται με μεγαλύτερη ασφάλεια δεδομένα μεγάλης κλίμακας (Big Data) μέσω του δικτύου (Stergiou, Psannis, Gupta, et al., 2018).

Είναι γεγονός ότι η τεχνολογία υπολογιστικού νέφους προσφέρει πολλές δυνατότητες, αλλά θέτει επίσης αρκετούς περιορισμούς. Το Cloud Computing αναφέρεται σε μια υποδομή όπου τόσο η αποθήκευση δεδομένων όσο η επεξεργασία δεδομένων γίνονται εκτός της κινητής συσκευής. Ο κύριος στόχος της αλληλεπίδρασης και της συνεργασίας μεταξύ πραγμάτων και αντικειμένων που αποστέλλονται μέσω των ασύρματων δικτύων είναι η εκπλήρωση του στόχου που τους έχει τεθεί ως συνδυασμένη οντότητα. Τέλος, είναι προφανές όπως προκύπτει και από τα ανωτέρω, ότι και οι δύο τεχνολογίες του υπολογιστικού νέφους και του Διαδικτύου των πραγμάτων αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς (Stergiou, Psannis, Kim, et al., 2018).

4. Τεχνολογία Αυτό-οδηγούμενων Οχημάτων

Τα αυτό-οδηγούμενα οχήματα είναι επί της ουσίας ρομποτικά συστήματα και περιέχουν τρία βασικά στάδια λειτουργικότητας: Αντίληψη, Σχεδίαση και Ενέργεια. Η αντίληψη συνιστά την ικανότητα του οχήματος να αντιλαμβάνεται με ακρίβεια το

περιβάλλον γύρω του. Η σχεδίαση, κοινώς αναφερόμενη και ως στρατηγική οδήγησης, είναι εκεί όπου λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με το ποιες στρατηγικές (παραδείγματος χάριν η αλλαγή λωρίδων) και τακτικές (παραδείγματος χάριν η προσπέραση άλλου οχήματος) αποφάσεις πρέπει να ληφθούν ώστε να μεγιστοποιηθούν οι ωφέλειες από τις ενέργειες που θα επιλεγθούν. Η ενέργεια είναι ο απότοκος της απόφασης στους διάφορους ενεργοποιητές εντός του οχήματος για την εκτέλεση των αποφάσεων οδήγησης (Shalev-Shwartz et al., 2017).

Πολλές μέθοδοι σχεδιασμού των αυτό-οδηγούμενων αυτοκινήτων βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, όπως τα ασαφή συστήματα, τα νευρικά δίκτυα, οι εξελικτικοί αλγόριθμοι. Τα συστήματα αυτόνομης οδήγησης είναι αρκετά περίπλοκα και μπορούν να χωριστούν σε υποσυστήματα:

- σύστημα αντίληψης
- ερμηνευτής των κανόνων κυκλοφορίας
- σύστημα λήψης αποφάσεων (ελεγκτής συμπεριφοράς)
- ελεγκτής αυτοκινήτου χαμηλού επιπέδου

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα αυτό-οδηγούμενα οχήματα αποτελεί ένα συνδυασμό υπολογιστών, λογισμικού και αισθητήρων που επικοινωνούν μεταξύ τους, με το αυτοκίνητο και σε ορισμένες περιπτώσεις με το χειριστή του. Ο αξιόπιστος εντοπισμός αποτελεί το βασικό στοιχείο οποιουδήποτε αυτό-οδηγούμενου οχήματος. Για την πλοήγηση και τον έλεγχο των αυτόνομων οχημάτων χρησιμοποιούνται μια σειρά από διαφορετικά συστήματα, καθώς και από διαφορετικούς αισθητήρες. Οι πλέον διαδεδομένοι αισθητήρες συμπεριλαμβάνουν το LiDAR, το GPS, το ραντάρ, τους υπερηχητικούς αισθητήρες και τις αδρανειακές μονάδες μέτρησης (Babak et al., 2017). Η σύγκλιση των τεχνολογιών που βασίζονται σε αισθητήρες και των επικοινωνιών των συνδεδεμένων οχημάτων είναι απαραίτητη για την παροχή πραγματικά αυτόνομων οχημάτων. Τα συστήματα που βασίζονται σε αισθητήρες προσφέρουν ποικίλους βαθμούς υποβοήθησης στον οδηγό. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν έχουν καταφέρει να παράσχουν ολοκληρωμένες και οικονομικά αποδοτικές εμπειρίες αυτό-οδήγησης (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

Τα αυτόνομα οχήματα απαιτούν εκτεταμένα δεδομένα προκειμένου να λειτουργούν αποτελεσματικά. Το λογισμικό των αισθητήρων δημιουργεί δεδομένα που βασίζονται

στο περιβάλλον του αυτοκινήτου και στέλνει τα δεδομένα στον υπολογιστή. Οι αισθητήρες συνήθως περιλαμβάνουν: ένα σύστημα GPS για πλοήγηση, έναν κωδικοποιητή των τροχών για την παρακολούθηση των κινήσεων του αυτοκινήτου, ραντάρ στο μπροστινό και πίσω προφυλακτήρα για την αναγνώριση του οδοστρώματος, μια κάμερα κοντά στον καθρέφτη για την αναγνώριση των χρωμάτων, των διαγραμμίσεων, την αναγνώριση μιας σύγκρουσης, και τις ειδοποιήσεις για πεζούς, καθώς και έναν αισθητήρα LiDAR στην οροφή, που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός 3D χάρτη του περιβάλλοντος του οχήματος. Το LiDAR στην οροφή των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων αποτελεί πλέον ένα κοινό φαινόμενο. Το LiDAR έχει πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια από τις κάμερες, αλλά μικρότερη ανάλυση. Ωστόσο, μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες από τις κάμερες. Έχει επίσης καλύτερη ανάλυση από το Radar και είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα περίγραμμα των αντικειμένων που μπορούν να διακριθούν το ένα από το άλλο (Bloom et al., 2017). Ο υπολογιστής διαθέτει λογισμικό που εφαρμόζει στα δεδομένα που ανακτώνται από το λογισμικό ανίχνευσης αλγόριθμους λήψης αποφάσεων, βασισμένους στη λογική. Με βάση τα δεδομένα του περιβάλλοντος και τους αλγορίθμους, το λογισμικό αυτό παρέχει επεξεργασμένα δεδομένα στο όχημα, τα οποία του δίνουν οδηγίες για την πραγματοποίηση αυτόματων κινήσεων, συμπεριλαμβανομένης της επιτάχυνσης. (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019) .

Μερικά από τα βασικά ζητήματα κινητικότητας των αυτόνομων οχημάτων είναι τα εξής: (1) Απαιτείται λογισμικό ακρίβειας και προστασίας αποτυχίας για να διασφαλιστεί ότι δεν θα προκύψουν προβλήματα, (2) Απαιτείται πληρότητα και ορθότητα του χάρτη μέσω βελτιωμένων χαρακτηριστικών σε χάρτες με ορισμένες πρόσθετες λεπτομέρειες, όπως η αναγνώριση των γύρω αντικειμένων και η δημιουργία ορισμένων εικονικών χαρτών βοηθούν τα αυτόνομα οχήματα να βρουν τον σωστό τρόπο και να κοιτάξουν δυναμικά εμπόδια (πεζούς και οχήματα), (3) Απαιτείται σύντηξη αισθητήρων και εκτίμηση για την ανίχνευση διαφορετικών απρόβλεπτων συνθηκών βαθμονόμησης ώστε να είναι σε θέση να διακρίνουν μεταξύ πολύ επικίνδυνων καταστάσεων από εκείνες που απαιτούνται λιγότερο επικίνδυνες (Khayyam et al., 2020).

Οι αισθητήρες, η περιοχή ευαισθητοποίησης, η αρχιτεκτονική και το λογισμικό των αυτόνομων οχημάτων γίνονται αρκετά περίπλοκα λόγω της δυσκολίας των εργασιών. Μεταξύ των παραπάνω ζητημάτων, επί του παρόντος οι αισθητήρες δεν μπορούν να επεξεργαστούν γρήγορα για να διακρίνουν επικίνδυνες καταστάσεις. Απαιτείται μια ποικιλία αισθητήρων και συσκευών για να διατηρείται το όχημα σε τροχιά και να αποφεύγονται εμπόδια. Οι τεράστιες πληροφορίες δημιουργούν στη συνέχεια την επίγνωση της κατάστασης του οχήματος και του περιβάλλοντός του και λαμβάνουν τις κατάλληλες αποφάσεις κατά την οδήγηση. Ο συνδυασμός αισθητήρων με διαφορετική επίγνωση της κατάστασης, αστοχίες και απόκριση σε πραγματικό χρόνο δείχνει την πολυπλοκότητα των αυτόνομων οχημάτων που πρέπει να έχουν ένα ολοκληρωμένο λογισμικό. Μια προσέγγιση για τη μείωση της πολυπλοκότητας των αυτόνομων οχημάτων είναι η λογική ανάπτυξη ενεργειών. Πρόσθετη προσέγγιση είναι η ελαχιστοποίηση του όγκου των πληροφοριών κατάστασης και της διάρκειας διατήρησης των πληροφοριών. Τα περιορισμένα δεδομένα εισόδου στο σύστημα του αυτόνομου οχήματος καθιστούν τη συμπεριφορά του πιο καθοριστική. Ωστόσο, η κύρια δυσκολία στα μειωμένα δεδομένα είναι ότι το όχημα έχει περιορισμένη ικανότητα πλοήγησης και ελιγμών. Επομένως, υπάρχουν πολλές προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη και μπορούν να επιλυθούν μέσω ενός σχεδιασμού αρχιτεκτονικής και λογισμικού συστήματος αυτόνομων οχημάτων (Khayyam et al., 2020).

Είναι γεγονός ότι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) τείνουν να ενσωματωθούν σε ολόκληρο το δίκτυο IoT, και εν προκειμένω στα αυτοοδηγούμενα οχήματα. Τα WSN είναι δίκτυα ad hoc τα οποία αποτελούνται από πολλούς μικρούς κόμβους αισθητήρων με περιορισμένους υπολογιστικούς πόρους και έναν ή περισσότερους σταθμούς βάσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι κόμβοι αισθητήρων διαθέτουν μια μονάδα επεξεργασίας με περιορισμένη υπολογιστική ικανότητα. Οι μετρήσεις των αισθητήρων θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός είναι μερικοί από τους παράγοντες που επιτρέπουν την ανάλυση των περιβαλλοντικών φαινομένων, όπως το κλίμα, τις αλλαγές και τα αποτελέσματά τους. Υπάρχουν πολλά οφέλη από την ενσωμάτωση του WSN στο IoT. Ωστόσο, αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα φέρει αρκετές προκλήσεις ασφαλείας, όπως ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να θεωρηθεί ασφαλές.

Αρκετά συστήματα και αλγόριθμοι έχουν προταθεί προκειμένου να βελτιωθεί το επίπεδο ασφάλειας του IoT και των υποδομών WSN ξεχωριστά. Μεταξύ αυτών, έχει προταθεί στα πλαίσια μίας έξυπνης πόλης ένα σύστημα υψηλής απόδοσης κωδικοποίησης βίντεο (HEVC), μιας νέας μορφής συμπίεσης βίντεο, το οποίο θα συλλαμβάνεται από αισθητήρες (π.χ. μια μικροκάμερα) που περιβάλλουν τον κόσμο και αποστέλλονται στο έξυπνο σύστημα επιτήρησης του χρήστη, όπως ένα tablet, ένα smartphone κ.λπ. στη θέση του, προκειμένου να παρέχει τις κατάλληλες πληροφορίες σχετικά με ένα γεγονός (Memos et al., 2018). Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από το HEVC θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως Big Data λόγω του μεγάλου όγκου τους (Stergiou & Psannis, 2017a). Στόχος της διερεύνησης του ανωτέρω συστήματος είναι να συμβάλει στην αποδοτική βιντεοσκόπηση σε πραγματικό χρόνο μετάδοση από τους κόμβους αισθητήρων, με την επιθυμητή συγκέντρωση πληροφοριών από το περιβάλλον, στους πολίτες που χρησιμοποιούν έξυπνα συστήματα και τις συσκευές τους (ταμπλέτες, smartphone κ.λπ.), με την εφαρμογή βελτιωμένων αλγορίθμων κρυπτογράφησης, ώστε να διασφαλίζεται η εμπιστευτικότητα και η ασφάλεια των δεδομένων. Επιπλέον, ο προτεινόμενος αλγόριθμος συμβάλλει στη μείωση της κατανάλωσης μνήμης στους κόμβους αισθητήρων και στη μείωση της απώλειας δεδομένων. Ως εκ τούτου, βελτιώνει εν γένει την τρέχουσα σύγχρονη αρχιτεκτονική (Memos et al., 2018). Το εν λόγω σύστημα θα μπορούσε να υιοθετηθεί και στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων.

Από άποψη ταξινόμησης, η βασική τεχνολογία του αυτόνομου αυτοκινήτου διακρίνεται σε τέσσερα μέρη ανάλογα με τη λειτουργία ενός αυτόνομου αυτοκινήτου: την αντίληψη του περιβάλλοντος, την πλοήγηση του οχήματος, τον σχεδιασμό της διαδρομής και τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Κάθε μέρος είναι ανεξάρτητο χωρίς να επικαλύπτει την κάλυψη. Αυτή η ταξινόμηση είναι εμπνευσμένη από τα βήματα λειτουργίας του ανθρώπου που οδηγεί οχήματα και είναι εύκολο να το κατανοήσουν οι ερευνητές.

4.1. Σύστημα πλοήγησης αυτοκινήτου

Κατά την αυτό-οδήγηση, δύο ζητήματα, τα οποία είναι η τρέχουσα θέση του αυτοκινήτου και ο τρόπος μετάβασης από την τοποθεσία στον προορισμό, πρέπει να επιλυθούν. Σίγουρα, τα δύο παραπάνω ζητήματα μπορούν να λυθούν από τις γνώσεις του ίδιου του ανθρώπου στην ανθρώπινη οδήγηση. Ωστόσο, στην αυτόνομη οδήγηση, το αυτοκίνητο πρέπει να μπορεί να εντοπίζει αυτόματα και έξυπνα τη θέση του και να

εκτελεί το σχεδιασμό της διαδρομής προς τον προορισμό. Για το σκοπό αυτό, το ενσωματωμένο σύστημα πλοήγησης αυτοκινήτου έχει αναπτυχθεί στο αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο.

Στο σύστημα πλοήγησης αυτοκινήτου, το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών και το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) είναι εξοπλισμένα για να λαμβάνουν τις πληροφορίες θέσης όπως γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος από τον δορυφόρο. Αυτές οι πληροφορίες, μαζί με τις πληροφορίες του δρόμου που παράγονται από το σύστημα τοποθεσίας και τη βάση δεδομένων ψηφιακού χάρτη, χρησιμεύουν ως τα δεδομένα πηγής που εισάγονται στο μοντέλο αντιστοίχισης χαρτών, όπου οι έξυπνοι αλγόριθμοι σχεδιασμού διαδρομής (π.χ. αλγόριθμος Dijkstra, αλγόριθμος Bellman-Ford) χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του σχεδιασμού διαδρομής. Μετά τον υπολογισμό, το αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο μπορεί να εντοπιστεί. Με τις πληροφορίες της θέσης του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου και του προορισμού, η διαδρομή οδήγησης μπορεί επίσης να προγραμματιστεί και να υπολογιστεί από το μοντέλο σχεδιασμού διαδρομής (Zhao et al., 2018).

4.2. Σύστημα εντοπισμού θέσης

Ο κύριος σκοπός του συστήματος εντοπισμού είναι να προσδιορίσει τη θέση του οχήματος, η οποία γενικά μπορεί να ταξινομηθεί σε σχετική τοποθεσία, απόλυτη τοποθεσία και υβριδική τοποθεσία. Για σχετική τοποθεσία, η τρέχουσα θέση του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου λαμβάνεται προσθέτοντας την απόσταση και την κατεύθυνση κίνησης στην προηγούμενη θέση. Παραδείγματος χάριν, αδρανειακό σύστημα πλοήγησης (INS) (Farrell et al., 1999) είναι ένα κοινό σύστημα σχετικής τοποθεσίας. Στο INS, η γωνιακή ταχύτητα του οχήματος και η επιταχυνόμενη ταχύτητα λαμβάνονται από τον αισθητήρα γυροσκόπιου και το επιταχυνσιόμετρο που είναι εγκατεστημένα στο αυτοκίνητο. Ενσωματώνοντας αυτά τα δεδομένα, μπορούν να υπολογιστούν η σχετική γωνία πορείας και η ταχύτητα του αυτοκινήτου. Αντίστοιχα, η κατεύθυνση του οχήματος και η χιλιομετρική του απόσταση μπορούν να ληφθούν ενσωματώνοντας τη γωνία πορείας και την ταχύτητα για άλλη μια φορά. Σε συνδυασμό με την προηγούμενη θέση του οχήματος, μπορεί να υπολογιστεί η τρέχουσα θέση του οχήματος. Ωστόσο, λόγω της δόνησης του

οχήματος κατά τη μετακίνηση, είναι αναπόφευκτο να οδηγήσει σε απόκλιση μεταξύ της υπολογιζόμενης θέσης και της πραγματικής θέσης (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

Η μέθοδος απόλυτης θέσης χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της θέσης του οχήματος σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνονται από το σύστημα εντοπισμού θέσης. Ένα κοινό σύστημα εντοπισμού θέσης είναι το σύστημα που βασίζεται σε δορυφόρους, όπως GPS, GLONASS, Galileo, Beidou και ούτω καθεξής. Ωστόσο, το δορυφορικό σήμα είναι επιρρεπές σε παρεμβολές από τις καιρικές συνθήκες και εξωτερικούς παράγοντες στο περιβάλλον, όπως το κτίριο και το βουνό, που θα προκαλέσει σφάλμα και θόρυβο στο σήμα τοποθεσίας, και επομένως η μετρούμενη απόλυτη θέση δεν είναι ακριβής.

Η υβριδική τοποθεσία, η οποία συνδυάζει τα χαρακτηριστικά των δύο παραπάνω μεθόδων εντοπισμού, είναι η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για την απόκτηση της θέσης ενός αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου.

Το GPS/INS μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για πλοήγηση, αλλά και για εφαρμογές τοποθεσίας, όπως στροφή (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

4.2.1. Ηλεκτρονικός χάρτης

Ο ηλεκτρονικός χάρτης χρησιμοποιείται για αποθήκευση πληροφοριών ψηφιακού χάρτη, ο οποίος περιλαμβάνει κυρίως γεωγραφικά χαρακτηριστικά, πληροφορίες κυκλοφορίας, πληροφορίες κτιρίου, σήματα κυκλοφορίας, οδικές εγκαταστάσεις κ.λπ. Σήμερα, τα περισσότερα από τα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σε ένα αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο είναι οι ηλεκτρονικοί χάρτες που έχουν σχεδιαστεί για ανθρώπους. Αναμένεται ότι στο μέλλον θα αναπτυχθούν ειδικοί ηλεκτρονικοί χάρτες για αυτόνομη οδήγηση, όπως η αυτόματη αναγνώριση οδικών πινακίδων, οι πληροφορίες οδήγησης αυτοκινήτου που αλληλεπιδρούν μεταξύ των αυτό-οδηγούμενων αυτοκινήτων.

Τώρα, έχει ήδη εμφανιστεί ο ηλεκτρονικός χάρτης για αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο με το όνομα HD χάρτης. Σε σύγκριση με τον παραδοσιακό χάρτη, αφενός, η ακρίβεια των απόλυτων συντεταγμένων ενός χάρτη HD είναι μεγαλύτερη, αφετέρου, τα στοιχεία πληροφοριών οδικής κυκλοφορίας είναι πλουσιότερα και πιο

λεπτομερή. Συγκεκριμένα, ο χάρτης HD χωρίζεται σε τρία επίπεδα: το ενεργό επίπεδο, το δυναμικό επίπεδο και το αναλυτικό επίπεδο:

1. Το ενεργό στρώμα, σε σύγκριση με τον παραδοσιακό χάρτη, προσθέτει δεδομένα σε επίπεδο δρόμου HD (σχήμα δρόμου, κλίση, καμπυλότητα, τοποθέτηση, κατεύθυνση κ.λπ.), τα δεδομένα του χαρακτηριστικού λωρίδας (τύπος λωρίδας, πλάτος λωρίδας κ.λπ.) και τα υπερυψωμένα αντικείμενα, προστατευτικό κιγκλίδωμα, δέντρα, τύποι άκρων δρόμων, ορόσημα στην άκρη του δρόμου και άλλα μεγάλα δεδομένα στόχων.
2. Το δυναμικό επίπεδο θα ενημερώνει δεδομένα κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο από άλλους αισθητήρες οχημάτων και αισθητήρες δρόμου. Η ενημέρωση και η συμπλήρωση είναι σε πραγματικό χρόνο. Αυτή είναι η δεύτερη φάση του χάρτη HD, δηλαδή, ολοκλήρωση δικτύου-συνεργατική αντίληψη.
3. Το επίπεδο ανάλυσης βοηθά στην εκπαίδευση του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου αναλύοντας τα μεγάλα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο των αρχείων ανθρώπινης οδήγησης. Επομένως, ο χάρτης HD εισέρχεται στην τρίτη φάση της λήψης αποφάσεων και του ελέγχου που συντονίζονται από την ενοποίηση του δικτύου.

Στο μέλλον, με την ενσωμάτωση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας δεδομένων του διαδικτύου του αυτοκινήτου, φέρνοντας 5G, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση της όρασης του υπολογιστή, την τεχνολογία 3D μοντελοποίησης, την ανάπτυξη τεχνολογίας υπολογιστικού νέφους που βασίζεται στην αντίληψη του περιβάλλοντος βαθιάς μάθησης και την ενημέρωση κλειστού βρόχου σε πραγματικό χρόνο, ο χάρτης HD θα έχει σταδιακά εξαιρετικά αυτοματοποιημένο επίπεδο οδήγησης. Αναμένεται ότι ο χάρτης HD θα ωριμάσει σταδιακά με την εγκατάσταση προτύπων 5G και με την έκρηξη τεχνητής νοημοσύνης να εισέρχεται στο ώριμο στάδιο και να γίνει μία από τις βασικές τεχνολογίες για την υποστήριξη του ευφυούς δικτύου οδήγησης (Zhao et al., 2018).

4.2.2. Αντιστοίχιση χάρτη

Η αντιστοίχιση χάρτη, η οποία είναι η βάση του σχεδιασμού διαδρομής, υπολογίζει τη θέση του αυτοκινήτου χρησιμοποιώντας τις γεωγραφικές πληροφορίες από το GPS/INS και τις πληροφορίες χάρτη από τον ηλεκτρονικό χάρτη. Κατά τη διάρκεια του υπολογισμού, χρησιμοποιείται η προηγμένη τεχνική σύντηξης για τη σύντηξη του

γεωγραφικού μήκους και της στάσης ή άλλες πληροφορίες συντεταγμένων στον ηλεκτρονικό χάρτη. Από πρακτική άποψη, η λήψη της θέσης του αυτοκινήτου πρέπει να είναι ακριβής και χρονικά αποδοτική. Για αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να βρεθεί μια καλή μέθοδος για τη συγχώνευση των πληροφοριών από το GPS και το INS. Στην πραγματικότητα, μερικές φορές το δορυφορικό σήμα στο GPS ή στο INS θα μπορούσε να χαθεί, επομένως, μια καλή μέθοδος σύντηξης δεδομένων που μπορεί να ενσωματώσει τις πληροφορίες από την υπάρχουσα τοποθεσία και το σενάριο διαδρομής θα βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια, την ευρωστία και την αξιοπιστία. Ερευνώνται και θα συνεχίσουν να υπάρχουν όλο και περισσότερο ευρετικοί αλγόριθμοι για τη σωστή αντιστοίχιση των χαρτών (Zhao et al., 2018).

4.2.3. Παγκόσμιος Σχεδιασμός Διαδρομών

Ο Παγκόσμιος Σχεδιασμός Διαδρομών χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βέλτιστης διαδρομής οδήγησης μεταξύ του σημείου έναρξης και του σημείου τερματισμού. Γενικά, οι τυπικοί αλγόριθμοι σχεδιασμού διαδρομής, όπως ο αλγόριθμος Dijkstra, ο αλγόριθμος Bellman-Ford, ο αλγόριθμος Floyd χρησιμοποιούνται για τη σύντηξη των πληροφοριών των ηλεκτρονικών χαρτών και τον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής. Λόγω της παγκόσμιας πορείας, ο σχεδιασμός βρίσκεται σε ώριμο στάδιο και έχει ήδη εφαρμοστεί εμπορικά σε μεγάλη κλίμακα (Zhao et al., 2018).

4.3. Αντίληψη του περιβάλλοντος

Η αντίληψη του περιβάλλοντος αποτελεί κύριο στάδιο λειτουργικότητας ενός αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου. Για να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την απόφαση ελέγχου ενός αυτοκινήτου, το αυτοκίνητο πρέπει να αντιλαμβάνεται ανεξάρτητα το περιβάλλον. Οι κύριες μέθοδοι αντίληψης του περιβάλλοντος περιλαμβάνουν την πλοήγηση με λέιζερ, την οπτική πλοήγηση και την πλοήγηση με ραντάρ. Κατά την αντίληψη του περιβάλλοντος, πολλαπλοί αισθητήρες (δηλαδή αισθητήρας λέιζερ, αισθητήρας ραντάρ) αναπτύσσονται για να ανιχνεύσουν τις περιεκτικές πληροφορίες από το περιβάλλον, οι οποίοι στη συνέχεια συγχωνεύονται για να αντιληφθούν το περιβάλλον. Μεταξύ των αισθητήρων, ο αισθητήρας λέιζερ χρησιμοποιείται για τη γεφύρωση μεταξύ του πραγματικού κόσμου και του κόσμου δεδομένων, ο αισθητήρας ραντάρ χρησιμοποιείται για την αντίληψη απόστασης και ο οπτικός αισθητήρας για την αναγνώριση σημάτων κυκλοφορίας. Το αυτό-

οδηγούμενο αυτοκίνητο συγχωνεύει δεδομένα από αισθητήρες λέιζερ, αισθητήρες ραντάρ και οπτικούς αισθητήρες και δημιουργεί την αντίληψη του περιβάλλοντος, όπως πέτρα στην άκρη του δρόμου, εμπόδια, οδική σήμανση και ούτω καθεξής (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

4.3.1. Αντίληψη λέιζερ

Το σύστημα αντίληψης λέιζερ είναι ένα είδος συστήματος ραντάρ. Στην αντίληψη λέιζερ, ένας συνεχής παλμός λέιζερ ή λέιζερ εκτοξεύεται στον στόχο και ένα ανακλώμενο σήμα λαμβάνεται στον πομπό. Μετρώντας τον χρόνο ανάκλασης, την ισχύ του σήματος ανάκλασης και τη μετατόπιση της συχνότητας λειτουργίας, μπορούν να δημιουργηθούν τα δεδομένα νέφους του σημείου στόχου και στη συνέχεια οι πληροφορίες του αντικειμένου δοκιμής, όπως η θέση (απόσταση και γωνία), το σχήμα (μέγεθος) και η κατάσταση (ταχύτητα) και στάση) μπορούν να υπολογιστούν (Zhao et al., 2018).

Ο αισθητήρας λέιζερ είναι ο κύριος αισθητήρας στην αντίληψη του περιβάλλοντος. Σύμφωνα με τη διάσταση των ανιχνευόμενων πληροφοριών, ο αισθητήρας λέιζερ μπορεί να ταξινομηθεί σε ραντάρ λέιζερ μίας γραμμής, ραντάρ λέιζερ πολλαπλών γραμμών και τρισδιάστατο ασύρματο ραντάρ με λέιζερ. Αυτά τα λέιζερ συνήθως λειτουργούν σε περίπλοκο εξωτερικό περιβάλλον. Τα διαφορετικά είδη ραντάρ λέιζερ έχουν διαφορετικά ελαττώματα. Για παράδειγμα, η ψευδής ανίχνευση συμβαίνει συνήθως σε ένα ραντάρ λέιζερ μίας γραμμής λόγω λιγότερων πληροφοριών που ανιχνεύονται από το ραντάρ μίας γραμμής. Λόγω της ασύμμετρης πληροφόρησης στα ραντάρ λέιζερ πολλαπλών γραμμών, η ακρίβεια των παραγόμενων αποτελεσμάτων είναι περιορισμένη και ανεπαρκής και το εύρος της όρασης είναι μικρότερο λόγω της μικρότερης περιοχής διατομής μεταξύ των γραμμών των διαφορετικών τμημάτων.

Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγονται σε ένα τρισδιάστατο ασύρματο ραντάρ με λέιζερ, είναι δύσκολο για τον αλγόριθμο να παράγει τα αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο. Ως εκ τούτου, στο περίπλοκο εξωτερικό περιβάλλον, ειδικά στην κίνηση των αυτοκινήτων και των ανθρώπων, είναι δύσκολο να διαμορφωθούν εύλογα διαφορετικά είδη αισθητήρων για να επιτευχθεί η θέση ενός κινούμενου εμποδίου.

Για να επιταχυνθεί η διαδικασία εισαγωγής του αυτοοδηγούμενου αυτοκινήτου στην αγορά, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλά άλλα ζητήματα, όπως η ακρίβεια και το

κόστος. Δεδομένου ότι ο αισθητήρας λέιζερ είναι ο κύριος αισθητήρας του αυτοοδηγούμενου αυτοκινήτου στην αντίληψη του περιβάλλοντος, η ακρίβεια και η αξιοπιστία του ραντάρ λέιζερ είναι σημαντική και αντιπροσωπεύει τον βαθμό ωριμότητας ενός αυτοοδηγούμενου αυτοκινήτου. Επιπλέον, το κόστος είναι επίσης σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη των αισθητήρων λέιζερ. Για παράδειγμα, το 3D υπεριώδες ραντάρ λέιζερ HDL-64E που παρέχεται από την εταιρεία Velodyne που είναι εγκατεστημένο στο αυτοοδηγούμενο αυτοκίνητο της Google μπορεί να επιτύχει υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία, ωστόσο, κοστίζει έως και 80.000 \$. Επομένως, η μείωση του κόστους ενός αισθητήρα λέιζερ σε ένα αυτο-οδηγούμενο αυτοκίνητο είναι ένα σημαντικό ζήτημα (Zhao et al., 2018).

4.3.2. LiDAR

Το LiDAR έκανε την εμφάνισή του μετά την ανάπτυξη του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου της Google. Εκτός από την αυτόνομη οδήγηση, το LiDAR χρησιμοποιείται για τη δημιουργία χαρτών υψηλής ανάλυσης 3D από εταιρείες χαρτογράφησης όπως το HERE που εξαγόρασε η Audi, η BMW και η Daimler από τη Nokia το Δεκέμβριο του 2015. Αυτοί οι χάρτες είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αυτόνομη οδήγηση (WCP, 2016).

Το Lidar (Light Detection and Ranging) σημαίνει ανίχνευση και απόδοση φωτός. Προορισμός του είναι να προσδιορίσει την απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και ενός κοντινού αντικειμένου (Kocic et al., 2018).

Το LIDAR μεταδίδει μια δέσμη παλμού φωτός από έναν περιστρεφόμενο καθρέφτη, μέρος του οποίου ανακλάται πίσω στον αισθητήρα για να ανιχνεύσει οποιοδήποτε αντικείμενο ή επιφάνεια που δεν απορροφά. Το LIDAR σαρώνει το οπτικό πεδίο σε τρεις διαστάσεις (3D) με πεπερασμένη χωρική ανάλυση και συχνότητα. Χρησιμοποιώντας την υπολογισμένη απόσταση, ο αισθητήρας κατασκευάζει έναν τρισδιάστατο χάρτη του κόσμου συμπεριλαμβανομένων των αντικειμένων γύρω του. Το LIDAR χρησιμοποιεί υπέρυθρες, ορατά ή υπεριώδη κύματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος για διαφορετικές εφαρμογές και διατίθεται σε διάφορες μορφές 1D, 2D και 3D. Είναι οι δεύτεροι πιο αξιόλογοι αισθητήρες, μετά την όραση, για τον εντοπισμό αντικειμένων όπως ένα όχημα, ένας πεζός και εμπόδια, όπως φαίνεται σε μια τυπική εφαρμογή αυτό-οδηγούμενων αυτοκινήτων.

Ένα από τα μειονεκτήματά τους είναι ότι η απόδοσή τους δεν είναι υψηλή σε βροχή, χιόνι, σκόνη και ομιχλώδη περιβάλλοντα. Ένας κορυφαίος αισθητήρας LIDAR μπορεί να μετρήσει πολλαπλές αποστάσεις ανά παλμό λέιζερ που είναι χρήσιμο να βλέπει κανείς μέσα από τη σκόνη, τη βροχή και κυρίως διαφανείς επιφάνειες όπως γυάλινα παράθυρα και πορώδη αντικείμενα όπως συρμάτινα φράχτες. Επίσης, το τρέχον κόστος του αισθητήρα LIDAR είναι σχετικά υψηλό και υπάρχουν ορισμένα ζητήματα σχετικά με τη μακροπρόθεσμη αξιοπιστία του μηχανισμού μηχανικής σάρωσης. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό σε ερευνητικές εφαρμογές, αλλά δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε συστήματα ασφαλείας αυτοκινήτων μέχρι πρόσφατα (Babak et al., 2017).

4.3.3. Συστήματα οπτικής αντίληψης

Το σύστημα οπτικής αντίληψης αποτελείται από μια κάμερα και μια μονάδα επεξεργασίας εικόνας. Μια τυπική κάμερα είναι ο συνδυασμός φακού εστίασης και σειράς φωτοανιχνευτών για κάθε pixel στο οπτικό πεδίο. Η συστοιχία φωτοανιχνευτών στέλνει πληροφορίες pixel στη μονάδα επεξεργασίας εικόνας. Αυτή η μονάδα επεξεργάζεται τις πληροφορίες που βασίζονται σε ορισμένους αλγόριθμους για τον εντοπισμό επιθυμητών αντικειμένων. Οι αισθητήρες όρασης αποτυπώνουν περισσότερες οπτικές πληροφορίες, με αποτέλεσμα να παρακολουθεί το περιβάλλον πιο αποτελεσματικά από άλλους αισθητήρες. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, σε μονοφωνικούς και στερεοφωνικούς τύπους. Συστήματα μονοφωνικής κάμερας χρησιμοποιούνται συχνά για σήμανση αλλαγής λωρίδας, εντοπισμού των ορίων της λωρίδας, ανίχνευση βασικών αντικειμένων, ανίχνευση οδικών πινακίδων. Τα συστήματα πολλαπλής ή στερεοφωνικής κάμερας παρέχουν βάθος για την ανίχνευση αντικειμένων. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι το χαμηλό κόστος τους, ενώ το βασικό τους μειονέκτημα είναι η δυσκολία χειρισμού μιας σειράς περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως είναι ο φωτισμός, η σκίαση, η αντανάκλαση, ο καιρός, η σκόνη, ο καπνός. Επίσης, η επεξεργασία δεδομένων από αυτούς τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο απαιτεί μεγάλο αριθμό υπολογιστικών πόρων. Παρά τους προαναφερθέντες περιορισμούς, οι ανωτέρω αισθητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως σε αυτόνομα οχήματα (Babak et al., 2017).

Τα συστήματα που βασίζονται σε κάμερα είναι τα πιο εύχρηστα για την αντίληψη, καθώς είναι παρόμοια με την ανθρώπινη όραση. Δεδομένου ότι το τρέχον περιβάλλον οδήγησης έχει σχεδιαστεί για την ανθρώπινη όραση, χωρίς να

λαμβάνεται υπόψη ο αυτοματισμός, εικάζεται ότι τα συστήματα που βασίζονται σε κάμερα θα αποτελούν πάντα σημαντικό μέρος των συστημάτων υποστήριξης της ανθρώπινης οδήγησης ή της αυτόνομης οδήγησης.

Τα συστήματα κάμερας με αισθητήρες εικόνας καταγράφουν δεδομένα υψηλής ανάλυσης με μικρές λεπτομέρειες και χωροταξικές πληροφορίες σε αντίθεση με τα συστήματα LiDAR ή Radar. Είναι μια πολύ εξελιγμένη τεχνολογία και είναι σχετικά οικονομική σε σύγκριση με τα συστήματα LiDAR ή Radar. Τα δεδομένα από τις κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εξελιγμένη ανάλυση όρασης από έναν υπολογιστή για τον εντοπισμό αντικειμένων μέσα σε ένα οπτικό πεδίο.

Οι κάμερες των αυτοκινήτων έχουν πολύ διαφορετικές απαιτήσεις από τις κάμερες των έξυπνων τηλεφώνων, καθώς τα αυτοκίνητα έχουν πολύ πιο μεγάλη διάρκεια ζωής από τον μέσο όρο του τηλεφώνου. Επίσης, τα αυτοκίνητα πρέπει να μπορούν να λειτουργούν αξιόπιστα σε ακραίες καιρικές συνθήκες και να υποφέρουν πολύ μεγαλύτερα χτυπήματα από τα smartphone. Οι κάμερες smartphone έχουν σχεδιαστεί για βέλτιστη λήψη φωτογραφιών, ενώ οι κάμερες αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένες για βέλτιστη λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Οι κύριες εφαρμογές για συστήματα που βασίζονται σε κάμερα είναι οι εξής:

- Προειδοποίηση πρόσκρουσης σε προπορευόμενο όχημα. Παρέχει προειδοποίηση με βάση την απόσταση από το μπροστινό όχημα ή οποιοδήποτε άλλο εμπόδιο. Τα προηγμένα συστήματα ελέγχουν επίσης την ταχύτητα και αποφεύγουν τη σύγκρουση προς τα εμπρός

- Ανίχνευση πεζών. Παρέχει δυνατότητα αναγνώρισης πεζών και παροχή οπτικής προειδοποίησης για την παρουσία τους έμπροσθεν των οχημάτων

- Ανίχνευση σημάτων κυκλοφορίας. Περιλαμβάνει φανάρια καθώς και σήματα κυκλοφορίας στο δρόμο που παρέχουν προειδοποιήσεις σχετικά με τα όρια ταχύτητας, τις συνθήκες για τυχόν στάση ή εκκίνηση.

- Προειδοποίηση εξόδου από τη λωρίδα κυκλοφορίας. Το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει τις λωρίδες στους δρόμους και να προειδοποιήσει εάν το όχημα κινείται έξω από τη προβλεπόμενη λωρίδα.

- Παρακολούθηση πορείας. Παρακολουθεί το προπορευόμενο όχημα και παρέχει ακριβή δεδομένα για την απόσταση με προειδοποιήσεις σε περίπτωση κινδύνου σύγκρουσης με βάση τις σχετικές ταχύτητες του οχήματος και του προπορευόμενου οχήματος

- Έξυπνος έλεγχος προβολέων. Η δέσμη των προβολέων ρυθμίζεται ανάλογα με τη στροφή και χαμηλώνει σε περίπτωση που πλησιάζουν οχήματα από την αντίθετη κατεύθυνση

-Ανίχνευση τυφλών σημείων. Είναι κάμερες τοποθετημένες κοντά στους πλευρικούς καθρέπτες που παρέχουν εκτεταμένη θέα και στις δύο πλευρές τόσο για την υποβοήθηση κατά την κίνηση με την παρακολούθηση οχημάτων σε παρακείμενες λωρίδες όσο και για την υποβοήθηση κατά τη στάθμευση (WCP, 2016).

4.4. Έλεγχος οχήματος

Το ενσωματωμένο λογισμικό για τον έλεγχο του οχήματος είναι κωδικοί γραμμένοι κυρίως για τον έλεγχο ταχύτητας και κατεύθυνσης οχήματος. Για τον έλεγχο ταχύτητας τέσσερις τύποι πληροφοριών είναι απαραίτητοι: η ταχύτητα και η επιτάχυνση του οχήματος, η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος και η επιτάχυνση του τελευταίου. Η ταχύτητα και η επιτάχυνση του αυτόνομου οχήματος μπορεί να μετρηθεί με αισθητήρες ταχύτητας και επιταχυνσιόμετρα. Η απόσταση με το προπορευόμενο όχημα μπορεί να μετρηθεί με αισθητήρες εμβέλειας όπως LIDAR, όραση, ραντάρ και υπερήχους. Για τη μέτρηση της ταχύτητας και επιτάχυνσης του προηγούμενου οχήματος υπάρχουν δύο τρόποι. Ένας τρόπος είναι να προκύψει από το αυτόνομο όχημα και τη μέτρηση από τους αισθητήρες εμβέλειας. Ένας άλλος τρόπος είναι μεταδίδοντας αυτές τις πληροφορίες μεταξύ των οχημάτων. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επικοινωνία δεν μπορεί να είναι απολύτως αξιόπιστη. Όσον αφορά στον έλεγχο κατεύθυνσης του οχήματος, το στρατηγικό επίπεδο αξιολογεί το περιβάλλον για τον ελιγμό αλλαγής λωρίδας, όπως για παράδειγμα την παρουσία οχημάτων μέσα στην ίδια λωρίδα και στην παρακείμενη (Babak et al., 2017).

Οι λειτουργίες του ελέγχου του οχήματος είναι η αντίληψη της κατάστασης του οχήματος και η ανάπτυξη μεθόδων ελέγχου του οχήματος. Για να επιτευχθεί ο υπολογισμός της ταχύτητας και της κατεύθυνσης του οχήματος, οι πληροφορίες, στις

οποίες συμπεριλαμβάνονται η αντίληψη του περιβάλλοντος, η κατάσταση του οχήματος, ο στόχος οδήγησης, οι κανονισμοί κυκλοφορίας και η γνώση της οδήγησης εισέρχονται ως δεδομένα στη μονάδα αντίληψης και, στη συνέχεια, ο αλγόριθμος ελέγχου οχήματος εκτελεί τον υπολογισμό του στόχου ελέγχου, ο οποίος στη συνέχεια μεταφέρεται στο σύστημα ελέγχου του οχήματος. Τέλος, το σύστημα ελέγχου του οχήματος εκτελεί αυτές τις οδηγίες προκειμένου να ελέγχει την κατεύθυνση, την ταχύτητα, το φως, τα κορναρίσματα και πολλά ακόμη.

Το σύστημα ελέγχου είναι το βασικό συστατικό του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου και ελέγχει τα διάφορα συστήματα του οχήματος, μεταξύ των οποίων είναι το σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης αυτοκινήτου, το σύστημα αντιολίσθησης, το βοηθητικό σύστημα πέδησης, το σύστημα αποφυγής συγκρούσεων, τα ραντάρ, το ηλεκτρονικά ελεγχόμενο αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων, το σύστημα ελέγχου πορείας και το ηλεκτρικό σύστημα υδραυλικού τιμονιού. Η πλατφόρμα ελέγχου περιλαμβάνει κυρίως δύο μέρη, δηλαδή, ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου (ECU) και δίαυλο επικοινωνίας. Η ECU υλοποιεί κυρίως τον αλγόριθμο ελέγχου, ενώ ο δίαυλος επικοινωνίας πραγματοποιεί τη λειτουργία επικοινωνίας μεταξύ της ECU και των μηχανικών εξαρτημάτων του αυτοκινήτου (Zhao et al., 2018).

5. Οι τελευταίες εξελίξεις (μοντέλα) στα αυτό-οδηγούμενα οχήματα

Στην παρούσα ενότητα εξετάζονται τα μοντέλα αυτό-οδηγούμενων οχημάτων κατά την τελευταία δεκαετία, κατηγοριοποιημένα ανά εταιρεία παραγωγής. Εκτός από τα μοντέλα, περιγράφονται τα υφιστάμενα συστήματα των εταιρειών που προσφέρουν χαρακτηριστικά που προσιδιάζουν στην αυτό-οδήγηση, καθώς και τα μοντέλα που επίκειται να κυκλοφορήσουν στο προσεχές μέλλον.

5.1. BMW

Στον όμιλο BMW, δημιουργήθηκαν τον Απρίλιο του 2018 ειδικές εγκαταστάσεις για την ανάπτυξη των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων του, στην περιοχή Unterschleißheim κοντά στο Μόναχο. Στις εγκαταστάσεις αυτές, όπου έχουν συγκεντρωθεί επιστήμονες από κάθε τομέα, πραγματοποιούνται δοκιμές και προσομοιώσεις, ενώ λαμβάνει χώρα και ο σχετικός προγραμματισμός. Επίσης, συνεργάζεται με πολλές εταιρείες υψηλής τεχνολογίας, όπως επίσης και με την ανταγωνίστρια Daimler για περιορισμό του

τεράστιου κόστους (Πιτσίνης Π, 2019). Σύμφωνα με τους ιθύνοντες της εταιρείας, τα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα θα πρέπει να καλύψουν περίπου 240 εκατομμύρια εικονικά χιλιόμετρα στο δρόμο, προκειμένου να είναι έτοιμα για μαζική παραγωγή (BMW.Com / The International BMW Website, n.d.).

Το υφιστάμενο σύστημα Traffic Jam Assistant (Λειτουργία Υποστήριξης Κυκλοφοριακής Συμφόρησης) της BMW δεν αποτελεί ένα πλήρως αυτόνομο σύστημα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, αλλά περισσότερο ένα ημιαυτόνομο χαρακτηριστικό, που αποσκοπεί να σπάσει τη μονοτονία της οδήγησης εν μέσω κυκλοφοριακής συμφόρησης. Όταν το όχημα κινείται σε τέτοιες συνθήκες, ήτοι σε πολύ χαμηλές ταχύτητες, το Traffic Jam Assistant αναλαμβάνει κάθε λειτουργία πλοήγησης, πέδησης και επιτάχυνσης και συνεπώς ο οδηγός υποβοηθείται σημαντικά. Δυστυχώς, το Traffic Jam Assistant σε γενικές γραμμές απαιτεί από τον οδηγό να έχει τα χέρια του πάνω στο τιμόνι, ακόμα και αν αυτό έχει αναλάβει το χειρισμό του τιμονιού και των πεντάλ (Demuro, 2018).

Το αυτόνομο αυτοκίνητο της BMW iNEXT είναι πλήρως ηλεκτρικό, πλήρως συνδεδεμένο, προσφέρει εξαιρετικά αυτόνομη οδήγηση, έχει έξυπνο και ελαφρύ σχεδιασμό, καθώς και ένα εντελώς ανανεωμένο εσωτερικό. Το μοντέλο σειράς παραγωγής, που πρόκειται να γίνει η νέα τεχνολογική ναυαρχίδα της εταιρείας, κατασκευάζεται ήδη από το 2021. Αναμένεται να ενοποιήσει τους στρατηγικούς τομείς καινοτομίας της BMW και να τους φέρει στους δρόμους (BMW Vision iNEXT, n.d.), (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

5.2. Volvo

Η σουηδική μάρκα έχει ξεκινήσει ένα πιλοτικό πρόγραμμα χρήσης αυτόνομων οχημάτων στην πόλη Γκέτεμποργκ. Τα οχήματα φέρουν τα λογότυπα Drive Me και έχουν κανονικά οδηγούς, που δοκιμάζουν σε πρώτη φάση τα διάφορα συστήματα υποστήριξης και σταδιακά τις λειτουργίες αυτόνομης οδήγησης. Τα πρώτα ρομποτικά μοντέλα παραγωγής με το σηματάκι της Volvo αναμένεται να κυκλοφορήσουν από το 2022 και θα διαθέτουν πενταλιέρες και τιμόνι, ώστε να μπορεί να αναλάβει ο οδηγός τον έλεγχό τους σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης.

Το ημιαυτόνομο σύστημα της Volvo ονομάζεται Pilot Assist, το οποίο περιλαμβάνει σύστημα προσαρμοστικού ελέγχου πορείας και ευθυγράμμισης στη λωρίδα. Και τα δύο συστήματα λειτουργούν καθ' όλο το διάστημα που κινείται το όχημα, αλλά το

Pilot Assist δεν είναι σύστημα χωρίς χέρια. Διαθέτει σε μεγάλο βαθμό αυτόνομη οδήγηση, αλλά εξακολουθεί να απαιτεί περιστασιακές εισροές από τον οδηγό, ώστε το σύστημα να μπορεί να επαληθεύσει ότι ο οδηγός είναι ακόμα στη θέση του. Το χαρακτηριστικό αυτό, είναι διαθέσιμο στο Volvo S90 sedan, στο V90 station wagon και στο XC60 crossover και μπορεί να οδηγήσει γύρω από διαδοχικές στροφές και μπορεί να επιταχύνει ή να επιβραδύνει το όχημα βάσει των ενεργειών των προπορευόμενων αυτοκινήτων (Demuro, 2018).

Η σουηδική αυτοκινητοβιομηχανία σχεδιάζει να προσφέρει ένα πραγματικά αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο μέχρι τα τέλη του έτους 2022. Το σύστημα θα είναι διαθέσιμο στην επόμενη γενιά των SUV XC90 της Volvo και θα προσεγγίσει αυτό που αποκαλείται αυτοματοποίηση επιπέδου 4, που σημαίνει ότι τα αυτοκίνητα μπορούν να λειτουργούν με ασφάλεια και χωρίς να χρειάζεται ανθρώπινη παρέμβαση στα περισσότερα περιβάλλοντα οδήγησης. Στην περίπτωση της Volvo, τα αυτοκίνητα θα χρησιμοποιούν την τεχνολογία GPS και τους αισθητήρες λέιζερ για ασφαλή πλοήγηση μόνο σε μεγάλες εθνικές οδούς, ως επί το πλείστον - γι' αυτό και η εταιρεία καλεί το σύστημα της, Highway Pilot. Η διαφορά μεταξύ της αυτοματοποίησης του επιπέδου 4 και του επιπέδου 3, η οποία είναι ήδη διαθέσιμη σε αυτοκίνητα όπως το Audi A8, είναι ότι στο επίπεδο 4 το όχημα μπορεί να πλοηγηθεί σε ορισμένους δρόμους μόνο του, αλλά με την προσδοκία ότι ένας οδηγός θα μένει συνήθως σε εγρήγορση για να αναλάβει τον έλεγχο όταν χρειάζεται (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

5.3. General Motors

Ο αμερικανικός όμιλος General Motors περιλαμβάνει τις εταιρείες Buick, Cadillac, Chevrolet και GMC. Η Cadillac υποστηρίζει ότι το σύστημα Super Cruise αποτελεί το «πρώτο αληθινό σύστημα οδήγησης χωρίς χέρια στον κόσμο», δεδομένου ότι θεωρητικά και σε αντίθεση με άλλα συστήματα, δεν απαιτεί πραγματικά την παρέμβαση του οδηγού. Σύμφωνα με την εταιρεία, εάν κάποιος οδηγός οδηγεί στις χαρτογραφημένες διαδρομές, δύναται να αφήσει το Super Cruise να πλοηγεί το όχημα του για ώρες χωρίς προβλήματα και μάλιστα χωρίς να ακουμπά το τιμόνι για να ενημερώσει το σύστημα ότι βρίσκεται εκεί. Δυστυχώς, η αχίλλειος πτέρνα του συστήματος είναι ότι πρέπει να οδηγήσει κανείς στις χαρτογραφημένες από την Cadillac διαδρομές, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το σύστημα. Επί του παρόντος, η εταιρεία έχει χαρτογραφήσει μόλις 130.000 μίλια αυτοκινητοδρόμων στις

Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά, μέγεθος που απέχει σημαντικά από τα 4.8 εκατομμύρια συνολικά μίλια αυτοκινητοδρόμων στις δύο χώρες. Ωστόσο, το σύστημα παραμένει ιδιαίτερα εντυπωσιακό και είναι διαθέσιμο τώρα στο πολυτελές sedan Cadillac CT6 (Demuro, 2018).

Ο εν λόγω όμιλος δοκιμάζει στην Καλιφόρνια έναν στόλο 100 ρομποτικών οχημάτων. Επίσης σχεδιάζει να ξεκινήσει άμεσα στο Σαν Φραντσίσκο μία υπηρεσία αυτόνομων ταξί με οχήματα χωρίς πεντάλ και οδηγό, τα οποία θα βασίζονται στο ηλεκτροκίνητο μοντέλο Chevrolet Bolt. Τα ρομποτικά ταξί θα κυκλοφορούν αρχικά σε μία περιορισμένη περιοχή, για την οποία έχει δημιουργήσει η General Motors ψηφιακούς χάρτες υψηλής ανάλυσης και τις απαιτούμενες τεχνικές υποδομές (Πιτσίνης Π, 2019).

5.4. Tesla

Τα υφιστάμενα ηλεκτροκίνητα μοντέλα της εταιρείας Tesla διαθέτουν σύστημα προσαρμοστικού ελέγχου πορείας Stop-and-go, καθώς και σύστημα ευθυγράμμισης στη λωρίδα που λειτουργούν καθ' όλο το διάστημα που κινείται το όχημα πριν τη στάση.

Τον Νοέμβριο του 2018, η Tesla λάνσαρε ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται Navigate στο Autopilot, το οποίο δίνει στα αυτοκίνητα της την ικανότητα αλλαγής λωρίδων προκειμένου να προσπεράσει τους αργούς οδηγούς, καθώς και να εγκαταλείψει τον αυτοκινητόδρομο όταν φτάσει στην έξοδο του. Ωστόσο, ο οδηγός πρέπει να συνεχίσει να εστιάζει την προσοχή στο δρόμο και να παραμένει έτοιμος να ανακτήσει τον έλεγχο, εάν χρειαστεί. Αυτό συμβαίνει επειδή τα συστήματα αυτά δεν είναι ιδιαίτερα ικανά: Δεν μπορούν να δουν πράγματα όπως ένα φανάρι ή σταθμευμένα πυροσβεστικά οχήματα. Το πρόβλημα έγκειται στο ότι οι άνθρωποι δεν είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι να λειτουργούν ως λύση έκτακτης ανάγκης, εφόσον έχει υπάρξει μακρά συζήτηση για το ποιος είναι ο χρόνος που δίδεται στον άνθρωπο οδηγό να αντιδράσει και κατά πόσο αυτός είναι αρκετός για την αποτροπή ενός ατυχήματος (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

Ο ιδρυτής της Tesla, Ελον Μασκ, έχει ανακοινώσει την κυκλοφορία πλήρως ρομποτικών ταξί και έχει δηλώσει, ότι πολλά από τα μοντέλα της μάρκας που κυκλοφορούν ήδη στους δρόμους, θα μπορούν να αναβαθμιστούν σε απολύτως αυτόνομα με αναβάθμιση του λογισμικού τους (Πιτσίνης Π, 2019).

5.5. Google

Στα τέλη της δεκαετίας του 2000 η Google επεκτάθηκε από την κύρια δραστηριότητα της ως απλή μηχανή αναζήτησης και σε άλλους φιλόδοξους επιχειρηματικούς τομείς όπως τα έξυπνα τηλέφωνα (Weber, 2014). Η Google είναι η πρώτη εταιρεία, η οποία πραγματοποίησε δοκιμές σε αυτο-οδηγούμενα οχήματα, τα οποία προορίζονταν για τον καταναλωτή. Η τεχνολογία αυτοκινήτου χωρίς οδηγό της Google χρησιμοποιεί μια σειρά από τεχνολογίες ανίχνευσης, συμπεριλαμβανομένων στερεοφωνικών καμερών, λέιζερ και ραντάρ. Όλα αυτά τα εξαρτήματα έχουν διαφορετικό εύρος και οπτικά πεδία, αλλά το καθένα εξυπηρετεί έναν συγκεκριμένο σκοπό σύμφωνα με τις καταχωρίσεις διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που έχει κάνει η Google για τα αυτοκίνητά της χωρίς οδηγό (Whitwam, 2014).

Η Google εγκαινίασε το ερευνητικό της πρόγραμμα για τα αυτοοδηγούμενα οχήματα το 2009. Η ερευνητική της ομάδα είχε κατασκευάσει ένα σύστημα το οποίο θα μπορούσε να ανταπεξέλθει σε κάποιους από τους πιο δύσκολους δρόμους της Καλιφόρνιας (συμπεριλαμβανομένου του περίφημου οδοστρώματος της οδού Lombard Street του Σαν Φρανσίσκο) με ελάχιστη ανθρώπινη εμπλοκή. Ένα πρώιμο παράδειγμα των επιτυχιών του προγράμματος ήταν το Street View για τους Χάρτες Google. Ένα ακόμη παράδειγμα ήταν η ανάπτυξη ενός δεύτερου ερευνητικού προγράμματος με την ονομασία Pribot - ένα Prius τροποποιημένο, ώστε να είναι σε θέση να μεταφέρει μόνο του πίτσα (Weber, 2014). Τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν δεδομένα από το Google Street View σε συνδυασμό με δεδομένα από κάμερες, LiDAR και ραντάρ για να προσδιορίσουν τη θέση του αυτοκινήτου πάνω στο χάρτη. Το 2012 προστέθηκε στο στόλο της εταιρείας το μοντέλο Lexus RX450h, ενώ υπάλληλοι της εταιρείας συμμετείχαν στις πρώτες δοκιμές της νεοφυούς τεχνολογίας σε αυτοκινητόδρομους. Παράλληλα, η εταιρεία ξεκίνησε να σχεδιάζει τους δικούς της αισθητήρες (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

Το 2015 η εταιρεία εγκαινίασε το πλήρως αυτό-οδηγούμενο όχημα της Firefly. Αυτά τα αυτοκίνητα είχαν προσαρμοσμένους αισθητήρες, υπολογιστές, σύστημα πλοήγησης και πέδησης, ενώ δεν διέθεταν τιμόνι ή πεντάλ. Τον ίδιο χρόνο, ο Steven Mahan, ο οποίος είναι τυφλός, πραγματοποίησε με το Firefly την παγκοσμίως πρώτη, πλήρως αυτό-οδηγούμενη, διαδρομή στους δημόσιους δρόμους στο Όστιν, Τέξας (From Post-It Note to Prototype: The Journey of Our Firefly, 2017).

Η Waymo προήλθε από ερευνητικό πρόγραμμα της Google για τα αυτοοδηγούμενα οχήματα. Το Δεκέμβριο του 2016, η Google Corporation ανακοίνωσε ότι η τεχνολογία της θα μεταβιβάζονταν σε μια νέα εταιρεία με την ονομασία Waymo, με την Google και τη Waymo να γίνονται θυγατρικές μιας νέας μητρικής εταιρείας με την ονομασία Alphabet . Το Δεκέμβριο του 2018 η Waymo ανακοίνωσε την επίσημη κυκλοφορία των αυτο-οδηγούμενων αυτοκινήτων της σε μια εμπορική υπηρεσία ταξί στην πόλη Chandler της Αριζόνα, όπου οι επιβάτες θα χρησιμοποιούν μια εφαρμογή για να μισθώσουν τα οχήματα για να τους μεταφέρουν σε μια περιοχή 80 με 100 τετραγωνικών μιλίων. Ωστόσο, η πραγματικότητα απέχει από τους αρχικούς στόχους, καθώς περιορισμένος αριθμός πολιτών συμμετείχε στο αρχικό πρόγραμμα επιβατών της Waymo, ενώ οι χειριστές ασφαλείας παρέμειναν πίσω από το τιμόνι, τουλάχιστον σε αρχικό στάδιο (Τσινάλης & Βενιζέλος, 2019).

5.6. Συνεργασίες μεταξύ κατασκευαστών αυτοκινήτων και τεχνολογικών εταιρειών.

Οι εξελίξεις στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης τρέχουν με καταγιστικούς ρυθμούς και σε αυτό το πλαίσιο έχουν δημιουργηθεί μεγάλες συμμαχίες μεταξύ των κατασκευαστών αυτοκινήτων, αλλά και γιγάντων της πληροφορικής, καθώς απαιτούνται τεράστιες επενδύσεις και τεχνογνωσία. Ενδεικτικά είναι τα πρόσφατα παραδείγματα των VolsWagen και Ford, όπως επίσης των BMW και Daimler, οι οποίες συμάχησαν μεταξύ τους προκειμένου να μοιραστούν τα κόστη και την τεχνογνωσία.

5.6.1. Συνεργασία της Ford και Volkswagen

Οι εταιρείες Ford και VW ανακοίνωσαν την επέκταση της παγκόσμιας συμμαχίας τους που περιλαμβάνει τώρα και ηλεκτρικά οχήματα – και θα συνεργαστούν με την Argo AI για την εισαγωγή της τεχνολογίας αυτόνομων οχημάτων σε ΗΠΑ και Ευρώπη. Η συνεργασία αυτή θα επιτρέψει και στις δύο εταιρείες να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες στους πελάτες, βελτιώνοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητά τους και τις κεφαλαιακές αποδόσεις.

Χάρη στη συνεργασία των Ford και Volkswagen, το σύστημα αυτόνομης οδήγησης της Argo AI (SDS) είναι το πρώτο με σχέδια εμπορικής ανάπτυξης για την Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Επιπλέον, καθώς θα μπορεί να αξιοποιηθεί η παγκόσμια εμπέλεια και των δύο αυτοκινητοβιομηχανιών, η πλατφόρμα της Argo AI έχει τις μεγαλύτερες

προοπτικές γεωγραφικής ανάπτυξης από οποιαδήποτε τεχνολογία αυτόνομης οδήγησης μέχρι σήμερα. Η Volkswagen και η Ford θα ενσωματώσουν ανεξάρτητα το σύστημα SDS της Argo AI, σε οχήματα κατασκευασμένα ειδικά για αυτό το σκοπό, προκειμένου να υποστηρίξουν τις διαφορετικές φιλοσοφίες των δύο εταιρειών στον τομέα της μεταφοράς ατόμων και αγαθών. Στόχος της Argo AI είναι η δημιουργία ενός συστήματος αυτόνομης οδήγησης SAE Επιπέδου 4 για χρήση σε υπηρεσίες κοινής χρήσης για βόλτα και παράδοσης αγαθών σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές. Οι εταιρείες επίσης στοχεύουν να προσφέρουν μεσαία pick up φορτηγά για την παγκόσμια αγορά, ξεκινώντας το 2022, ενώ θα ακολουθήσουν επαγγελματικά van (Μούζος, 2019).

5.6.2. Συμμαχία Volkswagen – Microsoft για ανάπτυξη λογισμικού αυτόνομων οχημάτων

Η γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία Volkswagen και η αμερικανική εταιρεία τεχνολογίας Microsoft ανακοίνωσαν τον Φεβρουάριο του 2021 μια σύμπραξη για την ανάπτυξη λογισμικών αυτόνομης και διασυνδεδεμένης οδήγησης, διευρύνοντας τη συνεργασία τους στο υπολογιστικό νέφος (cloud), την οποία άρχισαν το 2018.

Η Volkswagen στοχεύει μέσω της σύμπραξης αυτής σε μια ταχύτερη ανάπτυξη ασφαλών και άνετων υπηρεσιών αυτοκίνησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Volkswagen και η Microsoft συνεργάζονται από το 2018 για τη δημιουργία μιας πλατφόρμας cloud για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διασυνδεδεμένων οχημάτων. Οι πρώτες δοκιμές ενός στόλου συνδεδεμένων οχημάτων επρόκειτο να πραγματοποιηθούν εντός του 2021 ενώ η μαζική παραγωγή τους προβλέπεται για το 2022 (Συμμαχία Volkswagen - Microsoft Για Ανάπτυξη Λογισμικού Αυτόνομων Οχημάτων | Liberal.Gr, 2021).

6. Σύντομη ανάλυση των θετικών και αρνητικών συνεπειών της αυτόνομης οδήγησης

Λόγω της εξαιρετικά γρήγορης ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης και της εφαρμογής της σε ολοένα και περισσότερες πτυχές στην καθημερινότητα των ανθρώπων, κρίνεται ορθό να αξιολογηθούν όλες οι συνέπειες που ενδεχομένως θα προκύψουν από τη χρησιμοποίησή της ειδικά στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης, καθώς και γενικότερα οι συνέπειες από τη χρήση των αυτόνομων οχημάτων.

Κάτωθι παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αυτόνομης οδήγησης, τα οποία μάλιστα έχουν εξεταστεί από ένα σχετικό ερευνητικό πρόγραμμα του πανεπιστημίου του Κεντάκι (SWOT | Self Driving Car, n.d.). Στα δυνατά σημεία συγκαταλέγονται τα εξής:

- Η δυνατότητα ασφαλέστερων οδικών μεταφορών. Δεδομένου ότι οι μηχανές μπορούν να εξαλείψουν το ανθρώπινο λάθος, η ικανότητα ελέγχου της ροής της κυκλοφορίας αυξάνεται σημαντικά. Καθώς δεν υπάρχει πιθανότητα ανθρώπινου λάθους ή απόσπασης της προσοχής, είναι πιθανό να υπάρξουν λιγότερα ατυχήματα και μειωμένοι θάνατοι στο δρόμο. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναφέρει σχετικά ότι το 94% των ατυχημάτων κάθε χρόνο οφείλεται σε ανθρώπινο λάθος.
- Σταθερότητα στη ροή κυκλοφορίας, διότι τα συστήματα που διαθέτουν τα αυτόνομα οχήματα ρυθμίζουν την κίνηση κρατώντας μικρές - κατάλληλες αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ τους και έτσι συμβάλλουν στην αύξηση της κυκλοφοριακής ροής των οδών, πράγμα που οδηγεί στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Επίσης, οι υπολογιστές που διαθέτουν τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να επικοινωνούν εύκολα μεταξύ τους για να εντοπίσουν πιθανά περιστατικά στους δρόμους.
- Φιλικότητα προς το περιβάλλον. Τα αυτόνομα αυτοκίνητα πιθανότατα θα είναι ηλεκτρικά αντί να χρησιμοποιούν κινητήρες εσωτερικής καύσης. Επιπλέον, οι σταθερές ταχύτητες που θα κινούνται τα αυτόνομα αυτοκίνητα θα μειώσουν το συνεχές φρενάρισμα και την επιτάχυνση. Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών και θα γίνουν πιο περιβαλλοντικά βιώσιμοι.
- Ίσες δυνατότητες πρόσβασης στη μεταφορά. Η χρήση αυτόνομων οχημάτων χωρίς οδηγό, θα δώσει την ευκαιρία σε άτομα που δεν μπορούν να οδηγήσουν, όπως στους ηλικιωμένους, ή σε άτομα με αναπηρίες, να μετακινούνται με ασφαλή και αξιόπιστο τόπο χωρίς να θέσουν σε κίνδυνο τρίτους. Επίσης, οι πόλεις με περιορισμένη κάλυψη δημόσιας συγκοινωνίας θα επωφεληθούν από τη χρήση αυτόνομων οχημάτων, καθώς τα τελευταία θα μπορούν να προσεγγίζουν περιοχές, από τις οποίες λείπουν οι υποδομές.
- Αποτελεσματικότερο ταξίδι. Τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου υπολογιστών. Αυτή η επικοινωνία επιτρέπει την ανάλυση σε πραγματικό χρόνο που μπορεί να βοηθήσει στον

καθορισμό των καλύτερων διαδρομών ταξιδιού, καθώς και στον υπολογισμό των κατάλληλων ταχυτήτων και αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων κατά τη διάρκεια των σημείων συμφόρησης σε ώρες αιχμής. Τα όρια ταχύτητας θα μπορούσαν επίσης να αυξηθούν, καθώς η πιθανότητα ατυχημάτων θα μειωθεί σημαντικά.

• Οικονομικά οφέλη. Η μείωση του κόστους που σχετίζεται με τα τροχαία ατυχήματα, η μειωμένη πίεση στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, η αποτελεσματικότερη μεταφορά, η καλύτερη εξοικονόμηση καυσίμων και πολλά άλλα μπορούν όλα να συμβάλουν στη συνολική εξοικονόμηση κόστους της κοινωνίας. Το Αυστραλιανό Ίδρυμα Οδικής Ασφάλειας εκτιμά ότι τα τροχαία ατυχήματα κοστίζουν επί του παρόντος στην οικονομία μας περίπου 30 δισεκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο, προτού ληφθεί υπόψη το κοινωνικό κόστος.

• Απαλλαγή από το άγχος του οδηγού. Ο άνθρωπος στη θέση του οδηγού οχήματος βιώνει καθημερινά έντονη πίεση, ιδίως λόγω της αυξημένης κίνησης στους δρόμους, της έλλειψης χώρων στάθμευσης και της ανάγκης προσήλωσης κατά την ώρα της οδήγησης. Η δυνατότητα του αυτόνομου οχήματος να αναλάβει το ίδιο όλα τα ανωτέρω, θα έχει ως αποτέλεσμα την απαλλαγή του ανθρώπου από το άγχος που αυτά συνεπάγονταν (Βογιατζή, 2020).

Η εφαρμογή της αυτόνομης οδήγησης, όμως, αναμένεται να επιφέρει και κάποιες αρνητικές επιπτώσεις, οι κυριότερες των οποίων συνοψίζονται στις κάτωθι:

• Θέματα ασφαλείας- Hacking. Προκειμένου να επικοινωνούν και να συντονίζονται τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα μεταξύ τους, θα πρέπει να μοιράζονται το ίδιο πρωτόκολλο δικτύου. Ωστόσο, εάν ένας μεγάλος αριθμός αυτοκινήτων μοιράζεται το ίδιο δίκτυο, θα είναι επιρρεπείς σε ηλεκτρονική επίθεση. Ακόμη και ένα μικρό hack θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντική ζημιά σε πολυσύχναστους δρόμους προκαλώντας συγκρούσεις και αδιέξοδο στην κυκλοφορία.

• Μείωση των θέσεων εργασίας. Όσα επαγγέλματα σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με την οδήγηση και τη λειτουργία του αυτοκινήτου, όπως για παράδειγμα, οδηγοί λεωφορείων και ταξί, τεχνικοί αυτοκινήτων, θα μειωθεί σημαντικά το αντικείμενο εργασίας τους λόγω της χρήσης των αυτόνομων οχημάτων.

• Κόστος αγοράς και συντήρησης αυτόνομου οχήματος. Όπως συμβαίνει με κάθε νέα τεχνολογία που χρειάζεται χρόνια για να αναπτυχθεί και να κατασκευαστεί, έτσι και

το κόστος ενός αυτόνομου αυτοκινήτου είναι πιθανό να είναι αστρονομικό αρχικά για την αγορά, ενώ και το κόστος συντήρησης των συστημάτων αυτού προβλέπεται ότι θα είναι υψηλό. Είναι πιθανό να χρειαστεί λίγος χρόνος για να είναι διαθέσιμη η τεχνολογία αυτή στο μέσο καταναλωτή.

- Νέες οδικές υποδομές. Είναι βέβαιο πως οι δρόμοι και οι υποδομές θα πρέπει να αλλάξουν για να είναι δυνατή η κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων, γεγονός που συνεπάγεται τον εξοπλισμό των οδικών δικτύων με τα απαραίτητα συστήματα για την επικοινωνία μεταξύ τους, το κόστος των οποίων είναι αρκετά υψηλό.

- Αστοχία συστημάτων. Υπάρχει ανησυχία για ενδεχόμενο σφάλμα μηχανής των αυτόνομων οχημάτων, καθώς και για τυχόν σφάλμα του λογισμικού ή οποιουδήποτε μέρους του οχήματος, το οποίο θα μπορούσε να θέσει τον οδηγό σε μεγαλύτερο κίνδυνο από ό,τι εάν ο οδηγός επρόκειτο να αναλάβει προσωπικά τον έλεγχο του οχήματος.

- Απώλεια ικανότητας οδήγησης με την πάροδο του χρόνου, με αποτέλεσμα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης οι άνθρωποι οδηγοί να μην είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις ανάγκες χειρισμού του οχήματος.

- Ηθικά ζητήματα, λόγω της έλλειψης ικανότητας των αυτόνομων οχημάτων να προβαίνουν σε κρίσεις μεταξύ πολλαπλών δυσμενών αποτελεσμάτων, μεταξύ των οποίων η σύγκρουση φαντάζει αναπόφευκτη. Τα υπολογιστικά συστήματα θα κληθούν να εκτελέσουν τη λιγότερο επιβλαβή ενέργεια. Η Ηθική Μηχανή, που αναπτύχθηκε από μια ομάδα στο MIT, επιδιώκει να αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα συλλέγοντας δεδομένα για τις αποφάσεις των ανθρώπων της πραγματικής ζωής. Ωστόσο, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δείχνουν μεγάλες διαφορές μεταξύ διαφορετικών ομάδων ανθρώπων, καθιστώντας δύσκολο τον προγραμματισμό οποιασδήποτε οριστικής απάντησης για αυτόνομα αυτοκίνητα (Self-Driving Cars: The Pros & Cons of Automated Vehicles, n.d.).

- Νομικά ζητήματα. Λόγω του ότι οι τεχνολογίες που αξιοποιούνται στα λειτουργικά συστήματα των αυτόνομων οχημάτων είναι σχετικά νέες, στις περισσότερες έννομες τάξεις δεν έχει προβλεφθεί ακόμη ειδική νομοθεσία, η οποία θα ρυθμίζει τις έννομες σχέσεις που απορρέουν από τη χρήση τους ή την κατασκευή τους (Βογιατζή, 2020).

7. Ατυχήματα με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα

Στο παρόν κεφάλαιο αυτό θα εξετασθεί μία από τις βασικότερες αιτίες που έχει προκαλέσει τον κλονισμό της εμπιστοσύνης του κόσμου όσον αφορά στη χρήση των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων. Αυτή δεν είναι άλλη από τα ατυχήματα που έχουν κατά διαστήματα συμβεί με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα. Κάτωθι αναφέρονται ενδεικτικά κάποια από αυτά.

Τον Σεπτέμβριο του 2016 έλαβε χώρα στην Καλιφόρνια ένα τροχαίο ατύχημα στο οποίο ενεπλάκη ένα αυτόνομο όχημα της Google. Υπαίτιος φαίνεται ότι ήταν ο οδηγός ενός van, το οποίο αφού παραβίασε κόκκινο σηματοδότη, προσέκρουσε στην πλευρά της αυτοοδηγούμενης Lexus RX 450 της Google. Αν και το αυτόνομο όχημα δεν προκάλεσε το ατύχημα, πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως όλα δείχνουν, δεν μπόρεσε και να το αποτρέψει. Ο οδηγός της Lexus μόλις αντιλήφθηκε ότι το van κατευθυνόταν προς το μέρος του, ανέκτησε τον έλεγχο του οχήματος και φρέναρε, ωστόσο η αντίδρασή του δεν ήταν έγκαιρη. Από το εν λόγω ατύχημα δεν προέκυψαν τραυματισμοί (Σε Ατύχημα Ενεπλάκη Ακόμα Ένα Αυτόνομο Όχημα Της Google, 2016).

Τον Μάιο του 2016 συνέβη το πρώτο θανατηφόρο τροχαίο με εμπλεκόμενο αυτόνομο όχημα στη Φλόριντα των Ηνωμένων Πολιτειών. Σε αυτή την περίπτωση το αυτόνομο όχημα ήταν μιας άλλης μεγάλης εταιρίας που δραστηριοποιείται στον χώρο των αυτοματοποιημένων οχημάτων, της Tesla. Το ατύχημα έλαβε χώρα σε έναν αυτοκινητόδρομο και συγκεκριμένα σε μια διασταύρωση, όπου ένα ρυμουλκό όχημα διέσχισε το δρόμο. Λόγω του ότι η νταλικά είχε λευκό χρώμα, με φόντο έναν φωτεινό ουρανό, πιθανολογείται πως το αυτόματο σύστημα απέτυχε να την εντοπίσει. Σε κάθε περίπτωση, το σύστημα Autopilot δεν φρέναρε, και ο οδηγός εμφανώς δεν είχε την προσοχή του στο δρόμο. Τα δύο οχήματα συγκρούστηκαν και το αποτέλεσμα ήταν ολέθριο για τον οδηγό του αυτόνομου οχήματος Tesla (Κυρίτσης, 2017). Μετά την έρευνα του οχήματος από την Εθνική Αρχή Ασφάλειας της Κυκλοφοριακής οδού (NHTSA) διαπιστώθηκαν τα εξής: «(α) το όχημα κατά τη στιγμή της σύγκρουσης είχε τεθεί σε λειτουργία αυτόματης οδήγησης, (β) το σύστημα δεν παρέσχε κανενός είδους προειδοποίηση ή ένδειξη μείωσης ταχύτητας και (γ) ο οδηγός δεν προέβη σε καμία ενέργεια». Παράλληλα, από τον έλεγχο του εν λόγω μοντέλου προέκυψε ότι αυτό δε φέρει κάποιο σχεδιαστικό ή λειτουργικό ελάττωμα, επισημαίνοντας αφενός

τις περιορισμένες δυνατότητες του συστήματος και αφετέρου την απαίτηση διαρκούς εγρήγορσης του οδηγού (Μαυρουδή, 2021).

Τον Μάρτιο του 2018 στην πολιτεία της Αριζόνας προκλήθηκε –ίσως ο πρώτος- θάνατος πεζού από αυτό-οδηγούμενο όχημα με λογισμικό αυτόνομης πλοήγησης της εταιρείας Uber. Το αυτό-οδηγούμενο όχημα, στο οποίο επέβαινε οδηγός με εποπτικό ρόλο πάνω από το τιμόνι, κατά τη διάρκεια νυκτερινής πορείας του «στον αυτόματο πιλότο» συγκρούστηκε με διερχόμενη πεζή χωρίς να προλάβει να την αποφύγει, με αποτέλεσμα το θάνατό της. Τέλη Μαΐου του 2018 σημειώθηκε ένα από τα πρώτα, αν όχι το πρώτο, ατυχήματα με αυτό-οδηγούμενο οχήμα στην Ευρώπη και μάλιστα στη χώρα μας. Ο οδηγός του οχήματος Tesla κατά τη διάρκεια της πορείας του στο εθνικό δίκτυο μεταξύ Κοζάνης-Φλώρινας και ενώ το αυτοκίνητο βρισκόταν στην λειτουργία του «αυτόματου πιλότου», έχασε τον έλεγχο του οχήματος και προσέκρουσε στις προστατευτικές μπάρες, χωρίς να υπάρξει κάποιο θύμα (ΗΠΑ: Ατυχήματα Με Αυτοοδηγούμενα (Self-Driving) Οχήματα – The Art of Crime, 2018).

Ένα ακόμη ατύχημα, το οποίο αξίζει να αναφερθεί, συνέβη το 2018 στην Πολιτεία της Αριζόνα, με αυτόνομο όχημα Volvo XC90 της εταιρείας Uber που έκανε δοκιμές. Παρόλο που μέσα στο αυτοκίνητο υπήρχε οδηγός, δεν κατάφερε ούτε ο ίδιος ούτε το σύστημα αυτόνομης πέδησης να αποφύγει μία ποδηλάτισσα, με συνέπεια η τελευταία να τραυματιστεί θανάσιμα (Θανατηφόρο Δυστύχημα Στις ΗΠΑ Με Αυτόνομο Όχημα Της Uber, 2018).

Προκειμένου να διαλευκανθούν ζητήματα που ανακύπτουν από τη σύγκρουση αυτόνομων οχημάτων, η Εθνική Υπηρεσία Ασφάλειας Οδικής Κυκλοφορίας των Ηνωμένων Πολιτειών (NHTSA) εξέδωσε τον Ιανουάριο του 2021 μία διαταγή, με την οποία απαιτεί από τους κατασκευαστές και τους χειριστές των οχημάτων που είναι εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα υποστήριξης οδηγού και αυτοματοποιημένα συστήματα οδήγησης (επίπεδα αυτονομίας 2-5) να αναφέρουν ατυχήματα όπου το αυτοματοποιημένο σύστημα είχε εμπλακεί κατά τη διάρκεια ή αμέσως πριν από τη συντριβή. Η συλλογή των δεδομένων θα βοηθήσει τον οργανισμό να εντοπίσει πιθανά ζητήματα ασφάλειας και επιπτώσεις που προκύπτουν από τη λειτουργία προηγμένων τεχνολογιών στους δημόσιους δρόμους. Επίσης, η πρόσβαση στα δεδομένα μπορεί να δείξει εάν υπάρχουν κοινά μοτίβα σε ατυχήματα οχημάτων χωρίς οδηγό ή συστηματικά προβλήματα στη λειτουργία (NHTSA, 2021).

ΜΕΡΟΣ Β΄: ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΗ ΕΥΘΥΝΗ

1. Σύμβαση της Βιέννης για την Οδική Κυκλοφορία

Θεμέλιο των διεθνών κανονισμών για την οδική κυκλοφορία αποτελεί η Σύμβαση της Βιέννης. Πρόκειται στην πραγματικότητα για δυο Συμβάσεις που υπογράφηκαν στη Βιέννη στις 8 Νοεμβρίου 1986, η μεν πρώτη για την Οδική Κυκλοφορία από τριάντα έξι συμβαλλόμενες χώρες, η οποία τέθηκε σε ισχύ το έτος 1977, η δε δεύτερη για την Οδική Σήμανση και Σηματοδότηση από τριάντα μία χώρες, όπως προκύπτει από τη σύντομη επισκόπηση που εμπεριέχεται στην αιτιολογική έκθεση του Ν. 4266/2014. Αμφότερες οι Συμβάσεις συμπληρώθηκαν από την αντίστοιχη για καθεμία Ευρωπαϊκή Συμφωνία χάριν της επίτευξης υψηλότερης ομοιογένειας εντός του ευρωπαϊκού εδάφους. Απώτερος στόχος των συμβαλλόμενων μερών ήταν όχι μόνο η διευκόλυνση του εμπορίου και των μεταφορών μέσω εναρμονισμένων κανόνων, αλλά και η ανάπτυξη πολιτικών οδικής ασφάλειας με σκοπό τη μείωση του αριθμού των τροχαίων ατυχημάτων και των θυμάτων, η ασφάλεια δηλαδή της διεθνούς οδικής κυκλοφορίας (ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ, n.d.). Στην Ελλάδα η ανωτέρω Σύμβαση κυρώθηκε με το Ν. 4266/2014 (Νόμος 4266/2014 - ΦΕΚ 4266/Α/10-6-2014 - ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ, 2014).

Στην παρ. 1 του άρ. 8 αναγράφεται ότι «κάθε κινούμενο όχημα ή συνδυασμός οχημάτων πρέπει να έχει οδηγό» και ως “οδηγός” λογίζεται «οποιοδήποτε πρόσωπο[...], δηλαδή φυσικό. Επιπρόσθετες απαιτήσεις που πρέπει να συντρέχουν σύμφωνα με τις επιταγές της παρ. 3 είναι η «αναγκαία φυσική και διανοητική ικανότητα[...]*κατάλληλη φυσική και πνευματική κατάσταση*», ενώ στην παρ. 5 κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος του οχήματος από τον ίδιο προκειμένου να επιδεικνύει τη μέγιστη «προσήκουσα επιμέλεια» (Μαυρουδή, 2021).

Οι ανωτέρω απαιτήσεις της Σύμβασης θα μπορούσαν να αποτελέσουν τροχοπέδη για την αναγνώριση και χρήση των αυτόνομων οχημάτων. Από την άλλη πλευρά όμως θα μπορούσε να ειπωθεί πως υπό την ευρεία έννοια του οδηγού νοείται και οποιοσδήποτε έχει την ικανότητα να οδηγήσει ένα όχημα, συμπεριλαμβανομένου και ενός τεχνολογικού συστήματος. Δημιουργείται, λοιπόν, το ερώτημα εάν υπό το πρίσμα της ανωτέρω διασταλτικής ερμηνείας του ορισμού, θα μπορούσαν να ενταχθούν και τα αυτόνομα συστήματα οδήγησης (Σταυρουλάκη, 2019).

2. Νομικά ζητήματα αστικής ευθύνης

Όλα τα ατυχήματα που αναφέρθηκαν ανωτέρω δημιούργησαν σοβαρά ερωτήματα σχετικά με την ασφάλεια των έξυπνων αυτοκινήτων. Το πιο σημαντικό είναι ότι αυτά τα ατυχήματα ανέδειξαν την έλλειψη κανονισμών σχετικά με τη λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων και αποτέλεσαν εφιαλτήριο για τις συζητήσεις περί ευθύνης: ήτοι, ποιος θα είναι υπεύθυνος σε περίπτωση ατυχημάτων; Θα είναι ο οδηγός (χειριστής) του οχήματος (που δεν ήταν προσεκτικός κατά τη διάρκεια της αυτόματης λειτουργίας), ο ιδιοκτήτης του οχήματος, ο κατασκευαστής (ελάττωμα εκ κατασκευής), ο πάροχος δικτύου, ο χάκερ, ο κατασκευαστής αρχικού εξοπλισμού ή κάποιος άλλος. Από την άλλη πλευρά, δημιουργείται το ερώτημα εάν η ευθύνη είναι κοινή, πώς θα κατανεμηθεί; Ομοίως, εάν τα ατυχήματα συνεπάγονται θανάτους, ιδίως θανάτους πεζών, τότε διαφορετικές ομάδες ερωτημάτων μπορεί να προκύψουν, όπως για παράδειγμα ποιος θα προσφύγει στο δικαστήριο. Το ζήτημα της ευθύνης θα είναι επίσης πολύ κρίσιμο στο βραχυπρόθεσμο μέλλον, καθώς θα είναι πολύ δύσκολο να απαντηθούν νέα και δύσκολα ερωτήματα, ιδίως στην περίπτωση που το αυτοκίνητο λειτουργεί εξ ολοκλήρου αυτόνομα. Κατ' επέκταση, η ευθύνη θα επηρεάσει επίσης την ασφαλιστική κάλυψη (Uzair, 2021).

Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το εκάστοτε καθεστώς ευθύνης που δύναται να υιοθετηθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα την αιτία της ζημίας. Με τη σειρά της η τελευταία μπορεί να οφείλεται σε σφάλμα (από τον παραγωγό, από τον οδηγό, κλπ) ή δυσλειτουργία του ρομπότ - αυτόνομου αυτοκινήτου, στις νέες δεξιότητες που απέκτησε το όχημα μέσω της μηχανικής μάθησης, στο επίπεδο αυτοματοποίησης του αυτοκινήτου, και σε άλλους παράγοντες. Αυτός είναι ο λόγος που θα εξεταστούν διαφορετικές νομικές βάσεις στις οποίες δύναται να θεμελιωθεί η αστική ευθύνη που προκύπτει σε περιπτώσεις ατυχημάτων με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα (Van Rossum, 2018).

3. Το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την αστική ευθύνη στα αυτοκινητικά ατυχήματα.

Αν και υποστηρίζεται ότι η ευθύνη για ζημίες που προκαλούνται από ρομπότ, και δη αυτόνομων οχημάτων, δεν καλύπτεται πλήρως από το ισχύον νομικό πλαίσιο, εντούτοις ορισμένοι ειδικοί κανόνες και πρότυπα ασφαλείας θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της γενεσιουργού αιτίας του

ατυχήματος. Κατά κύριο λόγο, οι ζημίες που προκαλούνται από ρομπότ μπορεί να προκύψουν από ένα ελάττωμα του μηχανήματος ή να αποδοθούν σε σφάλμα του κατασκευαστή, του χρήστη ή του ιδιοκτήτη. Σε αυτό το σημείο, ωστόσο, κρίνεται απαραίτητο να δοθεί μια σύντομη επεξήγηση του τι εστί μη προβλεψιμότητα των ενεργειών των ρομπότ.

3.1. Η μη προβλεψιμότητα των ρομπότ και οι συνέπειές της

Το γεγονός ότι τα ρομπότ θα μπορούσαν να προβούν σε απρόβλεπτες ενέργειες ή επιλογές προκαλεί ανησυχία στους χρήστες, την κοινωνία και τους κατασκευαστές. Η έννοια της προβλεψιμότητας είναι δύσκολο να οριστεί, αλλά αναφέρεται στο είδος των παραγόντων που θεωρούμε ότι είναι λογικό και πρέπει να προφυλάσσονται οι άνθρωποι από αυτούς.

Πρόκειται για μια κρίσιμη έννοια, διότι η ευθύνη δεν μπορεί να καταλογιστεί εάν η ζημία δεν είναι προβλέψιμη. Το πρόβλημα, ωστόσο, που προκύπτει είναι ότι δεν υπάρχει μία κοινή γραμμή ως προς το τι είναι και τι θα έπρεπε να είναι προβλέψιμο. Η έννοια της προβλεψιμότητας πρέπει να περιλαμβάνει οτιδήποτε είναι αρκετά πιθανό να συμβεί στο πλαίσιο της σύγχρονης ζωής, ώστε ένα λογικά σκεπτόμενο άτομο να το λαμβάνει υπόψη του κατά τον χειρισμό του οχήματος. Υπό αυτή την έννοια, κάποιος θα μπορούσε να θεωρηθεί υπεύθυνος ακόμη και για την πρόκληση κινδύνου μιας μικρής πιθανότητας τραυματισμού, εάν ένα λογικά συνετό άτομο θα μπορούσε να τον προβλέψει.

Πράγματι, οι παραδοσιακές θεωρίες του δικαίου της αδικοπραξίας, όπως η αμέλεια και η αντικειμενική ευθύνη, στηρίζουν την ευθύνη στην προβλεψιμότητα. Μόνο που στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων, προκύπτει το πρόβλημα ότι τα ρομπότ είναι συχνά απρόβλεπτα, με αποτέλεσμα οι παραδοσιακές θεωρίες να παρουσιάζουν δυσκολία κατά την εφαρμογή τους. Φυσικά, το πρόβλημα αυτό δεν είναι γενικό για τα ρομπότ, διότι τα περισσότερα από αυτά δεν χρησιμοποιούν τεχνολογία μηχανικής μάθησης ή δεν έχουν ισχυρή αυτονομία. Λειτουργούν βάσει των εντολών που λαμβάνουν και με τον τρόπο που τους ζητείται να το κάνουν (Van Rossum, 2018).

Δεδομένης της αντικειμενικής δυσκολίας εφαρμογής των θεωριών περί αστικής ευθύνης, κρίνεται απαραίτητο να εξεταστεί το εν δυνάμει εφαρμοστέο νομικό πλαίσιο που διέπει την ανάθεση της ευθύνης σε περίπτωση αυτοκινητικού ατυχήματος.

3.2. Πεδίο εφαρμογής του δικαίου της αστικής ευθύνης

Στην ελληνική έννομη τάξη οι προϋποθέσεις και το πρόσωπο ή τα πρόσωπα, που ενέχονται σε αποζημίωση του θύματος, σε περίπτωση πρόκλησης βλάβης από τροχαίο ατύχημα, καθορίζονται από το δίκαιο της αστικής ευθύνης.

Με την ευρεία έννοια το δίκαιο της αστικής ευθύνης είναι το σύνολο των κανόνων οι οποίοι ρυθμίζουν γενικά αν και πως κάποιος που ζημιώθηκε μπορεί να απαιτήσει από κάποιον άλλο την αποκατάσταση της ζημίας του ή, αλλιώς, οι κανόνες που καθορίζουν τους λόγους, τη φύση, την έκταση και το περιεχόμενο της υποχρέωσης για αποζημίωση. Όταν σε βάρος κάποιου προσώπου γεννάται μία βλάβη με την ευρεία της έννοια, ανακύπτει το ερώτημα εάν τη βλάβη αυτή θα φέρει τελικά αυτός που την υπέστη ή εάν αυτή θα μετακυλισθεί σε κάποιον τρίτο. Ο νόμος αναγνωρίζει υποχρέωση για αποκατάσταση της ζημίας άλλου είτε στο πλαίσιο μιας σύμβασης γενικά και ειδικότερα αν τέτοια υποχρέωση έχει αναληφθεί πρωτογενώς με σύμβαση, όπως είναι η σύμβαση ασφάλισης, είτε εξωσυμβατικά. Στην τελευταία περίπτωση, η υποχρέωση για αποζημίωση προκύπτει εξ αδικοπραξίας (ΑΚ 914). Η αδικοπρακτική αυτή ευθύνη κατά κανόνα προϋποθέτει πταίσμα ή υπαιτιότητα στο πρόσωπο του υπόχρεου (Κρητικός, 1998).

3.3. Μορφές αστικής ευθύνης

3.3.1. Υποκειμενική ευθύνη

Η ευθύνη μπορεί να είναι υποκειμενική ή αντικειμενική. Θεμέλιο της υποκειμενικής αδικοπρακτικής ευθύνης είναι η ύπαρξη υπαιτιότητας ή πταίσματος. Αυτό σαφώς ορίζεται στη θεμελιακή διάταξη του άρθρου 914 ΑΚ. Για τη θεμελίωση υποχρέωσης προς αποζημίωση απαιτείται η συνδρομή πταίσματος στο πρόσωπο του υπόχρεου. Μόνο εξαιρετικά θεμελιώνεται υποχρέωση προς αποζημίωση και χωρίς πταίσμα. Η εξαίρεση αυτή καθιερώνεται από τον ίδιο το νομοθέτη (Κρητικός, 1998, 4).

3.3.1.1. Αδικοπρακτική ευθύνη

Σύμφωνα με το άρθρο 914 ΑΚ «όποιος ζημιώσει άλλον παράνομα και υπαίτια έχει υποχρέωση να τον αποζημιώσει». Σύμφωνα με τον εν λόγω κανόνα, για να διαπιστωθεί η αδικοπρακτική ευθύνη θα πρέπει η ζημιά να οφείλεται αιτιωδώς σε ανθρώπινη πράξη παράνομη και υπαίτια.

Κατά την κρατούσα γνώμη, το παράνομο κρίνεται από το αποτέλεσμα με την έννοια ότι για την κατάφαση της παρανομίας ερευνάται αν προκλήθηκε παράνομη ζημιά, αν

δηλαδή προσβλήθηκε δικαίωμα ή έννομο συμφέρον του ζημιωθέντος. Για την κατάφαση της παρανομίας δεν απαιτείται παράβαση συγκεκριμένου κανόνα δικαίου, αλλά αρκεί η αντίθεση της συμπεριφοράς στο γενικότερο πνεύμα του δικαίου ή στις επιταγές της έννομης τάξης (Σταθόπουλος, 2004, 156-158). Έτσι, παρανομία συνιστά και η παράβαση της γενικής υποχρέωσης πρόνοιας και ασφάλειας στο πλαίσιο της συναλλακτικής και γενικότερα της κοινωνικής δραστηριότητας των ατόμων. Συνεπώς, παράνομη πράξη υφίσταται και όταν δεν τηρείται η επιμέλεια που μπορεί και πρέπει να επιδεικνύει ένας μέσος συνετός άνθρωπος για την ασφάλεια και την προστασία προσώπων και αγαθών, σύμφωνα με την αρχή της καλής πίστης και τα χρηστά ήθη.

Περαιτέρω αυτοτελής προϋπόθεση για τη θεμελίωση της αδικοπρακτικής ευθύνης είναι η υπαιτιότητα του ζημιώσαντος, ήτοι απαιτείται να μπορεί η συμπεριφορά του αυτή να αποδοθεί σε μια ιδιαίτερη ψυχική στάση που θεωρείται επιλήψιμη και αποδοκιμάζεται από το δίκαιο. Με τον όρο πταίσμα ή υπαιτιότητα, ως αναγκαία προϋπόθεση για τη θεμελίωση της ευθύνης κατά το σύστημα του ΑΚ (αρ. 300 ΑΚ), εννοείται ο ψυχικός δεσμός του προσώπου προς μια ενέργεια του ή προς το αποτέλεσμα της, ο οποίος (δεσμός) δικαιολογεί τη σε βάρος του μομφή από την έννομη τάξη με τη γένεση στο πρόσωπό του ευθύνης προς αποζημίωση (Γεωργιάδης, Α., Σταθόπουλος, Μ., 1982, 181 επ.). Ο ψυχικός αυτός δεσμός του προσώπου προς μια ενέργειά του συνίσταται, είτε στο ότι επιδίωξε την ενέργεια αυτή (δόλος) είτε στο ότι δεν έλαβε τα αναγκαία μέτρα, έτσι ώστε να την αποφύγει. Η προϋπόθεση της υπαιτιότητας πληρούται, αν στο πρόσωπο του ζημιώσαντος υπάρχει οποιαδήποτε μορφή δόλου ή αμέλειας, βαριάς ή ελαφριάς μορφής. Η υπαιτιότητα προϋποθέτει ικανότητα προς καταλογισμό (ή ικανότητα προς αδικοπραξία ή ικανότητα προς πταίσμα). Η ικανότητα προς καταλογισμό είναι απαραίτητη για την κατάφαση της υπαιτιότητας και περαιτέρω της αδικοπρακτικής ευθύνης. Απαιτείται δηλαδή η παράνομη συμπεριφορά να μπορεί να καταλογιστεί προσωπικά στο δράστη.

Ειδικότερα, κάτωθι θα γίνει εκτενέστερη αναφορά στην αμέλεια, ως ειδικότερη μορφή υπαιτιότητας, η οποία θα εξεταστεί ως ενδεχόμενη νομική βάση για τη θεμελίωση ευθύνης σε περιπτώσεις ατυχημάτων στα οποία εμπλέκονται αυτόνομα οχήματα.

3.3.1.2. Αμέλεια

Ευθύνη από αμέλεια δύναται να φέρει ο κατασκευαστής ενός αυτόνομου οχήματος λόγω της ύπαρξης κάποιου ελαττώματος κατά το στάδιο της παραγωγής, καθώς και ο ιδιοκτήτης του οχήματος λόγω της αμελούς συντήρησης αυτού. Κοινός παράγοντας της ευθύνης καθίσταται η έλλειψη της δέουσας επιμέλειας, η οποία αποτελεί έκφραση της αρχής της καλής πίστης και των συναλλακτικών ηθών.

Για την κατάφαση της εν λόγω ευθύνης, απαιτείται η απόδειξη (α) της ύπαρξης ενός καθήκοντος συμμόρφωσης με ένα πρότυπο συμπεριφοράς, (β) της παραβίασης της προηγούμενης υποχρέωσης και (γ) του αιτιώδους συνδέσμου ανάμεσα στην παραβίαση και την πρόκληση της ζημίας (Barfield, 2018).

Ειδικότερα, όσον αφορά στον ιδιοκτήτη του οχήματος δύναται να φέρει ευθύνη σε περίπτωση που παραβλέψει ή απορρίψει μια σημαντική ενημέρωση ασφαλείας με αποτέλεσμα να μην γίνει η ενδεδειγμένη αναβάθμιση του λογισμικού του και να προκληθεί ατύχημα εξ αυτής της αιτίας. Άλλωστε τίθεται ζήτημα προβλεψιμότητας των δυσμενών συνεπειών, καθώς ο ιδιοκτήτης του οχήματος δύναται να προβλέψει ότι εφόσον δεν ακολουθήσει επακριβώς τις οδηγίες του κατασκευαστή, το αυτόνομο αυτοκίνητο δεν θα είναι απόλυτα ασφαλές. Σε νομικό επίπεδο, η εν λόγω δυνατότητα προβλεψιμότητας πληροί την προϋπόθεση της γνώσης εκ μέρους του ιδιοκτήτη του οχήματος προκειμένου να μετακυλήσει η ευθύνη από τον κατασκευαστή στον ιδιοκτήτη του οχήματος (Winkelman et al., 2019).

Σε κάθε περίπτωση ο ιδιοκτήτης του αυτόνομου οχήματος δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνος, εφόσον έχει κάνει όλες τις ενδεδειγμένες ενέργειες σχετικά με τη διαφύλαξη της κατοχής του αυτοκινήτου από τον ίδιο και τη δέουσα συντήρησή του, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (περιοδικές συντηρήσεις, επισκευές, κατάλληλα ανταλλακτικά) και τους θεσπισμένους κανόνες της Πολιτείας (π.χ. τεχνικός έλεγχος – ΚΤΕΟ, Κάρτα Ελέγχου Καυσαερίων).

Η κυριότερη δυσκολία που ανακύπτει με τη χρήση της εν λόγω νομικής βάσης για τη θεμελίωση της αστικής ευθύνης είναι ο ακριβής καθορισμός του κατά πόσο παραβιάστηκε η αρχή της δέουσας επιμέλειας, ως αυτή ορίζεται από τα πρότυπα που

υιοθετεί ο μέσος λογικός κατασκευαστής σύμφωνα με τους οικείους κανόνες της βιομηχανίας, κατά τη διάρκεια της οδήγησης.

Δεδομένου ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα χαρακτηρίζονται συνήθως από πολλαπλές κι επαυξημένες δυνατότητες αντίληψης του εξωτερικού περιβάλλοντος, εντοπισμού κινδύνων και λειτουργιών ασφαλείας, η εξακρίβωση της γενεσιουργού αιτίας της δυσλειτουργίας που προκάλεσε το ατύχημα, καθώς και ο υπολογισμός του μεριδίου ευθύνης του οδηγού μέσω του προσδιορισμού της συμβολής ή μη αυτού στην οδήγηση του αυτοκινήτου και τη λήψη ή μη των ενδεδειγμένων και έγκαιρων ενεργειών προς αποφυγή του ατυχήματος, κρίνονται ως ιδιαίτερα δυσχερή.

Το βάρος απόδειξης φέρει εν προκειμένω ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου, καθώς είναι αυτός που πρέπει να αποδείξει την ύπαρξη πταίσματος εκ μέρους του κατασκευαστή του αυτοκινήτου. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ένα τέτοιο σύστημα απονομής ευθύνης καθίσταται ιδιαίτερα επαχθές για τον ιδιοκτήτη του αυτόνομου αυτοκινήτου, διότι ο τελευταίος επιβαρύνεται με τη δυσκολία της απόδειξης και το κόστος αυτής.

Παρόλα αυτά, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των αυτοματοποιημένων οχημάτων δημιουργούν δυσχέρειες ως προς τη θεμελίωση της ευθύνης δυνάμει του άρθρου 914 ΑΚ, καθώς η λήψη των απαραίτητων μέτρων σύμφωνα με το επίπεδο των τεχνικών και επιστημονικών γνώσεων αρκεί για την απαλλαγή του ζημιώσαντος από την παραπάνω ευθύνη. Έτσι, οι πράξεις που μπορούν να ενταχθούν στο άρθρο 914 ΑΚ είναι λίγες και αφορούν κυρίως στην παράλειψη ορθής συντήρησης του οχήματος, στην παραβίαση των οδηγιών του κατασκευαστή ή στην εκ μέρους του κατασκευαστή παραβίαση των υποχρεωτικών κανόνων ασφάλειας του οχήματος.

Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί η ανάγκη περαιτέρω διεύρυνση της έννοιας της παραβίασης των γενικών υποχρεώσεων πρόνοιας και ασφάλειας, με την καθιέρωση μιας υποχρέωσης συνεχούς εποπτείας του αυτοματοποιημένου οχήματος. Ωστόσο, αφενός η λειτουργία της τεχνητής νοημοσύνης, με τεχνικές, όπως η μηχανική μάθηση, περιορίζει πολύ τη δυνατότητα του χρήστη να προβλέψει και να αποτρέψει ένα τροχαίο ατύχημα, ακόμη και αν υφίσταται διαρκής και ορθή εποπτεία και συντήρηση του οχήματος, και αφετέρου μία τόσο διασταλτική ερμηνεία της έννοιας της γενικής υποχρέωσης ασφάλειας και προστασίας των άλλων θα αναιρούσε στην

πράξη την ίδια την αυτόνομη λειτουργία της τεχνολογίας των αυτοματοποιημένων οχημάτων. Εξάλλου, κάθε προσπάθεια απόδειξης πταίσματος, σε περιπτώσεις λειτουργίας τεχνητής νοημοσύνης, ειδικά όταν το βάρος απόδειξης φέρει ο ζημιωθείς, είναι εξαιρετικά δυσχερής (Χρηστάκη, 2020).

3.3.2. Αντικειμενική ευθύνη

Ο νομοθέτης για λόγους μεγαλύτερης προστασίας των θυμάτων αυτοκινητικών ατυχημάτων θέσπισε υποχρέωση προς αποζημίωση αν συντρέξουν ορισμένες προϋποθέσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές περιέχονται στο Ν. ΓπΝ/1911. Σε αυτές δε συμπεριλαμβάνεται η υπαιτιότητα ή το πταίσμα, αλλά η διακινδύνευση. Η ευθύνη από διακινδύνευση ως είδος της αντικειμενικής ευθύνης συνδέεται με το γεγονός ότι ορισμένες δραστηριότητες ή καταστάσεις ή πράγματα από μόνη την ύπαρξή τους ενέχουν κινδύνους για τον εξωτερικό κόσμο. Ειδικότερα, η ευθύνη από διακινδύνευση κατά το Ν. ΓπΝ/1911 συνδέεται προς τη λειτουργία του αυτοκινήτου ως πηγή κινδύνων (Κρητικός, 1998, 5,7).

Σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση, το θύμα του αυτοκινητικού ατυχήματος που προκλήθηκε από αυτόνομο αυτοκίνητο, εφόσον ζημιώθηκε, δικαιούται αποζημίωσης από τον κατασκευαστή του αυτοκινήτου για τη βλάβη που υπέστη χωρίς να χρειάζεται να αποδείξει την αμέλεια του κατασκευαστή ή την ελαττωματικότητα του προϊόντος. Αν και στη σύλληψή της η εν λόγω θεώρηση φαίνεται απλή, στην εφαρμογή ανακύπτουν κάποιοι προβληματισμοί. Κυρίαρχοι προβληματισμοί είναι από που πηγάζει η εν λόγω ευθύνη προς αποζημίωση εκ μέρους του κατασκευαστή, καθώς και εάν η ευθύνη άνευ πταίσματος θα αποθαρρύνει τους κατασκευαστές από το να εισάγουν στην αγορά ή να υιοθετήσουν υψηλά επίπεδα ασφαλείας, μιας και θα καθίστανται αυτομάτως υπεύθυνοι και υπόχρεοι σε αποζημίωση χωρίς να γίνεται προηγούμενη αξιολόγηση του βαθμού της επιμέλειάς τους ή της ύπαρξης ή μη τυχόν ελαττωμάτων στα προϊόντα τους. Στην πράξη, το βάρος της υπόδειξης των ανεύθυνων κατασκευαστών θα πέσει στην εκάστοτε Κυβέρνηση, βάρος το οποίο είναι ιδιαίτερα επαχθές για να κομιστεί από τον εθνικό νομοθέτη. Το εν λόγω καθεστώς είναι επίσης ακατάλληλο για χώρες που κατ' εξοχήν εισάγουν προϊόντα, καθώς οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν την έδρα τους εκτός Ελλάδος και ενδέχεται να αντιδράσουν σε υποχρεωτικές εισφορές σε κοινό ταμείο.

3.3.2.1. Αστική ευθύνη από διακινδύνευση (Ν. ΓπΝ'/1911)

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, στην ελληνική έννομη τάξη καθιερώνεται η ευθύνη από διακινδύνευση που έχει ως πηγή της τα αυτοκίνητα. Οι ειδικές ρυθμίσεις περιλαμβάνονται στον Ν. ΓπΝ'/1911 (Νόμος ΓπΝ'/1911 (Υπ' Αριθμ. 3950) - Περί Της Εκ Των Αυτοκινήτων Ποινικής Και Αστικής Ευθύνης | Νομοθεσία | Lawspot, n.d.), όπως αυτός μεταγενέστερα συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε με τα άρθρα 1 και 2 του Ν. 3879/1929, άρθρο 45 του Ν. 4841/1930 και άρθρο 4 Ν.Δ. 3555/1956. Ο Ν. ΓπΝ'/1911 παρά την παλαιότητά του διατηρήθηκε σε ισχύ με τις διατάξεις των άρθρων 47 και 114 του Εισ.ΝΑΚ. Σε αυτόν αναφέρεται ο Ν. 2094/1992 (Κ.Ο.Κ.), ο οποίος τροποποιήθηκε από το Ν. 2696/1999 (Νόμος 2696/1999 - ΦΕΚ 57/Α/23-3-1999 (Κωδικοποιημένος) - ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ, n.d.), και αποτελεί το βασικό θεμέλιο της ευθύνης από διακινδύνευση που προέρχεται από τα αυτοκίνητα κατά την έννοια του νόμου.

Δικαιολογητική βάση της καθιέρωσης της άνευ πταίσματος του ζημιώσαντος ευθύνης από διακινδύνευση είναι ότι η λειτουργία των αυτοκινήτων αποτελεί πηγή κινδύνου για τρίτους, καθώς δύναται να προκληθεί βλάβη σε έννομα αγαθά προσώπων (υγεία, περιουσία, ζωή κ.α.). Η ευθύνη αυτή βαρύνει ορισμένα πρόσωπα τα οποία κατά κάποιο τρόπο συνδέονται με το αυτοκίνητο και τη λειτουργία του. Την ευθύνη έχει ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου, εφόσον αυτός δημιουργεί μία πηγή κινδύνων και απολαμβάνει τα κάθε φύσεως ωφελήματα του αυτοκινήτου. Επίσης, ο κάτοχος του αυτοκινήτου που κατά κανόνα απολαμβάνει και αυτός τα ωφελήματα του αυτοκινήτου και ο οδηγός που ελέγχει και εξουσιάζει υλικά την κίνηση και τους κινδύνους του αυτοκινήτου.

- Ευθύνη του οδηγού του οχήματος

Ο Ν. ΓπΝ'/1911 δεν ορίζει την έννοια του οδηγού αυτοκινήτου. Η διαπίστωση της έννοιας του οδηγού αποτελεί ζήτημα πραγματικό και εξετάζεται σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Τόσο στο χώρο του ελληνικού δικαίου όσο και στις συγγενείς ευρωπαϊκές έννομες τάξεις γίνεται δεκτό από τη θεωρία και τη νομολογία ότι οδηγός του αυτοκινήτου είναι το πρόσωπο το οποίο κατά το χρόνο του ατυχήματος βρίσκεται στο τιμόνι έχοντας την πραγματική δυνατότητα να ενεργήσει τους κατάλληλους μηχανικούς χειρισμούς ώστε να είναι δυνατή η μετακίνηση του αυτοκινήτου. Βασική προϋπόθεση είναι το πρόσωπο αυτό να έχει αναλάβει την

πραγματική «διεύθυνση» του οχήματος, να επεμβαίνει δηλαδή στο τιμόνι, στα πεντάλ ή στα φρένα, ακόμα και αν στιγμιαίως εξήλθε από αυτό. Δε θεωρείται οδηγός το πρόσωπο το οποίο είναι τοπικά έξω από το αυτοκίνητο και δίνει σχετικές οδηγίες στο πρόσωπο που βρίσκεται στο τιμόνι ούτε το πρόσωπο το οποίο έχει αναλάβει τη φύλαξη του αυτοκινήτου (Κρητικός, 1998, 1276).

Ειδικότερα, όσον αφορά στην ευθύνη του χειριστή- οδηγού των αυτόνομων οχημάτων γεννώνται πολλαπλά ζητήματα. Ο χειριστής είναι μία από τις σημαντικές οντότητες σε περίπτωση οποιουδήποτε συμβάντος. Κάτωθι, θα αναλυθούν τέσσερα συγκεκριμένα σενάρια του ρόλου του οδηγού για να εξεταστεί περαιτέρω η ευθύνη του σε περίπτωση ατυχήματος αυτόνομου οχήματος.

α. Αφηρημένος οδηγός: Ένας οδηγός που δεν είναι πλήρως προσεκτικός χαρακτηρίζεται ως αφηρημένος οδηγός, όπως είναι παραδείγματος χάριν κάποιος που διαβάζει την ηλεκτρονική αλληλογραφία κ.λπ. Στην περίπτωση αυτή, ο οδηγός σκόπιμα ασχολείται με άλλες δραστηριότητες, βασιζόμενος πλήρως στο σύστημα αυτόνομης οδήγησης. Ωστόσο, εάν κάποιο ατύχημα συμβεί και το σύστημα δεν ενημερώσει τον οδηγό να αναλάβει τον έλεγχο του αυτοκινήτου, τότε προκύπτει το ζήτημα για το ποιος θα ευθύνεται, δηλαδή ο οδηγός ή ο κατασκευαστής, καθώς το αυτοκίνητο βρισκόταν σε αυτόνομη λειτουργία;

β. Οδηγός με μειωμένες ικανότητες: Ένα άτομο του οποίου οι ικανότητες οδήγησης είναι μειωμένες λόγω κάποιων λόγων, όπως είναι παραδείγματος χάριν ένας ηλικιωμένος άνθρωπος ή ένα άτομο με κάποια ιατρικά προβλήματα. Σε περίπτωση που το αυτοκίνητο παρουσιάσει βλάβη και ο οδηγός δεν είναι σε θέση να αναλάβει τον έλεγχο του αυτοκινήτου την απαιτούμενη στιγμή (παρόλο που το αυτοκίνητο έχει ενημερώσει) και συμβεί ατύχημα γεννάται το ζήτημα για το αν θα ευθύνεται ο οδηγός ή ο κατασκευαστής.

γ. Οδηγός με αναπηρία: Ένα άτομο που δεν μπορεί να οδηγήσει λόγω σωματικής αναπηρίας, όπως τύφλωση, και οδηγεί αυτόνομο όχημα και συμβαίνει ατύχημα. Τότε, ποιος είναι υπεύθυνος; δηλαδή, ο οδηγός ή ο κατασκευαστής;

δ. Προσεκτικός οδηγός: Προσεκτικός οδηγός είναι αυτός που δεν εμπιστεύεται το αυτόνομο όχημα και παρακολουθεί συνεχώς τον δρόμο, το περιβάλλον και το όχημα. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, αρχίζει να εμπιστεύεται το αυτόνομο όχημα.

Ωστόσο, μια μέρα βλέπει ότι το όχημά του παρασύρεται σε άλλη λωρίδα ενώ οδηγεί. Αντί να πάρει τον έλεγχο, εμπιστεύεται το όχημά του ότι θα αποφύγει το ατύχημα διορθώνοντας το λάθος του, όπως ισχυρίζεται ο κατασκευαστής. Ωστόσο, συμβαίνει ένα ατύχημα. Σε αυτή την περίπτωση, ευθύνεται ο οδηγός που δεν πήρε τον έλεγχο του οχήματος ή ο κατασκευαστής (Uzair, 2021);

Κατά μία έννοια θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ο οδηγός ενός αυτόνομου οχήματος, ιδίως σε οχήματα υψηλού αυτοματισμού, θεωρείται περισσότερο επιβάτης πλέον παρά οδηγός, διότι δεν είναι αυτός που χειρίζεται το όχημα. Όπως ακριβώς δεν είναι δυνατόν να υπέχει οιασδήποτε ευθύνης κάποιος επιβάτης ενός λεωφορείου για τις ζημιές που προκλήθηκαν σε κάποιον τρίτο από τη σύγκρουση του οχήματός του με το λεωφορείο, με τον ίδιο τρόπο δε νοείται ο οδηγός του αυτόνομου οχήματος να φέρει οιαδήποτε ευθύνη για το ατύχημα του δικού του οχήματος με κάποιου τρίτου.

Εξαιρεση βέβαια, αποτελεί η περίπτωση που ο οδηγός αναλαμβάνει το χειρισμό του οχήματος και έχει εύλογο χρόνο προκειμένου να αντιδράσει, αλλά δεν το πράττει, με συνέπεια την πρόκληση ατυχήματος. Σε αυτή την περίπτωση, η νομική βάση για τη στοιχειοθέτηση της ευθύνης του οδηγού μπορεί να αναζητηθεί στην αμελή συμπεριφορά του (υποκειμενική ευθύνη).

- Η ευθύνη του κατόχου του οχήματος

Σε αντίθεση με την έννοια του οδηγού, ο Ν. ΓπΝ'/1911 στη διάταξη του άρθρου 2 παρ. 2 ορίζει την έννοια του κατόχου αυτοκινήτου. Από τη διάταξη αυτή προκύπτει ότι βασικά στοιχεία του κατόχου είναι η κατοχή του αυτοκινήτου κατά το χρόνο του ατυχήματος κατά κυριότητα ή δυνάμει συμβάσεως και η εκμετάλλευσή του στο δικό του όνομα. Η απλή και μόνο κατοχή του αστικού δικαίου (ΑΚ 974) δεν ταυτίζεται με την έννοια της κατοχής του άρθρου 2 παρ. 2 του Ν. ΓπΝ'/1911. Απαιτείται εκμετάλλευση του αυτοκινήτου από τον ιδιοκτήτη του ή από τρίτο πρόσωπο δυνάμει συμβάσεως με τον ιδιοκτήτη. «Εκμετάλλευση ιδίω ονόματι» βασικά σημαίνει άντληση από τη λειτουργία του αυτοκινήτου (αμέσως ή εμμέσως) οικονομικού ή επαγγελματικού οφέλους με τη μορφή κέρδους. Περιλαμβάνονται όμως και άλλοι περαιτέρω σκοποί όπως είναι η ψυχαγωγία και το όφελος που συνίσταται στην άνετη μετακίνηση. Ο κύριος που έχει παραχωρήσει το αυτοκίνητό του σε κάποιο τρίτο συνιστώντας δικαίωμα επικαρπίας ή το έχει εκμισθώσει σε κάποια επιχείρηση για

μεγάλο διάστημα χρόνου (π.χ. 1 έτος) δεν είναι κάτοχος. Τέτοιος είναι το πρόσωπο στο οποίο παραχωρήθηκε το αυτοκίνητο (Κρητικός, 1998, 1283).

Όσον αφορά στην έννοια του κατόχου, κατά την έννοια του άρθρου 2 παρ. 2 δε γίνεται κανείς μόνο κατά τρόπο νόμιμο, αλλά είναι δυνατό και παρανόμως. Για να συντρέχει τέτοια περίπτωση προϋποτίθεται ότι η χρησιμοποίηση του αυτοκινήτου γίνεται με γνώση από την πλευρά του δράστη αλλά χωρίς τη γνώση και θέληση του προσώπου που δικαιούται να το χρησιμοποιεί (Κρητικός, 1998, 1310).

- Η ευθύνη του ιδιοκτήτη του οχήματος

Στο άρθρο 4 του Ν. ΓπΝ'/1911 θεμελιώνεται ευθύνη σε βάρος του ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου που κατά τη λειτουργία του προκαλεί ζημία σε τρίτο. Η ευθύνη βαρύνει τον ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου και όχι του τυχόν μεταφερόμενου με αυτό φορτίου. Σημασία έχει η ύπαρξη κυριότητας κατά το χρόνο του ατυχήματος. Συνεπώς, η ευθύνη του ιδιοκτήτη εξακολουθεί να υπάρχει έστω και αν αυτός μετά το ατύχημα μεταβίβασε την κυριότητα σε τρίτο πρόσωπο. Η ευθύνη του ιδιοκτήτη του ζημιολόγου αυτοκινήτου δεν προϋποθέτει και κατοχή στο πρόσωπό του. Ο Ν. ΓπΝ'/1911 λαμβάνοντας υπόψη ότι ένας ιδιοκτήτης που δεν είναι και κάτοχος ούτε οδηγός δεν εξουσιάζει αντικειμενικά τους κινδύνους από την κυκλοφορία του αυτοκινήτου, με το άρθρο 4 περιορίζει την ευθύνη του μέχρι την αξία του αυτοκινήτου και δίνει τη δυνατότητα απαλλαγής από την ευθύνη, αν αυτό επιτραπεί από το δικαστήριο (Κρητικός, 1998, 1323-1325).

Συνεπώς, δε δημιουργούνται προβλήματα στη θεμελίωση ευθύνης του ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου μιας και σύμφωνα με το ισχύον νομικό πλαίσιο η ευθύνη αυτή είναι αντικειμενική, ήτοι δεν απαιτείται η ύπαρξη οιασδήποτε μορφής υπαιτιότητας από πλευράς του ιδιοκτήτη. Συνεπώς, δεν τίθεται ζήτημα αυτή η θεώρηση να μην ισχύσει και στην περίπτωση των αυτόνομων αυτοκινήτων.

Από τα παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι σύμφωνα με τις μέχρι τώρα ερμηνείες της έννοιας του οδηγού, δύσκολα θα μπορούσε να θεωρηθεί οδηγός ενός αυτοματοποιημένου οχήματος κάποιος από τους επιβάτες του. Οι επιβάτες ενός αυτόνομου οχήματος δεν έχουν αντικειμενικά τη δυνατότητα να ελέγξουν την κίνηση του οχήματος, παρά μόνο να ορίσουν τη διαδρομή του. Συνεπώς, σύμφωνα με την ανωτέρω ερμηνεία, η ευθύνη προς αποζημίωση ζημιάς που υπέστη τρίτο πρόσωπο,

σε περίπτωση τροχαίου ατυχήματος που προκλήθηκε από αυτό-οδηγούμενο όχημα, μπορεί να επιρριφθεί κατά κύριο λόγο στον κάτοχο αυτού και στον ιδιοκτήτη του, καθώς αυτοί ελέγχουν την πηγή κινδύνου και απολαμβάνουν τα οφέλη που προσφέρει (Χρηστάκη, 2020).

- **Λόγοι απαλλαγής ευθύνης**

Η ευθύνη του Ν. ΓπΝ'/1911 είναι ευθύνη από διακινδύνευση, όπως αναφέρθηκε και άνωθι.. Προϋπόθεση της αστικής ευθύνης είναι η πραγματοποίηση του κινδύνου από τη λειτουργία του αυτοκινήτου. Είναι ανεξάρτητη από παράνομη και υπαίτια πράξη ανθρώπου και για τη γέννησή της αρκούν ορισμένα τεχνικά γεγονότα που δεν αποτελούν ανθρώπινη συμπεριφορά (π.χ. λειτουργία του αυτοκινήτου). Δεν ερευνάται και η ικανότητα προς καταλογισμό. Δεν απαιτείται απόδειξη υπαιτιότητας από την πλευρά αυτού που ζημιώθηκε όπως γίνεται στην ΑΚ 914. Μόνη η απόδειξη από την πλευρά των υπευθύνων προσώπων της ελλείψεως οποιασδήποτε υπαιτιότητας δεν ανατρέπει την ευθύνη. Ο ίδιος ο Νόμος (άρθρο 5 Ν. ΓπΝ'/1911) καθορίζει αυστηρά με ποιες προϋποθέσεις μπορούν να απαλλαγούν τα καταρχήν από το νόμο ευθυνόμενα πρόσωπα, όπως θα αναλυθεί παρακάτω.

Υπάρχουν περιπτώσεις που για αντικειμενικούς λόγους δεν μπορεί να αποφευχθεί το ατύχημα παρά την όποια επιμέλεια έχει καταβάλει ο οδηγός. Ανακύπτει τότε ανάγκη μετριασμού της αντικειμενικής ευθύνης. Ο μετριασμός αυτός επιχειρείται με την εισαγωγή συγκεκριμένων λόγων. Οι λόγοι αυτοί ισχύουν για όλα τα ευθυνόμενα πρόσωπα. Με την απόδειξη ενός από τους λόγους αυτούς ανατρέπεται η αντικειμενική ευθύνη των υπόχρεων. Οι λόγοι αυτοί είναι : α) περίπτωση ανωτέρας βίας, β) αποκλειστική υπαιτιότητα του παθόντος, γ) πταίσμα τρίτου προσώπου που δεν ανήκει στην υπηρεσία του αυτοκινήτου (Κρητικός, 1998, 1381).

Για τον οδηγό του ζημιογόνου αυτοκινήτου ισχύει, εκτός από τους παραπάνω λόγους, και εκείνος που αναφέρεται στην πρόκληση του ατυχήματος από ελάττωμα του αυτοκινήτου το οποίο δεν μπορούσε να γνωρίζει ο οδηγός επιδεικνύοντας οποιαδήποτε επιμέλεια (άρθρο 5 Ν. ΓπΝ'/1911). Οι παραπάνω αναφερόμενοι ειδικοί λόγοι απαλλαγής προβλέπονται από το Ν. ΓπΝ'/1911. Δεν αποκλείεται όμως η αναγνώριση και άλλων εκτός του Ν. ΓπΝ'/1911 λόγων που αναιρούν το παράνομο της πράξεως ή παραλείψεως. Κατά αυτόν τον τρόπο, διανοίγεται ένα παράθυρο για

τη θεμελίωση και έτερων λόγων που θα ανταποκρίνονται καλύτερα στην πραγματικότητα των αυτόνομων οχημάτων.

α. Ανωτέρα βία

Για την έννοια της ανωτέρας βίας αναπτύχθηκαν δύο θεωρίες: η αντικειμενική ή απόλυτη και η υποκειμενική ή σχετική. Η πρώτη θεωρία που είναι και αυστηρότερη θεωρεί ένα περιστατικό ως ανωτέρα βία αν από την ίδια τη φύση του είναι αναπότρεπτο. Το περιστατικό αυτό αναζητείται σε «εξωτερικά», σε σχέση με τον οφειλέτη, γεγονότα.

Επιεικέστερη είναι η δεύτερη θεωρία η οποία φαίνεται να επικρατεί στην ελληνική νομολογία. Η θεωρία αυτή διευρύνοντας κατά το αποτέλεσμα τον κύκλο των περιστατικών ανωτέρας βίας περιλαμβάνει σ' αυτόν και γεγονότα εσωτερικά. Στα πλαίσια του άρθρου 5 του Ν. ΓπΝ'/1911 από την κρατούσα ελληνική νομολογία και θεωρία γίνεται δεκτή μία κάπως τροποποιημένη μορφή αντικειμενική θεωρίας της ανωτέρω βίας. Έτσι κατά την παραπάνω διάταξη ανωτέρα βία αποτελεί κάθε γεγονός το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι απρόβλεπτο, δεν μπορεί να αποτραπεί με μέτρα και της πλέον εξαιρετικής επιμέλειας και σύνεσης που επιβάλλονται στη συγκεκριμένη περίπτωση, είναι ξένο με το μηχανισμό και τη λειτουργία του αυτοκινήτου και δε συνδέεται με τους τυπικούς κινδύνους του αυτοκινήτου. Περίπτωση ανωτέρας βίας υπάρχει όταν κεραυνός χτυπήσει το αυτοκίνητο το οποίο ξεφεύγει από την πορεία του, ανεβαίνει στο πεζοδρόμιο και τραυματίζει σοβαρά κάποιον διαβάτη. Μάλιστα έχει κριθεί ότι δε συνιστούν περιστατικά ανωτέρας βίας η βλάβη του συστήματος διεύθυνσης ή τροχοπεδήσεως, η έκρηξη του αυτοκινήτου συνεπείας ελαττωματικής κατασκευής και ατύχημα που οφείλεται σε ολισθηρότητα του δρόμου λόγω βροχής ή χιονοπτώσεως που προηγήθηκε (Κρητικός, 1998, 1382).

Κατ' αναλογική εφαρμογή των παραπάνω, διαπιστώνει κανείς ότι η εσφαλμένη απόφαση της Τεχνητής Νοημοσύνης συνεπεία της οποίας προκαλείται ατύχημα, δεν συνιστά λόγο ανωτέρας βίας, έτσι ώστε να απαλλαγθεί από την ευθύνη ο υπόχρεος προς αποζημίωση, καθώς το γεγονός αυτό συνδέεται άμεσα με τη λειτουργία και τους τυπικούς κινδύνους του αυτο-οδηγούμενου οχήματος (Χρηστάκη, 2020).

β. Υπαιτιότητα του θύματος

Άλλος λόγος που προβλέπεται από το νόμο για την απαλλαγή του ενεχόμενου προσώπου είναι η αποκλειστική υπαιτιότητα του θύματος στη ζημία του (άρθρο 5 του Ν. ΓπΝ'/1911). Τέτοια είναι η περίπτωση του πεζού που ανέλεγκτα πέφτει μπροστά από ένα προ αυτού διερχόμενο αυτοκίνητο. Δεν αρκεί προς απαλλαγή συντρέχουσα υπαιτιότητα του θύματος (ΑΚ 300). Απαιτείται αποκλειστική υπαιτιότητα του ίδιου του προσώπου θύματος του ατυχήματος (Κρητικός, 1998, 1387).

γ. Πταίσμα τρίτου προσώπου που δεν ανήκει στην υπηρεσία του αυτοκινήτου

Άλλος λόγος που οδηγεί στην απαλλαγή του ενεχόμενου προσώπου είναι ότι η πρόκληση του ατυχήματος οφείλεται σε αποκλειστική υπαιτιότητα τρίτου προσώπου που δεν ανήκει στην υπηρεσία του αυτοκινήτου (άρθρο 5 του Ν. ΓπΝ'/1911). Η υπαιτιότητα του τρίτου πρέπει να είναι αποκλειστική. Ενδεικτικά αναφέρεται ένα παράδειγμα όταν κάποιος σπρώχνει ένα πεζό μπροστά σε ένα διερχόμενο αυτοκίνητο και ο πεζός τραυματίζεται (Κρητικός, 1998, 1394).

Από την άλλη πλευρά, θα πρέπει να εξεταστεί αν συνιστά λόγο απαλλαγής η δυσλειτουργία των υποδομών ή η λήψη λανθασμένων πληροφοριών από άλλα οχήματα, όταν συνεπεία αυτών το αυτοματοποιημένο σύστημα προκάλεσε ατύχημα. Σύμφωνα με το άρθρο 5 του ν. ΓπΝ/1911 για την κατάφαση του συγκεκριμένου λόγου απαλλαγής απαιτείται αποκλειστική υπαιτιότητα τρίτου προσώπου, την οποία πρέπει να αποδείξει ο υπόχρεος προς αποζημίωση. Είναι προφανές ότι η απόδειξη της υπαιτιότητας αυτής είναι εξαιρετικά δυσχερής. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι οι επιβάτες του οχήματος θεωρούνται τρίτοι, όταν ενεργούν αντίθετα προς τις οδηγίες του οδηγού ή εν προκειμένω του κατόχου του οχήματος (πχ. αιφνίδιο άνοιγμα της θύρας του οχήματος) (Χρηστάκη, 2020).

- Εξαίρεση από το πεδίο εφαρμογής του Ν. ΓπΝ'/1911 αναφορικά με τον κύκλο βλαπτόμενων προσώπων

Από το σύνολο των διατάξεων του Ν. ΓπΝ/1911 και ιδιαίτερα του άρθρου 12 προκύπτει ότι η εφαρμογή του προϋποθέτει προσβολή προσώπου που δεν είναι επιβάτης του αυτοκινήτου ή πράγματος που μεταφέρεται με αυτοκίνητο. Αυτό αποτελεί τον κανόνα. Ως δικαιολογητική βάση της ρύθμισης αυτής προβάλλεται ότι αυτός που δέχεται να επιβιβασθεί στο ζημιογόνο αυτοκίνητο ως επιβάτης ή να μεταφέρει με αυτό πράγματα, εκούσια αναλαμβάνει τον κίνδυνο. Η ρύθμιση του

νόμου είναι τέτοια ώστε καταλαμβάνει καθένα που απλώς βρίσκεται μέσα στο αυτοκίνητο έστω και αν αγνοεί τούτο ο οδηγός ή αν δύναται να εκφράσει τη σχετική βούλησή του ο μεταφερόμενος. Δεν εξετάζεται αν η μεταφορά του επιβάτη ή του πράγματος γίνεται έναντι καταβολής κομίστρου ή δωρεάν από φιλοφροσύνη ή αν υπάρχει συμμετοχή των επιβατών στη δαπάνη καυσίμων.

Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζεται προς ρύθμιση των αξιώσεων του θύματος το κοινό δίκαιο. Ειδικότερα, το θύμα αν υπάρχει σύμβαση μεταξύ αυτού και του οδηγού του αυτοκινήτου ή άλλου προσώπου που εκμεταλλεύεται το αυτοκίνητο και έχει ως προστηθέντα τον οδηγό, στα πλαίσια της συρροής ευθυνών, μπορεί να επικαλεστεί τους κανόνες της ενδοσυμβατικής ευθύνης. Αν όμως δεν υπάρχει συμβατική σχέση γιατί ο μεταφέρων δεν έχει δικαιοπρακτική βούληση νομικής δεσμεύσεως, όπως στην περίπτωση της μεταφοράς εκ λόγων φιλοφροσύνης, τότε γίνεται εφαρμογή των κανόνων της αδικοπρακτικής ευθύνης (ΑΚ 914, 922). Δηλαδή πρέπει να αποδείξει πταίσμα του οδηγού ή συνδρομή των προϋποθέσεων της ευθύνης του προστήσαντος (ΑΚ 922) ο οποίος μπορεί να είναι ο ιδιοκτήτης ή ο κάτοχος του αυτοκινήτου. Δεν αρκεί πάντως μόνη η ιδιότητα του ιδιοκτήτη ή κατόχου. Σε περίπτωση συγκρούσεως αυτοκινήτων και ζημίας σε μεταφερόμενα πρόσωπα ή πράγματα, εφαρμόζονται οι διατάξεις του Ν. ΓπΝ/1911 καθόσον αφορά τις αξιώσεις των παραπάνω κατά των υπεύθυνων του άλλου αυτοκινήτου εφόσον ο οδηγός του κριθεί υπαίτιος γιατί εδώ εφαρμόζεται το κοινό δίκαιο σύμφωνα με το άρθρο 10 Ν. ΓπΝ/1911 (Κρητικός, 1998, 1242).

Μετά τούτων καθίσταται σαφές ότι στις περιπτώσεις τροχαίων ατυχημάτων προκαλούμενων από αυτό-οδηγούμενο όχημα χωρεί η εφαρμογή του ν. ΓπΝ/1911. Παράλληλα, ο ζημιωθείς δικαιούται να αξιώσει αποζημίωση από αδικοπραξία (εφόσον διαπιστώνεται πταίσμα), από ενδοσυμβατική ευθύνη (όταν υφίσταται σύμβαση) ή από την κυκλοφορία ελαττωματικών προϊόντων (εφόσον η ζημία οφείλεται σε ελάττωμα του οχήματος). Ωστόσο, όσον αφορά στους επιβάτες του οχήματος, η αξίωση αποζημίωσής τους από ατύχημα μπορεί να στηρίζεται μόνο στις νομικές βάσεις της αδικοπραξίας, της σύμβασης και της ευθύνης περί ελαττωματικού προϊόντος, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η δυνατότητα αποκατάστασης των ζημιών που έχουν υποστεί (Χρηστάκη, 2020).

3.3.2.2. Ευθύνη από ελαττωματικά προϊόντα

Πρόκειται για το ρυθμιστικό πλαίσιο, βάσει του οποίου καταλογίζεται ευθύνη στον παραγωγό ή σε οποιοδήποτε πρόσωπο μεσολάβησε στα ενδιάμεσα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του ελαττωματικού προϊόντος, εφόσον το τελευταίο προξένησε ζημία, ανεξαρτήτως υπαιτιότητας οποιουδήποτε προσώπου. Το ως άνω καθεστώς προβλέπεται από την ευρωπαϊκή Οδηγία 85/374/ΕΟΚ (EUR-Lex - 31985L0374 - EL, n.d.), όπως αυτή ενσωματώθηκε στην εθνική έννομη τάξη με το Ν. 2251/94.

- Ευθύνη του παραγωγού

Σύμφωνα με το άρθρο 6 παρ. 1 του Ν. 2251/94, ο παραγωγός ευθύνεται για κάθε ζημία που οφείλεται σε ελάττωμα του προϊόντος του. Η έννοια του παραγωγού ορίζεται ευρύτατα (άρθρ. 6 παρ. 2α, 3, 4) και περιλαμβάνει όχι μόνο τον πραγματικό παραγωγό, αλλά και άλλα πρόσωπα που συμμετέχουν στη διαδικασία της παραγωγής και της διανομής, δηλαδή τον αποκαλούμενο οιονεί παραγωγό, τον εισαγωγέα και υπό προϋποθέσεις τον προμηθευτή του προϊόντος. Στην έννοια του πραγματικού παραγωγού, δηλαδή του προσώπου στην κατασκευαστική αλυσίδα στο οποίο αποδίδεται το προϊόν υπάγονται ο παραγωγός του τελικού προϊόντος, ο παραγωγός της πρώτης ύλης και ο παραγωγός συστατικού μέρους του τελικού προϊόντος.

Ο παραγωγός του τελικού προϊόντος ευθύνεται για όλα τα ελαττώματα τα οποία παρουσιάζει το προϊόν, ακόμα και όταν το ελάττωμα δεν οφείλεται στη δική του συμβολή στην παραγωγική διαδικασία, αλλά βαρύνει τμήμα του προϊόντος το οποίο προέρχεται από άλλον κατασκευαστή από τον οποίο το παρήγγειλε και το προμηθεύτηκε. Αντίθετα, ο παραγωγός συστατικού πράγματος ή πρώτης ύλης ευθύνεται κατά τις διατάξεις του νόμου υπό την αυτονόητη προϋπόθεση ότι το ελάττωμα που προκάλεσε τη ζημία εκπορεύεται από την πρώτη ύλη ή από το συγκεκριμένο συστατικό μέρος πράγματος.

Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η εξακρίβωση της ταυτότητας του παραγωγού, του οιονεί παραγωγού ή του εισαγωγέα του προϊόντος, προκειμένου να προστατευθεί ο καταναλωτής, ο νόμος εισάγει την ευθύνη του προμηθευτή. Ως προμηθευτή ο νόμος θεωρεί το πρόσωπο που διαθέτει το προϊόν προς πώληση, μίσθωση, χρηματοδοτική μίσθωση ή οποιαδήποτε άλλη μορφή διανομής στο πλαίσιο της επαγγελματικής, δραστηριότητας, σύμφωνα με όσα ισχύουν και στην περίπτωση του εισαγωγέα. Ο

προμηθευτής ευθύνεται ακριβώς όπως και ο πραγματικός παραγωγός, εκτός εάν ενημερώσει τον ζημιωθέντα, εντός εύλογης προθεσμίας, για την ταυτότητα του παραγωγού ή του προσώπου που του προμήθευσε το προϊόν.

Η ευθύνη του προμηθευτή είναι πρωτογενής, ευθύνεται λόγω παραβίασης της υποχρέωσής του να ενημερώσει τον καταναλωτή σχετικά με την ταυτότητα του παραγωγού και δεν έχει επικουρικό χαρακτήρα. Ο χαρακτηρισμός της ευθύνης του προμηθευτή έχει σημασία, διότι η παράλειψη ή η καθυστέρηση ενημέρωσης του καταναλωτή ως προς το πρόσωπο του παραγωγού καθιστά τον προμηθευτή υπεύθυνο για τη συνολική ζημία που βαρύνει τον παραγωγό και όχι μόνο για αυτήν που προκλήθηκε λόγω παράλειψης ή καθυστερημένης ενημέρωσης.

- **Προϊόν**

Όσον αφορά στην έννοια του προϊόντος, ως τέτοιο θεωρείται κάθε κινητό πράγμα, δηλαδή κάθε ενσώματο αντικείμενο, όπως το αντιλαμβάνεται η ΑΚ 947 παρ. 1. Η εφαρμογή των ειδικών διατάξεων περί ευθύνης του παραγωγού δεν περιορίζεται στα εμπορεύματα κατά την έννοια του Εμπορικού Νόμου, αλλά καταλαμβάνει όλα τα κινητά πράγματα, καινούργια ή μεταχειρισμένα, αρκεί να είναι ενσώματα.

- **Ελάττωμα**

Βασικό στοιχείο της ευθύνης του παραγωγού συνιστά το ελάττωμα. Ως προϋπόθεση της ευθύνης του παραγωγού, το ελάττωμα διαφέρει από το πραγματικό ελάττωμα του ενδοσυμβατικού δικαίου και δεν ταυτίζεται πλήρως με τον ομώνυμο όρο του δικαίου των αδικοπραξιών. Επιπλέον, ελαττωματικό σύμφωνα με το Ν. 2251/94 είναι το προϊόν αν δεν παρέχει την εύλογα αναμενόμενη ασφάλεια.

- **Ζημία**

Στοιχείο απαραίτητο για τη στοιχειοθέτηση ευθύνης του παραγωγού είναι η πρόκληση ζημίας. Προκειμένου να προσδιορισθούν τα είδη ζημίας και τα προστατευόμενα έννομα αγαθά που εμπíπτουν στις διατάξεις περί ευθύνης του παραγωγού απαιτείται, να αναζητηθεί ο προστατευτικός σκοπός της Οδηγίας. Σκοπός του κοινοτικού νομοθέτη είναι και η εξασφάλιση ενός ελάχιστου επιπέδου προστασίας του καταναλωτή ελαττωματικού προϊόντος (Καράκωστας, π.δ.).

- **Εξεταζόμενη ευθύνη του κατασκευαστή αυτόνομων οχημάτων**

Ειδικότερα, όσον αφορά στην ευθύνη του κατασκευαστή για ελαττώματα κατά την κατασκευή του αυτοκινήτου, αυτά μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: 1) στο κατασκευαστικό ελάττωμα (αστοχία προϊόντος), 2) στο ελάττωμα από σχεδιασμό. Κατασκευαστικό ελάττωμα υπάρχει, όταν το προϊόν δεν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχει θέσει ο κατασκευαστής. Αντίθετα, το σχεδιαστικό ελάττωμα αναφέρεται στη μη υιοθέτηση ενός εναλλακτικού σχεδίου που μειώνει τον κίνδυνο πρόκλησης ζημίας, εάν αυτός είναι ορατός, εξεταζόμενος στη βάση μιας στάθμισης κόστους – οφέλους (Hubbard, 2014).

Η ευθύνη προϊόντος έγκειται στην ύπαρξη ελαττώματος στο προϊόν, εν προκειμένω το αυτοκίνητο ή πιο συγκεκριμένα το λογισμικό το οποίο φέρει, καθώς και στο κατά πόσον αυτό το ελάττωμα/αστοχία προέρχεται από την αδυναμία του κατασκευαστή να υιοθετήσει έναν εύλογο σχεδιασμό κατά την παραγωγή του προϊόντος. Συγκεκριμένα, η ευθύνη προϊόντος απορρέει από ζημία που προκλήθηκε από τη δυσλειτουργία του οχήματος. Ο κατασκευαστής μπορεί να καταστεί υπεύθυνος για τη ζημία αυτή στη βάση της αστικής ευθύνης ελαττωματικού προϊόντος, σε περίπτωση που η ζημία προκλήθηκε εξαιτίας αστοχίας στο λογισμικό που φέρει το αυτόνομο αυτοκίνητο. Ειδικότερα, η εν λόγω δυσλειτουργία δύναται να πηγάζει από κάποιο σφάλμα στον κώδικα που τρέχει το λογισμικό με συνέπεια τη μη ορθή λειτουργία του λογισμικού σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και την πρόκληση ατυχήματος. Ο αλγόριθμος που οδηγεί το αυτόνομο αυτοκίνητο δε διαθέτει ιδία βούληση, καθώς υπακούει σε συγκεκριμένους προγραμματισμένους και κωδικοποιημένους κανόνες.

Η ευθύνη που φέρει ο κατασκευαστής μπορεί να περιοριστεί ή ακόμη και να αποκλεισθεί, όταν ο ίδιος έχει προβεί σε κάθε δυνατή ενέργεια προκειμένου να ενημερώσει το καταναλωτικό κοινό σχετικά με κάποιο λανθάνον ελάττωμα του προϊόντος (αυτοκινήτου) και να δηλώσει την πρόθεσή του να το διορθώσει με δική του μέριμνα και δαπάνες, αλλά ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου, ενώ έχει ενημερωθεί ως προς τούτο, αδικαιολόγητα δεν προβαίνει στη διόρθωση του εν λόγω ελαττώματος. Πρόκειται δηλαδή για την υποχρέωση προειδοποίησης (προηγούμενης ενημέρωσης) του καταναλωτή εκ μέρους του κατασκευαστή, στην περίπτωση που το ελάττωμα που εντοπίστηκε στο αυτόνομο αυτοκίνητο το καθιστά ανασφαλές για τη

χρήση του, ήτοι την οδήγηση. Σε περίπτωση μάλιστα που ο κατασκευαστής του οχήματος εναχθεί λόγω κατασκευαστικού ελαττώματος και εν τέλει καταδικαστεί να αποζημιώσει τον ζημιωθέντα τρίτο, υπάρχει η δυνατότητα αναγωγικής ευθύνης του ιδιοκτήτη.

Επιπλέον, είναι εύλογο ο κατασκευαστής να αδυνατεί να προβλέψει όλα τα πιθανά σενάρια που μπορεί να προκαλέσουν ένα τροχαίο ατύχημα, παρά την προσπάθειά του να ελαχιστοποιήσει τους πιθανούς κινδύνους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το σημαντικό βάρος της αστικής ευθύνης που επωμίζεται ο κατασκευαστής ενδέχεται να αποτελέσει τροχοπέδη στην περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας των αυτόνομων αυτοκινήτων και κατ' επέκταση να αυξήσει κατακόρυφα το κόστος του τελικού προϊόντος (αυτόνομου αυτοκινήτου) για τους τελικούς καταναλωτές, καθιστώντας το με αυτόν τον τρόπο ένα είδος πολυτελείας. Για αυτό το λόγο, οι εθνικοί και οι διεθνείς νομοθέτες καλούνται να εξισορροπήσουν το βάρος της ευθύνης που επωμίζεται ο κατασκευαστής, ώστε να μη λειτουργήσει αυτό ως αποτρεπτικός παράγοντας για τους επίδοξους κατασκευαστές αυτόνομων αυτοκινήτων.

Πιο συγκεκριμένα, ο κατασκευαστής δε θα ευθύνεται αν αποδείξει ένα από τα κάτωθι γεγονότα: 1) την ύπαρξη συντρέχοντος πταίσματος του ζημιωθέντος προσώπου, 2) τη μη ενδεδειγμένη χρήση του προϊόντος από πλευράς του ιδιοκτήτη ή οδηγού του οχήματος (ως τέτοια θα μπορούσε να θεωρηθεί η περίπτωση που ο οδηγός ή ο επιβάτης παραβλέπει τις οδηγίες του κατασκευαστή ή επιφέρει τροποποιήσεις ή μετατροπές στο αυτοκίνητο κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να επηρεάζεται η λειτουργία του), 3) την επέλευση ζημίας λόγω εξωτερικών παραγόντων ή ανωτέρας βίας και 4) τη χρήση της τελευταίας τεχνολογίας κατά τον χρόνο παραγωγής του προϊόντος. Ως προς την τελευταία περίπτωση, οι κατασκευαστές πρέπει να θεωρούνται υπεύθυνοι για ζημίες που προκαλούνται από το προϊόν τους, όταν αυτό έπρεπε να είχε κατασκευαστεί σύμφωνα με εναλλακτικά σχέδια, τα οποία ήταν διαθέσιμα κατά τη στιγμή της διάθεσης του προϊόντος στην αγορά. Αντιστρόφως, ο παραγωγός δεν πρέπει να θεωρείται υπεύθυνος, όταν το ελάττωμα δεν μπορούσε να είναι γνωστό κατά τη στιγμή που το προϊόν τέθηκε σε κυκλοφορία βάσει των τεχνικών γνώσεων που ήταν διαθέσιμες εκείνη την εποχή (Affairs & Rights, 2020).

- Δυσκολίες θεμελίωσης ευθύνης από ελάττωμα

Η θεμελίωση της ευθύνης του κατασκευαστή από ελάττωμα του αυτόνομου αυτοκινήτου λόγω σφάλματος (του κώδικα) του λογισμικού κρίνεται ιδιαίτερα δυσχερής από τα δικαστήρια και ως εκ τούτου έχουν αναπτυχθεί από την θεωρία δύο θεωρητικά εργαλεία. Πρόκειται για τις θεωρίες των εύλογων/δικαιολογημένων προσδοκιών του καταναλωτή και του κόστους – οφέλους (Self-Driving Car Liability - Wikipedia, n.d.). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την πρώτη θεωρία, ένα προϊόν καθίσταται ελαττωματικό ως προς τον σχεδιασμό ή τη σύνθεσή του, όταν είναι περισσότερο επικίνδυνο από όσο εύλογα θα ανέμενε ο μέσος καταναλωτής, στην περίπτωση που χρησιμοποιεί το προϊόν με τον προβλεπόμενο τρόπο και για τη χρήση για την οποία προορίζεται. Τίθεται δηλαδή το ζήτημα του ποιους κινδύνους δικαιολογημένα πρέπει να αναμένει ο μέσος καταναλωτής κατά τη χρήση του προϊόντος. Σύμφωνα δε με τη δεύτερη θεωρία, πραγματοποιείται ο έλεγχος κόστους – οφέλους, με τον οποίο σταθμίζονται τα οφέλη έναντι του κόστους ενός προϊόντος, ώστε να προσδιοριστεί η ελαττωματικότητα του σχεδιασμού του προϊόντος.

Στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων, ο ζημιωθείς εκ του ατυχήματος δύναται να προβάλλει το επιχείρημα ότι ένας διαφορετικός σχεδιασμός, είτε ως προς τα φυσικά χαρακτηριστικά του οχήματος είτε ως προς το λογισμικό το οποίο φέρει και ελέγχει τις κινήσεις του οχήματος, θα μπορούσε να είχε καταστήσει το όχημα ασφαλέστερο. Ωστόσο, ο ανωτέρω ενάγων θα βρεθεί αντιμέτωπος με τις δυσκολίες και το αυξημένο κόστος της απόδειξης του εν λόγω ισχυρισμού του, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν πολλοί εξειδικευμένοι πραγματογνώμονες.

Η κυρίαρχη δε δυσκολία με τη χρήση της νομικής βάσης της ευθύνης εκ του προϊόντος συνίσταται στην περίπλοκη διαδικασία απόδειξης ότι το εν λόγω ελάττωμα προϋπήρχε στο λογισμικό του αυτοκινήτου και είναι αυτό που προκάλεσε το ατύχημα. Το πρόβλημα εντείνεται δεδομένου ότι τα αυτόνομα αυτοκίνητα ενσωματώνουν κρυφούς αλγόριθμους και περίπλοκα συστήματα μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό του αυτόνομου αυτοκινήτου.

Το βάρος απόδειξης φέρει εν προκειμένω ο ιδιοκτήτης του αυτοκινήτου, καθώς είναι αυτός που πρέπει να αποδείξει το προϋπάρχον ελάττωμα (δυσλειτουργία) του

αυτοκινήτου ή ακόμη ειδικότερα του λογισμικού του. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ένα τέτοιο σύστημα απονομής ευθύνης καθίσταται ιδιαίτερα επαχθές για τον ιδιοκτήτη του αυτόνομου αυτοκινήτου, διότι ο τελευταίος επιβαρύνεται με τη δυσκολία της απόδειξης και το κόστος αυτής.

Ζήτημα επίσης γεννάται για το κατά πόσο συνάδει η Τεχνητή Νοημοσύνη με το νομοθετικό πλαίσιο της Οδηγίας και άρα αν μπορεί επιτυχώς να υπαχθεί σε αυτή ή όχι. Το πιο κρίσιμο ερώτημα σχετίζεται με το αν συνιστά όντως προϊόν ή υπηρεσία, δεδομένου ότι η Οδηγία στο άρ. 2 αναφέρεται σε όλα τα προϊόντα, με αποτέλεσμα να καταλαμβάνει μόνο τα υλικά αγαθά. Ειδικά ως προς το λογισμικό, αν και αυτό καθ' εαυτό δε συνιστά προϊόν κατά την έννοια του άρθρου, δύναται να γεννηθεί ευθύνη (και) του κατασκευαστή του, δηλαδή του προγραμματιστή, εφόσον αυτό έχει ενσωματωθεί σε υλικό φορέα και παρουσιάζει κάποια δυσλειτουργία (Χριστοδούλου, 2019, 137). Επίσης, αντιμετωπίζει τα αγαθά ως στατικά, αμετάβλητα στον χρόνο, προϋπόθεση που δεν ανταποκρίνεται στην τεχνολογία της ΤΝ καθώς υπάρχει η περίπτωση διαρκών αναβαθμίσεων του λογισμικού και συνεπώς εμφάνισης του ελαττώματος σε μεταγενέστερο χρόνο από την πώληση (Μαυρουδής, 2021).

3.3.3. Ενδοσυμβατική ευθύνη

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, αν υπάρχει σύμβαση μεταξύ του θύματος που είναι επιβαίνων στο όχημα και του οδηγού του αυτοκινήτου ή άλλου προσώπου που εκμεταλλεύεται το αυτοκίνητο, κατά μία άποψη, μπορεί να ειπωθεί ότι χωρεί αναλογική εφαρμογή των άρθρων 95-107 του ΕμπΝ, σχετικά με τις συμβάσεις μεταφοράς πραγμάτων. Η εν λόγω αναλογική εφαρμογή έχει ως έρεισμα τη σκέψη ότι αφενός ο μεταφορέας προσώπων -όπως αντίστοιχα και αυτός που αναλαμβάνει να μεταφέρει πράγματα αναλαμβάνει να μεταφέρει τον επιβάτη στον προορισμό του σώο και υγίη και αφετέρου θα ήταν παράλογο ο νόμος να επιφυλάσσει μεγαλύτερη προστασία για τα μεταφερόμενα πράγματα από ότι για τους επιβάτες (Μητρούλης, 1967, 227 επ). Σε περίπτωση αναλογικής εφαρμογής του άρθρου 102 ΕμπΝ, ο μεταφορέας ευθύνεται και για ζημιές από τυχηρά, εκτός αν αποδείξει ότι η ζημιά οφείλεται σε λόγους ανωτέρας βίας ή σε πταίσμα του παθόντος. Τυχηρά είναι όλα τα περιστατικά που δεν οφείλονται σε δόλο ή αμέλεια του ζημιώσαντος (Γεωργιάδης, Α., Σταθόπουλος, Μ., 1982, 181 επ.). Με τη στενή έννοια, τυχηρά θεωρούνται

γεγονότα που δεν προβλέφθηκαν και ούτε μπορούσαν να προβλεφθούν ή να αποφευχθούν, ακόμα και αν ο ζημιώσας επιδείκνυε τη συνηθισμένη επιμέλεια του μέσου συνετού ανθρώπου (Σταθόπουλος, 2004, 123 επ). Τα τυχηρά εν στενή εννοία διακρίνονται από τα γεγονότα ανωτέρας βίας, που αφορούν κυρίως σε ακραία περιστατικά, τα οποία είναι απρόβλεπτα και αναπότρεπτα, ακόμα με μέτρα άκρας επιμέλειας και συνέσεως του δράστη.

Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η εξειδίκευση της έννοιας της ανωτέρας βίας σε ατυχήματα προκαλούμενα από αυτό-οδηγούμενα οχήματα, τόσο για την απαλλαγή του ζημιώσαντος, σε περίπτωση αναλογικής εφαρμογής του άρθρου 102 ΕμπΝ, όσο και για την περίπτωση εφαρμογής του προαναφερόμενου Ν. ΓπΝ/1911.

Στην περίπτωση, λοιπόν, των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων το απρόβλεπτο στοιχείο συνδέεται άμεσα με τη φύση της λειτουργίας του αυτοκινήτου (Kitsakis, 2019, 569). Έτσι, η αυτόνομη και απρόβλεπτη συμπεριφορά του οχήματος δεν είναι ένα αναπάντεχο και εξωγενές περιστατικό, αλλά αποτελεί τυπικό κίνδυνο του οχήματος, μη δυνάμενο να θεωρηθεί περιστατικό ανωτέρας βίας και να οδηγήσει στην απαλλαγή του ζημιώσαντος.

Στο πλαίσιο της αρχής της ελευθερίας των συμβάσεων, δύναται να συμφωνηθεί μεταξύ των συμβαλλομένων και να συμπεριληφθεί όρος στη σύμβαση που θα ρυθμίζει την τύχη της ευθύνης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πρωτοβουλία της Volvo να αναλάβει την ευθύνη αποζημίωσης στις περιπτώσεις όπου η ζημία λαμβάνει χώρα κατά τη λειτουργία αυτόνομης οδήγησης (Turner, 2018).

Επιπρόσθετα, μια υποπερίπτωση της συμβατικής ευθύνης, είναι η ασφαλιστική σύμβαση ανάμεσα στο μέρος που αναλαμβάνει την υποχρέωση περιοδικής συνήθως καταβολής ενός ποσού με αντάλλαγμα την αποκατάσταση συγκεκριμένων ρητά προβλεπόμενων ζημιών. Μια πιθανή εφαρμογή θα μπορούσε να λάβει τη μορφή ασφάλισης των δυνητικά εναγομένων για αγωγές αποζημίωσης ή αντίστοιχα ασφάλισης των δυνητικά θυμάτων, ώστε να αποζημιωθούν σε κάθε περίπτωση. Προς αυτήν την κατεύθυνση κινήθηκε η Μεγάλη Βρετανία, όπου με νόμο (Automated and Electric Vehicles Act) του 2018 επεξέτεινε την υποχρεωτική ασφάλιση και στα αυτόνομα οχήματα, πλην των συμβατικών, η οποία μάλιστα καταλαμβάνει την υποχρέωση αποζημίωσης όχι μόνο των τρίτων αλλά και του ασφαλισμένου, ο οποίος είθισται να είναι ο οδηγός (Turner, 2018).

3.3.4. Ευθύνη των ρομπότ -αυτόνομων οχημάτων- και των εφαρμογών τεχνητής νοημοσύνης αυτών.

Η πιο καινοτόμος εναλλακτική λύση στο δίκαιο της ευθύνης προϊόντων ή στις παραδοσιακές θεωρίες περί αδικοπραξιών είναι η δημιουργία νέων ad hoc κανόνων και μιας ηλεκτρονικής προσωπικότητας για τα ρομπότ συμπεριλαμβανομένων των αυτόνομων οχημάτων. Αυτή η "επαναστατική" ιδέα συνίσταται στην παροχή νομικής προσωπικότητας στα ρομπότ- αυτόνομα οχήματα. Ως εκ τούτου, τα ρομπότ θα μπορούσαν να κατέχουν περιουσιακά στοιχεία, από τα οποία θα μπορούσαν στη συνέχεια να ζητηθούν αποζημιώσεις (Van Rossum, 2018). Αν και οι νομικοί μελετητές αναγνωρίζουν ότι τα ρομπότ είναι απλά φυσικά όργανα και όχι κοινωνικοί παράγοντες, ορισμένοι υποστήριζαν ότι από ρεαλιστική και θεωρητική σκοπιά, η χορήγηση του καθεστώτος νομικής προσωπικότητας - παρόμοια με τις εταιρείες - μπορεί να αντιμετωπίσει ορισμένα από τα προβλήματα ευθύνης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

3.3.4.1. Η απόδοση «προσωπικότητας» στα αυτόνομα οχήματα

Το 1942 ο Ρώσος συγγραφέας Isaac Asimov διατύπωσε στο έργο του «The Runaround» τους περίφημους «Τρεις Νόμους της Ρομποτικής», οι οποίοι είναι οι εξής: 1. Το ρομπότ δε θα κάνει κακό σε άνθρωπο, ούτε με την αδράνειά του θα επιτρέψει να βλαφτεί ανθρώπινο ον, 2. Το ρομπότ πρέπει να υπακούει τις διαταγές που του δίνουν οι άνθρωποι, εκτός αν αυτές οι διαταγές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο και 3. Το ρομπότ οφείλει να προστατεύει την ύπαρξή του, εφόσον αυτό δεν συγκρούεται με τον πρώτο και τον δεύτερο νόμο (Asimov, 1990). Αυτοί ήταν οι πρώτοι λεγόμενοι "νόμοι" που εφαρμόστηκαν στα ρομπότ. Δημιουργήθηκαν για να ρυθμίσουν σωστά τους κινδύνους που συνδέονται με την εισαγωγή των ρομπότ στην κοινωνία.

Ο Eidenmüller παρατήρησε ότι τα ρομπότ φαίνονται ικανά για σκόπιμες ενέργειες και φαίνεται να κατανοούν τις συνέπειες της συμπεριφοράς τους, με μια επιλογή ενεργειών (Eidenmüller, 2017). Επιπλέον, επισήμανε, ότι υπάρχει ένα πρόβλημα του «μαύρου κουτιού» και κανείς, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, δεν μπορεί να προβλέψει πλήρως τη μελλοντική συμπεριφορά των ρομπότ λόγω της μηχανικής μάθησης και του δυναμικού προγραμματισμού των ρομπότ. Αυτό δημιουργεί ένα δύσκολο χάσμα λογοδοσίας μεταξύ κατασκευαστών, χειριστών και θυμάτων. Η απόδοση νομικής προσωπικότητας σε ένα ρομπότ προτείνεται επομένως

από αυτούς τους μελετητές ως πιθανός τρόπος για να καλυφθεί το κενό λογοδοσίας (Guerra et al., 2022).

Η ιδέα της απόδοσης νομικής προσωπικότητας στα ρομπότ έχει απασχολήσει τόσο στην Ευρώπη όσο και τις ΗΠΑ. Ωστόσο, αυτή η λύση έχει δεχθεί σκληρές κριτικές. Πρώτα απ' όλα, επικρίνεται επειδή δημιουργεί μια νέα κατηγορία ατόμων και ένα ηλεκτρονικό πρόσωπο περιέχει πάρα πολλές ανακολουθίες. Άλλωστε, δεν υπάρχει κανένας λόγος και καμία ανάγκη να εξομοιωθούν τα ρομπότ με τους ανθρώπους. Επιπλέον, τα ρομπότ δεν έχουν συνείδηση και αυτή η νέα κατηγορία θα καθοδηγείτο μόνο από την ανάγκη για πραγματισμό και βεβαιότητα. Ακόμη και αν η νομική προσωπικότητα, νομική μυθοπλασία, δόθηκε στις εταιρείες, είναι επειδή οι άνθρωποι εξακολουθούν να βρίσκονται πίσω από αυτήν. Επιπλέον, δεν έχει νόημα αν δοθεί νομική προσωπικότητα στα ρομπότ- αυτόνομα οχήματα, αλλά στο τέλος να αποδίδεται ευθύνη στους ανθρώπους που βρίσκονται πίσω από την τεχνολογία. Ακόμη και αν θα μπορούσε να υπάρξει ανώτατο όριο ευθύνης, δεν είναι σε καμία περίπτωση ο πιο αποτελεσματικός μηχανισμός αποζημίωσης (Van Rossum, 2018).

Επιπλέον, θα εμφανίζονταν πάρα πολλές ηθικές συζητήσεις. Πολλές προκλήσεις θα προέκυπταν κατά την εφαρμογή των υφιστάμενων οργάνων αδικοπραξίας σε ρομπότ με ηλεκτρονική προσωπικότητα. Οι παραδοσιακοί νομικοί κανόνες αναφέρονται σε έννοιες που επικεντρώνονται στον άνθρωπο, όπως η πρόθεση, η προβλεψιμότητα και το καθήκον να ενεργούμε με ειλικρίνεια και καλή πίστη, έννοιες που δεν ταιριάζουν πλέον στη νέα πραγματικότητα που αφορά τα ρομπότ. Σε αντίθεση με τους ανθρώπους, τα ρομπότ είναι απομονωμένα από κίνητρα ιδιοτελούς συμφέροντος, κάτι που είναι εγγενώς καλό. Ωστόσο, η απομόνωση των ρομπότ από κίνητρα ιδιοτελούς συμφέροντος μπορεί μερικές φορές να είναι δίκικο μαχαίρι. Τα ρομπότ δεν αποθαρρύνονται από απειλές νομικής ή οικονομικής ευθύνης, καθώς δεν διακυβεύονται οι προσωπικές ελευθερίες και ο πλούτος τους (Guerra et al., 2022). Η πλειονότητα των μελετητών συμφωνεί σε ευρωπαϊκό πλαίσιο ότι το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο πρέπει να αντισταθεί στις εκκλήσεις για τη δημιουργία μιας νομικής προσωπικότητας βασισμένης σε επιστημονική φαντασία (Van Rossum, 2018).

3.4. Υποχρεωτική Ασφάλιση

Η Οδηγία 2009/103 ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου αποτελεί τον πυλώνα του συστήματος για την απόδοση ευθυνών σε διαφορές από

αυτοκινητιστικά ατυχήματα. Προβλέπει την υποχρέωση ασφάλισης των οχημάτων για την εξ αυτών απορρέουσα αστική ευθύνη από την κυκλοφορία τους εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και επιπλέον ορίζει ότι το θύμα του ατυχήματος μπορεί να στραφεί ευθέως κατά του ασφαλιστή του προσώπου που ευθύνεται για να αποκαταστήσει τη ζημία. Η υποχρεωτική ασφάλιση καλύπτει τόσο την περιουσιακή ζημία όσο και την αποκατάσταση των σωματικών βλαβών.

Στην Ελλάδα η υποχρεωτική ασφάλιση αστικής ευθύνης από αυτοκινητικά ατυχήματα εισήχθη για πρώτη φορά με το Ν. 489/1976, ο οποίος άρχισε να ισχύει από 1-1-1978. Αργότερα κωδικοποιήθηκε με το ΠΔ 237/1986 και ισχύει σήμερα κατόπιν τροποποιήσεων με τον Ν. 3557/2007.

Ο ανωτέρω νόμος αφορά τις σχέσεις ασφαλιστή και ζημιωθέντος τρίτου. Ρυθμίζει δηλαδή την έναντι τρίτων ζημιουμένων προσώπων αστική ευθύνη του ασφαλιστή από ζημίες που προκαλούνται από το ασφαλισμένο αυτοκίνητο.

Η βασική αρχή από την οποία διαπνέεται τόσο ο Ν. 3557/2007 όσο και οι αντίστοιχοι αλλοδαποί ειδικοί νόμοι συνίσταται στο ότι το ίδιο το Κράτος δεν μπορεί μόνο του να αναλάβει την προστασία των ζημιουμένων σε αυτοκινητικά ατυχήματα. Την αποκατάσταση αυτή καταλείπει στα πρόσωπα εκείνα τα οποία δυνάμει ορισμένης νομικής ή πραγματικής σχέσης με το ζημιόγONO αυτοκίνητο υπέχουν ευθύνη για αποκατάσταση τα ζημίας. Στην πραγματικότητα, ο ασφαλιστής υπεισέρχεται στη θέση του ασφαλισμένου στην αδικοπραξία που προκύπτει. Με αφετηρία τους παραπάνω σκοπούς η ασφάλιση αστικής ευθύνης από αυτοκινητικά ατυχήματα επιτελεί κοινωνική λειτουργία (Κρητικός, 1998, 1525).

Για την καλύτερη εξυπηρέτηση, μάλιστα, η Οδηγία υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να συστήσουν ένα Σώμα επιφορτισμένο με το καθήκον να αποκαθιστά τις ζημίες που προκλήθηκαν από ανασφάλιστα ή αγνώστων στοιχείων οχήματα. Στην Ελλάδα για τον σκοπό αυτό έχει συσταθεί το νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου με την επωνυμία «Επικουρικό Κεφάλαιο Ασφάλισης Ευθύνης από Ατυχήματα Αυτοκινήτων» και συντετμημένα «ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ» (Επικουρικό Κεφάλαιο, n.d.).

Αξίζει να διευκρινιστεί ότι η ενωσιακή νομοθεσία δεν εξαιρεί από την υποχρεωτική ασφαλιστική κάλυψη τα αυτόνομα οχήματα, τα οποία επίσης υπάγονται στο επίμαχο καθεστώς, όπως αναφέρεται στο Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 15ης

Ιανουαρίου 2019 σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση στις ευρωπαϊκές μεταφορές (2018/2089(INI) (ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, 2020).

Η επιλογή του κατασκευαστή ως κεντρικού προσώπου για τη σύναψη ασφάλισης φαίνεται να είναι κατάλληλη και είναι αυτή που προτείνεται από την έκθεση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τα ρομπότ γενικότερα (EPCLA, 2016, p. 11). Πράγματι, εάν ο κατασκευαστής είναι αυτός που ευθύνεται και δεν έχει τους οικονομικούς πόρους για να αποζημιώσει τα θύματα, ο ασφαλιστής θα αναλάβει την ευθύνη. Αυτό θα ήταν πιο δίκαιο και για τα θύματα. Αυτός είναι μάλιστα ένας στόχος που αναφέρεται σαφώς στην έκθεση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου ότι "το μελλοντικό νομοθετικό μέσο δεν θα πρέπει σε καμία περίπτωση να περιορίζει το είδος ή την έκταση των αποζημιώσεων που μπορούν να ανακτηθούν, ούτε θα πρέπει να περιορίζει τις μορφές αποζημίωσης που μπορούν να προσφερθούν (...) (REPORT with Recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics, n.d., p.10). Οι χρήστες, ή τουλάχιστον οι συχνοί χρήστες ρομπότ θα πρέπει επίσης να έχουν την επιλογή να συνάψουν προαιρετική ασφάλιση. Κατά συνέπεια, το προαιρετικό ή υποχρεωτικό σύστημα ασφάλισης θα μπορούσε να επικαλύπτεται με ένα καθεστώς ευθύνης, όπως αναφέρεται κάτωθι (Van Rossum, 2018).

3.4.1. Ασφάλιση αστικής ευθύνης

Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, ο ζημιωθείς φέρει κατά κανόνα τη ζημία που του προκλήθηκε, εκτός αν συντρέχει νόμιμη περίπτωση στην οποία η υποχρέωση για αποκατάσταση της ζημίας μετατίθεται σε άλλο πρόσωπο. Η μετακύληση αυτή μπορεί να γίνει κατά τις σχετικές διατάξεις είτε της υποκειμενικής (ΑΚ 914) είτε της ευθύνης από διακινδύνευση (Ν. ΓπΝ/1911). Η υποχρέωση για αποζημίωση πέφτει σε τρίτο πρόσωπο στο οποίο συγκεντρώνονται οι προβλεπόμενες από τις σχετικές διατάξεις των παραπάνω νόμων προϋποθέσεις. Θεμελίωση όμως υποχρέωσης προς αποζημίωση σε βάρος τρίτου προσώπου μπορεί να στηρίζεται σε σύμβαση, η οποία εκ των προτέρων συνήφθη για το σκοπό αυτό. Αυτή είναι η περίπτωση της σύμβασης ασφαλίσεως για αποκατάσταση ζημιών που προκλήθηκαν στον ίδιο τον ασφαλισμένο. Όμως για τους τρίτους που ζημιώνονται από τη δραστηριότητα άλλων προσώπων περισσότερο σημαντική είναι η σύμβαση ασφαλίσεως, η οποία κατευθύνεται στην αποκατάσταση των ζημιών που προκαλούνται σ' αυτούς (Κρητικός, 1998, 19).

3.4.2. Ευθύνη του Ασφαλιστή

Είναι βέβαιο πως θα υπάρξει μια σημαντική αλλαγή στις ασφαλιστικές πολιτικές και τις απαιτήσεις στο νέο κινητό οικοσύστημα. Στα αυτόνομα οχήματα, η πιθανότητα σφάλματος του οδηγού θα αφαιρεθεί από τη συντριπτική πλειονότητα των ατυχημάτων και οι κατασκευαστές θα χρειαστεί να ασφαλίσουν έναντι μεγαλύτερου ποσοστού των ατυχημάτων στο δρόμο. Η ασφάλιση της κινητικότητας αντί της ασφάλισης του οχήματος είναι επίσης μία σκέψη που έχει προταθεί. Οι ασφαλιστικές εταιρείες επεκτείνουν επίσης την ασφάλιση βάσει χρήσης των προϊόντων, όπως τα συμβόλαια pay-as-you-drive (PAYD) ή pay-how-you-drive (PHYD). Αυτά τα ασφαλιστήρια συμβόλαια βασίζονται στην αξιολόγηση της οδηγικής συμπεριφοράς του οδηγού σε πραγματικό χρόνο για τον καθορισμό των κατάλληλων τιμών. Ακόμη και αν υποτεθεί ότι οι κατασκευαστές θα θεωρηθούν σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνοι για τις ζημιές των πλήρως αυτοματοποιημένων οχημάτων, θα προσπαθήσουν τουλάχιστον να μεταφέρουν το αντίστοιχο κόστος στην τιμή αγοράς του οχήματος, στα ποσοστά χρηματοδοτικής μίσθωσης ή στις αμοιβές κοινή χρήση αυτοκινήτων ή στις αξιώσεις ευθύνης σε άλλα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού. Καθώς οι ισχύοντες ασφαλιστικοί κανονισμοί δεν εφαρμόζονται στα αυτόνομα οχήματα στις περισσότερες περιπτώσεις, επομένως, οι νέοι κανόνες ευθύνης θα πρέπει να καθοριστούν για να έχουν σαφή ρόλο, και να προσδιοριστεί η υπαιτιότητα και η αποζημίωση στην περίπτωση των ατυχημάτων με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα.

Κάποιες από τις βασικές προκλήσεις που θα έχουν να αντιμετωπίσουν οι ασφαλιστές είναι οι εξής:

α. Υπολειπόμενοι κίνδυνοι και νέες προκλήσεις που προκύπτουν: Το αυτόνομο όχημα υποτίθεται ότι θα μειώσει τον αριθμό των ατυχημάτων. Ως εκ τούτου, ο ασφαλιστής θα παρατηρήσει πώς έχει μειωθεί ο κίνδυνος σύγκρουσης και θα δει επίσης το κόστος των τραυματισμών και των επισκευών. Ταυτόχρονα, όμως, θα προκύψουν και νέοι κίνδυνοι, π.χ. επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, αστοχίες λογισμικού/ελέγχου. Ο ασφαλιστής πρέπει να έχει κατά νου αυτούς τους συστηματικούς κινδύνους προκειμένου να αξιολογήσει την ασφαλιστική ικανότητα (ευθύνη).

β. Προσδιορισμός του πελάτη και του είδους της επιχείρησης: Το βασικό ερώτημα θα ήταν ποιος ευθύνεται για τον κίνδυνο, ιδίως εάν τα ατυχήματα οφείλονται κυρίως σε αστοχίες λογισμικού. Ο ασφαλιστής πρέπει να δει πώς οι κατασκευαστές θα

μπορούσαν να θεωρηθούν υπεύθυνοι σε τέτοιες περιπτώσεις και ο κατασκευαστής θα προσπαθήσει να μεταθέσει το νομικό/οικονομικό βάρος σε άλλους που εμπλέκονται στην επιχείρηση των αυτόνομων οχημάτων. Ομοίως, θα απαιτηθεί από τους καταναλωτές να αγοράζουν ασφαλιστήρια συμβόλαια για την αποζημίωση των κατασκευαστών;

γ. Αλλαγές στα ασφαλιστικά προϊόντα: Λόγω της αλληλοεπικάλυψης μεταξύ του ανθρώπινου ελέγχου και του ελέγχου από υπολογιστή, υπάρχουν πολλές γκρίζες ζώνες ευθύνης και αμέλειας που θα πρέπει να καλύπτονται από την ανάπτυξη νέων αυτόνομων προϊόντων για την κάλυψη των αναγκών της αγοράς. Ομοίως, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν βραχυπρόθεσμα συμβόλαια αντί για συμβατικά συμβόλαια λόγω του τρόπου κινητικότητας με πληρωμή ανά χρήση.

δ. Τιμολόγηση: Για την τιμολόγηση των ασφαλιστηρίων συμβολαίων πρέπει να αναλυθούν διάφοροι παράγοντες, όπως είναι το επίπεδο αυτοματοποίησης, η ποιότητα της εφαρμογής και οι αναμενόμενοι τύποι οδήγησης. Διαφορετικοί κατασκευαστές θα έχουν διαφορετικά επίπεδα επιτευχθείσας τεχνολογίας, ακόμη και για το επίπεδο, ανάλογα με την ποιότητα των αισθητήρων, το χρησιμοποιούμενο λογισμικό και άλλα προϊόντα. Ο ασφαλιστής θα πρέπει επίσης να λάβει υπόψη του άλλους παράγοντες, όπως τα ποσοστά υλικού/αποτυχίας και την ικανότητα απόδοσης λογισμικού για διαφορετικούς δρόμους και καιρικές συνθήκες, πειρατεία και άλλα θέματα ασφάλειας. Η τιμολόγηση θα εξαρτηθεί επίσης από το πόσα δεδομένα μπορούν να προσπελαστούν. από τον ασφαλιστή και επίσης πώς αυτά τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί και παραχθεί στατικά.

ε. Νομοθεσία: Η νομοθεσία θα έχει βασικό ρόλο προς τις ασφαλιστικές πολιτικές στο μέλλον. Διαφορετικές χώρες έχουν διαφορετικούς κανονισμούς, δηλαδή ενθαρρύνουν ή περιορίζουν αυτή τη τεχνολογία. Η NHTSA προτρέπει τους κατασκευαστές να συνεργαστούν στενά με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς και ρυθμιστικές αρχές για την ανάπτυξη ενός ασφαλούς και αξιόπιστου προϊόντος, λαμβάνοντας ιδίως υπόψη την ηθική διάσταση ή τις επιπτώσεις, όπως τα σενάρια "ζωής έναντι ζωής".

στ. Άλλα ζητήματα: Θα υπάρξουν πολλά άλλα ζητήματα, όπως η πολυπλοκότητα της ασφάλισης συμβολαίων που θα αυξηθεί, καθώς θα είναι πιο δύσκολο να βρεθεί ποιος είναι υπεύθυνος. Ομοίως, η εξεύρεση της ευθύνης θα είναι πιο δύσκολη στις

αναπτυσσόμενες χώρες όπου δεν υπάρχει κατάλληλη νομική υποδομή, καθώς είναι πάντα δύσκολο να υπάρχουν παντού ομοιόμορφοι κανονισμοί (Uzair, 2021).

3.5. Συγκριτική επισκόπηση νομοθετικών ρυθμίσεων διαφορετικών εννόμων τάξεων

3.5.1. Ηνωμένες Πολιτείες

Οι Ηνωμένες Πολιτείες θεωρούνται παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα της νομοθεσίας για αυτόνομα οχήματα. Σε ομοσπονδιακό επίπεδο, εκδόθηκε για πρώτη φορά από το Υπουργείο Μεταφορών τον Σεπτέμβριο του 2016 η Ομοσπονδιακή Πολιτική Αυτόνομων Οχημάτων, η οποία παρείχε εγγυήσεις πολιτικής για αυτόνομα οχήματα και έκανε σημαντικές προετοιμασίες για τη νομοθεσία. Στη συνέχεια, και συγκεκριμένα στις 7 Σεπτεμβρίου 2017, η Βουλή των Αντιπροσώπων των ΗΠΑ ψήφισε ομόφωνα τον «Νόμο για την Αυτόνομη Οδήγηση», ο οποίος θα ρυθμίζει ομοιόμορφα τις οδικές δοκιμές και την ανάπτυξη των αυτόνομων οχημάτων σε ομοσπονδιακό επίπεδο.

Το 2018 το Υπουργείο Μεταφορών των Η.Π.Α. εξέδωσε τελευταία έκδοση για την προετοιμασία για το μέλλον των μεταφορών και δη για τα αυτοματοποιημένα οχήματα και συγχρόνως καλούσε όλες τις ομάδες έρευνας και ανάπτυξης αυτόνομης οδήγησης να υιοθετούν οικειοθελώς τυποποιημένες συμπεριφορές ανάπτυξης υπογραμμίζοντας την προτεραιότητα του ομοσπονδιακού νόμου έναντι του πολιτειακού δικαίου (Sun, 2020). Προκρίνεται δηλαδή η λύση της ομοσπονδιακής ρύθμισης.

Η Πολιτεία της Νεβάδα ήταν η πρώτη που το 2011 επέτρεψε την κυκλοφορία των οχημάτων χωρίς οδηγό σε δημόσιους δρόμους. Ήδη από το 2011 ψηφίστηκαν νόμοι που επιτρέπουν στα αυτόνομα αυτοκίνητα να κυκλοφορούν στο δρόμο και μάλιστα ξεκίνησε αποδοχή αιτήσεων από διάφορες εταιρείες για οδικές δοκιμές. Έκτοτε, περισσότερες από 20 πολιτείες, συμπεριλαμβανομένων των Φλόριντα, Καλιφόρνια, Κολοράντο, Πενσυλβάνια, Αρκάνσας, Georgia και Ουάσιγκτον, έχουν διαδοχικά εκδώσει κανονισμούς οδικών δοκιμών για αυτόνομα οχήματα. Οι υπόλοιπες πολιτείες βρίσκονται στη νομοθετική έρευνα ή στο στάδιο αναθεώρησης (Sun, 2020).

Η Καλιφόρνια εφάρμοσε έναν νέο κανονισμό το 2018 που επιτρέπει στους κατασκευαστές να δοκιμάζουν αυτοκίνητα χωρίς οδηγό χωρίς άτομο μέσα στο όχημα, εφόσον οι κατασκευαστές συμμορφώνονται με πολλές απαιτήσεις, όπως ενδεικτικά

αναφέρεται η ύπαρξη test driver, προϋπόθεση βέβαια που μπορεί να αρθεί εάν ακολουθηθεί η προβλεπόμενη διαδικασία έγκρισης της άδειας κυκλοφορίας. Κάποιες ακόμα προϋποθέσεις αφορούν ειδικότερες πτυχές που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την τεχνολογία, την ανάγκη του κατασκευαστή να κατέχει ένα σχέδιο αλληλεπίδρασης με τους φορείς επιβολής του νόμου, ώστε να παρέμβουν σε περίπτωση ανάγκης, καθώς και τη διατήρηση πληροφοριών σχετικών με το περιεχόμενο του δοκιμαστικού προγράμματος. Ομοίως, η πολιτεία της Αριζόνας, επιτρέπει τη δοκιμή σε δημόσιους δρόμους υπό την προϋπόθεση ότι το άτομο που είναι υπεύθυνο για το όχημα διαθέτει δίπλωμα οδήγησης και το τελευταίο έχει ασφάλιση αστικής ευθύνης (Roe, 2019). Η πολιτεία Νιου Τζέρσεϊ το 2020 ψήφισε ένα νομοσχέδιο, το οποίο υποχρέωνε τα αυτοοδηγούμενα οχήματα να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις υποχρεωτικής ασφάλισης αυτοκινήτων και οχημάτων. Συγκεκριμένα, όριζε ότι όλα τα μηχανοκίνητα οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των αυτοοδηγούμενων, θα διατηρούν ασφαλιστική κάλυψη αστικής ευθύνης, για την ασφάλιση ζημιών που προκύπτουν από ευθύνη που επιβάλλεται από το νόμο για σωματικές βλάβες, θάνατο και περιουσιακές ζημιές που υπέστη οποιοδήποτε πρόσωπο που προκλήθηκε από τη συντήρηση, τη λειτουργία ή τη χρήση ενός οχήματος (Gill, 2020).

Όσον αφορά στο θέμα της ευθύνης για τα αυτοοδηγούμενα οχήματα, δεν έχει διαμορφωθεί συγκεκριμένο νομικό πλαίσιο ρύθμισης μέχρι στιγμής, με αποτέλεσμα να εφαρμόζονται οι κανόνες του κοινού δικαίου περί αδικοπραξιών και ευθύνης προϊόντων. Ωστόσο, μελέτες βρίσκονται σε εκκρεμότητα και παρέχουν πολύτιμες κατευθύνσεις σε σχέση με τους τρόπους νομικής προσέγγισης της ευθύνης που γεννάται από τα αυτό-οδηγούμενα οχήματα. Προβλέπεται ότι η εξάλειψη των ανθρώπινων οδηγών ως αιτίας πρόκλησης τροχαίων ατυχημάτων θα αλλάξει το επίκεντρο της νομικής προσέγγισης σε αυτόν τον τομέα από την ανθρώπινη αμέλεια στην αστική ευθύνη που βαρύνει τον κατασκευαστή. Η έλλειψη συναίνεσης ως προς την πιθανή κατεύθυνση που θα ακολουθήσει το ζήτημα της αστικής ευθύνης στις ΗΠΑ σε σχέση με τα αυτόνομα αυτοκίνητα περιπλέκεται περαιτέρω από το γεγονός ότι οι κρατικοί νόμοι περί αδικοπραξιών δεν είναι απαραίτητα ενιαίοι, και το ισχύον νομικό πλαίσιο στις ΗΠΑ αφήνει τις επιμέρους πολιτείες να αντιμετωπίζουν θέματα αδικοπραξίας όπως αυτές το κρίνουν κατάλληλο (Law & Committee, 2020).

3.5.2. Μεγάλη Βρετανία

Ήδη από το 2015 η Κυβέρνηση της Μ. Βρετανίας έδειξε ενδιαφέρον για την έρευνα και ανάπτυξη της αυτοματοποιημένης οδήγησης. Για αυτό το λόγο εξέδωσε μία λεπτομερή αναθεώρηση των κανονισμών για αυτοματοποιημένα οχήματα, και άρχισε να επιτρέπει να διενεργούνται επίσημα δοκιμές στο δρόμο από αυτό-οδηγούμενα οχήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η νομοθεσία του Ηνωμένου Βασιλείου για τα συστήματα ασφάλισης αυτόνομων οχημάτων είναι πρώτη στον κόσμο (Sun, 2020).

Στις 19 Ιουλίου 2018 ψηφίστηκε νόμος για τα Αυτοματοποιημένα και Ηλεκτρικά Οχήματα, το «Automated and Electric Vehicles Act» («AEVA»). Με τον ανωτέρω νόμο επεκτάθηκε η υποχρεωτική ασφάλιση και στα αυτόνομα οχήματα, η οποία μάλιστα καταλαμβάνει την υποχρέωση αποζημίωσης όχι μόνο των τρίτων αλλά του ασφαλισμένου, ο οποίος συνηθίζεται να είναι ο οδηγός (Turner, 2018). Σύμφωνα με το προσφάτως διαμορφωθέν νομικό πλαίσιο την ευθύνη καταρχήν φέρει ο ασφαλιστής, ενώ εάν το όχημα δεν είναι ασφαλισμένο υπεύθυνος προς αποκατάσταση των ζημιών καθίσταται ο ιδιοκτήτης (Patti, 2019). Ωστόσο, ο ασφαλιστής ή ο ιδιοκτήτης του οχήματος θα έχει το δικαίωμα να στραφεί εναντίον του «υπεύθυνου για το ατύχημα», όπως είναι ο κατασκευαστής ή προμηθευτής του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου.

Δυστυχώς, μέχρι στιγμής, δεν φαίνεται να έχει δοθεί περαιτέρω καθοδήγηση για το πώς θα καθοριστεί το «υπεύθυνο άτομο για ατύχημα». Η ευθύνη σύμφωνα με την «AEVA» διαμορφώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται ότι τα θύματα θα αποζημιώνονται χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση – δίνοντάς τους το δικαίωμα αξίωσης κατά του ασφαλιστή, υπό την προϋπόθεση ότι το θύμα είναι σε θέση να αποδείξει ότι το ατύχημα προκλήθηκε από το εν λόγω αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο και δεν υπάρχει κάποιος λόγος απαλλαγής της ευθύνης του ασφαλιστή. Ο ασφαλιστής μπορεί στη συνέχεια να στραφεί εναντίον του κατασκευαστή. Αυτός είναι και ο λόγος που οι ασφαλιστές στο Ηνωμένο Βασίλειο φαίνεται να είναι υποστηρικτές της προσέγγισης που υιοθετήθηκε από το νομοσχέδιο «AEVA», πιθανώς επειδή προβλέπεται ότι θα μπορούν, με την πάροδο του χρόνου, να υποκαθιστούν γρήγορα και εύκολα τις απαιτήσεις και να ανακτήσουν το κόστος τους από τους κατασκευαστές.

Το νομοσχέδιο «ΑΕVA» παρέχει στους ασφαλιστές αρκετούς τρόπους άμυνας. Αρχικά, ο νόμος για την συνεπαγόμενη αμέλεια εφαρμόζεται εξίσου στα ατυχήματα που αφορούν αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα. Επομένως, συνάγεται ότι ο ασφαλιστής ή ιδιοκτήτης του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου δεν θα φέρει καμία ευθύνη έναντι του υπεύθυνου του οχήματος όπου το ατύχημα οφειλόταν εξ ολοκλήρου στην αμέλεια αυτού του ατόμου. Επιπλέον, οι ασφαλιστές επιτρέπεται να αποκλείουν ή να περιορίζουν την ευθύνη για ατυχήματα τα οποία οφείλονται αποκλειστικά σε απαγορευμένες αλλαγές λογισμικού που γίνονται από το ασφαλισμένο πρόσωπο ή εν γνώσει του ασφαλισμένου, ή σε παράλειψη εγκατάστασης κρίσιμων για την ασφάλεια ενημερώσεων λογισμικού που γνωρίζει ο ασφαλισμένος ή θα έπρεπε εύλογα να γνωρίζει ότι είναι κρίσιμες για την ασφάλεια του οχήματος (Law & Committee, 2020).

Τον Απρίλιο του 2021 Το υπουργείο Μεταφορών της Βρετανίας ανακοίνωσε πως μέσα στο έτος θα επιτρεπόταν η κυκλοφορία των αυτόνομων οχημάτων στη χώρα, και η πρώτη αποδεκτή εφαρμογή θα ήταν τα αυτοματοποιημένα συστήματα διατήρησης λωρίδας (automated lane-keeping systems - ALKS), με τη λειτουργία τους όμως να περιορίζεται σε ταχύτητα έως τα 60 χλμ/ώρα. Η κυβέρνηση επιβεβαίωσε ότι δεν θα απαιτείται από τους οδηγούς να παρακολουθούν το δρόμο ή να κρατούν τα χέρια τους στο τιμόνι όταν το όχημα κινείται αυτόνομα, ωστόσο ο οδηγός θα πρέπει να παραμένει σε εγρήγορση για να μπορεί να το αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος, όταν το ζητήσει το σύστημα, εντός 10 δευτερολέπτων. Εάν ένας οδηγός δεν ανταποκριθεί, το όχημα θα ανάβει αυτόματα τα φάτα κινδύνου (alarm) για να προειδοποιήσει τα κοντινά οχήματα, και θα επιβραδύνει έως ότου σταματήσει (Τσίκας, 2021).

Ήδη, δηλαδή, η βρετανική κυβέρνηση αναπτύσσει νομοθεσία που θα επιτρέπει στα αυτόνομα αυτοκίνητα να κινούνται σε δημόσιους δρόμους και μέσω αυτής θα λύνονται και κάποια θέματα σχετικά με τα αυτόνομα οχήματα, όπως είναι η ασφάλιση, η ανάληψη ευθύνης σε ενδεχόμενο ατύχημα, καθώς και το τεχνολογικό πλαίσιο βάσει του οποίου θα κυκλοφορούν τα οχήματα αυτά, που έχει να κάνει και με την εξέλιξη των δικτύων κινητής τηλεφωνίας και internet.

Εκτιμάται πως όταν ολοκληρωθεί η επεξεργασία της νομοθεσίας θα ισχύει για αυτοκίνητα που μπορούν να υποστηρίξουν αυτόνομη μετακίνηση Επιπέδου 3 και πάνω.

Πολλά αυτοκίνητα είναι προς το παρόν διαθέσιμα με δυνατότητες Επιπέδου 2 σε ότι αφορά την αυτόνομη οδήγηση, κάτι που ορίζεται από την παρουσία τεχνικών χαρακτηριστικών στον εξοπλισμό, όπως είναι η υποβοήθηση για τη διατήρηση της πορείας σε συγκεκριμένη λωρίδα του δρόμου (Νομικό Πλαίσιο Για Την Κυκλοφορία Αυτόνομων Οχημάτων Στη Βρετανία | NewsAuto.Gr, 2021).

Ωστόσο, ο βρετανικός λαός δεν έχει πειστεί σε ικανοποιητικό βαθμό για τη νέα τεχνολογία της αυτόνομης οδήγησης, με κύρια ανησυχία τους την ασφάλεια των αυτόνομων οχημάτων. Συγκεκριμένα, από μία εθνική έρευνα που διενεργήθηκε από μία εταιρεία καινοτομίας προέκυψε ότι το 55 τοις εκατό των ερωτηθέντων δεν θα ένιωθαν άνετα να χρησιμοποιήσουν ένα αυτό-οδηγούμενο αυτοκίνητο εάν τους δινόταν η ευκαιρία. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι μόνο το 30 τοις εκατό των ερωτηθέντων πίστευε ότι τα αυτόνομα οχήματα θα είναι ασφαλέστερα από τα παραδοσιακά οχήματα, με το 44 τοις εκατό να διαφωνεί και το 26 τοις εκατό αναποφάσιστοι (Carey, 2022).

3.5.3. Γερμανία

Στις 21 Ιουνίου 2017, η Γερμανία θέσπισε νομοσχέδιο, το οποίο επέτρεπε στα αυτοματοποιημένα οχήματα να κινούνται σε δημόσιους δρόμους και παράλληλα ρύθμιζε την αντιμετώπιση των, σχετικών με αυτά, κινδύνων ευθύνης. Μία βασική διάταξη του νόμου ήταν η υποχρέωση να εγκατασταθεί στα αυτόνομα οχήματα μια συσκευή καταγραφής δεδομένων οδήγησης, παρόμοια με αυτή των αεροσκαφών, «το μαύρο κουτί», προκειμένου να καταγράψει ολόκληρο το ταξίδι, και να μπορούν να καθοριστούν οι ευθύνες κατά τις συγκρούσεις (Sun, 2020). Με αυτόν τον τρόπο, θύματα ατυχημάτων που αφορούν τα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα θα έχουν το δικαίωμα πρόσβασης σε τέτοια αρχεία, προκειμένου να βοηθήσουν στην απόδειξη της υπαιτιότητας του οδηγού ή του ίδιου του αυτό-οδηγούμενου αυτοκινήτου (Law & Committee, 2020).

Ακόμη, βάσει του ανωτέρω νομοσχεδίου, ο οδηγός επιτρέπεται να απομακρύνει την προσοχή του από την κυκλοφορία, δεν απαιτείται δηλαδή να ελέγχει συνεχώς το όχημα. Ωστόσο, θα πρέπει να έχει τεταμένη την προσοχή του στο όχημα, ώστε να ανακτήσει τον έλεγχο του οχήματος χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση είτε όταν ζητηθεί από το σύστημα είτε όταν οι συνθήκες είναι τέτοιες που απαιτείται άμεσος χειροκίνητος έλεγχος, όταν για παράδειγμα το αυτόνομο όχημα δεν είναι σε θέση να αντιδράσει σε ένα σήμα αστυνομικού (Law & Committee, 2020). Ακόμη, ο νόμος

ορίζει ότι το σύστημα πρέπει να ενημερώνει τον οδηγό εάν μια δεδομένη χρήση δεν είναι εντός των ορίων της προβλεπόμενης χρήσης, καθώς και ότι πρέπει να δοθεί στον οδηγό «επαρκές χρονικό απόθεμα» προτού χρειαστεί να αναλάβει ξανά τον έλεγχο. Το ανωτέρω νομοσχέδιο δέχθηκε έντονα κριτικές, ιδίως όσον αφορά στο «επαρκές χρονικό περιθώριο», εντός του οποίου επιτρέπεται στους οδηγούς να αναλάβουν τον έλεγχο όταν είναι απαραίτητο, καθότι αυτό το χρονικό περιθώριο δεν ορίζεται στο νόμο, παραμένοντας ασαφές το τι θεωρεί «επαρκές» ο νομοθέτης (Germany Permits Automated Vehicles | White & Case LLP - JDSupra, 2017).

Όσον αφορά στην έννοια της ευθύνης, το νομοσχέδιο δεν άλλαξε τη γενική έννοια της ευθύνης σύμφωνα με το γερμανικό δίκαιο. Ως εκ τούτου, τόσο ο οδηγός όσο και ο «ιδιοκτήτης» παραμένουν υπεύθυνοι ακόμη και αν το όχημα βρίσκεται σε λειτουργία αυτόματης οδήγησης, με τους οδηγούς να μπορούν να απαλλαγθούν από την ευθύνη εάν χρησιμοποίησαν νόμιμα την αυτοματοποιημένη λειτουργία οδήγησης. Ο δε κατασκευαστής είναι υπεύθυνος για τα ατυχήματα, όπου το σύστημα του οχήματος είναι υπεύθυνο και η αποτυχία του συστήματος είναι η κύρια αιτία του ατυχήματος (Germany Permits Automated Vehicles | White & Case LLP - JDSupra, 2017). Ο νόμος επιβεβαιώνει ότι η ευθύνη για ζημιές που προκαλούνται από αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα θα αποδίδονται σύμφωνα με την Οδηγία Ευθύνης Προϊόντων, επιβάλλοντας παράλληλα στους κατασκευαστές και στους χειριστές την υποχρέωση να βελτιστοποιούν συνεχώς τα συστήματά τους και να παρατηρούν συστήματα που έχουν ήδη διατεθεί στην αγορά (Law & Committee, 2020).

Τέλος, το ανωτέρω νομοσχέδιο αύξησε τα ανώτατα όρια ευθύνης που επιβάλλονταν από την τότε ισχύουσα νομοθεσία (Sun, 2020).

Σημειωτέον ότι τον Μάιο του 2018, έγινε στη Γερμανία μία ρηζικέλευθη ρύθμιση, ηθικής διάστασης, στην τεχνολογία της αυτόνομης οδήγησης. Ειδικότερα, ρυθμίστηκε ότι όταν ένα όχημα βρίσκεται σε μία κατάσταση ανάγκης, κατά την οποία πρέπει να αποφύγει ένα εμπόδιο, η ανθρώπινη ζωή πρέπει πάντα να υπερέχει έναντι της ιδιοκτησίας ή των ζώων (Sun, 2020).

3.5.4. Ιαπωνία

Οι εξελίξεις στα αυτόνομα οχήματα στην Ιαπωνία ήταν αξιοσημείωτες το έτος 2020, καθότι η ιαπωνική κυβέρνηση είχε θέσει ως στόχο να κυκλοφορούν

αυτοματοποιημένα οχήματα σε δημόσιους δρόμους του Τόκιο την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων. Αυτό οδήγησε σε μια σειρά συνεχιζόμενων ρυθμιστικών εξελίξεων. Είναι σημαντικό ωστόσο να αναφερθεί ότι στόχος της ιαπωνικής κυβέρνησης δεν ήταν να έχει πλήρως αυτοματοποιημένα αυτόνομα οχήματα, όπως αυτά που τέθηκαν σε λειτουργία στους Ολυμπιακούς Αγώνες το 2020, αλλά μάλλον οχήματα με αυτόνομα συστήματα επιπέδου 3.

Για αυτό το λόγο η ιαπωνική κυβέρνηση προέβη σε νομοθετικές και κανονιστικές τροποποιήσεις των ήδη υφιστάμενων νομοθετημάτων. Συγκεκριμένα, νομιμοποίησε τη χρήση αυτόνομων οχημάτων επιπέδου 3 σε δημόσιους δρόμους, απαιτώντας παράλληλα από τους κατασκευαστές τέτοιων οχημάτων να πρέπει πρώτα να αποδείξουν ότι τα οχήματα πληρούν μια σειρά κριτηρίων και ότι τα οχήματα μπορούν να λειτουργούν με ασφάλεια σε διάφορες συνθήκες και σε διαφορετικούς τύπους δρόμων. Επιπλέον, τέθηκε ως προϋπόθεση τα αυτόνομα οχήματα να είναι εξοπλισμένα με καταγραφείς δεδομένων ταξιδιού και δεδομένα από τη χρήση των οχημάτων. Έχουν επίσης γίνει παράλληλες τροποποιήσεις που αφορούν την εισαγωγή νέων ρυθμιστικών προτύπων για τις κάμερες, τους αισθητήρες και τους ρυθμιστικούς εξοπλισμούς που χρησιμοποιούνται στα αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα. Επιπλέον, οι τροπολογίες προβλέπουν κανόνες για τη δοκιμή και τη συντήρηση των συστημάτων αυτό-οδήγησης. Όσον αφορά την αστική ευθύνη για ατυχήματα που προκαλούνται από αυτό-οδηγούμενα αυτοκίνητα, η ιαπωνική κυβέρνηση δεν έχει ακόμη αποφασίσει να προβεί σε δραστηκές αλλαγές του ισχύοντος νομοθετικού πλαισίου (Law & Committee, 2020).

4. Οι τελευταίες εξελίξεις στην Ευρωπαϊκή Ένωση στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης

Στις 27 Νοεμβρίου 2019 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εξέδωσαν τον με αριθμό 2019/2144 Κανονισμό «για τις απαιτήσεις έγκρισης τύπου των μηχανοκίνητων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων τους και των συστημάτων, κατασκευαστικών στοιχείων και χωριστών τεχνικών μονάδων που προορίζονται για τα οχήματα αυτά όσον αφορά τη γενική τους ασφάλεια και την προστασία των επιβατών των οχημάτων και του εύαλωτου χρήστη της οδού...».

Αναγνωρίζοντας τις τεχνολογικές εξελίξεις και τα οφέλη αυτών στην ανθρωπότητα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει μια σειρά μέτρων στην προσπάθειά της να αυξήσει το επίπεδο προστασίας στις οδικές μεταφορές. Ο ανωτέρω κανονισμός στοχεύει στη διασφάλιση της ασφάλειας των οχημάτων και στη συνολική μείωση του αριθμού των θανάτων και των σοβαρών τραυματισμών που προκαλούνται από τροχαία ατυχήματα σε δρόμους της ΕΕ. Στο σκοπό αυτό, σύμφωνα με τον κανονισμό, τεράστια συμβολή μπορούν δυνητικά να έχουν τα αυτοματοποιημένα οχήματα, καθώς εκτιμάται ότι ποσοστό άνω του 90 % των τροχαίων ατυχημάτων οφείλεται σε κάποιο βαθμό σε ανθρώπινο λάθος. Δεδομένου ότι τα αυτοματοποιημένα οχήματα θα αναλαμβάνουν σταδιακά τα καθήκοντα του οδηγού, θα πρέπει να θεσπιστούν σε επίπεδο Ένωσης, τηρουμένης της αρχής της τεχνολογικής ουδετερότητας, και να προωθηθούν σε διεθνές επίπεδο, στο πλαίσιο του Παγκόσμιου φόρουμ για την εναρμόνιση των κανονισμών οχημάτων της, εναρμονισμένοι κανόνες και τεχνικές απαιτήσεις για τα συστήματα των αυτοματοποιημένων οχημάτων, μεταξύ άλλων όσον αφορά την επαλήθευση της ασφάλειας κατά τη λήψη αποφάσεων από αυτοματοποιημένα οχήματα.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό όλα τα νέα οχήματα πρέπει να εξοπλίζονται με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ασφαλείας: α) ευφυής έλεγχος ταχύτητας β) εγκατάσταση συστήματος για την παρεμπόδιση της οδήγησης υπό την επήρεια οινοπνεύματος γ) σύστημα προειδοποίησης υπνηλίας και διάσπασης προσοχής του οδηγού δ) προηγμένο σύστημα προειδοποίησης διάσπασης της προσοχής του οδηγού ε) σήμα πέδησης έκτακτης ανάγκης στ) ανίχνευση οπισθοπορείας και ζ) σύστημα καταγραφής δεδομένων συμβάντος.

Πέρα από τις ανωτέρω απαιτήσεις που ορίζει ο κανονισμός, τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα και τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα πληρούν τις ανωτέρω τεχνικές σχετικά με τα ακόλουθα: α) συστήματα που αντικαθιστούν τον έλεγχο του οδηγού επί του οχήματος, συμπεριλαμβανομένων της σηματοδότησης, της διεύθυνσης, της επιτάχυνσης και της πέδησης· β) συστήματα που παρέχουν στο όχημα ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο όσον αφορά την κατάσταση του οχήματος και τον περιβάλλοντα χώρο· γ) συστήματα παρακολούθησης της διαθεσιμότητας του οδηγού· δ) συστήματα καταγραφής δεδομένων συμβάντος για αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα· ε) ενιαίο μορφότυπο ανταλλαγής δεδομένων, για παράδειγμα, για φάλαγγες οχημάτων διαφόρων κατασκευαστών· στ) συστήματα που παρέχουν

πληροφορίες για την ασφάλεια σε άλλους χρήστες της οδού (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ, 2019).

5. Συμπεράσματα

Όπως έχει καταδειχθεί από έρευνες και ορθά επισημαίνεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, το ανθρώπινο σφάλμα αποτελεί τη γενεσιουργό αιτία για περισσότερα του 90% των τροχαίων ατυχημάτων που συντελούνται στο ευρωπαϊκό οδικό δίκτυο. Αυτός είναι και ο λόγος που η επιλογή της αντικατάστασης του ανθρώπου - οδηγού πίσω από το τιμόνι από ένα σύστημα αυτόνομης οδήγησης φαίνεται να είναι πιο ελκυστική από ποτέ. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας δε έχει καταστήσει την ιδέα της αυτόνομης οδήγησης κάτι παραπάνω από υλοποιήσιμη τη σήμερον ημέρα.

Στις κύριες τεχνολογίες στις οποίες βασίζονται τα σύγχρονα συστήματα αυτόνομης οδήγησης συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων η τεχνητή νοημοσύνη (AI), το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και δυνατότητες μηχανικής μάθησης (Machine Learning). Αναλυτικά, χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη τα αυτόνομα αυτοκίνητα δύνανται να συλλέγουν δεδομένα, τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζονται προκειμένου να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν την πιο κατάλληλη, σύντομη και οικονομική διαδρομή. Επιπλέον, τα αυτόνομα οχήματα εκμεταλλευόμενα το διαδίκτυο των πραγμάτων διασυνδέονται σε ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων (π.χ. οδικό δίκτυο, έξυπνα τηλέφωνα, άλλα οχήματα) συλλέγοντας και ανταλλάσσοντας δεδομένα μεγάλου όγκου (Big Data), όπως για παράδειγμα προηγούμενες οδηγητικές εμπειρίες ή πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου, τα οποία αποθηκεύονται σε και γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας από εφαρμογές υπολογιστικού νέφους (Cloud Computing). Τα εν λόγω δεδομένα αναλύονται από έναν έξυπνο πράκτορα, ο οποίος στη συνέχεια λαμβάνει τις ενδεδειγμένες οδηγητικές αποφάσεις με την ελάχιστη ή και καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτή η τεχνολογία των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων συνιστά στην ουσία τα λεγόμενα ρομποτικά συστήματα.

Τα ρομποτικά συστήματα των αυτόνομων οχημάτων, τα οποία πρόκειται να απαλλάξουν τους ανθρώπους από το βάρος, το άγχος, ή ακόμη και την ευθύνη, της οδήγησης, είναι ικανά να αντιληφθούν το εξωτερικό περιβάλλον του οχήματος, να σχεδιάσουν τη στρατηγική της οδήγησης και να λάβουν τις αντίστοιχες αποφάσεις. Για αυτό τον σκοπό, αξιοποιούν αισθητήρες, όπως είναι το LiDAR, το GPS και τα ραντάρ. Το LiDAR δημιουργεί μια τρισδιάστατη απεικόνιση του εξωτερικού

περιβάλλοντος και μέσω των συστημάτων εντοπισμού θέσης (GPS) και των ηλεκτρονικών χαρτών είναι δυνατός ο εντοπισμός του ακριβούς στίγματος του οχήματος και η πλοήγηση αυτού. Τα δε ραντάρ, τα λέιζερ και οι λοιποί οπτικοί αισθητήρες εξυπηρετούν την οπτική αντίληψη του οχήματος συμπληρώνοντας το παζλ του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα, τα ρομποτικά συστήματα επιτυγχάνουν και τον έλεγχο του αυτόνομου οχήματος ορίζοντας την ταχύτητα, την επιτάχυνση και την κατεύθυνση (πορεία) αυτού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις ανωτέρω τεχνολογικές δυνατότητες των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η αυτόνομη οδήγηση συνιστά μια ελπιδοφόρα λύση για την επίτευξη του στόχου των ασφαλέστερων οδικών μεταφορών, τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και την υλοποίηση πιο σύντομων, οικονομικών και οικολογικών διαδρομών. Σε κάθε περίπτωση, δεν πρέπει να παραβλεφθούν προβλήματα που προκύπτουν από τη διαρκώς εξελισσόμενη τεχνολογία της αυτόνομης οδήγησης, όπως για παράδειγμα ζητήματα ασφαλείας δεδομένων, το υψηλό κόστος, καθώς και νομικά ζητήματα με κυρίαρχο αυτό της αστικής ευθύνης.

Αναφορικά με τα νομικά ζητήματα που δύναται να γεννήσουν τροχαία ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται αυτόνομα αυτοκίνητα, τα ερωτήματα που τίθενται αφορούν ιδίως το πεδίο της αστικής ευθύνης και συγκεκριμένα το ποιος καθίσταται υπεύθυνος σε περίπτωση τροχαίου ατυχήματος, με ποιο καθεστώς και με βάση ποια νομική βάση, καθώς και ποιος υποχρεούται σε υποχρεωτική ασφάλιση του οχήματος.

Εξετάζοντας το ισχύον νομικό πλαίσιο που διέπει την αστική ευθύνη στη χώρα μας, γίνεται αντιληπτό ότι η εν λόγω ευθύνη άλλοτε λαμβάνει τη μορφή της υποκειμενικής ευθύνης και εδράζει στην ύπαρξη υπαιτιότητας και δη αμέλειας ενώ άλλοτε η υπαιτιότητα απουσιάζει και εμφανίζεται ως αντικειμενική ευθύνη. Πιο συγκεκριμένα, ως υποκειμενική ευθύνη η αστική ευθύνη έχει τη νομική της βάση στην αδιοπρακτική ευθύνη του άρθρου 914 ΑΚ. Ειδικά δε ως προς την υπαιτιότητα, για τα τροχαία ατυχήματα, συμπεριλαμβανομένων αυτών στα οποία εμπλέκονται αυτόνομα οχήματα, ιδιαίτερη σημασία διαδραματίζει η αμέλεια, ήτοι η έλλειψη της δέουσας επιμέλειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η παράλειψη της ορθής συντήρησης του οχήματος, η παραβίαση των οδηγιών του κατασκευαστή

(τροποποιήσεις, μετατροπές), καθώς και η παραβίαση των κανόνων ασφαλείας εκ μέρους του κατασκευαστή. Ωστόσο, όπως ως άνω επισημάνθηκε, η αστική ευθύνη δύναται να λάβει και τη μορφή αντικειμενικής ευθύνης, ελλείψει υπαιτιότητας.

Ειδικότερες εκφάνσεις της αστικής ευθύνης ως αντικειμενικής ευθύνης συνιστούν η ευθύνη από διακινδύνευση του ΓπΝ'/1911 και η ευθύνη από ελαττωματικό προϊόν. Αναφορικά με τον ΓπΝ'/1911, αφετηρία αποτελεί το γεγονός ότι το αυτοκίνητο αντιμετωπίζεται ως πηγή κινδύνων. Ως εκ τούτου, τα πρόσωπα που επωφελούνται από τη χρήση του αυτοκινήτου, ήτοι ο οδηγός, ο κάτοχος, και ο ιδιοκτήτης του δύνανται να καταστούν υπεύθυνοι για αποκατάσταση των ζημιών/βλαβών τρίτων προσώπων. Αναλογικά και στην περίπτωση των αυτό-οδηγούμενων αυτοκινήτων, ο ιδιοκτήτης δύναται να θεωρηθεί υπεύθυνος εξ αιτίας της κυριότητας, ο κάτοχος εκ του λόγου της ωφέλειας ενώ μόνον η ευθύνη του οδηγού ερίζεται, διότι ο οδηγός σε ορισμένα επίπεδα αυτονομίας του οχήματος ή λειτουργίες αυτού δεν παρεμβαίνει στην οδήγηση.

Επιπλέον, η ευθύνη από ελαττωματικό προϊόν δύναται να χρησιμοποιηθεί για τη θεμελίωση της αστικής ευθύνης στην περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων. Ειδικότερα, υπεύθυνος καθίσταται κατά περίπτωση ο παραγωγός ή ο οιονεί παραγωγός ή ο εισαγωγέας ή ο προμηθευτής του αυτόνομου οχήματος εξαιτίας είτε κατασκευαστικού ελαττώματος (αστοχία προϊόντος) είτε ελαττώματος εκ σχεδιασμού του οχήματος. Ωστόσο, εύλογες κρίνονται οι αμφιβολίες σχετικά με τη δυνατότητα του παθόντος να αποδείξει το εν λόγω ελάττωμα του αυτό-οδηγούμενου οχήματος λόγω της πολυπλοκότητας της λειτουργίας του.

Τέλος, αξίζει να σημειωθούν και δύο ακόμα νομικές βάσεις στις οποίες θα μπορούσε να στηριχθεί ο παθών τροχαίου ατυχήματος με αυτόνομο όχημα. Εφόσον ο παθών είναι επιβάτης και υπάρχει μεταξύ αυτού και του οδηγού έγκυρη σύμβαση σε ισχύ, θα μπορούσαν να εφαρμοστούν αναλογικά οι διατάξεις των άρθρων 95 έως 107 του Εμπορικού Νόμου για τη μεταφορά πραγμάτων θεμελιώνοντας ενδοσυμβατική ευθύνη που απορρέει από σύμβαση μεταφοράς προσώπων. Επιπρόσθετα, έχει προταθεί, αν και σε πρώιμο στάδιο, η απόδοση της ευθύνης απευθείας στα ρομπότ – αυτόνομα οχήματα ή τις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης μέσω ad hoc κανόνων που θα καθιέρωναν μια «ηλεκτρονική» νομική προσωπικότητα, γεγονός που διευκολύνει

μεν την απόδοση της ευθύνης, εμπλέκει έμμεσα δε τα φυσικά ή νομικά πρόσωπα πίσω από την κατασκευή/δημιουργία του αυτόνομου οχήματος ή της τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης δημιουργώντας ένα φαύλο κύκλο ευθυνών.

Συμπερασματικά, ανάλογα με τα πραγματικά περιστατικά, η θεμελίωση της αστικής ευθύνης έναντι τρίτων σε περιπτώσεις τροχαίων ατυχημάτων με εμπλεκόμενα αυτόνομα οχήματα δύναται να στηριχθεί είτε στην αδικοπρακτική ευθύνη του 914 ΑΚ είτε στην ευθύνη από διακινδύνευση του ΓπΝ'/1911 είτε στην ευθύνη από ελαττωματικό προϊόν του κατασκευαστή του οχήματος είτε στην ενδοσυμβατική ευθύνη του οδηγού κατά τη μεταφορά προσώπων. Η δε λύση της απόδοσης νομικής προσωπικότητας στο ρομπότ πίσω από το αυτόνομο αυτοκίνητο κρίνεται προς το παρόν ως πρόωρη.

Επίσης, αναφορικά με την υποχρεωτική ασφάλιση των αυτόνομων οχημάτων, είναι ευνόητο ότι όλα τα εν λόγω οχήματα επιβάλλεται να ασφαλιζονται, όπως ακριβώς και τα συμβατικά. Είναι αναγκαίο δε οι κατασκευαστές αυτών των οχημάτων να προβούν σε ασφαλιστική κάλυψη της ευθύνης τους που τυχόν ανακύψει από τροχαία ατυχήματα στα οποία ενεπλάκησαν οχήματα που οδηγούνταν από συστήματα αυτόνομης οδήγησης δικής τους κατασκευής. Παράλληλα, πρέπει και οι ασφαλιστές να αναθεωρήσουν, να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα και να ανταποκριθούν στις νέες ανάγκες της αγοράς και δη των κατασκευαστών αυτόνομων οχημάτων.

Κλείνοντας και λαμβάνοντας υπόψιν τις εξελίξεις σε χώρες του εξωτερικού, αν και η Ελλάδα δεν οδηγεί την κούρσα της τεχνολογικής εξέλιξης των αυτόνομων οχημάτων και της συνακόλουθης νομοθέτησης, δεν στερείται ούτε ικανών επιστημόνων ούτε λαμπρών νομικών που θα μπορούσαν να βάλουν τη χώρα μας στο χάρτη της αυτόνομης οδήγησης. Η πρώτη ύλη υπάρχει, αλλά είναι αδήριτη ανάγκη αυτή να αξιοποιηθεί δεόντως, ώστε να επιτευχθούν οι κατάλληλες ζυμώσεις σε ερευνητικό, θεωρητικό και οικονομικό επίπεδο που θα αποδώσουν καρπούς στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε νομικό επίπεδο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Affairs, L., & Rights, H. (2020). *Committee on Legal Affairs and Human Rights Legal aspects of “ autonomous ” vehicles. September, 1 Rule 5.*
- Asimov, I. (1990). *Robot Visions* (collection of robot stories). *Byron Preiss Visual Publications Inc.*
- Babak, S.-J., Hussain, S. A., Karakas, B., & Cetin, S. (2017). Control of autonomous ground vehicles: a brief technical review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 224(1), 12029.
- Barfield, W. (2018). Towards a law of artificial intelligence. In *Research Handbook on the Law of Artificial Intelligence*. Edward Elgar Publishing.
- Bloom, C., Tan, J., Ramjohn, J., & Bauer, L. (2017). Self-driving cars and data collection: Privacy perceptions of networked autonomous vehicles. *Thirteenth Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2017)*, 357–375.
- BMW.com | The international BMW Website*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <https://www.bmw.com/en/index.html>
- BMW Vision iNEXT*. (n.d.). Retrieved June 6, 2022, from <https://www.bmwgroup.com/en/innovation/design/concepts-and-visions/bmw-vision-i-next.html>
- Carey, C. (2022). *Over half in UK not ready for autonomous vehicles - Cities Today*. <https://cities-today.com/over-half-in-uk-not-ready-for-autonomous-vehicles/>
- Daziano, R. A., Sarrias, M., & Leard, B. (2017). Are consumers willing to pay to let cars drive for them? Analyzing response to autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, 150–164.
- Demuro, D. (2018). *7 Best Semi-Autonomous Systems Available Right Now - Autotrader*. <https://www.autotrader.com/best-cars/7-best-semi-autonomous-systems-available-right-now-271865>
- Eidenmüller, H. (2017). *The rise of robots and the law of humans*.
- EPCLA. (2016). *Draft report with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL), European Parliament Committee on Legal Affairs. 2103*. <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/JURI-PR->

EUR-Lex - 31985L0374 - EL. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31985L0374&from=EL>

Farrell, J., Givargis, T., & Barth, M. (1999). Differential carrier phase GPS-aided INS for automotive applications. *Proceedings of the 1999 American Control Conference (Cat. No. 99CH36251)*, 5, 3660–3664.

From post-it note to prototype: The journey of our Firefly. (2017). <https://blog.waymo.com/2019/08/from-post-it-note-to-prototype-journey.html>

Gadam, S. (2018). Artificial intelligence and autonomous vehicles. *Data Driven Investor.*

Germany Permits Automated Vehicles | White & Case LLP - JDSupra. (2017). <https://www.jdsupra.com/legalnews/germany-permits-automated-vehicles-15610>

Gill. (2020). *Bill Resource.* https://custom.statenet.com/public/resources.cgi?id=ID:bill:NJ2020000S2129&ciq=ncsl&client_md=3b246d2c26f8a1488ecaf210fcad54db&mode=current_text

Guerra, A., Parisi, F., & Pi, D. (2022). Liability for robots I: legal challenges. *Journal of Institutional Economics*, 18(3), 331–343.

Hubbard, F. P. (2014). Sophisticated robots: balancing liability, regulation, and innovation. *Fla. L. Rev.*, 66, 1803.

Ilková, V., & Ilka, A. (2017). Legal aspects of autonomous vehicles—an overview. *2017 21st International Conference on Process Control (PC)*, 428–433.

Khayyam, H., Javadi, B., Jalili, M., & Jazar, R. (2020). *Artificial Intelligence and Internet of Things for Autonomous Vehicles* (pp. 39–68). https://doi.org/10.1007/978-3-030-18963-1_2

Kitsakis, S. (2019). Υποκειμενική ευθύνη στην εποχή των αλγορίθμων (Fault liability in the age of algorithms). *Χρονικά Ιδιωτικού Δικαίου*, 2019. https://www.academia.edu/40834392/Υποκειμενική_ευθύνη_στην_εποχή_των_αλγορίθμων_Fault_liability_in_the_age_of_algorithms_

Kocic, J., Jovičić, N., & Drndarevic, V. (2018). *Sensors and Sensor Fusion in*

- Autonomous Vehicles*. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8612054>
- Law, S. A. of, & Committee, L. R. (2020). *Report on the Attribution of Civil Liability for Accidents Involving Autonomous Cars LRC Cover_Report on the Attribution of Civil Liability for Accidents.indd 1 LRC Cover_Report on the Attribution of Civil Lia*. <https://www.sal.org.sg/Resources-Tools/Law-Reform>.
- Memos, V. A., Psannis, K. E., Ishibashi, Y., Kim, B.-G., & Gupta, B. B. (2018). An efficient algorithm for media-based surveillance system (EAMSuS) in IoT smart city framework. *Future Generation Computer Systems*, 83, 619–628.
- Molla, T. (2018). *Self-Driving car*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36042.82885>
- NHTSA. (2021). *NHTSA Orders Crash Reporting for Vehicles Equipped with Advanced Driver Assistance Systems and Automated Driving Systems | NHTSA*. <https://www.nhtsa.gov/press-releases/nhtsa-orders-crash-reporting-vehicles-equipped-advanced-driver-assistance-systems>
- Patti, F. P. (2019). The European road to autonomous vehicles. *Fordham Int'l LJ*, 43, 125.
- REPORT with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_EN.html
- Roe, M. (2019). Who's Driving That Car: An Analysis of Regulatory and Potential Liability Frameworks for Driverless Cars. *BCL Rev.*, 60, 317.
- SAE. (2016). Levels of automation. *Society of Automotive Engineers*, 0. <https://autoalliance.org/>
- Self-driving car liability - Wikipedia*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car_liability
- Self-Driving Cars: The Pros & Cons of Automated Vehicles*. (n.d.). Retrieved June 6, 2022, from <https://valientemott.com/auto-collisions/self-driving-cars-pros-and-cons/>
- Shalev-Shwartz, S., Shammah, S., & Shashua, A. (2017). On a formal model of safe and scalable self-driving cars. *ArXiv Preprint ArXiv:1708.06374*.
- Stergiou, C., & Psannis, K. E. (2017a). Efficient and secure big data delivery in cloud

- computing. *Multimedia Tools and Applications*, 76(21), 22803–22822.
- Stergiou, C., & Psannis, K. E. (2017b). Recent advances delivered by Mobile Cloud Computing and Internet of Things for Big Data applications: a survey. *International Journal of Network Management*, 27(3), e1930.
- Stergiou, C., Psannis, K. E., Gupta, B. B., & Ishibashi, Y. (2018). Security, privacy & efficiency of sustainable cloud computing for big data & IoT. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 19, 174–184.
- Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B.-G., & Gupta, B. (2018). Secure integration of IoT and cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 78, 964–975.
- Stergiou, C., Psannis, K. E., Plageras, A. P., Ishibashi, Y., & Kim, B.-G. (2018). *Algorithms for efficient digital media transmission over IoT and cloud networking*.
- Sun, Y. (2020). Construction of Legal System for Autonomous Vehicles. *4th International Conference on Culture, Education and Economic Development of Modern Society (ICCESE 2020)*, 598–602.
- SWOT | Self Driving Car*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <https://selfdrivingcarproject.wordpress.com/swot/>
- Turner, J. (2018). *Robot rules: Regulating artificial intelligence*. Springer.
- Uzair, M. (2021). Who Is Liable When a Driverless Car Crashes? In *World Electric Vehicle Journal* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/wevj12020062>
- Van Rossum, C. (2018). Liability of robots: legal responsibility in cases of errors or malfunctioning. *LLM Paper*, https://lib.ugent.be/Fulltxt/RUG01/002/479/449/RUG01-002479449_2018_0001_AC.Pdf (Erişim Tarihi: 7.07. 2019).
- WCP. (2016). *Beyond The Headlights: ADAS and Autonomous Sensing Long-Range Radar LIDAR Camera Short/Med-Range Radar Ultrasound Eye/Face Tracking*. September. www.woodsidecap.com
- Weber, M. (2014). *Where to? A History of Autonomous Vehicles - CHM*. <https://computerhistory.org/blog/where-to-a-history-of-autonomous-vehicles/?key=where-to-a-history-of-autonomous-vehicles>

- Whitwam, R. (2014). *How Google's self-driving cars detect and avoid obstacles - ExtremeTech*. <https://www.extremetech.com/extreme/189486-how-googles-self-driving-cars-detect-and-avoid-obstacles>
- Winkelman, Z., Buenaventura, M., Anderson, J., Beyene, N., Katkar, P., & Baumann, G. (2019). Hacked Autonomous Vehicles: Who May Be Liable for Damages? An Initial Investigation into How Civil Liability Systems Can Prepare. *Hacked Autonomous Vehicles: Who May Be Liable for Damages? An Initial Investigation into How Civil Liability Systems Can Prepare*. <https://doi.org/10.7249/rb10063>
- Zhao, J., Liang, B., & Chen, Q. (2018). The key technology toward the self-driving car. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*.
- ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ. (n.d.). <https://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/2f026f42-950c-4efc-b950-340c4fb76a24/k-okyshm-eis.pdf>
- Βογιατζή, Α. (2020). Αυτόνομα Οχήματα: Η εμφάνιση, εξέλιξη και νομική ρύθμισή τους. *Επιθεώρηση Δικαίου Πληροφορικής*, 1(2).
- Γεωργιάδης, Α., Σταθόπουλος, Μ. (1982). *Αστικός Κώδιξ, Ερμηνεία Κατ' άρθρο-Νομολογία- Βιβλιογραφία, Τόμος Δεύτερος* (Αφοί Π. Σακκουλα (Ed.)).
- Επικουρικό Κεφάλαιο. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <http://www.epikef.gr/default.aspx>
- ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ. (2019). *ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2019/2144 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Νοεμβρίου 2019*. 2019.
- ΗΠΑ: Ατυχήματα με αυτοοδηγούμενα (self-driving) οχήματα – *The Art of Crime*. (2018). <https://theartofcrime.gr/ηπα-ατυχήματα-με-αυτοοδηγούμενα-self-driving-οχ/>
- Θανατηφόρο δυστύχημα στις ΗΠΑ με αυτόνομο όχημα της Uber. (2018). https://www.caranddriver.gr/eidiseis/arthro/thanatiforo_dystyxima_stis_ipa_me_aytonomo_oxima_tis_uber-7723406
- Καμινιάρης Σ. (2020). *Μάθε τα πάντα για την αυτόνομη οδήγηση και τα επίπεδα αυτονομίας*. Μάθε Τα Πάντα Για Την Αυτόνομη Οδήγηση Και Τα Επίπεδα

- Αυτονομίας. <https://www.autonomous.gr/mathe-ta-panta-tin-aytonomi-odigisi-ta-epipeda-aytonomias/>
- Καράκωστας, Ι. Κ. (n.d.). *Νομική ρύθμιση και νομολογιακή διάπλαση της ευθύνης του παραγωγού για ελαττωματικά προϊόντα*. Retrieved June 7, 2022, from <http://www.digestaonline.gr/index.php/12-1998/29-1998-karakostas>
- ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ, Ε. (2020). *Αυτόνομη οδήγηση στις ευρωπαϊκές μεταφορές* (Issue 2018, pp. 2–12). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019IP0005&from=NL>
- Κρητικός, Α. Γ. (1998). *Αποζημίωση από τροχαία αυτοκινητικά ατυχήματα* (3η έκδοση).
- Κυρίτσης, Ά. (2017). *Ηθικά και Νομικά Προβλήματα με τα Αυτόνομα Αυτοκίνητα* | *PCsteps.gr*. <https://www.pcsteps.gr/146410-αυτόνομα-αυτοκίνητα-προβλήματα/>
- Μαυρουδή, Α. (2021). *Αυτόνομα οχήματα: αστική ευθύνη και ζητήματα προσωπικών δεδομένων*.
- Μητρούλης, Θ. (1967). *Η σύμβασις χερσαίας μεταφοράς*,.
- Μούζος, Γ. (2019). *Τεράστια συνεργασία δυο γιγάντων της αυτοκίνησης!* | *Nextdeal*. <https://www.nextdeal.gr/epikairostita/aytokinito/107718/terastia-synergasia-dyo-giganton-tis-aytokinisis>
- Νομικό πλαίσιο για την κυκλοφορία αυτόνομων οχημάτων στη Βρετανία* | *NewsAuto.gr*. (2021). <https://www.newsauto.gr/news/nomiko-plesio-gia-tin-kikloforia-aftonomon-ochimaton-sti-vretania/>
- Νόμος 2696/1999 - ΦΕΚ 57/Α/23-3-1999 (Κωδικοποιημένος) - ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <https://www.e-nomothesia.gr/kat-aytokinita/n-2696-1999.html>
- Νόμος 4266/2014 - ΦΕΚ 4266/Α/10-6-2014 - ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ*. (2014). <https://www.e-nomothesia.gr/kat-aytokinita/n-4266-2014.html>
- Νόμος ΓπΝ'/1911 (υπ' αριθμ. 3950) - Περί της εκ των αυτοκινήτων ποινικής και αστικής ευθύνης* | *Νομοθεσία* | *Lawspot*. (n.d.). Retrieved June 7, 2022, from <https://www.lawspot.gr/nomikes-plirofories/nomothesia/nomos-gpn-1911-yp-arithm-3950>

- Πιτσίνης Π. (2019). *Αυτόνομα οχήματα: όταν ο οδηγός γίνεται συνεπιβάτης* | *Avis Leasing*. <https://www.myavis.gr/el/blog/aftonoma-oximata-otan-o-odigos-ginetai-synepivatis>
- Σε *ατύχημα ενεπλάκη ακόμα ένα αυτόνομο όχημα της Google*. (2016). <https://gr.pcmag.com/google/23070/se-atukhema-eneplake-akoma-ena-autonomo-okhema-tes-google>
- Σταθόπουλος, Μ. (2004). *Επιτομή Γενικού Ενοχικού Δικαίου. Εκδόσεις Σάκκουλας Αθήνα-Θεσσαλονίκη*.
- Σταυρουλάκη, Β. (2019). *Νομικές ρυθμίσεις τεχνητής νοημοσύνης: η περίπτωση των αυτόνομων οχημάτων*.
- Συμμαχία Volkswagen - Microsoft για ανάπτυξη λογισμικού αυτόνομων οχημάτων* | *Liberal.gr*. (2021). <https://www.liberal.gr/technology/summachia-volkswagen-microsoft-gia-anaptuxi-logismikou-autonomon-ochimaton/355834>
- Τσίκας, Θ. (2021). *Βρετανία: Πράσινο φως στην αυτόνομη οδήγηση μέσα στη χρονιά* | *Drive*. <https://www.drive.gr/news/kosmos/bretania-prasino-fos-stin-aytonomi-odigisi-mesa-sti-hronia>
- Τσινάλης, Χ.-Α., & Βενιζέλος, Ν. (2019). *Επισκόπηση στην εξέλιξη των αυτό-οδηγούμενων οχημάτων εδάφους*.
- Χρηστάκη, Ι. (2020). *Νομικά ζητήματα από τη χρήση αυτό-οδηγούμενων οχημάτων. Επιθεώρηση Δικαίου Πληροφορικής, 1(1)*.
- Χριστοδούλου, Κ. (2019). *Νομικά ζητήματα από την τεχνητή νοημοσύνη. Ποινικά Χρονικά, Τόμος 2019*.