



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τρισδιάστατη Σχεδίαση και Μελέτη Τοποθέτησης
Αισθητήρων για την Επίτευξη Αυτόνομης
Λειτουργίας, σε Ηλεκτρικό Αυτοκίνητο Πόλης.**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΡΟΣΓΟΣ

ΑΜ: 2013010022

Τριμελής Επιτροπή:

ΔΟΪΤΣΙΔΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής (Επιβλέπων καθηγητής)

ΙΨΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΠΗΠΕΡΙΔΗΣ ΣΑΒΒΑΣ, ΕΔΙΠ

Χανιά Σεπτέμβριος , 2025

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για την ευκαιρία που μου δόθηκε να εργαστώ σε αυτήν τη διπλωματική εργασία. Είναι μια μεγάλη τιμή για μένα να έχω τη δυνατότητα να επεκτείνω τις γνώσεις μου και να δουλέψω με ένα θέμα που με ενδιαφέρει ιδιαίτερα. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Δοϊτσίδα Ελευθέριο για την υποστήριξή του και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εργασίας μου. Η εμπειρία μου με αυτήν τη διπλωματική εργασία θα μείνει αξέχαστη και θα με βοηθήσει να αναπτύξω τις δεξιότητές μου στο μέλλον. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τη σύντροφο και τους φίλους μου για τη στήριξή τους κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη σχεδίαση και μελέτη ενός ολοκληρωμένου τρισδιάστατου μοντέλου ηλεκτρικού οχήματος πόλης, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη συστήματος τοποθέτησης αισθητήρων, με απώτερο στόχο την επίτευξη αυτόνομης λειτουργίας. Η τρισδιάστατη απεικόνιση του οχήματος και των σχετικών αισθητήρων υλοποιήθηκε με τη χρήση λογισμικού **τρειςδιάστατης σχεδίασης**, εξασφαλίζοντας υψηλή ακρίβεια στη μοντελοποίηση. Οι διαστάσεις του οχήματος προέκυψαν από πραγματικές μετρήσεις οχημάτων που διατίθενται στο Πολυτεχνείο Κρήτης, προσδίδοντας ρεαλισμό και αξιοπιστία στο ψηφιακό μοντέλο. Στο τελικό στάδιο της εργασίας, παρουσιάζονται διαφορετικές προσεγγίσεις τοποθέτησης των αισθητήρων σε τρισδιάστατο περιβάλλον, με στόχο την επιλογή της βέλτιστης διάταξης για την υποστήριξη αυτόνομης πλοήγησης.

SUMMARY

This thesis focuses on the design and analysis of a fully developed three-dimensional model of an electric city car, along with the integration of a sensor placement system aiming at enabling autonomous operation. The 3D modeling of both the vehicle and the sensors was carried out using 3D modelling software, ensuring high precision and detail. The dimensions of the car were derived from actual measurements of vehicles available at the Technical University of Crete, contributing to the realism and reliability of the digital representation. In the final stage of the project, various sensor placement configurations are presented within a 3D environment, with the objective of identifying the most optimal setup for supporting autonomous navigation.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΟΝΥΜΙΩΝ.....	8
---------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	12
2.1 Ηλεκτρικά Οχήματα: Τρέχουσα Κατάσταση και Προοπτικές	12
2.2 Αισθητήρες και Τεχνολογίες Αντίληψης στην Αυτόνομη Οδήγηση	13
2.2.1 Χρήση Μονάδων Μέτρησης Αδράνειας στην Αυτόνομη Οδήγηση....	13
2.2.2 Χρήση GPS στην Αυτόνομη Οδήγηση.....	14
2.2.3 Χρήση Καμερών στην Αυτόνομη Οδήγηση.....	15
2.2.4 Χρήση Θερμικών Καμερών στην Αυτόνομη Οδήγηση	16
2.2.5 Το LIDAR στην Αυτόνομη Οδήγηση.....	18
2.2.6 Το RADAR στην Αυτόνομη Οδήγηση	20
2.2.7 Συστήματα Ανίχνευσης Υπερήχων στα Αυτόνομα Οχήματα	21
2.3 Επίπεδα Αυτονομίας Οχημάτων κατά SAE International.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AUTODESK INVENTOR ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....	25
3.1 Autodesk Inventor	25
3.2 Αντίστροφη Σχεδίαση και Χρήση του Inventor	25
3.3 Παραμετρική Σχεδίαση: Βασικές Αρχές και Εφαρμογή.....	26
3.4 Ροή Εργασίας στο Inventor.....	27
3.5 Πλεονεκτήματα της Παραμετρικής σχεδίασης.....	30
3.6 Πρακτικές εφαρμογές και παραδείγματα στη Βιομηχανία.....	30
3.7 Συγκριτική Αξιολόγηση με Άλλα Λογισμικά CAD.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΟΧΗΜΑ JIAYUAN CITY SPIRIT	33
4.1 Περιγραφή και Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Οχήματος Jiayuan City Spirit	33

4.2 Διαστασιολόγηση Αυτοκινήτου (Jiayuan City spirit).....	34
4.2.1 Τροχοί.....	34
4.2.2 Μπροστινό Φτερό.....	35
4.2.3 Μπροστινός Προφυλακτήρας.....	37
4.2.4 Σχάρα	38
4.2.5 Καπό	38
4.2.6 Μασπιέ.....	39
4.2.7 Πόρτα	40
4.2.8 Πίσω Φτερό	41
4.2.9 Πορτ Μπαγκάζ	42
4.2.10 Πίσω Προφυλακτήρας.....	42
4.2.11 Φώτα	43
4.2.12 Οροφή	44
4.2.13 Επιπλέον Στοιχεία Εξωτερικού Περιβλήματος Οχήματος	45
4.3 Τρισδιάστατη Σχεδίαση Οχήματος	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ.....	61
5.1 Διαθέσιμος Εξοπλισμός Αντίληψης: Χαρακτηριστικά και Δυνατότητες....	61
5.2 Αρχιτεκτονικές Αντίληψης και Διαμόρφωση Αισθητήρων σε Σύγχρονα Αυτόνομα Οχήματα.....	62
5.2.1 Αυτόνομο Όχημα Cruise (Chevy Bolt AV & Cruise Origin).....	63
5.2.2 Argo AI.....	64
5.2.3 Αυτόνομο Όχημα Ford (με τεχνολογία Latitude AI).....	65
5.2.4 Pony.ai	66
5.2.5 Αυτόνομο Όχημα Toyota	67
5.2.6 Zoox	68
5.3 Μορφή Τοποθέτησης Αισθητήρων.....	69
5.4 Τοποθέτησης Αισθητήρων στο Όχημα Jiayuan City Spirit.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	80
-------------------------------	-----------

6.1 Προτάσεις.....	80
--------------------	----

6.2 Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις.....	80
---	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82
---------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	87
-------------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΚΡΟΝΥΜΙΩΝ

Ακρωνύμιο	Αγγλικός Όρος	Επίσημη Ελληνική Ορολογία
AEB	Automatic Emergency Braking	Αυτόματο Φρενάρισμα Έκτακτης Ανάγκης
APA	Automatic Parking Assist	Αυτόματο Σύστημα Υποβοήθησης Παρκαρίσματος
CAD	Computer-Aided Design	Σχεδίαση με Βοήθεια Υπολογιστή
EV	Electric Vehicle	Ηλεκτρικό Όχημα
FLIR	Forward-Looking Infrared	Υπέρυθρη Θερμική Κάμερα Εμπρόσθιας Όρασης

GPS	Global Positioning System	Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης
IMU	Inertial Measurement Unit	Μονάδα Μέτρησης Αδράνειας
LIDAR	Light Detection and Ranging	-
RADAR	Radio Detection and Ranging	Ραντάρ
SAE	Society of Automotive Engineers	Εταιρεία Μηχανικών Αυτοκινήτου
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data	Πρότυπο Ανταλλαγής Δεδομένων Προϊόντων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο της εργασίας

Η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας έχει οδηγήσει στην ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων αυτοματισμού και αισθητήρων στα σύγχρονα οχήματα, με τελικό στόχο την πλήρη αυτόνομη οδήγηση. Παράλληλα, η στροφή προς την ηλεκτροκίνηση, ως απάντηση στις περιβαλλοντικές προκλήσεις και την ανάγκη για βιώσιμη κινητικότητα, καθιστά τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πόλης κεντρικό άξονα των ερευνητικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Στο πλαίσιο αυτό, η βέλτιστη σχεδίαση και τοποθέτηση των αισθητήρων παίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιοπιστία και την ασφάλεια των αυτόνομων συστημάτων πλοήγησης.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός ρεαλιστικού τρισδιάστατου μοντέλου ενός πραγματικού ηλεκτρικού αυτοκινήτου πόλης, καθώς και στην μελέτη τοποθέτησης διαφόρων διατάξεων αισθητήρων που απαιτούνται για την υποστήριξη αυτόνομης λειτουργίας. Μέσω της χρήσης εξειδικευμένου λογισμικού μηχανολογικού σχεδιασμού, επιδιώκεται η λεπτομερής αποτύπωση του οχήματος και η διερεύνηση των τεχνικών παραμέτρων που επηρεάζουν την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των αισθητηριακών συστημάτων.

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση, αξιολόγηση και επιλογή της καταλληλότερης διάταξης αισθητήρων, με βάση λειτουργικά και χωρικά κριτήρια, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην ευρύτερη έρευνα για την ανάπτυξη ασφαλών και αποδοτικών αυτόνομων οχημάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τη τρέχουσα κατάσταση των ηλεκτρικών οχημάτων και τις μελλοντικές τους προοπτικές, με έμφαση τη συμβολή τους στη βιώσιμη κινητικότητα. Αναλύονται οι βασικές τεχνολογίες αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στην αυτόνομη οδήγηση, όπως οι μονάδες μέτρησης αδράνειας (IMU), τα συστήματα GPS, οι κάμερες και οι θερμικές κάμερες. Παράλληλα, εξετάζεται η λειτουργία και η σημασία τεχνολογιών αιχμής, όπως το LIDAR, το RADAR και οι υπέρηχοι, που συμβάλλουν στην

αντίληψη του περιβάλλοντος από τα αυτόνομα οχήματα. Τέλος, παρουσιάζονται τα επίπεδα αυτονομίας των οχημάτων, όπως αυτά έχουν οριστεί από τον οργανισμό SAE International, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο κατανόησης των διαφορετικών βαθμίδων αυτοματισμού.

Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη χρήση του λογισμικού Autodesk Inventor για την παραμετρική σχεδίαση και την αντίστροφη μηχανική, με στόχο την ανάπτυξη και τοποθέτηση αισθητήρων σε αυτόνομα ηλεκτρικά οχήματα πόλης. Αρχικά παρουσιάζεται το ίδιο το λογισμικό και οι βασικές αρχές της παραμετρικής σχεδίασης, καθώς και η ροή εργασίας που ακολουθείται στο Inventor. Στη συνέχεια, εξετάζεται η διαδικασία αντίστροφης σχεδίασης και η πρακτική εφαρμογή της για την κατασκευή πλατφορμών τοποθέτησης αισθητήρων, ενώ τονίζεται η συμβολή της στην ενίσχυση της αυτονομίας του οχήματος. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με ανάλυση των πλεονεκτημάτων της παραμετρικής σχεδίασης, συγκριτική αξιολόγηση με άλλα λογισμικά CAD και παρουσίαση πρακτικών εφαρμογών στη βιομηχανία, με ειδική αναφορά στην ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων πόλης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζεται το όχημα Jiayuan City Spirit, το οποίο επιλέγεται ως μελέτη περίπτωσης για την εργασία. Παρουσιάζεται η περιγραφή και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, καθώς και η διαδικασία διαστασιολόγησης που ακολουθείται για την ανάλυση του. Επιπλέον, περιγράφεται η τρισδιάστατη σχεδίαση του οχήματος, η οποία συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της γεωμετρίας και της κατασκευής του, αποτελώντας βάση για περαιτέρω ανάπτυξη και ενσωμάτωση τεχνολογιών αυτόνομης οδήγησης.

Το πέμπτο κεφάλαιο εστιάζει στον διαθέσιμο εξοπλισμό αντίληψης που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα αυτόνομα οχήματα, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητές του. Παρουσιάζονται διαφορετικές αρχιτεκτονικές αντίληψης και τρόποι διαμόρφωσης των αισθητήρων, καθώς και πραγματικά παραδείγματα από αυτόνομα οχήματα εταιρειών όπως η Cruise (Chevy Bolt AV & Cruise Origin), η Argo AI, η Ford με την τεχνολογία Latitude AI, η Pony.ai, η Toyota και η Zoox. Τέλος, καταγράφονται πρακτικές διάταξης τοποθέτησης αισθητήρων, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των τεχνολογιών που εφαρμόζονται στη βιομηχανία και γίνεται εφαρμογή αυτών στο δικό μας όχημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Ηλεκτρικά Οχήματα: Τρέχουσα Κατάσταση και Προοπτικές

Τα ηλεκτρικά οχήματα (Electric Vehicles – EVs) αποτελούν μία σημαντική εναλλακτική λύση έναντι των παραδοσιακών οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης, προσφέροντας σημαντικά περιβαλλοντικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα. Ανάμεσα σε αυτά συγκαταλέγονται η μηδενική εκπομπή ρύπων κατά τη χρήση, το μειωμένο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και η μειωμένη ηχητική όχληση. Επιπλέον, η συνεχής πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα της ηλεκτροκίνησης συμβάλλει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, στην αύξηση της αυτονομίας και στη μείωση του χρόνου φόρτισης των μπαταριών [2].

Παρά τα πλεονεκτήματά τους, τα ηλεκτρικά οχήματα εξακολουθούν να παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος αγοράς σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα, κυρίως λόγω του κόστους των μπαταριών και της εξειδικευμένης τεχνολογίας που απαιτείται για την κατασκευή τους. Ωστόσο, η αυξανόμενη ζήτηση και η μετάβαση σε μαζική παραγωγή αναμένεται να επιφέρουν σταδιακή μείωση των τιμών στο προσεχές μέλλον.

Η Tesla αποτέλεσε πρωτοπόρο στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, εισάγοντας στην αγορά οχήματα με υψηλή αυτονομία και επιδόσεις, διαμορφώνοντας ένα νέο πρότυπο για την κατηγορία. Σήμερα, πλήθος κατασκευαστών, όπως οι General Motors, Ford και Volkswagen, έχουν ενταχθεί στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, με στρατηγικά πλάνα για αύξηση της παραγωγής τα επόμενα χρόνια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα περιλαμβάνουν το Tesla Model S, το Porsche Taycan, το Audi e-tron, το Mercedes-Benz EQC, καθώς και τα BMW i3 και iX3. Επίσης, σημαντική διείσδυση στην αγορά έχουν σημειώσει τα Nissan Leaf, Chevrolet Bolt και Hyundai Kona Electric [3].

Ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ευρύτερη υιοθέτηση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι η διαθεσιμότητα υποδομών φόρτισης. Αν και αρκετές

χώρες έχουν ήδη αναπτύξει δίκτυα φόρτισης, σε πολλές περιοχές η απουσία τέτοιων υποδομών παραμένει ανασταλτικός παράγοντας για τους υποψήφιους αγοραστές.

Συνολικά, η δυναμική ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται να συνεχιστεί, καθώς η εξέλιξη της τεχνολογίας των μπαταριών και η διεύρυνση της υποδομής φόρτισης καθιστούν τα EVs ικανά να καλύψουν ένα συνεχώς διευρυνόμενο φάσμα μεταφορικών αναγκών στο άμεσο μέλλον [1, 2, 3].

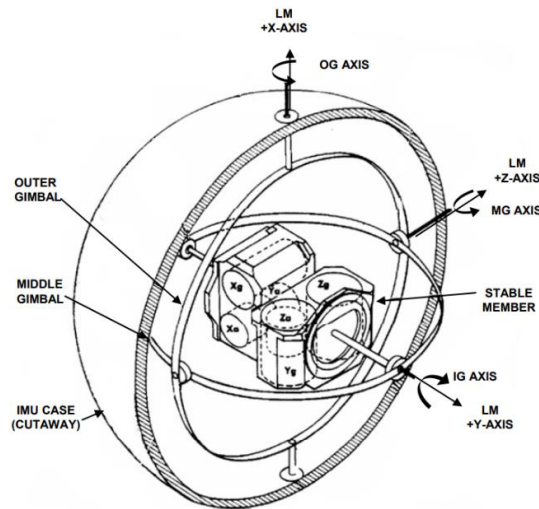
2.2 Αισθητήρες και Τεχνολογίες Αντίληψης στην Αυτόνομη Οδήγηση

Οι αισθητήρες αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την αποτελεσματική λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων, καθώς επιτρέπουν την αντίληψη του περιβάλλοντος και τη λήψη αυτόνομων αποφάσεων. Ανάμεσα στους σημαντικότερους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην αυτόνομη οδήγηση συγκαταλέγονται οι αισθητήρες λέιζερ (LIDAR), οι RADAR, οι αισθητήρες υπερήχων (Ultrasonic), οι κάμερες, οι θερμικές κάμερες, οι μονάδες μέτρησης αδράνειας (IMU), οι οδομετρητές και το Παγκόσμιο Σύστημα Θέσης (GPS) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

2.2.1 Χρήση Μονάδων Μέτρησης Αδράνειας στην Αυτόνομη Οδήγηση

Οι μονάδες μέτρησης αδράνειας (Inertial Measurement Units ή IMUs) παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για την κίνηση, την επιτάχυνση και, σε ορισμένες περιπτώσεις, την κατεύθυνση ενός σώματος. Χρησιμοποιούνται σε πλήθος σύγχρονων οχημάτων, όπως αυτοκίνητα, μοτοσικλέτες, αεροσκάφη, διαστημόπλοια και δορυφόρους. Οι IMUs αποτελούνται από επιταχυνσιόμετρα, τα οποία μετρούν την επιτάχυνση του σώματος, γυροσκόπια, τα οποία καταγράφουν την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής γύρω από έναν άξονα, και, σε ορισμένες περιπτώσεις, μαγνητόμετρα, τα οποία μετρούν την ένταση του μαγνητικού πεδίου σε έναν συγκεκριμένο τόπο. Οι μονάδες αυτές παρέχουν κυρίως πληροφορίες για το όχημα, βασισμένες σε τρεις άξονες, οι οποίες χρησιμοποιούνται στη συνέχεια από τα συστήματα ελέγχου για την εκτίμηση της επιτάχυνσης, του φρεναρίσματος και της

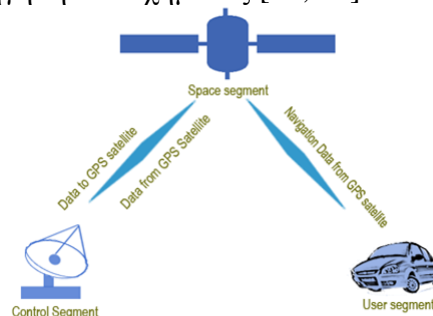
κατεύθυνσης του οχήματος. Ορισμένες IMU περιλαμβάνουν επίσης ενσωματωμένα συστήματα GPS, τα οποία παρέχουν γεωγραφική τοποθεσία του οχήματος [9, 11].



Εικόνα 1: Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης (IMU) του προγράμματος Apollo, εξοπλισμένη με γυροσκόπια για την καταγραφή αλλαγών στον προσανατολισμό και επιταχυνσιόμετρα για την ανίχνευση μεταβολών στην ταχύτητα του διαστημοπλοίου [35].

2.2.2 Χρήση GPS στην Αυτόνομη Οδήγηση

Το GPS (Παγκόσμιο Σύστημα Θέσης) χρησιμοποιεί δορυφόρους για την παροχή πληροφοριών θέσης και χρόνου σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Οι δορυφόροι εκπέμπουν σήματα, τα οποία λαμβάνονται από δέκτες, όπως τα GPS συστήματα που ενσωματώνονται σε αυτοκίνητα. Ο δέκτης υπολογίζει τον χρόνο που απαιτείται για να φτάσει το σήμα από τον δορυφόρο στον δέκτη και, με βάση αυτή τη διαφορά χρόνου, υπολογίζει την ακριβή θέση του. Στα αυτόνομα οχήματα, το GPS χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της γεωγραφικής θέσης του οχήματος. Η πληροφορία αυτή συνδυάζεται με δεδομένα από άλλους αισθητήρες, όπως λέιζερ, RADAR, κάμερες και άλλους, προκειμένου να επιτευχθεί ακριβής και ασφαλής αυτόνομη κίνηση. Το GPS παρέχει το γεωγραφικό πλαίσιο και τον προορισμό, διευκολύνοντας την πλοήγηση του οχήματος [10, 12].



Εικόνα 2: Δομή του συστήματος GPS [36].

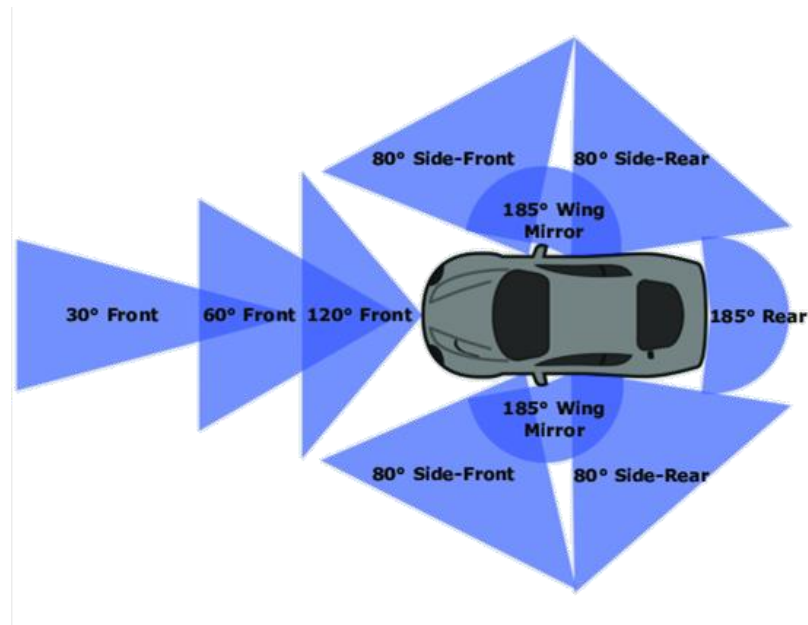
2.2.3 Χρήση Καμερών στην Αυτόνομη Οδήγηση

Οι κάμερες αποτελούν βασικό στοιχείο των συστημάτων αντίληψης στα αυτόνομα οχήματα, λειτουργώντας ως οπτικοί αισθητήρες που καταγράφουν εικόνα και βίντεο από το περιβάλλον. Η συμβολή τους στην αντίληψη του περιβάλλοντος είναι κρίσιμη, καθώς παρέχουν δεδομένα παρόμοια με εκείνα που συλλέγει ο ανθρώπινος οφθαλμός. Το πλήθος και η διάταξη των καμερών σε ένα όχημα εξαρτώνται από τις απαιτήσεις του συστήματος αυτόνομης οδήγησης, με κάθε κάμερα να εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό. Οι καταγραφές που παράγονται από τις κάμερες επεξεργάζονται μέσω εξελιγμένων αλγορίθμων υπολογιστικής όρασης και τεχνητής νοημοσύνης, όπως τα νευρωνικά δίκτυα, για την αναγνώριση και κατηγοριοποίηση αντικειμένων στο περιβάλλον. Ανάλογα με τη θέση και τη λειτουργία τους, οι κάμερες διακρίνονται σε επιμέρους τύπους: η οπισθοκάμερα (rear-view camera) χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του χώρου πίσω από το όχημα, η μπροστινή κάμερα (front-view camera) για την ανάλυση της πορείας, η κάμερα περιβάλλοντος (surround-view camera) για πανοραμική εικόνα 360 μοιρών και οι κάμερες πλαισίου (pillar cameras) για τις πλευρικές γωνίες. Οι διαφορές μεταξύ των καμερών έγκεινται σε τεχνικά χαρακτηριστικά όπως η γωνία θέασης, η ανάλυση και η μορφή των δεδομένων εξόδου.

Οι κύριες εφαρμογές των καμερών στα αυτόνομα οχήματα περιλαμβάνουν:

- **Ανίχνευση και αναγνώριση αντικειμένων:** Οι κάμερες επιτρέπουν τον εντοπισμό πεζών, οχημάτων, ποδηλάτων και άλλων στοιχείων του αστικού περιβάλλοντος.
- **Προσδιορισμό πορείας:** Μέσω της ανάλυσης του οδοστρώματος και της σήμανσης, οι κάμερες συμβάλλουν στον καθορισμό της κατεύθυνσης του οχήματος.
- **Αναγνώριση σημάτων και σηματοδότησης:** Οι κάμερες αναγνωρίζουν και ερμηνεύουν πινακίδες, φανάρια και λοιπά σήματα κυκλοφορίας, επιτρέποντας στο όχημα να προσαρμόζεται στις συνθήκες κυκλοφορίας.
- **Παρακολούθηση της οδηγικής συμπεριφοράς:** Παρέχουν πληροφορίες για την κίνηση των γύρω οχημάτων και πεζών, ώστε να ληφθούν έγκαιρες και ασφαλείς αποφάσεις.

Συνολικά, η ενσωμάτωση των καμερών ενισχύει σημαντικά την ικανότητα των αυτόνομων οχημάτων να αντιλαμβάνονται και να ερμηνεύουν το περιβάλλον τους, κάτι που είναι καθοριστικό για την ασφαλή και αξιόπιστη λειτουργία τους [7, 13].



Εικόνα 3: Τυπική διάταξη καμερών σε ένα αυτόνομο όχημα [37].

2.2.4 Χρήση Θερμικών Καμερών στην Αυτόνομη Οδήγηση

Οι θερμικές κάμερες, γνωστές και ως υπέρυθρες κάμερες ή FLIR (Forward-Looking Infrared), αποτελούν ουσιώδες εργαλείο για την ενίσχυση της αντιληπτικής ικανότητας των αυτόνομων οχημάτων. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανίχνευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα αντικείμενα, η οποία μεταφράζεται σε θερμογραφικές απεικονίσεις, επιτρέποντας τον εντοπισμό θερμικών διαφορών στο περιβάλλον ανεξαρτήτως συνθηκών φωτισμού.

Η χρήση των θερμικών καμερών στην αυτόνομη οδήγηση περιλαμβάνει τις εξής εφαρμογές:

- **Ανίχνευση εμποδίων:** Οι θερμικές κάμερες μπορούν να ανιχνεύσουν αντικείμενα βάσει της θερμικής τους υπογραφής, ανεξάρτητα από το διαθέσιμο φως ή τις καιρικές συνθήκες. Αυτό τις καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικές τη νύχτα ή σε περιβάλλοντα με περιορισμένη ορατότητα.
- **Αντίληψη της κατάστασης του οδοστρώματος:** Με την ικανότητα να εντοπίζουν διαφορές θερμοκρασίας στην επιφάνεια του δρόμου, οι θερμικές

κάμερες μπορούν να βοηθήσουν στην ανίχνευση κινδύνων όπως πάγος, λακκούβες ή συσσωρεύσεις υγρών, βελτιώνοντας την πρόβλεψη και αποφυγή επικίνδυνων καταστάσεων.

- **Εντοπισμός πεζών και δίκυκλων:** Λόγω της ανεξαρτησίας τους από το ορατό φάσμα φωτός, οι θερμικές κάμερες είναι ικανές να εντοπίζουν ανθρώπινες φιγούρες και μικρότερα οχήματα, όπως ποδήλατα ή μοτοσυκλέτες, ακόμη και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή πλήρους σκότους.
- **Ασφάλεια οδηγού:** Σε συστήματα που περιλαμβάνουν ανθρώπινη παρέμβαση, οι θερμικές κάμερες μπορούν να παρακολουθούν βιομετρικά στοιχεία του οδηγού, όπως θερμοκρασία σώματος ή σημάδια κόπωσης, συνεισφέροντας στην έγκαιρη πρόληψη ατυχημάτων που σχετίζονται με την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Ο συνδυασμός θερμικών καμερών με άλλους αισθητήρες, όπως LIDAR, RADAR και οπτικές κάμερες, ενισχύει σημαντικά τη συνολική ακρίβεια της αντίληψης του περιβάλλοντος από το όχημα, προσφέροντας ένα πιο ασφαλές και αξιόπιστο σύστημα πλοήγησης [8, 14].



Εικόνα 4: Συστοιχία από θερμικές κάμερες [38].

2.2.5 Το LIDAR στην Αυτόνομη Οδήγηση

Η τεχνολογία LIDAR (Light Detection and Ranging) αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς αισθητήρες στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης. Το σύστημα λειτουργεί με τη χρήση παλμών λέιζερ, οι οποίοι εκπέμπονται προς το περιβάλλον και ανακλώνται από τα αντικείμενα. Ο αισθητήρας καταγράφει τον χρόνο που απαιτείται για να επιστρέψουν οι ακτίνες, επιτρέποντας την ακριβή μέτρηση της απόστασης και τη δημιουργία ενός **τρισδιάστατου "σύννεφου σημείων" (point cloud)**, το οποίο απεικονίζει το περιβάλλον του οχήματος με υψηλή ανάλυση.

Πριν ενσωματωθεί σε συστήματα αυτόνομης οδήγησης, το LIDAR χρησιμοποιούνταν κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές και γραμμές παραγωγής. Η υψηλή ακρίβεια και η αξιοπιστία του το καθιστούν ιδανικό εργαλείο για την αντίληψη του περιβάλλοντος στα αυτόνομα οχήματα. Ανάλογα με τη σχεδίαση του οχήματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί αισθητήρες LIDAR ή, σε ορισμένες περιπτώσεις, κανένας.

Τα LIDAR διακρίνονται κυρίως σε δύο κατηγορίες:

- **Μηχανικά περιστρεφόμενα LIDAR (Mechanical Rotating LIDAR):** Διαθέτουν κινητά μέρη και προσφέρουν ευρεία κάλυψη.
- **Στερεάς κατάστασης LIDAR (Solid-State LIDAR):** Δεν διαθέτουν κινούμενα μέρη και είναι πιο συμπαγή και ανθεκτικά.

Τα σύγχρονα LIDAR μπορούν να ανιχνεύσουν αντικείμενα σε αποστάσεις έως και 200 μέτρων. Ωστόσο, ένα σημαντικό μειονέκτημα τους είναι η ευαισθησία σε περιβαλλοντικό «θόρυβο», όπως η έντονη ηλιοφάνεια ή βροχόπτωση, που μπορεί να μειώσει την ακρίβεια των μετρήσεων.

Εφαρμογές του LIDAR στην αυτόνομη οδήγηση:

- **Ανίχνευση αντικειμένων:** Το LIDAR εντοπίζει με ακρίβεια εμπόδια, πεζούς, οχήματα και άλλα στοιχεία του περιβάλλοντος, παρέχοντας τρισδιάστατες πληροφορίες για το σχήμα και την απόστασή τους.

- **Προσδιορισμός θέσης:** Σε συνδυασμό με δεδομένα από GPS και αδρανειακές μονάδες (IMU), το LIDAR συμβάλλει στον ακριβή γεωεντοπισμό του οχήματος σε πραγματικό χρόνο.
- **Παρακολούθηση κίνησης:** Η τεχνολογία LIDAR επιτρέπει την παρακολούθηση της δυναμικής κίνησης αντικειμένων, όπως άλλων οχημάτων και πεζών, επιτρέποντας τον προληπτικό σχεδιασμό πορείας και αποφυγή συγκρούσεων.
- **Χαρτογράφηση περιβάλλοντος:** Μέσω της σάρωσης του χώρου, δημιουργούνται λεπτομερείς τρισδιάστατοι χάρτες υψηλής ανάλυσης, οι οποίοι είναι κρίσιμοι για τον σχεδιασμό διαδρομών και την πλοήγηση.
- **Ανεξαρτησία από φωτισμό:** Σε αντίθεση με τις οπτικές κάμερες, το LIDAR λειτουργεί αποτελεσματικά τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, ανεξαρτήτως συνθηκών φωτισμού.

Συνολικά, το LIDAR αποτελεί πυλώνα της τεχνολογίας αντίληψης στα αυτόνομα οχήματα, καθώς προσφέρει ακρίβεια, αξιοπιστία και συνεχή λειτουργικότητα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών [4, 15].



Εικόνα 5: Αισθητήρας LIDAR Μέσης Εμβέλειας Ouster OS1[39].

2.2.6 Το RADAR στην Αυτόνομη Οδήγηση

Το RADAR (Radio Detection and Ranging) είναι ένας προηγμένος αισθητήρας που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα για την ανίχνευση, τον εντοπισμό και την αναγνώριση αντικειμένων στο περιβάλλον ενός οχήματος. Η τεχνολογία αυτή έχει κρίσιμη σημασία για τα συστήματα αυτόνομης οδήγησης, καθώς προσφέρει αξιόπιστες πληροφορίες ανεξαρτήτως φωτισμού και καιρικών συνθηκών.

Σε εφαρμογές αυτόνομης οδήγησης, χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι RADAR, καθένας με διαφορετικά χαρακτηριστικά και χρήσεις. Τα **RADAR απεικόνισης** δημιουργούν δισδιάστατες εικόνες του περιβάλλοντος. Άλλοι αισθητήρες, όπως τα **RADAR υπέρυθρης ακτινοβολίας**, μπορούν να ανιχνεύσουν τη θερμική υπογραφή των αντικειμένων, γεγονός που τα καθιστά ιδιαιτέρως χρήσιμα κατά τη νυχτερινή οδήγηση.

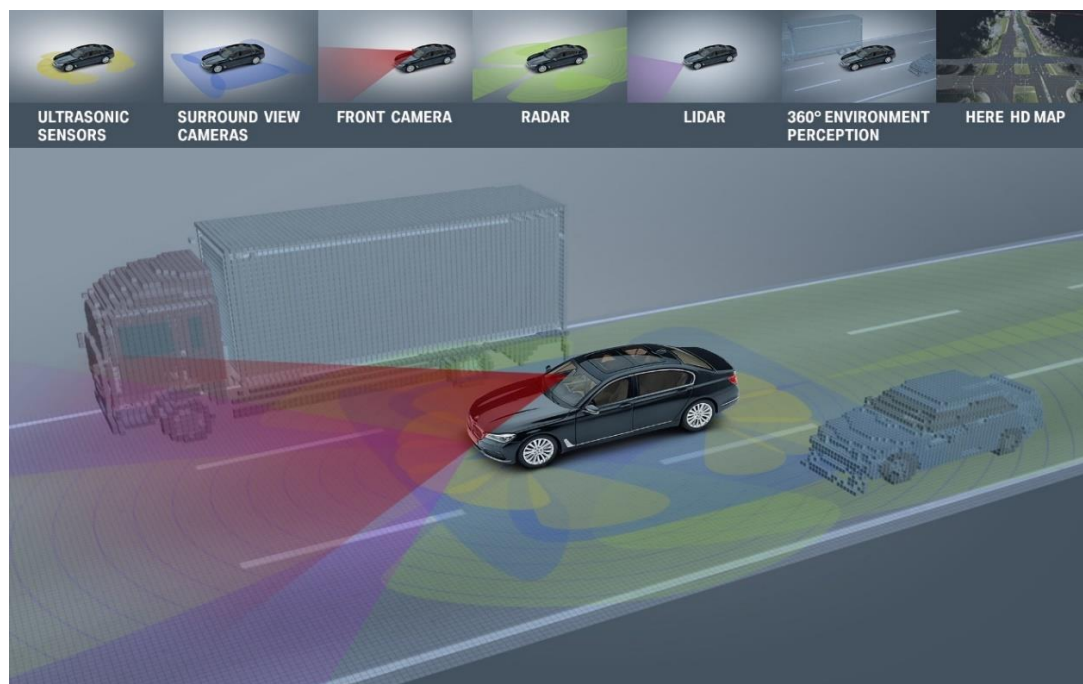
Τα σύγχρονα RADAR έχουν εμβέλεια που φτάνει έως και τα 250 μέτρα και δεν επηρεάζονται από τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η ακρίβειά τους μπορεί να επηρεαστεί από ανακλάσεις, παρεμβολές ή δομές με περίπλοκη γεωμετρία.

Κύριες εφαρμογές RADAR στην αυτόνομη οδήγηση:

- **Ανίχνευση και παρακολούθηση αντικειμένων:** Τα RADAR μπορούν να εντοπίζουν και να παρακολουθούν την κίνηση οχημάτων, πεζών, ποδηλάτων και άλλων εμποδίων, παρέχοντας συνεχείς ενημερώσεις για τη θέση και την πορεία τους.
- **Μέτρηση ταχύτητας:** Μέσω του φαινομένου Ντόπλερ, το RADAR υπολογίζει την ταχύτητα προσέγγισης ή απομάκρυνσης των αντικειμένων, επιτρέποντας την ακριβή αξιολόγηση του δυναμικού περιβάλλοντος.
- **Υποβοήθηση στάθμευσης:** Τα RADAR μικρής εμβέλειας εντοπίζουν εμπόδια γύρω από το όχημα κατά την είσοδο ή έξοδο από στενούς χώρους, υποστηρίζοντας αυτόματα συστήματα παρκαρίσματος.
- **Προειδοποίηση σύγκρουσης:** Ανιχνεύοντας επικείμενες συγκρούσεις, τα RADAR ενεργοποιούν μηχανισμούς αποφυγής, όπως το αυτόματο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης (AEB).

- **Προσαρμογή ταχύτητας και διατήρηση αποστάσεων:** Σε συνεργασία με προσαρμοζόμενα συστήματα cruise control, τα RADAR διασφαλίζουν την ομαλή και ασφαλή ροή της κυκλοφορίας, διατηρώντας προκαθορισμένες αποστάσεις από προπορευόμενα οχήματα.

Η συμβολή του RADAR στην ολοκληρωμένη αντίληψη του περιβάλλοντος είναι καθοριστική. Σε συνδυασμό με άλλους αισθητήρες, όπως κάμερες, LIDAR και IMU, συνθέτει ένα πολυεπίπεδο σύστημα πλοήγησης που εγγυάται την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία των αυτόνομων οχημάτων [5, 16].



Εικόνα 6: Απεικόνιση RADAR & διαφόρων αισθητηριακών συστημάτων [40].

2.2.7 Συστήματα Ανίχνευσης Υπερήχων στα Αυτόνομα Οχήματα

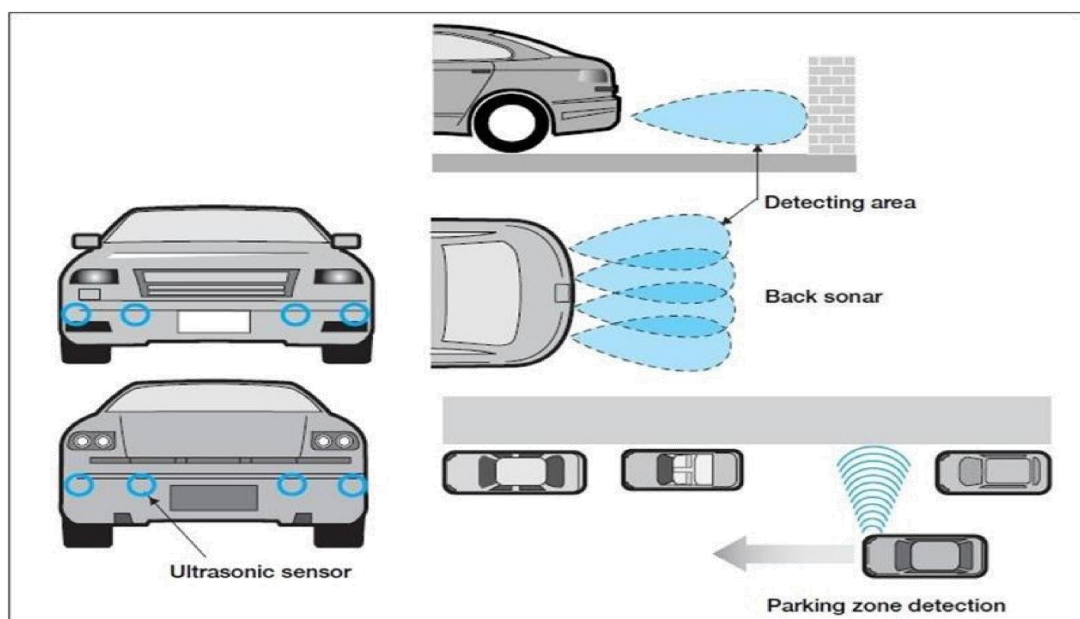
Τα συστήματα ανίχνευσης υπερήχων (ultrasonic sensors) αποτελούν μία από τις παλαιότερες και πλέον οικονομικές λύσεις αισθητήρων που έχουν ενσωματωθεί στα οχήματα, με εφαρμογές να χρονολογούνται ήδη από τις πρώτες προσπάθειες αυτοματοποιημένης υποστήριξης του οδηγού. Η ευρεία υιοθέτησή τους στην αυτοκινητοβιομηχανία οφείλεται στο χαμηλό κόστος, τη λειτουργική αξιοπιστία και την ευκολία ενσωμάτωσης σε υφιστάμενες αρχιτεκτονικές οχημάτων. Οι αισθητήρες υπερήχων λειτουργούν μέσω της εκπομπής και λήψης ηχητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας, συνήθως άνω των 20 kHz και έως μερικά GHz. Σε σύγκριση με το

παραδοσιακό σόναρ (20–100 kHz), οι υπερηχητικοί αισθητήρες των οχημάτων παρουσιάζουν υψηλότερες συχνότητες λειτουργίας αλλά μικρότερη εμβέλεια, η οποία συνήθως περιορίζεται έως τα 5 μέτρα. Αυτό καθιστά τους αισθητήρες υπερήχων ιδανικούς για εφαρμογές σε μικρές αποστάσεις, όπως η υποβοήθηση στάθμευσης και η αποφυγή συγκρούσεων σε χαμηλές ταχύτητες.

Οι τυπικές εφαρμογές περιλαμβάνουν:

- **Αυτόματα Συστήματα Υποβοήθησης Παρκαρίσματος (APA – Automatic Parking Assist):** Ανίχνευση κοντινών εμποδίων και κενών χώρων στάθμευσης.
- **Περιμετρική Επιτήρηση Οχήματος:** Παρακολούθηση του περιβάλλοντος σε χαμηλές ταχύτητες και ελιγμούς.
- **Προειδοποιήσεις Απόστασης:** Ενημέρωση του οδηγού για την απόσταση από εμπόδια, μέσω οπτικών ή ηχητικών ειδοποιήσεων.

Παρά τη μικρή τους εμβέλεια, η αξιοπιστία τους σε κοντινές αποστάσεις, η ανεξαρτησία από τις συνθήκες φωτισμού και οι περιορισμένες απαιτήσεις επεξεργασίας δεδομένων, τους καθιστούν κρίσιμο στοιχείο στη σύνθεση πολυαισθητηριακών συστημάτων για αυτόνομη πλοήγηση [5, 6, 17, 18].



Εικόνα 7: Αισθητήρες Υπερήχων [41].

2.3 Επίπεδα Αυτονομίας Οχημάτων κατά SAE International

Η αυτονομία των οχημάτων έχει οριστεί από τον οργανισμό SAE International (Society of Automotive Engineers) μέσω της δημοσίευσης με τίτλο *"Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016_202104"*. Η κατηγοριοποίηση βασίζεται στα συστήματα αυτοματισμού που διαθέτει ένα όχημα και στον βαθμό ελέγχου που διατηρεί ο οδηγός κατά τη λειτουργία αυτών των συστημάτων. Βάσει αυτής της προσέγγισης, γίνεται διαχωρισμός μεταξύ συστημάτων υποστήριξης του οδηγού και συστημάτων αυτόνομης οδήγησης [19].

Τα **συστήματα υποστήριξης οδηγού** στοχεύουν στην ενίσχυση της ασφάλειας και της άνεσης κατά την οδήγηση, ενώ ο οδηγός διατηρεί τον πλήρη έλεγχο του οχήματος. Τέτοια συστήματα περιλαμβάνουν το αυτόματο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης (AEB), την ειδοποίηση για αντικείμενα στη νεκρή γωνία (blind spot warning), την προειδοποίηση εξόδου από τη λωρίδα κυκλοφορίας, τα συστήματα διατήρησης λωρίδας και τα προσαρμοζόμενα συστήματα ελέγχου ταχύτητας (adaptive cruise control). Σε περίπτωση δυσλειτουργίας ή λανθασμένης συμπεριφοράς, ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να παρέμβει και να απενεργοποιήσει τα εν λόγω συστήματα [19].

Αντιθέτως, τα **συστήματα αυτόνομης οδήγησης** είναι σχεδιασμένα να αναλαμβάνουν πλήρως τον έλεγχο του οχήματος υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, χωρίς την ανάγκη παρέμβασης ή επίβλεψης από τον οδηγό. Όταν οι συνθήκες λειτουργίας των συστημάτων αυτών δεν πληρούνται πλέον (π.χ. λόγω καιρικών συνθηκών ή αλλαγής περιβάλλοντος), το σύστημα ζητά από τον οδηγό να αναλάβει και πάλι τον έλεγχο του οχήματος [19].

Τα επίπεδα αυτονομίας ορίζονται από την SAE International και παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω εικονιζόμενο πίνακα [19, 20].



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: [sae.org/standards/content/j3016_202104](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104)

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.

	These are driver support features			These are automated driving features	
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Εικόνα 8: Επίπεδα Αυτονομίας κατά SAE International [19].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AUTODESK INVENTOR ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

3.1 Autodesk Inventor

Το Autodesk Inventor είναι ένα λογισμικό σχεδίασης βοηθούμενης από υπολογιστή που αναπτύχθηκε από την Autodesk και χρησιμοποιείται κυρίως για την τρισδιάστατη μηχανική σχεδίαση, προσομοίωση, οπτικοποίηση και τεκμηρίωση. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στις βιομηχανίες της μηχανολογίας και της κατασκευής για τη δημιουργία ψηφιακών πρωτοτύπων προϊόντων. Το Inventor επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργεί τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιώντας τεχνικές παραμετροποίησης, όπου οι παράμετροι και οι διαστάσεις μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν για να επαναπροσδιοριστούν τα σχέδια. Επιπλέον, προσφέρει εργαλεία για τη δημιουργία συναρμολογήσεων, τη δημιουργία λεπτομερών σχεδίων, την εκτέλεση προσομοιώσεων και τη δημιουργία animations για να οπτικοποιήσουν τον τρόπο λειτουργίας ενός προϊόντος στον πραγματικό κόσμο. Όλες αυτές οι δυνατότητες καθιστούν το Autodesk Inventor ιδανικό για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Στην οποία χρειάστηκε να γίνει αντίστροφη σχεδίαση από μέτρηση του οχήματος [42].

3.2 Αντίστροφη Σχεδίαση και Χρήση του Inventor

Η αντίστροφη σχεδίαση αποτελεί μια βασική διαδικασία στη σύγχρονη μηχανική, όπου αποκτάται ψηφιακό μοντέλο από ένα υπαρκτό φυσικό αντικείμενο. Η μέθοδος αυτή, που αποτελεί κλασική τεχνική της αντίστροφης μηχανικής, περιλαμβάνει τόσο απλές μετρήσεις με εργαλεία χειρός όσο και πιο εξελιγμένες τεχνικές όπως η χρήση 3D σαρωτών και η φωτογραμμετρία για τη δημιουργία ακριβών ψηφιακών αναπαραστάσεων [43, 48].

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, η αντίστροφη σχεδίαση εφαρμόστηκε στη μοντελοποίηση του αμαξώματος ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου πόλης. Η συλλογή δεδομένων έγινε επιτόπου με χρήση παραδοσιακών εργαλείων μέτρησης όπως παχύμετρο, μεζούρα και φωτογραφική αποτύπωση, που αποτελούν συνηθισμένες

πρακτικές σε περιπτώσεις όπου η πρόσβαση σε 3D σαρωτές είναι περιορισμένη [44]. Στη συνέχεια, τα μετρούμενα στοιχεία ανακατασκευάστηκαν ψηφιακά μέσα από το Autodesk Inventor, το οποίο παρέχει ευέλικτα εργαλεία για την επεξεργασία και παραμετρική μοντελοποίηση πολύπλοκων γεωμετρικών στοιχείων [50, 42].

Η δυνατότητα του Inventor να διαχειρίζεται σύνθετες γεωμετρίες και να υποστηρίζει παραμετρικούς περιορισμούς καθιστά το λογισμικό ιδανικό για την ανακατασκευή και βελτιστοποίηση μοντέλων από φυσικά αντικείμενα, επιτρέποντας την εύκολη προσαρμογή και χρήση των ψηφιακών δεδομένων σε επόμενα στάδια σχεδίασης και παραγωγής [46].

3.3 Παραμετρική Σχεδίαση: Βασικές Αρχές και Εφαρμογή

Η παραμετρική σχεδίαση είναι μια μεθοδολογία όπου τα μοντέλα δημιουργούνται με τη χρήση παραμέτρων που ελέγχουν τις διαστάσεις, τις σχέσεις και τους περιορισμούς μεταξύ των γεωμετρικών στοιχείων. Οι βασικές αρχές της παραμετρικής σχεδίασης περιλαμβάνουν:

Παραμετρικές Διαστάσεις: Κάθε διάσταση στο μοντέλο αντιστοιχεί σε μια παράμετρο που μπορεί να μεταβληθεί και να επηρεάσει το σύνολο της γεωμετρίας (π.χ. μήκος, πλάτος, ακτίνα) [42, 50].

Γεωμετρικοί Περιορισμοί: Ορίζουν σχέσεις μεταξύ στοιχείων, όπως παραλληλία, κάθετη γωνία, συμμετρία, που διασφαλίζουν τη συνέπεια της μορφής και την ακριβή σύνδεση μεταξύ τους [46].

Συναρτησιακές Σχέσεις: Επιτρέπουν τη σύνδεση παραμέτρων μεταξύ τους μέσω μαθηματικών τύπων ή κανόνων, ώστε να αυτοματοποιείται η ενημέρωση του μοντέλου με βάση αλλαγές σε κρίσιμες παραμέτρους [50].

Ιεραρχία και Αναφορά: Τα στοιχεία του μοντέλου οργανώνονται με βάση την ιεραρχία, όπου μια αλλαγή σε βασικά στοιχεία μεταδίδεται στα εξαρτήματα που εξαρτώνται από αυτά, διασφαλίζοντας ομαλή ενημέρωση και συνεκτικότητα [42].

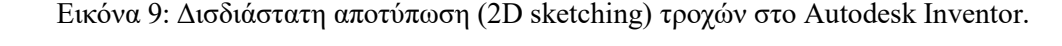
Η ροή εργασίας στο Autodesk Inventor βασίζεται στην αρχή της παραμετρικής σχεδίασης, ξεκινώντας από την αρχική σχεδίαση σε 2D (δύο διαστάσεις), ορισμό των παραμέτρων και περιορισμών, και τη σταδιακή ανάπτυξη σε 3D (τριδιάστατο) μοντέλο. [44, 46, 50].

Η ροή εργασίας στο Autodesk Inventor όπως ειπώθηκε προηγουμένως ξεκινά

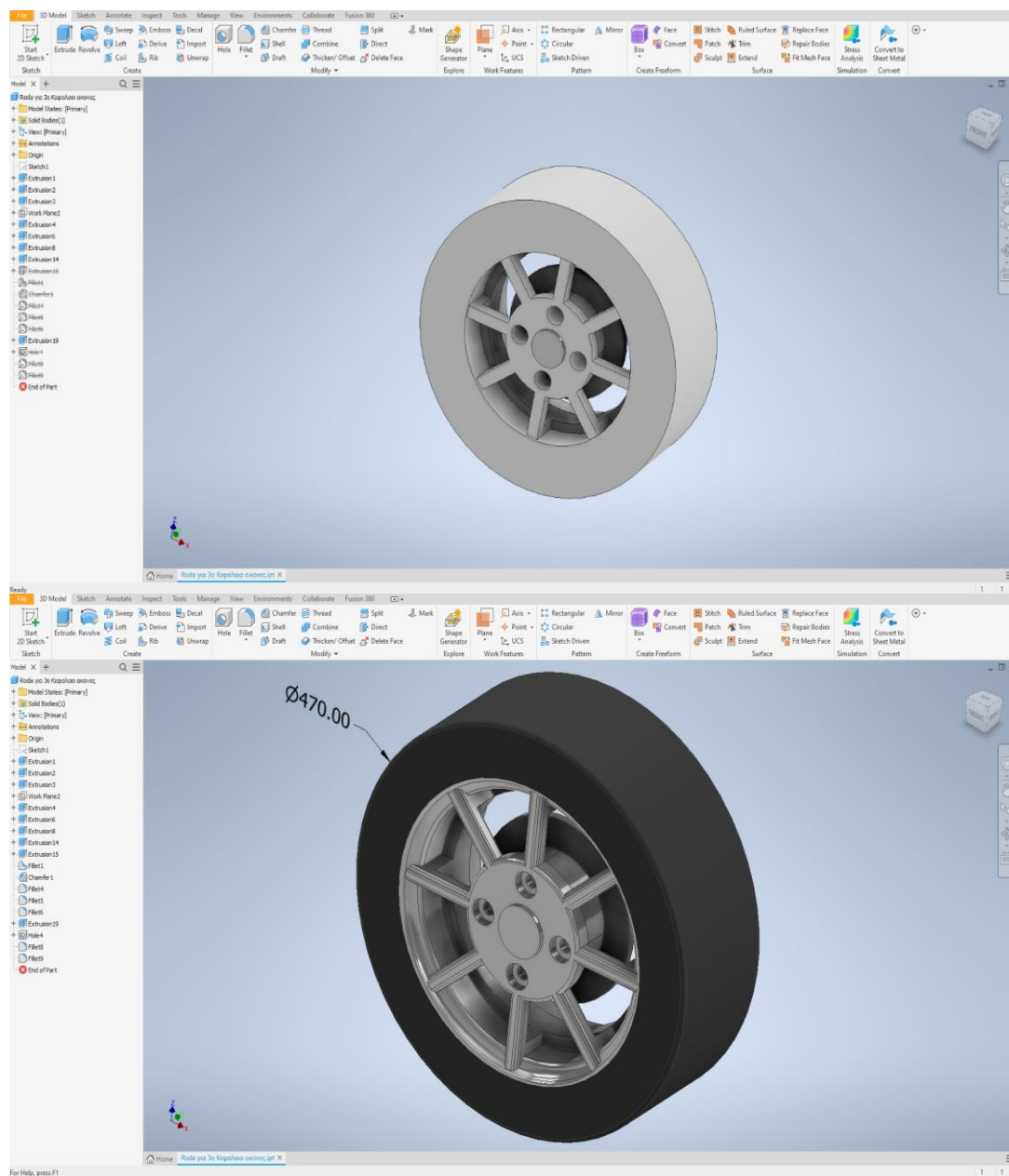
Αναλυτικά κάθε στάδιο :

Η διαδικασία σχεδίασης σε περιβάλλοντα CAD, όπως το Autodesk Inventor,

3D Model Search Annotate Inspect Tools Manage View Environments Collaborate Fusion 360 G •

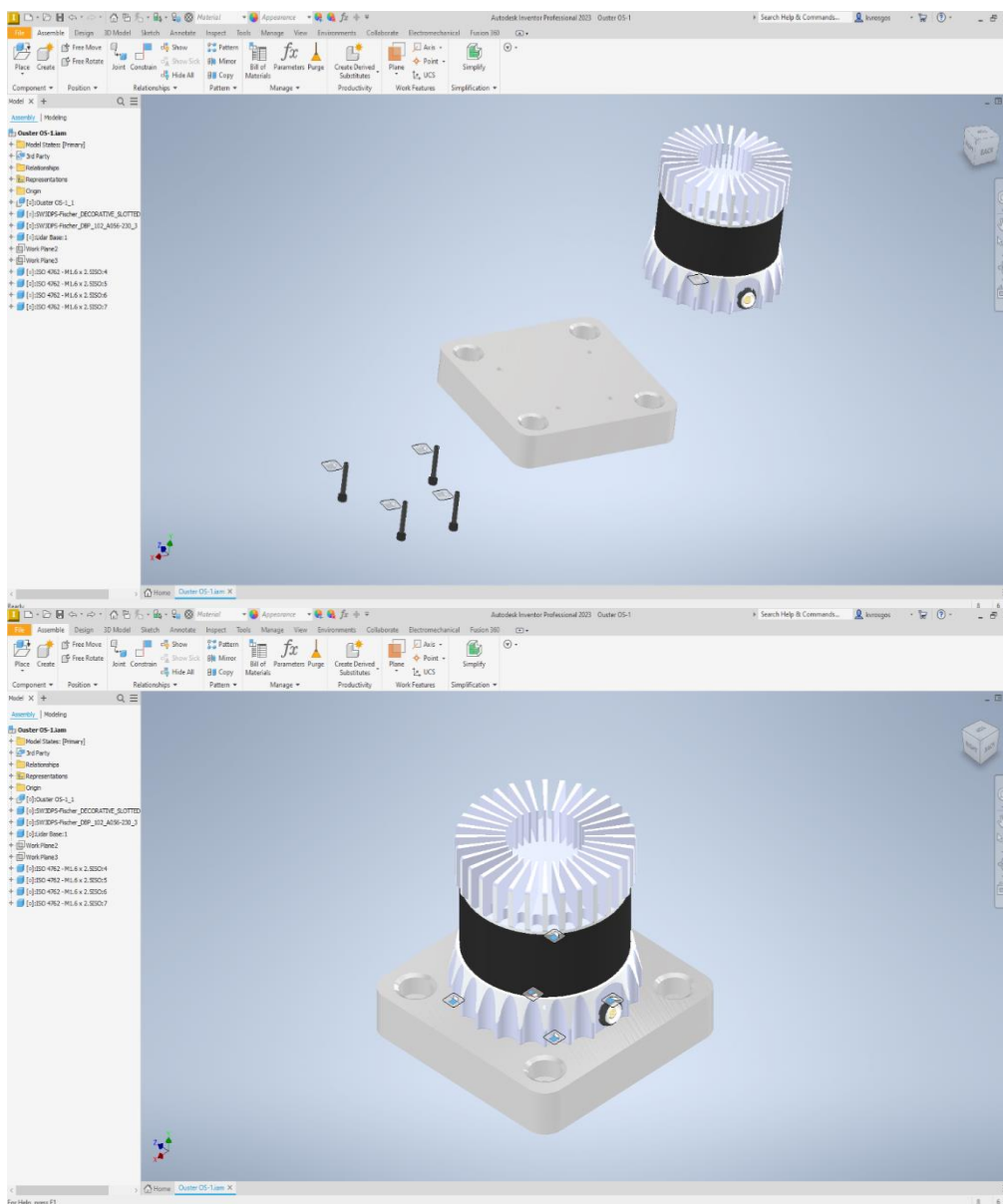


- Ακολουθεί το στάδιο της **τρισδιάστατης μοντελοποίησης (3D modeling)**, όπου τα δισδιάστατα σκίτσα μετατρέπονται σε στερεά αντικείμενα μέσω λειτουργιών όπως extrude, revolve και loft. Σε αυτό το βήμα, η παραμετρική σχεδίαση αποκτά ιδιαίτερη αξία, καθώς οποιαδήποτε αλλαγή σε μια παράμετρο του αρχικού σκίτσου μεταφέρεται αυτόματα στο τρισδιάστατο μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό, η επαναληπτική διαδικασία βελτίωσης ενός εξαρτήματος δεν απαιτεί εκ νέου σχεδίαση, αλλά προσαρμόζεται δυναμικά, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους [46].



Εικόνα 10: Τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D modeling) τροχών στο Autodesk Inventor.

- Το τελικό στάδιο αφορά την **συναρμολόγηση (assembly)** των επιμέρους εξαρτημάτων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Στο Inventor, η συναρμολόγηση βασίζεται στη χρήση περιορισμών (mates, inserts, angles), που εξασφαλίζουν την ορθή τοποθέτηση και λειτουργική συσχέτιση μεταξύ των κομματιών (Autodesk, 2024). Η παραμετρική φιλοσοφία επεκτείνεται και εδώ: αν αλλάξει μία διάσταση σε μεμονωμένο εξάρτημα, η τροποποίηση μεταφέρεται σε ολόκληρο το assembly, διατηρώντας την ακεραιότητα του σχεδίου. Έτσι, επιτυγχάνεται μια συνεχής σύνδεση ανάμεσα στα στάδια 2D, 3D και assembly, που αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την αποτελεσματική ανάπτυξη προϊόντων [43].



Εικόνα 11: Συναρμολόγηση (assembly) αισθητήρα LIDAR και βάσης στο Autodesk Inventor.

3.5 Πλεονεκτήματα της Παραμετρικής σχεδίασης

Η παραμετρική σχεδίαση στο Autodesk Inventor επιτρέπει στον μηχανικό να δημιουργεί επαναχρησιμοποιήσιμα πρότυπα σχεδίασης που μπορούν να τροποποιούνται γρήγορα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν απαιτείται αξιολόγηση πολλαπλών σεναρίων τοποθέτησης αισθητήρων, καθώς οποιαδήποτε αλλαγή σε μία παράμετρο αντικατοπτρίζεται άμεσα σε όλη τη γεωμετρία [42, 50]. Η δυνατότητα αυτή είναι κρίσιμη σε επαναληπτικές δοκιμές, όπου εξετάζονται διαφορετικές διαμορφώσεις – όπως για παράδειγμα η εναλλαγή θέσης αισθητήρων ή η τροποποίηση διαστάσεων εξαρτημάτων. Επιπλέον, ενισχύει την ακρίβεια κατά την αξιολόγηση των παραγόμενων εκδόσεων, καθώς διασφαλίζεται η συνέπεια στην εφαρμογή των σχεδιαστικών περιορισμών [49]. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εν λόγω προσέγγιση καθιστά τη διαδικασία σχεδιασμού περισσότερο συνεργατική και επεκτάσιμη, καθώς επιτρέπει την αναπαραγωγή, τεκμηρίωση και ενσωμάτωση σχεδιαστικών αποφάσεων σε μεταγενέστερα στάδια [50]. Για τους παραπάνω λόγους, αναδείχθηκε ως κατάλληλο εργαλείο για την υλοποίηση παραμετρικών και σύνθετων μοντέλων και η πλατφόρμα αξιοποιήθηκε πλήρως στην παρούσα διπλωματική, ενισχύοντας τη μελέτη τοποθέτησης αισθητήρων σε ηλεκτρικό όχημα πόλης.

3.6 Πρακτικές εφαρμογές και παραδείγματα στη Βιομηχανία

Το Autodesk Inventor αποτελεί ένα από τα κύρια εργαλεία παραμετρικής σχεδίασης και μηχανολογικού μοντέλου στη βιομηχανία, με ευρεία χρήση στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας και ειδικότερα στην ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων πόλης. Η δυνατότητα γρήγορης και ακριβούς παραμετρικής προσαρμογής επιτρέπει τη σημαντική μείωση του χρόνου ανάπτυξης και του κόστους παραγωγής, αυξάνοντας παράλληλα την ποιότητα των σχεδίων [42, 50].

Παραδείγματα εταιρειών και έργων:

- Rivian Automotive: Η αμερικανική εταιρεία ηλεκτρικών οχημάτων αξιοποιεί το Autodesk Inventor για την ανάπτυξη του σασί και των μηχανικών υποσυστημάτων των μοντέλων της. Η παραμετρική σχεδίαση διευκολύνει την προσαρμογή σε διαφορετικές εκδόσεις οχημάτων και τη βελτιστοποίηση της δομής με στόχο την αύξηση της ασφάλειας και της απόδοσης.

- **BYD (Build Your Dreams):** Η BYD χρησιμοποιεί το Inventor για τον σχεδιασμό πλατφορμών οχημάτων και συστημάτων τοποθέτησης εξαρτημάτων, επιτυγχάνοντας ευελιξία στην παραγωγή και ταχεία ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς, ιδιαίτερα στην κατηγορία των ηλεκτρικών οχημάτων πόλης.
- **Tesla, Inc.:** Αν και η Tesla χρησιμοποιεί συνδυασμό διαφορετικών CAD εργαλείων, το Autodesk Inventor αποτελεί σημαντικό μέρος του τεχνολογικού της εξοπλισμού για τη διαχείριση μηχανολογικών σχεδίων, με έμφαση στην ακρίβεια και την παραμετρική προσαρμογή αισθητήρων και συστημάτων αυτονομίας [43, 44].

3.7 Συγκριτική Αξιολόγηση με Άλλα Λογισμικά CAD

Το Autodesk Inventor συγκαταλέγεται στα πλέον δημοφιλή λογισμικά παραμετρικής μοντελοποίησης, προσφέροντας ισχυρά εργαλεία για τον σχεδιασμό εξαρτημάτων, συναρμολογήσεων και τεκμηρίωσης [42, 50]. Ένα από τα βασικά του πλεονεκτήματα είναι η ενσωμάτωσή του με άλλες εφαρμογές της Autodesk, όπως το AutoCAD, το Fusion 360 και το Revit, διευκολύνοντας τη ροή εργασιών μεταξύ αρχιτεκτονικού, μηχανολογικού και παραγωγικού σχεδιασμού [42].

Σε σύγκριση με το SolidWorks, το Inventor θεωρείται ισοδύναμο όσον αφορά τις βασικές δυνατότητες παραμετρικής σχεδίασης. Ωστόσο, παρουσιάζει ελαφρώς καλύτερη απόδοση στη διαχείριση μεγάλων συναρμολογήσεων και υποστηρίζει την αυτοματοποίηση μέσω iLogic με πιο ευέλικτο τρόπο [50]. Από την άλλη πλευρά, το SolidWorks διαθέτει ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ισχυρή κοινότητα υποστήριξης [49].

Η σύγκριση με το CATIA αποκαλύπτει σαφή πλεονεκτήματα του Autodesk Inventor σε τομείς όπως η μηχανική ακριβείας, οι προηγμένες επιφανειακές διαμορφώσεις και η ανάπτυξη εφαρμογών για την αεροδιαστημική βιομηχανία (Dassault Systèmes, n.d.). Παρόλα αυτά, το CATIA συνοδεύεται από υψηλότερο κόστος και σημαντικά μεγαλύτερη καμπύλη εκμάθησης, γεγονός που το καθιστά λιγότερο προσβάσιμο για μικρές ή μεσαίες επιχειρήσεις.

Εν κατακλείδι, το Autodesk Inventor αποτελεί ένα ολοκληρωμένο λογισμικό παραμετρικής σχεδίασης και μηχανικής που συνδυάζει ποικίλες δυνατότητες

σημαντικές για τη σύγχρονη βιομηχανική σχεδίαση. Παρέχει εκτενή εργαλεία CAD/CAM, υποστηρίζοντας ολόκληρο τον κύκλο παραγωγής, από το σχεδιασμό μέχρι την κατασκευή [42, 44, 46]. Η συμβατότητά του με διεθνή πρότυπα ανταλλαγής δεδομένων όπως το ISO 10303 (STEP) διασφαλίζει την ομαλή διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών λογισμικών CAD [45]. Επιπλέον, η ενσωμάτωση εργαλείων αντίστροφης μηχανικής επιτρέπει την αξιοποίηση δεδομένων από σαρωτές και πραγματικά αντικείμενα για βελτιωμένο σχεδιασμό [43, 48]. Μέσω της παραμετρικής μοντελοποίησης και της αυτοματοποίησης με iLogic, το Inventor αυξάνει σημαντικά την ευελιξία και παραγωγικότητα στον σχεδιασμό, προσεγγίζοντας αντίστοιχες τεχνολογίες όπως το FeatureScript του Onshape [47, 50].

Τέλος, η συνεχής αναβάθμιση και εμπλουτισμός των λειτουργιών του από την Autodesk διασφαλίζει την προσαρμογή του στις εξελισσόμενες ανάγκες της βιομηχανίας [42].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Το όχημα Jiayuan City Spirit

4.1 Περιγραφή και Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Οχήματος Jiayuan City Spirit

Το όχημα που μελετάται στην παρούσα εργασία είναι το Jiayuan City Spirit, ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο πόλης που κατασκευάζεται από κινεζική εταιρεία. Πρόκειται για ένα συμπαγές, διθέσιο όχημα με διαστάσεις 2.245 x 1.290 x 1.570 mm (μήκος x πλάτος x ύψος), σχεδιασμένο για αστική χρήση και προσφέρεται σε δύο διακριτές εκδόσεις.



Εικόνα 12: Όχημα Jiayuan City Spirit [21].

Οι δύο διαθέσιμες παραλλαγές διακρίνονται κυρίως ως προς τη μέγιστη ταχύτητα και την ισχύ του συστήματος πρόωσης. Το μοντέλο χαμηλής ταχύτητας έχει μέγιστη ταχύτητα 45 km/h, ενώ το μοντέλο υψηλής ταχύτητας φτάνει έως και τα 80 km/h. Η αυτονομία τους είναι 150 km και 120 km αντίστοιχα, με βάση μέση ταχύτητα ταξιδιού 40 km/h.

Σε επίπεδο ενεργειακού εφοδιασμού, το μοντέλο χαμηλής ταχύτητας εξοπλίζεται με πέντε μπαταρίες, ενώ το αντίστοιχο υψηλής ταχύτητας φέρει έξι μπαταρίες. Ο χρόνος φόρτισης και για τις δύο εκδόσεις κυμαίνεται από 6 έως 8 ώρες σε οικιακό φορτιστή 220V.

Τα εξωτερικά και εσωτερικά χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων είναι πανομοιότυπα. Εξωτερικά, περιλαμβάνονται ζάντες αλουμινίου, πανοραμική γυάλινη οροφή, ηλεκτρικά παράθυρα, διακόπτης ανύψωσης της πίσω πόρτας, θερμαινόμενοι ηλεκτρικοί καθρέπτες, ρυθμιζόμενοι προβολείς, καθώς και πίσω φώτα LED και φώτα ομίχλης.

Ο εσωτερικός εξοπλισμός του οχήματος, αν και λιτός, ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις ενός αστικού οχήματος. Περιλαμβάνει σύστημα κλιματισμού (A/C), πολλαπλά συστήματα αναπαραγωγής ήχου (MP3, MP5), οθόνη με κάμερα οπισθοπορείας, ζώνες ασφαλείας, σκίαστρα για οδηγό και συνοδηγό, καθώς και πίνακα οργάνων.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα **εξωτερικά χαρακτηριστικά** του οχήματος, καθώς αποτελούν τη βάση για τη διαδικασία **αντίστροφης μηχανολογικής σχεδίασης** και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση μέσω λογισμικού CAD [21, 22].

4.2 Διαστασιολόγηση Αυτοκινήτου (Jiayuan City spirit)

4.2.1 Τροχοί

Οι τροχοί του οχήματος Jiayuan City Spirit αποτελούνται από ζάντες διαμέτρου 304,8 mm (12 ίντσες), κατασκευασμένες από κράμα αλουμινίου, υλικό που προσφέρει υψηλή αντοχή σε συνδυασμό με μειωμένο βάρος. Τα ελαστικά που χρησιμοποιούνται έχουν διαστάσεις 145/70 R12, όπως καθορίζονται από τον κατασκευαστή. Συγκεκριμένα:

- Το 145 mm αναφέρεται στο πλάτος του πέλματος του ελαστικού.
- Το 70% δηλώνει το ύψος του προφίλ του ελαστικού ως ποσοστό επί του πλάτους, δηλαδή το ύψος της πλευρικής επιφάνειας του ελαστικού είναι ίσο με το 70% των 145 mm.
- Ο αριθμός 12 υποδηλώνει τη διάμετρο της ζάντας (σε ίντσες) για την οποία το ελαστικό είναι κατάλληλο.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές φουσκώματος που προτείνει ο κατασκευαστής, η συνολική διάμετρος του τροχού (ζάντα μαζί με το ελαστικό) ανέρχεται σε περίπου 470 mm. Η διαστασιολόγηση αυτή επιβεβαιώνεται και μέσω επιτόπιας μέτρησης, όπως απεικονίζεται στην αντίστοιχη εικόνα τεκμηρίωσης του οχήματος.



Εικόνα 13: Τροχοί του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.2 Μπροστινό Φτερό

Το μπροστινό φτερό του οχήματος διακρίνεται σε δύο διακριτά μέρη. Το άνω τμήμα έχει τη μορφή ασύμμετρου τραπεζίου, με διαστάσεις που ορίζονται ως εξής:

- Η μεγαλύτερη βάση, μήκους 640 mm, εφάπτεται με την πόρτα του οχήματος.
- Η μικρότερη βάση, μήκους 320 mm, ενώνεται με τον εμπρόσθιο προφυλακτήρα.
- Η πλάγια πλευρά, μήκους 529,5 mm, συναντά το καπό του οχήματος.

Το δεύτερο τμήμα του φτερού είναι ο λασπωτήρας, ο οποίος βρίσκεται στο κατώτερο μέρος και έχει σχήμα καμπύλης με μεταβαλλόμενη ακτίνα. Το γεωμετρικό του περίγραμμα είναι μη γραμμικό και σχεδιάζεται με γνώμονα την απομάκρυνση νερού και λάσπης από τον θόλο του τροχού. Στην ένωση με το καπό υπάρχουν πολλαπλές γεωμετρικές εσοχές, οι οποίες εξυπηρετούν δομικές και λειτουργικές απαιτήσεις:

- Δημιουργούν επαρκή χώρο για δομικά στοιχεία, όπως τα υποστυλώματα της καμπίνας επιβατών.
- Διευκολύνουν την ενσωμάτωση λειτουργικών εξαρτημάτων, όπως οι εξωτερικοί καθρέφτες.

Αντίστοιχα, στην ένωση με τον εμπρόσθιο προφυλακτήρα, εντοπίζονται εσοχές καμπύλου σχήματος, οι οποίες διαμορφώνονται για την τοποθέτηση των εμπρόσθιων φώτων του οχήματος. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην πλευρά του φτερού που συνορεύει με την πόρτα, δεν παρατηρούνται ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, καθώς η επιφάνεια παραμένει ως επί το πλείστον επίπεδη και απλοποιημένη για λόγους συναρμογής.



Εικόνα 14: Μπροστά φτερό του ηλεκτρικού οχήματος Jiaoyuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.3 Μπροστινός Προφυλακτήρας

Ο μπροστινός προφυλακτήρας του οχήματος αποτελείται από δύο διακριτά τμήματα, κατασκευασμένα εξ ολοκλήρου από σκληρό πλαστικό. Το κύριο τμήμα, το οποίο καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη επιφάνεια, είναι μαύρου ματ χρώματος, ενώ το δευτερεύον τμήμα είναι λευκό και βρίσκεται σε άμεση επαφή με επιμέρους στοιχεία του οχήματος, όπως τα εμπρόσθια φώτα, η σχάρα αερισμού, το καπό και τα μπροστινά φτερά. Το μαύρο τμήμα του προφυλακτήρα διαθέτει τρεις αεραγωγούς:

- Δύο πλευρικά ανοίγματα, σε σχήμα ορθογώνιου παραλληλογράμμου, με διαστάσεις 135 mm ύψος και 60 mm μήκος.
- Ένα κεντρικό άνοιγμα, σε σχήμα τραπεζίου, με μεγαλύτερη βάση 620 mm, μικρότερη βάση 515 mm και ύψος 60 mm.



Εικόνα 15: Μπροστινός προφυλακτήρας του ηλεκτρικού οχήματος Jiaoyuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

Και τα τρία ανοίγματα είναι εξοπλισμένα με προστατευτικές γρίλιες, οι οποίες επιτρέπουν την ελεύθερη διέλευση του αέρα ενώ ταυτόχρονα παρεμποδίζουν την είσοδο ξένων σωμάτων (π.χ. χαλίκια, φύλλα). Η διάταξη των ανοιγμάτων είναι συμμετρική και λειτουργική:

- Το μεγαλύτερο τραπεζοειδές άνοιγμα τοποθετείται κεντρικά στο άνω τμήμα του προφυλακτήρα.
- Τα δύο μικρότερα ορθογώνια ανοίγματα βρίσκονται στα άκρα, μεταξύ των λασπωτήρων και της θέσης της πινακίδας κυκλοφορίας.

Η θέση της πινακίδας είναι διαμορφωμένη κεντρικά στο κάτω μέρος του προφυλακτήρα, με ορθογώνιο σχήμα και διαστάσεις 525 mm μήκος και 130 mm ύψος. Το συνολικό πλάτος του προφυλακτήρα ανέρχεται σε 1.280 mm, ενώ κάτω από τα εμπρόσθια φώτα πορείας είναι ενσωματωμένα τα φώτα θέσης, τα οποία συμβάλλουν στην ορατότητα του οχήματος σε συνθήκες μειωμένου φωτισμού.

4.2.4 Σχάρα

Η σχάρα, που τοποθετείται μεταξύ του προφυλακτήρα και του καπό, είναι κατασκευασμένη από σκληρό λευκό πλαστικό και έχει ως βασική λειτουργία την



Εικόνα 16: Σχάρα του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ιδία λήψη]

προστασία και τον αερισμό του ηλεκτρικού κινητήρα του οχήματος. Το σχήμα της σχάρας είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, με διαστάσεις 800 mm πλάτος στην άνω πλευρά (που εφάπτεται στο καπό), 800 mm πλάτος στην κάτω πλευρά (που εφάπτεται στον προφυλακτήρα) και ύψος 325 mm.

Στο κεντρικό τμήμα της σχάρας διατάσσονται ομοιόμορφα πέντε όμοιες ελλειπτικές οπές, οι οποίες επιτρέπουν τη ροή αέρα προς τον ηλεκτροκινητήρα για την ψύξη του. Στις δύο άκρες της σχάρας υπάρχουν επίσης εσοχές που περιβάλλουν τα φώτα πορείας του οχήματος, προσφέροντας παράλληλα

αισθητική συνέχεια και στεγανότητα.

Το χείλος των κεντρικών ελλειπτικών οπών είναι ενισχυμένο με αλουμινένιο πλαίσιο, ενώ εσωτερικά κάθε άνοιγμα καλύπτεται από μαύρες πλαστικές σχάρες, που αποτρέπουν την είσοδο ξένων σωμάτων, διατηρώντας παράλληλα τη ροή αέρα.

4.2.5 Καπό

Το καπό του οχήματος έχει σχήμα παραλληλογράμμου και διαθέτει κατάλληλες οπές στην πλευρά που συνορεύει με τη σχάρα, προκειμένου να επιτρέπεται η διέλευση των φώτων. Στην πλευρά που εφάπτεται στο παρμπρίζ σχηματίζονται δύο «δόντια» αντιδιαμετρικά τοποθετημένα σε σχέση με το κέντρο του καπό. Μεταξύ αυτών και

του κεντρικού κενού που δημιουργείται ανάμεσα στο καπό και το παρμπρίζ, τοποθετείται μια σχάρα κατασκευασμένη από μαύρο πλαστικό.

Επιπλέον, στην επιφάνεια του καπό διαμορφώνονται πέντε «φλέβες», ισομερώς κατανεμημένες κατά μήκος του, με ίσες αποστάσεις μεταξύ τους, οι οποίες προσδίδουν δομική ενίσχυση και αισθητική αρμονία. Το συνολικό μήκος του καπό είναι 1030 mm και το πλάτος του 344 mm. Η απόσταση μεταξύ των δύο «δοντιών» που σχηματίζονται στην πλευρά του παρμπρίζ είναι 950 mm. Όλες οι «φλέβες» έχουν μήκος 310 mm και πλάτος 110 mm, εκτός από τη μεσαία, η οποία έχει μειωμένο μήκος 260 mm.



Εικόνα 17: Καπό του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ιδία λήψη]

4.2.6 Μασπιέ

Το μασπιέ τοποθετείται κάτω από κάθε πόρτα του οχήματος, μεταξύ του μπροστινού και του πίσω φτερού. Κατασκευάζεται από μαύρο πλαστικό και περιβάλλει την κάτω πλευρά της πόρτας, προσφέροντας προστασία και ενίσχυση της δομής. Οι διαστάσεις του μασπιέ είναι μήκος 880 mm και ύψος 110 mm.



Εικόνα 18: Μασπιέ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ιδία λήψη]

4.2.7 Πόρτα

Η πόρτα του οχήματος έχει γενικά σχήμα παραλληλογράμμου, το οποίο όμως διακόπτεται από μια καμπύλη στο σημείο επαφής με το πίσω φτερό, λόγω της παρουσίας της πίσω ρόδας. Επιπλέον, στο μπροστινό πάνω τμήμα της πόρτας, κοντά στον καθρέφτη, η πλευρά ακολουθεί την κλίση της οροφής. Το συνολικό πλάτος της πόρτας είναι 920 mm, ενώ το ύψος της φτάνει τα 1227 mm. Στο ανώτερο τμήμα της πόρτας βρίσκεται το παράθυρο, με διαστάσεις μήκους 900 mm και πλάτους 546 mm. Μεταξύ του παραθύρου και της καμπύλης που σχηματίζεται για τη ρόδα, τοποθετείται το χερούλι της πόρτας, με μήκος 228 mm και πλάτος 40 mm.



Εικόνα 19: Πόρτα του ηλεκτρικού οχήματος Jayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.8 Πίσω Φτερό

Το πίσω φτερό του οχήματος, όπως και το μπροστινό, έχει σχήμα ανισόπεδου τραπεζίου. Η πλευρά που εφάπτεται στο πορτ-μπαγκάζ έχει μήκος 350 mm, η πλευρά που έρχεται σε επαφή με την πόρτα είναι 361 mm, ενώ η πλευρά που συνορεύει με το πίσω παράθυρο έχει μήκος 368 mm. Η κάτω πλευρά του φτερού σχηματίζεται από τον λασπωτήρα της πίσω ρόδας, ο οποίος έχει καμπυλωτό, μη σταθερής ακτίνας, σχήμα. Το ανώτερο τμήμα του φτερού είναι κατασκευασμένο από λευκό πλαστικό, ενώ ο λασπωτήρας είναι μαύρου χρώματος. Στο σημείο σύνδεσης με το πορτ-μπαγκάζ υπάρχει ειδικά διαμορφωμένη οπή, η οποία φιλοξενεί τα πίσω φώτα του οχήματος.



Εικόνα 20: Πίσω Φτερό του ηλεκτρικού οχήματος Jiaoyuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.9 Πορτ Μπαγκάζ

Το πορτ μπαγκάζ του οχήματος έχει σχήμα τραπεζίου με μήκος της μεγάλης πλευράς 1000 mm, μήκος της μικρής πλευράς 720 mm και ύψος 320 mm. Κατά μήκος ολόκληρης της μικρής πλευράς διαμορφώνεται μια ειδική εσοχή, η οποία διευκολύνει τον χρήστη να τοποθετήσει το χέρι του και να ανοίξει το πορτ μπαγκάζ με άνεση. Επιπλέον, στις δύο πλευρές που συνορεύουν με τα πίσω φτερά σχηματίζονται δύο καμπύλες, μία σε κάθε πλευρά, οι οποίες περιβάλλουν τα πίσω φώτα του οχήματος.



Εικόνα 21: Πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.10 Πίσω Προφυλακτήρας

Ο πίσω προφυλακτήρας έχει σχήμα παραλληλογράμμου και αποτελείται από δύο διακριτά μέρη. Το πάνω μέρος, που έρχεται σε επαφή με το πορτ μπαγκάζ και τα πίσω φτερά, είναι κατασκευασμένο από λείο λευκό πλαστικό, ενώ το κάτω μέρος είναι από τραχύ μαύρο πλαστικό. Το συνολικό μήκος του προφυλακτήρα ανέρχεται στα 1200 mm και το ύψος του στα 368 mm. Στο κέντρο του προφυλακτήρα υπάρχει ειδικά διαμορφωμένη εσοχή για την πινακίδα του οχήματος, η οποία έχει σχήμα ανισόπεδου τραπεζίου με μήκος της μεγάλης πλευράς 600 mm, μήκος της μικρής πλευράς 550 mm και ύψος 145 mm. Ακριβώς κάτω από αυτήν την εσοχή υπάρχει μια παρόμοια, μικρότερη εσοχή με σχήμα ανισόπεδου τραπεζίου, στις δύο άνω γωνίες της οποίας είναι τοποθετημένα δύο μικρά φώτα.



Εικόνα 22: Πίσω προφυλακτήρας του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.11 Φώτα

Τα εμπρόσθια φώτα έχουν σχήμα έλλειψης, με μεγάλους και μικρούς άξονες μήκους



199 mm και 156 mm αντίστοιχα. Αποτελούνται από φώτα πορείας, προβολείς και δείκτες αλλαγής κατεύθυνσης. Τα πίσω φώτα είναι κυκλικά, με διάμετρο 160 mm, και περιλαμβάνουν φώτα φρένων και πίσω δείκτες αλλαγής κατεύθυνσης. Όλα τα φώτα, εμπρός και πίσω, καλύπτονται από διαφανείς γυάλινες

Εικόνα 23: Φώτα του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]

μάσκες προστασίας. Ο φωτισμός των εμπρόσθιων φώτων πορείας και προβολέων είναι λευκός, οι δείκτες

αλλαγής κατεύθυνσης, τόσο εμπρός όσο και πίσω, είναι κίτρινοι, ενώ τα φώτα φρένων έχουν κόκκινο χρώμα.

4.2.12 Οροφή

Η οροφή του οχήματος στο υψηλότερο της σημείο έχει πλάτος 1200 mm και μήκος 867 mm, με το κεντρικό τμήμα της να αποτελείται από γυαλί διαστάσεων 1100 mm σε πλάτος και 615 mm σε μήκος. Στο χαμηλότερο σημείο, που συμπίπτει με την ένωση της οροφής με το αμάξωμα, το μήκος φτάνει τα 1505 mm, ενώ το πλάτος παραμένει στα 1200 mm. Το ύψος από το χαμηλότερο έως το υψηλότερο σημείο της οροφής είναι 637 mm. Οι κολώνες στο πίσω μέρος της οροφής έχουν καμπυλόμορφο σχήμα που περιβάλλει τα πίσω παράθυρα, ενώ το πίσω τζάμι του πορτ μπαγκάζ τοποθετείται ανάμεσα σε αυτές, ακολουθώντας τις καμπύλες τους. Στο εμπρόσθιο τμήμα, οι κολώνες ακολουθούν τη γωνία της πόρτας, με το εμπρόσθιο παρμπρίζ να τοποθετείται ανάμεσά τους, ευθυγραμμισμένο με την ίδια κατεύθυνση.



Εικόνα 24: Οροφή του ηλεκτρικού οχήματος Jiaoyuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ίδια λήψη]

4.2.13 Επιπλέον Στοιχεία Εξωτερικού Περιβλήματος Οχήματος

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται επιμέρους εξαρτήματα του οχήματος, τα οποία συμβάλλουν στη λειτουργικότητα και την αισθητική του εξωτερικού σχεδιασμού.

- **Τάπα Φόρτισης:** Η τάπα φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος έχει κυκλικό σχήμα με διάμετρο 135 mm και ενσωματώνει μηχανισμό κλειδώματος με διάμετρο 28 mm. Η επιφάνειά της είναι λευκή, ενώ η κλειδαριά φέρει μεταλλικό φινίρισμα, εξασφαλίζοντας αισθητική εναρμόνιση με το υπόλοιπο όχημα και προστασία από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.



Εικόνα 25: Τάπα φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ιδία λήψη]

- **Εξωτερικός Καθρέφτης:** Ο πλευρικός καθρέφτης προεξέχει 200 mm από το αμάξωμα και είναι κατασκευασμένος από σκληρό μαύρο πλαστικό υψηλής αντοχής, παρέχοντας βελτιωμένη ορατότητα και προστασία σε περιπτώσεις μικροπρόσκρουσης.



Εικόνα 26: Εξωτερικός καθρέφτης του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ίδια λήψη]

- **Πίσω Πλαϊνό Παράθυρο:** Το πίσω παράθυρο διαθέτει γενικά ορθογώνιο σχήμα, το οποίο όμως τροποποιείται από την καμπυλότητα των πλευρών του στις περιοχές επαφής με τις οπίσθιες κολώνες. Οι πλευρές του που εφάπτονται με την πόρτα και το πίσω φτερό έχουν μήκος 566 mm και 368 mm, αντίστοιχα.



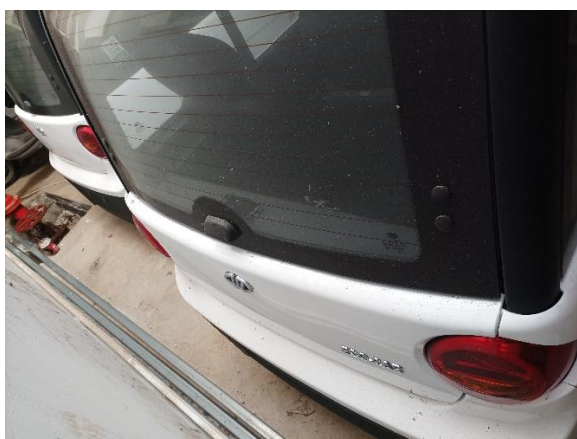
Εικόνα 27: Πίσω πλαϊνό παράθυρο του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ίδια λήψη]

- **Πλαϊνό Παράθυρο Πόρτας:** Το παράθυρο της πόρτας έχει μορφή ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, με την πλευρά επαφής προς την εμπρόσθια κολώνα να ακολουθεί την κεκλιμένη γεωμετρία της, έως το σημείο που τέμνεται με τον καθρέφτη. Από εκεί και κάτω, η γεωμετρία μεταπίπτει σε κατακόρυφη, κάθετη προς την πόρτα. Οι διαστάσεις του παραθύρου είναι 900 mm σε μήκος και 546 mm σε ύψος.



Εικόνα 28: Πλαϊνό παράθυρο πόρτας του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ίδια λήψη]

- **Παράθυρο Πορτ Μπαγκάζ:** Το τζάμι του πορτ μπαγκάζ ευθυγραμμίζεται με τις καμπύλες των πίσω κολώνων, ακολουθώντας την καμπυλότητα του σχεδίου της οροφής. Το ύψος του είναι 593 mm και το μήκος του, μετρούμενο από κολώνα σε κολώνα, φτάνει τα 1100 mm.



Εικόνα 29: Παράθυρο πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ίδια λήψη]

- **Εμπρόσθιο Παρμπρίζ:** Το παρμπρίζ είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, με ύψος 695 mm και μήκος 1100 mm. Εφάπτεται συμμετρικά με τις εμπρόσθιες κολώνες και εκτείνεται από την οροφή προς το καπό. Η βασική του λειτουργία είναι η προστασία των επιβατών από την αεροδυναμική πίεση, τα καιρικά φαινόμενα και τυχόν εξωτερικά αντικείμενα.



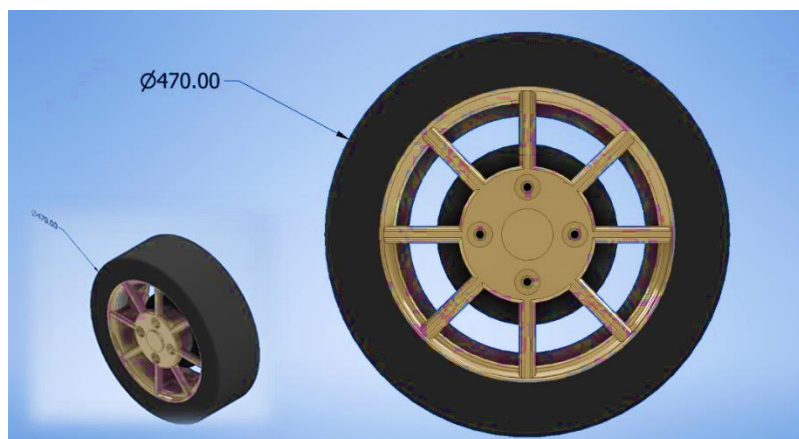
Εικόνα 30: Εμπρόσθιο παρμπρίζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiaoyuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης.
[Φωτογραφία: ιδία λήψη]

4.3 Τρισδιάστατη Σχεδίαση Οχήματος

Η τρισδιάστατη σχεδίαση του οχήματος πραγματοποιήθηκε με κύριο στόχο την ακριβή αποτύπωση των γεωμετρικών του χαρακτηριστικών και όχι την παραγωγή φωτορεαλιστικού μοντέλου. Ο σκοπός αυτής της προσέγγισης ήταν να υποστηρίξει τη διαδικασία μελέτης και βελτιστοποίησης της θέσης τοποθέτησης αισθητήρων, οι οποίοι είναι κρίσιμοι για την επίτευξη αυτονομίας στην πλοήγηση του οχήματος. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν λεπτομερείς μετρήσεις όλων των επιμέρους εξαρτημάτων που συνθέτουν το αμάξωμα, προκειμένου να επιβεβαιωθούν οι διαστάσεις τους με ακρίβεια.

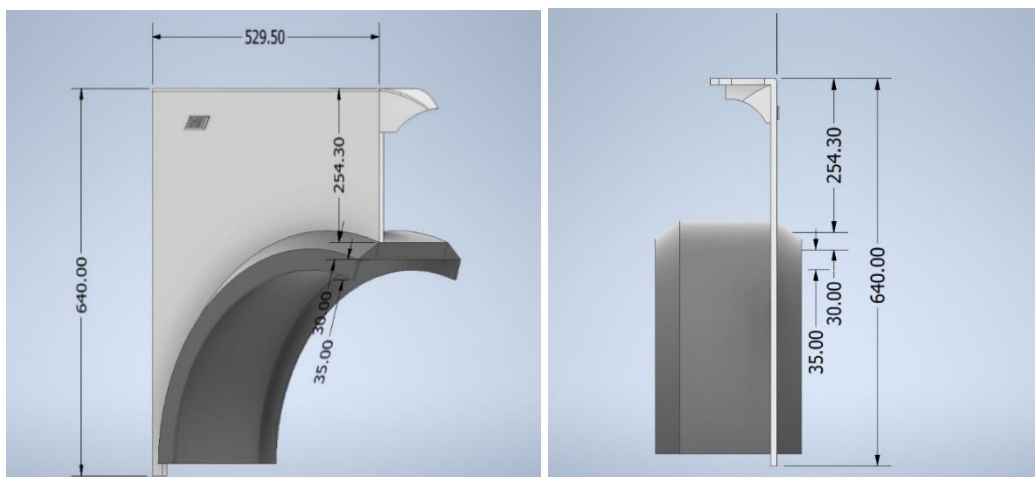
Έπειτα, αξιοποιήθηκε το λογισμικό Autodesk Inventor για τη δισδιάστατη σχεδίαση κάθε επιμέρους τμήματος, η οποία στη συνέχεια εξελίχθηκε σε τρισδιάστατη απεικόνιση. Η τελική συναρμολόγηση του οχήματος πραγματοποιήθηκε στο ειδικό περιβάλλον συναρμολόγησης του λογισμικού, μέσω του οποίου ολοκληρώθηκε η εικονική αναπαράσταση του οχήματος. Ακολουθούν απεικονίσεις του οχήματος καθώς και των επιμέρους τμημάτων, όπως αυτά δημιουργήθηκαν κατά τη διαδικασία σχεδίασης στο περιβάλλον του Autodesk Inventor.

- Η ρόδα του οχήματος με ολική διάμετρο 470 mm.

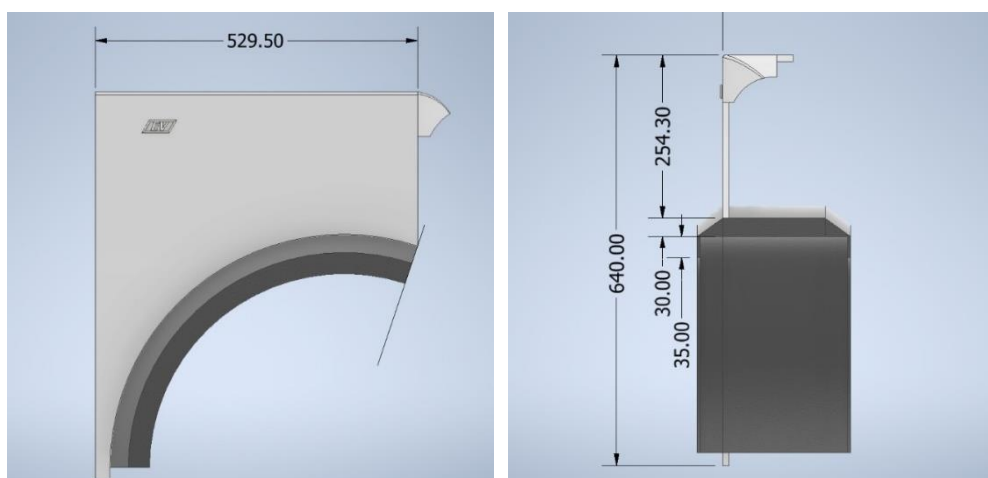


Εικόνα 31: Τρισδιάστατη απεικόνιση της ρόδας του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το μπροστά φτερό έχει σχήμα ανισόπεδου τραπεζίου, με διαστάσεις: μεγάλη πλευρά 640 mm (ένωση με την πόρτα), μικρή πλευρά 320 mm (ένωση με τον μπροστινό προφυλακτήρα) και πλευρά μήκους 529,5 mm στην ένωση με το καπό.



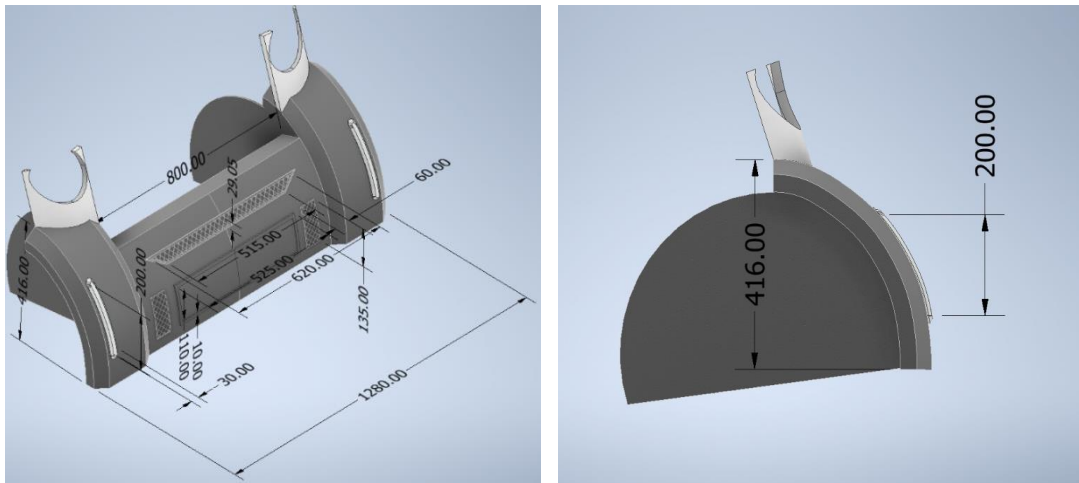
Εικόνα 32: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστινού φτερού (μεγάλη πλευρά-ένωση με την πόρτα) του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.



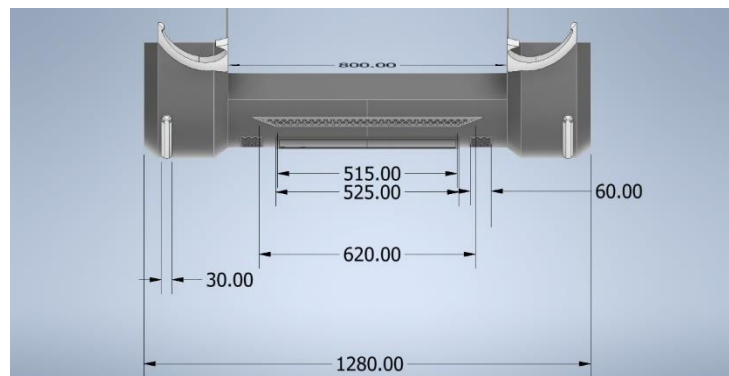
Εικόνα 32.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστινού φτερού του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Ο μπροστά προφυλακτήρας έχει συνολικό πλάτος 1280 mm και ύψος 416 mm, μετρούμενο από το χαμηλότερο σημείο της καμπύλης του λασπωτήρα έως το υψηλότερο σημείο του. Περιλαμβάνει άνοιγμα τραπεζοειδούς σχήματος με διαστάσεις 620 mm η μεγάλη πλευρά, 515 mm η μικρή πλευρά και 29 mm το ύψος. Τα δύο ορθογώνια ανοίγματα έχουν διαστάσεις 60 mm

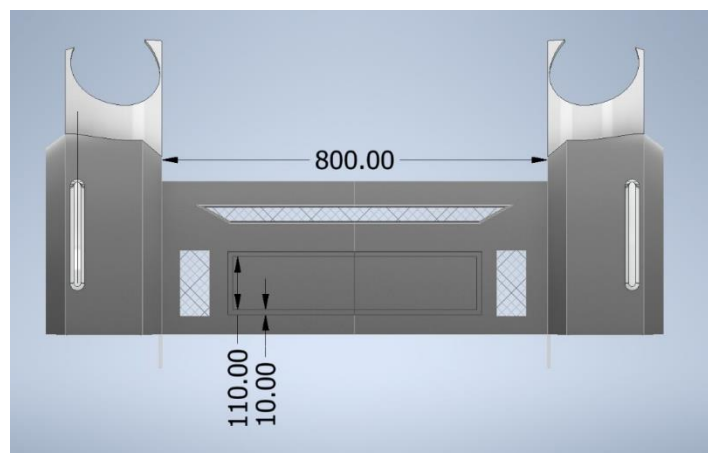
πλάτος και 135 mm ύψος. Το πλαίσιο της πινακίδας έχει διαστάσεις 525 mm πλάτος και 130 mm ύψος.



Εικόνα 33: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

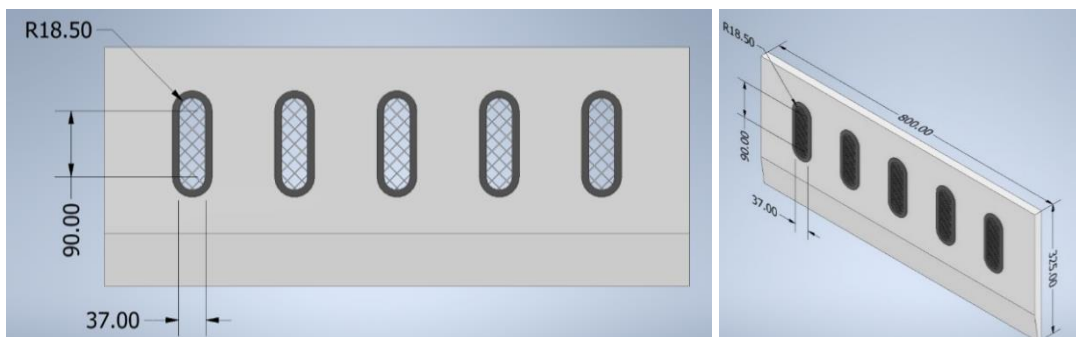


Εικόνα 33.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.



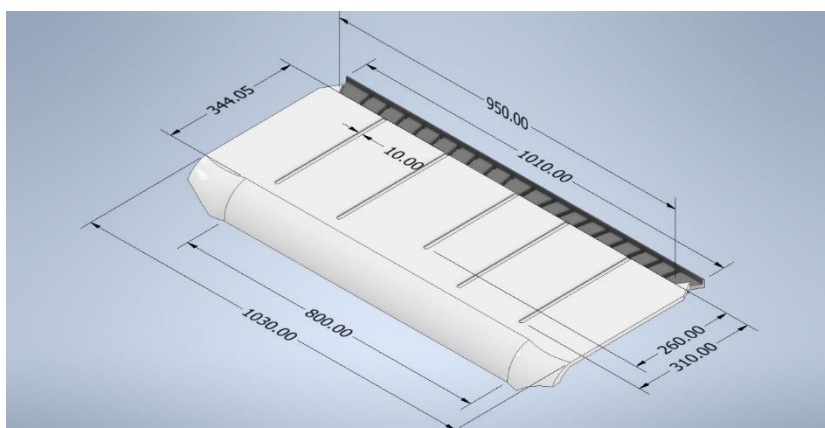
Εικόνα 33.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Η σχάρα έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, με πέντε όμοιες ελλειπτικές οπές ομοιόμορφα καταναμημένες στο κέντρο, οι διαστάσεις της είναι 800 mm x 325 mm (Μήκος x Ύψος).

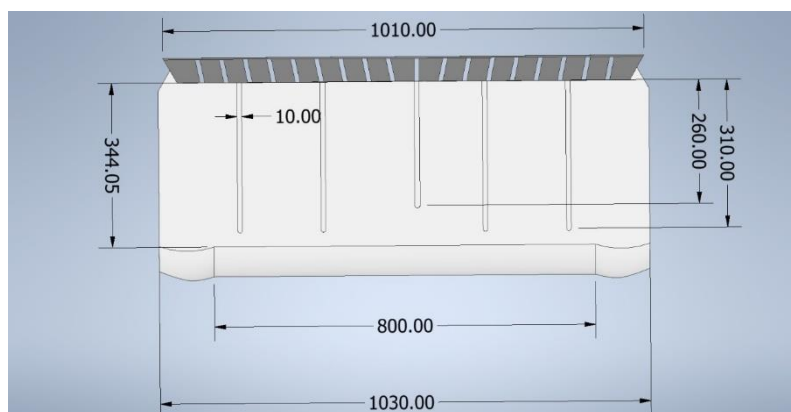


Εικόνα 34: Τρισδιάστατη απεικόνιση της σχάρας του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το καπό έχει διαστάσεις 1030 mm x 344 mm (Μήκος x Πλάτος), τα δόντια που δημιουργούνται έχουν απόσταση 950 mm μεταξύ τους και η σχάρα έχει μήκος 1010 mm.

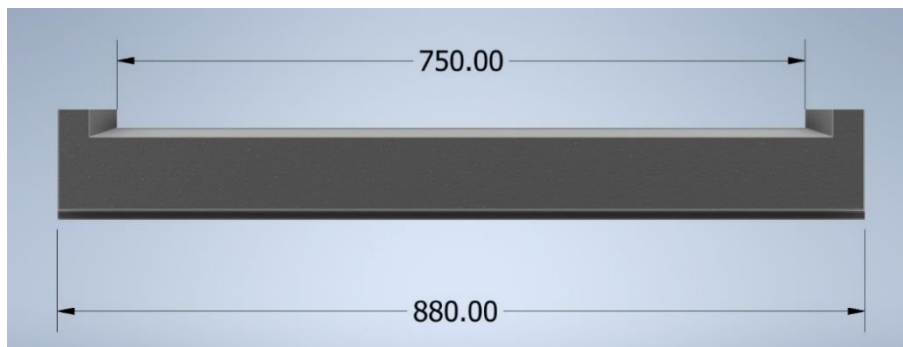


Εικόνα 35: Τρισδιάστατη απεικόνιση του καπό του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

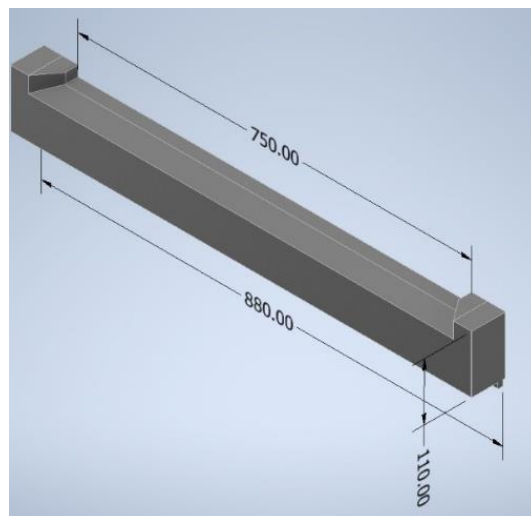


Εικόνα 35.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του καπό του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το μασπιέ είναι διαστάσεων 880 mm x 110 mm (Μήκος x Ύψος).

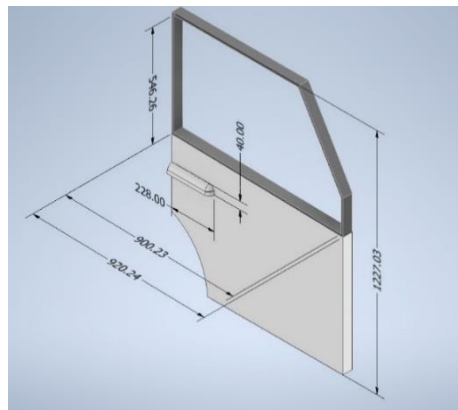


Εικόνα 36: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μασπιέ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.



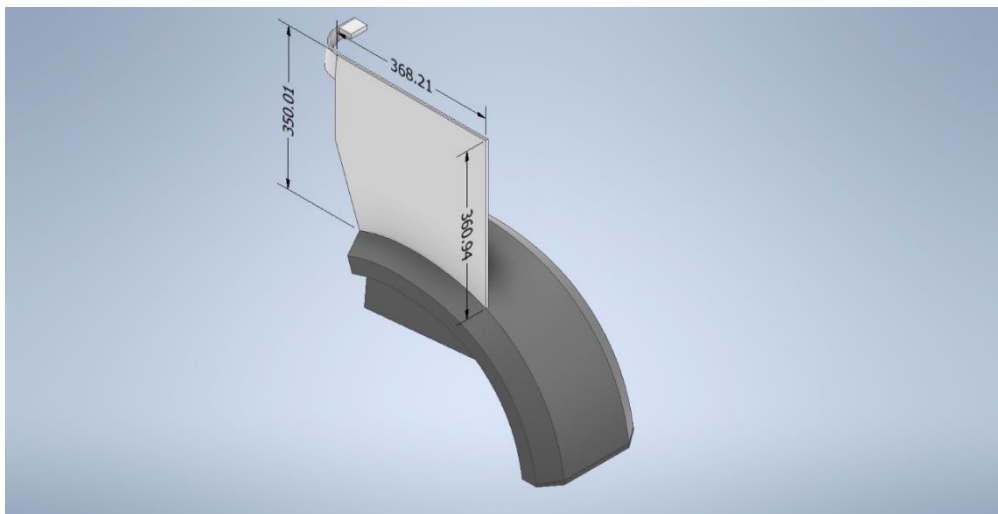
Εικόνα 36.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μασπιέ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Η πόρτα είναι 920 mm x 1227 mm (Πλάτος x Ύψος), με το πάνω μέρος της πόρτας να είναι κενό 900 mm x 546 mm (Πλάτος x Ύψος). Τέλος το χερούλι είναι 228 mm x 40 mm (Πλάτος x Ύψος).



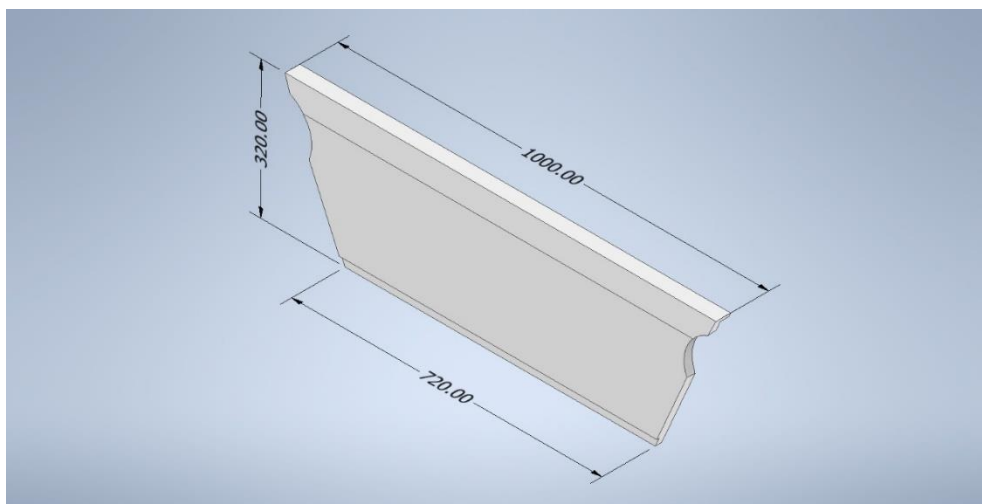
Εικόνα 37: Τρισδιάστατη απεικόνιση της πόρτας του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το πίσω φτερό στην πλευρά επαφής με το πορτ μπαγκάζ έχει μήκος 350 mm, η πλευρά σε επαφή με την πόρτα είναι 361 mm και η πλευρά σε επαφή με το πίσω παράθυρο 368 mm.



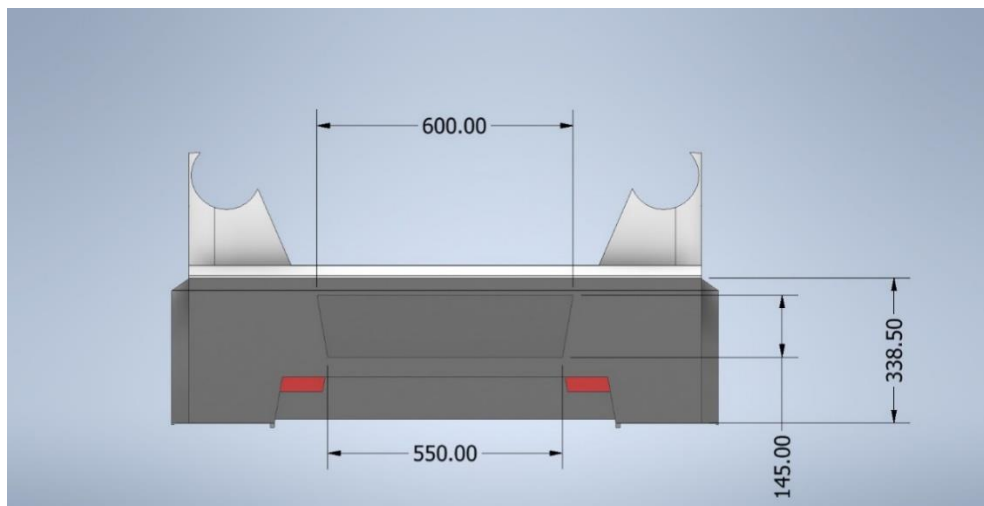
Εικόνα 38: Τρισδιάστατη απεικόνιση του πίσω φτερού στην πλευρά επαφής με το πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το πορτ μπαγκάζ έχει σχήμα τραπέζιου με διαστάσεις 1000 mm x 720 mm x 320 mm (Μήκος μεγάλης πλευράς x Μήκος μικρής πλευράς x Ύψος).

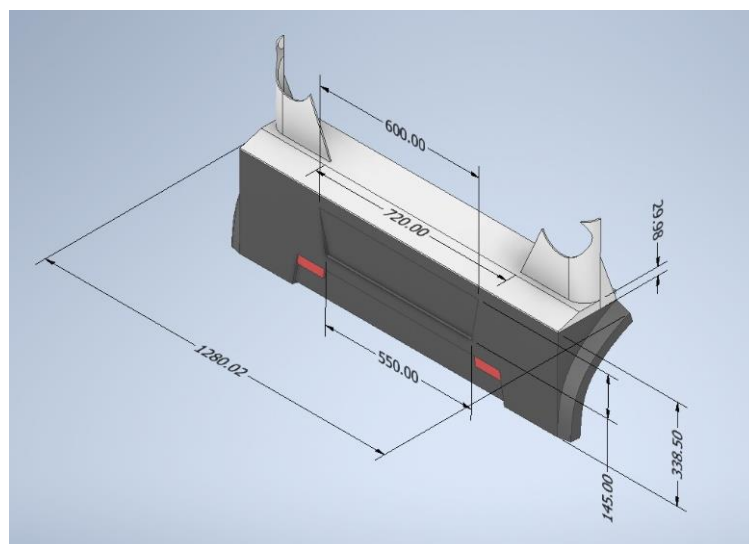


Εικόνα 39: Τρισδιάστατη απεικόνιση του πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Ο πίσω προφυλακτήρας έχει διαστάσεις 1200 mm x 368 mm (Μήκος x Ύψος) και στο κέντρο του υπάρχει ειδικά διαμορφωμένη εσοχή για την πινακίδα του οχήματος σχήματος ανισόπεδου τραπέζιου με μεγάλη πλευρά 600 mm x 550 mm x 145 mm (Μήκος μεγάλη πλευρά x Μήκος μικρής πλευράς x Ύψος).

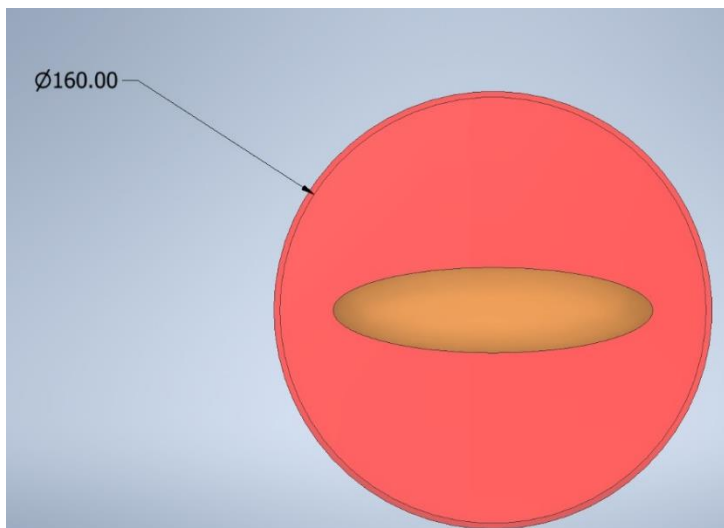


Εικόνα 40: Τρισδιάστατη απεικόνιση του πίσω προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

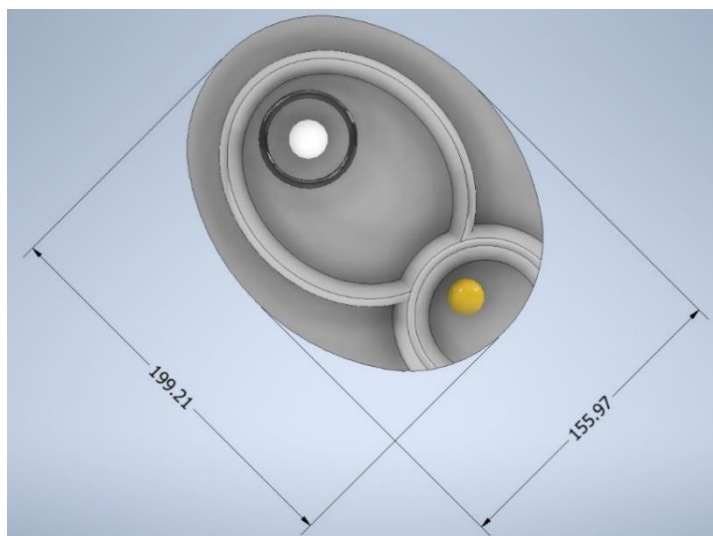


Εικόνα 40.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του πίσω προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Τα μπροστά φώτα είναι σχήματος έλλειψης με μεγάλη διάμετρο 199 mm και μικρή διάμετρο 156 mm, ενώ τα πίσω φώτα είναι κυκλικά με διάμετρο 160 mm.



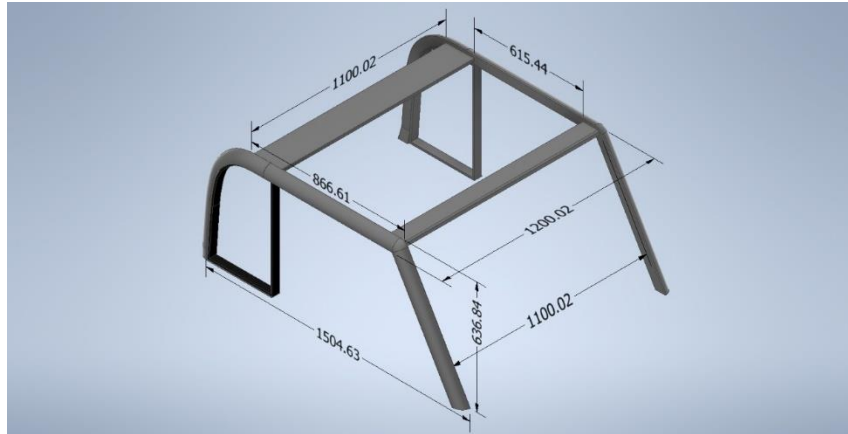
Εικόνα 41: Τρισδιάστατη απεικόνιση των μπροστινών φωτών του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.



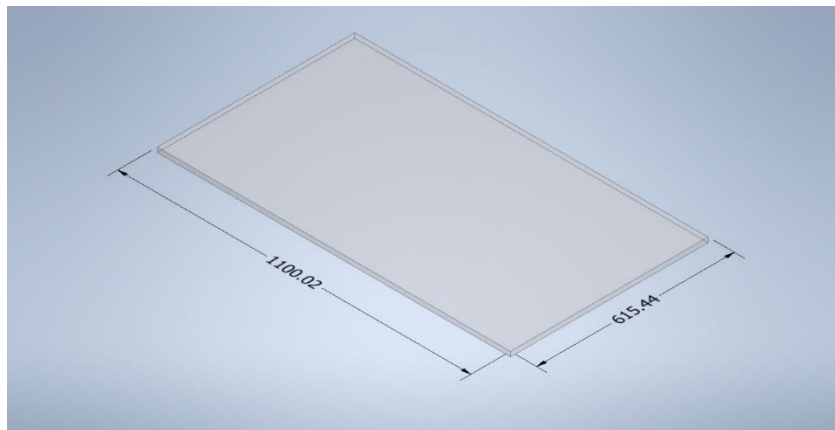
Εικόνα 41.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση των μπροστινών φωτών του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Η οροφή του οχήματος στο υψηλότερο σημείο της είναι 1200 mm x 867 mm (Πλάτος x Μήκος), ενώ το κεντρικό τμήμα της αποτελείται από γυάλινη επιφάνεια διαστάσεων 1100 mm x 615 mm (Πλάτος x Μήκος). Στο χαμηλότερο σημείο της, το οποίο συμπίπτει με το σημείο ένωσης της οροφής με το αμάξωμα, οι διαστάσεις αυξάνονται σε 1200 mm x 1505 mm (Πλάτος x

Μήκος). Τέλος το ύψος της οροφής από το χαμηλότερο έως το υψηλότερο σημείο είναι 637 mm.

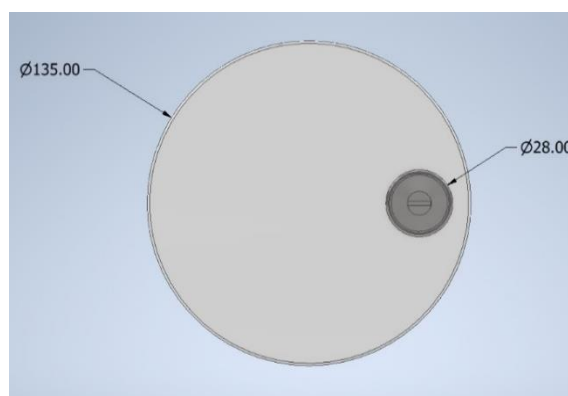


Εικόνα 42: Τρισδιάστατη απεικόνιση της οροφής του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.



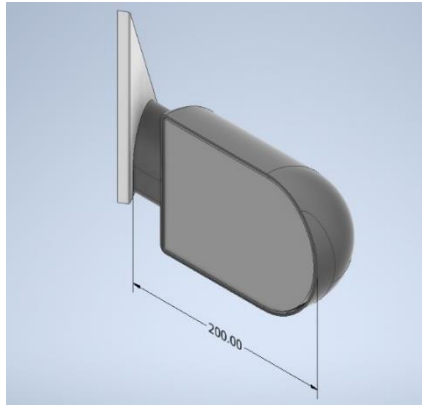
Εικόνα 42.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση της οροφής του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Η τάπα φόρτισης είναι κυκλική διαμέτρου 135 mm με κλειδαριά διαμέτρου 28 mm και έχουν χρώμα λευκό και μεταλλικό αντίστοιχα.



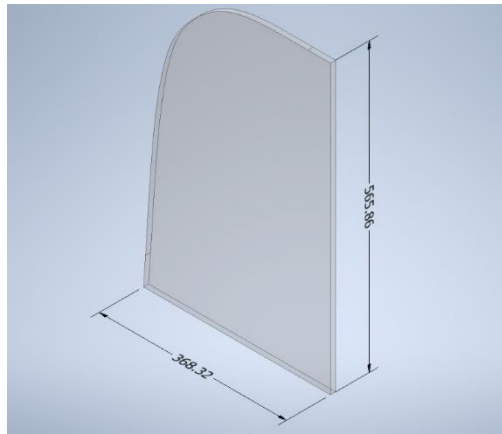
Εικόνα 43: Τρισδιάστατη απεικόνιση της τάπας φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Ο καθρέφτης προεξέχει από το όχημα 200 mm.



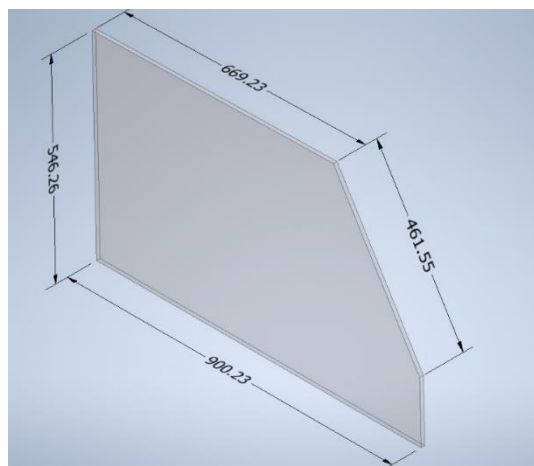
Εικόνα 44: Τρισδιάστατη απεικόνιση του καθρέφτη του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το πίσω παράθυρο είναι 368 mm x 566 mm (Πλάτος x Ύψος).



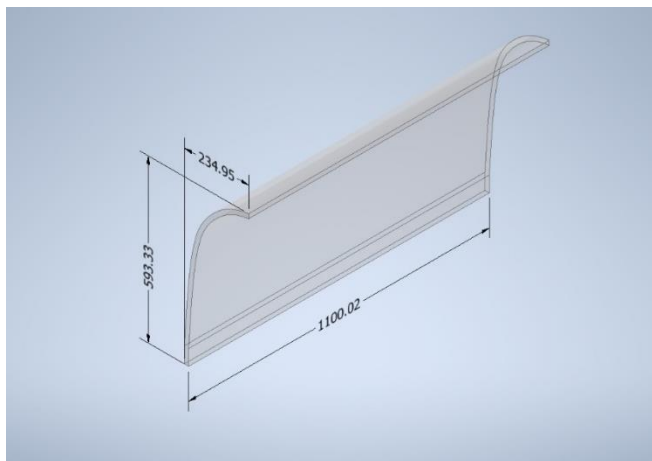
Εικόνα 45: Τρισδιάστατη απεικόνιση του παραθύρου του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το παράθυρο της πόρτας έχει διαστάσεις 900 mm x 546 mm (Μήκος x Ύψος).



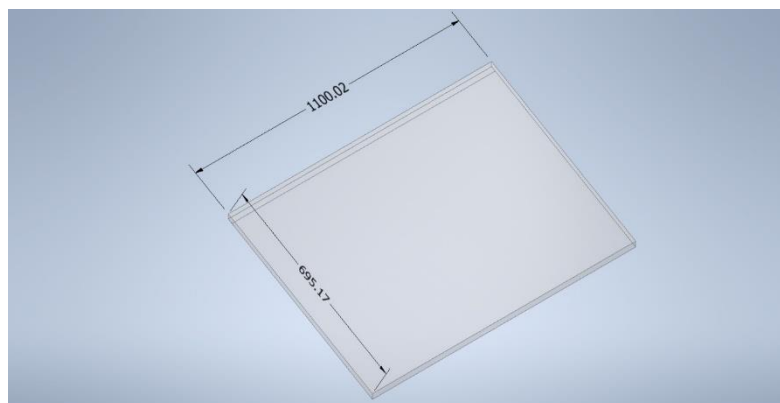
Εικόνα 46: Τρισδιάστατη απεικόνιση του παραθύρου της πόρτας του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το τζάμι του πορτ μπαγκάζ είναι 1100 mm x 593 mm (Μήκος x Ύψος).



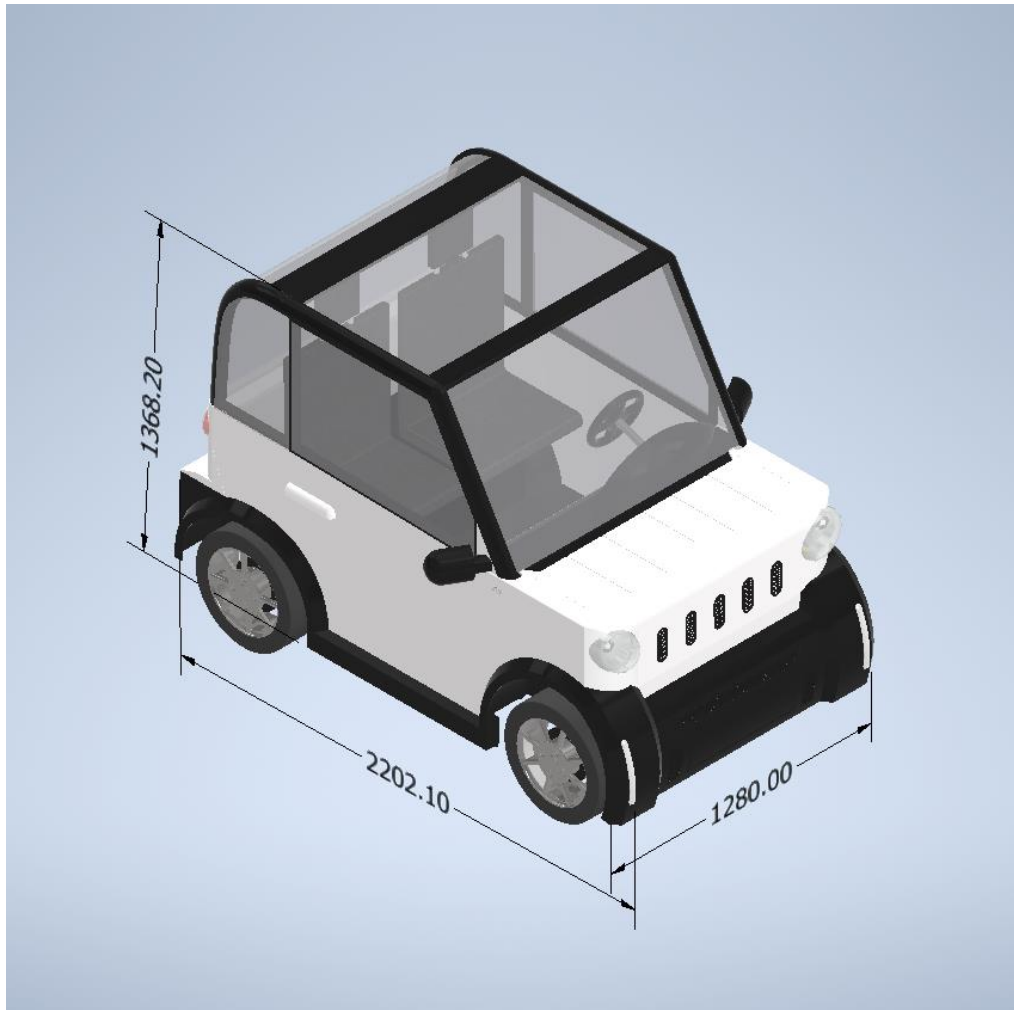
Εικόνα 47: Τρισδιάστατη απεικόνιση του τζαμιού του πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το μπροστά παρμπρίζ είναι 1100 mm x 695 mm (Μήκος x Ύψος).



Εικόνα 48: Τρισδιάστατη απεικόνιση του τζαμιού του μπροστά παρμπρίζ του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

- Το όχημα μετά την συναρμολόγηση των κομματιών στην τελική μορφή του.



Εικόνα 49: Τρισδιάστατη απεικόνιση του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

5.1 Διαθέσιμος Εξοπλισμός Αντίληψης: Χαρακτηριστικά και Δυνατότητες

Η τοποθέτηση των αισθητήρων σε ένα αυτόνομο ηλεκτρικό όχημα πόλης αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την απόδοση του συστήματος αντίληψης. Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της κάλυψης του περιβάλλοντος χώρου με όσο το δυνατόν λιγότερα τυφλά σημεία, διατηρώντας παράλληλα το κόστος και την υπολογιστική πολυπλοκότητα σε αποδεκτά επίπεδα.

Η χρήση LIDAR (Light Detection and Ranging) αποτελεί βασικό στοιχείο της υποδομής αντίληψης των αυτόνομων οχημάτων, προσφέροντας ακριβή 3D αναπαράσταση του περιβάλλοντος ανεξαρτήτως φωτισμού. Στην διάθεση μας στα εργαστήρια του πολυτεχνείου έχουμε αισθητήρες τεχνολογίας LIDAR τελευταίας γενιάς της εταιρείας Ouster Inc. (Η.Π.Α.), βασισμένοι στην αρχιτεκτονική των ψηφιακών σαρωτών OS-1.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν τέσσερις (4) αισθητήρες τύπου OS-1-16 (Thin Cable), οι οποίοι διαθέτουν 16 δέσμες (βλέπε Εικόνα 5) και παρέχουν ανάλυση έως 2048 σημείων ανά περιστροφή, με κάθετο πεδίο θέασης $33,2^\circ$, ρυθμό σάρωσης 10–20 Hz και εμβέλεια μέτρησης έως 120 m, διατηρώντας ακρίβεια $\pm 1,5\text{--}3$ cm. Οι αισθητήρες αυτοί είναι κατάλληλοι για εφαρμογές τρισδιάστατης χαρτογράφησης, πλοήγησης ρομπότ και υποστήριξης αλγορίθμων SLAM, ενσωματώνοντας παράλληλα μονάδα αδρανειακής μέτρησης (IMU) και διεπαφή Gigabit Ethernet με προστασία επιπέδου IP68/69K.

Παράλληλα, υπάρχει ένας (1) αισθητήρας OS-1-64 (Thin Cable) με 64 δέσμες (βλέπε Εικόνα 5), ο οποίος προσφέρει υψηλότερη πυκνότητα σημείων και ευρύτερο κατακόρυφο πεδίο θέασης (έως 45°), καθιστώντας τον κατάλληλο για εφαρμογές υψηλής ανάλυσης όπως αυτόνομη οδήγηση και χαρτογράφηση σε αστικά περιβάλλοντα. Ο αισθητήρας αυτός συνδυάζει ελαφρύ σχεδιασμό ($\sim 455\text{g}$),

θερμοκρασιακή ανθεκτικότητα από -40°C έως $+64^{\circ}\text{C}$ και πλήρη υποστήριξη λογισμικών πλατφορμών (ROS, PCL, Python/C++ SDK), διασφαλίζοντας αξιοπιστία και ευελιξία εντός ευρέος φάσματος εφαρμογών [23, 24].

5.2 Αρχιτεκτονικές Αντίληψης και Διαμόρφωση Αισθητήρων σε Σύγχρονα Αυτόνομα Οχήματα

Η χρήση LIDAR (Light Detection and Ranging) όπως έχει αποτυπωθεί και προηγούμενος είναι βασικό στοιχείο της αντίληψης των αυτόνομων οχημάτων, με αποτέλεσμα να είναι αναπόσπαστο κομμάτι σε πολλά από τα πιο σύγχρονα μοντέλα αυτόνομων οχημάτων που κυκλοφορούν πιλοτικά στους δρόμους αυτή την στιγμή. Οι θέσεις τοποθετήσεις σε κάθε περίπτωση επιλέγονται εμπειρικά και με γνώμονα την όσο το δυνατό καλύτερη κάλυψη μιας περιοχής ενδιαφέροντος περιμετρικά του οχήματος. Μεγάλη σημασία σε αυτή την διαδικασία δίνεται στις γεωμετρικές παραμέτρους του οχήματος και το οπτικό πεδίο (Field of View – FOV) των αισθητήρων, με σκοπό τη μείωση των τυφλών σημείων.

Ωστόσο, τέτοιου είδους προσεγγίσεις τείνουν να προσεγγίζουν την ικανότητα αντίληψης των αισθητήρων ως ένα δυαδικό πρόβλημα – δηλαδή αν ένα σημείο βρίσκεται εντός ή εκτός του πεδίου θέασης. Παρόλα αυτά, ακόμη και εντός του FOV, ο αριθμός των στοιχείων ή των σημείων λέιζερ παίζει κρίσιμο ρόλο στα τελικά αποτελέσματα. Επομένως, οι προσεγγίσεις αυτές είναι υπερβολικά απλουστευμένες για να επιτρέψουν ποσοτική αξιολόγηση των δυνατοτήτων αντίληψης μιας διαμόρφωσης αισθητήρων.

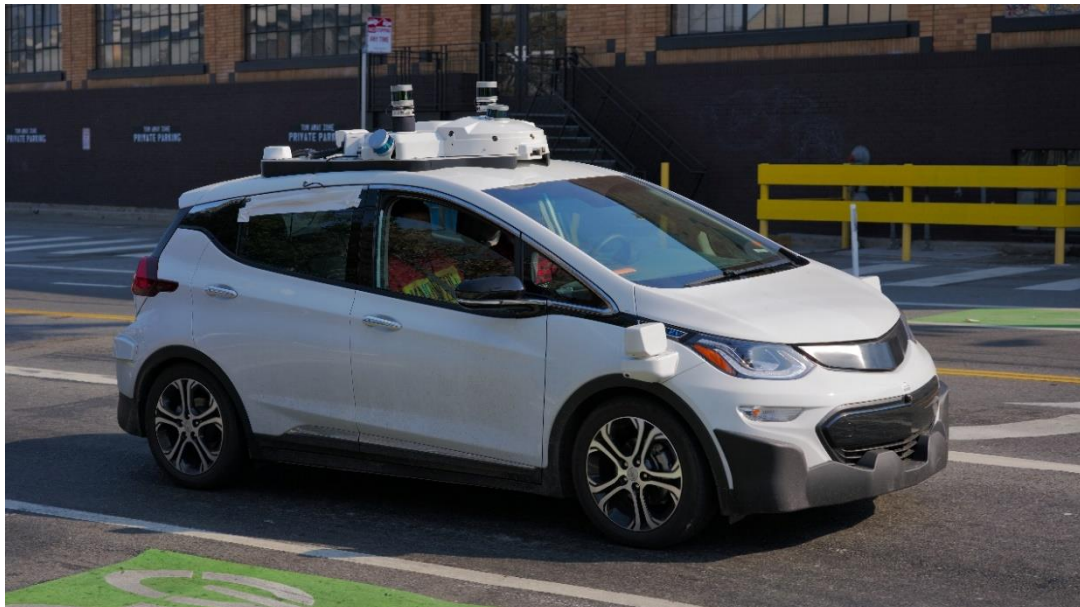
Σημειώνεται, βέβαια, ότι ορισμένες πρόσφατες ερευνητικές εργασίες έχουν αρχίσει να εστιάζουν ειδικά στις βέλτιστες στρατηγικές διαμόρφωσης LIDAR αισθητήρων [26, 27].

5.2.1 Αυτόνομο Όχημα Cruise (Chevy Bolt AV & Cruise Origin)

Η Cruise LLC, θυγατρική της General Motors από το 2016, ανέπτυξε μία πλήρως αυτόνομη πλατφόρμα βασισμένη αρχικά στο Chevrolet Bolt EV και αργότερα στο ειδικά σχεδιασμένο Cruise Origin (επίπεδο αυτονομίας 4–5). Τα οχήματα Cruise AV ενσωματώνουν πολλαπλούς τύπους αισθητήρων, όπως LIDAR, RADAR, κάμερες και μονάδες GPS/IMU, με στόχο την εξάλειψη των τυφλών σημείων και την πλήρη κάλυψη του περιβάλλοντος χώρου.

Τα Cruise AV διαθέτουν τουλάχιστον πέντε Velodyne LIDAR αισθητήρες: ένας στο κέντρο της οροφής, δύο πλευρικοί σε κάθε άκρη και επιπλέον αισθητήρες ενσωματωμένοι εμπρός και πίσω για πανοραμική κάλυψη. Οι κάμερες βρίσκονται τοποθετημένες περιμετρικά του οχήματος (360°) – στον προφυλακτήρα, στους εξωτερικούς καθρέφτες και στην οροφή – επιτρέποντας εντοπισμό αντικειμένων, λωρίδων και σημάτων. Επιπλέον, το όχημα φέρει RADAR εμπρόσθιας και οπίσθιας όρασης για τον εντοπισμό οχημάτων υπό όλες τις καιρικές συνθήκες.

Το ειδικά σχεδιασμένο Cruise Origin, χωρίς τιμόνι ή πεντάλ, χρησιμοποιεί παρόμοια διάταξη αισθητήρων, με ιδιαίτερη έμφαση σε ενσωματωμένες μονάδες στην οροφή και στους γωνιακούς θόλους, ώστε να υποστηρίξει απόλυτα αυτόνομη λειτουργία χωρίς οδηγό [28].



Εικόνα 50: Το Bolt EV τρίτης γενιάς της Cruise Automation στο Σαν Φρανσίσκο [51].

5.2.2 Argo AI

Η Argo AI ήταν μία εταιρεία τεχνολογίας αυτόνομης οδήγησης με έδρα το Πίτσμπουργκ, η οποία ιδρύθηκε το 2016 και υποστηρίχθηκε οικονομικά από τη Ford Motor Company και αργότερα από τη Volkswagen AG. Επιδίωξη της εταιρείας ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος αυτόνομης οδήγησης επιπέδου 4 (SAE Level 4), πλήρως ενσωματωμένου σε οχήματα Ford και VW, με εφαρμογές σε υπηρεσίες μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων.

Τα οχήματα της Argo AI — αρχικά βασισμένα στο Ford Fusion Hybrid και μετέπειτα στο Ford Escape Hybrid — έφεραν πλήρες σύστημα αντιληπτικής κάλυψης, αποτελούμενο από:

- Επτά (7) LIDAR αισθητήρες, περιμετρικά τοποθετημένους, με κύριο αισθητήρα στην οροφή
- Έξι έως δώδεκα (6-12) κάμερες υψηλής ανάλυσης, διατεταγμένες εμπρός, πίσω και πλευρικά, προσφέροντας πανοραμική κάλυψη
- RADAR σε εμπρόσθια και πλευρική διάταξη για λειτουργία σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας
- GPS/IMU μονάδες ενσωματωμένες στο κεντρικό υπολογιστικό σύστημα, τοποθετημένο στο πορτ μπαγκάζ

Η διαμόρφωση αυτή επιτρέπει την επίτευξη 360° πεδίου αντίληψης με σημαντική επικάλυψη αισθητήρων, γεγονός που ενισχύει την αξιοπιστία μέσω πολυτροπικής σύντηξης δεδομένων (sensor fusion). Η πλατφόρμα υποστηρίζει εξελιγμένες λειτουργίες όπως δυναμική εντοπισμού αντικειμένων, ανίχνευση πεζών, πρόβλεψη συμπεριφοράς, και πλοήγηση σε αστικές περιοχές [29].



Εικόνα 51: Ένα αυτόνομο όχημα της Argo δοκιμάζεται στο Πίτσμπουργκ, Πενσυλβάνια, στις 22 Ιανουαρίου 2018 [52].

5.2.3 Αυτόνομο Όχημα Ford (με τεχνολογία Latitude AI)

Η Ford Motor Company, μετά τη διάλυση της Argo AI το 2022, συνέχισε την ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων μέσω της νεοϊδρυθείσας εταιρείας Latitude AI, με επίκεντρο τη δημιουργία τεχνολογιών αυτόνομης οδήγησης επιπέδου Level 2+ και Level 3. Η νέα πλατφόρμα εστιάζει κυρίως σε συστήματα υποβοηθούμενης οδήγησης μεγάλου φάσματος (e.g., hands-free driving σε αυτοκινητοδρόμους), αντί για πλήρη αυτονομία σε όλες τις αστικές συνθήκες.

Τα τελευταία αυτόνομα οχήματα της Ford (π.χ. Ford Escape Autonomous Hybrid, Lincoln MKZ AV) διαθέτουν σύνθετο σύστημα αισθητήρων, που περιλαμβάνει:

- Τέσσερις (4) LIDAR αισθητήρες υψηλής ακρίβειας, τοποθετημένους στην οροφή και στις γωνίες του αμαξώματος, επιτρέποντας 360° αντίληψη του περιβάλλοντος
- RADAR μακρινής και μεσαίας εμβέλειας, τοποθετημένα στο εμπρός μέρος και στους προφυλακτήρες, για ανίχνευση οχημάτων υπό δύσκολες καιρικές συνθήκες
- Κάμερες σε πανοραμική διάταξη (πλαϊνά, εμπρός, πίσω και οροφή), με υψηλό δυναμικό εύρος και ταχύτητα καρέ (HDR 60+ fps)
- Μονάδες GNSS/IMU για γεωεντοπισμό και δυναμική σταθεροποίηση πορείας

Τα δεδομένα συγχωνεύονται σε κεντρική υπολογιστική μονάδα με επεξεργαστική ικανότητα κατάλληλη για real-time perception, object tracking και decision making. Το σύστημα υποστηρίζεται από τεχνολογίες cloud mapping, edge computing και συνεχή εκπαίδευση αλγορίθμων μέσω τηλεματικών δεδομένων [30].



Εικόνα 52: Αυτόνομο Όχημα Ford [53].

5.2.4 Pony.ai

Η Pony.ai είναι μία κινεζο-αμερικανική τεχνολογική εταιρεία με έμφαση στα «ρομποταξί» και αυτόνομα φορτηγά, με γραφεία στην Καλιφόρνια (Silicon Valley), Πεκίνο και Γκουανγκζού. Ιδρύθηκε το 2016 από πρώην στελέχη της Baidu και έλαβε σημαντικές επενδύσεις από την Toyota, με την οποία συνεργάζεται για την παραγωγή «ρομποταξί» βασισμένων σε οχήματα Toyota Sienna και Lexus RX.

Τα οχήματα της Pony.ai χρησιμοποιούν πολυτροπικό σύστημα αισθητήρων (multimodal sensor system) για να εξασφαλίσουν πλήρη αντιληπτική κάλυψη 360°. Η βασική αρχιτεκτονική περιλαμβάνει:

- Τρεις (3) LIDAR αισθητήρες: ένας τοποθετημένος στο κέντρο της οροφής, και δύο πλαγίως τοποθετημένοι στο εμπρός και πίσω μέρος, για μεγιστοποίηση του βάθους και της πλευρικής κάλυψης.
- Πολλαπλές κάμερες υψηλής ανάλυσης (HDR), τοποθετημένες στην πρόσοψη, τις γωνίες, τα πλαϊνά και το πίσω μέρος του οχήματος, ενσωματωμένες σε αεροδυναμικούς θόλους.
- RADAR 360°, τόσο μικρής όσο και μεγάλης εμβέλειας, ενσωματωμένα στο εμπρός μέρος και τους προφυλακτήρες, για λειτουργία υπό δύσκολες καιρικές συνθήκες ή χαμηλό φωτισμό.
- GNSS, IMU και 5G επικοινωνιακές μονάδες, συγχρονισμένες με edge computing server που βρίσκεται εντός του οχήματος, υποστηρίζοντας real-time επεξεργασία και ελεγχόμενη αποστολή cloud data.

Τα συστήματα Pony.ai έχουν επιδείξει αυτόνομη πλοήγηση σε πολυπλοκότητα αστικού ιστού, λειτουργώντας εμπορικά σε περιοχές της Καλιφόρνια (Fremont, Irvine) και μεγάλες πόλεις της Κίνας (Πεκίνο, Γκουανγκζού) [31].



Εικόνα 53: Αυτόνομο Όχημα Pony.ai [54].

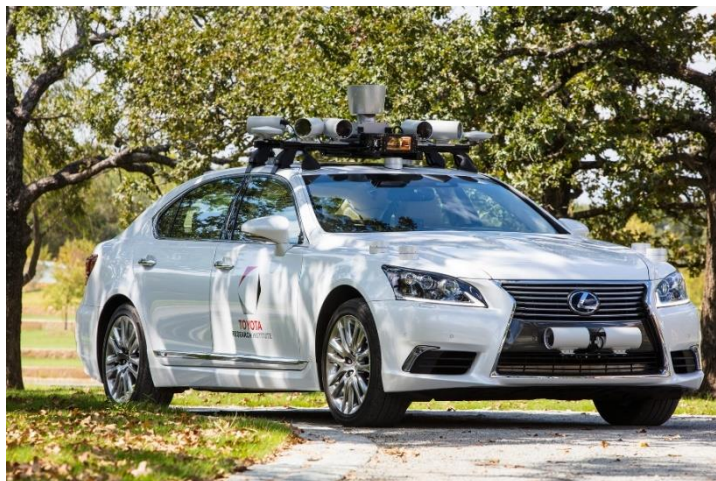
5.2.5 Αυτόνομο Όχημα Toyota

Η Toyota Motor Corporation διεξάγει εκτενή έρευνα στην αυτόνομη οδήγηση μέσω του Toyota Research Institute (TRI), που ιδρύθηκε το 2016 με αρχικό κεφάλαιο 1 δισεκατομμύριο δολάρια. Το TRI επικεντρώνεται στην ανάπτυξη τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, ρομποτικής και αυτοματισμού οχημάτων επιπέδων SAE L2–L5, χρησιμοποιώντας ερευνητικά πρωτότυπα όπως το TRI-P4 και το e-Palette.

Η βασική πλατφόρμα TRI-P4, που βασίζεται στο Lexus LS 500h, ενσωματώνει μία εξελιγμένη διάταξη αισθητήρων:

- Πέντε (5) LIDAR υψηλής ανάλυσης, περιλαμβανομένου περιστροφικού LIDAR στην οροφή, στα μπροστινά φτερά και στις γωνίες του προφυλακτήρα
- Πάνω από δέκα (10) κάμερες, τοποθετημένες κυκλικά στο όχημα, για οπτική κάλυψη 360°, αναγνώριση πινακίδων, σηματοδότησης και πεζών
- RADAR εμπρόσθιας και περιφερειακής εμβέλειας, για παρακολούθηση οχημάτων, ειδικά υπό συνθήκες χαμηλής ορατότητας
- GNSS και IMU, ενσωματωμένα με υπολογιστικό σύστημα βασισμένο σε NVIDIA Xavier, για πλοήγηση και SLAM

Η δεύτερη πλατφόρμα, το e-Palette, σχεδιάστηκε για κοινόχρηστες μεταφορές (shared mobility), με αισθητήρες πλήρως ενσωματωμένους στο σασί, ώστε να επιτυγχάνεται ανώνυμη και συνεχής πλοήγηση σε αστικές περιοχές. Η Toyota έχει επίσης αναπτύξει τη Woven by Toyota, η οποία εστιάζει στην παραγωγή του λογισμικού για AVs και στις ψηφιακές δίδυμες πόλεις [32].



Εικόνα 54: Αυτόνομο Όχημα Toyota [55].

5.2.6 Zoox

Η Zoox, η οποία ιδρύθηκε το 2014 και εξαγοράστηκε από την Amazon το 2020, αποτελεί μία από τις λίγες εταιρείες που ανέπτυξαν από την αρχή ένα αμφίπλευρο αυτόνομο όχημα επιπέδου SAE 5, σχεδιασμένο αποκλειστικά για ρομποταξί. Σε αντίθεση με τις περισσότερες πλατφόρμες που βασίζονται σε υπάρχοντα μοντέλα, η Zoox ανέπτυξε ένα συμμετρικό, ηλεκτρικό όχημα χωρίς τιμόνι, πεντάλ ή μπροστινή/πίσω όψη, με σκοπό τη μέγιστη ασφάλεια και εργονομία επιβατών.

Η διάταξη των αισθητήρων στη Zoox είναι ενσωματωμένη στο ίδιο το σχήμα του οχήματος, με στόχο την αόρατη αλλά πλήρη αντιληπτική κάλυψη. Το σύστημα περιλαμβάνει:

- Τέσσερις (4) πύργους αισθητήρων στις γωνίες του οχήματος, καθένας από τους οποίους περιέχει:
 - Ένα (1) περιστροφικό LIDAR (360° FOV)
 - Τέσσερις (4) κάμερες υψηλής ανάλυσης (με οπτικό και υπέρυθρο φάσμα)
 - Ένα (1) RADAR μικροκυμάτων
- Επιπλέον LIDAR και RADAR τοποθετημένα περιμετρικά στο κάτω μέρος του οχήματος, για χαμηλού ύψους εμπόδια και αναγνώριση επιφανειών
- GPS/IMU για πλοήγηση με ακρίβεια θέσης μικρότερη του ενός μέτρου και χαρτογράφηση



Εικόνα 55: Αυτόνομο Όχημα Zoox [56].
καθίσταται ανθεκτικό σε περιβαλλοντικές διακυμάνσεις, όπως βροχή, χιόνι ή έντονη ηλιοφάνεια, εξασφαλίζοντας αξιοπιστία και επιχειρησιακή συνέχεια [33].

5.3 Μορφή Τοποθέτησης Αισθητήρων

Στην μελέτη τους οι Hu et al. (2022), εμπνευστήκαν από τις παραπάνω εταιρείες αυτόνομης οδήγησης με αποτέλεσμα να υιοθετήσουν και να αξιολογήσουν τις παρακάτω βασικές διατάξεις τοποθέτησης πολλαπλών αισθητήρων LIDAR. Σε κάθε διάταξη χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις (4) αισθητήρες με στόχο την κάλυψη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης περιοχής αντίληψης και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης εντοπισμού αντικειμένων.

Οι διατάξεις έχουν την μορφή:

- Τραπεζίου (Toyota): Τέσσερις αισθητήρες τοποθετούνται εμπρός και πίσω, διαγώνια. Αυτή η διάταξη προσφέρει συμμετρική κάλυψη και καλύπτει πλευρικές περιοχές.
- Πυραμίδας (Cruise, Pony.ai): Ένας αισθητήρας εμπρός και τρεις πίσω, με τον κεντρικό υψηλότερα τοποθετημένο. Σκοπός είναι η βελτιωμένη κάλυψη πίσω περιοχών και η μείωση επικάλυψης ακτινών.
- Κεντρική (Argo AI): Όλοι οι αισθητήρες τοποθετούνται στο κέντρο της οροφής, κάθετα ευθυγραμμισμένοι. Αυτή η επιλογή προσφέρει ομοιογενή κατανομή δεδομένων, ευνοεί όμως τα πιο απομακρυσμένα σημεία και μειώνει την κάλυψη κοντά στο όχημα.
- Γραμμής (Ford): Τέσσερις αισθητήρες τοποθετούνται σε οριζόντια γραμμή κατά μήκος της οροφής, προσφέροντας ισοκατανεμημένη οριζόντια κάλυψη.
- Τετράγωνου (Zoox): Τοποθέτηση σε κάθε γωνία της οροφής, εξασφαλίζοντας 360° κάλυψη με ελάχιστα τυφλά σημεία.

Κάθε μία από αυτές τις διαμορφώσεις προκύπτει από διαφορετικές αρχές σχεδιασμού, είτε δίνεται έμφαση στην ευρεία κάλυψη είτε στην ακρίβεια συγκεκριμένων κατευθύνσεων. Οι διατάξεις εξετάστηκαν μέσω προσομοιώσεων στο περιβάλλον CARLA και μετρικών όπως το S-MIG για αξιολόγηση της πληροφοριακής αποδοτικότητας [34].

Συνοπτικός Πίνακας: Διατάξεις LIDAR και Σχεδιαστική Λογική

<u>Διάταξη</u>	<u>Θέσεις LIDAR</u>	<u>Σχεδιαστική Λογική</u>
Τραπεζοειδής (Toyota)	4 αισθητήρες: εμπρός και πίσω, διαγώνια	Συμμετρική κάλυψη και βελτίωση πλευρικής αντίληψης
Πυραμιδοειδής (Cruise, Pony.ai)	1 εμπρός & 3 πίσω (ο κεντρικός υψηλότερα)	Ενισχυμένη κάλυψη πίσω περιοχής και μείωση επικάλυψης ακτίνων
Κεντρική (Argo AI)	Όλοι στο κέντρο της οροφής	Ομοιογενής κατανομή δεδομένων, μειωμένη κάλυψη κοντά στο όχημα
Γραμμική (Ford)	4 σε οριζόντια γραμμή στην οροφή	Ισοκατανεμημένη οριζόντια κάλυψη
Τετραγωνική (Zoox)	1 σε κάθε γωνία της οροφής	Πλήρης κάλυψη 360° με ελάχιστα τυφλά σημεία

Πίνακας 1

5.4 Τοποθέτηση Αισθητήρων στο Όχημα Jiayuan City Spirit

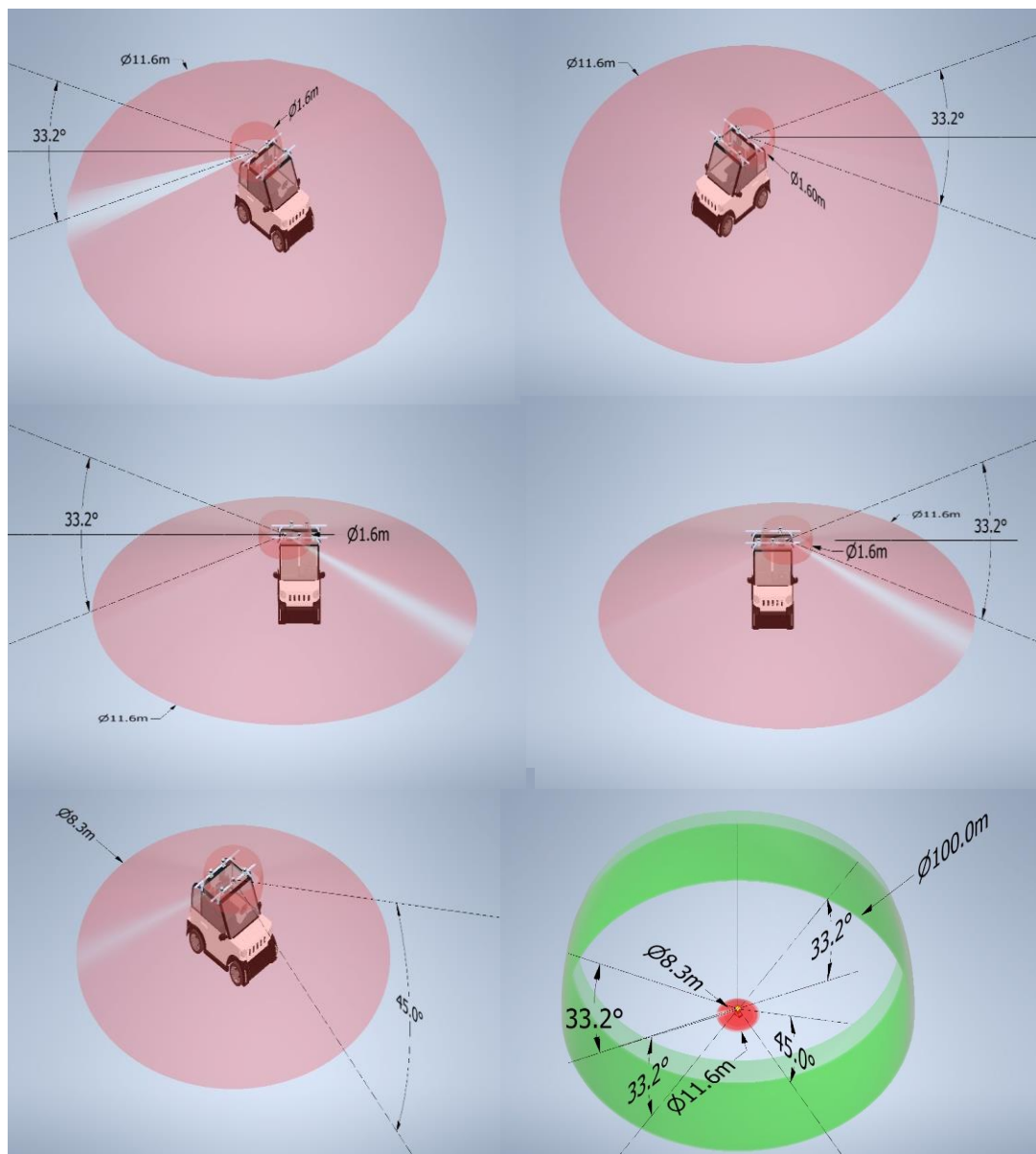
Στην διάθεση μας όπως αναφέρθηκε προηγουμένως έχουμε τέσσερις (4) αισθητήρες τύπου OS-1-16 και ένα (1) αισθητήρα OS-1-64 της εταιρίας Ouster. Με σκοπό την καλύτερη κάλυψη του περιβάλλοντα χώρου από τους διαθέσιμους αισθητήρες τροποποιήθηκαν και προσαρμόστηκαν οι διατάξεις LIDAR σύμφωνα με τον Πίνακα 1.

Η διαδικασία σχεδίασης της τοποθέτησης βασίστηκε στην εφαρμογή θεωρητικών μοντέλων και σχεδίων στο πραγματικό περιβάλλον, γεγονός που συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση της τελικής λύσης. Για την εγκατάσταση των αισθητήρων στην οροφή του οχήματος επιλέχθηκε η χρήση απλών μπαρών οροφής, στις οποίες οι συσκευές προσαρμόζονται μέσω των ειδικών βάσεων που παρέχει ο κατασκευαστής. Η συγκεκριμένη επιλογή κρίθηκε κατάλληλη, καθώς οι μπάρες μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο της οροφής χωρίς να απαιτείται επέμβαση στη δομή του οχήματος, προσφέροντας έτσι ευελιξία στη δοκιμή διαφορετικών διατάξεων. Επιπλέον, το χαμηλό κόστος και η ευρεία διαθεσιμότητά τους στην αγορά τις καθιστούν ιδιαίτερα πρακτική λύση για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι οι διαθέσιμοι αισθητήρες δεν υποστηρίζουν συνδεσμολογία σε σειρά ο ένας πάνω στον άλλο, για αυτό δεν εξετάζεται το σενάριο της κεντρικής τοποθέτησης.

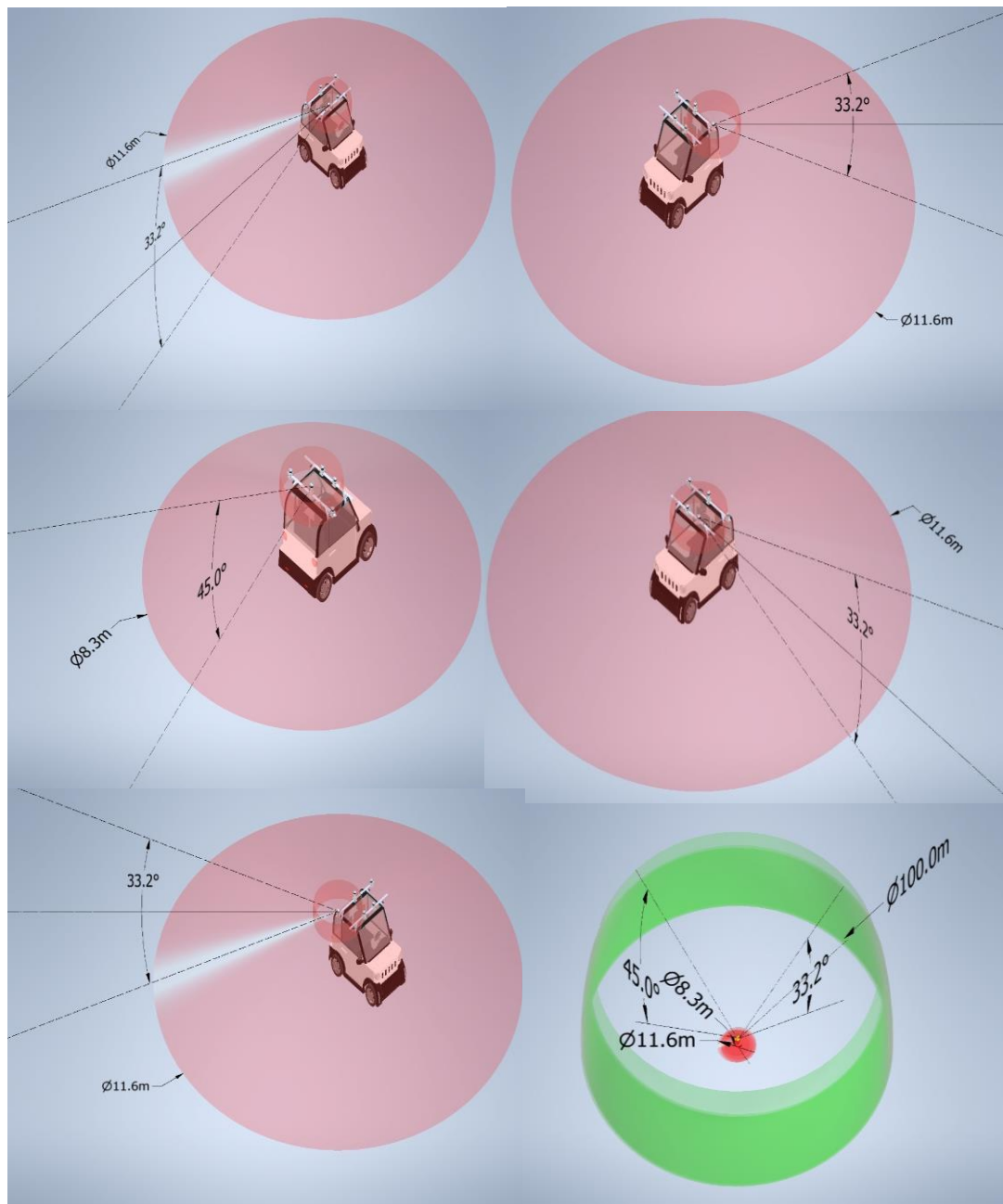
Στα επόμενα τμήματα παρουσιάζονται οι εναλλακτικές διατάξεις τοποθέτησης επάνω στο όχημα Jiayuan City Spirit. Τα τρισδιάστατα μοντέλα των αισθητήρων προέρχονται από την εταιρεία Ouster, ενώ το σχέδιο της μπάρας οροφής αντλήθηκε από την πλατφόρμα grabcad.com [57, 58].

- I. **Τραπεζοειδής** τοποθέτηση πέντε (5) αισθητήρων: τρεις (3) εμπρός και δύο (2) πίσω, διαγώνια, με τους OS-1-16 τοποθετημένους στις άκρες και τον OS-1-64 κεντρικά μπροστά.



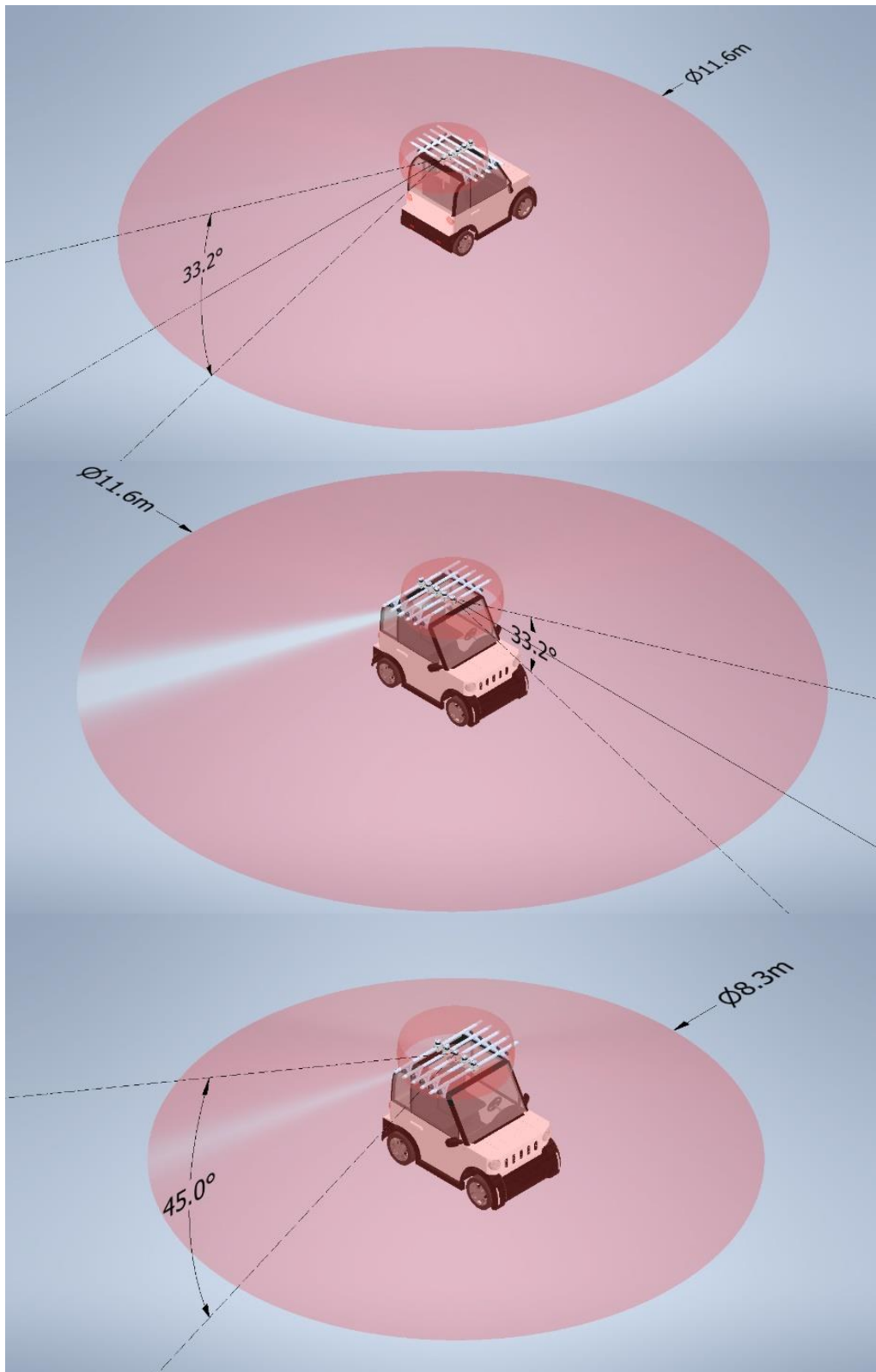
Εικόνα 56: Τραπεζοειδής διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

- II. **Πυραμιδοειδής** τοποθέτηση πέντε (5) αισθητήρων: δύο (2) εμπρός και τρεις (3) πίσω (ο κεντρικός υψηλότερα), με τους OS-1-16 τοποθετημένους στις άκρες και τον OS-1-64 κεντρικά πίσω.

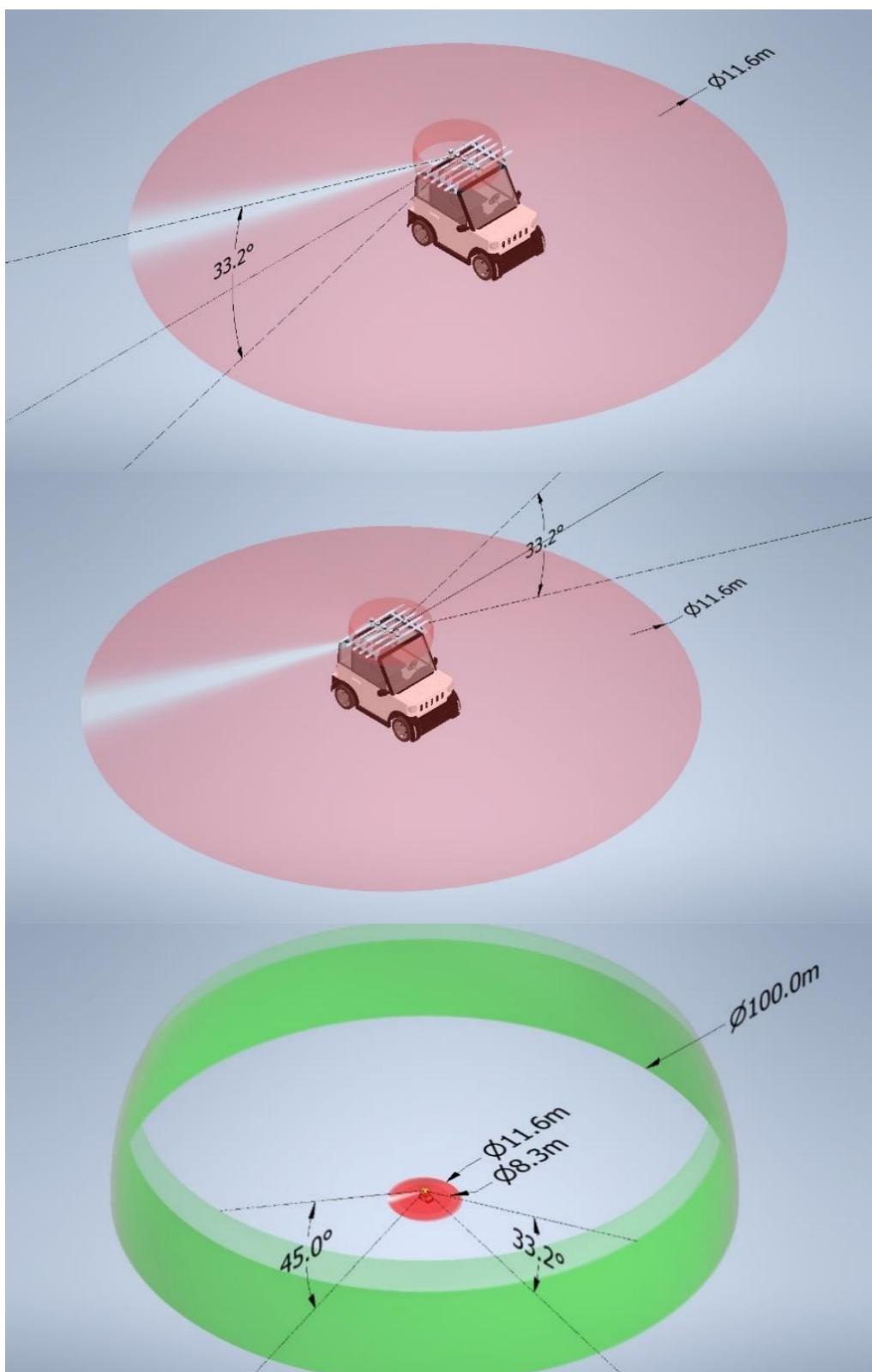


Εικόνα 57: Πυραμιδοειδής διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

- III. **Γραμμική** τοποθέτηση πέντε (5) αισθητήρων: πέντε (5) σε οριζόντια γραμμή στην οροφή, με τους OS-1-16 τοποθετημένους στις άκρες μπροστά – πίσω και τον OS-1-64 κεντρικά.

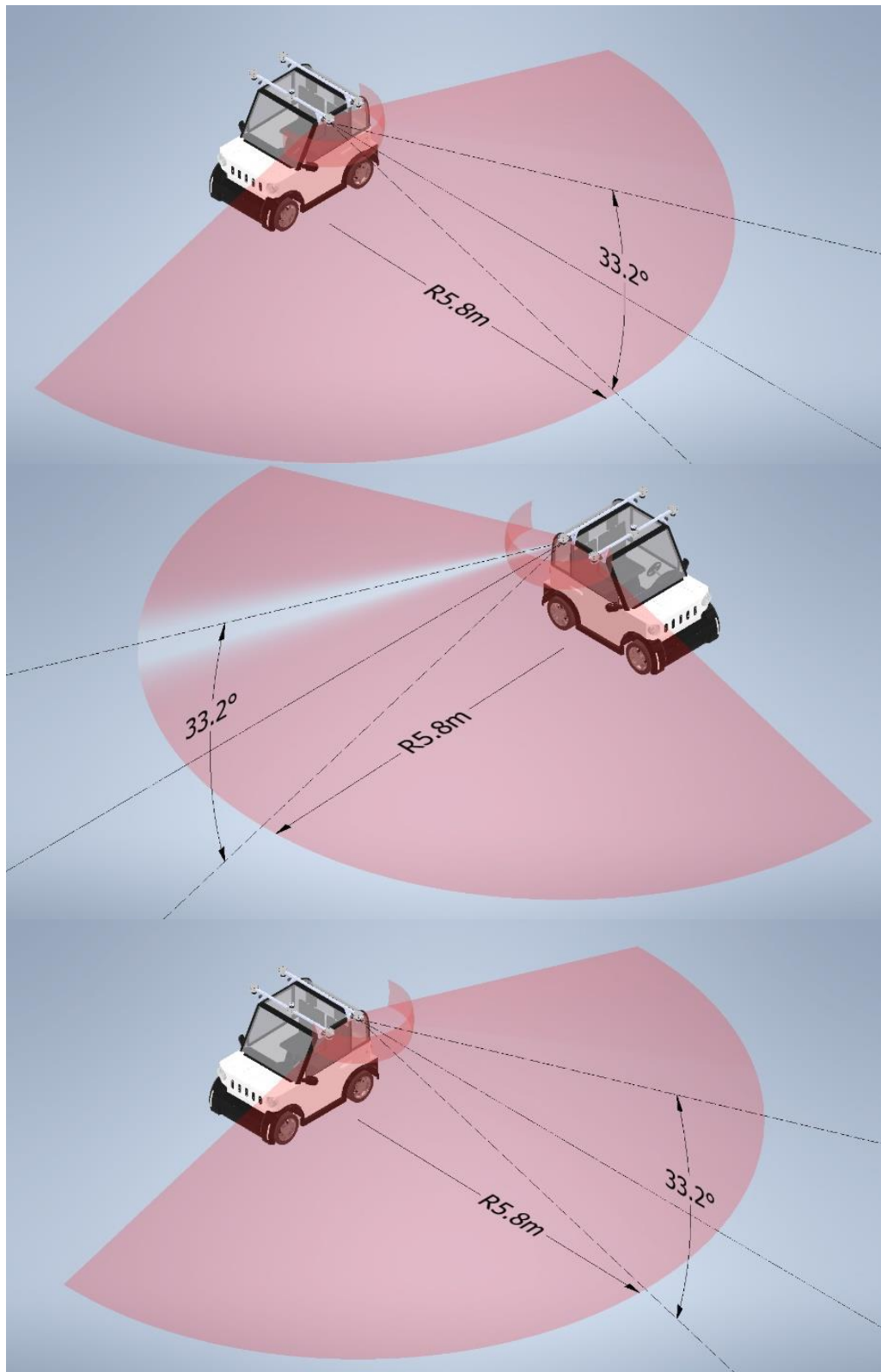


Εικόνα 58: Γραμμική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

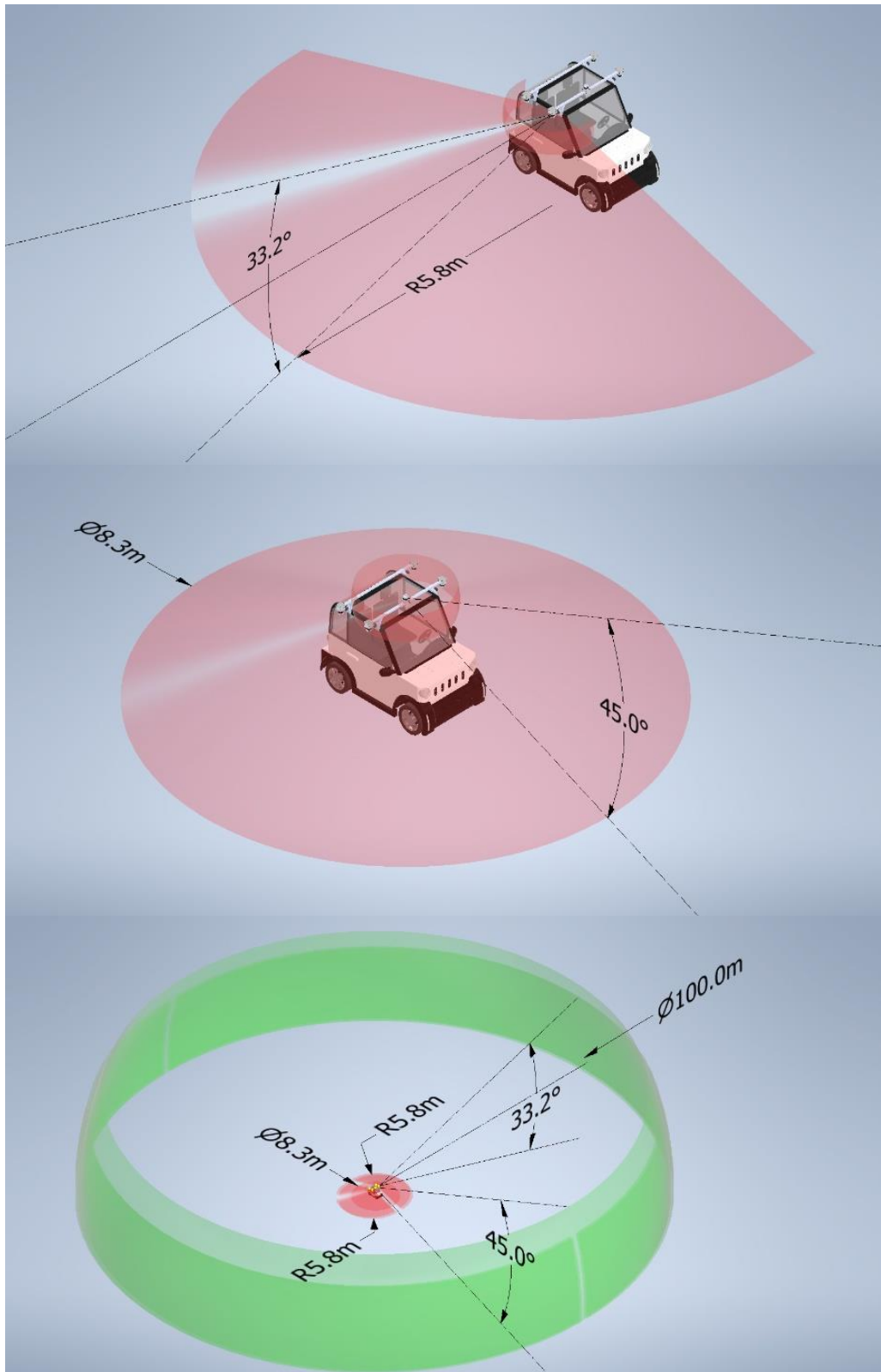


Εικόνα 58.1: Γραμμική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

- IV. **Τετραγωνική** τοποθέτηση πέντε (5) αισθητήρων: τέσσερις (4) στις άκρες ανεστραμμένοι και ένας (1) μπροστά στο κέντρο, με τους OS-1-16 τοποθετημένους στις άκρες και τον OS-1-64 κεντρικά μπροστά.



Εικόνα 59: Τετραγωνική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.



Εικόνα 59.1: Τετραγωνική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

5.5 Σύγκριση Διατάξεων

Για τη σχεδίαση της περιοχής αντίληψης των αισθητήρων επιλέχθηκαν οι τιμές που προτείνει ο κατασκευαστής για αξιόπιστη λειτουργία στις δυσμενέστερες συνθήκες ανακλαστικότητας των αντικειμένων. Έτσι, **ορίστηκε μέγιστη ακτίνα αντίληψης 50 m με 90% πιθανότητα εντοπισμού, ακόμη και για αντικείμενα με ανακλαστικότητα 10%.**

Από την τοποθέτηση των αισθητήρων **στο τρισδιάστατο περιβάλλον διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν διαφορές στη μέγιστη απόσταση εντοπισμού και στις γωνίες κάλυψης.** Αυτό συμβαίνει επειδή, σε όλες τις περιπτώσεις, οι αισθητήρες δεν παρεμποδίζονται από την αρχιτεκτονική του οχήματος. Συνεπώς, δημιουργείται σε κάθε περίπτωση μία ζώνη κάλυψης διαμέτρου 100 m, εντός της οποίας οι αισθητήρες μπορούν να εντοπίσουν αντικείμενα με υψηλή ακρίβεια. Η ζώνη αυτή παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα σε όλες τις εικόνες.

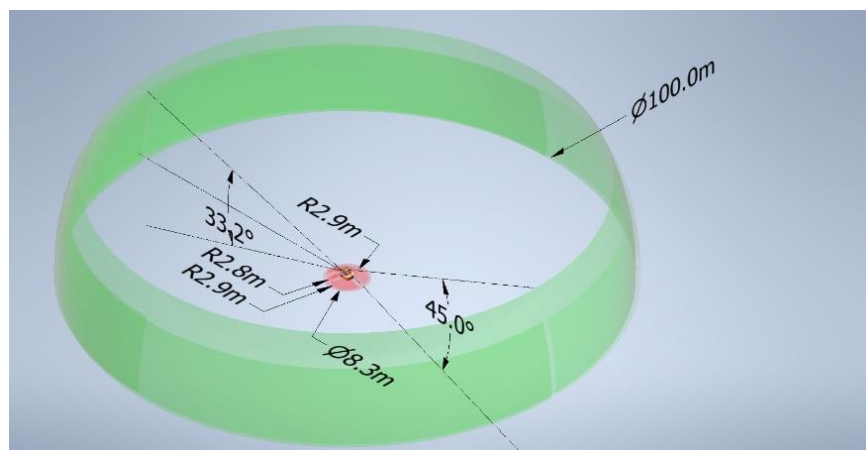
Ωστόσο, λόγω των γωνιών αντίληψης των αισθητήρων, δημιουργείται κοντά στο όχημα μια περιοχή στην οποία υπάρχει κίνδυνος να μην εντοπιστούν αντικείμενα. Η περιοχή αυτή αποδίδεται με κόκκινο χρώμα και η διάμετρός της εξαρτάται από τον τύπο του αισθητήρα: 11,60 m για τους OS-1-16 και 8,30 m για τους OS-1-64. Το σχήμα της κόκκινης ζώνης είναι κωνικό, με κορυφή τον αισθητήρα στην οροφή του οχήματος, γεγονός που σημαίνει ότι αντικείμενα χαμηλού προφίλ σε άμεση γειτνίαση με το όχημα ενδέχεται να μη γίνονται αντιληπτά. Δεδομένου ότι το ύψος του οχήματος είναι περίπου 1,60 m, καταλήγουμε ότι το **βασικό κριτήριο σύγκρισης των διατάξεων είναι η περιμετρική κάλυψη κοντά στο όχημα.**

Με βάση αυτό το κριτήριο, η τετραγωνική διάταξη αισθητήρων – με τους αισθητήρες ανεστραμμένα τοποθετημένους στις γωνίες του οχήματος – προσφέρει την καλύτερη κάλυψη κοντά στο όχημα. Όπως φαίνεται και στις εικόνες, η διάταξη αυτή παρουσιάζει τη μικρότερη αλληλοεπικάλυψη των «τυφλών» κόκκινων ζωνών, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα εντοπισμού αντικειμένων χαμηλότερου ύψους από το όχημα.

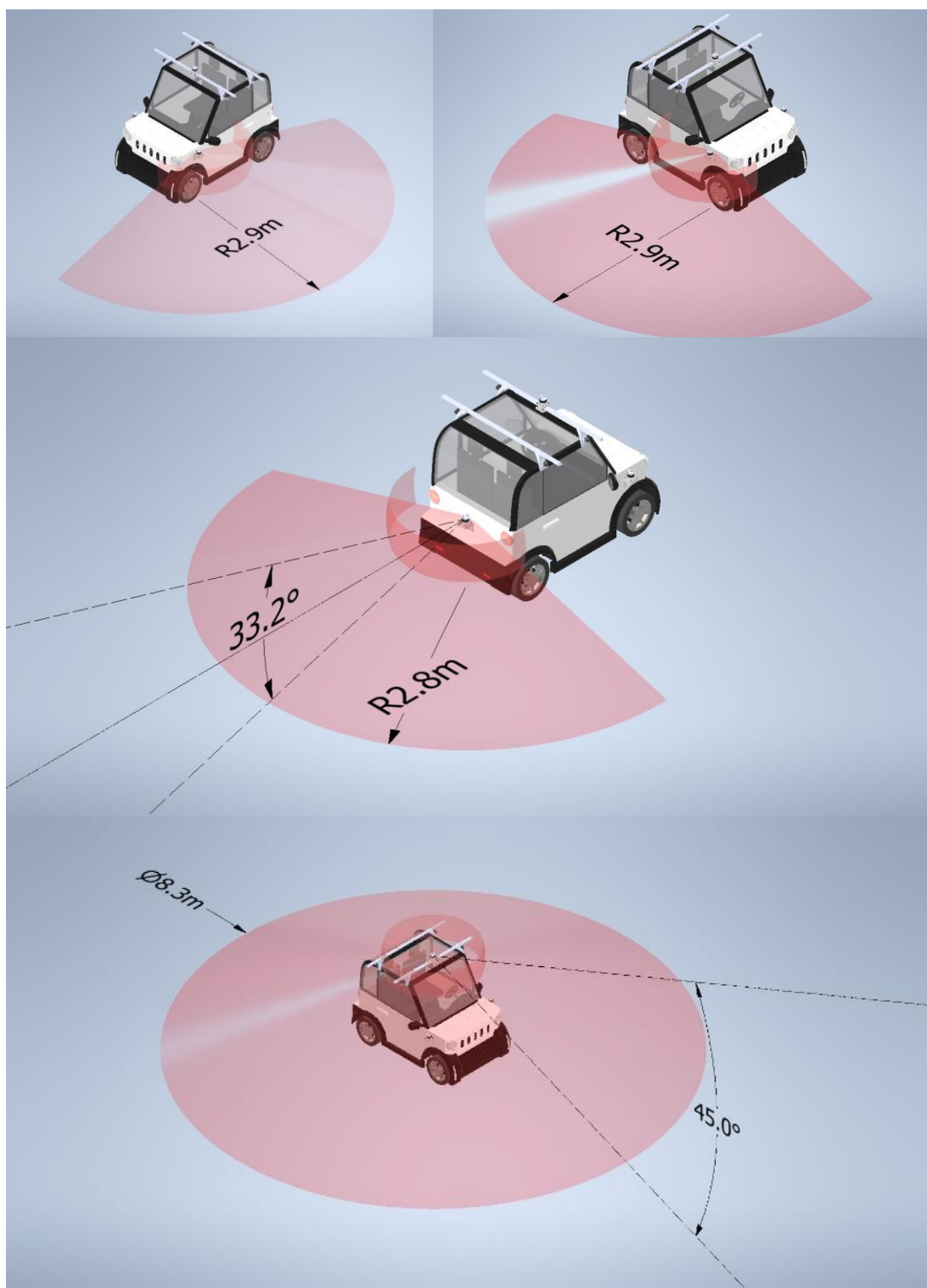
Συνεπώς, με βάση τη γεωμετρία κάλυψης και τη μείωση των τυφλών ζωνών, η τετραγωνική διάταξη αισθητήρων αναδεικνύεται ως η πιο αποδοτική λύση για την περιμετρική ανίχνευση κοντά στο όχημα. Ωστόσο, η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε

ανέδειξε και την ανάγκη διερεύνησης εναλλακτικών σχημάτων τοποθέτησης, ικανών να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο την ακρίβεια στην ανίχνευση αντικειμένων χαμηλού προφίλ.

Η ανάλυση των διατάξεων κατέδειξε ότι η τετραγωνική διάταξη αποτελεί την πιο ολοκληρωμένη λύση, καθώς εξασφαλίζει ικανοποιητική περιμετρική κάλυψη και περιορίζει τα τυφλά σημεία κοντά στο όχημα. Παράλληλα, στο πλαίσιο της εργασίας διατυπώνεται και μια εναλλακτική πρόταση τοποθέτησης, που συνδυάζει τρεις αισθητήρες OS-1-16 περιμετρικά και έναν OS-1-64 κεντρικά στην οροφή. Η διάταξη αυτή θεωρείται μια ισορροπημένη επιλογή, καθώς βελτιώνει την εποπτεία στην κατακόρυφη διάσταση και ενισχύει τον εντοπισμό αντικειμένων χαμηλού προφίλ, ενώ παραμένει τεχνικά και πρακτικά εφαρμόσιμη σε αστικά ηλεκτρικά οχήματα.



Εικόνα 60: Προτεινόμενη διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.



Εικόνα 60.1: Προτεινόμενη διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εργασία αυτή ανέδειξε τη σημασία της ορθής επιλογής και διάταξης αισθητήρων ως καθοριστικό παράγοντα για την αξιόπιστη και ασφαλή λειτουργία ενός αυτόνομου ηλεκτρικού οχήματος πόλης. Μέσα από την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και τη συγκριτική ανάλυση διαφορετικών σχημάτων τοποθέτησης, διαπιστώθηκε ότι η τετραγωνική διάταξη αποτελεί την πλέον κατάλληλη επιλογή. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική εξασφαλίζει πλήρη περιμετρική κάλυψη 360° με ελαχιστοποίηση των τυφλών ζωνών, γεγονός που την καθιστά τεχνικά αποδοτική και επιχειρησιακά αξιόπιστη. Επιπλέον, η χρήση αισθητήρα υψηλότερης ανάλυσης στο εμπρόσθιο τμήμα βελτιώνει την ανίχνευση στις κρίσιμες περιοχές, όπου η πολυπλοκότητα της κυκλοφορίας είναι αυξημένη.

6.1 Προτάσεις

Πέραν της αξιολόγησης των υφιστάμενων διατάξεων, στο πλαίσιο της μελέτης προτείνεται και μια εναλλακτική τοποθέτηση: τρεις αισθητήρες OS-1-16 περιμετρικά του οχήματος και ένας αισθητήρας OS-1-64 κεντρικά στην οροφή. Η διάταξη αυτή, η οποία τεκμηριώνεται μέσω των 3D σχεδίων που αναπτύχθηκαν, συνδυάζει περιμετρική εποπτεία με υψηλή κατακόρυφη ευκρίνεια, ενισχύοντας τον εντοπισμό αντικειμένων χαμηλού προφίλ. Πρόκειται για μια ισορροπημένη λύση, που λαμβάνει υπόψη τόσο την τεχνική επάρκεια όσο και τις ανάγκες πρακτικής υλοποίησης σε ηλεκτρικά οχήματα πόλης.

6.2 Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις

Η μελέτη ανέδειξε, επίσης, ορισμένες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα, όπως:

- την ολοκλήρωση με λειτουργικό σύστημα που θα εκτελεί τους αλγορίθμους επεξεργασίας δεδομένων απευθείας στο όχημα (π.χ. πλατφόρμα NVIDIA),
- τη δημιουργία ψηφιακού διδύμου του οχήματος για χρήση σε περιβάλλον προσομοίωσής, όπως το CARLA,

- την ενσωμάτωση νέων τύπων αισθητήρων (π.χ. solid-state LiDAR, θερμικές κάμερες) για αυξημένη ανθεκτικότητα σε δυσμενείς συνθήκες,
- την ανάπτυξη προηγμένων αλγορίθμων αισθητηριακής σύντηξης (sensor fusion) για την αξιοποίηση δεδομένων από πολλαπλές πηγές,
- και τη διερεύνηση ελαφρύτερων και ενεργειακά αποδοτικών λύσεων, προσαρμοσμένων στις ανάγκες μικρών αστικών ηλεκτρικών οχημάτων.

Συνολικά, η εργασία απέδειξε ότι η μεθοδική τρισδιάστατη σχεδίαση και η συγκριτική αξιολόγηση των διατάξεων αισθητήρων μπορούν να οδηγήσουν σε πρακτικές και εφαρμόσιμες λύσεις, ενισχύοντας την πορεία προς ασφαλή και αποδοτική αυτόνομη κινητικότητα στις πόλεις του μέλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] International Energy Agency (IEA), 2023. Global EV Outlook 2023.
- [2] Lutsey, N. and Nicholas, M., 2019. Update on electric vehicle costs in the United States through 2030.
- [3] Tesla, Inc., 2024. Tesla Vehicle Lineup.
- [4] Geyer, R. and Lohr, H., 2022. Introduction to LIDAR Technology for Autonomous Vehicles.
- [5] Möller, P., 2021. Radar and Sonar Sensor Technologies in Autonomous Driving.
- [6] Das, S., 2020. Ultrasonic Sensors for Automotive Applications: A Review. IEEE Sensors Journal.
- [7] Khan, M.Z., et al., 2021. Computer Vision in Autonomous Vehicles: A Survey of Camera Systems and Applications. Journal of Autonomous Vehicle Technology.
- [8] Wang, X. and Li, Y., 2023. Thermal Imaging for Driver Assistance and Autonomous Driving Systems.
- [9] Taylor, D., 2019. Inertial Measurement Units (IMUs) in Autonomous Vehicles: Integration with Other Sensors. IEEE Transactions on Vehicular Technology.
- [10] Li, Z. and Chien, S., 2022. GPS Navigation and Odometry for Autonomous Vehicles: A Synergy Approach. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.
- [11] Giannopoulos, G., and Pavlidis, D., 2019. Introduction to Inertial Measurement Units and Their Application in Vehicle Navigation Systems. IEEE Transactions on Vehicular Technology.
- [12] Parkinson, B.W. and Spilker, J.J., 1996. Global Positioning System: Theory and Applications. Volume 1. 2nd ed. American Institute of Aeronautics and Astronautics
- [13] Janai, J., Güney, F., Behl, A. and Geiger, A., 2020. Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State of the Art. Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision.
- [14] Hasirlioglu, S., Riener, A. and Brandmeier, T., 2016. Night-time pedestrian detection with a thermal camera using vehicle data. Procedia Computer Science.

- [15] Levinson, J., Askeland, J., Becker, J., Dolson, J., Held, D., Kammel, S., Kolter, J.Z., Langer, D., Pink, O., Pratt, V. and Thrun, S., 2011. Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms. In 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV).
- [16] Hasch, J., Topak, E., Schnabel, R., Zwick, T., Weigel, R. and Waldschmidt, C., 2012. Millimeter-wave technology for automotive radar sensors in the 77 GHz frequency band. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques.
- [17] Ullman, S., 2019. Using sonar in automotive environments. SAE Technical Paper Series.
- [18] Winner, H., Hakuli, S., Lotz, F. and Singer, C. (Eds.), 2016. Handbook of Driver Assistance Systems: Basic Information, Components and Systems for Active Safety and Comfort. Springer.
- [19] SAE International. (2021). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016_202104).
- [20] «ADAS and Automated Driving: A Practical Approach to Verification and Validation» by Plato Pathrose
- [21] Jiayuan EV Official Website. (n.d.). *City Spirit Product Specifications*. Retrieved from: <https://www.jiayuan.com>
- [22] <http://jiayuan-ev.es/products.html#undefined6>
- [23] OS-1-64/16 High Resolution Imaging LIDAR Hardware User Guide
- [24] OS1 Gen 1 (serial numbers starting with "os1-") Mid-Range High-Resolution Imaging LIDAR.
- [25] “Sensor set design patterns for autonomous vehicles,” 2019. [Online].
- [26] S. Mou, Y. Chang, W. Wang, and D. Zhao, “An optimal LIDAR configuration approach for self-driving cars,” arXiv preprint arXiv:1805.07843, 2018.
- [27] Z. Liu, M. Arief, and D. Zhao, “Where should we place LIDARs on the autonomous vehicle? - an optimal design approach,” in 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2019, pp. 2793–2799.
- [28] Hawkins, A. J. (2020). GM and Honda reveal Cruise Origin, a self-driving shared vehicle with no steering wheel. The Verge.
- [29] Salesky, B., & Rander, P. (2019). Argo AI Reveals Third-Generation Driverless Car. VentureBeat.

- [30] Latitude AI (2024). Company Overview & Vision. BuiltIn.
- [31] Bellan, R. (2024). Pony.ai's IPO and Robotaxi Sensor Stack. TechCrunch.
- [32] The Verge (2020). Toyota TRI-P4 self-driving test vehicle revealed.
- [33] <https://zoox.com/know-your-ride/>
- [34] Hanjiang Hu, Zuxin Liu, Sharad Chitlangia, Akhi Agnihotri, Ding Zhao, "Investigating the Impact of Multi-LIDAR Placement on Object Detection for Autonomous Driving".
- [35] Interbartolo, M., 2009. Apollo Guidance, Navigation, and Control (GNC) Hardware Overview (Technical Report JSC-17237-1). Johnson Space Center, NASA. Document ID 20090016290.
- [36] Engineers Garage, 2010. GPS : Working, Applications and History. [online] Available at: <https://www.engineersgarage.com/gps-working-applications-and-history> [Accessed 31-07-2025].
- [37] A Review of the Impact of Rain on Camera-Based Perception in Automated Driving Systems - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-showing-typical-camera-setup-for-an-autonomous-vehicle_fig4_372217520 [Accessed 31-07-2025]
- [38] FLIR Systems, Inc., 2019. *FLIR Systems Partners with Veoneer for First Thermal Sensor-Equipped Production Self-Driving Car with a Leading Global Automaker*. Press Release, 30 October. Available at: flir.com/news-center/press-releases/flir-systems-partners-with-veoneer-for-first-thermal-sensor-equipped-production-self-driving-car-with-a-leading-global-automaker [Accessed 31-07-2025]
- [39] Ouster, Inc., 2025. *OS1 LIDAR Sensor*. Product webpage. Ouster, Inc. Available at: <https://ouster.com/products/hardware/os1-LIDAR-sensor> [Accessed 31-07-2025].
- [40] BMW Group, 2021. Automotive sensors and driver assistance systems. BMW.com. Available at: <https://www.bmw.com/en/innovation/automotive-sensors.html> [Accessed 31-07-2025].
- [41] An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions - Scientific Figure on ResearchGate. Available from:

https://www.researchgate.net/figure/Applications-of-ultrasonic-sensors-in-vehicles-Image-source-newelectronics_fig8_354203119 [accessed 31-07- 2025]

[42] Autodesk (2023). Autodesk Inventor Features. Διαθέσιμο στο: <https://www.autodesk.com/products/inventor/features> [Προσπέλαση: 25 Ιουλίου 2025].

[43] Raja, V., & Fernandes, K. J. (2008). Reverse Engineering: An Industrial Perspective. Springer.

[44] Chang, T.-C. et al. (2016). Introduction to Manufacturing Processes and Materials. Wiley.

[45] Pratt, M. J. (2001). The Role of ISO 10303 (STEP) in the Exchange of Product Model Data. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 1(1), 102-106.

[46] Zeid, I. (2014). Mastering CAD/CAM. McGraw-Hill Education.

[47] Onshape Docs (2021). Parametric Modeling with FeatureScript. <https://www.onshape.com/en/resource-center>

[48] Buonomici, F., Carfagni, M., Furferi, R. et al. (2018). Reverse Engineering Modeling Methods and Tools: A Survey. Computer-Aided Design and Applications, 15(3), 443–464.

[49] Madsen, D. A., & Madsen, D. P. (2020). *Engineering Drawing and Design*. Cengage Learning.

[50] Shih, R.H. (2023) Parametric Modeling with Autodesk Inventor 2024. Mission, KS: SDC Publications.

[51] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cruise_Automation_Bolt_EV_third_generation_in_San_Francisco.jpg [accessed 19-08- 2025]

[52] <https://www.voanews.com/a/ford-miami-to-form-test-bed-for-self-driving-cars/4273190.html> [accessed 19-08- 2025]

[53] <https://venturebeat.com/mobile/ford-fusion-hybrid-research>
[accessed 19-08- 2025]

[54] <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Pony.ai> [accessed 19-08- 2025]

[55] <https://global.toyota/en/download/34104883> [accessed 19-08- 2025]

[56]<https://www.cnbc.com/2025/01/17/amazon-zoox-plans-commercial-expansion.html> [accessed 19-08- 2025]

[57] <https://ouster.com/downloads> [accessed 18-02- 2023]

[58]<https://grabcad.com/library/car-roof-rack-1>[accessed 20-10- 2024]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μονάδα Αδρανειακής Μέτρησης (IMU) του προγράμματος Apollo, εξοπλισμένη με γυροσκόπια για την καταγραφή αλλαγών στον προσανατολισμό και επιταχυνσιόμετρα για την ανίχνευση μεταβολών στην ταχύτητα του διαστημοπλοίου [35].....	14
Εικόνα 2: Δομή του συστήματος GPS [36]	14
Εικόνα 3: Τυπική διάταξη καμερών σε ένα αυτόνομο όχημα [37].....	16
Εικόνα 4: Συστοιχία από θερμικές κάμερες [38]	17
Εικόνα 5: Αισθητήρας LIDAR Μέσης Εμβέλειας Ouster OS1 [39]	19
Εικόνα 6: Απεικόνιση RADAR & διαφόρων αισθητηριακών συστημάτων [40].....	21
Εικόνα 7: Αισθητήρες Υπερήχων [41]	22
Εικόνα 8: Επίπεδα Αυτονομίας κατά SAE International [19]	24
Εικόνα 9: Δισδιάστατη αποτύπωση (2D sketching) τροχών στο Autodesk Inventor..	27
Εικόνα 10: Τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D modeling) τροχών στο Autodesk Inventor.....	28
Εικόνα 11: Συναρμολόγηση (assembly) αισθητήρα LIDAR και βάσης στο Autodesk Inventor.....	29
Εικόνα 12: Όχημα Jiayuan City Spirit [21]	33
Εικόνα 13: Τροχοί του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	35
Εικόνα 14: Μπροστά φτερό του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	36
Εικόνα 15: Μπροστινός προφυλακτήρας του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη].....	37
Εικόνα 16: Σχάρα του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	38
Εικόνα 17: Καπό του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	39

Εικόνα 18: Μασπιέ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	39
Εικόνα 19: Πόρτα του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	40
Εικόνα 20: Πίσω Φτέρο του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	41
Εικόνα 21: Πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	42
Εικόνα 22: Πίσω προφυλακτήρας του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	43
Εικόνα 23: Φώτα του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	43
Εικόνα 24: Οροφή του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	44
Εικόνα 25: Τάπα φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	45
Εικόνα 26: Εξωτερικός καθρέφτης του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	46
Εικόνα 27: Πίσω πλαϊνό παράθυρο του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	46
Εικόνα 28: Πλαϊνό παράθυρο πόρτας του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	47
Εικόνα 29: Παράθυρο πορτ μπαγκάζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	47

Εικόνα 30: Εμπρόσθιο παρμπρίζ του ηλεκτρικού οχήματος Jiayuan City Spirit, όπως απεικονίζονται στο Εργαστήριο του Πολυτεχνείου Κρήτης. [Φωτογραφία: ίδια λήψη]	48
Εικόνα 31: Τρισδιάστατη απεικόνιση της ρόδας του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.....	49
Εικόνα 32: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστινού φτερού (μεγάλη πλευρά-ένωση με την πόρτα) του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.	50
Εικόνα 32.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστινού φτερού του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.....	50
Εικόνα 33: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.....	51
Εικόνα 33.1: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.....	51
Εικόνα 33.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση του μπροστά προφυλακτήρα του ηλεκτρικού οχήματος στο Autodesk Inventor.....	51
Εικόνα 50: Το Bolt EV τρίτης γενιάς της Cruise Automation στο Σαν Φρανσίσκο[51].	63
Εικόνα 51: Ένα αυτόνομο όχημα της Argo δοκιμάζεται στο Πίτσμπουργκ, Πενσυλβάνια, στις 22 Ιανουαρίου 2018. [52].....	64
Εικόνα 52: Αυτόνομο Όχημα Ford [53].	65
Εικόνα 53: Αυτόνομο Όχημα Pony.ai [54].....	66
Εικόνα 54: Αυτόνομο Όχημα Toyota [55].....	67
Εικόνα 55: Αυτόνομο Όχημα Zoox [56].	68
Πίνακας 1	70
Εικόνα 56: Τραπεζοειδής διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.....	71
Εικόνα 57: Πυραμιδοειδής διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor...	72
Εικόνα 58: Γραμμική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor	73
Εικόνα 58.1: Γραμμική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor	74
Εικόνα 59: Τετραγωνική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor.....	75
Εικόνα 59.1: Τετραγωνική διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor...	76
Εικόνα 60: Προτεινόμενη διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor	78
Εικόνα 60.1: Προτεινόμενη διάταξη αισθητήρων οχήματος στο Autodesk Inventor .	79