



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αυτοματισμός Παραγωγής και  
Υπηρεσιών»**

**Διπλωματική Εργασία**

**Τίτλος εργασίας**

Πληροφοριακό Σύστημα Προγνωστικής Συντήρησης για Στόλους  
Οχημάτων Μεταφορών.

**Συγγραφέας**

**ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΚΟΡΔΑΣ**

**ΑΜ: 806971008**

**Επιβλέπων : ΧΡΗΣΤΟΣ ΔΡΟΣΟΣ**

**Αθήνα, Νοέμβριος 2024**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL DESIGN AND PRODUCTION ENGINEERING**

**TITLE OF POSTGRADUATE PROGRAM (MSc/MBA)  
MSc in Industrial Automation**

**Diploma Thesis**

**Title**

**Predictive Maintenance Information System for Transport Vehicle Fleets.**

**Student:**

**FRAGKISKOS KORDAS**

**Registration Number: 806971008**

**Supervisor: Dr Christos Drosos**

**Athens, November 2024**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Τίτλος εργασίας**

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/a</b>	<b>ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1	ΔΡΟΣΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΓΚΑΝΕΤΣΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΚΑΝΤΖΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΚΟΡΔΑΣ του ΑΡΙΣΤΕΙΔΗ, με αριθμό μητρώου 806971008 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών <<Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών Μηχανικών>> του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΚΟΡΔΑΣ



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλο το διδακτικό προσωπικό του ΠΜΣ για τις γνώσεις και τα εφόδια που μου πρόσφεραν για την επαγγελματική μου καριέρα. Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη και ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Κο Χρήστο Δρόσο, επιβλέπων καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τους δικούς μου ανθρώπους που με στήριξαν σε όλο το φάσμα για την σύνταξη της διπλωματικής μου εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει την χρήση εξελιγμένων συστημάτων αυτοματισμού και πληροφοριακών συστημάτων, καθώς και το πλαίσιο λειτουργίας εφαρμογών του IoT για την προγνωστική συντήρηση και διάγνωση σφαλμάτων σε οχήματα μεταφορών.

Τα οχήματα οδικής μεταφοράς φορτίων βρίσκονται συνεχώς σε δρομολόγια για την εξυπηρέτηση πελατών, με τις περισσότερες φορές να φεύγουν εκτός της έδρας τους αλλά και εκτός της χώρας που εργάζονται για την ολοκλήρωση παραγγελιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εταιρείες να δυσκολεύονται στον προγραμματισμό τακτικών ελέγχων από εξειδικευμένους μηχανικούς, και πολλές φορές να αναγκάζονται να αντιμετωπίζουν μηχανικά προβλήματα σε μακρινές περιοχές. Γεγονός που προκαλεί καθυστερήσεις στις παραγγελίες, αυξημένα κόστη λόγω χρήσης εξωτερικών συνεργείων και επισκευής ολοκληρωτικά κατεστραμμένων μηχανικών μερών.

Στην παρούσα εργασία, αρχικά θα εξηγηθούν με ανάλυση οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός μοντέλου πληροφοριακού συστήματος, το οποίο θα εκτελεί αυτόνομα διαγνωστικούς ελέγχους σε κάθε όχημα, προειδοποιώντας για τυχόν προγνωστικές βλάβες που μπορεί να συμβούν.

Στην συνέχεια, θα γίνει ανάλυση του μοντέλου σχεδιασμού του πληροφοριακού συστήματος και ο τρόπος λειτουργίας του.

Ακόμη, θα δοθούν παραδείγματα χρήσης σε ρεαλιστικά σενάρια.

Τέλος, θα γίνει αξιολόγηση του παρόντος μοντέλου πληροφοριακού συστήματος ως προς την ευχρηστία και την αξιοπιστία του, καθώς και τις προοπτικές εξέλιξής του.

**Λέξεις Κλειδιά: Σύστημα, Αλγόριθμοι, IoT, Μεταφορά, Οχήματα, Συντήρηση**

## ABSTRACT

The aim of the thesis is to present the use of advanced automation and information systems, as well as the operational framework of IoT applications for predictive maintenance and fault diagnosis in transport vehicles.

Road freight vehicles are constantly on the road to serve customers, most of the time leaving from outside their home country and also outside the country where they work to complete orders. As a result, companies find it difficult to schedule regular inspections by qualified engineers, and often have to deal with mechanical problems in distant locations. This causes delays in orders, increased costs due to the use of external workshops and repair of completely damaged mechanical parts.

In this paper, we will first analyze the technologies that will be used to develop a model of an information system that will automatically perform diagnostic checks on each vehicle, warning of any predictive failures that may occur.

Next, an analysis of the information system design model and its operations.

Furthermore, examples of use in realistic scenarios will be given.

Finally, the present information system model will be evaluated in terms of its usability and reliability, as well as its prospects for further development.

**Keywords:** System, Algorithms, IoT, Transportation, Maintenance, Vehicles

## Πίνακας περιεχομένων

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	7
Πίνακας Εικόνων.....	9
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> - Εισαγωγή .....	10
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> - Βασικές έννοιες και θεωρητικό υπόβαθρο .....	11
2.1 – Προγνωστική Συντήρηση : Ορισμοί και Εφαρμογές .....	11
2.2 – Διαδίκτυο των πραγμάτων στις οδικές μεταφορές.....	13
2.4 – Πληροφοριακά Συστήματα και Αυτοματισμοί.....	17
2.5 – Εξελιγμένα Συστήματα διάγνωσης και Αυτονομίας .....	18
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> - Ανάπτυξη τεχνολογιών πληροφοριακού συστήματος .....	20
3.1 – Αισθητήρες και Συστήματα Συλλογής Δεδομένων .....	20
3.2 – Διασύνδεση συστήματος μέσω χρήσης IoT και λειτουργίες δεδομένων .....	22
3.2.1 Συλλογή και Μετάδοση Δεδομένων.....	23
3.2.2 Αποθήκευση και Ανάλυση πολλών Δεδομένων - Big Data.....	23
3.2.3 Ανάλυση και Επεξεργασία Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο.....	24
3.2.4 Ασφάλεια και Διαχείριση Πρόσβασης .....	24
3.2.5 Πλατφόρμες Cloud.....	26
3.3 – Μηχανική μάθηση στην προγνωστική συντήρηση .....	27
3.4 – Συστήματα Διάγνωσης .....	32
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> - Σχεδιασμός μοντέλου πληροφοριακού συστήματος.....	35
4.1 – Επιλογή αρχιτεκτονικής συστήματος.....	35
4.1.1 Στρώμα συλλογής δεδομένων – Edge Computing.....	36
4.1.2 Στρώμα επικοινωνίας – IoT Gateways .....	38
4.1.3 Στρώμα υποστήριξης – Microservices .....	40
4.1.3 Στρώμα διεπαφής χρήστη – User Interface.....	43
4.1.4 Στρώμα ασφάλειας και διαχείρισης δεδομένων – Security and Data Management.....	45
4.1.5 Στρώμα υπολογιστικού νέφους και υποδομής – Cloud and Infrastructure Layer .....	47
4.2 – Ροή δεδομένων στο σύστημα - Data flow .....	51
4.3 – Αναπαράσταση use case σεναρίου σε UML – Use Case Scenario in UML .....	55
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> - Αξιολόγηση του πληροφοριακού συστήματος και ανάλυση κόστους - οφέλους.....	58
5.1 – Οφέλη πληροφοριακού συστήματος και απόδοση επένδυσης.....	58
5.2 – Προκλήσεις και πιθανά μειονεκτήματα .....	60
5.3 Αξιολόγηση και μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος .....	62
5.4 Συμπεράσματα.....	64
Βιβλιογραφία.....	66



## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 : Ανάπτυξη Προγνωστικής Συντήρησης.....	12
<a href="https://limblecmms.com/strategies/prescriptive-maintenance/">https://limblecmms.com/strategies/prescriptive-maintenance/</a>	
Εικόνα 2: Σύγκριση Πρωτοκόλλων Επικοινωνίας.....	15
Εικόνα 3: Σύστημα πέδησης τροχών ρυμουλκόμενου.....	21
<a href="https://auto.howstuffworks.com/self-inflating-tire4.htm">https://auto.howstuffworks.com/self-inflating-tire4.htm</a>	
Εικόνα 4: ANCEL X7 εργαλείο διάγνωσης.....	33
<a href="https://www.ancel.com/blogs/news/do-heavy-duty-trucks-use-obd2">https://www.ancel.com/blogs/news/do-heavy-duty-trucks-use-obd2</a>	
Εικόνα 5: Αναπαράσταση UI πληροφοριακού συστήματος.....	44
<a href="https://www.driveroo.com/fleet-maintenance-software/">https://www.driveroo.com/fleet-maintenance-software/</a>	
Εικόνα 6: IaaS υπηρεσία cloud.....	48
<a href="https://www.javatpoint.com/infrastructure-as-a-service">https://www.javatpoint.com/infrastructure-as-a-service</a>	
Εικόνα 7: PaaS υπηρεσία.....	49
<a href="https://www.javatpoint.com/platform-as-a-service">https://www.javatpoint.com/platform-as-a-service</a>	
Εικόνα 8: Σύγκριση PaaS – IaaS.....	50
<a href="https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-paas#:~:text=Platform%20as%20a%20service%20(PaaS,%2C%20cloud%2Denabled%20enterprise%20applications.">https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-paas#:~:text=Platform%20as%20a%20service%20(PaaS,%2C%20cloud%2Denabled%20enterprise%20applications.</a>	
Εικόνα 9: Ροή Εργασιών Πληροφοριακού Συστήματος.....	54

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> - Εισαγωγή

Στον κλάδο των οδικών μεταφορών, οι εταιρείες αντιμετωπίζουν καθημερινά προκλήσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση και τη συντήρηση των στόλων οχημάτων τους. Τα οχήματα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά εμπορευμάτων διανύουν συχνά μεγάλες αποστάσεις, πολλές φορές και πέρα από τα σύνορα της χώρας, για να εξυπηρετήσουν την ροή των παραγγελιών και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των πελατών. Σε αυτό το απαιτητικό περιβάλλον, η έλλειψη έγκαιρης ενημέρωσης για πιθανές βλάβες και η αδυναμία πρόβλεψης μηχανικών προβλημάτων αποτελεί μείζον πρόβλημα που επηρεάζει άμεσα την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία των μεταφορικών επιχειρήσεων.

Η μη έγκαιρη ενημέρωση για τις αναγκαίες συντηρήσεις των οχημάτων οδηγεί συχνά σε απρόβλεπτες βλάβες, οι οποίες μπορεί να συμβούν κατά τη διάρκεια των δρομολογίων σε απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές. Αυτή η κατάσταση δημιουργεί αλυσιδωτές αντιδράσεις: καθυστερήσεις στις παραδόσεις, δυσαρέσκεια στους πελάτες, και σημαντικές οικονομικές επιβαρύνσεις λόγω των επειγουσών επισκευών που απαιτούνται από εξωτερικά συνεργεία. Επιπλέον, το κόστος από τις απαιτητικές και γρήγορες επισκευές είναι συνήθως υψηλότερο από το κόστος της προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι βλάβες που δεν αντιμετωπίζονται εγκαίρως μπορεί να καταλήξουν σε μεγαλύτερες και ακριβότερες ζημιές.

Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, οι σύγχρονες επιχειρήσεις μεταφορών χρειάζονται ένα εξελιγμένο σύστημα διαχείρισης που θα επιτρέπει την πρόβλεψη και την έγκαιρη διάγνωση των προβλημάτων στα οχήματα. Η υιοθέτηση ενός πληροφοριακού συστήματος που χρησιμοποιεί τεχνολογίες Internet of Things και Τεχνητής Νοημοσύνης μπορεί να προσφέρει μια οριστική λύση στο πρόβλημα αυτό. Ένα τέτοιο σύστημα είναι σε θέση να συλλέγει και να αναλύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από διάφορους αισθητήρες τοποθετημένους στα οχήματα, παρακολουθώντας συνεχώς την κατάσταση και την απόδοση των μηχανικών εξαρτημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα μπορεί να εντοπίζει προειδοποιητικά σημάδια φθοράς ή πιθανές δυσλειτουργίες πριν αυτές εξελιχθούν σε σοβαρότερα προβλήματα.

Η λειτουργία του προτεινόμενου πληροφοριακού συστήματος βασίζεται σε μια σειρά από τεχνολογικά προηγμένες διαδικασίες. Αρχικά, οι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι στα οχήματα συλλέγουν κρίσιμα δεδομένα, όπως θερμοκρασία κινητήρα, πίεση ελαστικών, απόδοση φρένων, και άλλους σημαντικούς δείκτες υγείας του οχήματος. Αυτά τα δεδομένα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο σε μια κεντρική πλατφόρμα όπου επεξεργάζονται από αλγόριθμους μηχανικής μάθησης. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι εκπαιδευμένοι να αναγνωρίζουν μοτίβα που συνδέονται με πιθανές μελλοντικές βλάβες και να παρέχουν ειδοποιήσεις για την ανάγκη συντήρησης ή επισκευής, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στις εταιρείες να προγραμματίσουν τις απαραίτητες ενέργειες εγκαίρως.

Επιπλέον, το σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα απομακρυσμένης διάγνωσης, επιτρέποντας στους διαχειριστές στόλων να αξιολογούν την κατάσταση των οχημάτων και να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς την ανάγκη φυσικής παρουσίας στον χώρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου απόκρισης σε περίπτωση βλάβης, την αύξηση της αποτελεσματικότητας των επισκευών και την άμεση γνώση στους διαχειριστές για την φύση του προβλήματος.

Συνολικά, η υιοθέτηση ενός τέτοιου πληροφοριακού συστήματος προγνωστικής συντήρησης και απομακρυσμένης διάγνωσης προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στις επιχειρήσεις μεταφορών. Βελτιώνει την αξιοπιστία των υπηρεσιών, μειώνει το κόστος συντήρησης και επισκευών, και επιτρέπει έναν πιο στρατηγικό και προληπτικό προγραμματισμό των εργασιών συντήρησης. Έτσι, οι επιχειρήσεις μπορούν να βελτιώνουν την λειτουργία του στόλου τους, να ελαχιστοποιήσουν τις καθυστερήσεις και να διατηρήσουν υψηλά επίπεδα ικανοποίησης των πελατών τους, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητά τους στην αγορά.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> - Βασικές έννοιες και θεωρητικό υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο δεύτερο θα αναλυθούν όλες οι επιστημονικές έννοιες, οι λειτουργίες που επιτελούν και τον σκοπό για τον οποίο υπάρχουν και αναπτύσσονται με την πρόοδο την τεχνολογίας.

Με αυτόν τον τρόπο, στα επόμενα κεφάλαια θα υπάρχει μια καλύτερη κατανόηση ως προς την χρήση τους στο τρέχον μοντέλο πληροφοριακού συστήματος που παρουσιάζει η εργασία.

### 2.1 – Προγνωστική Συντήρηση : Ορισμοί και Εφαρμογές

Η προγνωστική συντήρηση είναι μια προληπτική προσέγγιση στη διαχείριση της συντήρησης εξοπλισμού και μηχανημάτων, με στόχο την πρόβλεψη πιθανών βλαβών πριν αυτές συμβούν, ώστε να μειωθούν οι απρόβλεπτες βλάβες και το κόστος επισκευών. Η ιστορία της προγνωστικής συντήρησης (Predictive Maintenance) είναι στενά συνδεδεμένη με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των τεχνικών συντήρησης, και εκτείνεται σε αρκετές δεκαετίες, με αρχές στα μέσα του 20ού αιώνα.

Η έννοια της προγνωστικής συντήρησης άρχισε να διαμορφώνεται κατά τη δεκαετία του 1960, όταν οι πρώτες μέθοδοι συντήρησης που βασίζονταν στην παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού άρχισαν να εφαρμόζονται. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η συντήρηση συνήθως γινόταν με βάση το χρονοδιάγραμμα (time-based maintenance), όπου τα μηχανήματα και τα συστήματα επιθεωρούνταν και συντηρούνταν σε τακτά χρονικά διαστήματα [1]. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση συχνά οδηγούσε σε περιττές εργασίες συντήρησης ή σε αστοχίες μεταξύ των προγραμματισμένων συντηρήσεων. Το 1960, εισήχθησαν οι πρώτες τεχνικές παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού, όπως η ανάλυση δόνησεων. Οι μηχανικοί άρχισαν να χρησιμοποιούν αισθητήρες για τη μέτρηση της δόνησης των μηχανημάτων και να αναλύουν τα δεδομένα για να εντοπίσουν πρόωρες ενδείξεις φθοράς. Αυτή η τεχνική επέτρεψε στις εταιρείες να εντοπίσουν πιθανές βλάβες πριν από την πλήρη αποτυχία του εξοπλισμού, μειώνοντας έτσι τις διακοπές λειτουργίας και τα κόστη επισκευών. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990 [2], η προγνωστική συντήρηση εξελίχθηκε σημαντικά λόγω της προόδου στους τομείς των ηλεκτρονικών, της τεχνολογίας των αισθητήρων και της επεξεργασίας δεδομένων. Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών, όπως η υπέρυθρη θερμογραφία, και η χρήση υπερήχων, επέκτεινε τις δυνατότητες παρακολούθησης της κατάστασης του εξοπλισμού.

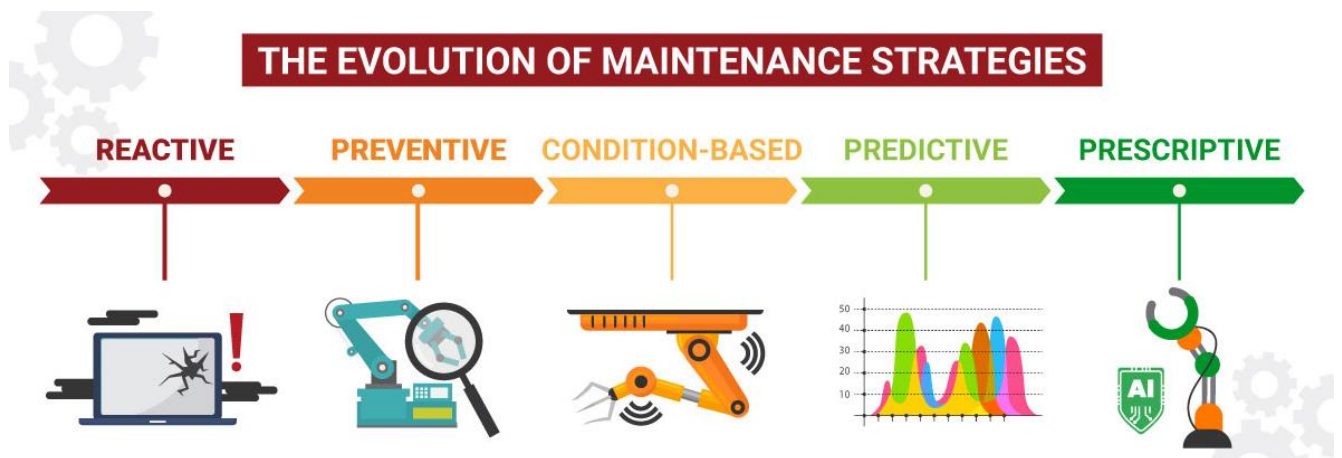
Στη δεκαετία του 1980, οι υπολογιστές άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρύτερα στις βιομηχανίες, επιτρέποντας την ανάπτυξη συστημάτων συλλογής δεδομένων και την ανάλυση των τάσεων (trend analysis) σε πραγματικό χρόνο. Οι εταιρείες άρχισαν να εφαρμόζουν πιο εξελιγμένες στρατηγικές συντήρησης βασισμένες σε δεδομένα, οι οποίες περιλάμβαναν την παρακολούθηση πολλαπλών παραμέτρων του εξοπλισμού, όπως η θερμοκρασία, η δόνηση, και η ταχύτητα, για την πρόβλεψη βλαβών.

Με την είσοδο της ψηφιακής εποχής (2000 – 2010), η τεχνολογία και η διασύνδεση των συστημάτων μέσω του διαδικτύου έδωσαν νέες προοπτικές για την προγνωστική συντήρηση. Οι εταιρείες άρχισαν να ενσωματώνουν τεχνολογίες ψηφιακής ανάλυσης και αυτοματισμού για

τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αυξάνοντας έτσι την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα της συντήρησης. Ακόμη, οι εξελίξεις στην τεχνολογία αισθητήρων, σε συνδυασμό με την ευρεία υιοθέτηση της ασύρματης δικτύωσης και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), έκαναν δυνατή τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού. Επιπλέον, οι πλατφόρμες ανάλυσης δεδομένων και τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) επέτρεψαν την ανάπτυξη μοντέλων μηχανικής μάθησης για την ανίχνευση προτύπων και την πρόβλεψη τυχών βλαβών με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Στη σημερινή εποχή, η προγνωστική συντήρηση έχει μετατραπεί σε μια από τις πιο κρίσιμες συνιστώσες της βιομηχανικής συντήρησης, υποστηριζόμενη από τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση, και τα νευρωνικά δίκτυα. Η πρόοδος στην ανάλυση δεδομένων, η ανάπτυξη των ψηφιακών διδύμων (digital twins), και η χρήση τεχνικών βαθιάς μάθησης (Deep Learning) επιτρέπουν πιο ακριβείς και ταχύτερες προβλέψεις για την κατάσταση του εξοπλισμού και τις ανάγκες συντήρησης.

Ταυτόχρονα, η ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως το 5G και οι υπολογιστές αιχμής (edge computing) βελτιώνουν την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, καθιστώντας τις προβλέψεις ακόμα πιο ακριβείς και γρήγορες.



Εικόνα 1 : Ανάπτυξη Προγνωστικής Συντήρησης

Στη δεκαετία του 1970, η προγνωστική συντήρηση σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα σε εργοστάσια διύλισης πετρελαίου, βασιζόταν σε σχετικά απλές τεχνικές. Για παράδειγμα, τα εργοστάσια χρησιμοποιούσαν ανάλυση δονήσεων για να παρακολουθούν την κατάσταση κρίσιμων μηχανημάτων, όπως αεροσυμπιεστές. Οι τεχνικοί έπρεπε να επισκέπτονται τα μηχανήματα σε τακτά χρονικά διαστήματα και να τοποθετούν ειδικά όργανα, όπως επιταχυνσιόμετρα, σε συγκεκριμένα σημεία του εξοπλισμού [3]. Οι μετρήσεις αυτές συλλέγονταν και αναλύονταν χειροκίνητα από τους τεχνικούς, προκειμένου να εντοπιστούν αυξήσεις στη δόνηση ή άλλα σημάδια που θα μπορούσαν να υποδηλώνουν προβλήματα, όπως φθορά στα έδρανα. Εάν οι τεχνικοί παρατηρούσαν κάτι, θα προγραμματίζαν προληπτική συντήρηση για να διορθώσουν το πρόβλημα πριν γίνει πιο σοβαρό. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία ήταν συχνά χρονοβόρα και όχι πάντα αξιόπιστη, καθώς βασιζόταν στην εμπειρία των τεχνικών και τη συχνότητα των επιθεωρήσεων. Συγκρίνοντας την μεθοδολογία αυτή συντήρησης με αυτές που επικρατούν σήμερα υπάρχουν χαώδεις διαφορές. Στη σύγχρονη εποχή, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η προγνωστική συντήρηση έχει γίνει πολύ πιο ακριβής και αποτελεσματική. Αντί να βασίζονται σε χειροκίνητες μετρήσεις, οι σύγχρονες

βιομηχανίες χρησιμοποιούν αισθητήρες που είναι μόνιμα εγκατεστημένοι πάνω στα μηχανήματα. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν συνεχώς δεδομένα για τις δονήσεις, τη θερμοκρασία, την πίεση και άλλους παράγοντες που μπορεί να υποδηλώνουν προβλήματα. Τα δεδομένα αυτά στέλνονται σε πραγματικό χρόνο σε κεντρικούς υπολογιστές ή πλατφόρμες στο cloud, όπου προηγμένοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης τα αναλύουν. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την ανίχνευση προβλημάτων σε πολύ πρώιμο στάδιο, πριν καν γίνουν αντιληπτά από τον ανθρώπινο παράγοντα. Οι αλγόριθμοι μπορούν να προβλέψουν όχι μόνο την εμφάνιση προβλημάτων, αλλά και το πότε ακριβώς αυτά μπορεί να συμβούν, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για πιο ακριβή προγραμματισμό της συντήρησης. Με απλά λόγια, η προγνωστική συντήρηση έχει μετατραπεί από μια διαδικασία που βασίζεται στην περιοδική ανθρώπινη επιθεώρηση σε μια συνεχή, αυτοματοποιημένη παρακολούθηση που βασίζεται σε τεχνολογίες αιχμής. Αυτή η αλλαγή έχει αυξήσει σημαντικά την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα της συντήρησης.

## 2.2 – Διαδίκτυο των πραγμάτων στις οδικές μεταφορές

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αφορά τη δικτύωση φυσικών αντικειμένων που διαθέτουν αισθητήρες, λογισμικό και άλλες τεχνολογίες με σκοπό να συνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω του διαδικτύου ή άλλων επικοινωνιακών πρωτοκόλλων. Η ιδέα του IoT προήλθε από την ανάγκη να συνδεθούν αντικείμενα του φυσικού κόσμου με το διαδίκτυο, επιτρέποντάς τους να συλλέγουν, να μεταδίδουν και να επεξεργάζονται δεδομένα. Η ιστορία του IoT ξεκινά τη δεκαετία του 1980 και του 1990, όταν άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες συσκευές με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο, όπως για παράδειγμα οι αυτόματοι πωλητές που μπορούσαν να μεταδώσουν πληροφορίες για την ανάγκη αναπλήρωσης των αγαθών. Ωστόσο, ο όρος "Internet of Things" καθιερώθηκε στις αρχές του 2000, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ασύρματων δικτύων, της επεξεργαστικής ισχύος, και την εξέλιξη των πρωτοκόλλων επικοινωνίας [4].

Το διαδίκτυο των πραγμάτων χρησιμοποιεί διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας για την εκτέλεση των λειτουργιών του, καθώς καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους και με κεντρικά συστήματα. Κάποια από τα κύρια πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο IoT είναι το MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), το οποίο είναι ελαφρύ και ιδανικό για συσκευές με περιορισμένους πόρους και μεταδόσεις δεδομένων με χαμηλό εύρος ζώνης. Ένα άλλο πρωτόκολλο είναι το CoAP (Constrained Application Protocol), το οποίο είναι σχεδιασμένο για συσκευές με περιορισμένους πόρους και παρέχει έναν απλό τρόπο επικοινωνίας σε δίκτυα IoT. Το HTTP, που είναι ευρέως γνωστό από τη χρήση του στο διαδίκτυο, επίσης χρησιμοποιείται στο IoT, ειδικά σε περιπτώσεις όπου η συμβατότητα με υπάρχουσες υποδομές web είναι απαραίτητη. Επίσης, τα διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας του IoT μπορούν να διακριθούν σε :

1. **Zigbee:** Το Zigbee είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλού εύρους ζώνης, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα με χαμηλές απαιτήσεις δεδομένων και που απαιτούν μακροχρόνια λειτουργία με μπαταρία. Είναι ιδανικό για εφαρμογές IoT που χρειάζονται μικρές ποσότητες δεδομένων να μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις, όπως η παρακολούθηση αισθητήρων σε οχήματα. Το Zigbee χρησιμοποιείται

συχνά για εφαρμογές αυτοματισμού κτιρίων και έξυπνων σπιτιών, αλλά μπορεί επίσης να βρει εφαρμογή σε οχήματα για τη συλλογή δεδομένων από διάφορους αισθητήρες.

2. **Bluetooth Low Energy (BLE):** Το BLE είναι μια έκδοση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας του πρωτοκόλλου Bluetooth που σχεδιάστηκε ειδικά για εφαρμογές IoT. Προσφέρει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και είναι κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν σύντομες και περιορισμένες μεταδόσεις δεδομένων, όπως η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ φορητών συσκευών και αισθητήρων σε οχήματα. Το BLE χρησιμοποιείται επίσης για τη σύνδεση έξυπνων συσκευών και την αλληλεπίδραση με κινητές εφαρμογές, καθιστώντας το ιδανικό για τη διαχείριση στόλων μέσω κινητών συσκευών.
3. **LoRaWAN (Long Range Wide Area Network):** Το LoRaWAN είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας και χαμηλής ισχύος που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση συσκευών IoT σε απομακρυσμένες περιοχές. Είναι ιδανικό για εφαρμογές IoT όπου οι συσκευές βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις από το κεντρικό δίκτυο, όπως η παρακολούθηση οχημάτων που κινούνται σε απομακρυσμένες περιοχές ή η συλλογή δεδομένων περιβάλλοντος από αισθητήρες τοποθετημένους σε οχήματα. Προσφέρει μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας, καθιστώντας το ιδανικό για συσκευές που απαιτούν χαμηλή συντήρηση και λειτουργούν σε απομακρυσμένες τοποθεσίες για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
4. **6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks):** Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει τη μετάδοση πακέτων IPv6 μέσω ασύρματων δικτύων χαμηλής ισχύος. Αυτό το πρωτόκολλο είναι κατάλληλο για εφαρμογές IoT που απαιτούν μικρά πακέτα δεδομένων και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας το ιδανικό για τη σύνδεση αισθητήρων και συσκευών σε οχήματα μεταφορών με το διαδίκτυο. Η δυνατότητα χρήσης διευθύνσεων IPv6 επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε διαφορετικά δίκτυα, κάτι που είναι πολύτιμο για την παρακολούθηση και τη συντήρηση οχημάτων σε πραγματικό χρόνο.
5. **NB-IoT (Narrowband IoT):** Το NB-IoT είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που αναπτύχθηκε από την 3GPP και χρησιμοποιεί υπάρχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας για τη σύνδεση συσκευών IoT. Είναι σχεδιασμένο για εφαρμογές IoT που απαιτούν χαμηλό εύρος ζώνης και μεγάλη διάρκεια ζωής μπαταρίας, όπως αισθητήρες σε οχήματα μεταφορών που παρακολουθούν δεδομένα, όπως η θέση. Το NB-IoT προσφέρει καλή διεύθυνση σήματος, κάνοντάς το κατάλληλο για εφαρμογές σε αστικές περιοχές όπου η κάλυψη μπορεί να είναι περιορισμένη. Πρωτόκολλο το οποίο μπορεί πολύ εύκολα να χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εφαρμογή.

Πρωτόκολλο	Κατανάλωση Ενέργειας	Κάλυψη Απόστασης Δεδομένων	Όγκος Δεδομένων Μεταφοράς	Κόστος Ένταξης
<b>Zigbee</b>	Χαμηλή	Έως 100 μέτρα (σε εσωτερικό χώρο)	Χαμηλός (έως 250 Kbps)	Χαμηλό
<b>Bluetooth Low Energy (BLE)</b>	Πολύ Χαμηλή	Έως 100 μέτρα	Χαμηλός (έως 2 Mbps)	Χαμηλό
<b>LoRaWAN</b>	Πολύ Χαμηλή	Έως 15 χλμ (σε εξωτερικό χώρο)	Πολύ Χαμηλός (έως 50 Kbps)	Μεσαίο
<b>NB-IoT</b>	Χαμηλή έως Μεσαία	Έως 35 χλμ (σε εξωτερικό χώρο)	Χαμηλός (έως 250 Kbps)	Μεσαίο έως Υψηλό
<b>6LoWPAN</b>	Χαμηλή	Έως 100 μέτρα	Μεσαίος (έως 250 Kbps)	Μεσαίο

<b>DASH7</b>	Πολύ Χαμηλή	Έως 5 χλμ	Πολύ Χαμηλός (έως 200 Kbps)	Μεσαίο
<b>MQTT</b>	Μεσαία	Εξαρτάται από το δίκτυο IP	Υψηλός (εξαρτάται από το QoS)	Μεσαίο
<b>CoAP</b>	Μεσαία	Εξαρτάται από το δίκτυο IP	Υψηλός (εξαρτάται από το μέγεθος των μηνυμάτων)	Μεσαίο
<b>HTTP</b>	Υψηλή	Εξαρτάται από το δίκτυο IP	Πολύ Υψηλός	Υψηλό

*Εικόνα 2: Σύγκριση Πρωτοκόλλων Επικοινωνίας*

Στα οχήματα μεταφορών, το IoT έχει αρχίσει να παίζει έναν σημαντικό ρόλο τα τελευταία χρόνια. Οι πρώτες εφαρμογές του σε οχήματα εμφανίστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 2000, κυρίως με τη μορφή της χρήσης των τηλεπικοινωνιών για την αποστολή, τη λήψη και την αποθήκευση δεδομένων οχημάτων. Οι τηλεματικές συσκευές χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την παρακολούθηση της θέσης των οχημάτων μέσω GPS και την καταγραφή βασικών δεδομένων όπως η ταχύτητα και η κατανάλωση καυσίμου. Με την εξέλιξη του IoT, η χρήση του σε οχήματα μεταφοράς έχει επεκταθεί σε πολλούς τομείς, όπως η παρακολούθηση της κατάστασης των εξαρτημάτων του οχήματος σε πραγματικό χρόνο, η συλλογή δεδομένων για την ανάλυση της οδικής συμπεριφοράς και η βελτίωση της διαχείρισης στόλου.

Η χρήση του IoT στα οχήματα μεταφοράς μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα ωφέλιμη για την προγνωστική συντήρηση. Με την εγκατάσταση αισθητήρων σε κρίσιμα σημεία ενός οχήματος, όπως ο κινητήρας, το σύστημα πέδησης και το σύστημα ανάρτησης, είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης των εξαρτημάτων. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να συλλέγουν δεδομένα για παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση και η φθορά και να τα μεταδίδουν σε κεντρικά συστήματα μέσω των πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Η επεξεργασία αυτών των δεδομένων επιτρέπει την πρόβλεψη βλαβών πριν αυτές συμβούν, κάνοντας δυνατό τον προγραμματισμό της συντήρησης προτού ένα πρόβλημα αναπτυχθεί σε ένα ακόμα μεγαλύτερο με σημαντικότερες ζημιές. Περαιτέρω, το IoT μπορεί να ενισχύσει τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των οχημάτων και του κεντρικού συστήματος διαχείρισης στόλου. Με τη χρήση διαφόρων τεχνολογιών δικτύωσης, όπως η δικτύωση αστέρα (star topology), τα δεδομένα από πολλαπλά οχήματα μπορούν να συγκεντρωθούν και να μεταφερθούν σε έναν κεντρικό κόμβο, από όπου μπορούν να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν για τη λήψη αποφάσεων. Η δικτύωση αστέρα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για συστήματα όπου οι συσκευές βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και συνδέονται σε έναν κεντρικό διακομιστή, ο οποίος διαχειρίζεται την επικοινωνία. Σε αντίθεση με άλλες τοπολογίες δικτύωσης, η δικτύωση αστέρα προσφέρει ευκολία στη διαχείριση και μεγαλύτερη αξιοπιστία, καθώς μια αποτυχία σε μια γραμμή επικοινωνίας δεν επηρεάζει ολόκληρο το σύστημα.

Εκτός από τη δικτύωση αστέρα, υπάρχουν και άλλες τοπολογίες δικτύωσης που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία στο πλαίσιο του IoT, ιδιαίτερα στα οχήματα μεταφορών. Κάθε τοπολογία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, ανάλογα με την εφαρμογή και τις ανάγκες του δικτύου.

1. **Τοπολογία Δίαυλου** - (Bus Topology): Στην τοπολογία δίαυλου, όλες οι συσκευές συνδέονται σε έναν κοινό δίαυλο μέσω του οποίου μεταδίδονται τα δεδομένα. Κάθε συσκευή έχει τη δυνατότητα να ακούει τις μεταδόσεις που πραγματοποιούνται από άλλες συσκευές στο δίκτυο. Αυτή η τοπολογία είναι απλή και οικονομική για την εγκατάσταση, καθώς απαιτεί λιγότερα

καλώδια από άλλες τοπολογίες. Ωστόσο, η απόδοση του δικτύου μπορεί να μειωθεί όταν πολλές συσκευές προσπαθούν να επικοινωνήσουν ταυτόχρονα, και μια αποτυχία στο δίαυλο μπορεί να καταστρέψει την επικοινωνία για όλο το δίκτυο.

2. **Τοπολογία Πλέγματος** - (Mesh Topology): Στην τοπολογία πλέγματος, κάθε συσκευή συνδέεται άμεσα με μία ή περισσότερες άλλες συσκευές στο δίκτυο. Αυτό παρέχει πολλαπλές διαδρομές για τη μετάδοση των δεδομένων, καθιστώντας το δίκτυο εξαιρετικά ανθεκτικό σε αποτυχίες, καθώς η επικοινωνία μπορεί να συνεχιστεί ακόμη και αν μία ή περισσότερες συνδέσεις αποτύχουν. Η τοπολογία πλέγματος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για μεγάλα δίκτυα IoT που απαιτούν υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια δεδομένων, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση στόλων οχημάτων σε απομακρυσμένες περιοχές. Παρόλα αυτά, αυτή η τοπολογία μπορεί να είναι πιο περίπλοκη και δαπανηρή στην εγκατάσταση και τη διαχείριση, λόγω του μεγάλου αριθμού συνδέσεων που απαιτείται.
3. **Τοπολογία Δέντρου** - (Tree Topology): Η τοπολογία δέντρου είναι ένας συνδυασμός της τοπολογίας αστέρα και της τοπολογίας δίαυλου. Η διάταξη του δικτύου θυμίζει την δομή ενός δέντρου, με ένα κεντρικό κόμβο που συνδέεται σε ένα ή περισσότερα κλαδιά (υπο-κόμβοι), τα οποία με τη σειρά τους συνδέονται σε άλλες συσκευές ή κόμβους. Αυτή η τοπολογία είναι επεκτάσιμη και μπορεί να καλύψει μεγάλες περιοχές. Είναι κατάλληλη για εφαρμογές IoT σε πολυώροφα κτίρια ή μεγάλα εργοστάσια. Ωστόσο, αν αποτύχει ο κεντρικός κόμβος ή κάποιο από τα κύρια κλαδιά, τότε επηρεάζονται πολλαπλές συσκευές ή υπο-δίκτυα.
4. **Υβριδική Τοπολογία** - (Hybrid Topology): Η υβριδική τοπολογία είναι ένας συνδυασμός δύο ή περισσότερων διαφορετικών τοπολογιών δικτύωσης, όπως η τοπολογία αστέρα με την τοπολογία πλέγματος. Αυτό επιτρέπει την εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων κάθε τοπολογίας, μειώνοντας ταυτόχρονα τα μειονεκτήματά τους. Για παράδειγμα, σε ένα δίκτυο IoT που καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, η τοπολογία αστέρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τοπικά υποδίκτυα, ενώ μια τοπολογία πλέγματος μπορεί να διασφαλίσει την επικοινωνία μεταξύ των τοπικών δικτύων. Η υβριδική τοπολογία προσφέρει ευελιξία και αξιοπιστία, αλλά μπορεί να είναι πολύπλοκη και δαπανηρή στη σχεδίαση και την υλοποίηση, έτσι θα αναλυθεί σε επόμενα κεφάλαια καθώς θα χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο του Πληροφοριακού Συστήματος της εφαρμογής [5].

Η επιλογή της τοπολογίας δικτύωσης για τα συστήματα IoT στα οχήματα μεταφορών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως οι απαιτήσεις της εφαρμογής, το κόστος, η γεωγραφική κάλυψη και η ανάγκη για αξιοπιστία και ανθεκτικότητα. Ολοκληρώνοντας, η χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων έχει προκαλέσει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο τα οχήματα μεταφορών μπορούν να παρακολουθούνται, να συντηρούνται και να διαχειρίζονται. Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης και της ανάλυσης δεδομένων, επιτρέπει στις εταιρείες μεταφορών να βελτιώσουν την αποδοτικότητα, να μειώσουν το κόστος συντήρησης και να διασφαλίσουν την αξιοπιστία και την ασφάλεια του στόλου τους.



## 2.4 – Πληροφοριακά Συστήματα και Αυτοματισμοί

Στη σύγχρονη εποχή τα πληροφοριακά συστήματα αποτελούν ένα από τα πιο βασικά και απαραίτητα εργαλεία για την ανάπτυξη και τη λειτουργία των επιχειρήσεων, συμπεριλαμβανομένης της αυτοκινητοβιομηχανίας και συνεπώς των οργανισμών που χρησιμοποιούν ως υπηρεσία οχήματα. Ένα πληροφοριακό σύστημα είναι ένα οργανωμένο σύνολο από στοιχεία, όπως το υλικό (hardware), το λογισμικό (software), τα δεδομένα, οι διαδικασίες και οι άνθρωποι, τα οποία συνεργάζονται για τη συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση και διανομή πληροφοριών. Βρίσκουν ιδιαίτερη χρήση στο να βοηθούν τους οργανισμούς να λαμβάνουν αποφάσεις, να συντονίζουν τις δραστηριότητές τους, να αναλύουν δεδομένα και να διαχειρίζονται τη ροή πληροφοριών με τον βέλτιστο τρόπο. Η άνοδος των πληροφοριακών συστημάτων ξεκίνησε στα μέσα του 20ου αιώνα, όταν οι πρώτοι υπολογιστές χρησιμοποιήθηκαν για τη διαχείριση δεδομένων σε μεγάλους οργανισμούς. Από τη δεκαετία του 1960 και έπειτα, τα συστήματα αυτά έγιναν πιο σύνθετα και ενσωμάτωσαν τεχνολογίες όπως βάσεις δεδομένων, συστήματα διαχείρισης σχέσεων πελατών, και συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας [6]. Με την εισαγωγή του διαδικτύου και την πρόοδο στην τεχνολογία των υπολογιστών και των δικτύων, απέκτησαν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε παγκόσμιο επίπεδο και να διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω της τεχνολογίας Big Data.

Στον τομέα των μεταφορών, οι εταιρείες που διαχειρίζονται στόλους οχημάτων χρησιμοποιούν πληροφοριακά συστήματα για να παρακολουθούν την τοποθεσία, την κατάσταση και την απόδοση των οχημάτων τους. Ένα παράδειγμα είναι τα συστήματα διαχείρισης στόλου (Fleet Management Systems - FMS), τα οποία επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των οχημάτων μέσω GPS, την ανάλυση της συμπεριφοράς των οδηγών, τη διαχείριση των διαδρομών και τον προγραμματισμό της συντήρησης των οχημάτων. Πραγματικό παράδειγμα αποτελεί το Cosmote Fleet Complete το οποίο τοποθετεί σε κάθε φορτηγό gps και μέσω μιας πλατφόρμας ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια την θέση του κάθε φορτηγού, την ταχύτητά του, το ιστορικό διαδρομής του σε μήκος χρόνου μέχρι και χρόνια πίσω, πόσο χρόνο βρισκόταν σε ρελαντί και άλλες πολλές χρήσιμες πληροφορίες. Ακόμη χρησιμοποιεί λειτουργία geofence, με σκοπό ο χρήστης ορίζοντας γεωγραφικές περιοχές στον χάρτη να τις συνδέει με ένα συμβάν και να του έρχεται ειδοποίηση όταν το όχημα εισέλθει, εξέλθει ή και παραμείνει για κάποιο συγκεκριμένο διάστημα στην περιοχή αυτή. Με τη χρήση αυτών των συστημάτων, οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν το κόστος καυσίμων, να βελτιώσουν την ασφάλεια και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής των οχημάτων τους. Συνδυάζοντας τα πληροφοριακά συστήματα με συστήματα αυτοματισμού, μπορούν να επιτύχουν οι επιχειρήσεις περαιτέρω βελτιώσεις στην αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα. Για παράδειγμα, ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης στόλου μπορεί να συνδέεται με αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στα οχήματα για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη φθορά των ελαστικών, την κατανάλωση καυσίμων, τη θερμοκρασία του κινητήρα και άλλες κρίσιμες παραμέτρους. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αποστέλλονται σε ένα κεντρικό πληροφοριακό σύστημα, όπου αναλύονται αυτόματα για τον εντοπισμό προτύπων που υποδεικνύουν επικείμενα προβλήματα ή ανάγκη για συντήρηση. Με αυτόν τον τρόπο οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στην προγνωστική συντήρηση η οποία επιτρέπει στις εταιρείες να προβλέπουν πότε ένα όχημα θα χρειαστεί συντήρηση, βασιζόμενες σε πραγματικά δεδομένα και αναλύσεις. Αυτό όχι μόνο μειώνει το χρόνο διακοπής λειτουργίας των οχημάτων, αλλά και μειώνει το κόστος συντήρησης, καθώς τα προβλήματα εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται πριν την ύπαρξη σοβαρών βλαβών. Ένα ακόμη πολύ σημαντικό παράδειγμα, αφορά τα πληροφοριακά συστήματα που συνδυάζονται με αυτοματισμούς που μπορούν να βελτιώσουν τη διαχείριση των δρομολογίων και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών.

Παραδείγματος χάρι, ένα σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί αλγορίθμους για να υπολογίσει την πιο αποδοτική διαδρομή για κάθε όχημα, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η κατανάλωση καυσίμων, οι ώρες εργασίας του οδηγού και οι καιρικές συνθήκες. Αυτό επιτρέπει στις εταιρείες να μειώσουν τον χρόνο παράδοσης, να αυξήσουν την ικανοποίηση των πελατών και να ελαχιστοποιήσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα.

Συμπερασματικά, ο συνδυασμός της παροχής, συγκέντρωσης και επεξεργασίας των πληροφοριών μέσω ενός πληροφοριακού συστήματος, με την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων και ειδοποίηση των χρηστών, μπορούν να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν οι σύγχρονες επιχειρήσεις στόλων μεταφορών, χρησιμοποιώντας βελτιωμένη παρακολούθηση και συντήρηση των οχημάτων μέχρι την αποδοτικότερη διαχείριση των δρομολογίων και την αυξημένη ασφάλεια, οι εταιρείες έχουν τα εργαλεία που χρειάζονται για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις του σύγχρονου περιβάλλοντος μεταφορών. Η συνεχής εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών υπόσχεται ακόμη περισσότερες βελτιώσεις στην βιωσιμότητα των στόλων οχημάτων στο μέλλον.

## 2.5 – Εξελιγμένα Συστήματα διάγνωσης και Αυτονομίας

Τα εξελιγμένα συστήματα διάγνωσης και αυτονομίας αποτελούν τον πυρήνα των σύγχρονων τεχνολογιών για τη διαχείριση στόλων οχημάτων μεταφορών, ειδικά όταν πρόκειται για βαρέα οχήματα όπως φορτηγά και ρυμούλκες. Αυτά τα συστήματα συνδυάζουν μια ποικιλία τεχνολογιών, όπως αισθητήρες, τεχνητή νοημοσύνη (AI), ανάλυση δεδομένων και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), για να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα των οχημάτων. περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα.

Τα εξελιγμένα συστήματα διάγνωσης είναι τεχνολογικές πλατφόρμες που επιτρέπουν τον συνεχή έλεγχο της κατάστασης των οχημάτων μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από διάφορους αισθητήρες. Αυτοί οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε κρίσιμα σημεία του οχήματος και καταγράφουν πληροφορίες από βασικά χαρακτηριστικά που αφορούν την λειτουργία του οχήματος. Η αυτονομία αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να λαμβάνει αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, βασιζόμενο σε ανάλυση δεδομένων και τεχνητή νοημοσύνη.

Η χρήση των διαγνωστικών συστημάτων στα οχήματα ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980, κυρίως με την εισαγωγή των πρώτων ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου (ECUs) που μπορούσαν να εντοπίσουν βασικές δυσλειτουργίες μέσω διαγνωστικών κωδικών. Αυτή η τεχνολογία εξελίχθηκε σημαντικά τη δεκαετία του 1990, όταν οι αυτοκινητοβιομηχανίες άρχισαν να ενσωματώνουν προηγμένα διαγνωστικά εργαλεία που επέτρεπαν πιο λεπτομερή ανάλυση των προβλημάτων και την πρόβλεψη των βλαβών πριν αυτές συμβούν [7]. Σήμερα, με την πρόοδο της τεχνολογίας, τα συστήματα διάγνωσης μπορούν να εντοπίσουν μηχανικά θέματα, μειώνοντας το χρόνο εκτός λειτουργίας των οχημάτων και μειώνοντας σημαντικά τον χρόνο για τις διαδικασίες συντήρησης. Τώρα, η αυτονομία στα συστήματα διάγνωσης επιτρέπει στα οχήματα να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες σε δεδομένα, χωρίς την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση. Ένα σύστημα αυτονομίας μπορεί να αποφασίσει την επιβράδυνση ενός οχήματος σε περίπτωση που εντοπίσει μια επικείμενη μηχανική βλάβη που μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα. Ένα άλλο παράδειγμα είναι τα συστήματα που χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη

για να αναλύσουν τη συμπεριφορά των οδηγών και να δώσουν συμβουλές για βελτιστοποίηση της οδήγησης, όπως προτροπές για ασφαλέστερη ταχύτητα ή για πιο αποδοτική χρήση του καυσίμου.

Τα εξελιγμένα συστήματα διάγνωσης και αυτονομίας όχι μόνο βελτιώνουν την αποδοτικότητα και την ασφάλεια των στόλων, αλλά προσφέρουν και οικονομικά οφέλη. Οι εταιρείες μπορούν να μειώσουν τα κόστη συντήρησης και επισκευής, να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των οχημάτων τους και να βελτιώσουν την ικανοποίηση των πελατών τους μέσω ταχύτερων και πιο αξιόπιστων παραδόσεων. Καθώς οι τεχνολογίες αυτές συνεχίζουν να εξελίσσονται, αναμένεται να διαδραματίσουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στη βιομηχανία των μεταφορών, με περισσότερες καινοτομίες να εμφανίζονται στον ορίζοντα.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> - Ανάπτυξη τεχνολογιών πληροφοριακού συστήματος

Η ανάπτυξη πληροφοριακών συστημάτων περιλαμβάνει πολλά στάδια. Τα οποία μπορούν να διακριθούν στο υλικό κομμάτι του συστήματος, που αφορά όλα τα ηλεκτρονικά είδη που χρησιμοποιούνται για την συλλογή, μετάδοση και επεξεργασία δεδομένων, και έπειτα το κομμάτι του software όπου αφορά το λογισμικό και τις εφαρμογές που επιτρέπουν την διεπαφή του χρήστη με το σύστημα αλλά και την διαδικασία υπολογισμών για λήψεις αποφάσεων. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναλυθούν και τα δύο κομμάτια ώστε να δημιουργηθεί ένα θεωρητικό υπόβαθρο, το οποίο θα βοηθήσει να γίνουν περισσότερο αντιληπτές οι συγκεκριμένες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την λειτουργία του Πληροφοριακού Συστήματος στην συνέχεια.

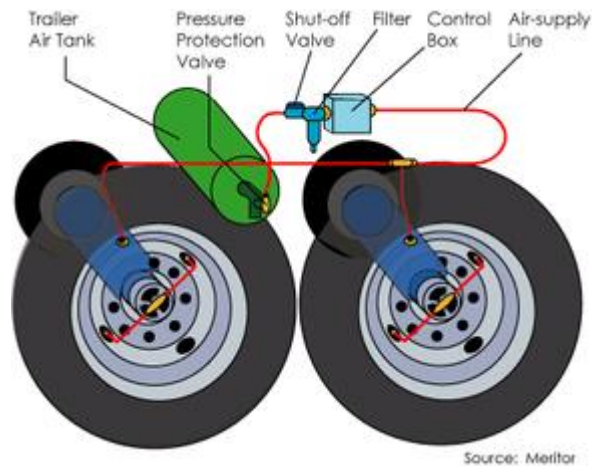
### 3.1 – Αισθητήρες και Συστήματα Συλλογής Δεδομένων

Οι αισθητήρες παίζουν ζωτικό ρόλο στις σύγχρονες τεχνολογίες. Αποτελούν τα μάτια και τα αυτιά των συστημάτων πληροφορικής, καθώς μπορούν να ανιχνεύσουν μια ποικιλία φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων και να τα μετατρέψουν σε ηλεκτρονικά σήματα που είναι δυνατόν να κατανοηθούν και να επεξεργαστούν από υπολογιστικά συστήματα. Ουσιαστικά, ένας αισθητήρας λειτουργεί με βάση τρία βασικά στάδια: ανίχνευση του φαινομένου, μετατροπή της ανίχνευσης σε ηλεκτρικό σήμα, και ενίσχυση ή επεξεργασία του σήματος αυτού για να καταστεί κατάλληλο για περαιτέρω ανάλυση. Αυτό καθιστά τους αισθητήρες αναπόσπαστο κομμάτι των συστημάτων που απαιτούν ακριβή και συνεχή παρακολούθηση διάφορων παραμέτρων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων, καθένας εκ των οποίων είναι σχεδιασμένος να μετράει συγκεκριμένες παραμέτρους και να προσφέρει πλεονεκτήματα σε διαφορετικές εφαρμογές.

1. Αισθητήρες θερμοκρασίας : Χρησιμοποιούνται ευρέως για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας σε οχήματα. Οι αισθητήρες αυτοί είναι απαραίτητοι για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των κινητήρων και των καμπινών, αλλά και για την εξασφάλιση ότι τα φορτία, ειδικά αν είναι ευπαθή, παραμένουν σε κατάλληλες θερμοκρασίες καθ' όλη τη διάρκεια της μεταφοράς.
2. Πιεστικός αισθητήρας : Μετρά την πίεση αερίων ή υγρών και είναι κρίσιμος για την παρακολούθηση της πίεσης των ελαστικών και των φρένων. Αν για παράδειγμα, η πίεση σε ένα ελαστικό ενός φορτηγού μειωθεί απότομα, ο πιεστικός αισθητήρας μπορεί να στείλει άμεση ειδοποίηση στον οδηγό, προλαμβάνοντας πιθανές βλάβες ή ακόμα και ατυχήματα. Ακόμη, σε φορτηγά και ρυμουλκόμενα, οι πιεστικοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται στα συστήματα πέδησης με πεπιεσμένο αέρα για να διασφαλίσουν την κανονική λειτουργία των

φρένων με την χρήση φούσκας. Αυτοί οι αισθητήρες παρακολουθούν την πίεση του αέρα στο σύστημα και, σε περίπτωση πτώσης της πίεσης κάτω από τα επιτρεπτά επίπεδα, ενεργοποιούν έναν συναγερμό ή λαμβάνουν αυτόματα μέτρα για την ασφάλεια του οχήματος.



Εικόνα 3: Σύστημα πέδησης τροχών ρυμουλκόμενου

3. Αισθητήρες κίνησης και επιτάχυνσης : Παρέχουν δεδομένα για την ανίχνευση της κίνησης και των κραδασμών του οχήματος, κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την παρακολούθηση της οδήγησης και της σταθερότητας του οχήματος. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας επιτάχυνσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης ενός φορτηγού, παρέχοντας δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του οδηγού και την εκπαίδευση για ασφαλέστερη οδήγηση.
4. Αισθητήρες ροής : Οι αισθητήρες ροής μετρούν τον ρυθμό ροής υγρών ή αερίων σε ένα σύστημα. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές για την παρακολούθηση της κατανάλωσης και της διανομής υγρών και αερίων. Οι αισθητήρες ροής μπορούν να χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως υπερήχους, στροβιλισμό ή ηλεκτρομαγνητισμό για τη μέτρηση της ροής [8]. Σε οχήματα μεταφοράς, οι αισθητήρες ροής χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό επιτρέπει στις εταιρείες να βελτιστοποιήσουν τις διαδρομές και να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου. Εάν ο αισθητήρας εντοπίσει απόκλιση από την αναμενόμενη ροή καυσίμου, μπορεί να σηματοδοτήσει πιθανή διαρροή ή άλλες ανωμαλίες στο σύστημα παροχής καυσίμου.

Η συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει τη συλλογή, τη μετάδοση και την αποθήκευση των δεδομένων για περαιτέρω ανάλυση. Η συλλογή δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πραγματικό χρόνο ή κατά διαστήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορεί να είναι είτε συνεχούς ροής είτε διακριτά, και η επεξεργασία τους μπορεί να γίνει είτε τοπικά σε συστήματα ενσωματωμένα στο όχημα είτε σε απομακρυσμένα κέντρα δεδομένων. Η διαχείριση των

δεδομένων αυτών περιλαμβάνει τη χρήση εξειδικευμένων βάσεων δεδομένων, καθώς και την εφαρμογή προηγμένων αλγορίθμων για την ανάλυση των δεδομένων και την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών.

Η χρήση των αισθητήρων και των συστημάτων συλλογής δεδομένων σε στόλους οχημάτων προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς επιτρέπουν την παρακολούθηση της κατάστασης των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο και την προληπτική συντήρηση. Αυτό με τη σειρά του μειώνει τις πιθανότητες για απρόσμενες βλάβες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλεια χρόνου και αυξημένα κόστη. Επιπλέον, η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε πολύτιμες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων, τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων, και τη βελτίωση της συνολικής αποτελεσματικότητας του στόλου.

Ειδικά στις επιχειρήσεις που διαχειρίζονται στόλους φορτηγών, η χρήση αισθητήρων και συστημάτων συλλογής δεδομένων είναι καθοριστική για την αύξηση της αποδοτικότητας και της ανταγωνιστικότητας. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμου, της φθοράς των εξαρτημάτων του οχήματος, και της συμπεριφοράς του οδηγού. Μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνικών ανάλυσης δεδομένων, οι εταιρείες μπορούν να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια πότε θα χρειαστεί συντήρηση ένα όχημα, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο εκτός λειτουργίας και εξοικονομώντας χρήματα από απρόσμενες επισκευές. Επιπλέον, η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στις εταιρείες να ανταποκρίνονται άμεσα σε οποιαδήποτε προβλήματα παρουσιαστούν, μειώνοντας έτσι τους κινδύνους και βελτιώνοντας την ασφάλεια.

Για να επιτευχθούν όλα αυτά, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται αποδοτικά συστήματα δικτύωσης για τη μεταφορά των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Δίκτυα όπως το Wi-Fi, το Bluetooth, το Zigbee και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μετάδοση δεδομένων από τα οχήματα σε κεντρικά συστήματα παρακολούθησης και ανάλυσης. Κάθε ένα από αυτά τα δίκτυα έχει τα δικά του πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως έχει προαναφερθεί, και η επιλογή του κατάλληλου δικτύου εξαρτάται από τις ανάγκες της εφαρμογής και τις απαιτήσεις των δεδομένων που πρόκειται να μεταφερθούν.

Συνοψίζοντας, η χρήση αισθητήρων και συστημάτων συλλογής δεδομένων στις εταιρείες που διαχειρίζονται στόλους οχημάτων προσφέρει πολλές δυνατότητες βελτίωσης. Οι εταιρείες που εκμεταλλεύονται αυτές τις τεχνολογίες μπορούν να μειώσουν τα κόστη, να αυξήσουν την αποδοτικότητα και να προσφέρουν υψηλότερο επίπεδο υπηρεσιών στους πελάτες τους, αντιμετωπίζοντας με επιτυχία τον ανταγωνισμό αγοράς.

### **3.2 – Διασύνδεση συστήματος μέσω χρήσης IoT και λειτουργίες δεδομένων**

Σε όλες τις εφαρμογές όπου απαιτείται η μετάδοση δεδομένων από ένα σύστημα αισθητήρων προς έναν κεντρικό σημείο επεξεργασίας δεδομένων απαιτείται η χρήση του IoT, ιδίως όταν πρόκειται για ασύρματη μετάδοση μεγάλων αποστάσεων. Για αυτό τον λόγο είναι βασικό στην μονάδα επεξεργασίας δεδομένων να εμπεριέχεται ενσωματωμένο σύστημα το οποίο θα εκτελεί εργασίες λήψης, μετάδοσης και αποθήκευσης δεδομένων από τους αισθητήρες, ιδανικό

περιβάλλον διεπαφής μονάδας – χρήστη. Το σύστημα θα αξιοποιεί πλήρως τις τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, τεχνικές ανάλυσης Big Data, πλατφόρμες cloud και διάφορα συστήματα ασφαλείας που θα αποτρέπουν μη εξουσιοδοτημένες συνδέσεις για υποκλοπές δεδομένων.

Μια μονάδα επεξεργασίας δεδομένων που υποστηρίζει ένα πληροφοριακό σύστημα και λαμβάνει σήματα από αισθητήρες πρέπει να διαθέτει συγκεκριμένες δυνατότητες.

### *3.2.1 Συλλογή και Μετάδοση Δεδομένων*

Η μονάδα πρέπει να διαθέτει ενσωματωμένα συστήματα για τη συλλογή δεδομένων από αισθητήρες που βρίσκονται σε διάφορα σημεία. Αυτοί οι αισθητήρες μπορεί να μετρούν διάφορες παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η κίνηση, και η υγρασία. Η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να γίνει μέσω διαφόρων ασύρματων πρωτοκόλλων, όπως Wi-Fi, Zigbee, LoRaWAN, και NB-IoT, όπως έχει ήδη προαναφερθεί. Η επιλογή του πρωτοκόλλου εξαρτάται από την απόσταση, την απαιτούμενη ταχύτητα μετάδοσης, και την κατανάλωση ενέργειας.

### *3.2.2 Αποθήκευση και Ανάλυση πολλών Δεδομένων - Big Data*

Η δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων σε τοπική ή κεντρική βάση δεδομένων είναι επίσης κρίσιμη. Οι μονάδες αυτές θα πρέπει να μπορούν να αποθηκεύουν μεγάλα σύνολα δεδομένων (Big Data), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μακροπρόθεσμη ανάλυση και δημιουργία προβλέψεων. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε δομές βάσεων δεδομένων SQL ή NoSQL ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Το μοντέλο βάσης δεδομένων SQL ή αλλιώς Structured Query Language εμπεριέχει τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούν δομημένο τρόπο για να οργανώνουν και να διαχειρίζονται τα δεδομένα. Αυτές οι βάσεις δεδομένων είναι σχεδιασμένες για να αποθηκεύουν δεδομένα σε πίνακες, όπου οι σχέσεις μεταξύ των δεδομένων είναι προκαθορισμένες και δομημένες. Η γλώσσα SQL χρησιμοποιείται για να εκτελεί εντολές που επιτρέπουν την ανάκτηση, την προσθήκη, την ενημέρωση και τη διαγραφή δεδομένων. Βασικά χαρακτηριστικά της είναι ότι οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων καθορίζονται μέσω κλειδιών (primary keys και foreign keys), οι πίνακες αυτοί απαιτούν έναν προκαθορισμένο σχήμα (schema), που καθορίζει τη δομή των δεδομένων (π.χ. τύποι δεδομένων και περιορισμοί) [9]. Ακόμη, η SQL ακολουθεί τις αρχές ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) [10] για να διασφαλίσει ότι όλες οι συναλλαγές δεδομένων είναι αξιόπιστες και ασφαλείς. Η SQL είναι σε πολλές περιπτώσεις ιδανική για σύνθετα ερωτήματα που απαιτούν αναλύσεις και συσχετισμούς μεταξύ πολλών πινάκων. Διάφορες SQL βάσεις δεδομένων είναι η MySQL και η Microsoft SQL server. Αντίθετα από την SQL η NoSQL αναφέρεται σε μια κατηγορία βάσεων δεδομένων που δεν χρησιμοποιούν το παραδοσιακό σχεσιακό μοντέλο. Οι NoSQL βάσεις είναι πιο ευέλικτες και μπορούν να χειριστούν μη δομημένα δεδομένα, semi-structured, και δεδομένα με διαφορετικά σχήματα. Αυτές οι βάσεις δεδομένων είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή απόδοση, επεκτασιμότητα, και ταχύτητα στην αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων. Κύρια χαρακτηριστικά της είναι ότι τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν ως έγγραφα (documents), ζεύγη κλειδιού και τιμής (key-value pairs) και γραφήματα (graphs) [11]. Επίσης οι NoSQL βάσεις δεδομένων είναι σχεδιασμένες για να διανέμουν τα δεδομένα σε πολλούς διακομιστές, παρέχοντας καλύτερη απόδοση και επεκτασιμότητα. Δεδομένα τα οποία μπορεί να συλλέξει και να επεξεργαστεί χωρίς να γίνει μετατροπή τους.

Οι δυνατότητες που διαθέτει μια μονάδα επεξεργασίας δεδομένων είναι πολλές και απαιτητικές, καθώς οι τεχνολογίες που θα πρέπει να εκτελεί βρίσκονται στον ίδιο βαθμό. Οι τεχνολογίες IoT που χρησιμοποιούνται στη διασύνδεση πληροφοριακών συστημάτων

περιλαμβάνουν διάφορα στοιχεία όπως πλατφόρμες cloud, τεχνολογίες big data, και συστήματα τεχνητής νοημοσύνης (AI).

Το Big Data αναφέρεται σε μεγάλα και σύνθετα σύνολα δεδομένων που συλλέγονται σε τεράστιες ποσότητες από διάφορες πηγές. Αυτά τα δεδομένα έχουν τόσο μεγάλο όγκο που η παραδοσιακή τεχνολογία επεξεργασίας δεδομένων δεν μπορεί να τα διαχειριστεί αποτελεσματικά. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την αποθήκευση, την επεξεργασία και την ανάλυση αυτών των δεδομένων, προσφέροντας τη δυνατότητα εξαγωγής πολύτιμων πληροφοριών και υποστήριξης της λήψης αποφάσεων. Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα για τις επιχειρήσεις, όπως η προγνωστική συντήρηση, η βελτίωση των διαδικασιών και η αύξηση της αποτελεσματικότητας. Στον τομέα της τεχνολογίας IoT, το Big Data παίζει κρίσιμο ρόλο. Οι συσκευές IoT παράγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες σε οχήματα, βιομηχανικό εξοπλισμό και οικιακές συσκευές. Αυτά τα δεδομένα μπορεί να είναι δομημένα, όπως δεδομένα από βάσεις δεδομένων, ή αδόμητα, όπως εικόνες και βίντεο. Το Big Data παρέχει την πλατφόρμα για την αποθήκευση και ανάλυση αυτών των δεδομένων, επιτρέποντας την αξιοποίησή τους για την εξαγωγή γνώσης και τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Η δυνατότητα επεξεργασίας και ανάλυσης αυτών των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο είναι ιδιαίτερα σημαντική για εφαρμογές που απαιτούν άμεση ανταπόκριση, όπως η παρακολούθηση της κατάστασης οχημάτων σε έναν στόλο.

Για την ανάλυση μεγάλων δεδομένων χρησιμοποιούνται τεχνολογίες όπως το Apache Hadoop, το οποίο προσφέρει ένα πλαίσιο για την αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων σε διανεμημένα υπολογιστικά περιβάλλοντα, και το Apache Spark, το οποίο επιτρέπει ταχύτερη επεξεργασία δεδομένων και υποστηρίζει ανάλυση σε πραγματικό χρόνο [12]. Οι NoSQL βάσεις δεδομένων, όπως το Cassandra, έχουν σχεδιαστεί για να χειρίζονται μεγάλα, ανομοιογενή σύνολα δεδομένων χωρίς αυστηρή δομή, ενώ τα Data Lakes επιτρέπουν την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων αδόμητων και μετρίως δομημένων δεδομένων για μελλοντική ανάλυση.

### *3.2.3 Ανάλυση και Επεξεργασία Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο*

Η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει τη λήψη άμεσων αποφάσεων. Οι μονάδες αυτές θα πρέπει να ενσωματώνουν τεχνολογίες μηχανικής μάθησης και AI, οι οποίες επιτρέπουν την αναγνώριση μοτίβων και τη δημιουργία προβλέψεων. Για παράδειγμα, στην προγνωστική συντήρηση, τα δεδομένα από αισθητήρες μπορούν να αναλυθούν για να προβλέψουν πότε ένα εξάρτημα θα παρουσιάσει βλάβη, μειώνοντας έτσι τα κόστη επισκευής ή συντήρησης.

### *3.2.4 Ασφάλεια και Διαχείριση Πρόσβασης*

Ένα πληροφοριακό σύστημα πρέπει να έχει ισχυρά χαρακτηριστικά ασφάλειας για να προστατεύει τα δεδομένα που μεταδίδονται από και προς τους αισθητήρες. Αυτό περιλαμβάνει κρυπτογράφηση δεδομένων, έλεγχο ταυτότητας χρηστών, και πολιτικές διαχείρισης πρόσβασης για να διασφαλιστεί ότι μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να έχει πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες. Μερικές από τις πιο βασικές και κύριες τεχνικές και τεχνολογίες για την ασφάλεια δεδομένων παρουσιάζονται παρακάτω :



- **Κρυπτογράφηση Δεδομένων:** Η κρυπτογράφηση είναι η διαδικασία κωδικοποίησης δεδομένων για να αποτραπεί η πρόσβαση από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές κρυπτογράφησης, όπως το AES (Advanced Encryption Standard), που χρησιμοποιείται ευρέως για την προστασία δεδομένων κατά τη μεταφορά και αποθήκευση. Με την κρυπτογράφηση, ακόμα και αν κάποιος καταφέρει να υποκλέψει δεδομένα, δεν θα μπορεί να τα διαβάσει χωρίς το σωστό κλειδί αποκρυπτογράφησης [13].
- **Διαχείριση Ταυτοποίησης και Πρόσβασης (Identity and Access Management - IAM):** Τα συστήματα IAM επιτρέπουν τη διαχείριση των χρηστών και των δικαιωμάτων πρόσβασής τους. Η Multi-Factor Authentication (MFA), για παράδειγμα, προσθέτει επιπλέον επίπεδα ασφαλείας ζητώντας από τους χρήστες να παράσχουν περισσότερα από ένα αποδεικτικά στοιχεία ταυτότητας (π.χ., κωδικός πρόσβασης και βιομετρικά δεδομένα) [14]. Αυτό μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης.
- **Τείχη Προστασίας (Firewalls) και Συστήματα Ανίχνευσης IDS:** Τα τείχη προστασίας ελέγχουν την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση δικτύου, επιτρέποντας ή αποκλείοντας την πρόσβαση βάσει καθορισμένων κανόνων ασφαλείας. Τα συστήματα IDS ανιχνεύουν και καταγράφουν πιθανές ανωμαλίες που μπορεί να υποδεικνύουν μια κακόβουλη επίθεση. Μια πιο εξελιγμένη έκδοση, τα Συστήματα Πρόληψης Κακόβουλων Ενεργειών IPS, μπορούν όχι μόνο να ανιχνεύσουν αλλά και να αποτρέψουν τις επιθέσεις.
- **Δικτυακός Διαχωρισμός (Network Segmentation):** Η διαίρεση του δικτύου σε πολλαπλές ζώνες ασφαλείας με βάση την ευαισθησία των δεδομένων και των εφαρμογών μπορεί να περιορίσει την εξάπλωση μιας επίθεσης. Αν ένας επιτιθέμενος καταφέρει να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα τμήμα του δικτύου, ο διαχωρισμός δικτύου αποτρέπει την εύκολη μετακίνηση σε άλλα πιο ευαίσθητα τμήματα.
- **VPN (Virtual Private Network):** Τα VPNs δημιουργούν ασφαλείς, κρυπτογραφημένες συνδέσεις μεταξύ του χρήστη και του διακομιστή, καθιστώντας δύσκολο για τους επιτιθέμενους να υποκλέψουν τα δεδομένα. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν οι χρήστες εργάζονται στον υπολογιστή που εμπεριέχει το πληροφοριακό σύστημα εξ' αποστάσεως.

Πραγματικό παράδειγμα εργαλείου αποτροπής μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης αποτελεί το AWS Shield που έχει αναπτυχθεί από την Amazon Web Services και προσφέρει υπηρεσίες κάλυψης από ενέργειες και επιθέσεις DDoS, και άλλες απειλές μέσω του Web. Αυτό το εργαλείο έχει σκοπό να προστατεύει τα δεδομένα της Amazon που αποθηκεύει στο προσωπικό της Cloud.

### 3.2.5 Πλατφόρμες Cloud

Οι πλατφόρμες Cloud αποτελούν το θεμέλιο της σύγχρονης ψηφιακής υποδομής και έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της διαχείρισης και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, καθώς και της υλοποίησης λύσεων που βασίζονται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Το Cloud Computing επιτρέπει στους χρήστες και τις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν αποθηκευτικούς χώρους, υπολογιστική ισχύ και λογισμικό μέσω διαδικτύου, χωρίς να χρειάζεται να διατηρούν δικές τους φυσικές υποδομές. Αυτή η ευελιξία έχει οδηγήσει σε δραματικές αλλαγές στον τρόπο που λειτουργούν και καινοτομούν οι επιχειρήσεις, καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία σύνθετων πληροφοριακών συστημάτων και την επεξεργασία τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του cloud είναι η ευελιξία που προσφέρει. Οι χρήστες μπορούν να αυξάνουν ή να μειώνουν την υπολογιστική ισχύ και τους αποθηκευτικούς χώρους ανάλογα με τις ανάγκες τους, χωρίς να απαιτείται η αγορά νέου εξοπλισμού ή η διαχείριση πολύπλοκων υποδομών. Αυτή η δυνατότητα ονομάζεται pay-as-you-go και επιτρέπει στις επιχειρήσεις να διαχειρίζονται αποτελεσματικά το κόστος τους και να προσαρμόζονται γρήγορα σε αλλαγές στις απαιτήσεις τους [15]. Επιπρόσθετα οι πλατφόρμες προσφέρουν υψηλή διαθεσιμότητα και αντοχή σε βλάβες, καθώς τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πολλαπλές τοποθεσίες και τα συστήματα αναπαραγωγής δεδομένων εξασφαλίζουν ότι τα δεδομένα είναι διαθέσιμα ακόμα και σε περίπτωση αποτυχίας ενός φυσικού διακομιστή.

Η δυνατότητα του Edge Computing, μια άλλη σημαντική τεχνολογία που υποστηρίζεται από τις πλατφόρμες Cloud, επιτρέπει την επεξεργασία δεδομένων κοντά στην πηγή τους, προτού αυτά τα δεδομένα σταλούν στο Cloud για περαιτέρω ανάλυση. Αυτό μειώνει την καθυστέρηση και το φορτίο του δικτύου, καθιστώντας δυνατές τις εφαρμογές που απαιτούν άμεση απόκριση, όπως η αυτόνομη οδήγηση και η βιομηχανική αυτοματοποίηση. Ταυτόχρονα, οι πλατφόρμες Cloud μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση και την ανάλυση των πιο σύνθετων δεδομένων και για την υποστήριξη μακροπρόθεσμων στρατηγικών προγραμματισμού. Επιπλέον, διευκολύνει την ανάπτυξη και την κλιμάκωση εφαρμογών βασισμένων στην Τεχνητή Νοημοσύνη και τη Μηχανική Μάθηση, που απαιτούν μεγάλους πόρους υπολογιστικής ισχύος και δεδομένων. Πλατφόρμες όπως το Google Cloud AI Platform και το Microsoft Azure Machine Learning παρέχουν εργαλεία για την ανάπτυξη, την εκπαίδευση και την ανάπτυξη αλγοριθμικών μοντέλων στο Cloud [16], διευκολύνοντας την ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών σε επιχειρηματικές εφαρμογές.

Τέλος, οι πλατφόρμες Cloud προσφέρουν δυνατότητες για τη δημιουργία υβριδικών λύσεων που συνδυάζουν τοπικές υποδομές με το Cloud, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα και των δύο κόσμων. Μια επιχείρηση για παράδειγμα, μπορεί να διατηρεί ευαίσθητα δεδομένα στις δικές της εγκαταστάσεις για λόγους ασφάλειας, ενώ χρησιμοποιεί το Cloud για τη διαχείριση της κυκλοφορίας δεδομένων ή για την ανάλυση μεγάλων δεδομένων.

Συνολικά, οι πλατφόρμες Cloud έχουν αλλάξει τον τρόπο που οι επιχειρήσεις διαχειρίζονται τα δεδομένα και τις εφαρμογές τους, προσφέροντας απεριόριστες δυνατότητες για ανάπτυξη, καινοτομία και κλιμάκωση. Με την αυξανόμενη ζήτηση για υπηρεσίες IoT και την ανάγκη για ανάλυση μεγάλων δεδομένων, οι πλατφόρμες Cloud θα συνεχίσουν να παίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη της ψηφιακής μεταμόρφωσης και της καινοτομίας στο μέλλον.

### 3.3 – Μηχανική μάθηση στην προγνωστική συντήρηση

Η μηχανική μάθηση αποτελεί έναν από τους πιο καινοτόμους κλάδους της σύγχρονης τεχνολογικής εκπαίδευσης και προσφέρει σημαντικές εφαρμογές στον τομέα της προγνωστικής συντήρησης. Πιο συγκεκριμένα, η μηχανική μάθηση επιτρέπει στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα και να βελτιώνουν τις επιδόσεις τους με την πάροδο του χρόνου, χωρίς να απαιτείται συγκεκριμένος προγραμματισμός για κάθε πιθανό σενάριο, και για αυτό χρησιμοποιούνται ποικίλοι μέθοδοι αλγοριθμικής εκπαίδευσης. Στον τομέα της προγνωστικής συντήρησης, η μηχανική μάθηση χρησιμοποιείται για να εντοπίζει μοτίβα που συνδέονται με την αποτυχία ή τη φθορά των μηχανών και του εξοπλισμού. Μέσω της συλλογής δεδομένων από αισθητήρες, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν αυτές τις πληροφορίες για να αναγνωρίσουν ανωμαλίες που θα μπορούσαν να υποδηλώνουν πιθανές βλάβες στο μέλλον.

Οι εφαρμογές της μηχανικής μάθησης στην προγνωστική συντήρηση δεν περιορίζονται μόνο σε συγκεκριμένους κλάδους αλλά επεκτείνονται σε πολλούς τομείς, όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία, η ενέργεια και η υγεία. Σε κάθε περίπτωση, ο στόχος είναι κοινός: η βελτίωση της αξιοπιστίας των συστημάτων και η μείωση του κόστους συντήρησης. Στον κλάδο των μεταφορών, για παράδειγμα, η προγνωστική συντήρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της διαχείρισης στόλου, μειώνοντας τις απρόσμενες διακοπές και τις καθυστερήσεις, ενώ παράλληλα επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των οχημάτων. Η αποτελεσματικότητα της μηχανικής μάθησης στην προγνωστική συντήρηση βασίζεται στην ικανότητά της να αναλύει μεγάλα σύνολα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, να εντοπίζει μοτίβα και να παράγει ακριβείς προβλέψεις. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση διαφόρων τεχνικών, όπως η ανάλυση χρόνου ζωής, η ανάλυση τάσεων και η αναγνώριση προτύπων. Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων, την ανάγκη για υψηλή υπολογιστική ισχύ και την προστασία των δεδομένων από κινδύνους ασφάλειας.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα αναλυθούν λεπτομερώς οι διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης που χρησιμοποιούνται στην προγνωστική συντήρηση, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις καθώς ενσωματώνουν αυτές τις τεχνολογίες στις λειτουργίες τους.

Στον τομέα της μηχανικής μάθησης μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερις βασικούς τρόπους εκμάθησης του αλγορίθμου με βάση τα δεδομένα που του εισάγουμε.

1. **Επιβλεπόμενη Μάθηση :** Αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές τεχνικές όσον αφορά αλγορίθμους μηχανικής μάθησης. Κύριος σκοπός του αλγορίθμου είναι να προβλέψει και να κατηγοριοποιήσει τα δεδομένα σε μια ομάδα ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Συνοπτικά, το σύστημα εκπαιδεύεται με ένα σύνολο δεδομένων που περιέχει εισόδους και αντίστοιχες εξόδους. Στόχος είναι να χαρτογραφήσει την συμπεριφορά της εξόδου με βάση την είσοδο που του δίνεται, έτσι ώστε όταν του δίνεται μια είσοδος να μπορεί να προβλέψει την έξοδο δηλαδή το αποτέλεσμα που έχει το σύστημα για μια δεδομένη τιμή εισόδου. Αυτό είναι εφικτό ακολουθώντας μια συγκεκριμένη σειρά διαδικασιών. Αρχικά ξεκινά με τη συλλογή ενός συνόλου δεδομένων εκπαίδευσης που περιέχει τις εισόδους - εξόδους. Στην περίπτωση της προγνωστικής συντήρησης, τα δεδομένα αυτά μπορεί να προέρχονται από αισθητήρες που παρακολουθούν την κατάσταση του εξοπλισμού (π.χ., θερμοκρασία, δόνηση, πίεση). Τα δεδομένα πρέπει να καθαριστούν και να επεξεργαστούν για να αφαιρεθούν θόρυβοι ή μη έγκυρες εγγραφές και να ομαλοποιηθούν ώστε να είναι κατάλληλα για εκπαίδευση. Η χρήση ακατέργαστων δεδομένων μπορεί να εκπαιδεύσουν το σύστημα λάθος και να το μπερδέψουν λόγω ανομοιότητας των εισόδων που του δίνονται. Τα χαρακτηριστικά είναι οι εισαγωγές του μοντέλου και μπορεί να περιλαμβάνουν διάφορες μετρήσεις από αισθητήρες. Οι ετικέτες είναι

οι πραγματικές και αναμενόμενες εξόδους του μοντέλου. Σε συνέχεια, το σύστημα εκπαιδεύεται χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο επιβλεπόμενης μάθησης, όπως η γραμμική παλινδρόμηση, τα δέντρα απόφασης, ή τα νευρωνικά δίκτυα. Κατά την εκπαίδευση, το μοντέλο μαθαίνει να προσαρμόζει τις παραμέτρους του έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί τη διαφορά (σφάλμα) μεταξύ των προβλεπόμενων εξόδων και των πραγματικών ετικετών στα δεδομένα εκπαίδευσης [17]. Αφού η διαδικασία πρόβλεψης έχει ολοκληρωθεί, ο χρήστης αξιολογεί το μοντέλο ως προς την επίδοσή του, σε ένα ανεξάρτητο σύνολο δεδομένων που δεν χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπαίδευση, για να διαπιστωθεί η ικανότητά του να γενικεύει σε νέα, άγνωστα δεδομένα. Μετρικές όπως η ακρίβεια, η ανάκληση, και το F1-score χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της απόδοσης του μοντέλου. Αφού ο χρήστης λάβει τις τιμές από την αξιολόγηση μπορεί να προχωρήσει στο να αλλάξει τις παραμέτρους του αλγορίθμου μάθησης για καλύτερες ή πιο γρήγορες προβλέψεις. Στην προγνωστική συντήρηση, η επιβλεπόμενη μάθηση μπορεί να εφαρμοστεί για να προβλέψει τον χρόνο μέχρι την αποτυχία ενός εξαρτήματος ή για να εντοπίσει αν ένα σύστημα λειτουργεί σε κανονικές ή μη κανονικές συνθήκες.

Τέτοιου είδους αλγόριθμος μπορεί να φανεί εξαιρετικά χρήσιμος για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία ενός κινητήρα. Χρησιμοποιώντας απευθείας στον κινητήρα αισθητήρες δόνησης, τοποθετημένους σε διάφορα σημεία πάνω του, μπορεί να γίνει η καταγραφή των δονήσεων που παράγει σε διάφορες συχνότητες και χρονικά διαστήματα. Στην συνέχεια, ορίζοντας μια χρονική περίοδο γίνεται συλλογή των δεδομένων που περιλαμβάνουν πληροφορίες όσο για την ομαλή λειτουργία του κινητήρα, όσο και για ανωμαλίες που μπορεί να παρουσιάζει. Καθώς τα δεδομένα δόνησης μπορεί να περιέχουν θόρυβο λόγω εξωτερικών παραγόντων, εφαρμόζονται τεχνικές φιλτραρίσματος για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων συχνοτήτων. Επιπλέον, τα δεδομένα κανονικοποιούνται για να διευκολυνθεί η σύγκριση και η ανάλυση. Έπειτα το μοντέλο επιβλεπόμενης μάθησης εκπαιδεύεται και αναγνωρίζει τα μοτίβα δόνησης που είναι ενδεικτικά κανονικής λειτουργίας και αυτά που δηλώνουν αστοχίες και βλάβη κινητήρα. Κατά την εφαρμογή του μοντέλου σε πραγματικό χρόνο, τα νέα δεδομένα δόνησης από τους αισθητήρες εισάγονται στο εκπαιδευμένο μοντέλο. Το μοντέλο αναγνωρίζει μοτίβα που ταιριάζουν με αυτά που έχει μάθει κατά την εκπαίδευση και προβλέπει αν ο κινητήρας λειτουργεί σωστά ή αν υπάρχει αυξημένος κίνδυνος αποτυχίας. Στην συνέχεια, αν το μοντέλο ανιχνεύσει μοτίβα που υποδηλώνουν πιθανή αποτυχία, μπορεί να στείλει μια προειδοποίηση στο σύστημα συντήρησης, προτείνοντας την επιθεώρηση του κινητήρα ή την προληπτική αντικατάσταση των εξαρτημάτων. Έτσι, η επιχείρηση μπορεί να προγραμματίσει συντήρηση πριν από την πραγματική αποτυχία, μειώνοντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και το κόστος επισκευής.

## 2. Μη επιβλεπόμενη μάθηση :

Η τεχνική της μη επιβλεπόμενης μάθησης αφορά μια μηχανική μάθηση που χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων όταν δεν υπάρχουν προκαθορισμένες ετικέτες ή στόχοι για τα δεδομένα εισόδου. Σε αντίθεση με την επιβλεπόμενη μάθηση, δεν έχει ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης με συγκεκριμένες απαντήσεις. Αντίθετα, ο στόχος είναι να εντοπιστούν μοτίβα, ομάδες ή δομές μέσα στα δεδομένα, χωρίς να υπάρχει προηγούμενη γνώση για το τι θα μπορούσαν να είναι αυτά τα μοτίβα, καθιστώντας την ιδανική για χρήσεις σε λήψη αποφάσεων σε καινοτόμες τεχνολογίες που δεν υπάρχουν προκαθορισμένες εξόδους για δεδομένες εισόδους λόγω έλλειψης δοκιμών.

Η διαδικασία της μη επιβλεπόμενης μάθησης έχει αρκετά κοινά στοιχεία όπως σε πολλές άλλες μεθόδους μηχανικής μάθησης, ωστόσο φέρει σημαντικές αλλαγές ως προς την ανάλυση των δεδομένων της. Όπως και σε άλλους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης αρχικά

πραγματοποιείται η συλλογή δεδομένων, και έπειτα η επεξεργασία τους για αφαίρεση των θορύβων και άλλων παραμέτρων, ώστε να γίνει σωστή κανονικοποίηση. Αυτήν την φορά όμως το σύνολο των δεδομένων δεν έχει ετικέτες.

Έπειτα, ανάλογα με την φύση των δεδομένων, επιλέγεται και ο κατάλληλος αλγόριθμος μη επιβλεπόμενης μάθησης [18].

Ένας από τους πιο βασικούς, είναι ο αλγόριθμος των Κ-Γειτόνων ή αλλιώς K-means clustering που είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους και απλούς αλγόριθμους μη επιβλεπόμενης μάθησης που χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση δεδομένων. Η βασική ιδέα είναι να χωρίσει τα δεδομένα σε Κ ομάδες, έτσι ώστε τα αντικείμενα εντός κάθε ομάδας να είναι όσο το δυνατόν πιο παρόμοια μεταξύ τους, ενώ τα αντικείμενα σε διαφορετικά ομάδες να είναι όσο το δυνατόν πιο διαφορετικά. Ο αριθμός Κ ορίζεται εκ των προτέρων και αφορά τον αριθμό των ομάδων που θα δημιουργήσει ο αλγόριθμος. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται μια τυχαία αρχικοποίηση των κεντρικών Κ σημείων. Έπειτα, κάθε σημείο δεδομένων ανατίθεται στην αντίστοιχη ομάδα, του οποίου το κέντρο είναι πλησιέστερο, χρησιμοποιώντας μετρικές Ευκλείδειας απόστασης. Αναθέτοντας νέα δεδομένα στις ομάδες, ανανεώνεται η θέση των κέντρων, υπολογίζοντας τον μέσο όρο των σημείων που ανήκουν σε αυτό. Όταν δεν υπάρχει κάποια αλλαγή στο κέντρο και έχει σταθεροποιηθεί τότε ο αλγόριθμος συγκλίνει και οι ομάδες έχουν διαμορφωθεί, επομένως έχει γίνει πλήρης ομαδοποίηση. Για παράδειγμα, έστω ότι έχει γίνει συλλογή δεδομένων από έναν αισθητήρα θερμοκρασίας τοποθετημένο πάνω σε μια μηχανή. Ο χρήστης επιλέγει τιμή Κ = 3, θεωρώντας ότι υπάρχουν τρεις βασικές καταστάσεις για τον κινητήρα, κανονική λειτουργία, επικείμενη αποτυχία, και πλήρης δυσλειτουργία. Ο αλγόριθμος αναλύει τα δεδομένα και αναθέτει κάθε τιμή θερμοκρασίας στην πλησιέστερη κατηγορία κατάστασης. Δηλαδή, από 70 έως 80 βαθμούς κελσίου τα δεδομένα ανατίθενται στην κατηγορία κανονικής λειτουργίας. Καθώς τα δεδομένα αντιστοιχίζονται με τις κατηγορίες τους, ο αλγόριθμος υπολογίζει τα νέα κέντρα, όπου θα αντιπροσωπεύουν πιο πιστά τις τιμές θερμοκρασίας σε κάθε ομάδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εταιρεία να μπορεί να αναγνωρίσει μοτίβα στη θερμοκρασία του κινητήρα και να εντοπίσει εγκαίρως σημάδια υπερθέρμανσης. Όταν οι αισθητήρες καταγράψουν μετρήσεις που αντιστοιχούν σε τιμές ενός cluster υπερθέρμανσης, το σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τους τεχνικούς να προχωρήσουν σε προληπτική συντήρηση. Ο αλγόριθμος των Κ γειτόνων, είναι απλός, ταχύς στην επεξεργασία δεδομένων ακόμα και για μεγάλα σύνολα, και ευέλικτος ως προς τον τύπο δεδομένων. Το αρνητικό είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις ο χρήστης που δημιουργεί τον αλγόριθμο πρέπει να γνωρίζει πόσες ομάδες, δηλαδή Κ θα χρειαστεί [19].

Γενικά η μη επιβλεπόμενη μάθηση, παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για την ανακάλυψη μοτίβων και την αναγνώριση ανωμαλιών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων αισθητήρων. Αυτό επιτρέπει στις εταιρείες να αντιδρούν γρήγορα σε πιθανές αποτυχίες και να βελτιστοποιούν τη συντήρηση του εξοπλισμού, εξοικονομώντας χρόνο και πόρους.

### 3. Μάθηση με ενίσχυση :

Η μάθηση με ενίσχυση (Reinforcement Learning) εμπεριέχει αλγόριθμους που μαθαίνουν να λαμβάνουν αποφάσεις μέσω της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Σε αντίθεση με την επιβλεπόμενη και μη επιβλεπόμενη μάθηση, στη μάθηση με ενίσχυση, ο αλγόριθμος δεν βασίζεται σε προκαθορισμένα δεδομένα, αλλά μαθαίνει μέσω δοκιμής και λάθους και λαμβάνει ανταμοιβές ή ποινές για τις ενέργειές του. Το περιβάλλον που αλληλοεπιδρά ο αλγόριθμος παρέχει πληροφορίες όπως την τρέχουσα κατάσταση και ανταποκρίνεται στις ενέργειες που δίνει μέσω μια οντότητας, που ονομάζεται πράκτορας. Ο πράκτορας επιλέγει τις ενέργειες με βάση μια στρατηγική και προσπαθεί κάθε φορά να μεγιστοποιήσει την ανταμοιβή του. Η

ανταμοιβή είναι η ανατροφοδότηση του πράκτορα μετά από μια ενέργεια, η οποία μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική και καθοδηγεί τον πράκτορα σε μια βέλτιστη στρατηγική. Η στρατηγική που θα ακολουθήσει ο πράκτορας βασίζεται σε μια πολιτική, δηλαδή σε διάφορους κανόνες, και μπορεί να είναι καθορισμένη (deterministic) ή με πιθανότητες (probabilistic) [20]. Στην συνέχεια υπάρχει μια λειτουργία αξίας η οποία ορίζει το πόσο καλή είναι μια κατάσταση για τον πράκτορα με βάση τις μελλοντικές ανταμοιβές που αναμένεται να λάβει. Μια ορθή και βέλτιστη πολιτική μπορεί να μεγιστοποιήσει την συνολική αξία.

Η διαδικασία της μάθησης με ενίσχυση περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ του πράκτορα και του περιβάλλοντος. Ο πράκτορας ξεκινά από μια τυχαία κατάσταση του περιβάλλοντος, επιλέγει μια ενέργεια σύμφωνα με την πολιτική του, και μετά παρατηρεί την ανταμοιβή και τη νέα κατάσταση στην οποία μεταβαίνει το περιβάλλον. Με βάση αυτήν την ανατροφοδότηση, ο πράκτορας βελτιώνει την πολιτική του με στόχο τη μεγιστοποίηση της συνολικής ανταμοιβής μακροπρόθεσμα. Ένα από τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στη μάθηση με ενίσχυση είναι οι αλγόριθμοι Q-learning και Deep Q Networks, οι οποίοι βασίζονται στη χρήση λειτουργιών αξίας για τη βελτιστοποίηση των αποφάσεων [21].

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μάθησης με ενίσχυση στην προγνωστική συντήρηση των οχημάτων μεταφορών θα μπορούσε να αφορά έναν πράκτορα που πρέπει να διαχειριστεί τον προγραμματισμό συντήρησης για έναν στόλο φορτηγών. Ο πράκτορας έχει πρόσβαση σε δεδομένα αισθητήρων από τα φορτηγά, όπως θερμοκρασία κινητήρα, επίπεδα κραδασμών, και δεδομένα κατανάλωσης καυσίμου.

Ο στόχος του πράκτορα είναι να βελτιστοποιήσει τη συντήρηση των οχημάτων με βάση τις ενδείξεις από τους αισθητήρες, ώστε να προλαμβάνονται βλάβες χωρίς να διακόπτονται συχνά τα δρομολόγια των φορτηγών. Για παράδειγμα, ο πράκτορας μπορεί να λαμβάνει ως είσοδο τα δεδομένα θερμοκρασίας και κραδασμών από τον κινητήρα και να αποφασίζει πότε πρέπει να προγραμματίσει τη συντήρηση. Με κάθε απόφαση που λαμβάνει, ο πράκτορας λαμβάνει μια ανταμοιβή, όπως για παράδειγμα θετική ανταμοιβή αν προλάβει μια βλάβη ή αρνητική αν η βλάβη προκαλέσει σοβαρές καθυστερήσεις.

Με την πάροδο του χρόνου, ο πράκτορας μαθαίνει μέσω της εμπειρίας να λαμβάνει καλύτερες αποφάσεις, βελτιστοποιώντας την πολιτική του για τη συντήρηση του στόλου, μειώνοντας τις βλάβες και αυξάνοντας την αποδοτικότητα του στόλου.

Ο αλγόριθμος αυτός είναι ιδιαίτερα ισχυρός σε περιβάλλοντα όπου οι αποφάσεις δεν είναι ξεκάθαρες και απαιτούνται πολύπλοκες στρατηγικές, όπως σε μεγάλες αλυσίδες εφοδιασμού, δίκτυα logistics και γενικά στον τομέα των μεταφορών.

#### 4. Βαθιά μάθηση :

Η βαθιά μάθηση (Deep Learning) είναι μια υποκατηγορία της μηχανικής μάθησης που βασίζεται στη χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων με πολλαπλά επίπεδα για την εκμάθηση και αναγνώριση μοτίβων από μεγάλα και πολύπλοκα σύνολα δεδομένων. Η βαθιά μάθηση έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο τα τελευταία χρόνια και έχει γίνει ένα από τα πιο ισχυρά εργαλεία για την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων, με εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η όραση των υπολογιστών, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας και η προγνωστική συντήρηση. Βασικός τρόπος λειτουργίας της βαθιάς μάθησης, είναι ο τρόπος που λειτουργεί και ο ανθρώπινος εγκέφαλος. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα αποτελούνται από νευρώνες, που είναι οργανωμένοι σε επίπεδα. Το επίπεδο εισόδου, λαμβάνει τα δεδομένα. Τα κρυφά επίπεδα, που εκτελούν υπολογιστικές διαδικασίες και επιτρέπουν στο δίκτυο να μάθει σύνθετες συσχετίσεις από τα δεδομένα. Και τέλος το επίπεδο εξόδου, που παράγει την έξοδο του μοντέλου, που μπορεί να είναι μια απόφαση, πρόβλεψη ή ταξινόμηση [22].

Στις τεχνικές της μεθόδου βαθιάς μάθησης, εντάσσονται τα Generative Adversarial Networks ή αλλιώς GANs. Η μέθοδος αυτή είναι μια πρωτοποριακή τεχνική βαθιάς μάθησης που

αναπτύχθηκε το 2014 από τον Ian Goodfellow και αποτελούν ένα από τα πιο εντυπωσιακά επιτεύγματα της τεχνητής νοημοσύνης. Λειτουργούν χρησιμοποιώντας δύο νευρωνικά δίκτυα που ανταγωνίζονται το ένα το άλλο σε μια διαδικασία εκπαίδευσης με σκοπό να παράγουν δεδομένα που προσομοιάζουν πολύ τα πραγματικά δεδομένα [23]. Τα δύο αυτά δίκτυα είναι το γεννητικό δίκτυο, που δημιουργεί ψευδή δεδομένα και προσπαθεί να πείσει το διακριτικό δίκτυο ότι τα δεδομένα είναι πραγματικά, και το διακριτικό δίκτυο που προσπαθεί να ξεχωρίσει ποια είναι τα πραγματικά δεδομένα από τα ψεύτικα που παράγει το γεννητικό δίκτυο. Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, το γεννητικό δίκτυο βελτιώνει συνεχώς την ικανότητά του να παράγει δεδομένα που μοιάζουν όλο και περισσότερο με τα πραγματικά, ενώ το διακριτικό δίκτυο μαθαίνει να εντοπίζει τα ψεύτικα δεδομένα. Ο ανταγωνισμός μεταξύ των δύο δικτύων οδηγεί τελικά στη δημιουργία εξαιρετικά ρεαλιστικών δεδομένων. Η διαδικασία εκπαίδευσης βασίζεται στη βελτίωση και των δύο δικτύων ταυτόχρονα. Αρχικά, το γεννητικό δίκτυο ξεκινά να παράγει δεδομένα από τυχαίους αριθμούς, τα οποία είναι μακριά από τα πραγματικά δεδομένα. Το διακριτικό δίκτυο προσπαθεί να αναγνωρίσει αυτά τα δεδομένα ως ψεύτικα, αλλά με την πάροδο του χρόνου, το γεννητικό δίκτυο βελτιώνεται και μαθαίνει πώς να παράγει δεδομένα που μοιάζουν πιο κοντά στα πραγματικά. Το διακριτικό δίκτυο προσπαθεί να βελτιωθεί κι αυτό, και έτσι, μέσα από αυτόν τον ανταγωνισμό, τα δεδομένα που παράγονται γίνονται εξαιρετικά ακριβή.

Τα GANs έχουν πολλές εφαρμογές στην προγνωστική συντήρηση, κυρίως στον τομέα της δημιουργίας συνθετικών δεδομένων. Στην προγνωστική συντήρηση, συχνά τα δεδομένα των βλαβών είναι περιορισμένα, καθώς οι πραγματικές βλάβες μπορεί να συμβαίνουν σπάνια. Με την μέθοδο αυτή είναι εφικτό να δημιουργηθούν συνθετικά δεδομένα βλαβών που βασίζονται στα υπάρχοντα δεδομένα λειτουργίας, προκειμένου να εκπαιδευτούν μοντέλα μηχανικής μάθησης για να ανιχνεύουν αυτές τις βλάβες πριν συμβούν. Ακόμη μπορεί να γίνει και προσομοίωση βλαβών με την χρήση συστημάτων που μπορούν να χρησιμοποιήσουν την μέθοδο αυτή για να προσομοιώσουν πώς θα εξελίσσεται μια βλάβη σε βάθος χρόνου, ώστε να καθοριστεί η πορεία της βλάβης και να προβλεφθεί τότε θα χρειαστεί πραγματική συντήρηση. Ωστόσο υπάρχουν και άλλες εξίσου ικανές τεχνικές βαθιάς μάθησης, όπως τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως για αναγνώριση εικόνων και ανάλυση δεδομένων που έχουν χωρική ή χρονική διάσταση. Στην προγνωστική συντήρηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση δεδομένων από κάμερες ή αισθητήρες εικόνας που παρακολουθούν οχήματα, αναγνωρίζοντας ελαττώματα ή ασυνήθιστα μοτίβα.

Κάθε μια από αυτές τις τεχνικές έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς, και η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται από την φύση των δεδομένων, τις απαιτήσεις του συστήματος και τους πόρους που είναι διαθέσιμοι. Η σωστή εφαρμογή τους μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη αποδοτικότητα, μειωμένο κόστος και αυξημένη αξιοπιστία του εξοπλισμού, κάτι που είναι κρίσιμο για τις εταιρείες που επιδιώκουν να μεγιστοποιήσουν την απόδοση των πόρων τους.

### 3.4 – Συστήματα Διάγνωσης

Σε οχήματα βαρέων μεταφορών ένα πολύ σημαντικό κομμάτι είναι η διάγνωση βλαβών, καθώς λόγω των αυξημένων χιλιομέτρων που διανύουν καθημερινά και τις έντονες δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο σασί του οχήματος, καταπονείται και πολλές φορές εμφανίζονται μηχανικές και υλικές βλάβες. Στατιστικά, οι έρευνες δείχνουν πως οι περισσότερες εταιρείες με στόλους οχημάτων έρχονται αντιμέτωπες με τέτοιου είδους βλάβες, κατά την διαδικασία μεταφοράς φορτίων. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε παράβλεψη συντηρήσεων ή ακόμα και σε υπέρβαρα φορτία. Έτσι, είναι σημαντικό να υπάρχει κάποιος τρόπος, με τον οποίο να μπορεί να γίνει σωστή διάγνωση του προβλήματος όταν συμβεί ακόμα και εξ αποστάσεως. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να γνωστοποιηθεί η βλάβη που υπάρχει και να γίνει προσπάθεια για επισκευή ακόμα και σε απομακρυσμένο σημείο, εάν είναι εφικτό, αλλιώς να γίνει προειδοποίηση του οδηγού για την μη περαιτέρω χρήση του οχήματος, καθώς μπορεί να προκαλέσει σημαντικότερη ζημιά στο όχημα.

Τα διαγνωστικά συστήματα στο πλαίσιο της διαχείρισης στόλου έχουν εξελιχθεί με την τεχνολογία, ιδίως μέσω της ενσωμάτωσης με το IoT, τη μηχανική μάθηση και την ανάλυση μεγάλων δεδομένων.

Βασικό συστατικό αυτών των συστημάτων είναι το σύστημα διαγνωστικού ελέγχου επί του οχήματος (OBD), ιδίως το πρότυπο OBD-II, το οποίο εισήχθη στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Αυτό το τυποποιημένο σύστημα παρακολουθεί την απόδοση των βασικών εξαρτημάτων ενός φορτηγού, συμπεριλαμβανομένου του κινητήρα, του κιβωτίου ταχυτήτων και των συστημάτων ελέγχου εκπομπών. Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης, το OBD-II εντοπίζει τις δυσλειτουργίες νωρίς, επιτρέποντας στους τεχνικούς να διαγνώσουν και να επιδιορθώσουν τα προβλήματα πριν αυτά κλιμακωθούν. Για παράδειγμα, το σύστημα OBD-II μπορεί να ανιχνεύσει μια δυσλειτουργική βαλβίδα ανακύκλωσης καυσαερίων, επισημαίνοντάς την για συντήρηση, ώστε να αποφευχθούν δαπανηρές επισκευές και διακοπή λειτουργίας του οχήματος. Ακόμη, το OBD-II μπορεί να αποθηκεύει κωδικούς διαγνωστικών προβλημάτων, οι οποίοι παρέχουν συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τη φύση της βλάβης [24]. Αυτοί οι κωδικοί μπορούν να ανακτηθούν και να αναλυθούν με τη χρήση διαγνωστικών εργαλείων ή σαρωτών, είτε από τον χειριστή του οχήματος είτε από τεχνικό. Οι σαρωτές OBD-II, φορητοί ή ενσωματωμένοι, μπορούν να συνδεθούν στη θύρα OBD-II του οχήματος για να διαβάσουν αυτούς τους κωδικούς. Το πιο ενδιαφέρον όμως, είναι ότι σε πιο προηγμένα συστήματα, τα δεδομένα από το OBD-II μπορούν να μεταδίδονται ασύρματα μέσω Bluetooth ή Wi-Fi σε κινητές συσκευές ή συστήματα διαχείρισης στόλου, παρέχοντας διαγνωστικά και ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο. Οι διαχειριστές του στόλου μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα εξ αποστάσεως μέσω ειδικού λογισμικού, καθιστώντας τα ένα πολύτιμο εργαλείο όχι μόνο για τον οδηγό αλλά για ολόκληρη την ομάδα διοίκησης. Η μετάδοση δεδομένων πραγματοποιείται μέσω του διαύλου CAN (Controller Area Network) του οχήματος, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου (ECU). Μόλις συλλεχθούν τα δεδομένα βλάβης, μπορούν να προβληθούν σε διάφορες συσκευές όπως :

- Προειδοποιητική λυχνία στο ταμπλό οργάνων.
- Ανιχνευτής OBD-II: Αυτή η φορητή συσκευή μπορεί να συνδεθεί στη θύρα OBD-II του οχήματος για να διαβάσει τους κωδικούς προβλημάτων. Παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη βλάβη για τους τεχνικούς.
- Συστήματα ενδείξεων εντός του οχήματος: Ορισμένα οχήματα είναι εξοπλισμένα με πιο



προηγμένες οθόνες που εμφανίζουν διαγνωστικά στοιχεία σε πραγματικό χρόνο, όπως η απόδοση του κινητήρα, τα επίπεδα εκπομπών ή οι κωδικοί βλάβης με λεπτομέρεια.

- Συστήματα τηλεματικής: Για τη διαχείριση στόλου, τα δεδομένα OBD-II μπορούν να αποστέλλονται σε κεντρικό διακομιστή μέσω συστημάτων τηλεματικής. Αυτά τα συστήματα παρακολουθούν πολλαπλά οχήματα σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους διαχειριστές στόλου να παρακολουθούν τις βλάβες και τις επιδόσεις εξ αποστάσεως.

Ένα πραγματικό εργαλείο που μπορεί να εκτελέσει όλες τις παραπάνω εργασίες είναι το ANCEL X7, το οποίο ελέγχει, την λειτουργία του οχήματος και βελτιστοποιεί τις επιδόσεις του. Σε μερικά φορτηγά ακόμα και αν υπάρχει OBD-II ένας απλός σαρωτής κωδικών μπορεί να μην κατανοεί τα σφάλματα ή τις λειτουργίες του OBD λόγω ακατάλληλου software. Το εργαλείο αυτό, διαβάζει τους κωδικούς, ανεξαιρέτως οχήματος και τύπου OBD, δίνοντας όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται σε μια οθόνη εντός του φορτηγού σε μορφή κατανοητή προς όλους [25]. Αυτό το καταφέρνει μέσω ενός database που έχει αποθηκευμένο, και έτσι μπορεί να αποκωδικοποιεί πολλούς τύπους σφαλμάτων. Επίσης, προσφέρει και οδηγίες και κατευθύνσεις για την επίλυση του προβλήματος. Ένα ακόμη πολύ σημαντικό του χαρακτηριστικό, είναι η δυνατότητα να σβήνει errors τα οποία είναι εσφαλμένα και περιορίζουν τον εγκέφαλο του κινητήρα ή άλλα μέρη του φορτηγού, όπως ABS και το κιβώτιο ταχυτήτων.



*Εικόνα 4: ANCEL X7 εργαλείο διάγνωσης*

Ένα ακόμα αξιοσημείωτο εργαλείο διάγνωσης, είναι το Fleet Online της Goodyear. Η γνωστή εταιρεία ελαστικών, έχει παράγει ένα προϊόν που αφορά τα λάστιχα των φορτηγών αλλά και των ρυμουλκόμενων. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα λάστιχα σε οχήματα μεταφορών είναι αν όχι το πιο σημαντικό κομμάτι, ένα από τα σημαντικότερα, και φέρει πάνω του ένα μεγάλο κομμάτι υπευθυνότητας, τόσο για την εξυπηρέτηση των πελατών αλλά και για την ακεραιότητα στον δρόμο, παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό το προφίλ της εταιρείας. Η εγκατάσταση ειδικών ζωνών περιμετρικά στην ζάντα της ρόδας, δίνει όσες πληροφορίες χρειάζεται ο οδηγός και το προσωπικό για την κατάσταση του ελαστικού, με την χρήση ασύρματης τεχνολογίας σε κινητά τηλέφωνα. Παρουσιάζει μετρήσεις πίεσης ελαστικών, δηλαδή σε περίπτωση απώλειας αέρα πόσο γρήγορα χάνει ή πόσο αργά, σε πραγματικό χρόνο και διάφορες άλλες ενδείξεις που παρουσιάζουν την υγεία του λάστιχου. Έρευνες δείχνουν ότι οι εταιρείες που το χρησιμοποιούν έχουν μειώσει σημαντικά τα ατυχήματά τους στον δρόμο και την κατανάλωση καυσίμων, καθώς πάντα η πίεση ελέγχεται και διορθώνεται όταν και όπου χρειάζεται.

Σε ένα γενικό πλαίσιο τα εργαλεία διάγνωσης δεν είναι μόνο για τον οδηγό είναι μέρος ενός ευρύτερου διαγνωστικού συστήματος που περιλαμβάνει τεχνικούς, διαχειριστές στόλου, ακόμη και εξωτερικές υπηρεσίες για παρακολούθηση και διάγνωση σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στις εταιρείες να αναλαμβάνουν προληπτική δράση πριν τα μικρά προβλήματα κλιμακωθούν σε σοβαρές, δαπανηρές επισκευές.

Για παράδειγμα, τα διαγνωστικά εργαλεία βαρέων φορτηγών μπορούν να παρακολουθούν διάφορα συστήματα, όπως η απόδοση του κινητήρα, η πέδηση και η αποδοτικότητα καυσίμου, επιτρέποντας στους τεχνικούς να εντοπίζουν και να επιλύουν μικροπροβλήματα πριν αυτά κλιμακωθούν σε σοβαρά προβλήματα. Αυτή η προληπτική προσέγγιση μειώνει σημαντικά το χρόνο διακοπής λειτουργίας, διασφαλίζοντας ότι τα φορτηγά περνούν περισσότερο χρόνο στο δρόμο και λιγότερο στο συνεργείο. Κατά μέσο όρο, οι εταιρείες αναφέρουν ότι εξοικονομούν μεταξύ 15-30% στο κόστος συντήρησης [26] με τη χρήση πληροφοριών που βασίζονται σε δεδομένα για τη βελτιστοποίηση των χρονοδιαγραμμάτων επισκευών. Τα διαγνωστικά βοηθούν στον ακριβή εντοπισμό των προβλημάτων, επιτρέποντας ταχύτερες και ακριβέστερες επιδιορθώσεις, γεγονός που οδηγεί σε μείωση των περιττών αντικαταστάσεων των εξαρτημάτων.

Η χρήση αυτών των συστημάτων βελτιώνει επίσης την αποδοτικότητα των καυσίμων. Εντοπίζοντας τις περιοχές όπου οι κινητήρες ενδέχεται να υπολειτουργούν ή όπου γίνεται σπατάλη καυσίμου, οι τεχνικοί μπορούν να κάνουν προσαρμογές που βελτιώνουν την κατανάλωση καυσίμου. Αυτό είναι ένα από τα βασικά οφέλη για τις εταιρείες, καθώς το κόστος των καυσίμων αποτελεί σημαντικό μέρος της λειτουργίας του στόλου. Οι εταιρείες που εφαρμόζουν τακτικούς διαγνωστικούς ελέγχους έχουν παρατηρήσει βελτιωμένη αποδοτικότητα καυσίμων, με αποτέλεσμα άμεσα οικονομικά οφέλη. Πιο συγκεκριμένα, οι φορείς εκμετάλλευσης στόλου που χρησιμοποιούν την τηλεματική έχουν αναφέρει κατά μέσο όρο 10-20% βελτίωση της αποδοτικότητας των καυσίμων [27] λόγω αποδοτικότερης λειτουργίας των οχημάτων.

Όσον αφορά την ασφάλεια, τα διαγνωστικά βοηθούν στον εντοπισμό προβλημάτων σε κρίσιμα συστήματα, όπως τα φρένα, η ανάρτηση και το σύστημα διεύθυνσης. Η έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων σε αυτά τα συστήματα αποτρέπει τα ατυχήματα και ενισχύει την οδική ασφάλεια των οδηγών. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι τα οχήματα με συνεπή διαγνωστικό έλεγχο και συντήρηση τείνουν να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μερικές φορές κατά 20.000 έως 50.000 μίλια σε σύγκριση με τα φορτηγά που δεν υποβάλλονται σε τακτικούς διαγνωστικούς ελέγχους.

Συνολικά, τα διαγνωστικά εργαλεία παρέχουν στους φορείς εκμετάλλευσης στόλου πολύτιμα δεδομένα που όχι μόνο βοηθούν στη μείωση του λειτουργικού κόστους αλλά και στην αποτελεσματικότερη και πιο στοχευμένη συντήρηση. Ως αποτέλεσμα, τα φορτηγά έχουν λιγότερα σοβαρά προβλήματα και η συντήρηση γίνεται τόσο πιο αποτελεσματική όσο και πιο ακριβής. Αυτό εξασφαλίζει καλύτερη μακροζωία για τα οχήματα και βελτιώνει τη συνολική παραγωγικότητα των επιχειρήσεων του στόλου.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> - Σχεδιασμός μοντέλου πληροφοριακού συστήματος

Στο παρόν κεφάλαιο, θα αναδειχθεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να παραχθεί ένα αποτελεσματικό γενικό πληροφοριακό σύστημα το οποίο θα καλύπτει τις ανάγκες διαχείρισης στόλου, όπως εύρεση συντομότερων διαδρομών, οργάνωση παραδόσεων, προγνωστική συντήρηση και διάγνωση οχημάτων. Έτσι λοιπόν, με την χρήση των τεχνολογιών και των ειδικότερων πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια, θα γίνει η κατάλληλη επιλογή επιπέδων ή αλλιώς Layers του συστήματος και η σύνδεση τους ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε επιπέδου του μοντέλου. Ωστόσο, για να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός του πληροφοριακού συστήματος, θα πρέπει πρώτα να επιλεγθεί ένας αρχικός τύπος αρχιτεκτονικής του μοντέλου.

### 4.1 – Επιλογή αρχιτεκτονικής συστήματος

Σε γενικά πλαίσια τα μοντέλα ανάπτυξης πληροφοριακών συστημάτων χρησιμεύουν ως σχέδια για τη δόμηση, το σχεδιασμό και την υλοποίηση συστημάτων που ανταποκρίνονται στις οργανωτικές ανάγκες. Παρέχουν μια συστηματική προσέγγιση για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας και διασφαλίζουν ότι εξετάζονται όλες οι λειτουργικές και τεχνικές πτυχές. Τα μοντέλα αυτά είναι απαραίτητα για την καθοδήγηση των προγραμματιστών στα στάδια της δημιουργίας συστημάτων, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού, της ανάλυσης, της υλοποίησης και της συντήρησης. Προσφέροντας ένα σαφές πλαίσιο, βοηθούν τις ομάδες να αποφεύγουν τις συνήθεις παγίδες, να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τους πόρους και να διασφαλίζουν ότι το τελικό προϊόν ευθυγραμμίζεται με τις απαιτήσεις των χρηστών και των επιχειρήσεων.

Η ανάγκη για δομημένα μοντέλα προέκυψε στα μέσα του 20ου αιώνα με την αυξανόμενη πολυπλοκότητα των συστημάτων λογισμικού. Τα πρώιμα συστήματα κατασκευάζονταν συχνά με ad-hoc τρόπο, γεγονός που οδηγούσε σε αναποτελεσματικότητα, σφάλματα και κακή επεκτασιμότητα. Σε απάντηση, εισήχθησαν τυποποιημένες μέθοδοι για την τυποποίηση της διαδικασίας ανάπτυξης. Τα πρώτα αξιοσημείωτα μοντέλα, όπως το μοντέλο καταρράκτη, εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1970, δίνοντας έμφαση σε μια διαδοχική, βήμα προς βήμα προσέγγιση στην ανάπτυξη συστημάτων. Αυτό το μοντέλο ήταν ιδανικό για έργα με σαφώς καθορισμένες απαιτήσεις, αλλά δυσκολευόταν σε πιο δυναμικά περιβάλλοντα.

Άλλα μοντέλα, όπως το σπειροειδές μοντέλο και το μοντέλο V, εξελίχθηκαν για να αντιμετωπίσουν τους περιορισμούς των προηγούμενων προσεγγίσεων, προσθέτοντας επίπεδα επανάληψης, διαχείρισης κινδύνων και παράλληλης ανάπτυξης. Για παράδειγμα, το σπειροειδές μοντέλο επιτρέπει την επαναληπτική βελτίωση, καθιστώντας το χρήσιμο για έργα όπου οι απαιτήσεις είναι ασαφείς ή αλλάζουν συχνά. Συνδυάζει στοιχεία σχεδιασμού, κάνοντας κύκλους μέσα από τις φάσεις ανάπτυξης για την ενσωμάτωση της ανατροφοδότησης.

Οι πιο σύγχρονες μεθοδολογίες, εστιάζουν στην ευελιξία και τη συνεργασία, σπάζοντας τα έργα σε μικρότερες επαναλήψεις για να επιτρέπουν τη συνεχή βελτίωση και την προσαρμοστικότητα. Αυτά τα επαναληπτικά μοντέλα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στο σημερινό ταχέως εξελισσόμενο, τεχνολογικό τοπίο.

Τα μοντέλα περιλαμβάνουν γενικά στάδια όπως:

1. Συγκέντρωση απαιτήσεων: Κατανόηση των στόχων του συστήματος.
2. Ανάλυση και σχεδιασμός του συστήματος: Διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής του συστήματος.
3. Ανάπτυξη και δοκιμή: Δημιουργία και διασφάλιση της λειτουργικότητας.

#### 4. Υλοποίηση και συντήρηση: Ανάπτυξη και υποστήριξη του συστήματος.

Η ύπαρξη αυτών των μοντέλων οφείλεται στην ανάγκη για προβλέψιμα αποτελέσματα, χαμηλότερους κινδύνους και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην ανάπτυξη συστημάτων, με κάθε μοντέλο να προσαρμόζεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις του έργου, από μικρά συστήματα έως πολύπλοκα πληροφοριακά συστήματα μεγάλης κλίμακας. Παρέχουν τις απαραίτητες κατευθυντήριες γραμμές για να διασφαλιστεί ότι τα έργα παραμένουν εντός χρονοδιαγράμματος, εντός προϋπολογισμού και ικανά να προσαρμόζονται σε απρόβλεπτες προκλήσεις.

Η αρχιτεκτονική που θα εξυπηρετήσει το σκοπό της ανάπτυξης ενός πληροφοριακού συστήματος ικανό για πρόβλεψη συντηρήσεων, και διαγνωστικό έλεγχο οχημάτων είναι η αρχιτεκτονική μικροπηρεσιών ή αλλιώς *Microservices Architecture*. Κάθε μια μικροπηρεσία αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη εργασία εξασφαλίζοντας ανεξαρτησία, επεκτασιμότητα και ανοχή σε σφάλματα [28]. Η αρχιτεκτονική θα περιλαμβάνει τα παρακάτω στρώματα ή επίπεδα :

1. Στρώμα συλλογής δεδομένων (αισθητήρες και συσκευές άκρων)
2. Στρώμα επικοινωνίας (πύλες IoT και Πρωτόκολλα)
3. Στρώμα Backend (μικροπηρεσίες)
4. Πύλη API [29]
5. Στρώμα διεπαφής χρήστη (UI)
6. Ασφάλεια και διαχείριση δεδομένων
7. Στρώμα υπολογιστικού νέφους και υποδομής

Πριν οριστεί η τρόπος με τον οποίο τα στρώματα αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, πρέπει πρώτα να αναδειχθούν οι εργασίες που εκτελεί το κάθε ένα ξεχωριστά.

##### *4.1.1 Στρώμα συλλογής δεδομένων – Edge Computing*

Σε κάθε σύγχρονο σύστημα πληροφοριών που έχει σχεδιαστεί για οχήματα βαρέως τύπου, όπως φορτηγά και ρυμουλκούμενα, το επίπεδο συλλογής δεδομένων αποτελεί το θεμέλιο, καθώς καταγράφει κρίσιμα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από το φυσικό περιβάλλον. Το στρώμα αυτό αποτελείται από διάφορους τύπους αισθητήρων και συσκευών άκρων, οι οποίες λειτουργούν ως τα στοιχεία πρώτης γραμμής για τη συλλογή, την επεξεργασία και τη μετάδοση της πληροφορίας που αντλείται. Η επιλογή των αισθητήρων και των συσκευών άκρου είναι ζωτικής σημασίας, καθώς επηρεάζει άμεσα την ακρίβεια, την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα του συστήματος στην παρακολούθηση της απόδοσης, της υγείας και των λειτουργικών συνθηκών του οχήματος.

Οι βασικοί τύποι αισθητήρων που θα αξιοποιηθούν για την λήψη δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ύστερα για ανάλυση και επεξεργασία από το σύστημα είναι :

1. Αισθητήρες θερμοκρασίας: Αυτοί οι αισθητήρες παρακολουθούν τη θερμοκρασία κρίσιμων εξαρτημάτων του οχήματος, όπως ο κινητήρας, το κιβώτιο ταχυτήτων ή τα συστήματα πέδησης. Η υπερθέρμανση σε αυτές τις περιοχές μπορεί να υποδεικνύει δυσλειτουργία ή υπερβολική φθορά. Τα Θερμοστοιχεία ή RTD (ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης) χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του κινητήρα, παρέχοντας δεδομένα για πιθανά προβλήματα όπως η υπερθέρμανση του κινητήρα ή η αποτυχία των

συστημάτων ψύξης [30].

2. Αισθητήρες πίεσης: Οι αισθητήρες πίεσης παρακολουθούν την πίεση του αέρα, του λαδιού ή του καυσίμου σε διάφορα συστήματα, όπως υδραυλικά συστήματα, γραμμές φρένων ή δεξαμενές καυσίμου. Στα συστήματα πέδησης, οι πνευματικοί αισθητήρες πίεσης μπορούν να ανιχνεύσουν χαμηλή πίεση των φρένων, σηματοδοτώντας βλάβη, η οποία μπορεί να προκαλέσει ειδοποιήσεις συντήρησης πριν συμβεί ατύχημα.
3. Αισθητήρες κραδασμών (επιταχυνσιόμετρα): Οι αισθητήρες κραδασμών είναι ζωτικής σημασίας για την ανίχνευση πρώιμων ενδείξεων φθοράς ή μηχανικών προβλημάτων, ιδίως σε κινούμενα μέρη όπως ο κινητήρας, το κιβώτιο ταχυτήτων ή οι άξονες. Η υπερβολική δόνηση είναι συχνά ένδειξη κακής ευθυγράμμισης. Για παράδειγμα ένα επιταχυνσιόμετρο που είναι εγκατεστημένο στο σύστημα ανάρτησης του οχήματος μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση των δονήσεων που υποδεικνύουν ζητήματα όπως κακή ευθυγράμμιση των τροχών ή φθαρμένα εξαρτήματα της ανάρτησης.
4. Αισθητήρες στάθμης καυσίμου: Αυτοί οι αισθητήρες παρακολουθούν την ποσότητα καυσίμου που έχει απομείνει στο ρεζερβουάρ και παρακολουθούν τα πρότυπα κατανάλωσης καυσίμου. Οι χωρητικοί αισθητήρες καυσίμου παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα επίπεδα καυσίμου, βοηθώντας τους διαχειριστές στόλου να βελτιστοποιήσουν τα προγράμματα ανεφοδιασμού και να αποτρέψουν την έλλειψη καυσίμων κατά τη διάρκεια των ταξιδιών.
5. Αισθητήρες παρακολούθησης της πίεσης των ελαστικών : Αυτοί οι αισθητήρες παρακολουθούν συνεχώς την πίεση του αέρα στα ελαστικά και είναι απαραίτητοι για τη διατήρηση της αποδοτικότητας των καυσίμων και της ασφάλειας του οχήματος. Οι άμεσοι αισθητήρες μεταδίδουν δεδομένα πίεσης ελαστικών σε ένα κεντρικό σύστημα, επιτρέποντας τον άμεσο εντοπισμό ελαστικών με χαμηλή πίεση που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διαρροές ή αυξημένη φθορά.

Οι αισθητήρες που αναφέρονται παραπάνω παράγουν διάφορους τύπους δεδομένων, όπως ενδείξεις θερμοκρασίας, τιμές πίεσης, υπογραφές κραδασμών, ύψος καυσίμου ή όγκος, περιβαλλοντικά δεδομένα όπως τιμές υγρασίας και δεδομένα θέσης – ταχύτητας.

Αυτά τα δεδομένα που συλλέγονται είναι πολύ σημαντικά για την προληπτική συντήρηση, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και την ενίσχυση της ασφάλειας του οχήματος.

Εφόσον, έχει βρεθεί ο τρόπος με τον οποίο θα γίνεται η συλλογή των δεδομένων με συγκεκριμένη χρήση αισθητήρων για συγκεκριμένες ενέργειες, πρέπει να λυθεί το ζήτημα της μεταφοράς των δεδομένων από το όχημα σε ένα κεντρικό σύστημα. Για αυτόν τον λόγο θα χρησιμοποιηθούν οι συσκευές άκρων στο επίπεδο αυτό της συλλογής δεδομένων.

Ενώ οι αισθητήρες συλλαμβάνουν ακατέργαστα δεδομένα, οι συσκευές άκρου είναι υπεύθυνες για την αρχική επεξεργασία των δεδομένων, το φιλτράρισμα και μερικές φορές ακόμη και τη λήψη αποφάσεων στην πηγή, πριν από τη διαβίβαση των δεδομένων σε έναν κεντρικό διακομιστή ή σε ένα σύστημα cloud. Ο υπολογισμός από αυτές τις συσκευές ελαχιστοποιεί την καθυστέρηση και τη χρήση εύρους ζώνης, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, κάτι που είναι απαραίτητο στα συστήματα διαχείρισης στόλου.

Με την χρήση της πύλης ακμής ή άκρων, που πρόκειται για ενδιάμεσες συσκευές που συγκεντρώνουν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες και τα επεξεργάζονται εκ των προτέρων πριν από την αποστολή τους σε ένα κεντρικό σύστημα επεξεργασίας ή σε ένα νέφος, μπορούν να φιλτράρουν τα περιττά δεδομένα, να μετατρέπουν πρωτόκολλα και ακόμη και να αναλύουν τα δεδομένα τοπικά για την ενεργοποίηση άμεσων ειδοποιήσεων (όπως σε περίπτωση υπερθέρμανσης του κινητήρα). Όλα αυτά είναι δυνατά αφού φέρουν ενσωματωμένους μικροεπεξεργαστές. Επιπροσθέτως οι ECU αποτελούν κρίσιμο τμήμα του στρώματος ακμής στα φορτηγά. Ελέγχουν συγκεκριμένες λειτουργίες του οχήματος (όπως η πέδηση ή ο ψεκασμός καυσίμου), ενώ ταυτόχρονα συλλέγουν δεδομένα.

Ένα ECU που προορίζεται για το σύστημα πέδησης του οχήματος μπορεί να συλλέγει και να αναλύει δεδομένα πίεσης φρένων σε πραγματικό χρόνο. Σε περίπτωση ανίχνευσης ανωμαλίας, στέλνει ειδοποιήσεις στον οδηγό ή ενεργοποιεί αυτοματοποιημένες αντιδράσεις, όπως η ενεργοποίηση του ABS.

Στο σύστημα εντάσσονται και οι συσκευές τηλεματικής που χρησιμεύουν τόσο ως μονάδες συλλογής δεδομένων όσο και ως μονάδες επικοινωνίας. Συλλέγουν δεδομένα GPS, διαγνώσεις οχημάτων και λειτουργικά δεδομένα και στη συνέχεια τα μεταδίδουν σε έναν διακομιστή cloud για επεξεργασία.

Ακόμη, χρησιμοποιούν συχνά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ή δορυφορική επικοινωνία για να μεταδίδουν σε πραγματικό χρόνο τη θέση, την κατανάλωση καυσίμου και τα δεδομένα υγείας του οχήματος στους διαχειριστές του στόλου, οι οποίοι μπορούν να παρακολουθούν την απόδοση από απόσταση. Μόλις οι αισθητήρες και οι συσκευές άκρου συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα, αυτά πρέπει να μεταδοθούν αποτελεσματικά και με ασφάλεια σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή σε περιβάλλον cloud για βαθύτερη ανάλυση. Η μετάδοση αυτή μπορεί να γίνει μέσω του πρωτόκολλου διαύλου CAN, που πρόκειται ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο επικοινωνίας στα οχήματα, το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία διαφορετικών ηλεκτρονικών συστημάτων. Στην συνέχεια και σε συνδυασμό μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 4G/5G για τη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε μεγάλες αποστάσεις.

Οι συσκευές άκρων και οι πύλες συχνά χρησιμοποιούν αυτά τα πρωτόκολλα επικοινωνίας για την αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων αισθητήρων σε πλατφόρμες cloud, όπου προηγμένες αναλύσεις και αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω τα δεδομένα για προληπτική συντήρηση ή λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο [31].

Για ένα σύστημα προληπτικής συντήρησης, ο συνδυασμός αισθητήρων και συσκευών άκρης είναι απαραίτητος. Ολοκληρώνοντας το προηγούμενο παράδειγμα κραδασμών, ο αισθητήρας που συνδέεται με μια πύλη ακμής στον άξονα ενός φορτηγού μπορεί να ανιχνεύσει μη φυσιολογικές δονήσεις, σηματοδοτώντας μια έγκαιρη προειδοποίηση για πιθανή βλάβη ρουλεμάν. Η πύλη ακμής μπορεί να προ επεξεργαστεί αυτά τα δεδομένα, να τα συγκρίνει με ιστορικά μοτίβα και να μεταδώσει μια ειδοποίηση συντήρησης μέσω ενός συστήματος τηλεματικής στον διαχειριστή του στόλου ή και ακόμα στον οδηγό την ώρα που συμβαίνει ώστε να ακινητοποιήσει άμεσα το όχημα.

Οι συσκευές ακραίων σημείων διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, καθώς επεξεργάζεται τα δεδομένα τοπικά και μεταδίδοντας μόνο τις κρίσιμες πληροφορίες, το edge computing μειώνει το φορτίο στους κεντρικούς διακομιστές και επιταχύνει τους χρόνους απόκρισης.

#### *4.1.2 Στρώμα επικοινωνίας – IoT Gateways*

Το στρώμα επικοινωνίας, συγκεκριμένα μέσω της χρήσης πυλών IoT, είναι ο ενδιάμεσος κρίκος που διευκολύνει τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των αισθητήρων και του νέφους ή των κεντρικών διακομιστών. Σε ένα σύστημα πληροφοριών για φορτηγά και ρυμουλκούμενα, οι πύλες IoT είναι υπεύθυνες για την ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση της ροής των δεδομένων που παράγονται από τους αισθητήρες στο στρώμα συλλογής δεδομένων προς τις μονάδες επεξεργασίας ή τις πλατφόρμες cloud, εξασφαλίζοντας έγκαιρες και ακριβείς πληροφορίες για τη λήψη αποφάσεων.

Μια πύλη IoT είναι ένας ενδιάμεσος οργανισμός υλικού ή λογισμικού που βρίσκεται μεταξύ των αισθητήρων και του cloud, διευκολύνοντας την επικοινωνία, τη μετάφραση και ενίοτε την προεπεξεργασία των δεδομένων πριν από τη διαβίβασή τους. Στο σύστημα που αφορά την τρέχον εργασία, η πύλη IoT επιτρέπει τη συνδεσιμότητα, την ασφάλεια και τη μετάφραση

πρωτοκόλλου, καθιστώντας την ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του στρώματος επικοινωνίας.

Ανακεφαλαιώνοντας, έχοντας ήδη συλλέξει τα δεδομένα στο στρώμα της συλλογής δεδομένων από αισθητήρες και έχοντας ήδη γίνει προ επεξεργασία των δεδομένων και μετάδοση τοπικά εντός του οχήματος, απομένει η διάδοσή τους και μη τοπικά. Που αυτό σημαίνει μετάδοση πληροφορίας σε cloud ή σε κάποιον διακομιστή που ελέγχεται από τα κεντρικά της εταιρείας. Η πληροφορία που τελικά θα φτάνει στον κεντρικό server ή στο νέφος, θα έχει πολύ μικρότερο μέγεθος από αυτό που συλλέγεται καθώς θα έχει ήδη επεξεργαστεί, ωστόσο η απόσταση που έχει να διανύσει η πληροφορία ή αλλιώς το σήμα είναι σημαντικά μεγαλύτερη και όσο μεγαλύτερη είναι η απόκριση (Latency), τόσο το χειρότερο, καθώς θα πρέπει να ληφθούν άμεσες αποφάσεις για την κατάσταση του οχήματος, και την τρέχουσα θέση ή ταχύτητά του. Επομένως, αυτό που χρειάζεται το σύστημα είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο μπορεί να καλύψει μεγάλες αποστάσεις, κρατώντας το Latency σε χαμηλά επίπεδα, για πολλαπλά δεδομένα μικρού μεγέθους.

Μια από τις πιο βασικές λειτουργίες μιας πύλης IoT είναι η μετάφραση πρωτοκόλλου (π.χ. CAN Bus, Bluetooth, 4G, Wi-Fi) που χρησιμοποιούνται από τους αισθητήρες και το περιβάλλον cloud. Για παράδειγμα, πολλοί αισθητήρες φορτηγών επικοινωνούν χρησιμοποιώντας CAN Bus ή Modbus, τα οποία πρέπει να μεταφραστούν σε πρωτόκολλα διαδικτύου (IP) για την επεξεργασία στο σύννεφο.

Ακόμη μια λειτουργία είναι η συγκέντρωση δεδομένων, όπως πολλαπλές ροές δεδομένων από διαφορετικούς αισθητήρες (π.χ. θερμοκρασία, δόνηση, GPS) που ενοποιούνται από την πύλη για να μειωθεί το εύρος ζώνης και να αποφευχθεί η υπερφόρτωση της πλατφόρμας νέφους με περιττά ή χαμηλής αξίας δεδομένα. Περαιτέρω, λειτουργία είναι η επεξεργασία άκρων, όπου σε ορισμένες περιπτώσεις, η πύλη μπορεί να εκτελέσει ελαφριά ανάλυση και φιλτράρισμα δεδομένων, επιτρέποντας την αποστολή μόνο κρίσιμων δεδομένων στο νέφος. Αυτό μειώνει την καθυστέρηση και το εύρος ζώνης, καθιστώντας τα συστήματα πιο αποδοτικά. Μια ακόμη σημαντική λειτουργία είναι η διαχείριση ασφάλειας. Οι πύλες IoT παρέχουν επίσης ένα επίπεδο κρυπτογράφησης, ελέγχου ταυτότητας και τείχους προστασίας για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή αλλοίωσης των δεδομένων κατά τη μεταφορά. Δεδομένης της αυξανόμενης σημασίας της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο στις βιομηχανικές εφαρμογές, η πύλη IoT διαδραματίζει συχνά βασικό ρόλο στην πρόληψη παραβιάσεων, διασφαλίζοντας την επικοινωνία μεταξύ των φορτηγών και της πλατφόρμας cloud.

Συνεχίζοντας, υπάρχουν διάφοροι τύποι πυλών IoT που χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα οχημάτων, καθένας από τους οποίους είναι κατάλληλος για διαφορετικές εφαρμογές με βάση τις απαιτήσεις συνδεσιμότητας, τους τύπους αισθητήρων και το εύρος μετάδοσης δεδομένων, έτσι για το πληροφοριακό σύστημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ένα από τα παρακάτω ή και συνδυασμοί, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής :

1. Κυψελοειδείς πύλες IoT (4G/5G): Αυτές οι πύλες χρησιμοποιούν δίκτυα κινητής τηλεφωνίας για τη μετάδοση δεδομένων από τα οχήματα στο σύννεφο. Είναι ιδανικές για τη μετάδοση δεδομένων μεγάλης εμβέλειας σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, γεγονός που τις καθιστά ιδανικές για συστήματα διαχείρισης στόλου όπου τα φορτηγά μπορεί να είναι διασκορπισμένα σε μεγάλες αποστάσεις [32]. Για παράδειγμα μια πύλη 4G IoT συνδεδεμένη με το διαγνωστικό σύστημα ενός κινητήρα μπορεί να στείλει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την απόδοση του κινητήρα, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και την προληπτική συντήρηση χωρίς να χρειάζεται το φορτηγό να έρθει στις εγκαταστάσεις συντήρησης.
2. Πύλες Wi-Fi/Bluetooth: Έχουν συχνή χρήση στη μετάδοση δεδομένων μικρής εμβέλειας εντός μιας εγκατάστασης συντήρησης ή μιας αποθήκης φορτηγών. Μπορούν να συνδεθούν σε

πολλαπλές συσκευές, όπως διαγνωστικά εργαλεία κινητήρα, για να στείλουν δεδομένα σε έναν τοπικό διακομιστή ή μονάδα ελέγχου. Μια πύλη Bluetooth θα μπορούσε να εγκατασταθεί για τη μετάδοση δεδομένων πίεσης ελαστικών από αισθητήρες TPMS απευθείας στο ενσωματωμένο σύστημα ελέγχου ενός φορτηγού ή σε κοντινό διαγνωστικό εξοπλισμό κατά τη διάρκεια τακτικών ελέγχων σέρβις.

3. Πύλες LPWAN (Low-Power Wide-Area Network): Οι πύλες LPWAN, όπως το LoRaWAN, είναι ιδανικές για επικοινωνία χαμηλής ισχύος σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτές οι πύλες χρησιμοποιούνται σε σενάρια όπου τα δεδομένα πρέπει να μεταδίδονται σε μεγάλες περιοχές, αλλά μόνο ανά διαστήματα και σε μικρά πακέτα δεδομένων [33]. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για την απομακρυσμένη παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων ή την περιβαλλοντική παρακολούθηση σε μεγάλα συστήματα στόλου. Παράδειγμα: Μια πύλη LoRaWAN μπορεί να μεταδίδει δεδομένα θέσης και βασικών επιδόσεων από ρυμουλκούμενα σε απομακρυσμένες περιοχές όπου τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας μπορεί να μην είναι διαθέσιμα.
4. Πύλες δορυφορικής επικοινωνίας: Για φορτηγά και ρυμουλκούμενα που λειτουργούν σε εξαιρετικά απομακρυσμένες περιοχές, όπου τα κυψελοειδή δίκτυα ή οι λύσεις LPWAN ενδέχεται να μην παρέχουν κάλυψη, χρησιμοποιούνται πύλες IoT που βασίζονται σε δορυφόρο. Αυτές οι συσκευές μεταδίδουν δεδομένα απευθείας σε έναν δορυφόρο, ο οποίος στη συνέχεια προωθεί τις πληροφορίες στο cloud ή στο κέντρο διαχείρισης στόλου. Παράδειγμα: Ένα φορτηγό που μεταφέρει εμπορεύματα μέσα από μια έρημο μπορεί να χρησιμοποιήσει μια δορυφορική πύλη IoT για να στείλει τη θέση GPS του, εξασφαλίζοντας συνεχή εντοπισμό ακόμη και σε περιοχές χωρίς κάλυψη από κινητή τηλεφωνία.

Ολοκληρώνοντας για ένα σύστημα διαχείρισης στόλου φορτηγών και ρυμουλκούμενων, οι πύλες IoT αποτελούν τον πυλώνα και τα θεμέλια της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και της προληπτικής συντήρησης. Συλλέγοντας και μεταδίδοντας δεδομένα από αισθητήρες, οι πύλες IoT επιτρέπουν στους διαχειριστές στόλου να παρακολουθούν και να βελτιστοποιούν τις λειτουργίες τους εξ αποστάσεως.

Ο συνδυασμός του edge computing στο επίπεδο της πύλης και των αναλύσεων που βασίζονται στο cloud εξασφαλίζει μια στιβαρή, επεκτάσιμη και ασφαλή υποδομή επικοινωνίας που μπορεί να διαχειριστεί τις τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγονται από μεγάλους στόλους φορτηγών και ρυμουλκούμενων, με ασφάλεια και με χαμηλή απόκριση.

#### *4.1.3 Στρώμα υποστήριξης – Microservices*

Το στρώμα υποστήριξης σε μια αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών αποτελεί τον πυρήνα των δυνατοτήτων επεξεργασίας του πληροφοριακού συστήματος. Αποτελείται από πολλαπλές ανεξάρτητες υπηρεσίες, καθεμία από τις οποίες έχει σχεδιαστεί για να διεκπεραιώνει μια συγκεκριμένη εργασία ή λειτουργία. Στο πλαίσιο ενός συστήματος πληροφοριών για φορτηγά και ρυμουλκούμενα, αποτελεί το σημείο όπου τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους αισθητήρες και τις πύλες IoT επεξεργάζονται, αναλύονται και αποθηκεύονται. Η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών επιτρέπει την επεκτασιμότητα, την ευελιξία και την εύκολη ενσωμάτωση με άλλα συστήματα.

Πιο συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών είναι ένα πρότυπο σχεδίασης όπου μια εφαρμογή χωρίζεται σε μικρές, ανεξάρτητες υπηρεσίες που μπορούν να αναπτυχθούν και να κλιμακωθούν ανεξάρτητα. Κάθε μικροϋπηρεσία είναι υπεύθυνη για μια συγκεκριμένη επιχειρησιακή λειτουργικότητα και επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα, όπως HTTP/REST ή ουρές ανταλλαγής μηνυμάτων [34].



Για την ανάπτυξη του υφιστάμενου πληροφοριακού συστήματος, οι μικροϋπηρεσίες backend αναλαμβάνουν διάφορες εργασίες, όπως επεξεργασία δεδομένων, ανάλυση προγνωστικής συντήρησης, παρακολούθηση στόλου, έλεγχο ταυτότητας χρηστών και ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο.

Παρακάτω παρουσιάζονται τρία βασικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής μικροϋπηρεσιών, που θα ευνοήσουν την ροή πληροφορίας και επεξεργασίας στο σύστημα :

- Αποσυνδεδεμένες υπηρεσίες: Κάθε μικροϋπηρεσία λειτουργεί ανεξάρτητα, επιτρέποντας στις ομάδες να τις αναπτύσσουν και να τις κλιμακώνουν χωρίς να επηρεάζουν τα άλλα μέρη του συστήματος.
- Επεκτασιμότητα: Οι μεμονωμένες υπηρεσίες μπορούν να κλιμακώνονται προς τα πάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με τη ζήτηση. Για παράδειγμα, η υπηρεσία προληπτικής συντήρησης μπορεί να χρειάζεται περισσότερους υπολογιστικούς πόρους κατά τη διάρκεια της αιχμής της χρήσης του στόλου, ενώ η υπηρεσία ελέγχου ταυτότητας μπορεί να μην χρειάζεται. Έτσι οι πόροι μπορούν να διανεμηθούν ευέλικτα και με αποτελεσματικότητα.
- Απομόνωση σφαλμάτων: Μια αποτυχία σε μια μικροϋπηρεσία δεν επιφέρει την πτώση ολόκληρου του συστήματος. Για παράδειγμα, εάν η υπηρεσία που διαχειρίζεται τις αναφορές οδηγών πέσει, το σύστημα μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί για άλλες βασικές δραστηριότητες, όπως η παρακολούθηση οχημάτων σε πραγματικό χρόνο.

Οι μικροϋπηρεσίες backend που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα φορτηγών και ρυμουλκούμενων είναι αρκετές και μπορούν να αυξηθούν ή να μειωθούν ανάλογα με τις ανάγκες που επιζητά η κάθε επιχείρηση. Ωστόσο, υπάρχουν μερικές υπηρεσίες οι οποίες είναι αναπόφευκτες ως προς την χρήση τους και είναι πολύ σημαντικό να υπάρχουν στο τρέχον πληροφοριακό σύστημα.

Αυτές είναι :

1. Υπηρεσία εισαγωγής δεδομένων: Αυτή η υπηρεσία λαμβάνει και επεξεργάζεται ακατέργαστα δεδομένα από τις πύλες IoT. Χειρίζεται πολλαπλές ροές δεδομένων από αισθητήρες (π.χ. υγεία κινητήρα, κατανάλωση καυσίμου, πίεση ελαστικών) και τις συγκεντρώνει για περαιτέρω ανάλυση. Ακόμη, η μικροϋπηρεσία εισαγωγής δεδομένων επεξεργάζεται δεδομένα τηλεμετρίας, όπως ποσοστά κατανάλωσης καυσίμου σε όλα τα οχήματα ενός στόλου, τυποποιώντας τα σε μορφή κατάλληλη για αποθήκευση και ανάλυση.
2. Υπηρεσία προληπτικής συντήρησης: Μια μικροϋπηρεσία προγνωστικής συντήρησης αναλύει ιστορικά δεδομένα και δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη πιθανών βλαβών ή απαιτούμενης συντήρησης. Μπορεί να χρησιμοποιήσει μοντέλα μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό μοτίβων που υποδεικνύουν ότι είναι πιθανό να εμφανιστεί κάποιο πρόβλημα. Παράδειγμα αποτελεί ένας αισθητήρας κραδασμών στον άξονα ενός φορτηγού ο οποίος μεταδίδει δεδομένα στο backend. Η υπηρεσία προληπτικής συντήρησης χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση για να αναλύσει τα μοτίβα κραδασμών και να προβλέψει πότε ο άξονας θα χρειαστεί συντήρηση, προγραμματίζοντάς την πριν από την εμφάνιση βλάβης.
3. Υπηρεσία παρακολούθησης στόλου: Αυτή η μικροϋπηρεσία παρακολουθεί συνεχώς τη θέση, την ταχύτητα και την κατάσταση των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο. Ενσωματώνεται με δεδομένα GPS και άλλους αισθητήρες για να παρέχει μια ολιστική εικόνα των λειτουργιών του στόλου, όπως για παράδειγμα μια συσκευή GPS που παρέχει δεδομένα στη μικροϋπηρεσία παρακολούθησης στόλου, η οποία ελέγχει τη διαδρομή ενός φορτηγού και παρέχει ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο στον διαχειριστή του στόλου, βοηθώντας τον να βελτιστοποιήσει τα χρονοδιαγράμματα παράδοσης ή φόρτωσης.
4. Υπηρεσία αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων: Αυτή η υπηρεσία χειρίζεται την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες, διασφαλίζοντας ότι είναι

διαθέσιμα τόσο για ανάλυση σε πραγματικό χρόνο όσο και για μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση. Μπορεί επίσης να διαχειριστεί τον κύκλο ζωής των δεδομένων, από την εισαγωγή έως τη διαγραφή. Βασική χρήση της υπηρεσίας αφορά τα ιστορικά δεδομένα σχετικά με την πίεση των ελαστικών να αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων που βασίζεται στο cloud. Το σύστημα μπορεί να αναλύσει αυτά τα δεδομένα με την πάροδο του χρόνου για να εντοπίσει τάσεις και να προβλέψει πότε τα ελαστικά είναι πιθανό να χρειαστούν αντικατάσταση.

5. Υπηρεσία ειδοποιήσεων: Η λειτουργία αυτή είναι υπεύθυνη για την αποστολή ειδοποιήσεων σε πραγματικό χρόνο σε οδηγούς, διαχειριστές στόλου ή τεχνικούς με βάση δεδομένα από άλλες υπηρεσίες. Για παράδειγμα, εάν ένας αισθητήρας παρακολούθησης πίεσης ελαστικών ανιχνεύει χαμηλή πίεση και στέλνει τα δεδομένα στο backend. Η υπηρεσία ειδοποίησης παράγει μια ειδοποίηση που αποστέλλεται στην εφαρμογή κινητού του οδηγού, προτρέποντάς τον να ελέγξει το ελαστικό πριν προκαλέσει βλάβη.
6. Υπηρεσία αναφοράς και ανάλυσης: Αυτή η υπηρεσία παράγει λεπτομερείς αναφορές σχετικά με την απόδοση του οχήματος, τη συμπεριφορά του οδηγού και τη συνολική αποδοτικότητα του στόλου με βάση τα δεδομένα που επεξεργάζονται άλλες μικροϋπηρεσίες. Μπορεί επίσης να παρέχει οπτικοποιήσεις και πίνακες οργάνων για τους διαχειριστές του στόλου. Μια υπηρεσία αναφοράς θα μπορούσε να παράγει μια εβδομαδιαία έκθεση κατανάλωσης καυσίμων, η οποία θα δείχνει τη μέση αποδοτικότητα καυσίμων για κάθε φορτηγό, βοηθώντας τους διαχειριστές να εντοπίσουν τα οχήματα με χαμηλές επιδόσεις και να προβούν σε διορθωτικές ενέργειες. Ακόμη, μπορεί να περιέχει στατιστικά από την συνολική επίδοση του πληροφοριακού συστήματος και την προσφορά του στις υπηρεσίες της εταιρείας.

Οι μικροϋπηρεσίες αλληλοεπιδρούν με τις πύλες IoT μέσω API για τη λήψη δεδομένων. Μετά την επεξεργασία, τα αποτελέσματα είτε αποστέλλονται πίσω στις συσκευές άκρης για άμεση δράση είτε αποθηκεύονται στο σύννεφο για περαιτέρω ανάλυση. Αυτές οι επικοινωνίες είναι συνήθως ασύγχρονες για την αποφυγή καθυστερήσεων, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα μπορεί να χειριστεί την επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας σε πραγματικό χρόνο.

Επομένως η μικροϋπηρεσία παρακολούθησης στόλου επικοινωνεί με συσκευές ακμής για να παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στους οδηγούς σχετικά με τα πρότυπα οδήγησής τους, ενώ οι υπηρεσίες προγνωστικής συντήρησης στέλνουν δεδομένα στο cloud για βαθύτερη ανάλυση και μελλοντικές συστάσεις.

Όπως και στα συστήματα επικοινωνίας θα πρέπει να υπάρχει ασφάλεια και στο στρώμα της υποστήριξης, κυρίως προστασία από ανεπιθύμητους χρήστες, διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό έχει πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα στόλου. Οι μικροϋπηρεσίες που χειρίζονται τον έλεγχο ταυτότητας και την εξουσιοδότηση είναι υπεύθυνες για τη διασφάλιση ότι μόνο εγκεκριμένοι χρήστες (π.χ. διαχειριστές στόλου, τεχνικοί) μπορούν να έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα ή να εκτελούν ενέργειες. Έτσι μια μικροϋπηρεσία ελέγχου ταυτότητας χρήστη μπορεί να επιβάλλει έλεγχο ταυτότητας δύο παραγόντων (2FA) για την πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα συντήρησης ή πληροφορίες θέσης του στόλου, διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να λαμβάνει αποφάσεις υψηλού αντίκτυπου, όπως η επαναδρομολόγηση οχημάτων ή ο προγραμματισμός συντήρησης.

Πρακτικά υπάρχουν ποικίλες εφαρμογές μικροϋπηρεσιών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες πλατφόρμες όπως αυτή της τηλεματικής. Η Geotab και η Samsara χρησιμοποιούν μια αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών για να προσφέρουν αρθρωτές, επεκτάσιμες υπηρεσίες διαχείρισης στόλου. Κάθε πτυχή της παρακολούθησης του στόλου, από τη συμπεριφορά του οδηγού έως τη διάγνωση του οχήματος, διεκπεραιώνεται από ειδικές μικροϋπηρεσίες που αλληλοεπιδρούν με πύλες IoT, αποθήκευση στο cloud και εφαρμογές διαχείρισης στόλου [35]. Για την προγνωστική συντήρηση με την χρήση AI υπάρχουν λύσεις όπως αυτή της Uptake

όπου χρησιμοποιούν μικροϋπηρεσίες προγνωστικής ανάλυσης που είναι ικανές να ενσωματώνουν δεδομένα αισθητήρων και να εκτελούν μοντέλα μηχανικής μάθησης για να προσφέρουν πληροφορίες προγνωστικής συντήρησης, διασφαλίζοντας ότι τα φορτηγά συντηρούνται πριν συμβούν κρίσιμες βλάβες [36].

Εν κατακλείδι, το Backend Layer σε μια αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών παρέχει την επεκτασιμότητα, την ευελιξία και την ασφάλεια που απαιτούνται για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων επεξεργασίας δεδομένων μεγάλης κλίμακας των σύγχρονων συστημάτων διάγνωσης φορτηγών και διαχείρισης στόλου. Κάθε μικροϋπηρεσία εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, από την εισαγωγή δεδομένων έως την προγνωστική συντήρηση, εξασφαλίζοντας αποτελεσματική λειτουργία και ελάχιστο χρόνο διακοπής λειτουργίας. Ωστόσο, οι βασικές μικροϋπηρεσίες που θα χρησιμοποιηθούν, είναι αυτή της εισαγωγής και αποθήκευσης δεδομένων, της προγνωστικής συντήρησης και της διάγνωσης των οχημάτων. Μια ορθή ιδέα επίσης, είναι η χρήση της υπηρεσίας αναφοράς για συνεχόμενη εξέλιξη των υπηρεσιών.

#### *4.1.3 Στρώμα διεπαφής χρήστη – User Interface*

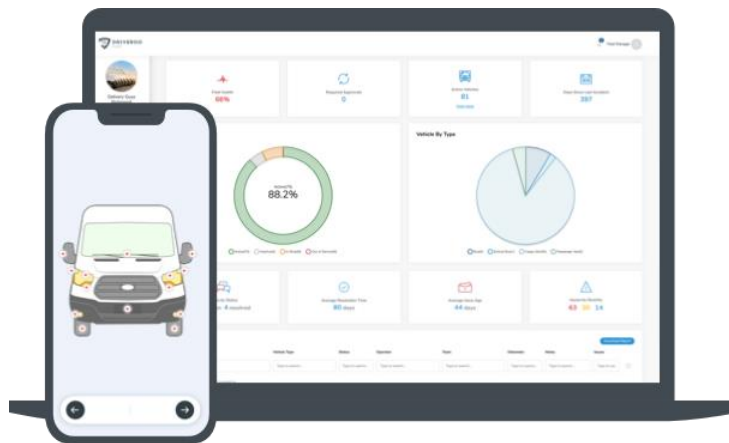
Στο πλαίσιο του σχεδιασμού πληροφοριακών συστημάτων, το επίπεδο διεπαφής χρήστη διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στη διασφάλιση της αποτελεσματικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών και του συστήματος. Η πολυπλοκότητα πληροφοριακών συστημάτων στόλου απαιτεί μια προσεκτική προσέγγιση στο σχεδιασμό διεπαφής, ώστε να διασφαλιστεί ότι εξυπηρετεί αποτελεσματικά τις ανάγκες των διαφόρων ομάδων χρηστών.

Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιούνται συνήθως διάφορες καθιερωμένες μέθοδοι και τεχνικές, οι οποίες υποστηρίζονται από τις αρχές του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού (HCD), τις μεθοδολογίες εμπειρίας χρήστη (UX) και τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών UI, όπως οι βιβλιοθήκες οπτικοποίησης δεδομένων και η ενσωμάτωση API.

Ο ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός βρίσκεται στο επίκεντρο της δημιουργίας ενός UI που είναι προσαρμοσμένο στις συγκεκριμένες ανάγκες και προσδοκίες των χρηστών. Σε ένα διαγνωστικό σύστημα, αυτό θα μπορούσε να σημαίνει σχεδιασμό διεπαφών που λαμβάνουν υπόψη τα διαφορετικά καθήκοντα και τους διαφορετικούς ρόλους των οδηγών, των τεχνικών και των διαχειριστών στόλου. Η διαδικασία ξεκινά με την κατανόηση των αναγκών των χρηστών μέσω τεχνικών όπως η χαρτογράφηση ενσυναίσθησης, η οποία εντοπίζει τα σημεία πόνου και τα πρότυπα αλληλεπίδρασης. Ακολουθεί η δημιουργία προσωπικοτήτων, όπου αναπτύσσονται λεπτομερή προφίλ για κάθε τύπο χρήστη, ώστε να διασφαλιστεί ότι το σύστημα ανταποκρίνεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις τους. Για παράδειγμα, η προσωπικότητα ενός διαχειριστή στόλου θα χρειαζόταν πιθανότατα πρόσβαση σε ολοκληρωμένες αναλύσεις δεδομένων, ενώ ένας οδηγός θα μπορούσε να απαιτήσει μια απλοποιημένη διεπαφή με έμφαση στις ειδοποιήσεις. Εργαλεία δημιουργίας πρωτοτύπων, όπως το Adobe XD ή το Figma, επιτρέπουν τη δημιουργία και δοκιμή διαδραστικών μοντέλων, διασφαλίζοντας ότι το UI βελτιώνεται επαναληπτικά με βάση την ανατροφοδότηση των χρηστών πριν από την τελική ανάπτυξη [37]. Μια άλλη μεθοδολογία είναι η εμπειρία χρήστη που δίνει έμφαση στη συνολική εμπειρία αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Ένα καλά σχεδιασμένο UI θα πρέπει να ακολουθεί βέλτιστες πρακτικές, όπως τα στοιχεία ευχρηστίας του Nielsen, για να διασφαλίσει ότι το σύστημα είναι εύκολο στην πλοήγηση, παρέχει σαφή ανατροφοδότηση και ευθυγραμμίζεται με τις προσδοκίες των χρηστών. Σε ένα σύστημα διάγνωσης φορτηγών, οι ροές εργασιών θα πρέπει να βελτιστοποιούνται για συχνές ενέργειες, όπως η καταγραφή ενός αιτήματος συντήρησης, ο προγραμματισμός μιας επισκευής ή η ανάλυση δεδομένων υγείας του οχήματος σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η ενσωμάτωση βρόχων ανατροφοδότησης -που παρέχουν στους χρήστες

άμεσες απαντήσεις στις ενέργειές τους βοηθά στη διατήρηση μιας απρόσκοπτης αλληλεπίδρασης με το σύστημα. Για παράδειγμα, όταν ένας τεχνικός υποβάλλει μια εντολή συντήρησης, το σύστημα θα πρέπει να επιβεβαιώνει την παραλαβή του αιτήματος και να παρέχει τυχόν σχετικές ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο.

Δεδομένης της ποικιλομορφίας των συσκευών που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την πρόσβαση στο σύστημα, από επιτραπέζιους υπολογιστές έως κινητές συσκευές, οι αρχές του Responsive και Adaptive Design είναι ζωτικής σημασίας. Η χρήση ευέλικτων διατάξεων πλέγματος και ερωτημάτων πολυμέσων διασφαλίζει ότι το UI προσαρμόζεται κατάλληλα σε διάφορα μεγέθη οθόνης και τρόπους αλληλεπίδρασης, είτε πρόκειται για διεπαφές βασισμένες στην αφή για κινητές συσκευές είτε για παραδοσιακές διεπαφές με κλικ του ποντικιού για περιβάλλοντα επιτραπέζιων υπολογιστών. Ένα σύγχρονο πλαίσιο, όπως το Bootstrap ή το Tailwind CSS, μπορεί να βοηθήσει στην υλοποίηση αυτών των ευέλικτων σχεδιασμών, επιτρέποντας στο σύστημα να λειτουργεί απρόσκοπτα σε μια σειρά Συσκευών [38].



Εικόνα 5: Αναπαράσταση UI πληροφοριακού συστήματος

Μία από τις βασικές προκλήσεις για το επίπεδο UI ενός συστήματος διάγνωσης φορτηγών είναι ο χειρισμός και η οπτικοποίηση του τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγονται από τους αισθητήρες. Ο σχεδιασμός με γνώμονα τα δεδομένα είναι απαραίτητος για τη δημιουργία διεπαφών που τα παρουσιάζουν σε μια σαφή, αξιοποιήσιμη μορφή. Για παράδειγμα, τα δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την απόδοση του κινητήρα, την αποδοτικότητα καυσίμου ή τα χρονοδιαγράμματα συντήρησης μπορούν να απεικονιστούν χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες, οι οποίες προσφέρουν διαδραστικές και δυναμικές γραφικές αναπαραστάσεις. Η χρήση προειδοποιήσεων με χρωματική κωδικοποίηση, όπου επείγοντα ζητήματα όπως η βλάβη των φρένων επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα, βοηθά στην ιεράρχηση της προσοχής του χρήστη. Η αρχή της ιεράρχησης των δεδομένων διασφαλίζει ότι οι χρήστες εστιάζουν πρώτα στα πιο κρίσιμα ζητήματα, ενώ τα στοιχεία χαμηλότερης προτεραιότητας εμφανίζονται με λιγότερο εμφανή τρόπο.

Η ανάπτυξη ενός τέτοιου προηγμένου UI ακολουθεί μια δομημένη διαδικασία, ξεκινώντας με τη συλλογή απαιτήσεων, όπου οι ανάγκες και τα σημεία πόνου των διαφόρων χρηστών εντοπίζονται μέσω συνεντεύξεων και παρατηρήσεων. Ακολουθεί ο καθορισμός των ρόλων και των δικαιωμάτων των χρηστών, διασφαλίζοντας ότι κάθε ομάδα χρηστών, βλέπει μια προσαρμοσμένη έκδοση του UI που παρέχει μόνο τις σχετικές πληροφορίες..

Μετά τη συλλογή των απαιτήσεων, χρησιμοποιούνται εργαλεία δημιουργίας πρωτοτύπων, όπως το Figma ή το Sketch, για τον σχεδιασμό της αρχικής διάταξης του UI. Αυτά τα εργαλεία

επιτρέπουν τη δημιουργία διαδραστικών μακετών, τα οποία μπορούν να δοκιμαστούν με πραγματικούς χρήστες για να διασφαλιστεί ότι η διεπαφή είναι διαισθητική και λειτουργική. Μόλις οριστικοποιηθεί ο σχεδιασμός, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλαίσια front-end όπως το React, για την ανάπτυξη της διεπαφής, διασφαλίζοντας ότι είναι αρθρωτή, επεκτάσιμη και ικανή για οπτικοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η ενσωμάτωση API επιτρέπει στο front end να αλληλοεπιδρά απρόσκοπτα με τις μικροϋπηρεσίες backend, ανακτώντας και εμφανίζοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στα φορητά.

Μια πολύ χρήσιμη λειτουργία είναι να περιλαμβάνει επίσης την ενσωμάτωση προγνωστικών γνώσεων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη για την υποβοήθηση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι συστάσεις που δημιουργούνται από την TN μπορούν να εμφανίζονται παράλληλα με τα δεδομένα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους χρήστες πληροφορίες που μπορούν να αναλάβουν δράση και να βοηθήσουν στην πρόληψη των βλαβών και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης του στόλου.

Συμπερασματικά, ο σχεδιασμός του επιπέδου UI ενός πληροφοριακού συστήματος για τη διάγνωση φορητών και την προληπτική συντήρηση απαιτεί την εφαρμογή καθιερωμένων τεχνικών. Αυτές οι τεχνικές διασφαλίζουν ότι το UI δεν είναι μόνο οπτικά ελκυστικό αλλά και λειτουργικό και διαισθητικό για τους χρήστες. Με την αξιοποίηση προηγμένων εργαλείων και τεχνολογιών, όπως η οπτικοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και η συνδεσιμότητα API, το UI μπορεί να παρέχει στους χρήστες αξιοποιήσιμες πληροφορίες και να συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ασφάλειας των στόλων τους.

#### *4.1.4 Στρώμα ασφάλειας και διαχείρισης δεδομένων – Security and Data Management*

Στο πλαίσιο των πληροφοριακών συστημάτων, το επίπεδο ασφάλειας και διαχείρισης δεδομένων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της ασφαλούς αποθήκευσης όλων των συλλεγόμενων και επεξεργασμένων δεδομένων και της καλής ρύθμισης της πρόσβασης στο σύστημα. Συγκεκριμένα, κατά το σχεδιασμό μιας αρχιτεκτονικής για διαγνωστικά εργαλεία σε φορητά και ρυμουλκούμενα, συμπεριλαμβανομένης της προληπτικής συντήρησης και της διαχείρισης στόλου, το στρώμα αυτό πρέπει να περιλαμβάνει βέλτιστες πρακτικές για την κρυπτογράφηση δεδομένων, τον έλεγχο πρόσβασης, τους μηχανισμούς ελέγχου ταυτότητας και την ακεραιότητα των δεδομένων, ενώ παράλληλα πρέπει να συμμορφώνεται με τα σχετικά πρότυπα και τους κανονισμούς ασφαλείας.

Η κατάλληλη επιλογή για την ασφάλεια και τη διαχείριση των δεδομένων του συστήματος περιστρέφεται γύρω από την υιοθέτηση τεχνολογιών και πρακτικών που εξασφαλίζουν τόσο την προστασία σε πραγματικό χρόνο όσο και τη μακροπρόθεσμη διαχείριση της ασφάλειας.

Μία από τις θεμελιώδεις πρακτικές για την εξασφάλιση δεδομένων, είτε κατά τη μεταφορά είτε σε κατάσταση ηρεμίας, είναι η χρήση ισχυρών πρωτοκόλλων κρυπτογράφησης, όπως το AES (Advanced Encryption Standard) [39]. Όταν τα δεδομένα μεταδίδονται από συσκευές άκρων ή αισθητήρες σε πύλες IoT και back-end συστήματα, το Transport Layer Security μπορεί να διασφαλίσει ότι αυτή η μετάδοση παραμένει ασφαλής από εξωτερικές απειλές.

Περαιτέρω η διαχείριση της πρόσβασης στο σύστημα είναι ζωτικής σημασίας για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Μπορεί να εφαρμοστεί ένα ισχυρό σύστημα ελέγχου πρόσβασης βάσει ρόλων, όπου χρήστες όπως οι διαχειριστές στόλου, το προσωπικό συντήρησης και οι διαχειριστές του συστήματος λαμβάνουν διαφορετικά επίπεδα πρόσβασης βάσει των ρόλων τους. Επιπλέον, ο έλεγχος ταυτότητας πολλαπλών παραγόντων προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας, διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να

έχει πρόσβαση στο σύστημα, ακόμη και αν τα διαπιστευτήρια έχουν παραβιαστεί. Εξίσου σημαντική είναι και η διασφάλιση ότι τα δεδομένα που μεταδίδονται από αισθητήρες και συσκευές IoT παραμένουν αναλλοίωτα και ακριβή. Για τον έλεγχο της ακεραιότητας των δεδομένων μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές κατακερματισμού όπως η SHA-256, ή αλλιώς Secure Hash Algorithm 256-bit, ο οποίος αξιοποιείται στην ασφάλεια με κρυπτογράφηση. Οι κρυπτογραφικοί αλγόριθμοι παράγουν μη αναστρέψιμα hashes ή κατακερματισμούς. Όσο περισσότερα τα πιθανά hashes, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα δύο τιμές να δημιουργήσουν τον ίδιο κατακερματισμό. Σε σενάρια όπου τα δεδομένα έχουν παραβιαστεί, το σύστημα μπορεί να επισημάνει τις ασυμφωνίες για περαιτέρω έλεγχο [40].

Επίσης στην ασφάλεια και διαχείριση βάσεων δεδομένων μεγάλων όγκων που εμπλέκονται στην προγνωστική συντήρηση και τη διαχείριση στόλου, μπορεί να εξεταστεί μια σχεσιακή βάση δεδομένων όπως η NoSQL με βάση τις ανάγκες κλιμάκωσης του συστήματος. Αυτή η βάση δεδομένων πρέπει να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά κρυπτογράφησης και δυνατότητες ελέγχου για την παρακολούθηση τυχόν μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή τροποποίησης δεδομένων. Πρέπει να διερευνηθούν διάφορα σενάρια όπου τα δεδομένα υποκλέπτονται και διαγράφονται από το σύστημα λόγω μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Έτσι η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας δεδομένων και η αποκατάσταση καταστροφών αποτελεί ένα σημαντικό σημείο για τη διασφάλιση της επιχειρησιακής συνέχειας. Οι λύσεις αποκατάστασης καταστροφών, όπως τα συστήματα αντιγραφής και αποκατάστασης αποτυχίας, μπορούν να διασφαλίσουν ότι το σύστημα συνεχίζει να λειτουργεί ακόμη και σε περίπτωση βλαβών υλικού ή κυβερνοεπιθέσεων. Μια ακόμη πλευρά που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι η συμμόρφωση και κανονισμοί ως προς τα πρότυπα που υπάρχουν. Το σύστημα θα πρέπει να συμμορφώνεται με τον GDPR (Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων), εάν λειτουργεί εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ή με τα πρότυπα ISO/IEC 27001 για τη διαχείριση της ασφάλειας των πληροφοριών, διασφαλίζοντας ότι τα ευαίσθητα δεδομένα, ιδίως οι προσωπικές πληροφορίες για τον οδηγό ή το όχημα προστατεύονται.

Είναι κατανοητό ότι η ασφάλεια των δεδομένων και η πρόληψη από κυβερνοεπιθέσεις, ενσωματώνεται πολύ πιο εύκολα και αποδοτικά στο σύστημα, όσο πιο οργανωμένα και διαχειρίσιμα είναι τα δεδομένα που αποθηκεύει, διανέμει και λαμβάνει.

Κατά τη διαχείριση των μεγάλων ποσοτήτων διαγνωστικών δεδομένων, των πληροφοριών προγνωστικής συντήρησης και των δεδομένων γεωεντοπισμού, το σύστημα μπορεί να επωφεληθεί από εργαλεία ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, όπως το Apache Hadoop, για την αποτελεσματική επεξεργασία και ανάλυση μαζικών ροών δεδομένων. Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν στο σύστημα να παρακολουθεί την απόδοση του οχήματος και να εντοπίζει αποτελεσματικότερα τις απαιτήσεις συντήρησης.

Μια λύση αποθήκευσης με βάση το νέφος, όπως η Amazon Web Services (AWS), θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως αξιόπιστη επιλογή αποθήκευσης δεδομένων. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν τόσο ασφαλή αποθήκευση δεδομένων όσο και ισχυρές δυνατότητες ανάλυσης που βοηθούν στη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων τηλεμετρίας οχημάτων, ιστορικών αρχείων συντήρησης και λειτουργικών δεδομένων.

Ολοκληρώνοντας, το επίπεδο ασφάλειας και διαχείρισης δεδομένων σε ένα πληροφοριακό σύστημα θα πρέπει να δίνει προτεραιότητα στην κρυπτογράφηση, τον έλεγχο πρόσβασης, τους ελέγχους ακεραιότητας και τα ισχυρά συστήματα αντιγράφων ασφαλείας, ενώ παράλληλα θα πρέπει να αξιοποιεί σύγχρονες λύσεις cloud και διαχείρισης δεδομένων για κλίμακα και αποτελεσματικότητα. Η σωστή ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών εξασφαλίζει ένα ασφαλές, αποτελεσματικό και κλιμακούμενο σύστημα ικανό να χειρίζεται τα πολύπλοκα περιβάλλοντα δεδομένων που αφορά τα συστήματα προληπτικής συντήρησης και διαχείρισης στόλου.

#### 4.1.5 Στρώμα υπολογιστικού νέφους και υποδομής – *Cloud and Infrastructure Layer*

Το στρώμα νέφους και υποδομής σε ένα σύγχρονο σύστημα πληροφοριών, ειδικά σε ένα σύστημα που έχει σχεδιαστεί για ως προς την προγνωστική συντήρηση και διάγνωση οχημάτων, διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT, εξασφαλίζοντας διαθεσιμότητα, επεκτασιμότητα, ευελιξία αλλά και ασφάλεια. Το στρώμα αυτό αποτελείται από διάφορα στοιχεία, όπως αποθήκευση στο σύννεφο, επεξεργαστική ισχύς, πόρους δικτύωσης και εργαλεία διαχείρισης υποδομών, τα οποία μαζί παρέχουν μια σταθερή βάση για διαγνωστικά συστήματα, προληπτικής συντήρησης και συστήματα λήψης αποφάσεων.

Πολλές πλατφόρμες από εταιρείες μεγάλου βεληνεκούς βασίζονται στην τεχνολογία του νέφους για να προσφέρουν υπηρεσίες μεγάλης αξίας στους πελάτες του. Μερικές από αυτές είναι :

1. Microsoft Azure: Αφορά μια πλατφόρμα υπολογιστικού νέφους της Microsoft και προσφέρει ένα ευρύ φάσμα λύσεων για αποθήκευση, υπολογισμό, δικτύωση και ανάπτυξη της μηχανικής μάθησης. Οι εικονικές μηχανές της πλατφόρμας επιτρέπουν στους χρήστες να αναπτύσσουν λειτουργικά συστήματα και να εκτελούν εφαρμογές σαν να βρίσκονταν σε φυσικούς διακομιστές. Για τη διαχείριση και διάγνωση στόλου, το Azure IoT Hub είναι μια βασική υπηρεσία που συνδέει αισθητήρες IoT στα φορτηγά με υπηρεσίες cloud για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Το Azure Cognitive Services ενισχύει τη διάγνωση και τη λήψη αποφάσεων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη, ενώ το Azure Blob Storage είναι προσαρμοσμένο για το χειρισμό μη δομημένων δεδομένων, όπως τα αρχεία καταγραφής συντήρησης και οι έξοδοι αισθητήρων [41]. Η ενσωμάτωση του Azure με το Power BI επιτρέπει επίσης την οπτικοποίηση και την ανάλυση ροών δεδομένων IoT, για μια περισσότερο ολοκληρωμένη λύση.
2. Google Cloud Platform: Το GCP επικεντρώνεται σε δυνατότητες υπολογιστών υψηλών επιδόσεων, μεγάλων δεδομένων και στην μηχανική μάθηση. Το Google Compute Engine παρέχει εξαιρετικά προσαρμόσιμες εικονικές μηχανές για το χειρισμό διαγνωστικών εργασιών, ενώ το BigQuery είναι μια πλατφόρμα ανάλυσης ικανή να χειρίζεται τεράστια σύνολα δεδομένων για προγνωστική συντήρηση και βελτιστοποίηση στόλου. Η μηχανή Kubernetes Engine της πλατφόρμας είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διαχείριση εφαρμογών που περιέχουν εμπορευματοκιβώτια, κάτι που αποτελεί κλειδί για την αρχιτεκτονική μικροπηρεσιών [42]. Το Google AI και το TensorFlow (ένα πλαίσιο μηχανικής μάθησης ανοικτού κώδικα) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μοντέλων που προβλέπουν τις ανάγκες συντήρησης με βάση ιστορικά δεδομένα, ενισχύοντας σημαντικά την απόδοση της προγνωστικής συντήρησης, και προγραμματίζοντας τις κατάλληλες επισκευές την κατάλληλη στιγμή.

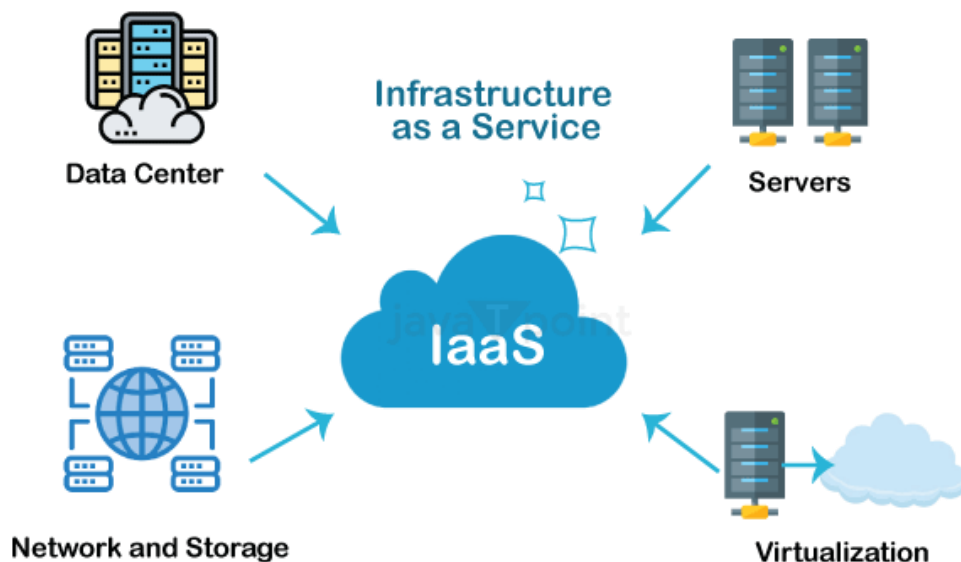
Η πλατφόρμα (IaaS) και η (PaaS) αποτελούν αναπόσπαστα συστατικά του υπολογιστικού νέφους, προσφέροντας το κάθε ένα ξεχωριστά αλλά αλληλένδετα επίπεδα υπηρεσιών που συμβάλλουν στην ευελιξία, την επεκτασιμότητα και την αποτελεσματικότητα των περιβαλλόντων που βασίζονται στο νέφος. Το υπολογιστικό νέφος στο σύνολό του παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα πρόσβασης σε πόρους μέσω του διαδικτύου, εξαλείφοντας την ανάγκη να διαθέτουν φυσική υποδομή. Αυτή η βασική ιδέα αποτελεί τη βάση τόσο για το IaaS όσο και για το PaaS, αλλά απευθύνονται σε διαφορετικά επίπεδα υπολογιστικών αναγκών.

Το IaaS – Infrastructure as a Service παρέχει θεμελιώδεις υπολογιστικούς πόρους μέσω του

διαδικτύου. Παρέχει εικονικοποιημένο υλικό, όπως αποθήκευση, δικτύωση και υπολογιστικούς πόρους, επιτρέποντας στους οργανισμούς να δημιουργούν, να αναπτύσσουν και να διαχειρίζονται εφαρμογές χωρίς να επενδύουν σε φυσική υποδομή [43]. Βασικό χαρακτηριστικό του είναι η ευέλικτη επεκτασιμότητα, πράγμα που σημαίνει ότι οι εταιρείες μπορούν να αυξάνουν ή να μειώνουν τους πόρους υποδομής τους ανάλογα με τη ζήτηση. Αυτό είναι ιδιαίτερα επωφελές για τη διαχείριση αιχμών σε δεδομένα, για παράδειγμα, σε ένα διαγνωστικό σύστημα όταν ένας ολόκληρος στόλος παράγει δεδομένα ταυτόχρονα. Έτσι, αντί να επενδύουν σε ακριβές φυσικές υποδομές, το IaaS επιτρέπει στις επιχειρήσεις να πληρώνουν για τους πόρους με βάση τη χρήση, επιτρέποντας τον έλεγχο του κόστους. Αυτό είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό για εταιρείες που έχουν κυμαινόμενες ανάγκες για υπολογιστική ισχύ, όπως όταν αναλύουν δεδομένα αισθητήρων φορητών σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

Το IaaS επίσης παρέχει στους χρήστες εικονικές μηχανές που λειτουργούν ως απομονωμένα υπολογιστικά περιβάλλοντα. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη φιλοξενία διαγνωστικού λογισμικού, τη διαχείριση δεδομένων αισθητήρων.

Ακόμη, η υπηρεσία περιλαμβάνει κλιμακούμενες λύσεις αποθήκευσης, όπως έχουν ήδη αναφερθεί αυτές είναι το Amazon S3, το Azure Blob Storage και το Google Cloud Storage, οι οποίες μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες μη δομημένων δεδομένων από αισθητήρες IoT, διαγνωστικές αναφορές και αρχεία καταγραφής συντήρησης οχημάτων. Όσον αφορά την ασφάλεια της υπηρεσίας cloud, τα δίκτυα vrn και τα τείχη προστασίας είναι διαθέσιμα στο IaaS για την ασφάλεια και τη διαχείριση της δικτυακής κίνησης των εφαρμογών. Για το μοντέλο του πληροφοριακού συστήματος, το επίπεδο IaaS θα μπορούσε να παρέχει εικονικές μηχανές που επεξεργάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από αισθητήρες IoT ενσωματωμένους σε οχήματα. Δεδομένα όπως η απόδοση του κινητήρα, η θερμοκρασία και η αποδοτικότητα καυσίμου μπορούν να μεταδίδονται σε αυτές τις εικονικές μηχανές, όπου επεξεργάζονται και αποθηκεύονται. Η επεκτασιμότητα του IaaS επιτρέπει στο σύστημα να διαχειρίζεται περιόδους αυξημένης ροής δεδομένων, όπως κατά τη διάρκεια ταξιδιών μεγάλων αποστάσεων ή διαγνωστικών ελέγχων σε ολόκληρο τον στόλο.



Εικόνα 6: IaaS υπηρεσία cloud

Εκτός από την υπηρεσία IaaS, υπάρχει και η PaaS – Platform as a Service, η οποία αντιπροσωπεύει ένα βασικό επίπεδο στην ευρύτερη έννοια του υπολογιστικού νέφους,

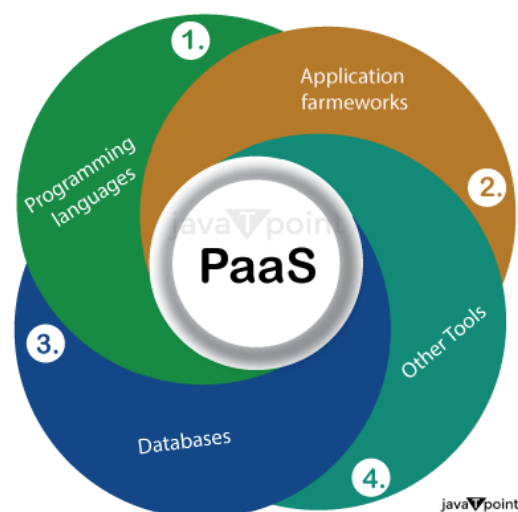


προσφέροντας στους προγραμματιστές και τις επιχειρήσεις τα εργαλεία και τα περιβάλλοντα που είναι απαραίτητα για την κατασκευή, τη δοκιμή και την ανάπτυξη εφαρμογών. Η σημασία της έγκειται στην ικανότητά του να εξορθολογήσει τη διαδικασία ανάπτυξης λογισμικού με την αφαίρεση της πολυπλοκότητας και της διαχείρισης της υποδομής. Αντί να βασίζεται στην παροχή διακομιστών, στη διαμόρφωση δικτύων ή στη συντήρηση της αποθήκευσης, οι προγραμματιστές μπορούν να επικεντρωθούν στη συγγραφή κώδικα και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των εφαρμογών.

Σε ένα μοντέλο PaaS, ο πάροχος του νέφους διαχειρίζεται την υποκείμενη υποδομή, συμπεριλαμβανομένων των διακομιστών, της αποθήκευσης, της δικτύωσης, ακόμη και των γραφικών επιπέδων[44]. Η διαχείριση αυτή επεκτείνεται συχνά και στα λειτουργικά συστήματα και τις βάσεις δεδομένων που υποστηρίζουν τις εφαρμογές. Οι προγραμματιστές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτή την πλατφόρμα μέσω του διαδικτύου, αξιοποιώντας μια σειρά εργαλείων, γλωσσών προγραμματισμού και βιβλιοθηκών που είναι προ-ενσωματωμένες στο περιβάλλον. Αυτή η ολοκληρωμένη πλατφόρμα μειώνει σημαντικά την πολυπλοκότητα της ανάπτυξης λογισμικού, ιδίως σε περιβάλλοντα που απαιτούν ταχεία επανάληψη ή συνεχή ανάπτυξη.

Για τις επιχειρήσεις, το PaaS παρέχει όχι μόνο μια κλιμακούμενη πλατφόρμα ανάπτυξης αλλά και εργαλεία για την επιτάχυνση της καινοτομίας. Οι εταιρείες δεν χρειάζεται πλέον να επενδύουν στην υποδομή που απαιτείται για την ανάπτυξη και τη δοκιμή εφαρμογών. Αντ' αυτού, μπορούν να αξιοποιήσουν τις προσφορές της PaaS για να κλιμακώσουν γρήγορα τα έργα, αποκτώντας πρόσβαση σε πρόσθετους πόρους ανάλογα με τις ανάγκες. Αυτή η διαθεσιμότητα των περιβαλλόντων ανάπτυξης ευθυγραμμίζεται με τις σύγχρονες επιχειρηματικές ανάγκες, όπου η ευελιξία και η ταχύτητα είναι ζωτικής σημασίας για την ανταγωνιστικότητα.

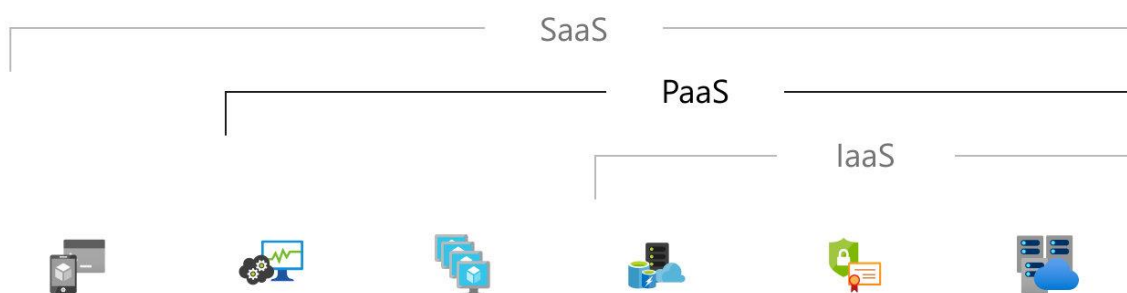
Ένα από τα καθοριστικά χαρακτηριστικά του PaaS είναι ότι διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ κατανεμημένων ομάδων. Στο σημερινό παγκοσμιοποιημένο εργασιακό περιβάλλον, οι ομάδες ανάπτυξης είναι συχνά διασκορπισμένες σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Με τη χρήση μιας λύσης PaaS που βασίζεται στο cloud, οι ομάδες μπορούν να συνεργάζονται σε πραγματικό χρόνο, έχοντας πρόσβαση στα ίδια εργαλεία και πόρους ανάπτυξης από οπουδήποτε υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτό εκδημοκρατίζει την πρόσβαση σε εξελιγμένα εργαλεία ανάπτυξης, τα οποία κάποτε ήταν διαθέσιμα μόνο σε μεγαλύτερους οργανισμούς με εκτεταμένους προϋπολογισμούς πληροφορικής.



Εικόνα 7: PaaS υπηρεσία

Σε σχέση με τις πλατφόρμες υπολογιστικού νέφους, το PaaS προσφέρει ένα υψηλότερο επίπεδο εργασιών από την υποδομή IaaS. Ενώ το IaaS παρέχει τις εικονικές μηχανές και τη βασική υποδομή για να εργαστούν οι προγραμματιστές, το PaaS φροντίζει για την εν λόγω υποδομή και παρέχει επίσης το περιβάλλον λογισμικού. Αυτό μειώνει τον φόρτο εργασίας για τις ομάδες ανάπτυξης, επιτρέποντάς τους να επικεντρωθούν αποκλειστικά στη λογική της εφαρμογής, την εμπειρία χρήστη και το σύνολο των χαρακτηριστικών. Οι προσφορές PaaS συχνά περιλαμβάνουν εργαλεία για τη διαχείριση του κύκλου ζωής των εφαρμογών, τον έλεγχο εκδόσεων και την παρακολούθηση, απλοποιώντας περαιτέρω τη διαδικασία ανάπτυξης λογισμικού.

Οι προγραμματιστές που εργάζονται σε μια εφαρμογή για την προγνωστική συντήρηση σε οχήματα μεταφορών μπορεί να χρησιμοποιήσουν μια λύση PaaS για τη δημιουργία και τη δοκιμή αλγορίθμων που επεξεργάζονται δεδομένα αισθητήρων από συσκευές με δυνατότητα IoT. Δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την υποδομή backend που συλλέγει, αποθηκεύει ή αναλύει τα δεδομένα- αντίθετα, μπορούν να επικεντρωθούν στην τελειοποίηση των μοντέλων μηχανικής μάθησης και στην κατασκευή των διεπαφών που αλληλοεπιδρούν με το σύστημα. Επιπλέον, με το PaaS, αυτές οι εφαρμογές μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν με άλλες υπηρεσίες, όπως βάσεις δεδομένων ή εργαλεία AI, χωρίς να απαιτείται εκτεταμένη προσαρμοσμένη ανάπτυξη.



Εικόνα 8: Σύγκριση PaaS – IaaS

Το υπολογιστικό νέφος βασίζεται σε ένα σύνολο βασικών τεχνολογιών που επιτρέπουν την απρόσκοπτη, κλιμακούμενη και ευέλικτη χρήση υπολογιστικών πόρων μέσω του διαδικτύου. Αυτές οι τεχνολογίες είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των υπηρεσιών νέφους, καθώς παρέχουν τη ραχοκοκαλιά για την παροχή πόρων με αποτελεσματικό και ασφαλές τρόπο. Οι σημαντικότερες τεχνολογίες στο υπολογιστικό νέφος περιλαμβάνουν την εικονικοποίηση, την αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες, την υπολογιστική πλέγματος και τα καταναμημένα συστήματα, καθεμία από τις οποίες συμβάλλει στη συνολική υποδομή και λειτουργικότητα του νέφους.

Η εικονικοποίηση είναι η θεμελιώδης τεχνολογία που επιτρέπει την ύπαρξη του υπολογιστικού νέφους στη σύγχρονη μορφή του. Μέσω της εικονικοποίησης, οι φυσικοί υπολογιστικοί πόροι, όπως οι διακομιστές, η αποθήκευση και τα δίκτυα, μπορούν να διασπαστούν σε πολλαπλές εικονικές μηχανές, επιτρέποντας σε πολλούς χρήστες να έχουν ταυτόχρονη πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους. Κάθε virtual machine συμπεριφέρεται σαν ξεχωριστό, ανεξάρτητο

μηχάνημα, παρόλο που μπορεί να εκτελείται σε κοινόχρηστο υλικό. Αυτή η αφαίρεση των πόρων υλικού επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση της φυσικής υποδομής, διασφαλίζοντας ότι η υπολογιστική ισχύς, η μνήμη και η αποθήκευση κατανέμονται με τον βέλτιστο τρόπο για να καλύψουν τις ανάγκες πολλαπλών χρηστών ή εφαρμογών. Η εικονικοποίηση επιτρέπει επίσης την εύκολη επεκτασιμότητα, καθώς μπορούν να δημιουργηθούν ή να παροπλιστούν πρόσθετες εικονικές μηχανές ανάλογα με τη ζήτηση, παρέχοντας ευελιξία στη διαχείριση των πόρων.

Εκτός από την εικονικοποίηση, η αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις υπηρεσίες διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο υπολογιστικό νέφος, ιδίως για τα μοντέλα πλατφόρμας και λογισμικού ως υπηρεσία (PaaS και SaaS). Αυτό το αρχιτεκτονικό στυλ επιτρέπει την κατασκευή εφαρμογών λογισμικού ως σύνολο λειτουργικών υπηρεσιών. Κάθε υπηρεσία αντιπροσωπεύει μια διακριτή μονάδα λειτουργικότητας, η οποία μπορεί να προσπελαστεί μέσω δικτύου. Αυτή η προσέγγιση στην ανάπτυξη λογισμικού επιτρέπει στις εφαρμογές που βασίζονται στο νέφος να ενσωματώνονται με άλλες υπηρεσίες και συστήματα με ευέλικτο και επεκτάσιμο τρόπο. Ακόμη στηρίζει την αρχιτεκτονική μικροπηρεσιών που χρησιμοποιείται συνήθως στις σύγχρονες πλατφόρμες cloud, όπου οι εφαρμογές αναλύονται σε ανεξάρτητες υπηρεσίες που μπορούν να αναπτυχθούν, να αναπτυχθούν και να κλιμακωθούν μεμονωμένα.

Το Grid computing είναι μια άλλη βασική τεχνολογία που επηρέασε την ανάπτυξη του cloud computing. Η υπολογιστική πλέγματος αναφέρεται στην πρακτική της συγκέντρωσης της επεξεργαστικής ισχύος πολλών υπολογιστών για να εργαστούν σε ένα ενιαίο πρόβλημα ή έργο, δημιουργώντας έτσι έναν εικονικό υπερυπολογιστή. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την καταναμημένη επεξεργασία εργασιών σε ένα δίκτυο υπολογιστών, βελτιστοποιώντας τη χρήση των πόρων [45]. Στο υπολογιστικό νέφος, οι αρχές του grid computing εφαρμόζονται για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία δεδομένων μεγάλης κλίμακας και οι πολύπλοκοι υπολογισμοί, ιδίως σε εφαρμογές όπως η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και η επιστημονική έρευνα.

Μια άλλη σημαντική τεχνολογία είναι τα καταναμημένα συστήματα, τα οποία επιτρέπουν την κατανομή των υπολογιστικών εργασιών σε πολλούς υπολογιστές, εξασφαλίζοντας υψηλή διαθεσιμότητα, ανοχή σε σφάλματα και επεκτασιμότητα. Σε ένα περιβάλλον νέφους, τα καταναμημένα συστήματα διασφαλίζουν ότι οι υπηρεσίες παραμένουν διαθέσιμες ακόμη και αν μεμονωμένοι διακομιστές αποτύχουν. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανομή των φόρτων εργασίας σε διάφορα κέντρα δεδομένων και περιοχές, μειώνοντας τον κίνδυνο απώλειας δεδομένων ή διακοπής υπηρεσιών. Οι πάροχοι υπηρεσιών cloud συχνά εφαρμόζουν καταναμημένα συστήματα αρχείων, όπως το Google File System ή το Simple Storage Service της Amazon, για τη διαχείριση τεράστιων όγκων δεδομένων σε γεωγραφικά διασκορπισμένες τοποθεσίες.

## 4.2 – Ροή δεδομένων στο σύστημα - Data flow

Με την ολοκλήρωση των στρωμάτων που θα ολοκληρώνουν την συνολική αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος, απομένει η διαδικασία ροής των δεδομένων στο σύστημα, δηλαδή με ποιον τρόπο ακριβώς το ένα στρώμα θα διαχειρίζεται τα δεδομένα που του παρέχονται, τι δεδομένα θα έχει στην έξοδό του αλλά και με ποιον τρόπο και με ποια άλλα στρώματα θα επικοινωνεί.

Σε ένα πλήρως λειτουργικό σύστημα πληροφοριών προσαρμοσμένο για τη διάγνωση βλαβών οχημάτων μεταφοράς, την προληπτική συντήρηση και τη διαχείριση στόλου, τα δεδομένα κινούνται μέσω μιας σειράς διασυνδεδεμένων επιπέδων, καθένα από τα οποία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της σωστής καταγραφής, μετάδοσης, ανάλυσης και χρήσης των

πληροφοριών για τη λήψη αποφάσεων. Κάθε στρώμα ενσωματώνει συγκεκριμένες τεχνολογίες, επιτρέποντας στο σύστημα να λειτουργεί απρόσκοπτα σε διάφορους επιχειρησιακούς τομείς.

Η διαδικασία ξεκινά με το στρώμα συλλογής δεδομένων, όπου οι αισθητήρες και οι ακραίες συσκευές είναι υπεύθυνες για τη συλλογή δεδομένων από τα φορητά και τα ρυμουλκούμενα. Αυτοί οι αισθητήρες είναι στρατηγικά τοποθετημένοι σε όλο το όχημα για να καταγράφουν διάφορες λειτουργικές μετρήσεις, όπως η θερμοκρασία του κινητήρα, η κατανάλωση καυσίμου, η πίεση των ελαστικών και η αποτελεσματικότητα της πέδησης. Αυτά τα ακατέργαστα δεδομένα αποτελούν τη βάση ολόκληρου του συστήματος. Όλα αυτά τα δεδομένα συλλέγονται στην άκρη, πράγμα που σημαίνει ότι επεξεργάζονται τοπικά στο επίπεδο του οχήματος πριν μεταδοθούν στο επόμενο επίπεδο του συστήματος. Οι συσκευές ακραίων σημείων, όπως τα υπολογιστικά συστήματα επί του οχήματος, επεξεργάζονται και φιλτράρουν αυτά τα δεδομένα για να διασφαλίσουν ότι μόνο οι σχετικές πληροφορίες αποστέλλονται προς τα εμπρός, μειώνοντας το φορτίο στο δίκτυο επικοινωνίας και βελτιώνοντας τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος.

υπολογιστικά συστήματα επί του οχήματος, επεξεργάζονται και φιλτράρουν αυτά τα δεδομένα για να διασφαλίσουν ότι μόνο οι σχετικές πληροφορίες αποστέλλονται προς τα εμπρός, μειώνοντας το φορτίο στο δίκτυο επικοινωνίας και βελτιώνοντας τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος.

Μόλις τα δεδομένα συλλεχθούν και υποστούν προ επεξεργασία, μετακινούνται στο επίπεδο επικοινωνίας. Αυτό το στρώμα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις πύλες IoT, οι οποίες χρησιμεύουν ως γέφυρες μεταξύ των συσκευών άκρου και του cloud ή των backend συστημάτων. Οι πύλες IoT χειρίζονται την ασφαλή και αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως το LoRaWAN. Η πύλη διασφαλίζει τη συνεχή και ασφαλή ροή δεδομένων από τα οχήματα προς το κεντρικό σύστημα, ακόμη και σε απομακρυσμένα ή δύσκολα περιβάλλοντα. Ο ρόλος των πυλών IoT είναι κρίσιμος για τη διασφάλιση της επικοινωνίας χαμηλής καθυστέρησης, της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο και της ακεραιότητας των δεδομένων κατά τη μετάδοση. Δεδομένου ότι τα φορητά και τα ρυμουλκούμενα κινούνται συνεχώς, οι πύλες πρέπει να είναι ανθεκτικές, με δυνατότητα να διαχειρίζονται διακοπόμενες συνδέσεις και ποικίλες συνθήκες δικτύου.

Αφού τα δεδομένα μεταδοθούν μέσω των πυλών, φτάνουν στο Backend Layer, το οποίο βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών [46]. Εδώ, το σύστημα επεξεργάζεται τα εισερχόμενα δεδομένα μέσω εξειδικευμένων υπηρεσιών, καθεμία από τις οποίες είναι υπεύθυνη για διαφορετικές λειτουργίες, όπως η προγνωστική ανάλυση, οι διαγνωστικές αναφορές και η δημιουργία ειδοποιήσεων. Η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών επιτρέπει την ταξινόμηση, όπου κάθε υπηρεσία μπορεί να αναπτυχθεί και να κλιμακωθεί ανεξάρτητα ανάλογα με τις ανάγκες του στόλου. Για παράδειγμα, μια μικροϋπηρεσία μπορεί να αναλύει τα δεδομένα του συστήματος πέδησης για να προβλέπει τις ανάγκες συντήρησης, ενώ μια άλλη επεξεργάζεται δεδομένα πίεσης ελαστικών για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του οχήματος. Η επεκτασιμότητα των μικροϋπηρεσιών τις καθιστά ιδανικές για συστήματα που πρέπει να διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων, κάτι που είναι απαραίτητο στη διαχείριση στόλου, όπου παρακολουθούνται ταυτόχρονα εκατοντάδες ή χιλιάδες οχήματα. Οι μικροϋπηρεσίες επιτρέπουν επίσης συνεχείς ενημερώσεις και βελτιώσεις, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα παραμένει ευέλικτο και προσαρμόσιμο στις εξελισσόμενες επιχειρηματικές ανάγκες.

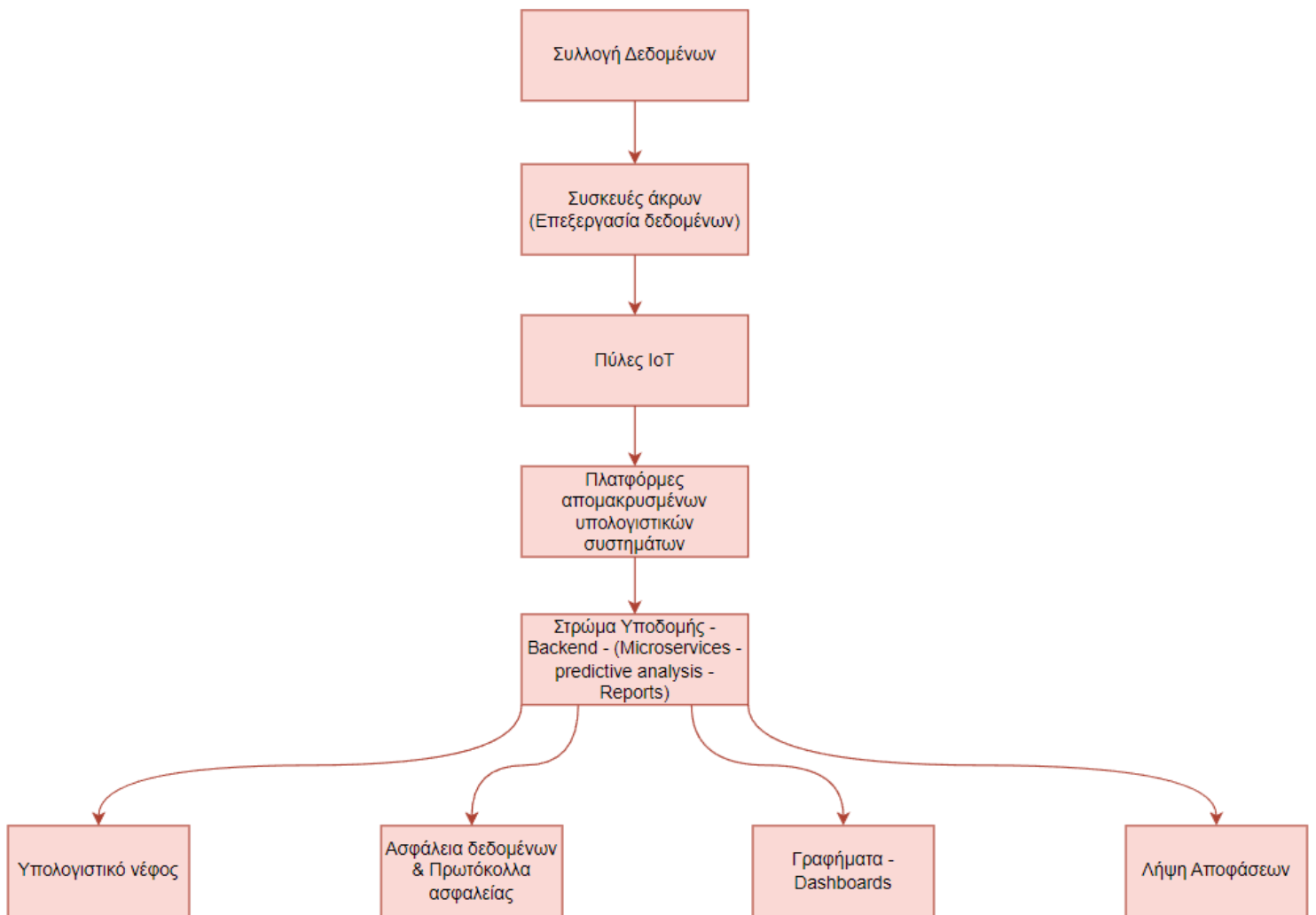
Αφού τα δεδομένα έχουν συλλεχθεί και επεξεργαστεί μπορούν πλέον να γίνουν ορατά σε μια οθόνη ενός υπολογιστή. Το στρώμα διεπαφής χρήστη παρέχει την πρόσβαση στο σύστημα, όπου οι διαχειριστές στόλου και το προσωπικό μπορούν να αλληλοεπιδρούν με τα δεδομένα.

Το επίπεδο αυτό πρέπει να είναι διαισθητικό και να έχει σχεδιαστεί με βάση τις αρχές του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού, διασφαλίζοντας ότι οι χρήστες μπορούν εύκολα να ερμηνεύουν τις πληροφορίες και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Το UI παρουσιάζει τα δεδομένα οπτικά, συχνά με τη μορφή ταμπλό, γραφημάτων και ειδοποιήσεων, επιτρέποντας τη γρήγορη και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων.

Το επίπεδο ασφάλειας και διαχείρισης δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία των ευαίσθητων πληροφοριών από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή αλλοίωση. Δεδομένου ότι το σύστημα χειρίζεται κρίσιμα επιχειρησιακά δεδομένα και συχνά ενσωματώνεται με εξωτερικά δίκτυα, είναι αναγκαία τα ισχυρά μέτρα ασφαλείας. Η κρυπτογράφηση δεδομένων, τα ασφαλή πρωτόκολλα επικοινωνίας και οι έλεγχοι πρόσβασης βάσει ρόλων διασφαλίζουν ότι μόνο το εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να έχει πρόσβαση σε συγκεκριμένα τμήματα του συστήματος. Προηγμένες τεχνολογίες όπως η αλυσίδα μπλοκ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός απαραβίαστου αρχείου όλων των συναλλαγών και των μεταφορών δεδομένων, προσθέτοντας ένα ακόμη επίπεδο ασφάλειας [47]. Επιπλέον, εφαρμόζονται τακτικοί έλεγχοι και συστήματα παρακολούθησης για τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση πιθανών απειλών σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα ενσωματώνει επίσης στρατηγικές διαχείρισης δεδομένων για τον χειρισμό των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που συλλέγονται, διασφαλίζοντας ότι αποθηκεύονται, δημιουργούνται αντίγραφα ασφαλείας και ανακτώνται αποτελεσματικά όταν χρειάζεται. Το στρώμα ασφαλείας θα πρέπει να είναι άμεσα συνδεδεμένο με τα στρώματα της συλλογής δεδομένων και μετάδοσης τους αλλά και με το στρώμα του cloud, όπου αφορά αποθήκευση και μετάδοση δεδομένων.

Τέλος, το στρώμα υπολογιστικού νέφους και υποδομής παρέχει την υπολογιστική ισχύ και την αποθήκευση που απαιτούνται για την υποστήριξη ολόκληρου του συστήματος. Πλατφόρμες νέφους όπως το Google Cloud προσφέρουν επεκτάσιμη υποδομή, επιτρέποντας στο σύστημα να αναπτύσσεται καθώς επεκτείνεται ο στόλος. Αυτές οι πλατφόρμες παρέχουν επίσης εργαλεία για την ανάλυση μεγάλων δεδομένων, τη μηχανική μάθηση και τις διορατικές πληροφορίες βάσει τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες είναι απαραίτητες για την προγνωστική συντήρηση. Τα μοντέλα υποδομής ως υπηρεσία (IaaS) και πλατφόρμας ως υπηρεσία (PaaS) χρησιμοποιούνται για να παρέχουν ευελιξία στη διαχείριση του υποκείμενου υλικού και λογισμικού. Αξιοποιώντας το cloud, το σύστημα μπορεί να χειριστεί την επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων μεγάλης κλίμακας, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα ολόκληρου του στόλου είναι συνεχώς διαθέσιμα και υποβάλλονται σε επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο.

Συνοψίζοντας, η ροή των δεδομένων μέσω όλων αυτών των επιπέδων είναι υψίστης σημασίας για την επιτυχία του συστήματος. Από τους αισθητήρες που συλλαμβάνουν δεδομένα σε επίπεδο οχήματος, μέχρι τις πύλες IoT που τα μεταδίδουν στο cloud και τις μικροπηρεσίες που τα επεξεργάζονται για ανάλυση, κάθε επίπεδο παίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της απρόσκοπτης λειτουργίας του συστήματος. Στη συνέχεια, τα δεδομένα παρουσιάζονται μέσω του UI, επιτρέποντας στους διαχειριστές του στόλου να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, ενώ τα μέτρα ασφαλείας διασφαλίζουν ότι τα δεδομένα παραμένουν προστατευμένα καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Το νέφος και η υποδομή παρέχουν την επεκτασιμότητα και την υπολογιστική ισχύ που απαιτούνται για τη διαχείριση των τεράστιων όγκων δεδομένων που παράγονται, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί και να προσαρμοστεί στις ανάγκες της επιχείρησης.



*Εικόνα 9: Ροή Εργασιών Πληροφοριακού Συστήματος*

### 4.3 – Αναπαράσταση use case σεναρίου σε UML – Use Case Scenario in UML

Με την δημιουργία των επιπέδων που απαρτίζουν το συνολικό πληροφοριακό σύστημα και την ροή εργασιών και επικοινωνίας του κάθε στρώματος με τα υπόλοιπα, μπορούν πλέον να τεθούν οι εργασίες που θα εκτελεί η κάθε οντότητα που θα αλληλοεπιδρά με το σύστημα. Δηλαδή, είναι εφικτή η δημιουργία ενός πιθανού σεναρίου χρήσης του πληροφοριακού συστήματος. Το σενάριο χρήσης προσδίδει περισσότερο στο πρακτικό κομμάτι του πληροφοριακού συστήματος, και φέρνει ένα βήμα πιο κοντά την δημιουργία και την εφαρμογή του. Επιπλέον, το use case που θα δημιουργηθεί συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αρχική παρουσίαση του πληροφοριακού συστήματος συντήρησης στόλου οχημάτων μεταφορών, καθώς περιέχει τις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, την ροή των δεδομένων στο σύστημα και επιπλέον τους τρόπους με τους οποίους τα κάθε συμβαλλόμενα μέλη θα εργάζονται πάνω σε αυτό. Δημιουργώντας έτσι ένα κλίμα ρεαλισμού και αρχικών απαιτήσεων.

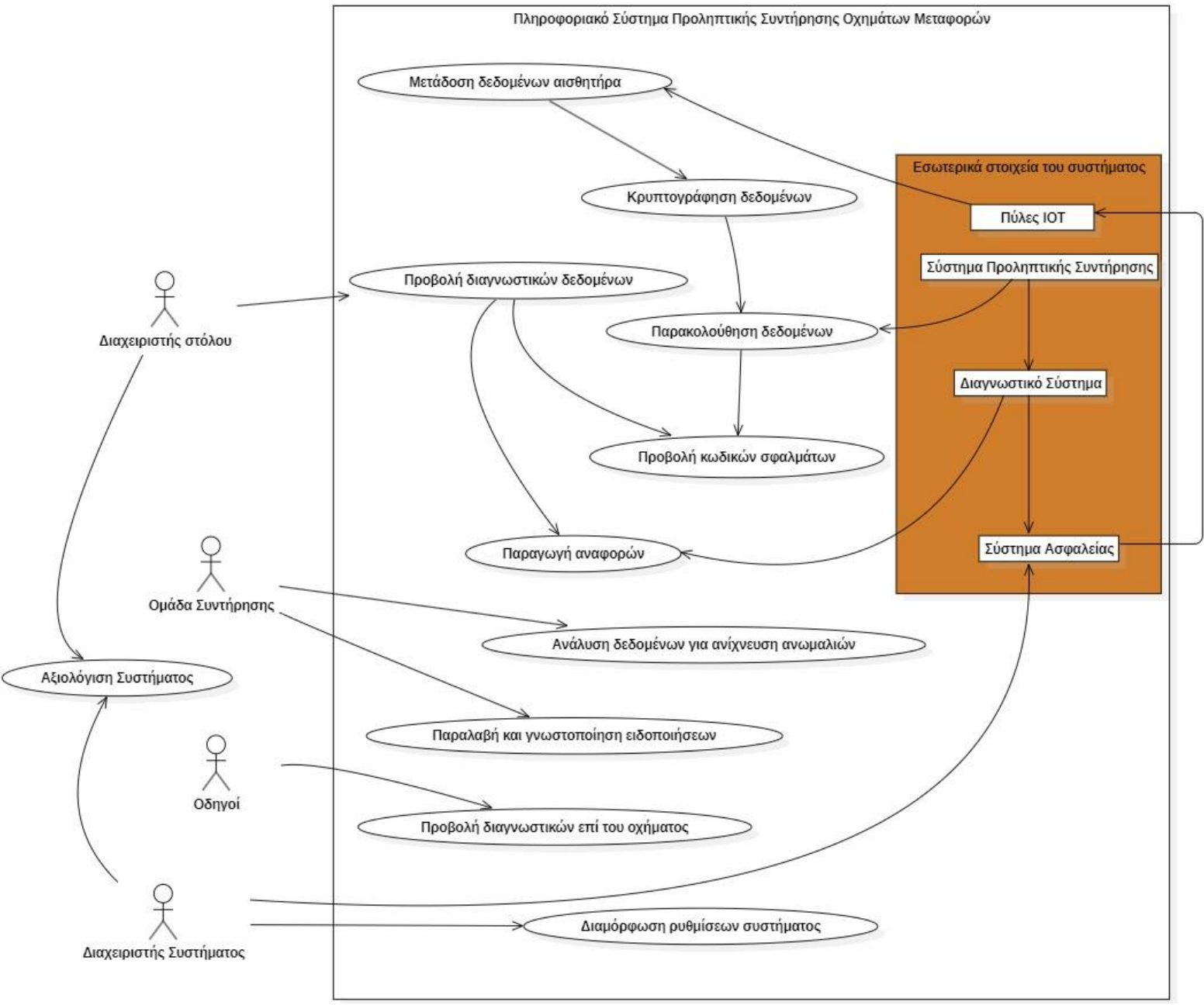
Στην UML οι χρήστες του πληροφοριακού συστήματος διαδραματίζονται σαν οντότητες. Οι οντότητες αυτές είναι η ομάδα συντήρησης, ο διαχειριστής στόλου, οι οδηγοί και ο διαχειριστής του συστήματος. Η ομάδα συντήρησης θα έχει πρόσβαση στα δεδομένα που αφορούν αποκλειστικά την συντήρηση του οχήματος, για παράδειγμα στάθμη λαδιών, λειτουργία μπαταρίας, υγεία κινητήρα και πίεσης ελαστικών. Με την πρόσβαση στα δεδομένα αυτά, έρχεται αντιμέτωπη με την επίλυση ζητημάτων συντήρησης, και άμεσης ανταπόκρισης σε περίπτωση βλάβης. Ακόμη, εξασφαλίζουν ότι τα δεδομένα είναι πιστά ως προς την εγκυρότητά τους προκειμένου να καθοριστούν ορθές οι αναφορές που δημιουργεί το σύστημα αυτόματα. Έπειτα, οι οδηγοί θα μπορούν εν μέρη να έρχονται σε επαφή με το σύστημα, καθώς θα μπορούν να λαμβάνουν τοπικά προειδοποιήσεις σχετικά με την κατάσταση του οχήματος σε πραγματικό χρόνο. Είναι απαραίτητο, οι οδηγοί να έχουν επαφή με το σύστημα καθώς βρίσκονται στην πρώτη γραμμή για να προβούν σε ενέργειες σε περίπτωση βλάβης, και να δώσουν στην ομάδα συντήρησης περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με το όχημα. Ο διαχειριστής στόλου, έχει συγκεκριμένα use cases. Αρχικά, μπορεί ανά πάσα στιγμή να έχει πρόσβαση σε δεδομένα διάγνωσης από το σύστημα. Έτσι, σε περίπτωση βλάβης θα γνωρίζει με ακρίβεια το πρόβλημα που υπάρχει καθώς δημιουργείται ένας ξεχωριστός κωδικός για το κάθε σφάλμα και να απευθυνθεί στην ομάδα συντήρησης προκειμένου να λυθεί το πρόβλημα. Παράλληλα, εάν η βλάβη γίνει μακριά από την έδρα της επιχείρησης, με το διαγνωστικό εργαλείο θα γνωρίζει σε ποιο εξιδικευμένο συνεργείο πρέπει να πάει το όχημα, αλλά και το πιο σημαντικό τι δουλειά πρέπει να γίνει σε αυτό. Γλιτώνοντας έτσι σημαντικό χρόνο αποκατάστασης του οχήματος και επιπλέον δαπάνες. Ο διαχειριστής του στόλου επίσης, είναι αυτός ο οποίος θα επιβλέπει τις αναφορές του συστήματος. Οι αναφορές που δημιουργεί το σύστημα είναι εβδομαδιαίες, για την κατανάλωση καυσίμου, την φθορά των ελαστικών, τα συνολικά χιλιόμετρα, την φθορά του κινητήρα και των ελαστικών. Όλες αυτές οι παράμετροι, βοηθούν τον διαχειριστή του στόλου να οργανώσει καλύτερα τις φορτώσεις και τις παραδόσεις που έχει να κάνει το κάθε όχημα με αποτέλεσμα η κάθε διαδρομή να πραγματοποιείται χωρίς ρίσκα. Τέλος, ο διαχειριστής του συστήματος, θα μπορεί να εκτελεί αλλαγές εσωτερικά στις ρυθμίσεις του. Οι αλλαγές μπορεί να έγκειται σε λόγους ασφαλείας, προσβασιμότητας και ταχύτητας. Άμεση, αρμοδιότητά του είναι η επικοινωνία με τα υπόλοιπα τμήματα για την διεκπεραίωση των αναγκών και των ελλείψεων του συστήματος.

Πέρα από τους ανθρώπινους χρήστες που αλληλοεπιδρούν με το σύστημα, όπως ο Διαχειριστής Στόλου, η ομάδα Συντήρησης, οι οδηγοί, και ο διαχειριστής του συστήματος, υπάρχουν μια σειρά από εσωτερικά τεχνολογικά στοιχεία που συνεργάζονται για να προσφέρουν την απαιτούμενη υποδομή, και έχουν καθοριστικό ρόλο στην εγκυρότητα των στοιχείων και των εργασιών που εκτελούν οι οντότητες. Εσωτερικό στοιχείο, είναι οι πύλες IoT, που παίζουν

βασικό ρόλο, καθώς αποτελούν τον πρώτο σταθμό μετάδοσης των δεδομένων από τους αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι στα οχήματα. Οι αισθητήρες καταγράφουν δεδομένα του οχήματος, όπως η κατάσταση του κινητήρα, τα καύσιμα, η πίεση των ελαστικών, και άλλες λειτουργικές παραμέτρους. Τα δεδομένα αυτά μεταδίδονται στις πύλες IoT, όπου γίνεται η αρχική συλλογή και προώθηση των πληροφοριών προς το υπολογιστικό σύστημα. Στην διαδικασία ελέγχου εντάσσεται το εσωτερικό σύστημα προληπτικής συντήρησης. Το σύστημα προληπτικής συντήρησης, το οποίο αποτελεί βασικό στοιχείο του πληροφοριακού συστήματος, διαχειρίζεται τα δεδομένα που συλλέγονται και τα μετατρέπει σε χρήσιμες πληροφορίες για τον διαχειριστή του στόλου και την ομάδα συντήρησης. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης, το σύστημα είναι σε θέση να προβλέπει πότε ένα όχημα μπορεί να εμφανίσει βλάβη, ή πότε απαιτείται συντήρηση. Αυτό επιτρέπει στο σύστημα να εκδώσει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση του οχήματος, επιτρέποντας την άμεση λήψη μέτρων πριν το πρόβλημα γίνει σοβαρό. Το διαγνωστικό σύστημα διαδραματίζει επίσης καθοριστικό ρόλο στην ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων που παράγονται. Αφού το σύστημα προληπτικής συντήρησης ολοκληρώσει την επεξεργασία των δεδομένων, τα τελικά στοιχεία παραδίδονται στο διαγνωστικό σύστημα, το οποίο δημιουργεί αναφορές διάγνωσης και παρουσιάζει τα δεδομένα με ακρίβεια, υποδεικνύοντας εάν το όχημα χρειάζεται άμεση συντήρηση ή μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί. Σημαντική είναι και η λειτουργία του συστήματος ασφαλείας. Καθώς το πληροφοριακό σύστημα συλλέγει και επεξεργάζεται κρίσιμα δεδομένα, είναι απαραίτητο να διασφαλίζεται η ασφάλεια αυτών των πληροφοριών. Το σύστημα ασφαλείας είναι υπεύθυνο για την κρυπτογράφηση των δεδομένων που μεταφέρονται μέσω των IoT πυλών και την προστασία από εξωτερικές απειλές. Χωρίς την κατάλληλη ασφάλεια, τα δεδομένα θα μπορούσαν να είναι ευάλωτα σε κακόβουλες επιθέσεις, κάτι που θα έθετε σε κίνδυνο τόσο τη λειτουργία του συστήματος όσο και την ακεραιότητα των δεδομένων.

Όλες οι πληροφορίες που ειπωθήκαν σε αυτό το κεφάλαιο διαδραματίζονται στην παρακάτω αναπαράσταση σε UML :





Εικόνα 10: Use Case πληροφοριακού συστήματος σε UML

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> - Αξιολόγηση του πληροφοριακού συστήματος και ανάλυση κόστους - οφέλους

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε περιγραφή της αρχιτεκτονικής και των τεχνικών προδιαγραφών του συστήματος. Η αναπαράσταση των περιπτώσεων χρήσης απεικόνισε τον τρόπο με τον οποίο η λειτουργικότητα του συστήματος θα εφαρμοστεί σε πραγματικές λειτουργίες, ειδικά στο πλαίσιο οχημάτων μεταφορών. Με βάση αυτή την τεχνική βάση, στο παρόν κεφάλαιο, μετατοπίζεται η εστίαση προς την αξιολόγηση των πρακτικών αποτελεσμάτων ενός τέτοιου συστήματος για μια μικρομεσαία εταιρεία διαχείρισης στόλου. Με μέγεθος στόλου περίπου 20 φορτηγών και περίπου 60 ρυμουλκούμενων, το κεφάλαιο αυτό διερευνά τα οφέλη, τις πιθανές προκλήσεις και την οικονομική σκοπιμότητα της ανάπτυξης ενός προηγμένου συστήματος διάγνωσης και διαχείρισης στόλου. Στόχος είναι να δοθεί μια ολιστική άποψη για το πώς το σύστημα επηρεάζει τόσο την επιχειρησιακή αποδοτικότητα όσο και την οικονομική απόδοση.

Έτσι, θα παρουσιαστεί μια ανάλυση κόστους-οφέλους με την εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων τόσο του αρχικού κόστους εγκατάστασης του συστήματος όσο και της μακροπρόθεσμης εξοικονόμησης σε τομείς όπως η κατανάλωση καυσίμων, η συντήρηση και ο χρόνος διαθεσιμότητας των οχημάτων. Επιπλέον, θα υπάρξει κριτική στο σύστημα, εντοπίζοντας τομείς προς βελτίωση και πιθανούς κινδύνους, όπως ανησυχίες για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο ή προκλήσεις στην προσαρμογή του προσωπικού. Τέλος, θα διερευνηθούν οι μελλοντικές ευκαιρίες για ανάπτυξη και καινοτομία του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι παραμένει επεκτάσιμο και προσαρμόσιμο σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο τεχνολογικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Μέσω αυτής της αξιολόγησης, το κεφάλαιο στοχεύει να προσφέρει μια σαφή κατανόηση της απόδοσης της επένδυσης, και της μακροπρόθεσμης αξίας της εφαρμογής ενός τέτοιου πληροφοριακού συστήματος. Οι γνώσεις που παρέχονται θα θέσουν επίσης τις βάσεις για μελλοντικές βελτιώσεις διασφαλίζοντας ότι το σύστημα θα συνεχίσει να εξελίσσεται με τις απαιτήσεις του κλάδου και τους επιχειρησιακούς στόχους της εταιρείας.

### 5.1 – Οφέλη πληροφοριακού συστήματος και απόδοση επένδυσης

Η εφαρμογή ενός πληροφοριακού συστήματος για τη διαχείριση του στόλου επιφέρει πολυάριθμα υλικά και άυλα οφέλη. Η εισαγωγή ενός τέτοιου συστήματος, ιδίως ενός συστήματος που ενσωματώνει την προληπτική συντήρηση, την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, τη συλλογή δεδομένων με δυνατότητα IoT και τα διαγνωστικά εργαλεία, μετατρέπει τις παραδοσιακές λειτουργίες του στόλου σε μια καθοδηγούμενη από δεδομένα διαδικασία.

Ένα από τα κύρια οφέλη από την ανάπτυξη ενός προηγμένου συστήματος πληροφοριών στόλου είναι η σημαντική βελτίωση της επιχειρησιακής απόδοσης. Μέσω της προληπτικής συντήρησης, το σύστημα παρακολουθεί συνεχώς την κατάσταση κάθε οχήματος. Ως αποτέλεσμα, η συντήρηση μπορεί να προγραμματιστεί εκ των προτέρων, με βάση δεδομένα πραγματικού χρόνου και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης που προβλέπουν πότε ένα εξάρτημα είναι πιθανό να αποτύχει. Αυτό μειώνει τις πιθανότητες απροσδόκητων βλαβών και ελαχιστοποιεί τον χρόνο διακοπής λειτουργίας.

Επιπλέον, ο αυτοματοποιημένος προγραμματισμός και η επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ του χειριστή του στόλου, των οδηγών και των ομάδων συντήρησης διασφαλίζει ότι τα οχήματα βρίσκονται σε βέλτιστη κατάσταση για τις παραδόσεις – φορτώσεις. Αναλύοντας

δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμου, την απόδοση του κινητήρα και τη φθορά των ελαστικών, το σύστημα συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας των καυσίμων και στη μείωση της συνολικής φθοράς. Αυτό μεταφράζεται σε χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και σε μια πιο οργανωμένη ροή εργασιών συντήρησης.

Ένα άλλο κρίσιμο πλεονέκτημα του συστήματος είναι η δυνατότητα συλλογής, αποθήκευσης και ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων. Οι διαχειριστές του στόλου μπορούν να έχουν πρόσβαση σε λεπτομερείς αναφορές που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις επιδόσεις των οχημάτων, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τις επισκευές, την αντικατάσταση και τον προγραμματισμό δρομολογίων.

Ακόμη, μέσω της ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, εντοπίζονται γρήγορα πιθανά ζητήματα όπως η ανεπάρκεια καυσίμου, οι αποκλίσεις διαδρομής ή οι μη ασφαλείς μορφές οδήγησης. Έχοντας πρόσβαση σε πληροφορίες που βασίζονται σε δεδομένα, οι διαχειριστές στόλου μπορούν να λαμβάνουν στρατηγικές αποφάσεις που βελτιστοποιούν τις διαδρομές, μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων και ελαχιστοποιούν τις καθυστερήσεις, αυξάνοντας τελικά την κερδοφορία και την απόδοση του στόλου. Παράλληλα, με την προγνωστική συντήρηση και τη συνεχή παρακολούθηση των συνθηκών του οχήματος, το σύστημα ελαχιστοποιεί την περιττή συντήρηση και τις επισκευές. Παραδοσιακά, οι εταιρείες υιοθετούν μια προσέγγιση αντιδραστικής συντήρησης, όπου τα οχήματα επισκευάζονται μετά από μια βλάβη, ή μια προσέγγιση προληπτικής συντήρησης, όπου η συντήρηση γίνεται σε σταθερά χρονικά διαστήματα ανεξαρτήτως ανάγκης. Ωστόσο, και οι δύο προσεγγίσεις μπορεί να οδηγήσουν σε περιττά έξοδα. Ο προγνωστικός χαρακτήρας του συστήματος πληροφοριών διασφαλίζει ότι εκτελείται μόνο η απαραίτητη συντήρηση, με βάση την πραγματική κατάσταση των εξαρτημάτων του οχήματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους εργασίας, των δαπανών για ανταλλακτικά και των συνολικών γενικών εξόδων συντήρησης. Με την πάροδο του χρόνου, αυτό οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους, καθιστώντας το σύστημα οικονομικά βιώσιμο.

Περεταίρω, ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα για τον τομέα των μεταφορών, είναι ότι το σύστημα συμβάλλει στη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους κανονισμούς ασφαλείας και τα πρότυπα του κλάδου. Παρακολουθεί τις επιθεωρήσεις των οχημάτων, τα αρχεία καταγραφής των οδηγών και τα προγράμματα συντήρησης, δημιουργώντας αναφορές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόδειξη της συμμόρφωσης με τις νομικές απαιτήσεις. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο προστίμων, ποινών ή νομικών επιπλοκών λόγω μη συμμόρφωσης.

Το σύστημα προκαλεί την βελτιστοποίηση του διαμερισμού των πόρων της επιχείρησης. Η ικανότητα του συστήματος να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμων, την υγεία των οχημάτων και τη συντήρηση επιτρέπει στους διαχειριστές του στόλου να βελτιστοποιούν την κατανομή των πόρων. Για παράδειγμα, η διαχείριση των καυσίμων γίνεται πιο αποτελεσματική, καθώς οι διαχειριστές στόλου μπορούν να εντοπίζουν μοτίβα υπερβολικής χρήσης καυσίμων, είτε λόγω μη αποδοτικής οδήγησης είτε λόγω μηχανικών προβλημάτων. Το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στους διαχειριστές στόλου να κατανέμουν αποτελεσματικότερα τους πόρους, είτε πρόκειται για καύσιμα, είτε για ανταλλακτικά, είτε για ανθρώπινο δυναμικό, διασφαλίζοντας ότι ο στόλος λειτουργεί με τη βέλτιστη δυναμική του.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η ικανότητά του να ελαχιστοποιεί τον χρόνο διακοπής λειτουργίας. Με την πρόβλεψη των αναγκών συντήρησης και την αντιμετώπισή τους πριν από την εμφάνιση βλάβης, το σύστημα διασφαλίζει ότι τα οχήματα περνούν λιγότερο χρόνο στο συνεργείο και περισσότερο χρόνο στο δρόμο. Αυτό μεγιστοποιεί τη χρήση του στόλου και μειώνει τον κίνδυνο καθυστερημένων παραδόσεων, βελτιώνοντας τη συνολική ποιότητα των υπηρεσιών και την ικανοποίηση των πελατών.

Σε μια μικρομεσαία εταιρεία, αξίζει να σημειωθεί ότι η μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας ακόμη και μερικών οχημάτων μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη

λειτουργική ικανότητα και την κερδοφορία. Το σύστημα προληπτικής συντήρησης διασφαλίζει ότι τα οχήματα δεν αποσύρονται άσκοπα από το δρόμο, διατηρώντας έτσι υψηλό επίπεδο λειτουργικής αποδοτικότητας.

Σε συνέχεια, η βελτιστοποίηση των δρομολογίων, της κατανάλωσης καυσίμων και της συντήρησης των οχημάτων ωφελεί έμμεσα το περιβάλλον. Η μείωση της περιττής κατανάλωσης καυσίμων μέσω της καλύτερης συντήρησης των οχημάτων, και της βελτιστοποιημένης κατανάλωσης καυσίμων, έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Σε έναν κλάδο όπου οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί γίνονται όλο και πιο αυστηροί, αυτό μπορεί επίσης να βοηθήσει την εταιρεία να επιδείξει εταιρική υπευθυνότητα και συμμόρφωση με τα περιβαλλοντικά πρότυπα.

Εφόσον έχουν διευκρινιστεί τα οφέλη που θα έχει μια εταιρεία μεταφορών με την ανάπτυξη και ενσωμάτωση ενός πληροφοριακού συστήματος για τον στόλο της, θα πρέπει να γίνει μια διαλεύκανση ως προς το κόστος και όφελος που μπορεί να έχει. Η ικανότητα του συστήματος να παρέχει μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κόστους δεν μπορεί να υπερτιμηθεί. Ενώ το αρχικό κόστος εγκατάστασης ενός προηγμένου συστήματος πληροφοριών μπορεί να είναι σημαντικό, η απόδοση της επένδυσης πραγματοποιείται με την πάροδο του χρόνου μέσω της μείωσης του λειτουργικού κόστους, της βελτιστοποιημένης χρήσης των πόρων και των χαμηλότερων δαπανών καυσίμων και συντήρησης.

Για παράδειγμα σε μια εταιρεία με 20 φορτηγά και 60 ρυμουλκούμενα, το εκτιμώμενο κόστος της εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος θα μπορούσε πραγματοποιηθεί η απόσβεσή του μέσα σε ένα χρονικό πλαίσιο ενός χρόνου ή και 15 μηνών. Αυτό σημαίνει, ότι το πληροφοριακό σύστημα θα έχει καλύψει το κόστος του μέσα σε έναν χρόνο μόνο από τις υπηρεσίες που προσφέρει, και από αυτό το σημείο και μετά θα μπορέσει να παράγει παραπάνω κέρδος για την εταιρεία, μέσω της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου, και των υλικών ζημιών που προλήφθηκαν ως προς την συντήρηση, αλλά και να δημιουργήσει ένα καλύτερο περιβάλλον εργασίας για τους εργαζομένους, δίχως ξαφνικές αναταραχές και αναπάντεχα προβλήματα. Με την υιοθέτηση ενός συστήματος διαχείρισης στόλου, η εταιρεία θα βελτιώσει την επιχειρησιακή της αποτελεσματικότητα και κερδοφορία [48], με σημαντική μείωση του κόστους σε βάθος χρόνου. Ωστόσο, πρέπει επίσης να εξετάσει την αρχική επένδυση και τη συνεχή συντήρηση στο πλαίσιο του οικονομικού της σχεδιασμού.

## 5.2 – Προκλήσεις και πιθανά μειονεκτήματα

Ενώ η ανάπτυξη ενός προηγμένου πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης στόλου μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, παρουσιάζει επίσης αρκετές προκλήσεις και πιθανά μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Μία από τις πρωταρχικές προκλήσεις είναι η αρχική επένδυση και το συνεχές κόστος. Η αρχική εγκατάσταση, αντιπροσωπεύει μια σημαντική οικονομική επιβάρυνση, ιδίως για τις μικρότερες εταιρείες ή εκείνες με περιορισμένο προϋπολογισμό. Το μηνιαίο κόστος συντήρησης, πρέπει να ληφθεί υπόψη στον μακροπρόθεσμο οικονομικό σχεδιασμό, καθώς όταν πρόκειται για ένα εργαλείο τεχνολογίας με πολλαπλές μεταβλητές και παραμέτρους, πάντα θα υπάρχουν πιθανές βλάβες και σφάλματα του συστήματος. Το κόστος αυτό μπορεί να αυξηθεί με τις αναβαθμίσεις του συστήματος, ή την περαιτέρω προσαρμογή, οι οποίες μπορεί να είναι απαραίτητες καθώς η επιχείρηση κλιμακώνεται και απαιτεί βελτιωμένες λειτουργίες.

Ένα άλλο κρίσιμο μειονέκτημα είναι η πολυπλοκότητα του συστήματος. Η εισαγωγή συσκευών IoT, διαγνωστικών και προηγμένων εργαλείων ανάλυσης δεδομένων μπορεί να

δημιουργήσει λειτουργικές προκλήσεις για την εταιρεία, ιδίως εάν το προσωπικό δεν διαθέτει τις απαραίτητες τεχνικές δεξιότητες. Οι εργαζόμενοι, ιδίως οι οδηγοί και το προσωπικό συντήρησης, ενδέχεται να αντιμετωπίσουν μια διαδικασία εκμάθησης για την προσαρμογή στη νέα τεχνολογία. Χωρίς την κατάλληλη εκπαίδευση, υπάρχει κίνδυνος να μην αξιοποιηθεί επαρκώς το σύστημα ή ακόμη και να αντιμετωπιστούν λειτουργικές ανεπάρκειες λόγω εσφαλμένης ερμηνείας των δεδομένων ή κακής χρήσης των διαγνωστικών εργαλείων. Τα προγράμματα κατάρτισης και οι συνεχείς προσπάθειες αναβάθμισης των δεξιοτήτων είναι απαραίτητα, αλλά μπορεί να συνεπάγονται πρόσθετο κόστος και χρόνο.

Ένα άλλο πιθανό μειονέκτημα είναι η αντίσταση των εργαζομένων στην αλλαγή. Η εφαρμογή ενός τόσο ολοκληρωμένου συστήματος μπορεί να αντιμετωπίσει την αντίδραση των εργαζομένων που είναι συνηθισμένοι στις παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης του στόλου. Οι οδηγοί συγκεκριμένα, λόγω της άμεσης συσχέτισης τους με το σύστημα λόγω των οχημάτων τους, μπορεί να είναι απρόθυμοι να αγκαλιάσουν ένα σύστημα που παρακολουθεί τις δραστηριότητες και τις επιδόσεις τους σε πραγματικό χρόνο [49]. Η αντίσταση αυτή μπορεί να μετριαστεί με διαφανή επικοινωνία σχετικά με τα οφέλη του συστήματος, ιδίως την ικανότητά του να μειώνει τον φόρτο εργασίας και να βελτιώνει την ασφάλεια. Ωστόσο, η αντιμετώπιση αυτής της αντίστασης μπορεί να πάρει χρόνο και μπορεί να απαιτήσει μια αλλαγή κουλτούρας εντός του οργανισμού, και ο οργανισμός θα πρέπει να είναι έτοιμος για να λάβει αντίστοιχα μέτρα.

Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικής ζωής αποτελούν επίσης μείζον ζήτημα. Τα συστήματα διαχείρισης στόλου διαχειρίζονται τεράστιες ποσότητες ευαίσθητων δεδομένων. Η διασύνδεση αυτών των συστημάτων, αυξάνει την πιθανή επιφάνεια επίθεσης για απειλές στον κυβερνοχώρο. Εάν δεν διασφαλιστούν κατάλληλα, τα συστήματα αυτά θα μπορούσαν να είναι ευάλωτα σε παραβιάσεις δεδομένων ή άλλες επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, εκθέτοντας ενδεχομένως κρίσιμες επιχειρηματικές και προσωπικές πληροφορίες. Η διασφάλιση του συστήματος απαιτεί συνεχείς επενδύσεις σε ισχυρά πρωτόκολλα κυβερνοασφάλειας, τεχνικές κρυπτογράφησης και τακτικούς ελέγχους για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα πρότυπα του κλάδου.

Σε συνέχεια η διακοπή λειτουργίας του συστήματος ή τα τεχνικά προβλήματα μπορεί να διαταράξουν τις λειτουργίες. Εάν το σύστημα διαχείρισης στόλου παρουσιάσει βλάβες, είτε λόγω δυσλειτουργιών λογισμικού, είτε λόγω υλικού, είτε λόγω προβλημάτων συνδεσιμότητας, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε λειτουργικές καθυστερήσεις ή κακή διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων του στόλου. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο σε κλάδους όπου τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και η άμεση δράση είναι απαραίτητα για την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια. Οι εταιρείες πρέπει να διασφαλίζουν ότι διαθέτουν αξιόπιστη τεχνική υποστήριξη και εφεδρείες για να αντιμετωπίσουν τυχόν πιθανές βλάβες του συστήματος.

Τέλος, υπάρχει το ζήτημα της επεκτασιμότητας και της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας. Ενώ το σύστημα μπορεί να καλύπτει τις τρέχουσες ανάγκες μιας εταιρείας, μπορεί να απαιτήσει σημαντικές ενημερώσεις ή ακόμη και πλήρη αναδιαμόρφωση καθώς η εταιρεία μεγαλώνει. Καθώς εμφανίζονται νέες τεχνολογίες και η επιχείρηση κλιμακώνεται, το σύστημα μπορεί να χρειαστεί να ενσωματώσει πρόσθετες λειτουργίες, όπως αυτόνομη οδήγηση, ενισχυμένη τεχνητή νοημοσύνη για προγνωστική ανάλυση ή ακόμη και blockchain για ασφαλή διαχείριση δεδομένων. Ενώ το σύστημα μπορεί να αναβαθμιστεί με την πάροδο του χρόνου, οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι δαπανηρές και να διαταράξουν τις λειτουργίες.

Συμπερασματικά, ενώ ένα σύστημα πληροφοριών διαχείρισης στόλου προσφέρει σημαντικά οφέλη, το σχετικό κόστος, η πολυπλοκότητα, οι κίνδυνοι ασφαλείας και η αντίσταση στην αλλαγή θέτουν σημαντικές προκλήσεις. Οι εταιρείες πρέπει να σταθμίζουν προσεκτικά αυτούς τους παράγοντες, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα είναι κατάλληλο για τις επιχειρησιακές τους ανάγκες και ότι διατίθενται επαρκείς πόροι για την εκπαίδευση, την ασφάλεια και τη

μελλοντική επεκτασιμότητα.

### 5.3 Αξιολόγηση και μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος

Καθώς εξελίσσεται η ανάπτυξη του συστήματος, είναι ζωτικής σημασίας η αξιολόγηση των ευρύτερων επιπτώσεων, των πιθανών περιορισμών και της μελλοντικής πορείας του. Το παρόν πληροφορικό σύστημα προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση που υπόσχεται αυξημένη αποδοτικότητα, μείωση του κόστους και λειτουργική διαφάνεια, αλλά αντιμετωπίζει επίσης τις απαιτήσεις της επεκτασιμότητας και το μεταβαλλόμενο τοπίο των κανονισμών και της λήψης αποφάσεων βάσει δεδομένων.

Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων μέσω της προληπτικής συντήρησης και της ενισχυμένης διάγνωσης. Η ικανότητά του να συλλέγει και να αναλύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους διαχειριστές του στόλου να προβλέπουν τις βλάβες, να βελτιστοποιούν τις διαδρομές και να μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων, οδηγώντας τόσο στην εξοικονόμηση κόστους όσο και στην επιχειρησιακή αποδοτικότητα. Αυτές οι δυνατότητες επιτρέπουν συλλογικά μια πιο προληπτική διαχείριση, μειώνοντας τον αριθμό των αντιδραστικών επισκευών και τον σχετικό χρόνο διακοπής λειτουργίας, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας στην εφοδιαστική.

Ωστόσο, η εξάρτηση του συστήματος από την προηγμένη τεχνολογία εισάγει πιθανά τρωτά σημεία. Η ενσωμάτωση αισθητήρων, πλατφορμών cloud και αναλυτικών μεθόδων με βάση την τεχνητή νοημοσύνη ενέχει τον εγγενή κίνδυνο αποτυχιών του συστήματος, παραβίασης δεδομένων ή υπολειτουργίας των αλγορίθμων. Ενώ η αρχιτεκτονική του συστήματος είναι κατασκευασμένη για επεκτασιμότητα, εξακολουθεί να εξαρτάται από την αδιάλειπτη συνδεσιμότητα, την αποτελεσματική ανάπτυξη υλικού και την ευέλικτη υποδομή του cloud. Δεδομένου ότι οι λειτουργίες του στόλου είναι συχνά διασκορπισμένες σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές, με οχήματα που λειτουργούν σε απομακρυσμένες περιοχές, ο κίνδυνος διακοπής λειτουργίας λόγω ανεπαρκούς συνδεσιμότητας ή καθυστερημένης επεξεργασίας στο νέφος αποτελεί εύλογη ανησυχία.

Επιπλέον, παρόλο που η τεχνητή νοημοσύνη έχει επιφέρει πολλά υποσχόμενες βελτιώσεις στην προγνωστική συντήρηση και τη βελτιστοποίηση καυσίμων, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης εξακολουθούν να περιορίζονται από την ποιότητα των δεδομένων που τροφοδοτούνται σε αυτά. Τυχόν ανακρίβειες στα δεδομένα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εσφαλμένες προβλέψεις και μη βέλτιστη λήψη αποφάσεων. Η ανάγκη για συνεπή και υψηλής ποιότητας δεδομένα είναι επομένως τόσο ένα πλεονέκτημα όσο και μια πιθανή παγίδα, καθώς η συνολική αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από την ακρίβεια των δεδομένων.

Όσον αφορά την εξέλιξη του συστήματος και τις μελλοντικές του επεκτάσεις, ο τομέας της διαχείρισης στόλου εξελίσσεται, το ίδιο πρέπει να κάνουν και τα συστήματα που τον καθοδηγούν. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του παρόν συστήματος έγκειται στην αρχιτεκτονική του. Επειδή είναι χτισμένο γύρω από μικροϋπηρεσίες και πλατφόρμες cloud, το σύστημα μπορεί να ενημερωθεί σταδιακά χωρίς να προκαλέσει σημαντική διαταραχή. Αυτό σημαίνει ότι, με την πάροδο του χρόνου, μπορούν να εισαχθούν νέες ενότητες για την αντιμετώπιση αναδυόμενων προκλήσεων στις λειτουργίες του στόλου ή για την ενσωμάτωση με νέες τεχνολογίες, δίχως να υπάρχουν σημαντικά προβλήματα συνδεσιμότητας.

Η αυτόνομη οδήγηση, για παράδειγμα, αντιπροσωπεύει μία από τις σημαντικότερες τάσεις στον κλάδο της εφοδιαστικής. Στο εγγύς μέλλον, οι στόλοι ενδέχεται να αρχίσουν να ενσωματώνουν ημιαυτόνομα ή πλήρως αυτόνομα φορτηγά. Η ενσωμάτωση τέτοιων οχημάτων στο τρέχον σύστημα θα απαιτήσει αναβαθμίσεις στις δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων σε

πραγματικό χρόνο, καθώς τα αυτόνομα φορτηγά παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων που πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία, με ελάχιστη καθυστέρηση. Με την αξιοποίηση του edge computing, το σύστημα θα μπορούσε να ελαχιστοποιήσει την καθυστέρηση μεταξύ της συλλογής δεδομένων και των αξιοποιήσιμων πληροφοριών, εξασφαλίζοντας τον απρόσκοπτο συντονισμό μεταξύ των μη αυτόνομων και των αυτόνομων οχημάτων εντός του ίδιου στόλου. Ομοίως, οι προηγμένες λύσεις τηλεματικής, που τροφοδοτούνται από το δίκτυο 5G, θα διευρύνουν περαιτέρω τα όρια των δυνατοτήτων που μπορεί να επιτύχει το σημερινό σύστημα. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των επιδόσεων του οχήματος και του οδηγού θα γίνει πιο εξελιγμένη, επιτρέποντας ακόμη μεγαλύτερες γνώσεις σχετικά με την ασφάλεια, την αποδοτικότητα καυσίμων και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών. Το αυξημένο εύρος ζώνης και η χαμηλή καθυστέρηση του 5G θα μπορούσαν να βελτιώσουν δραματικά την ικανότητα του συστήματος να παρέχει ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο στους οδηγούς, ενισχύοντας την οδική ασφάλεια και μειώνοντας τα δαπανηρά ατυχήματα.

Το σύστημα θα πρέπει επίσης να αντιμετωπίσει τις εξελισσόμενες απειλές κυβερνοασφάλειας. Με περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές και εξάρτηση από υποδομές cloud, ο κίνδυνος κυβερνοεπιθέσεων γίνεται πιο έντονος και πιο πιθανός για να υπάρξει. Οι μελλοντικές ενημερώσεις θα πρέπει να δώσουν προτεραιότητα στα ενισχυμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας, όπως η αλυσίδα μπλοκ για ασφαλή μετάδοση δεδομένων και τα προηγμένα πρωτόκολλα κρυπτογράφησης για την προστασία των δεδομένων του στόλου και των ιδιόκτητων αλγορίθμων. Επιπλέον, οι κανονιστικές αλλαγές σχετικά με την προστασία των δεδομένων θα απαιτήσουν την προσαρμογή του συστήματος ώστε να συμμορφώνεται με τους διεθνείς νόμους περί προστασίας δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του GDPR και άλλων πλαισίων που αφορούν συγκεκριμένες περιοχές. Η διασφάλιση της συμμόρφωσης με αυτούς τους κανονισμούς, με παράλληλη διατήρηση των αποδοτικών λειτουργιών, θα είναι μια κρίσιμη πράξη εξισορρόπησης για τους διαχειριστές στόλου.

Ένα από τα βασικά κριτήρια για την αξιολόγηση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας του συστήματος είναι η ελαστικότητά του και η ικανότητά του να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις και τεχνολογίες. Η εξάρτηση του συστήματος από την υποδομή cloud, το IoT και τον σχεδιασμό το καθιστά εγγενώς ελαστικό ως προς την λειτουργία του. Μπορεί να αυξάνεται ή να συρρικνώνεται ανάλογα με τις επιχειρησιακές ανάγκες και τα εξαρτήματα μπορούν να αναβαθμίζονται ή να αντικαθίστανται καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία. Παρότι η ελαστικότητα φέρει πολλές διευκολύνσεις, θέτει επίσης και σημαντικές προκλήσεις. Καθώς προστίθενται περισσότερα χαρακτηριστικά και δυνατότητες, η πολυπλοκότητα θα αυξάνεται. Οι διαχειριστές και οι χειριστές του στόλου ενδέχεται να χρειαστούν πρόσθετη εκπαίδευση για να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τα νέα εργαλεία που έχουν στη διάθεσή τους. Ένα σύστημα που γίνεται υπερβολικά πολύπλοκο μπορεί να οδηγήσει σε αναποτελεσματικότητα, καθώς οι χρήστες μπορεί να δυσκολεύονται να πλοηγηθούν στις διαθέσιμες επιλογές ή να αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις πληροφορίες που παρέχει το σύστημα. Επομένως, το κλειδί για τη διατήρηση της ελαστικότητας έγκειται στη διασφάλιση ότι οι μελλοντικές ενημερώσεις θα παραμείνουν διαισθητικές και φιλικές προς τον χρήστη. Το σύστημα θα πρέπει να συνεχίσει να προσφέρει προσαρμόσιμους πίνακες οργάνων και αναλύσεις προσαρμοσμένες στις συγκεκριμένες επιχειρησιακές ανάγκες, επιτρέποντας στους χρήστες να δίνουν προτεραιότητα στις πληροφορίες που τους ενδιαφέρουν περισσότερο. Με την πάροδο του χρόνου, καθώς ενσωματώνονται νέες ενημερώσεις, είναι σημαντικό το σύστημα να διατηρήσει την ευκολία χρήσης του, διαφορετικά κινδυνεύει να μειωθεί η συνολική του αξία.

Με μια ματιά στο μέλλον, το πληροφοριακό σύστημα παρουσιάζει στρατηγικό πλεονέκτημα για τις εταιρείες που είναι πρόθυμες να επενδύσουν σε συνεχείς ενημερώσεις και να αξιοποιήσουν τις αυξανόμενες δυνατότητές του. Καθώς τα δεδομένα γίνονται ένα πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο, οι εταιρείες μπορούν να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους σχετικά με τα

δεδομένα μέσω συνεργασιών, συγκριτικής αξιολόγησης του κλάδου ή προσφέροντας βελτιστοποιημένες υπηρεσίες εφοδιαστικής σε στόλους τρίτων. Το σύστημα μπορεί να μετατρέψει ή να προσθέσει σε μια εταιρεία από το να είναι αποκλειστικά διαχειριστής φορτηγών και ρυμουλκούμενων σε έναν οργανισμό με γνώμονα τα δεδομένα, ικανό να προσφέρει έξυπνες λύσεις εφοδιαστικής.

Περαιτέρω, καθώς οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί συνεχίζουν να γίνονται περισσότερο αυστηροί, η ικανότητα του συστήματος να παρακολουθεί τις εκπομπές ρύπων και την αποδοτικότητα των καυσίμων θα γίνεται όλο και πιο σημαντική. Η ενσωμάτωση μετρήσεων βιωσιμότητας στο σύστημα θα επιτρέψει στους φορείς εκμετάλλευσης στόλου να διαχειρίζονται καλύτερα το αποτύπωμα άνθρακα [50] και να συμμορφώνονται με τα αναδυόμενα περιβαλλοντικά πρότυπα, τοποθετώντας την εταιρεία ως ηγέτη στην πράσινη εφοδιαστική.

Εν κατακλείδι, το πληροφοριακό σύστημα συντήρησης οχημάτων μεταφορών, ενώ προσφέρει ήδη σημαντικά επιχειρησιακά πλεονεκτήματα, έχει τη δυνατότητα να εξελιχθεί σε ένα πολύ πιο ισχυρό εργαλείο καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται. Η ελαστικότητά του διασφαλίζει ότι θα παραμείνει σχετικό και προσαρμόσιμο, αλλά θα χρειαστεί προσεκτικός σχεδιασμός και πρόβλεψη για να διασφαλιστεί ότι οι μελλοντικές ενημερώσεις θα συνεχίσουν να ενισχύουν την αξία του συστήματος χωρίς να εισάγουν περιττή πολυπλοκότητα. Με τη στρατηγική ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, τη βελτίωση της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και την εστίαση στην εμπειρία του χρήστη, το σύστημα θα συνεχίσει να προσφέρει σημαντικά οφέλη για τη διαχείριση του στόλου και μελλοντικά.

## 5.4 Συμπεράσματα

Η παρούσα ερευνητική εργασία, διερεύνησε την ανάπτυξη, την εφαρμογή και την αξιολόγηση ενός προηγμένου πληροφοριακού συστήματος σχεδιασμένου για τη διαχείριση στόλου, στοχεύοντας ειδικά στην ενσωμάτωση της προληπτικής συντήρησης, του IoT και της ανάλυσης δεδομένων. Ο κεντρικός στόχος ήταν να παρουσιάσει, πώς ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργική αποδοτικότητα, να μειώσει το κόστος και να επιτρέψει τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο για εταιρείες που διαχειρίζονται οχήματα βαρέως τύπου.

Παρουσιάστηκαν οι αυξανόμενες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι διαχειριστές στόλου, τονίζοντας την ανάγκη για πιο έξυπνες, καθοδηγούμενες από δεδομένα λύσεις για τη βελτίωση της απόδοσης των οχημάτων και τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας. Εξετάστηκαν οι θεμελιώδεις έννοιες των τεχνολογιών που εντάσσονται στο σύστημα, καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο έδειξε το πώς οι εξελίξεις στην τεχνολογία μετασχηματίζουν τις λειτουργίες του στόλου, καθιστώντας δυνατή τη μετάβαση από την αντιδραστική συντήρηση σε προληπτικές στρατηγικές που προβλέπουν τα προβλήματα πριν από την εμφάνισή τους. Έγινε εξήγηση του τεχνολογικού πλαισίου πίσω από την αρχιτεκτονική του συστήματος, δείχνοντας πώς η μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η αποθήκευση δεδομένων σε πολλαπλά επίπεδα και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων συμβάλλουν σε ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό



σύστημα, αλλά με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού. Έπειτα, παρουσιάστηκε λεπτομερώς ο σχεδιασμός του πληροφοριακού συστήματος και οι τεχνικές πτυχές του, διερευνώντας, τον τρόπο ροής των δεδομένων εντός του συστήματος, από τη συλλογή έως την ανάλυση, οδηγώντας σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες που βελτιώνουν την απόδοση του στόλου και την γενικότερη ροή πληροφορίας εντός αυτού, αναδεικνύοντας το σενάριο χρήσης ενός τέτοιου πληροφοριακού συστήματος. Συμπερασματικά, πριν αξιοποιηθεί το σύστημα και τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να έχουν προκαθοριστεί οι ρόλοι των εργαζομένων, και να υπάρχει η κατάλληλη καθοδήγηση και εκπαίδευσή τους. Στην συνέχεια, έγινε μια ανάλυση της απόδοσης επένδυσης, δείχνοντας ότι, ενώ το αρχικό κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι υψηλό, η μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση από τη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας, τη βελτιστοποιημένη χρήση καυσίμων και την προληπτική συντήρηση προσφέρει σημαντικά οικονομικά οφέλη. Επίσης, ιδιαίτερη σημασία δίδεται στις πιθανές προκλήσεις, όπως η πολυπλοκότητα του συστήματος και η εξάρτηση από τη συνδεσιμότητα, προτού προσφέρει προτάσεις για μελλοντικές ενημερώσεις και την επεκτασιμότητα του συστήματος.

Η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη ενός τέτοιου πληροφοριακού συστήματος προσφέρει μετασχηματιστικές δυνατότητες για τη διαχείριση του στόλου. Όχι μόνο ενισχύει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, αλλά και δίνει στις εταιρείες τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων σε προβλήματα συντήρησης σε πραγματικό χρόνο, βάσει δεδομένων. Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία, η επιτυχία του εξαρτάται από την προσεκτική εφαρμογή, τις τακτικές ενημερώσεις και τη συνεχή αξιολόγηση, ώστε να διασφαλίζεται η προσαρμογή του στις νέες προκλήσεις και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Με την υιοθέτηση ενός τέτοιου συστήματος, οι εταιρείες διαχείρισης στόλου μπορούν να τοποθετηθούν στην πρώτη γραμμή της τεχνολογικής καινοτομίας, επιτυγχάνοντας μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα, μειωμένο κόστος και βελτιωμένη παραγωγικότητα σε έναν ολοένα και πιο ανταγωνιστικό κλάδο. Το ταξίδι προς την κατεύθυνση της πλήρως βελτιστοποιημένης διαχείρισης στόλου συνεχίζεται, αλλά με τα θεμέλια που παρέχει το προτεινόμενο πληροφοριακό σύστημα στόλου, το μέλλον του κλάδου των Logistics και των μεταφορών φαίνεται πολλά υποσχόμενο και βιώσιμο.

## Βιβλιογραφία

---

- 1) Poor, P., Ženišek, D., & Basl, J. (2019, August). *(PDF) historical overview of Maintenance Management Strategies: Development from breakdown maintenance to predictive maintenance in accordance with four industrial revolutions.*
- 2) SymphonyAI team. (2021, May 4). *Predictive maintenance - historical review.* SymphonyAI. <https://www.symphonyai.com/resources/byline/industrial/predictive-maintenance-historical-review/>
- 3) Romanssini, Marcelo & de Aguirre, Paulo & Severo, Lucas & Girardi, Alessandro. (2023). *A Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery.* Eng. 4. 1797-1817. 10.3390/eng4030102.
- 4) *A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment.* (n.d.). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7043637?casa\\_token=mmv0WRp7yMAAAA\\_A:ah8bEIcUaquw5vu\\_ZBfx1f93iXVGYISwZ7THmJXWEHVcxUDWgBd2i8leSD6OeXfMoXstpSo45bU](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7043637?casa_token=mmv0WRp7yMAAAA_A:ah8bEIcUaquw5vu_ZBfx1f93iXVGYISwZ7THmJXWEHVcxUDWgBd2i8leSD6OeXfMoXstpSo45bU)
- 5) Chao Xie, Guihai Chen, Art Vandenberg, Yi Pan, Analysis of hybrid P2P overlay network topology, Computer Communications, Volume 31, Issue 2, 2008, Pages 190-200, ISSN 0140-3664, <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2007.08.014>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366407002885>)
- 6) Banker, R. D., & Kauffman, R. J. (2004). 50th Anniversary article: The Evolution of Research on Information Systems: A Fiftieth-Year Survey of the Literature in Management Science. *Management Science*, 50(3), 281–298. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0206>
- 7) Rizzoni, G., Onori, S., & Rubagotti, M. (2009). Diagnosis and Prognosis of Automotive Systems: motivations, history and some results. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(8), 191–202. <https://doi.org/10.3182/20090630-4-es-2003.00032>
- 8) N. T. Nguyen. (1997). Micromachined flow sensors—a review. *Flow Meas. Instrum.*, Vol. 8, No. 1, pp. 7–16. Department of Electrical Engineering and Information Technology, Technical University of Chemnitz-Zwickau, D-09107 Chemnitz, Germany. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76284842/s0955-5986\\_2897\\_2900019-820211214-798-3ni6uw-libre.pdf?1639499395=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMicromachined\\_flow\\_sensors\\_a\\_review.pdf&Expires=1728392709&Signature=S9DOaJ~yxP84bNwAllevOdPGpKh7bT3xnyIQFIKyHBkZ~Ap-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/76284842/s0955-5986_2897_2900019-820211214-798-3ni6uw-libre.pdf?1639499395=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMicromachined_flow_sensors_a_review.pdf&Expires=1728392709&Signature=S9DOaJ~yxP84bNwAllevOdPGpKh7bT3xnyIQFIKyHBkZ~Ap-)

[VNtuOKAGEMB~orKBC2Tpt6IzVGGfQZP6jatYJXRWOxPpiQRqVXIuDyAMyOv5pAmC  
xPKphKhUquC70eWy0r2Yt7B83scYtDv-  
~rLWrupxN94g5dF3YHC39Si6qMrm9vvMzsfLSq13whHchl5B9CNNKVB9QYrvkYkR52Z  
eZqPipwq-  
x5IEohPqq2FA1SWzaAUcp8pX7Ged3~kMVEeqPeZKJjNV~B4pNBN8LvY58mHfBK4IUlv  
8PX-vPSKGR8Aud3o5B0N1NSdCXUH9XCRKerxO90xGV6rtlh0kyAd~Mg\\_&Key-Pair-  
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=ZOOMSTZ4T_QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sql+%&ots=e3JdaLPdgz&sig=x9EX4NStCsvdZILKPI7rfB4_n-4&redir_esc=y#v=onepage&q=sql&f=false)

- 9) Understanding the new SQL. (n.d.). Google Books. [https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=ZOOMSTZ4T\\_QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sql  
+&ots=e3JdaLPdgz&sig=x9EX4NStCsvdZILKPI7rfB4\\_n-  
4&redir\\_esc=y#v=onepage&q=sql&f=false](https://books.google.gr/books?hl=en&lr=&id=ZOOMSTZ4T_QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sql+%&ots=e3JdaLPdgz&sig=x9EX4NStCsvdZILKPI7rfB4_n-4&redir_esc=y#v=onepage&q=sql&f=false)
- 10) Stonebraker, M. (2010). SQL databases v. NoSQL databases. *Communications of the ACM*, 53(4), 10–11. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721659>
- 11) Jing Han, Haihong E, Guan Le and Jian Du, "Survey on NoSQL database," *2011 6th International Conference on Pervasive Computing and Applications*, Port Elizabeth, 2011, pp. 363-366, doi: 10.1109/ICPCA.2011.6106531.
- 12) Ahmed, N., Barczak, A.L.C., Susnjak, T. (2020) *et al.* A comprehensive performance analysis of Apache Hadoop and Apache Spark for large scale data sets using HiBench. *J Big Data* 7, 110 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00388-5>
- 13) Heron, S. (2009). Advanced encryption standard (AES). *Network Security*, 2009(12), 8-12.
- 14) Sinha, A., Shrivastava, G., & Kumar, P. (2019). A pattern-based multi-factor authentication system. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 20(1), 101-112.
- 15) Ibrahim, S., He, B., & Jin, H. (2011, July). Towards pay-as-you-consume cloud computing. In *2011 IEEE International Conference on Services Computing* (pp. 370-377). IEEE.
- 16) Pawar, C. S., Ganatra, A., Nayak, A., Ramoliya, D., & Patel, R. (2021). Use of machine learning services in cloud. In *Computer Networks, Big Data and IoT: Proceedings of ICCBI 2020* (pp. 43-52). Springer Singapore.
- 17) Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Overview of supervised learning. *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*, 9-41.
- 18) Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Unsupervised learning. *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and*

*prediction*, 485-585.

- 19) Ahmed, M., Seraj, R., & Islam, S. M. S. (2020). The k-means algorithm: A comprehensive survey and performance evaluation. *Electronics*, 9(8), 1295.
- 20) Li, Y. (2017). Deep reinforcement learning: An overview. *arXiv preprint arXiv:1701.07274*.
- 21) Shakya, A. K., Pillai, G., & Chakrabarty, S. (2023). Reinforcement learning algorithms: A brief survey. *Expert Systems with Applications*, 231, 120495.
- 22) Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685-695.
- 23) Creswell, A., White, T., Dumoulin, V., Arulkumaran, K., Sengupta, B., & Bharath, A. A. (2018). Generative adversarial networks: An overview. *IEEE signal processing magazine*, 35(1), 53-65.
- 24) McCord, K. (2011). *Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD I and OBD II*. CarTech Inc.
- 25) Ancel. (n.d.). ANCEL X7 Full System Automotive Scanner Immobilizer Key Programming. ANCEL. <https://www.ancel.com/products/ancel-x7?variant=41748512506012>
- 26) Τι είναι η προγνωστική συντήρηση; Μια πλήρης επισκόπηση | SAP. (n.d.). SAP. <https://www.sap.com/greece/products/scm/apm/what-is-predictive-maintenance.html>
- 27) Manueldiaz, & Manueldiaz. (2024, July 29). Fleet Telematics and Fuel Efficiency: Benefits and best practices for carriers. PCS Software. <https://pcssoft.com/blog/fleet-telematics-and-fuel-efficiency/>
- 28) Li, S., Zhang, H., Jia, Z., Zhong, C., Zhang, C., Shan, Z., ... & Babar, M. A. (2021). Understanding and addressing quality attributes of microservices architecture: A Systematic literature review. *Information and software technology*, 131, 106449.
- 29) Inibhunu, C., Jalali, R., Doyle, I., Gates, A., Madill, J., & McGregor, C. (2019, July). Adaptive API for Real-Time Streaming Analytics as a Service. In *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 3472-3477). IEEE.
- 30) Turner, J. (2009). Temperature sensors. *Automotive Sensors; Momentum Press, LLC: Highland Park, NJ, USA*, 85-105.
- 31) Condry, M. W., & Nelson, C. B. (2016). Using smart edge IoT devices for safer, rapid response with industry IoT control operations. *Proceedings of the IEEE*, 104(5), 938-946.
- 32) Saxena, N., Roy, A., Sahu, B. J., & Kim, H. (2017). Efficient IoT gateway over 5G wireless: A new design with prototype and implementation results. *IEEE Communications*

*Magazine*, 55(2), 97-105.

- 33) Chaudhari, B. S., Zennaro, M., & Borkar, S. (2020). LPWAN technologies: Emerging application characteristics, requirements, and design considerations. *Future Internet*, 12(3), 46.
- 34) Modugu, S. R., & Farhat, H. (2020). Implementation of the internet of things application based on spring boot microservices and REST architecture. In *Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems: Proceedings of 4th Computational Methods in Systems and Software 2020, Vol. 1 4* (pp. 20-31). Springer International Publishing.
- 35) Morales, R. C., & Gamboa, J. (2022). *Accuracy and validation of Geotab GPS fleet tracking devices for medium duty trucks* (No. 2022-01-0140). SAE Technical Paper.
- 36) Shin, W., Han, J., & Rhee, W. (2021). AI-assistance for predictive maintenance of renewable energy systems. *Energy*, 221, 119775.
- 37) Sharma, V., & Tiwari, A. K. (2021). A study on user interface and user experience designs and its tools. *World Journal of Research and Review (WJRR)*, 12(6), 41-45.
- 38) Spurlock, J. (2013). *Bootstrap: responsive web development*. " O'Reilly Media, Inc."
- 39) Rijmen, V., & Daemen, J. (2001). Advanced encryption standard. *Proceedings of federal information processing standards publications, national institute of standards and technology*, 19, 22.
- 40) Zhu, S., Zhu, C., & Wang, W. (2018). A new image encryption algorithm based on chaos and secure hash SHA-256. *Entropy*, 20(9), 716.
- 41) Wilder, B. (2012). *Cloud architecture patterns: using microsoft azure*. " O'Reilly Media, Inc."
- 42) Shah, J., & Dubaria, D. (2019, January). Building modern clouds: using docker, kubernetes & Google cloud platform. In *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 0184-0189). IEEE.
- 43) Manvi, S. S., & Shyam, G. K. (2014). Resource management for Infrastructure as a Service (IaaS) in cloud computing: A survey. *Journal of network and computer applications*, 41, 424-440.
- 44) McGrath, M. (2012). *Understanding PaaS*. " O'Reilly Media, Inc."
- 45) Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008, November). Cloud computing and grid computing 360-degree compared. In *2008 grid computing environments workshop* (pp. 1-10). Ieee.
- 46) Alkhodary, S. (2023). The Evaluation of Using Backend-For-Frontend in a Microservices Environment. *Accessed: Oct, 6*.
- 47) Aggarwal, B. K., Gupta, A., Goyal, D., Gupta, P., Bansal, B., & Barak, D. D. (2022). A review on investigating the role of block-chain in cyber security. *Materials Today: Proceedings*, 56,

3312-3316.

- 48) Killeen, P., Ding, B., Kiringa, I., & Yeap, T. (2019). IoT-based predictive maintenance for fleet management. *Procedia Computer Science*, 151, 607-613.
- 49) Massaro, A., Selicato, S., & Galiano, A. (2020). Predictive maintenance of bus fleet by intelligent smart electronic board implementing artificial intelligence. *IoT*, 1(2), 12.
- 50) Leo Tišljarić & Tonči Carić & Borna Abramović & Tomislav Fratrović. (2020, September). Traffic State Estimation and Classification on Citywide Scale Using Speed Transition Matrices. *Sustainability*, MDPI, vol. 12(18), (p.p 1-16), <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i18p7278-d409072.html>>