



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Επεξεργασία και ανάλυση τηλεματικών δεδομένων
στόλου φορτηγών οχημάτων που εκτελούν
μεταφορικό έργο στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών



Αλέξανδρος Ευθυμίου

Επιβλέπων: Μπαλλής Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2018

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τη διπλωματική μου εργασία και το σύνολο των σπουδών μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου παρείχαν και ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή Αθανάσιο Μπαλλή για την καθοδήγηση του και τις χρήσιμες συμβουλές του καθ' όλο το διάστημα εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, καθώς και την εξεταστική επιτροπή: κ. Βούλα Ψαράκη – Καλουππίδη, Καθηγήτρια και κ. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τατιάνα Μοσχόβου, Ε.ΔΙ.Π. και την κ. Εύη Σφακιανάκη, Ε.Τ.Ε.Π. για την εξαιρετική συνεργασία και βοήθειά τους. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Χαράλαμπο Μπαμπαλή, Υποψήφιο Διδάκτωρα, για τη βοήθεια και την καθοδήγησή του σε τεχνικά θέματα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη στήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

*Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη στη μνήμη του πατέρα μου,
Γεωργίου Ευθυμίου.*

Περίληψη

Τίτλος: Επεξεργασία και ανάλυση τηλεματικών δεδομένων στόλου φορτηγών οχημάτων που εκτελούν μεταφορικό έργο στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών

Συγγραφέας: Αλέξανδρος Ευθυμίου

Επιβλέπων καθηγητής: Μπαλλής Αθανάσιος

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση των εναλλακτικών διαδρομών μιας μεγάλης μεταφορικής εταιρείας με έδρα τον Ασπρόπυργο Αττικής, με στόχο την εκτίμηση της συχνότητας χρήσης του αυτοκινητόδρομου της Αττικής Οδού καθώς και την εκτίμηση του οφέλους (ή της επιβάρυνσης) σε κόστος και χρόνο για τα φορτηγά που χρησιμοποιούν τον ανωτέρω αυτοκινητόδρομο. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα σε γλώσσα προγραμματισμού Python, το οποίο εξάγει στοιχεία από τηλεματικά δεδομένα του συστήματος διαχείρισης στόλου φορτηγών οχημάτων της εταιρείας (ύστερα από σχετική έγκριση). Σε επόμενη φάση εντοπίζονται οι προβληματικές εγγραφές στα δεδομένα και παρουσιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισής τους που βασίζεται στην κατανόηση της μεταφορικής διαδικασίας. Η ανάλυση των στοιχείων που προέκυψαν από τις ανωτέρω διαδικασίες έδειξε ότι το 33% των διαδρομών που πραγματοποίησαν τα φορτηγά της συγκεκριμένης μεταφορικής εταιρείας έγιναν μέσω της Αττικής Οδού. Η εξοικονόμηση του χρόνου που προέκυψε με τη χρήση του αυτοκινητόδρομου ήταν της τάξεως των 5-15 λεπτών, ενώ η συνολική οικονομική επιβάρυνση ήταν της τάξεως των 4-6 €, που υπολογίζεται αν από το κόστος των διοδίων (11,30 €) αφαιρεθεί το όφελος από την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου (5-7 €) καθώς και το όφελος (0,70-1 €) λόγω μειωμένης καταπόνησης του οχήματος (συντήρηση και επισκευή του οχήματος, φθορά και αντικατάσταση ελαστικών). Επιπλέον η εξοικονόμηση χρόνου που επιτυγχάνεται από την χρήση της Αττικής Οδού μπορεί (υπό προϋποθέσεις) να αξιοποιηθεί για την εκτέλεση ενός επιπλέον δρομολογίου εντός της ίδιας ημέρας.

Λέξεις κλειδιά: τηλεματικά δεδομένα, επιλογή εναλλακτικών διαδρομών, δρομολόγηση φορτηγών οχημάτων

Abstract

Title: Processing and analysis of fleet telematics data for trucks performing transportation in the wider area of Athens

Author: Alexandros Efthymiou

Supervisor: Ballis Athanasios

The aim of this diploma thesis is to analyze the alternative route selection of a large transport company located in Aspropyrgos Attica, in order to estimate how frequently the highway of Attiki Odos is used by its fleet and to calculate the benefit or loss (in terms of money and travel time) for the trucks using the highway. For this purpose, an application software was developed in Python programming language, which extracted the telematics data from the Server of the Fleet Management System of the truck company (for which a relevant approval was granted). Subsequently, a data cleansing phase (correction of inaccurate records based on the knowledge of the transport procedure) was performed. The data analysis revealed that the 33% of the routes, followed by the trucks, belong to the Attiki Odos highway. The benefit of the travel time was about 5 to 15 minutes while the money loss was about 4 to 6 € through Attiki Odos. The money loss is calculated by subtracting the fuel consumption (5 to 7 €) and vehicle strain (vehicle's maintenance and repair, tire wear) benefit (0,70 to 1 €) from the toll price (11,30 €). Moreover, the travel time benefit of using Attiki Odos highway can - under specific preconditions- optimize the truck utilization (1 extra route within the same day).

Keywords: telematic data, alternative routes, truck routing

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1	Τύποι και κατηγορίες φορτηγών οχημάτων	10
1.2	Προβλήματα μεταφορών και διαχείρισης στόλου φορτηγών οχημάτων	12
1.3	Αντικείμενο και στόχος της εργασίας	12
1.4	Διάρθρωση της εργασίας	13
2	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	14
2.1	Διανομή εμπορευμάτων και δρομολόγηση οχημάτων	14
2.2	Οργάνωση λειτουργιών μεταφορικής εταιρείας.....	18
2.3	Επιλογή διαδρομών – διαχείριση στόλου φορτηγών οχημάτων.....	24
2.4	Μέθοδοι επίλυσης	35
2.5	Κατανάλωση καυσίμου φορτηγών οχημάτων	45
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	50
3.1	Συλλογή στοιχείων από το σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων	51
3.2	Εξαγωγή δεδομένων από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης στόλου.....	58
3.3	Εισαγωγή στοιχείων σε τοπική βάση δεδομένων	64
3.4	Εντοπισμός και εξάλειψη προβληματικών εγγραφών	65
3.5	Μοντέλο υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου.....	74
3.6	Εκτίμηση κόστους συντήρησης και επισκευής φορτηγών	76
4	ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	77
4.1	Περιοχή μελέτης και περίοδος συλλογής στοιχείων	78
4.2	Αναλυτική παρουσίαση εναλλακτικών διαδρομών	82
4.2.1	Περιοχές: Ασπρόπυργος και Πέραμα	82
4.2.2	Περιοχές: Ασπρόπυργος, Σκαρμαγκάς και Πέραμα.....	84
4.2.3	Περιοχές: Τανάγρα και Πέραμα	85
4.2.4	Περιοχές: Τανάγρα και Ασπρόπυργος.....	87
4.2.5	Περιοχές: Διόνυσος και Ασπρόπυργος.....	89
4.2.6	Περιοχές: Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος 2017)	91
4.2.7	Περιοχές: Ασπρόπυργος και Αχαρνές (Σεπτέμβριος 2017)	94
4.3	Εκτίμηση βαθμού χρησιμοποίησης φορτηγού οχήματος	98
4.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	102
4.4.1	Στοιχεία εκμετάλλευσης φορτηγών οχημάτων	102
4.4.2	Επιβάρυνση οδικού δικτύου	105
4.4.3	Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού	106
4.4.4	Σύγκριση μέσης ταχύτητας.....	110
4.4.5	Όφελος σε κόστος και χρόνο για κάθε εναλλακτική διαδρομή.....	112
4.4.6	Εκτίμηση της δυνατότητας εκτέλεσης πρόσθετων δρομολογίων λόγω της εξοικονόμησης χρόνου από τη χρήση της Αττικής Οδού	132
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	134
6	ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	136
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	137

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.- Αισθητήρες και συσκευές φορτηγών οχημάτων	11
Σχήμα 2.- Διάφορα συστήματα άμεσης και έμμεσης αποστολής [πηγή:Du et al., 2007]	15
Σχήμα 3.- Συστήματα αποστολής με χρονικούς περιορισμούς	16
Σχήμα 4.- Συστήματα Milk Run [πηγή:Du et al., 2007].....	16
Σχήμα 5.- Δίκτυο Crossdocking	17
Σχήμα 6.- Δίκτυο Trailored	18
Σχήμα 7.- Κύκλος εργασιών στο μεταφορικό σύστημα [πηγή:Jaoua et al.,2011]	20
Σχήμα 8.- Αποστολή χωματουργικών οχημάτων για ένα ορυχείο (α) Κύκλος εργασιών (β) Ανάθεση εργασιών [πηγή:Chaowasakoo et al., 2017]	21
Σχήμα 9.- Εξυπηρέτηση αιτημάτων και επαναδρομολόγηση [πηγή:Godfrey & Powell, 2002].....	22
Σχήμα 10.- Ανάθεση εργασιών στα οχήματα μιας λιμενικής εγκατάστασης [πηγή:Wang et al.,2017]	24
Σχήμα 11.- Περιβάλλον προβλημάτων δρομολόγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων	34
Σχήμα 12.- Διαδικασία κυκλικής παραλαβής της εταιρείας [πηγή:Mei et al.,2017] ...	40
Σχήμα 13.- Βήματα αλγορίθμου C-W [πηγή:Mei et al.,2017]	41
Σχήμα 14.- Σύστημα υποστήριξης απόφασης για την καλύτερη δρομολόγηση και ανάθεση εργασιών στα δεξαμενόπλοια [πηγή:Ng et al.,2008]	45
Σχήμα 15.- Τύποι τραχύτητας [πηγή: Yoder & Witczak].....	47
Σχήμα 16.- Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας	51
Σχήμα 17.- Αρχιτεκτονική συστήματος διαχείρισης στόλου	52
Σχήμα 18.- (α) Δομή εφαρμογής (β) Τοποθεσία του οχήματος στο Silverlight web client [πηγή:Jalba et al., 2010].....	55
Σχήμα 19.- Είσοδος στο σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων	55
Σχήμα 20.- Λειτουργία άμεσου εντοπισμού	56
Σχήμα 21.- Ιστορικό διαδρομών και επιλογή οχήματος.....	56
Σχήμα 22.- Επιλογή χρονικού διαστήματος	57
Σχήμα 23.- Αποτελέσματα στο χάρτη	57
Σχήμα 24.- Βήμα 1.Εξαγωγή δεδομένων από τα αρχεία σε ένα νέο αρχείο	59
Σχήμα 25.- Βήμα 2. Ανάγνωση του φακέλου με τα αρχεία ως δεδομένα εισόδου και ανάγνωση ενός μόνο αρχείου xls	59
Σχήμα 26.- Βήμα 3. Εξαγωγή μόνο των δεδομένων που χρειάζεται ο χρήστης και εγγραφή αυτών σε νέο αρχείο xls	60
Σχήμα 27.- Διάγραμμα ροής κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Python	61
Σχήμα 28.- Στίγματα GPS για τα διάφορα φορτηγά στην περιοχή των Οιοφύτων- Τανάγρας	62
Σχήμα 29.- Στίγματα GPS για τα διάφορα φορτηγά στην περιοχή του Μαρκόπουλου	62
Σχήμα 30.- Πληροφορίες ενός τυχαίου σημείου στην περιοχή της Τανάγρας	63
Σχήμα 31.- Περιοχές εξυπηρέτησης	63
Σχήμα 32.- Χρήση δεδομένων εξόδου του κώδικα για την εύρεση διαδρομών	65
Σχήμα 33.- Ορισμός διαδρομής	68
Σχήμα 34.- Διάγραμμα ροής των φάσεων της μεταφορικής διαδικασίας	74

Σχήμα 35.- Παράμετροι εισόδου στο μοντέλο εκτίμησης κατανάλωσης [πηγή: Μπαλλής, 2015]	75
Σχήμα 36.- Κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας	77
Σχήμα 37.- Περιοχή μελέτης	78
Σχήμα 38.- Οδικά τμήματα	80
Σχήμα 39.- Δρομολόγια περιοχών	82
Σχήμα 40.- Ασπρόπυργος & Πέραμα	82
Σχήμα 41.- Ομάδα 1-Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Πέραμα	83
Σχήμα 42.- Ομάδα 2-Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Πέραμα	84
Σχήμα 43.- Ασπρόπυργος, Σκαραμαγκάς & Πέραμα	85
Σχήμα 44.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Σκαραμαγκάς και Πέραμα & Σκαραμαγκάς	85
Σχήμα 45.- Τανάγρα & Πέραμα	86
Σχήμα 46.- Διαδρομές, περιοχές Τανάγρα & Πέραμα	87
Σχήμα 47.- Ασπρόπυργος & Τανάγρα	88
Σχήμα 48.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Τανάγρα	89
Σχήμα 49.- Διόνυσος & Ασπρόπυργος	90
Σχήμα 50.- Ομάδες διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Διόνυσος με χρήση της Αττικής Οδού	91
Σχήμα 51.- Κηφισιά & Ασπρόπυργος	91
Σχήμα 52.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)	93
Σχήμα 53.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος)	94
Σχήμα 54.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (περίοδος ανάλυσης) ...	94
Σχήμα 55.- Αχαρνές & Ασπρόπυργος	95
Σχήμα 56.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)	96
Σχήμα 57.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος)	97
Σχήμα 58.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (περίοδος ανάλυσης) ..	97
Σχήμα 59.- Αριθμός διαδρομών ανά ημέρα	102
Σχήμα 60.- Αριθμός διαδρομών ανά ώρα αναχώρησης	102
Σχήμα 61.- Κύριοι οδικοί άξονες	104
Σχήμα 62.- Διάφορες μεταφορικές εταιρείες στην Αττική	105
Σχήμα 63.- Τόνοι μεταφορών που μεταφέρθηκαν [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ]	105
Σχήμα 64.- Συχνότητα διαδρομών με/χωρίς χρήση της Αττικής Οδού για κάθε ζεύγος	108
Σχήμα 65.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού (διαδρομές μετάβασης)	109
Σχήμα 66.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού (διαδρομές επιστροφής)	109
Σχήμα 67.- Σύγκριση μέσης ταχύτητας και χρόνου διαδρομής	111
Σχήμα 68.- Μέση ταχύτητα διαδρομής-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές, (διαδρομές μετάβασης)	111
Σχήμα 69.- Μέση ταχύτητα διαδρομής-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (διαδρομές επιστροφής)	112
Σχήμα 70.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος),	115
Σχήμα 71.- Εναλλακτικές διαδρομές (ημέρα Παρασκευή), περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)	115
Σχήμα 72.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)	117

Σχήμα 73.- Εναλλακτικές διαδρομές (διάστημα 12:00-15:00), περιοχές Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος).....	117
Σχήμα 74.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος).....	120
Σχήμα 75.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος).....	120
Σχήμα 76.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	124
Σχήμα 77.- Εναλλακτικές διαδρομές (ημέρα Παρασκευή), περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	124
Σχήμα 78.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	126
Σχήμα 79.- Εναλλακτικές διαδρομές (διάστημα 06:00-09:00), περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	126
Σχήμα 80.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος).....	129
Σχήμα 81.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος).....	129
Σχήμα 82.- Ποσοστό χρησιμοποίησης οχημάτων.....	132

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1.- Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη έμφορτου οχήματος για εθνικές μεταφορές [πηγή: Πρεβενιός,2018].....	10
Πίνακας 2.- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύων αποστολής οχημάτων.....	18
Πίνακας 3.- Παράμετροι πειραμάτων [πηγή:Godfrey & Powell,2002].....	39
Πίνακας 4.- Εναλλαγή της ένδειξης της κατάστασης του οχήματος.....	66
Πίνακας 5.- Σφάλμα γραφής.....	66
Πίνακας 6.- Δυσκολία στον καθορισμό της κατάστασης στην αποθήκη.....	67
Πίνακας 7.- Διαφορετικές συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με διαφορετικές τοποθεσίες.....	69
Πίνακας 8.- Ίδιες συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με ίδια τοποθεσία.....	70
Πίνακας 9.- Ίδιες συντεταγμένες για αρκετό χρονικό διάστημα, με ίδια τοποθεσία και με ίδια κατάσταση οχήματος.....	70
Πίνακας 10.- Διαφορετικές συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με ίδια περιοχή.....	71
Πίνακας 11.- Ενδιάμεσα σημεία μεταξύ των σημείων που βρίσκονται σε κατάσταση φορτοεκφόρτωσης.....	72
Πίνακας 12.- Ορισμός διαδρομής.....	73
Πίνακας 13.- Διαδρομές για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο.....	79
Πίνακας 14.- Τμήματα οδικών αξόνων.....	79
Πίνακας 15.- Συχνότητα διαδρομών για κάθε ζεύγος (μετάβαση και επιστροφή).....	81
Πίνακας 16.- Δείγμα διαδρομών για αναλυτική διερεύνηση.....	81
Πίνακας 17.- Δείγμα διαδρομών που απορρίφθηκε.....	81
Πίνακας 18.- Συχνότητα διαδρομών, περιοχές Πέραμα & Τανάγρα.....	86
Πίνακας 19.- Αριθμός διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Τανάγρα.....	88

Πίνακας 20.- Ομάδες διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Διόνυσος με χρήση της Αττικής Οδού.....	90
Πίνακας 21.- Διαδρομές ανά μήνα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά.....	92
Πίνακας 22.- Διαδρομές ανά μήνα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές.....	95
Πίνακας 23.- Σενάριο 1: Πραγματικό δρομολόγιο	98
Πίνακας 24.- Σενάριο 1: Υποθετικό δρομολόγιο	99
Πίνακας 25.- Σενάριο 2: Πραγματικό δρομολόγιο	100
Πίνακας 26.- Σενάριο 2: Υποθετικό δρομολόγιο	100
Πίνακας 27.- Σενάριο 3: Πραγματικό δρομολόγιο	101
Πίνακας 28.- Σενάριο 3: Υποθετικό δρομολόγιο	101
Πίνακας 29.- Συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα ανά οδικό τμήμα.....	104
Πίνακας 30.- Διαδρομές με/χωρίς χρήση της Αττικής Οδού	106
Πίνακας 31.- Ζεύγη διαδρομών (μετάβαση και επιστροφή).....	107
Πίνακας 32.- Σύγκριση του κόστους δρομολογίων για τις εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ των σημείων παραλαβής-παράδοσης.....	113
Πίνακας 33.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος).....	114
Πίνακας 34.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών ανά ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)	116
Πίνακας 35.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)	118
Πίνακας 36.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	119
Πίνακας 37.- Ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	121
Πίνακας 38.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	121
Πίνακας 39.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	123
Πίνακας 40.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	125
Πίνακας 41.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος).....	127
Πίνακας 42.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος και Αχαρνές (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	128
Πίνακας 43.- Ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	130
Πίνακας 44.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)	130
Πίνακας 45.- Μέσος χρόνος αδρανείας φορτηγών οχημάτων	133
Πίνακας 46.- Σύγκριση πραγματικών και υποθετικών σεναρίων	133

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τύποι και κατηγορίες φορτηγών οχημάτων

Τα φορτηγά οχήματα κατηγοριοποιούνται σε φορτηγά οχήματα ιδιωτικής και δημόσιας χρήσης (1). Τα φορτηγά ιδιωτικής χρήσης χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τη μεταφορά εμπορευμάτων που ανήκουν στην ιδιωτική επιχείρηση. Αντίθετα, τα φορτηγά δημόσιας χρήσης χρησιμοποιούνται για μεταφορές τρίτων με την καταβολή κομίστρου. Οι εμπορευματικές μεταφορές με φορτηγά δημόσιας χρήσης διακρίνονται σε διεθνείς, εθνικές, νομαρχιακές και ειδικές ανάλογα με το είδος της μεταφοράς (2). Το 2015, οι συνολικές μεταφορές εμπορευμάτων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης των 28 υπολογίζεται σε 3.516 δισεκατομμύρια τόνο-χιλιόμετρα (tkm). Από αυτά, το 49% αντιπροσώπευαν οι οδικές μεταφορές, με τις θαλάσσιες μεταφορές να ακολουθούν με ποσοστό 31,3% και στη συνέχεια να βρίσκονται οι σιδηροδρομικές μεταφορές με ποσοστό 11,9% (3).

Για τις εμπορευματικές μεταφορές χρησιμοποιούνται διάφορες κατηγορίες φορτηγών οχημάτων, οι οποίες διαφέρουν ως προς τον τύπο και τους άξονες του οχήματος. Οι άξονες του οχήματος μεταφέρουν το μεικτό βάρος του οχήματος (ίδιο βάρος οχήματος και βάρος μεταφερόμενου φορτίου) προς τους τροχούς και αυτοί με τη σειρά τους μεταφέρουν το βάρος προς το οδόστρωμα (4).

Πίνακας 1.- Μέγιστα επιτρεπόμενα βάρη έμφορτου οχήματος για εθνικές μεταφορές
[πηγή: Πρεβενιός, 2018]

Είδος Οχήματος	Βάρος (kg)
Αυτοκίνητα	
Διαξονικά	19.000
Τριαξονικά	26.000
Τετραξονικά	33.000
Ρυμουλκούμενα	
Μονοαξονικά	10.000
Διαξονικά	19.000
Τριαξονικά	26.000
Τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων	30.000
Ημιρυμουλκούμενα (επικαθήμενα)	
Μονοαξονικά	19.000
Διαξονικά	31.000
Τριών ή περισσότερων αξόνων	34.000
Αρθρωτά οχήματα	
Συνολικού αριθμού τριών αξόνων	29.000
Συνολικού αριθμού τεσσάρων ή περισσότερων αξόνων	42.000
Συρμοί	
Διαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο	26.000
Τριαξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο	33.000
Τετραξονικό φορτηγό + μονοαξονικό ρυμουλκούμενο ή τριαξονικό ή διαξονικό φορτηγό + ρυμουλκούμενο με δύο ή περισσότερους άξονες	42.000

Τα κύρια χαρακτηριστικά του οχήματος αποτελούνται από μηχανολογικά μέρη με κυριότερα τον κινητήρα, το σύστημα μετάδοσης της κίνησης και τα ελαστικά.

Ο κινητήρας είναι το σημαντικότερο τμήμα των φορτηγών οχημάτων καθώς επιτρέπει την κίνηση του οχήματος. Η κίνηση επιτυγχάνεται με την κατανάλωση καυσίμου και με το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, δηλαδή το κιβώτιο ταχυτήτων. Το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να είναι χειροκίνητο ή αυτόματο. Η διαφορά των δύο κιβωτίων παρατηρείται στην απόδοση του οχήματος, αφού τα αυτόματα κιβώτια έχουν μικρότερη απόδοση από τα χειροκίνητα. Όμως, ο κάθε τύπος κιβωτίου ταχυτήτων επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο την κατανάλωση καυσίμου. Στα αυτόματα κιβώτια δεν απαιτείται η συχνή εναλλαγή των ταχυτήτων για τις διαδρομές εντός αστικών περιοχών, όπως συμβαίνει στα χειροκίνητα κιβώτια, προσφέροντας έτσι μείωση της κατανάλωσης καυσίμου. Τα ελαστικά του οχήματος επηρεάζουν την αντίσταση κύλισης του οχήματος και κατ' επέκταση τις απώλειες ενέργειας του.

Εκτός από τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά των φορτηγών οχημάτων υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης συσκευών και αισθητήρων για την καλύτερη παρακολούθηση του. Τέτοια είναι οι αισθητήρες θερμοκρασίας, οι οποίοι τοποθετούνται εντός της καμπίνας του οχήματος, καθώς το σύστημα κλιματισμού/θέρμανσης επηρεάζει στην κατανάλωση καυσίμου. Επίσης, στα φορτηγά οχήματα τοποθετούνται ταχογράφοι για την καταγραφή πληροφοριών όπως η ταχύτητα του οχήματος, ο χρόνος οδήγησης και αναμονής και η απόσταση που διανύει το όχημα. Ακόμη, τοποθετούνται συσκευές για τον έλεγχο της οδηγικής συμπεριφοράς ώστε να βελτιωθεί η οδική ασφάλεια, ελέγχοντας τις συχνές επιταχύνσεις και τις απότομες επιβραδύνσεις. Επιπλέον, η τοποθέτηση συσκευών εντοπισμού (GPS) είναι απαραίτητη για τον άμεσο εντοπισμό του οχήματος όχι μόνο για περιπτώσεις ασφαλείας (έλεγχος για τη θέση των οχημάτων) αλλά και για τον έλεγχο της εκτέλεσης των δρομολογίων.



Σχήμα 1.- Αισθητήρες και συσκευές φορτηγών οχημάτων

1.2 Προβλήματα μεταφορών και διαχείρισης στόλου φορτηγών οχημάτων

Η διαχείριση του στόλου οχημάτων αντιπροσωπεύει, σε τακτικό και λειτουργικό επίπεδο, τον τρόπο αντιμετώπισης προβλημάτων μεταφοράς επιβατών και προϊόντων. Έχουν αναπτυχθεί πολλά μαθηματικά μοντέλα και υπολογιστικές τεχνικές (αλγόριθμοι, ευρετικά, μεταερευτικά) για τη βελτιστοποίηση και την προσομοίωση των λειτουργιών του μεταφορικού στόλου για την εξυπηρέτηση της ζήτησης των πελατών με στόχο τη μείωση του κόστους, όπως αναφέρουν οι *Bielli et al.* (5), για διάφορα προβλήματα μεταφορών. Σύμφωνα με έρευνα της αγοράς από την ανεξάρτητη εταιρεία αναλύσεων Berg Insight, ο αριθμός των μονάδων διαχείρισης στόλου που αναπτύσσονται σε εμπορικούς στόλους στην Ευρώπη έχει αυξηθεί από 3,05 εκατομμύρια μονάδες στο τέλος του 2012 σε 6,40 εκατομμύρια το 2017 (6).

Ένα χαρακτηριστικό πρόβλημα μεταφορών είναι η αποστολή και η δρομολόγηση των οχημάτων, ο σχεδιασμός των δρομολογίων του στόλου και ο καθορισμός των διαδρομών που θα ακολουθηθούν σε ένα δίκτυο. Η διαχείριση του στόλου μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση προβλημάτων μεταφοράς προϊόντων και επιβατών εντός και εκτός του αστικού δικτύου, με καλό σχεδιασμό και κατανόηση του δικτύου μεταφορών αλλά και με τον σωστό προγραμματισμό των εργασιών και της ανάθεσης των εργασιών στα οχήματα και στους οδηγούς. Επίσης, για τις αεροπορικές μεταφορές, εμφανίζονται συχνά διάφορα προβλήματα, όπως η δρομολόγηση των αεροσκαφών, οι καθυστερήσεις, η διαχείριση των καυσίμων και των εσόδων και ο προγραμματισμός των δρομολογίων των αεροσκαφών και του πληρώματος. Επιπλέον, στις σιδηροδρομικές μεταφορές, η διαχείριση του στόλου μπορεί να προσφέρει καλύτερο προγραμματισμό των λειτουργιών του σταθμού, ορθότερο συντονισμό των μονάδων φόρτωσης στα βαγόνια και καλύτερο προγραμματισμό των δρομολογίων. Η διαχείριση του στόλου είναι εξίσου σημαντική και στις θαλάσσιες μεταφορές, καθώς μπορεί να γίνει καλύτερη μίξη του στόλου, σωστή ανάθεση εργασιών και καλύτερος προγραμματισμός των δρομολογίων.

Σε τέτοια προβλήματα υπάρχουν αβέβαια γεγονότα που μπορούν να επιδρούν στις μεταφορές (δυναμικό περιβάλλον), όπως η άφιξη νέων αιτημάτων των πελατών σε πραγματικό χρόνο και οι καθυστερήσεις στον χρόνο ταξιδιού. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες επικοινωνίας (κινητά τηλέφωνα, δορυφόροι) για την ανάλυση και επεξεργασία των τηλεματικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Όμως, λόγω της δυσκολίας επίλυσης τέτοιων προβλημάτων (πολλοί παράγοντες, μεγάλης κλίμακας προβλήματα, σύνθετα προβλήματα), σε στατικό και δυναμικό περιβάλλον αλλά και σε περιβάλλον με χρονοπαράθυρα, είναι απαραίτητη η βελτίωση των μαθηματικών μοντέλων και η μείωση του υπολογιστικού χρόνου των αλγορίθμων επίλυσης, για τα διάφορα προβλήματα μεταφορών.

1.3 Αντικείμενο και στόχος της εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση και επεξεργασία τηλεματικών δεδομένων από ένα σύστημα διαχείρισης στόλου μεταφορικής εταιρείας που εκτελεί μεταφορικό έργο στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών ώστε να προσδιοριστούν οι περιοχές του λεκανοπεδίου Αττικής, οι οποίες αποτελούν σημεία παραλαβής-παράδοσης καθώς και οι εναλλακτικές διαδρομές, είτε μέσω της Αττικής Οδού είτε μέσω άλλων οδικών δικτύων. Στα πλαίσια της ανωτέρω διερεύνησης έγινε

υπολογισμός του χρόνου διαδρομής, για όλες τις εναλλακτικές διαδρομές καθώς και υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου κατά την εκτέλεση των ανωτέρω διαδρομών

Ο στόχος της εργασίας είναι η ανάλυση των εναλλακτικών διαδρομών μιας μεγάλης μεταφορικής εταιρείας με έδρα τον Ασπρόπυργο Αττικής, ο υπολογισμός της συχνότητας χρήσης της Αττικής Οδού καθώς και η εκτίμηση του οφέλους (ή της επιβάρυνσης) σε κόστος και χρόνο για τα φορτηγά που χρησιμοποιούν την Αττική Οδό.

1.4 Διάρθρωση της εργασίας

Η διπλωματική εργασία είναι διαρθρωμένη σε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται εισαγωγικά στοιχεία του διερευνώμενου θέματος, το αντικείμενο και ο στόχος της εργασίας και το παρών υποκεφάλαιο που αφορά στη διάρθρωση της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο (Βιβλιογραφική Ανασκόπηση) εξετάζονται τα διάφορα συστήματα δρομολόγησης φορτηγών οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη διανομή εμπορευμάτων. Ακόμη εξετάζεται, η οργάνωση των λειτουργιών των οχημάτων των μεταφορικών εταιρειών η οποία είναι σημαντική για την επιλογή της κατάλληλης διαδρομής, Επιπλέον, παρουσιάζονται οι συνηθέστεροι τρόποι επίλυσης των προβλημάτων δρομολόγησης, καθώς επίσης και οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται το σύστημα διαχείρισης στόλου και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή και επεξεργασία των τηλεματικών δεδομένων. Ακόμη, αναλύεται το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου των φορτηγών οχημάτων.

Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά την ανάλυση και την απεικόνιση των διαδρομών που εκτελέστηκαν από τα φορτηγά της μεταφορικής εταιρείας, καθώς και τα αποτελέσματα της ανάλυσης και της επεξεργασίας.

Στο πέμπτο και έκτο κεφάλαιο παρατίθενται, αντίστοιχα, τα συμπεράσματα που προέκυψαν και οι εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η ανάγκη για τη μελέτη των προβλημάτων δρομολόγησης φορτηγών οχημάτων έχει απασχολήσει τον κλάδο των μεταφορών καθώς η λύση τους οδηγεί στην καλύτερη εκτίμηση του κόστους των λειτουργιών και της συντήρησης του στόλου φορτηγών οχημάτων και στην αποτελεσματικότητα του. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα διάφορα συστήματα δρομολόγησης οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη διανομή εμπορευμάτων. Επίσης, εξετάζεται, η οργάνωση των λειτουργιών των οχημάτων των μεταφορικών εταιρειών η οποία είναι σημαντική για την επιλογή της κατάλληλης διαδρομής, κάτι το οποίο είναι σημαντικό για τη διαχείριση του στόλου φορτηγών οχημάτων. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι διάφορες μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων δρομολόγησης και διαχείρισης στόλου και αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου.

2.1 Διανομή εμπορευμάτων και δρομολόγηση οχημάτων

Για την καλύτερη δρομολόγηση των οχημάτων και κατ' επέκταση τη γρήγορη διανομή των εμπορευμάτων είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το σύστημα με το οποίο γίνεται η μεταφορά μιας παραγγελίας. Πρέπει να γνωρίζουμε, δηλαδή, τον τρόπο που θα εξυπηρετηθούν οι πελάτες, όπως για παράδειγμα την άμεση ή έμμεση εξυπηρέτησή τους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

1. Άμεση αποστολή (α.1)

Στο σύστημα αυτό, οι αποστολές παραδίδονται από τους προμηθευτές, απευθείας, στους πελάτες. Η εταιρεία είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση του γενικού αποθέματος, ώστε η απευθείας αποστολή να είναι οικονομικότερη αν έχω πλήρες φορτίο.

2. Συλλογή από τους προμηθευτές και άμεση αποστολή (α.2)

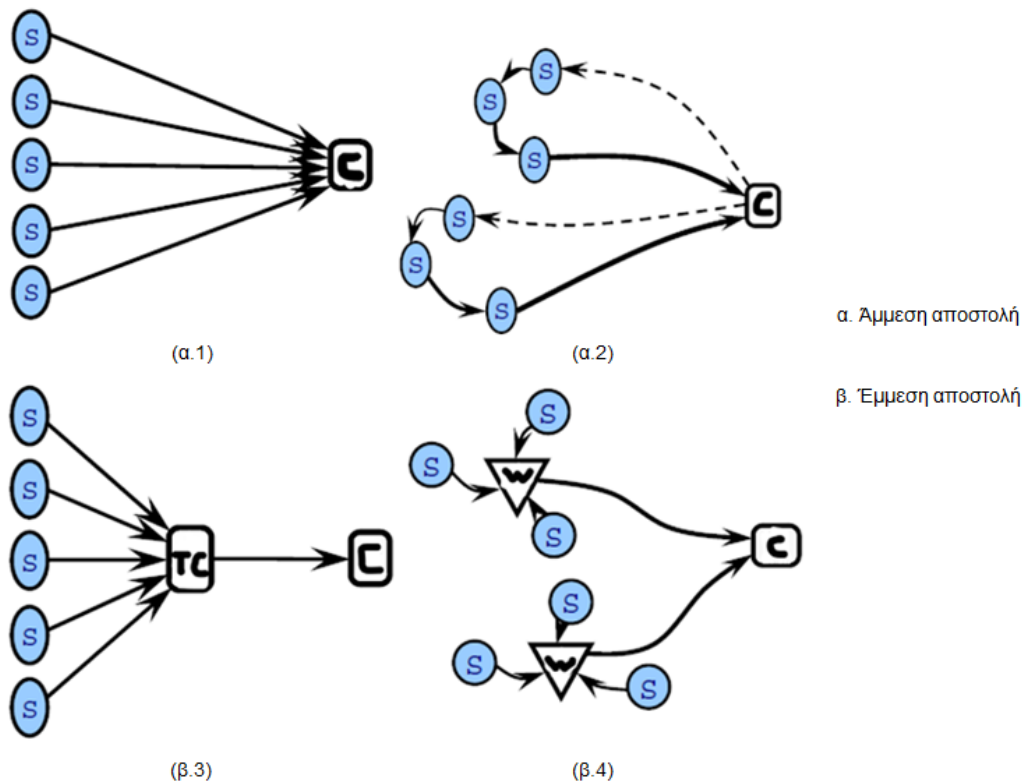
Στο σύστημα αυτό, η τρίτη εταιρεία χωρίζει τους διαφορετικούς προμηθευτές σε δέσμες μέσω ενός δυναμικού σχεδιασμού και κατανέμει ένα όχημα μεταφοράς σε κάθε δέσμη για τη συλλογή των προϊόντων από τους προμηθευτές. Στο επόμενο βήμα, κάθε μεταφορικό όχημα φορτώνει τις παραγγελίες των προμηθευτών, σύμφωνα με καθορισμένο χρονοδιάγραμμα και υπό μία προκαθορισμένη σειρά, ώστε να παραδοθούν στους πελάτες.

3. Έμμεση αποστολή (β.3)

Στο σύστημα αυτό, οι προμηθευτές παραδίδουν τις αποστολές τους σε αποθήκες τρίτης εταιρείας και αυτή είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά των προϊόντων στους πελάτες. Σε αυτήν τη μέθοδο, το απόθεμα των αποθηκών της τρίτης εταιρείας ελέγχεται από τους προμηθευτές και το συνολικό απόθεμα χωρίζεται μεταξύ της τρίτης εταιρείας και των πελατών (Vendor Managed Inventory System).

4. Έμμεση αποστολή μέσω αποθηκευτικών χώρων (β.4)

Στο σύστημα αυτό, οι προμηθευτές παραδίδουν τις αποστολές τους σε αποθήκες, που κατασκευάστηκαν από μια τρίτη εταιρεία οι οποίες βρίσκονται κοντά τους. Στη συνέχεια, η τρίτη εταιρεία παραδίδει τα συνολικά προϊόντα της κάθε αποθήκης στους πελάτες.



Σχήμα 2.- Διάφορα συστήματα άμεσης και έμμεσης αποστολής [πηγή: Du et al., 2007]

Επίσης, τα διάφορα συστήματα μπορεί να έχουν και χρονικούς περιορισμούς, είτε για την παραλαβή των προϊόντων από τους προμηθευτές, είτε για την παράδοση των προϊόντων στους πελάτες, είτε και για τα δύο. Επιπλέον, μπορεί να γίνει συνδυασμός των παραπάνω συστημάτων και των συστημάτων με χρονικούς περιορισμούς/χρονοπαράθυρα, όπως φαίνεται παρακάτω.

1. Άμεση αποστολή με χρονοπαράθυρα (α.1)

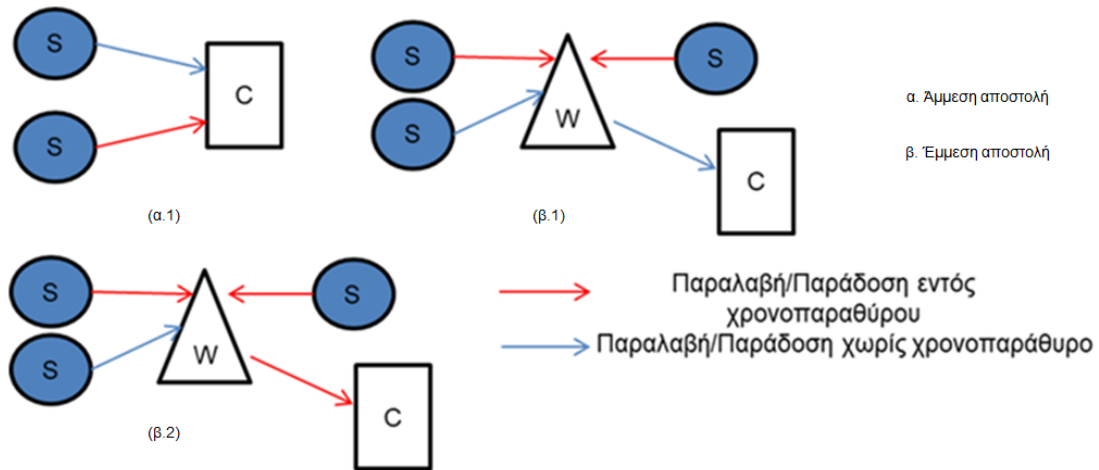
Στο σύστημα αυτό, η παράδοση από τους προμηθευτές στους πελάτες μπορεί να γίνει είτε εντός του χρονοπαραθύρου είτε χωρίς χρονοπαράθυρο.

2. Έμμεση αποστολή χωρίς χρονοπαράθυρα, μέσω αποθηκευτικών χώρων (β.1)

Στο σύστημα αυτό, η παραλαβή από τους προμηθευτές μπορεί να γίνει είτε εντός των χρονοπαραθύρων είτε χωρίς χρονοπαράθυρο, όμως η παράδοση γίνεται χωρίς χρονοπαράθυρο.

3. Έμμεση αποστολή με χρονοπαράθυρα, μέσω αποθηκευτικών χώρων (β.2)

Στο σύστημα αυτό, η παραλαβή από τους προμηθευτές μπορεί να γίνει είτε εντός των χρονοπαραθύρων είτε χωρίς χρονοπαράθυρο, όμως η παράδοση γίνεται εντός του χρονοπαραθύρου.



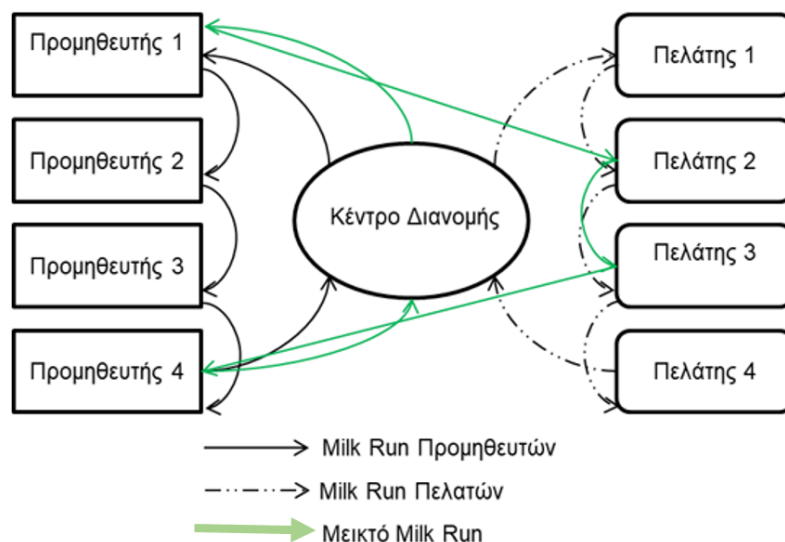
Σχήμα 3.- Συστήματα αποστολής με χρονικούς περιορισμούς

Ένα άλλο σύστημα που χρησιμοποιείται είναι το Milk Run, του οποίου η ονομασία προέρχεται από το παραδοσιακό σύστημα πώλησης γάλακτος στην αγορά της Δύσης, στην οποία ο γαλατάς περπατούσε ως τις πόρτες των σπιτιών των πελατών με το κάρο του, σε μια καθορισμένη διαδρομή, για να παραδώσει στους πελάτες του, τα μπουκάλια που περιείχαν γάλα και να πάρει πίσω τα άδεια μπουκάλια.

➤ To Milk Run System

Στο σύστημα αυτό, καθορίζεται ο τύπος και ο αριθμός των οχημάτων και επιλέγονται η διαδρομή και το χρονοδιάγραμμα που θα ακολουθήσουν τα οχήματα για να λάβουν τις παραγγελίες από τους προμηθευτές, με την υπόθεση ότι όλα τα οχήματα πρέπει να επιστρέψουν τις παλέτες στο κέντρο διανομής της ζήτησης (κεντρική αποθήκη). Ουσιαστικά, γίνεται διαμοιρασμός των οχημάτων μεταξύ των προμηθευτών ή των πελατών, εξυπηρετώντας παραλαβές ή παραδόσεις ή και τα δύο (

Σχήμα 4).



Σχήμα 4.- Συστήματα Milk Run [πηγή: Du et al., 2007]

➤ Δίκτυο Crossdocking

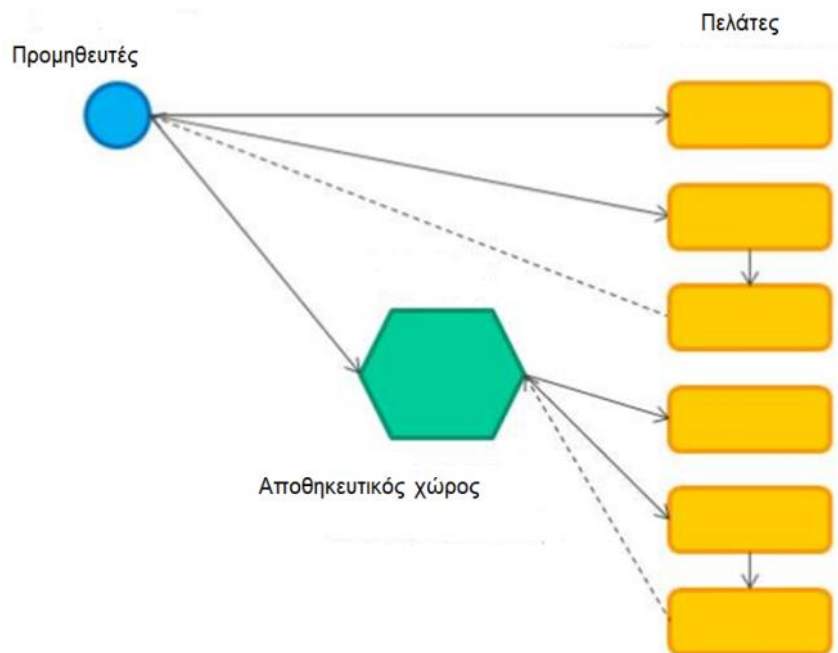
Στο σύστημα αυτό, γίνεται διαμοιρασμός των οχημάτων με κατάλληλο συντονισμό για την εξυπηρέτηση των προμηθευτών και των πελατών (Σχήμα 5). Τα οχήματα μεταφέρουν προϊόντα από διαφορετικούς προμηθευτές και στην συνέχεια τα προϊόντα μεταφέρονται, απευθείας, με άλλα οχήματα στους πελάτες. Αν υπάρχουν περισσότερα προϊόντα των προμηθευτών από αυτά που χρειάζονται οι πελάτες, τότε είναι απαραίτητη η διατήρηση του αποθέματος σε αποθήκες ή σε κέντρα διανομής. Το συγκεκριμένο σύστημα, μπορεί να μειώσει το επίπεδο του αποθέματος αλλά απαιτεί υψηλό συντονισμό όλων των οχημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της Walmart U.S., όπου τα οχήματα εξυπηρέτησης των προμηθευτών ανταλλάσσουν τα προϊόντα απευθείας στην αποθήκη για την διατήρηση χαμηλού αποθέματος.



Σχήμα 5.- Δίκτυο Crossdocking

➤ Δίκτυο Trailored

Στο σύστημα αυτό, γίνεται συνδυασμός του φορτηγού με πλήρες φορτίο και αυτού με λιγότερο από το πλήρες φορτίο. Δηλαδή, μεταφέρεται απευθείας μεγάλος όγκος παραγγελιών από τους προμηθευτές στους πελάτες και ένας μικρότερος όγκος παραγγελιών μεταφέρεται στις αποθήκες (Σχήμα 6).



Σχήμα 6.- Δίκτυο Trailored

Τα παραπάνω συστήματα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σχετικά με το κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης στους αποθηκευτικούς χώρους και τον συντονισμό των εργασιών και των οχημάτων, είτε εντός των χώρων αποθήκευσης είτε στο δίκτυο.

Πίνακας 2.- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δικτύων αποστολής οχημάτων

Δίκτυο	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Άμεση αποστολή	Χωρίς ενδιάμεσο χώρο αποθήκευσης	Υψηλά αποθέματα (για μεγάλα δίκτυα)
	Απλός συντονισμός	Σημαντικά έξοδα
Έμμεση αποστολή (μέσω χώρων αποθήκευσης)	Χαμηλό μεταφορικό κόστος εισαγωγής	Αυξημένο κόστος αποθέματος
		Δυσκολία χειρισμών στους αποθηκευτικούς χώρους
Άμεσο Milk Run	Χαμηλό κόστος μεταφοράς για μικρά	Αυξημένη πολυπλοκότητα συντονισμού
	Χαμηλότερα αποθέματα	
Έμμεσο Milk Run (μέσω κέντρου διανομής)	Χαμηλό μεταφορικό κόστος εξαγωγής για μικρά δίκτυα	Αυξημένη πολυπλοκότητα συντονισμού
Cross Docking	Χαμηλές απαιτήσεις αποθέματος	Αυξημένη πολυπλοκότητα συντονισμού
	Χαμηλό μεταφορικό κόστος	
Trailored	Καλύτερη ανταπόκριση στην επιλογή μεταφοράς του μεμονωμένου προϊόντος και του πελάτη	Πολύ αυξημένη πολυπλοκότητα συντονισμού

2.2 Οργάνωση λειτουργιών μεταφορικής εταιρείας

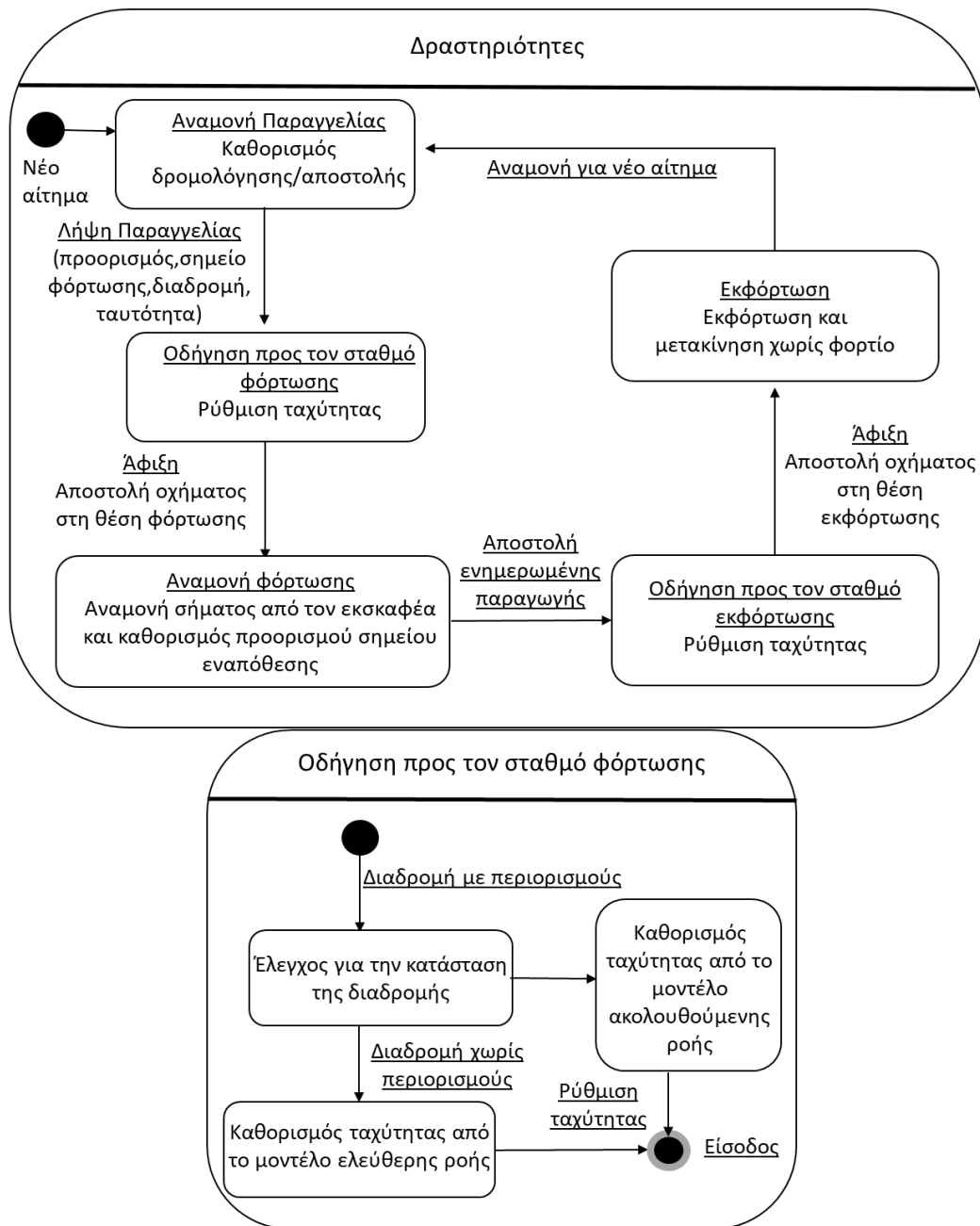
Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος με το οποίο θα γίνεται η μεταφορά των εμπορευμάτων θα μπορέσει να οδηγήσει στην καλύτερη λειτουργία μιας εταιρείας, όχι μόνο με μείωση του κόστους αλλά και με την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Κατ'επέκταση, ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα αποστολής

και δρομολόγησης των οχημάτων αλλά και την καλύτερη ανάθεση εργασιών στα οχήματα, καθώς επίσης και τον καλύτερο προγραμματισμό αυτών.

Μοντέλο προσομοίωσης της κυκλοφορίας μεταξύ σταθμών παραλαβής και παράδοσης

Οι *Jaoua et al.* (7), παρουσιάζουν ένα μοντέλο προσομοίωσης διακριτών γεγονότων, το οποίο περιλαμβάνει προσομοιωτή της κυκλοφορίας μεταξύ των σταθμών παραλαβής και παράδοσης, με χρήση της προσέγγισης που βασίζεται σε γεγονότα. Επιπλέον, εξετάστηκε η κυκλοφοριακή συμπεριφορά του σχηματισμού μιας «διμοιρίας» οχημάτων και η διάδοση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Για να μοντελοποιηθεί η λεπτομερής κατάσταση της κυκλοφορίας, απεικονίζονται τρία βασικά στοιχεία: το περιβάλλον του δικτύου, το φορτηγό/όχημα και η οδήγηση. Για την υλοποίηση αυτού του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προσομοίωσης SIMAN/ARENA (γρήγορη στο χτίσιμο του μοντέλου). Η αποτελεσματικότητα του μοντέλου αποδεικνύεται από την επίλυση του προβλήματος διακίνησης και δρομολόγησης φορτηγών-οχημάτων σε ένα επιφανειακό ορυχείο.

Σε αυτή τη μελέτη, τα πειράματα διεξάγονται με δύο ρεαλιστικές λεπτομέρειες του προβλήματος. Το πρώτο πείραμα, προσομοιάζει το πρόβλημα της απόφραξης διαδρομής στο δίκτυο κυκλοφορίας, ενώ το δεύτερο πείραμα εξετάζει το πρόβλημα της έντονης κυκλοφοριακής συμφόρησης. Η οδήγηση στο εσωτερικό οδικό δίκτυο θα μπορούσε να γίνει κάτω από δύο τύπους κυκλοφοριακής ροής: με ελεύθερη ροή και με ακολουθούμενη ροή. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι όταν το πρόβλημα αποστολής (dispatch) και δρομολόγησης (routing) επιλυθεί με βάση το προτεινόμενο μοντέλο προσομοίωσης, η διαχείριση του στόλου των φορτηγών σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνεται και μπορεί να ελεγχθεί η κυκλοφορία στο εσωτερικό σύστημα μεταφοράς. Χρησιμοποιείται ένα μετα-ευρετικό (Simulated annealing optimization algorithm), ως αλγόριθμος βελτιστοποίησης του προτεινόμενου μοντέλου. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τον κύκλο εργασιών των οχημάτων στο μεταφορικό σύστημα.

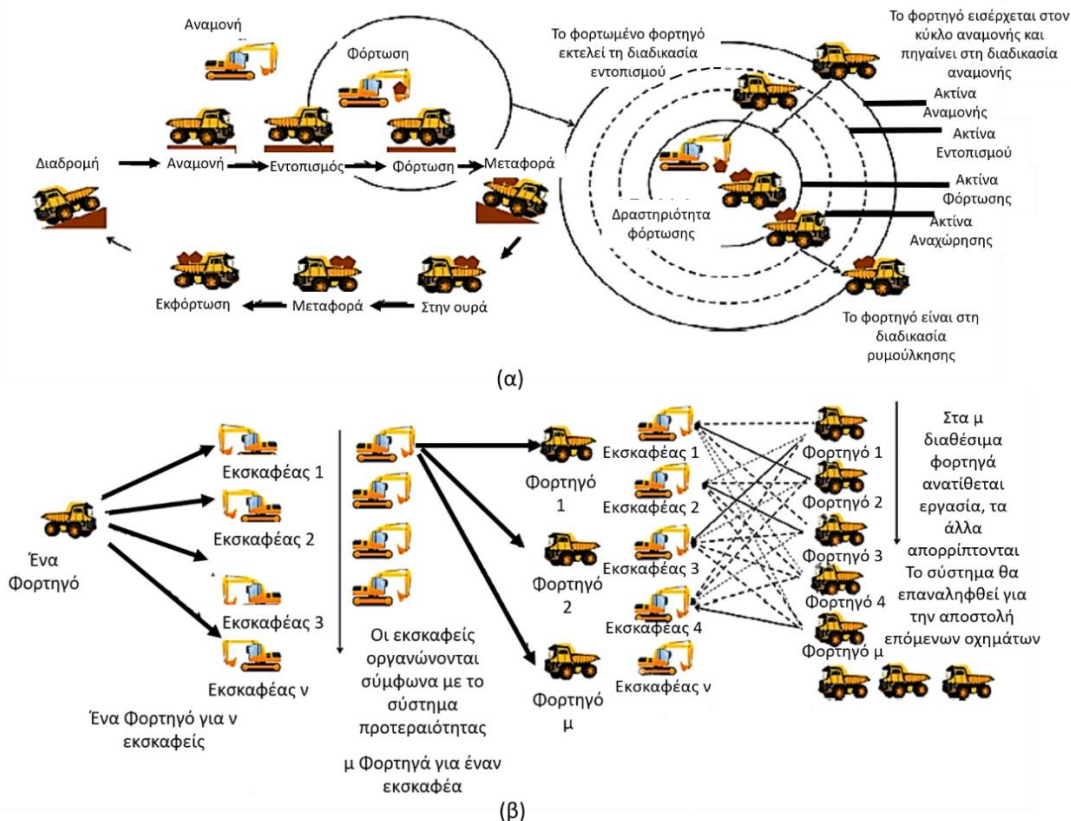


Σχήμα 7.- Κύκλος εργασιών στο μεταφορικό σύστημα [πηγή: Jaoua et al., 2011]

Ανεξάρτητα από το είδος των οχημάτων που διαθέτουμε και το είδος του προβλήματος που θέλουμε να επιλύσουμε, πρέπει να γνωρίζουμε τον κύκλο των εργασιών των οχημάτων ώστε να είναι εφικτή η σωστή δρομολόγηση και η αποστολή τους. Για παράδειγμα, σε ένα ανοιχτό ορυχείο είναι απαραίτητη η ανάθεση εργασιών στα οχήματα, για τις διαφορετικές στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν, για τις λειτουργίες των εκσκαφών και των φορτωτών του ορυχείου, ώστε να διανεμηθούν στο δίκτυο τα οχήματα και οι εκσκαφείς με αποτελεσματικό τρόπο, καθώς μεταφέρονται οι ποσότητες των ορυκτών.

Προσομοίωση των δραστηριοτήτων των οχημάτων σε ένα ορυχείο

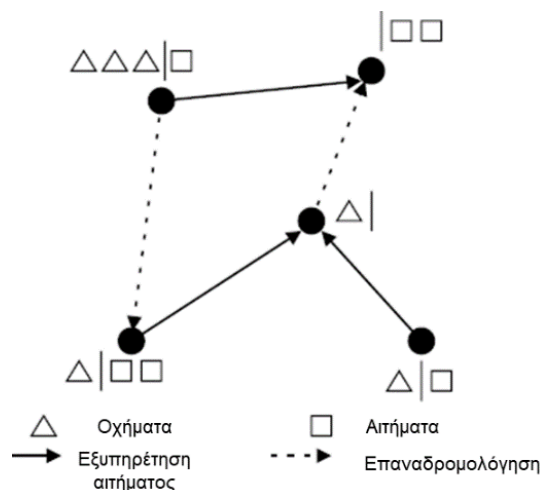
Οι Chaowasakoo et al. (8), έκαναν μια προσομοίωση για ένα ορυχείο, με δεδομένα που λήφθηκαν από GPS, για την εικονογράφηση των διαφορετικών στρατηγικών που μπορούν να ακολουθηθούν για τις λειτουργίες των εκσκαφών και των φορτωτών του ορυχείου. Η κρίσιμη απόφαση είναι να διανεμηθούν τα οχήματα και οι εκσκαφείς με αποτελεσματικό τρόπο, καθώς μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες ορυκτών, συμπεριλαμβανομένου του υψηλού κόστους. Αναλυτικότερα, οι φορτωτές περιμένουν να γίνουν διαθέσιμοι οι εκσκαφείς όταν το σύστημα είναι υπερφορτωμένο και όταν δεν είναι. Γίνεται προσομοίωση της κίνησης χρησιμοποιώντας αβεβαιότητες, όπως τα μηχανικά προβλήματα και οι καιρικές συνθήκες, για την λύση των προβλημάτων διαχείρισης στόλου των ανοιχτών ορυχείων. Χρειάζεται να καθοριστούν οι αποστάσεις μεταφοράς των ορυκτών, ο χρόνος της κυκλικής λειτουργίας των φορτωτών και των εκσκαφών και ο χρόνος φόρτωσης του ζεύγους φορτωτής-εκσκαφέα. Γίνεται επεξεργασία των δεδομένων ώστε να ταιριάζουν καλύτερα στα δεδομένα εισόδου που χρειάζονται για την προσομοίωση. Διαθέτουμε ετερογενή στόλο (μεγάλοι/μικροί φορτωτές και εκσκαφείς) 88 οχημάτων και περίοδο ένα μήνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσομοίωση, βασισμένη σε ευρετικά, βελτιώνει τα προβλήματα αποστολής οχημάτων στα ορυχεία.



Σχήμα 8.- Αποστολή χωματουργικών οχημάτων για ένα ορυχείο (α) Κύκλος εργασιών (β) Ανάθεση εργασιών [πηγή: Chaowasakoo et al., 2017]

Ένα άλλο παράδειγμα που δείχνει ότι είναι απαραίτητη η κατανόηση του κύκλου των εργασιών και κατ' επέκταση η ανάθεση εργασιών και η σωστή αποστολή-δρομολόγηση των οχημάτων, είναι η εξυπηρέτηση των πελατών σε ένα δίκτυο όπου

υπάρχουν «ουρές» καθκόντων και οχημάτων σε κάθε θέση του δικτύου. Τα οχήματα μετακινούνται για την εξυπηρέτηση ενός αιτήματος και υπάρχει η δυνατότητα επαναδρομολόγησης, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος εξυπηρέτησης. Οι πελάτες πρέπει να εξυπηρετούνται εντός των χρονοπαραθύρων ώστε η εταιρεία να έχει πλήρη έσοδα, δηλαδή να μην υπάρξει ρήτρα για εξυπηρέτηση σε αργότερο χρόνο. Με την πάροδο του χρόνου, λαμβάνονται νέα αιτήματα για εξυπηρέτηση.



Σχήμα 9.- Εξυπηρέτηση αιτημάτων και επαναδρομολόγηση [πηγή: Godfrey & Powell, 2002]

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η φορτοεκφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων σε μια λιμενική εγκατάσταση. Στην εγκατάσταση υπάρχουν γερανογέφυρες στην θάλασσα και στην χερσαία πλευρά και οχήματα μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων στους χώρους αποθήκευσης. Αν τα οχήματα φθάσουν αργά, δημιουργείται καθυστέρηση στη δραστηριότητα των γερανογεφυρών. Αν τα οχήματα φθάσουν νωρίς τότε θα χρειαστεί να αναμένουν τις λειτουργίες της γερανογέφυρας με αποτέλεσμα να δημιουργείται καθυστέρηση στα επόμενα καθήκοντα. Για να περιοριστούν οι καθυστερήσεις, είναι απαραίτητη η ανάθεση εργασιών και η σωστή αποστολή-δρομολόγηση των οχημάτων.

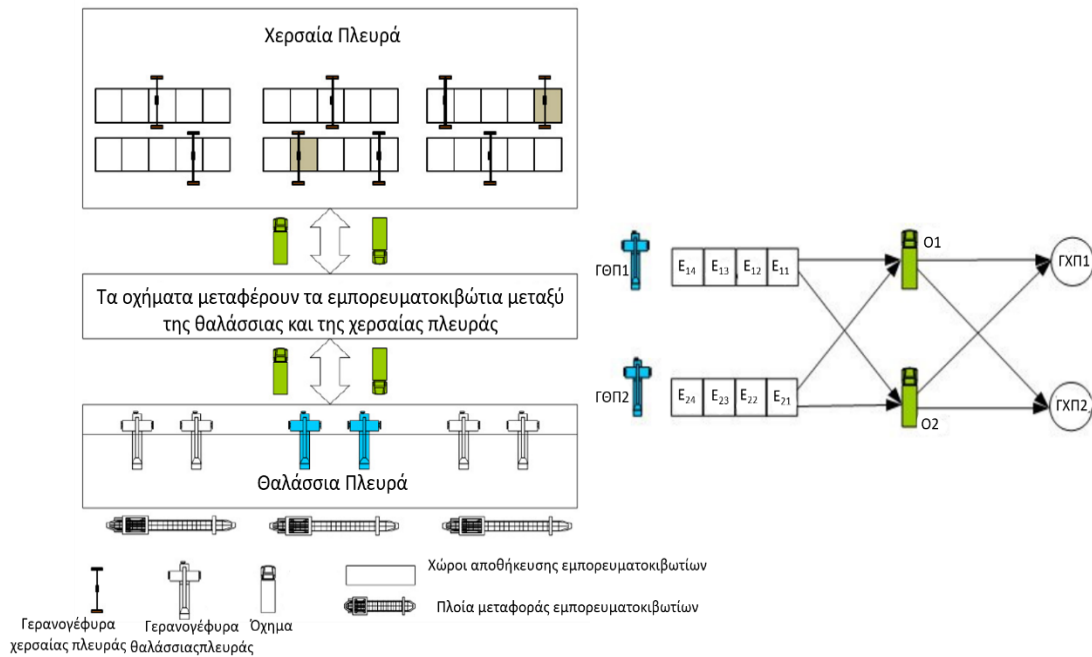
Αποστολή οχημάτων και κατανομή εμπορευματοκιβωτίων σε σταθμό μεταμόρφωσης

Οι Wang et al. (9), αναφέρθηκαν στο πρόβλημα αποστολής οχημάτων και τοποθεσίας αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων με ταυτόχρονη τη διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωσης, για μια μεγάλη λιμενική εγκατάσταση (περισσότερο από 4% της παγκόσμιας κίνησης). Αναλυτικότερα, στην εγκατάσταση υπάρχουν γερανογέφυρες στην θάλασσα και στην χερσαία πλευρά καθώς επίσης και οχήματα μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων στο εσωτερικό δίκτυο. Αν τα οχήματα φθάσουν αργά, δημιουργείται καθυστέρηση στη δραστηριότητα των γερανογεφυρών. Αν τα οχήματα φθάσουν νωρίς τότε θα χρειαστεί να αναμένουν τις λειτουργίες της γερανογέφυρας με αποτέλεσμα να δημιουργείται καθυστέρηση στα επόμενα καθήκοντα. Επομένως η τοποθέτηση των χώρων αποθήκευσης πρέπει να γίνεται σε κατάλληλα σημεία ώστε να περιοριστούν οι καθυστερήσεις. Η ακολουθία των εργασιών των γερανογεφυρών της θάλασσας πλευράς θεωρείται δεδομένη. Επιπλέον, ο αριθμός των γερανογεφυρών της εγκατάστασης και ο αριθμός του μηχανολογικού εξοπλισμού θεωρείται, επίσης, δεδομένος. Για την καλύτερη λειτουργία του λιμένα, τα

εμπορευματοκιβώτια με τον ίδιο προορισμό στοιβάζονται σε προ-δεσμευμένες θέσεις. Τα οχήματα μεταφέρουν ένα εμπορευματοκιβώτιο σε κάθε διαδρομή. Ο χρόνος κίνησης των γερανών της χερσαίας πλευράς μοντελοποιείται σαν κομμάτι του χρόνου χειρισμού. Επίσης, δεν λαμβάνεται υπόψη η κυκλοφοριακή συμφόρηση εντός του λιμένα και θεωρούνται γνωστοί οι χρόνοι διαδρομής μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού.

Δημιουργείται το μοντέλο MIP, με χρήση του χρόνου μεταφοράς των οχημάτων και παραμέτρους που αφορούν τον χρόνο παράδοσης από την αφετηρία προς τον προορισμό καθώς επίσης και του χρόνου μετακίνησης χωρίς φορτίο από την θέση παράδοσης προς την αφετηρία. Για την λύση του χρησιμοποιείται το λογισμικό CPLEX, με στόχο την περάτωση όλων των εργασιών όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Χρησιμοποιείται μια διαδικασία προγραμματισμού χρησιμοποιώντας δένδροδιάγραμμα (Tree Structure) και εξετάζονται διάφορα παραδείγματα. Για την αποτελεσματικότερη λύση ενσωματώνονται στο μοντέλο ευρετικά (heuristics), τα οποία είναι Nested Partitions method, Beam Search method Stochastic Beam Search method. Για κάθε heuristic δημιουργούνται πιθανά επαναλαμβανόμενα σενάρια.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσέγγιση με τη μέθοδο NP μπορεί να δώσει μια σχετικά βέλτιστη λύση σε γρήγορο χρόνο (10sec). Για προβλήματα μεγαλύτερης κλίμακας από αυτά που εξετάστηκαν (μικρός αριθμός γερανογεφυρών και χερσαίου εξοπλισμού), χρειάζεται περισσότερος υπολογιστικός χρόνος. Γι' αυτό έγινε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους. Προέκυψε ότι η μέθοδος BS δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε εύλογο χρόνο και ότι είναι κατάλληλη για προβλήματα απόφασης σε πραγματικό χρόνο όταν ο χρόνος είναι ο κρίσιμος παράγοντας. Παρατηρήθηκε ότι μέθοδος SBS δίνει καλύτερη λύση, όχι όμως τη βέλτιστη, σε σχέση με τις άλλες δύο, όταν πρόκειται για προβλήματα σε πραγματικό χρόνο, καθώς επίσης και ότι είναι κατάλληλη για τον προγραμματισμό των εργασιών για προβλήματα σχετικά μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, έγινε σύγκριση όλων των μεθόδων του μοντέλου με τη μέθοδο GA (υβριδικός γενετικός αλγόριθμος) και παρατηρήθηκε ότι όλες οι μέθοδοι του μοντέλου ήταν γρηγορότερες από την GA.



Σχήμα 10.- Ανάθεση εργασιών στα οχήματα μιας λιμενικής εγκατάστασης
[πηγή: Wang et al., 2017]

2.3 Επιλογή διαδρομών – διαχείριση στόλου φορτηγών οχημάτων

Ο όρος διαχείριση στόλου οχημάτων αναφέρεται στη διαχείριση στόλου:

- Επαγγελματικών οχημάτων όπως αυτοκίνητα, φορτηγά, ημιφορτηγά, εξειδικευμένα οχήματα (όπως κινητά μηχανήματα κατασκευής) και ρυμουλκά.
- Ιδιωτικών οχημάτων που χρησιμοποιούνται για επαγγελματικούς σκοπούς
- Αεροσκαφών
- Πλοίων
- Τραίνων

Η διαχείριση του στόλου μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση του κόστους, των κινδύνων και στην αποτελεσματικότητα των λειτουργιών του στόλου. Αναλυτικότερα, βοηθάει:

- Στην εκτίμηση του κόστους λειτουργιών του στόλου όπως για παράδειγμα, το κόστος της κατανάλωσης καυσίμου, το κόστος μεταφοράς από μια θέση παραλαβής στην θέση παράδοσης (κόστος ταξιδιού), το κόστος μη ολοκλήρωσης της παραγγελίας εντός του ταξιδιού, το κόστος εργασίας των υπαλλήλων, το κόστος υπερωριών κλπ.
- Στην συντήρηση του στόλου, όπως για παράδειγμα το κόστος ασφάλισης των οχημάτων, το κόστος και ο χρόνος των λειτουργιών της συντήρησης του στόλου, στην εκτίμηση του πότε πρέπει να γίνουν οι εργασίες συντήρησης, κλπ.
- Στην αποτελεσματικότητα των λειτουργιών, δηλαδή στην γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη εξυπηρέτηση των πελατών.

Οι σημαντικότεροι στόχοι της διαχείρισης του στόλου:

- Η μείωση του κόστους μεταφοράς και λειτουργίας.
- Η βελτίωση της αποδοτικότητας, της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας του στόλου.

- Η ελαχιστοποίηση των κινδύνων που αφορούν στην επένδυση-αγορά των οχημάτων.

Αναλυτικότερα, οι κύριοι στόχοι είναι να:

- Μειωθεί το κόστος επαναδρομολόγησης και νέας ανάθεσης εργασιών στα οχήματα.
- Μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των προϊόντων που μεταφέρονται.
- Ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των διαδρομών χωρίς φορτίο.
- Ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός αριθμός διαδρομών.
- Καθοριστεί η ώρα έναρξης μιας αποστολής ώστε ο χρόνος διαδρομής να ελαχιστοποιηθεί.
- Διανεμηθούν καλύτερα οι εργασίες στον στόλο οχημάτων.
- Διανεμηθεί καλύτερα ο στόλος οχημάτων στο δίκτυο.
- Εξυπηρετηθούν καλύτερα οι πελάτες.

Σε ένα δίκτυο μεταφορών εμφανίζονται διάφορα προβλήματα που αφορούν την διαχείριση του στόλου οχημάτων και την επιλογή της κατάλληλης διαδρομής, όπως για παράδειγμα προβλήματα έκτακτης ανάγκης που αφορούν στόλο πυροσβεστικών, αστυνομικών, εκχιονιστικών και ασθενοφόρων οχημάτων. Επίσης παρουσιάζονται προβλήματα μεταφοράς επιβατών και εμπορευμάτων (ταξί, λεωφορεία, αεροπλάνα, τραίνα, φορτηγά). Η ανάγκη για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων έχει εξελιχθεί κατά την πάροδο των χρόνων και οφείλεται κυρίως στην εξέλιξη της τεχνολογίας. Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει βοηθήσει σημαντικά στην λήψη και την επεξεργασία δεδομένων που αφορούν τα διάφορα προβλήματα μεταφορών αλλά και στην γρήγορη και αποτελεσματική λύση τους.

Πρόβλημα αναπλήρωσης σταθμών πετρελαίου πολλαπλών περιόδων

Οι *Cornillier et al.* (10), μελέτησαν και ανέπτυξαν μια λύση για το πρόβλημα, πολλαπλών περιόδων αναπλήρωσης σταθμών πετρελαίου (Multi-period Petrol Station Replenishment Problem). Αναλυτικότερα, υποστηρίζουν ότι πρέπει να καθοριστεί, για κάθε μέρα του ορίζοντα που σχεδιάζουμε, πόση ποσότητα του προϊόντος θα μεταφερθεί σε κάθε σταθμό, πως θα φορτωθούν τα φορτηγά με το φορτίο και ποιοι σταθμοί θα εξυπηρετηθούν. Επίσης πρέπει να καθοριστεί το πως θα δρομολογηθούν τα οχήματα, δηλαδή ποια θα είναι η εφικτή διαδρομή που θα επιλέξουν και πώς θα γίνει η ανάθεση της αποστολής στα διαθέσιμα οχήματα. Επιπλέον, θεωρούν ότι πρέπει να καθοριστεί η ιδανική περίοδος για την εξυπηρέτηση του κάθε σταθμού, λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα αποθέματος, την ικανότητα του στόλου και την αποτελεσματικότητα της δρομολόγησης των οχημάτων (push system). Ο στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί το συνολικό κέρδος (=έσοδα-έξοδα διαδρομών-κόστος εργασίας και υπερωριών).

Στη μελέτη αυτή, η λύση που προτείνεται εφαρμόζεται σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση (εφικτή λύση), όπου ένα τουλάχιστον όχημα μπορεί να βγει εκτός χρόνου (υπερωρία) στην περίοδο αυτή και ο αλγόριθμος συνεχίζεται στην επόμενη περίοδο. Στην δεύτερη φάση (μη εφικτή λύση), όπου ένα τουλάχιστον όχημα υπερβαίνει τον μέγιστο χρόνο εργασίας και γι' αυτό το λόγο ακολουθείται μια διαδικασία look-back. Τέλος στην τρίτη φάση (εφικτή λύση), όπου δεν γίνεται υπέρβαση του χρονικού ορίου και χρησιμοποιείται μια διαδικασία look-ahead για την αύξηση του αριθμού των σταθμών που επισκέπτεται κάθε όχημα σε μια περίοδο, με μια μελλοντική πρόβλεψη

της εξυπηρέτησης. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα εξετάστηκαν 100 τυχαία προβλήματα με 200 σταθμούς για χρονικό ορίζοντα 28 μέρες και χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δεδομένα. Θεωρήθηκε ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών και η ζήτηση είναι σχετικές μεταξύ τους και εξετάστηκαν τρεις διαμορφώσεις φορτηγών από αυτές που χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το συνολικό κόστος, ο αριθμός των ταξιδιών και η απόσταση διαδρομής μειώνονται σημαντικά. Επίσης, μειώνονται η ποσότητα των προϊόντων παράδοσης, το κόστος ανά λίτρο, ενώ αυξάνεται ο αριθμός των λίτρων ανά χιλιόμετρο.

Στρατηγική επιλογής διαδρομών και διαχείρισης στόλου οχημάτων για πυροσβεστικούς σταθμούς

Οι *Perez et al.* (11), αναφέρουν μια στρατηγική διαχείρισης στόλου οχημάτων για τους πυροσβεστικούς σταθμούς του Santiago. Η περιοχή διαιρείται σε 9 ζώνες. Για τον σκοπό αυτό καθορίστηκε ο στόλος των οχημάτων (πυροσβεστικά οχήματα, οχήματα διάσωσης, οχήματα με σκάλα, οχήματα υπεύθυνα για επικίνδυνα υλικά) και ο μέσος χρόνος άφιξης του δεύτερου οχήματος σε κάθε περιστατικό, ανάλογα την ζώνη. Χρησιμοποιήθηκε το 85% των δεδομένων τεσσάρων χρόνων που αφορούν περιστατικά πυρκαγιάς σε κατοικίες και οχήματα, περιστατικά έκτακτης ανάγκης όπως μεγάλη πυρκαγιά και ατυχήματα με εύφλεκτα υλικά καθώς επίσης και περιστατικά διάσωσης. Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν τα μη φυσιολογικά γεγονότα όπως οι ταυτόχρονες κλήσεις για ένα περιστατικό και χρησιμοποιήθηκαν τα μηνιαία στοιχεία για τα μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών Box-Jenkins και ARIMA (Autoregressive integrated moving average) και το κριτήριο εκτίμησης της σχετικής ποιότητας των στατιστικών μοντέλων για ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων AIC (Akaike Information Criterion). Αυτό έγινε γιατί παρατηρήθηκε ότι τα περιστατικά ήταν εποχιακά. Χρησιμοποιήθηκε το σφάλμα RMSE και το R^2 για την μελλοντική πρόβλεψη. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν κάποιοι περιορισμοί για τον αριθμό και τον τύπο οχημάτων που αντιστοιχούν σε κάθε τύπο περιστατικού, για τα περιστατικά που απαιτούν τον ίδιο τύπο οχημάτων, για τα οχήματα που πρέπει να είναι απαραίτητα τοποθετημένα στο σταθμό καθώς επίσης και περιορισμοί για τα οχήματα που δεν επιτρέπονται να είναι ταυτόχρονα στον ίδιο σταθμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο αυξάνει τις τυπικές ανταποκρίσεις των σταθμών από 6-20%. Επίσης, βελτιώνεται η ακτίνα κάλυψης στα 4,5 km. Ένα πλεονέκτημα του μοντέλου είναι οι λίγες επανατοποθετήσεις καθώς ο προϋπολογισμός των σταθμών είναι πολύ περιορισμένος. Ακόμη, υπάρχει καλύτερη κατανομή του στόλου οχημάτων στις διαθέσιμες ζώνες.

Αποστολή φορτηγών οχημάτων για την εξυπηρέτηση σιδηροδρομικού σταθμού

Οι *Markovic et al.* (12), πρότειναν ένα μοντέλο για την αποστολή φορτηγών για την εξυπηρέτηση ενός σιδηροδρομικού σταθμού. Γίνεται αναφορά σε εταιρεία η οποία διαθέτει ένα στόλο οχημάτων και αναθέτει στα οχήματα εργασίες των οποίων η διάρκεια είναι τυχαία κατανομημένη. Κατά την άφιξη των φορτηγών στο σταθμό, τα εμπορευματοκιβώτια ξεφορτώνονται στο σταθμό αποθήκευσης και στην συνέχεια φορτώνονται στο τραίνο. Εάν το φορτηγό φτάσει λίγο πριν την αναχώρηση του τραίνου, τότε το εμπορευματοκιβώτιο μπορεί να φορτωθεί απευθείας στο τραίνο. Στην περίπτωση που το εμπορευματοκιβώτιο δεν συνδεθεί στο τραίνο, τότε περιμένει για το επόμενο τραίνο που έχει τη διαθέσιμη χωρητικότητα. Τα τραίνα δεν αναχωρούν πάντα

σύμφωνα με το πρόγραμμα λόγω των καθυστερήσεων που μπορούν να συμβούν (καθυστερημένη άφιξη στο σταθμό ή καθυστέρηση στις λειτουργίες). Η αναχώρηση των τραινών θεωρείται τυχαία κατανεμημένη. Ο στόχος είναι η βελτίωση του χρόνου αναχώρησης των φορτηγών με ταυτόχρονη μείωση του αναμενόμενου κόστους.

Στη μελέτη αυτή, έγιναν διάφορες υποθέσεις, οι οποίες αφορούν τον αριθμό και την χρονική διάρκεια των διαδρομών των φορτηγών, την αναχώρηση των τραινών (χρήση ιστορικών δεδομένων), την πιθανότητα υπέρβασης της χωρητικότητας του χώρου αποθήκευσης στο σταθμό, τον τύπο των εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν τα φορτηγά και τη ύπαρξη πολλών εμπορευματοκιβωτίων στο σταθμό. Επίσης, για το αναμενόμενο κόστος χρησιμοποιήθηκε το κόστος αποθήκευσης, το κόστος των λειτουργιών εντός του σταθμού και το κόστος καθυστερημένης παράδοσης.

Η προσέγγιση της λύσης του προβλήματος αποστολής των οχημάτων έγινε με την χρήση της τοπικής αναζήτησης (local search) βασισμένη στον αλγόριθμο εσωτερικού σημείου (interior point algorithm) και στον υβριδικό γενετικό αλγόριθμο (hybrid genetic algorithm). Οι παραπάνω μέθοδοι δημιουργήθηκαν στο Matlab και δεν δίνουν απαραίτητα την βέλτιστη λύση. Εξετάστηκαν προβλήματα για μία και για δύο διαδρομές του τραίνου. Στην πρώτη περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε στόλος 30 φορτηγών που κάνουν 3 διαδρομές μετ' επιστροφής (εκθετική κατανομή της διάρκειας τους) και έγιναν 10 εκτελέσεις. Τα δεδομένα εισόδου ήταν η χωρητικότητα του τραίνου και των χώρων αποθήκευσης, το κόστος αποθήκευσης, οι αναμενόμενες καταχωρήσεις, ο χρόνος απευθείας φόρτωσης, το κόστος ανά εμπορευματοκιβώτιο, οι ώρες αναχώρησης των τραινών, η ρήτρα ανά εμπορευματοκιβώτιο και η πιθανότητα αναμονής στον χώρο αποθήκευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος του υβριδικού γενετικού αλγορίθμου (GA) δίνει ελαφρώς καλύτερες λύσεις σε σχέση με τη μέθοδο τοπικής αναζήτησης (2,25%). Επίσης, η διαφορά της καλύτερης και της χειρότερης λύσης, για τη μέθοδο τοπικής αναζήτησης (100 εφικτά σημεία εκκίνησης) ήταν στο 6,1%. Παρόλα αυτά, η μέθοδος του υβριδικού γενετικού αλγορίθμου GA δίνει την καλύτερη λύση όταν δεν υπάρχει περιορισμός στον υπολογιστικό χρόνο. Τα ίδια δεδομένα εισόδου χρησιμοποιήθηκαν και στην δεύτερη περίπτωση, με την διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκαν οι ώρες αναχώρησης και για τους δύο σταθμούς τραινών. Στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν 200 τυχαία σημεία εκκίνησης και έγιναν 10 εκτελέσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέθοδος GA είναι καλύτερη από αυτή της τοπικής αναζήτησης (3,3%).

Πρόβλημα δρομολόγησης οχημάτων ιδιωτικού στόλου και κοινού μεταφορέα

Ο *Jael Euchi* (13), μελέτησε το πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος με ιδιωτικό στόλο και κοινό μεταφορέα και πρότεινε ένα υβριδικό αλγόριθμο για την επίλυση του. Αναλυτικότερα, ένα ή περισσότερα προϊόντα διανέμονται όταν όλες οι διαδρομές συσχετίζονται με τον ιδιωτικό στόλο και ξεκινούν και τελειώνουν στην αποθήκη. Κάθε πελάτης μπορεί να εξυπηρετηθεί μόνο μια φορά είτε από τον ιδιωτικό στόλο είτε από τον κοινό μεταφορέα. Η συνολική ζήτηση δεν υπερβαίνει την χωρητικότητα του οχήματος. Στην πράξη, πολλοί κοινοί μεταφορείς χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση των πελατών που δεν έχουν εξυπηρετηθεί από τον ιδιωτικό στόλο. Ο στόχος είναι να μειωθεί το συνολικό κόστος. Επομένως, η λειτουργική συνάρτηση είναι αυτή που βελτιστοποιεί το πρόβλημα δρομολόγησης και εξυπηρετεί τους πελάτες με τον ιδιωτικό στόλο ή με τον κοινό μεταφορέα.

Για τη λύση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι. Αυτές είναι ο αλγόριθμος Tabu Search και η Ejection Chains Neighborhood (μεταερευνητικά). Ο αλγόριθμος Tabu Search ξεκινάει με μια εφικτή λύση και στη συνέχεια με τοπική βελτίωση, συνεχίζει να βελτιώνει τις πρόσθετες ολοκληρωμένες λύσεις από την αλληλουχία των «γειτονιών». Η μέθοδος Ejection chains neighborhood, έχει το όφελος ότι δίνει χρήσιμους τρόπους για την κατασκευή των γειτονιών με στόχο την δημιουργία πιο ισχυρών κινήσεων. Γίνεται ένας συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων για την λύση του προβλήματος. Αρχικά, δημιουργούνται οι αρχικές εφικτές λύσεις και μετά διαφοροποιούνται. Στη συνέχεια, δημιουργούνται οι κινήσεις και παράγονται οι ανταλλαγές των γειτονιών, δηλαδή οι αλλαγές από μια διαδρομή σε μια άλλη. Επίσης, παράγονται και οι επόμενες εφικτές λύσεις, χρησιμοποιώντας τις προηγούμενες. Για την αποφυγή των κυκλικών λύσεων χρησιμοποιείται μια λίστα Tabu, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά. Χρησιμοποιείται το κριτήριο αναρρόφησης (Aspiration Criterion) για να μας δείξει αν η κίνηση είναι καλή και στη συνέχεια κατασκευάζονται οι αλυσίδες εξαγωγής (ejection chains) για να μας δείξουν εάν οι κινήσεις tabu είναι καλύτερες από αυτές που θεωρήθηκαν μέχρι στιγμής.

Πραγματοποιήθηκαν διάφορα πειράματα για την αξιολόγηση και τη σύγκριση της μεθόδου, όπου χρησιμοποιήθηκαν διάφορες ομάδες περιπτώσεων ανάλογα με την ομοιογένεια ή όχι του στόλου οχημάτων. Η κάθε ομάδα χωρίστηκε σε επιμέρους κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές περιείχαν τον αριθμό των πελατών, τον μέσο αριθμό των πελατών ανά διαδρομή, τον αριθμό των οχημάτων, την ελάχιστη και τη μέγιστη ζήτηση, τη χωρητικότητα του οχήματος, το σταθερό και το μεταβλητό κόστος ανά μονάδα απόστασης. Παρατηρήθηκε ότι από τις 20 περιπτώσεις που εξετάστηκαν, οι 16 δίνουν νέες καλύτερες τιμές. Έγινε σύγκριση με τη μέση τιμή της προτεινόμενης μεθόδου (TS/EC) και της RVND και παρατηρήθηκε ότι η TS/EC είναι καλύτερη. Επίσης, σημαντική είναι η αναφορά στον υπολογιστικό χρόνο και στη σύγκριση των αποτελεσμάτων με το μεταερευνητικό RIP. Ακόμη, για μικρά δίκτυα, παρατηρήθηκε ότι από τις 10 περιπτώσεις, βρέθηκαν οι 9 καλύτερες. Γενικότερα, η προτεινόμενη μέθοδος δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τις μεθόδους αξιολόγησης.

Δυναμικό πρόβλημα για την αποστολή οχήματος για παραλαβή και παράδοση

Οι Ghiani *et al.* (14), περιγράφουν έναν προνοητικό αλγόριθμο (anticipatory algorithm), για το δυναμικό πρόβλημα αποστολής οχήματος για την παραλαβή και την παράδοση, που αντιμετωπίζουν εταιρείες κούριερ. Οι πελάτες απαιτούν γρήγορη και ασφαλή μεταφορά των γραμμμάτων και των μικρών δεμάτων (same-day couriers). Η τεχνολογία, επιτρέπει την μετάδοση πληροφοριών για τις τοποθεσίες και τα αιτήματα των πελατών, σε πραγματικό χρόνο, μετατρέποντας το περιβάλλον δρομολόγησης και αποστολής των οχημάτων σε δυναμικό. Η μελλοντική ζήτηση, προβλέπεται μέσω της διαδικασίας δειγματοληψίας Monte Carlo. Στον αλγόριθμο που αναπτύχθηκε, τα αιτήματα των πελατών φθάνουν οποιαδήποτε στιγμή, η διαδικασία άφιξης λαμβάνεται από την δειγματοληψία και συγκρίνονται οι εναλλακτικές λύσεις. Σημαντικό θέμα της σύγκρισης είναι ο καθορισμός του αριθμού των δειγμάτων που απαιτούνται για τις εναλλακτικές λύσεις ώστε να επιλεγεί η καλύτερη εισαγωγή για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Αναλυτικότερα, για την λύση θεμάτων διαχείρισης στόλου στο πρόβλημα, όπως η ανάθεση εργασιών στα οχήματα, η δρομολόγηση των οχημάτων, ο προγραμματισμός

και η επιλογή των διαδρομών, η επαναδρομολόγηση ανενεργών οχημάτων κλπ, έγιναν οι παρακάτω διαδικασίες: 1. Διαδικασία για την επιλογή των αδιάφορων ζωνών, για την εξάλειψη των κατώτερων λύσεων, μειώνοντας έτσι την προσπάθεια επιλογής της καλύτερης, 2. Περιορισμός της διαδικασίας δειγματοληψίας σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα, της οποίας η διάρκεια σχετίζεται με τα δεδομένα, ώστε να μειωθεί ο υπολογιστικός χρόνος. Οι στόχοι των πειραμάτων που έγιναν είναι ο εμπειρικός συσχετισμός της διάρκειας του βραχυπρόθεσμου χρονικού ορίζοντα με τα δεδομένα του προβλήματος, η σύγκριση του αλγορίθμου εισαγωγής (anticipatory insertion) με κάποιους αντιδραστικούς παράγοντες (reactive counterpart, όπως η «ενόχληση του πελάτη και το ποσοστό χρήσης του οχήματος) και η σύγκριση της προνοητικής εισαγωγής με άλλους αλγόριθμους (local search algorithm).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αναμενόμενος χρόνος καθυστέρησης μεταξύ της άφιξης ενός αιτήματος και της άμεσης εξυπηρέτησης του είναι 40min και ο αναμενόμενος χρόνος εξυπηρέτησης είναι 50min. Επίσης, η διαδικασία αυτή είναι αποτελεσματική όταν μειωθεί η «ενόχληση» του πελάτη και το ποσοστό χρήσης του οχήματος. Λόγω του ότι στα πειράματα αυτά χρησιμοποιήθηκε μεγάλος στόλος οχημάτων, για να παρέχει στους πελάτες υψηλή ποιότητα εξυπηρέτησης (λίγα εκκρεμή αιτήματα) και ότι εάν ένα δέμα παραληφθεί, η παράδοσή του δεν μπορεί να μεταφερθεί σε άλλη διαδρομή, περιορίζεται ο αριθμός των εφικτών διαδρομών κατά την διαδικασία του local search.

Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου για την επίλυση προβλημάτων δρομολόγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων με τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών

Οι *Cheung et al.* (15), ανέπτυξαν ένα μαθηματικό μοντέλο για τα προβλήματα διαχείρισης του στόλου, λύνοντας αρχικά το στατικό πρόβλημα. Στη συνέχεια το πρόβλημα μετατρέπεται σε δυναμικό και επιλύεται. Στο μοντέλο εισάγονται δυναμικά δεδομένα που λήφθηκαν από εξελιγμένα συστήματα (RFID, GPS, GIS), όπως η ταυτότητα, ο όγκος και ο τύπος των αποθεματικών μονάδων οι νέες παραγγελίες, ο χρόνος άφιξης στην θέση παραλαβής, η χωρητικότητα του οχήματος, οι απαιτήσεις της παράδοσης του εμπορεύματος, η τοποθεσία του οχήματος σε πραγματικό χρόνο, η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο δίκτυο κλπ. Ουσιαστικά, το μοντέλο αυτό λαμβάνει υπόψη του την αποτελεσματικότητα της δρομολόγησης για το στατικό πρόβλημα και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας επανασχεδιασμού χρησιμοποιώντας δυναμικά δεδομένα.

Αναλυτικότερα, σε ένα μεταφορικό δίκτυο, καθορίζονται οι θέσεις των πελατών, ο ελάχιστος χρόνος μεταφοράς μεταξύ των κόμβων και η δυναμική αναβάθμισή του κατά την πάροδο του χρόνου, η χωρητικότητα των οχημάτων, τα αιτήματα των πελατών, χρονοπαράθυρα για την παραλαβή και παράδοση των προϊόντων εντός αυτών καθώς επίσης και ο διαθέσιμος στόλος οχημάτων. Ο στόχος είναι ο καθορισμός του συνολικού αριθμού των προϊόντων που μεταφέρονται από κάθε όχημα, η παραλαβή ενός αιτήματος να προηγείται της εξυπηρέτησης του, να μην παραβιαστούν τα χρονοπαράθυρα και ο χρόνος ταξιδιού να ελαχιστοποιηθεί.

Η ευρετική λύση του στατικού προβλήματος γίνεται σε δύο φάσεις. Σε πρώτη φάση, δημιουργούνται οι αρχικές εφικτές λύσεις με τη προσέγγιση της επιλογής σπόρων-στοιχείων (Seed Selection). Σε δεύτερη φάση, οι λύσεις αυτές βελτιώνονται (Genetic

Search Routine και Genetic Algorithm) και στη συνέχεια επιλέγεται η τελική λύση. Η μέθοδος εξετάζεται, εισάγοντας τα δεδομένα και τρέχοντας την λύση για τέσσερα διαφορετικά παραδείγματα. Η ευρετική λύση μειώνει κατά 20% την αρχική λύση και συγκλίνει στο 1% της τελικής λύσης με χρόνο υπολογισμού 210sec. Τα κρίσιμα δυναμικά δεδομένα που απαιτούνται για την επαναβελτιστοποίηση (μετατροπή του προβλήματος σε δυναμικό) είναι η θέση του οχήματος και ο χρόνος διαδρομής από έναν κόμβο στον άλλον, το επίπεδο φόρτωσης, τα αιτήματα των πελατών και ο χρόνος διαδρομής για την εξυπηρέτησή τους. Τα παραπάνω δεδομένα αναφέρονται σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή (δυναμικό περιβάλλον). Η επαναβελτιστοποίηση γίνεται με ευρετική προσέγγιση σε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, εξετάζεται η εισροή δεδομένων για την άφιξη νέων αιτημάτων για εξυπηρέτηση. Στην δεύτερη περίπτωση, εξετάζεται η εισροή δεδομένων για τους νέους χρόνους ταξιδιού. Για κάθε περίπτωση, επιλύεται το στατικό πρόβλημα (όπως αναφέρθηκε συνοπτικά), καθορίζεται ο νέος σχεδιασμός δρομολόγησης (επαναβελτιστοποίηση), σημειώνεται ο χρόνος διαδρομής και υπολογίζεται η αναποτελεσματικότητα της διαδικασίας επαναβελτιστοποίησης. Με την διαδικασία αυτή και τα παραδείγματα των μελετητών παρατηρήθηκε αύξηση του χρόνου ταξιδιού σε σχέση με την διαδικασία επίλυσης του στατικού προβλήματος και αναποτελεσματικότητα της μεθόδου 4,49% (συνήθως κάτω από 10%). Η μέθοδος είναι λιγότερο αποτελεσματική για μικρότερα δίκτυα. Επίσης, εξετάστηκε και η λύση της μεθόδου με μικρότερα χρονοπαράθυρα (συχνότερη απόρριψη νέων αιτημάτων) κάνοντας δύσκολη την σύγκριση των δύο μεθόδων.

Δυναμικό μοντέλο διαχείρισης στόλου εκχιονιστικών οχημάτων υπό αβέβαιη ζήτηση και διακοπή λειτουργίας

Οι *Hajibabai & Ouyang* (16), παρουσιάζουν ένα στοχαστικό δυναμικό μοντέλο διαχείρισης στόλου εκχιονιστικών οχημάτων κατά τη διάρκεια μια χιονοκαταιγίδας, όπου η ζήτηση της συντήρησης είναι αβέβαιη και η διακοπή της εξυπηρέτησης είναι πιθανή. Ο στόχος είναι να μειωθεί το κόστος νέας θέσης και ανάθεσης εργασίας των οχημάτων, καθώς επίσης και η μεγιστοποίηση του επιπέδου εξυπηρέτησης. Το μοντέλο αυτό λύνεται με έναν προσεγγιστικό δυναμικό αλγόριθμο και με μερικώς γραμμικές συναρτήσεις. Το μοντέλο εφαρμόζεται για τη λειτουργία καθαρισμού των οδών από χιόνι, στο Lake Country, στο Illinois. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο αλγόριθμος μπορεί να λύσει αποτελεσματικά το πρόβλημα.

Αναλυτικότερα, οι λειτουργίες καθαρισμού του δρόμου από το χιόνι είναι το «μάζωμα» του χιονιού και η ρίψη άλατος. Ο στόλος είναι, αρχικά, διαθέσιμος στην κεντρική αποθήκη. Σε ένα χρονικό ορίζοντα (εδώ 160min) αποστέλλεται δυναμικά για να ολοκληρώσει τις παραπάνω εργασίες. Οι λειτουργίες αυτές μπορεί να διακοπούν είτε λόγω πιθανής κυκλοφοριακής συμφόρησης είτε λόγω μηχανικών βλαβών. Κάποιες οδοί κρίνονται ως κρίσιμες (π.χ. διαδρομές έκτακτης ανάγκης) και έχουν προτεραιότητα εξυπηρέτησης με χρονοπαράθυρα. Μη εξυπηρέτηση εντός των χρονοπαράθυρων, έχει σαν αποτέλεσμα την υποβολή ποινών. Τα εκχιονιστικά οχήματα έχουν μια συγκεκριμένη τοποθεσία και έναν χρόνο για να την εξυπηρετήσουν και μπορούν δυναμικά να αλλάξουν την τοποθεσία τους αλλά με ένα κόστος. Χρησιμοποιήθηκε ο CPLEX solver μαζί με το μοντέλο που προτείνεται για να λυθεί το πρόβλημα σε λίγα λεπτά. Παρατηρήθηκε ότι ο συνολικός αριθμός των νέων θέσεων σε κάθε περίοδο είναι μικρός, υπονοώντας ότι τα φορτηγά παραμένουν στις διαδρομές

που τους ανατέθηκαν για να μειώσουν το συνολικό κόστος. Έγινε σύγκριση των λύσεων με ένα ευρετικό αλγόριθμο κυλιόμενου ορίζοντα.

Δυναμικός έλεγχος αντιμετώπισης προβλημάτων αντιστοίχισης του στόλου οχημάτων στα αιτήματα των πελατών

Οι *Powell & Carvalho* (17), προτείνουν μια γρήγορη προσεγγιστική λύση, βασισμένη στο δυναμικό έλεγχο ακολουθούμενων δικτύων logistics (LQN), για την αντιμετώπιση προβλημάτων αντιστοίχισης του στόλου οχημάτων στα τωρινά και μελλοντικά αιτήματα των πελατών. Στα πλαίσια του LQN, το σύστημα αναγνωρίζεται σαν ένα δίκτυο «ακολουθιών διπλού τέλους», περιλαμβάνοντας την ακολουθία των οχημάτων που περιμένουν να εξυπηρετήσουν τους πελάτες και την ακολουθία των πελατών που περιμένουν να εξυπηρετηθούν. Αναλυτικότερα, όταν ένα όχημα κινείται από ένα σημείο A σε ένα άλλο B, αφαιρείται από την ακολουθία το όχημα στο A και προστίθεται στην ακολουθία στο B σε κάποιο μελλοντικό σημείο. Στη συνέχεια περιμένει στο σημείο B μέχρι να του ανατεθεί μια άλλη εργασία. Ο πελάτης, τον ίδιο χρόνο, περιμένει στην ακολουθία των πελατών για εξυπηρετηθεί από ένα όχημα. Ενώ τα οχήματα προβλέπεται να περιμένουν απεριόριστα, ο πελάτης δεν θα περιμένει αρκετή ώρα στην ακολουθία και θα φύγει από το σύστημα εάν δεν εξυπηρετηθεί εντός ενός ορισμένου χρονοπαραθύρου.

Στη μελέτη αυτή περιγράφεται η ανάπτυξη ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού για την αξιολόγηση της ποιότητας των βέλτιστων λύσεων της προσέγγισης LQN. Για την ανάπτυξη αυτού του μοντέλου, θεωρείται ότι τα φορτία και τα οχήματα γίνονται διαθέσιμα εντός ενός γνωστού χρονικού ορίζοντα, όμως αγνοούνται άλλοι περιορισμοί όπως η χωρητικότητα των σταθμών, η προτεραιότητα φόρτωσης και οι κανονισμοί εργασίας. Λόγω της δυσκολίας επίλυσης τέτοιων προβλημάτων, κυρίως σε προβλήματα μεγάλης κλίμακας με μεγάλο αριθμό οχημάτων και πολλών επαναδρομολογήσεων, χρησιμοποιούνται διάφορες εξισώσεις για την προσέγγιση LQN πολλαπλών χρήσεων. Σε αυτές, η γραμμική προσέγγιση μετατρέπεται σε ακολουθία διπλού τέλους ώστε το πρόβλημα να μπορέσει να επιλυθεί (GA method). Χρησιμοποιούνται διάφοροι περιορισμοί όπως η κάλυψη του φορτίου, η εξυπηρέτηση σε αργότερο χρόνο μεταφέρεται σε νωρίτερο χρόνο, η κίνηση χωρίς φορτίο και το απόθεμα. Επιπλέον χρησιμοποιείται η μέθοδος γραμμικής προσέγγισης και πολλαπλών προσαρμογών (LAMA) για την θεώρηση των μεταβλητών ελέγχου και ρυθμίσεων στο μοντέλο.

Για την εξέταση της προσεγγιστικής λύσης χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σύνολα δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων (data sets) περιέχουν δεδομένα για 40 σταθμούς στις ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες, δεδομένα για την μέση ταχύτητα (50mph), για το κόστος διαδρομής με κενό φορτίο/μίλι καθώς επίσης και δεδομένα για το κέρδος από κάθε φορτίο ανεξάρτητο από τον τύπο του οχήματος. Επίσης, χρησιμοποιούνται δεδομένα, σε κάθε σύνολο δεδομένων, για τα χρονοπαραθύρα αναχώρησης, το συνολικό αριθμό οχημάτων, τον αριθμό των φορτίων και τον τύπο των διαφορετικών οχημάτων και των διαφορετικών φορτίων. Χρησιμοποιήθηκε ο CPLEX solver (λιγότερος υπολογιστικός χρόνος για προβλήματα μεγάλης κλίμακας) και έγιναν 500 επαναλήψεις της προσέγγισης LQN. Για την επαλήθευση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε ο λόγος OPT (ο λόγος μεταξύ της καλύτερης αντικειμενικής τιμής της συνάρτησης που λαμβάνεται χρησιμοποιώντας την προσέγγιση LQN και η βέλτιστη

τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για τη γραμμική χαλάρωση). Έγινε σύγκριση της μεθόδου GA (υβριδικός γενετικός αλγόριθμος) και της LAMA, για τα διαφορετικά σύνολα δεδομένων σημειώθηκε ο υπολογιστικός χρόνος (σε δευτερόλεπτα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ακέραιες λύσεις είναι εντός του 3,5% των βέλτιστων τιμών της γραμμικής χαλάρωσης (linear relaxation) του προβλήματος. Η σύγκριση με τους γραμμικούς solver έδειξε ότι η προσέγγιση LQN είναι γρηγορότερη για προβλήματα μεγάλης κλίμακας. Η προσέγγιση αυτή παρέχει ακέραιες λύσεις και επιτρέπει την θεώρηση παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στα πραγματικά προβλήματα. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή σε πραγματικό χρόνο και για τον καλύτερο σχεδιασμό, παρέχοντας σχετικά βέλτιστες ακέραιες λύσεις.

Σύστημα αποστολής οχημάτων σε πραγματικό χρόνο για την ενοποίηση του milk run

Οι *Du et al.* (18), έκαναν μια αναφορά στην διερεύνηση των ρυθμίσεων των παραμέτρων για την αποστολή (dispatch) οχημάτων, σε πραγματικό χρόνο, για την ενοποίηση του milk run. Χρησιμοποίησαν επτά μοντέλα για την εφαρμογή του συστήματος σε πραγματικό χρόνο και καθόρισαν τις παραμέτρους μέσω πειραμάτων. Χρησιμοποίησαν, επίσης, διαφορετικά σενάρια του milk run. Σε ένα μικτό σύστημα milk run συγκεντρώνονται οι υπηρεσίες μεταξύ των προμηθευτών και των πελατών. Στο δίκτυο, ένα όχημα εξυπηρετεί τους προμηθευτές και τους πελάτες, όταν έρθει μια παραγγελία. Η τεχνολογία επιτρέπει την γρήγορη αλληλεπίδραση των ενεργειών, όπως για παράδειγμα την ιχνογράφηση των διαδρομών παράδοσης και της κατάστασης των παραγγελιών, την αλλαγή και ανάθεση παραγγελιών, κάνοντας το περιβάλλον δυναμικό. Το σύστημα αποστολής οχημάτων σε πραγματικό χρόνο έχει την ικανότητα επεξεργασίας σύνθετων δεδομένων, αντίδρασης σε δυναμικό περιβάλλον και παραγωγής νέων αποτελεσματικών λύσεων.

Στη μελέτη αυτή γίνεται προσέγγιση σε δύο φάσεις, την αρχική αποστολή οχημάτων και την βελτίωση της διαδρομής. Η βελτίωση της διαδρομής επιτυγχάνεται από τον συνδυασμό βελτίωσης εντός και μεταξύ της οδού όπου η βελτίωση εντός της οδού προσπαθεί να ενισχύσει την εκτέλεση της αλλαγής των παραγγελιών στα πλαίσια ανάθεσης εργασίας σε ένα όχημα και η βελτίωση μεταξύ της διαδρομής ανταλλάσσει τις παραγγελίες μεταξύ των οχημάτων. Γίνονται 5 εκτελέσεις για την σύγκριση των διαφορετικών παραμέτρων, οι οποίες είναι ο χρόνος καθυστέρησης της προσομοίωσης, ο αριθμός των απορριφθέντων παραγγελιών, η μέση καθυστέρηση εξυπηρέτησης, η συνολική απόσταση ταξιδιού και η μέση απόσταση ταξιδιού ανά εξυπηρέτηση. Οι παράγοντες του προβλήματος είναι: α) *Αρχικοί αλγόριθμοι αποστολής*: Χρησιμοποιούνται δύο αλγόριθμοι. Ο First Fit algorithm, που εμφανίζει για το όχημα με το μικρότερο κόστος, εάν η παραγγελία προσαρτάται στις άλλες παραγγελίες και ο Best Fit algorithm, που αναθέτει τις παραγγελίες σε συγκεκριμένη ακολουθία εξυπηρέτησης για ένα όχημα που παράγει την μικρότερη αύξηση του κόστους. β) *Βελτίωση μεταξύ των διαδρομών*: Χρησιμοποιούνται δύο αλγόριθμοι. Ο 2-exchange algorithm (level 1), όπου επιλέγονται δύο διαδρομές και αφαιρούνται τα τμήματα χωρίς εξυπηρέτηση και κάθε διαδρομή χωρίζεται σε δύο τμήματα, ώστε να γίνει ανταλλαγή του ενός τμήματος με άλλα τμήματα διαδρομών, εάν αυτό μειώνει το κόστος. Ο Insertion algorithm (level 2) που επιλέγει μια παραγγελία που δεν εξυπηρετείται και την αναθέτει σε άλλη διαδρομή για να μειωθεί το κόστος. γ) *Αναλογία*

του κόστους λειτουργίας: Λαμβάνεται υπόψη, το κόστος ποινής για την εξυπηρέτηση και το κόστος ταξιδιού.

Χρησιμοποιούνται 3 κατηγορίες χρονοπαραθύρων (μαλακά, σκληρά, μεικτά). Η αναλογία του κόστους ταξιδιού με το κόστος ποινής είναι 1:5 (level 1), 5:1 (level 2), όπου το 5 υποδηλώνει το υψηλότερο κόστος που προκαλείται από τον παράγοντα του κόστους. δ) *Αναλογία των παραγγελιών παράδοσης με αυτές για παραλαβή*: Εξετάζεται εάν οι διαφορετικές αναλογίες των παραγγελιών θα επηρεάσουν το σύστημα. Οι αναλογίες των παραγγελιών παράδοσης για παραλαβή είναι 0,5 (level 1) και 0,95 (level 2). ε) *Αναλογία των άγνωστων παραγγελιών με αυτές των νέων παραγγελιών*: Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία των νέων παραγγελιών με τις άγνωστες τόσο πιο δυναμικό είναι το περιβάλλον. Οι αναλογίες που θεωρούνται είναι 50% (μερικώς δυναμικό περιβάλλον, level 1) και 100% (πλήρως δυναμικό περιβάλλον, level 2). ζ) *Εσωτερικό χρονοπαράθυρο εξυπηρέτησης*: Το εσωτερικό χρονοπαράθυρο προσδιορίζει το διάστημα εξυπηρέτησης. Αν βρισκόμαστε εντός του χρονοπαραθύρου δεν θα υπάρχει ποινή. Το διάστημα αυτό τίθεται 0.1 (level 1) ή 0.2 (level 2) του συνολικού χρόνου προσομοίωσης. Ο χρόνος έναρξης του χρονοπαραθύρου δημιουργείται χρησιμοποιώντας την κατανομή Poisson. η) *Εξωτερικό χρονοπαράθυρο εξυπηρέτησης*: Καθορίζει εάν μια παραγγελία θα απορριφθεί. Εάν μια παραγγελία είναι εντός του εξωτερικού χρονοπαραθύρου αλλά εκτός του εσωτερικού χρονοπαραθύρου τότε υπάρχει ποινή. Χρησιμοποιούνται δύο διαστήματα: 0.2 (level 1) και 1.0 (level 2) του συνολικού χρόνου προσομοίωσης. Όταν είναι 1.0, έχω soft χρονοπαράθυρο, όταν έχω 0.2 για το εξωτερικό και το εσωτερικό χρονοπαράθυρο, έχω hard χρονοπαράθυρο και όταν έχω 0.1 για το εσωτερικό χρονοπαράθυρο, έχω mixed χρονοπαράθυρο.

Τα προγράμματα προσομοίωσης γίνονται σε γλώσσα προγραμματισμού C# και χρησιμοποιούνται όλοι οι παράγοντες ξεχωριστά και οι συνδυασμοί του A παράγοντα με κάθε έναν από τους υπόλοιπους. Για να ταιριάξουν τα καλύτερα μοντέλα με τις μεταβλητές έγιναν οι διαδικασίες stepwise regression, all possible subset regression, CP, PRESS. Με βάση τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι το σύστημα μπορεί να εκτελεστεί όταν χρησιμοποιούνται οι παράγοντες αποστολής του οχήματος και η βελτίωση εντός της οδού. Ωστόσο, το σύστημα παρουσιάζει μειονεκτήματα, αφού χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα κέντρο διανομής και δεν εξετάστηκαν κάποιες ιδιότητες (όγκος, βάρος, ποιότητα και είδος υλικού) που κάνουν το πρόβλημα πιο σύνθετο. Όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν heuristics ή meta-heuristics για την βελτίωση του συστήματος.

Συμπερασματικά, από την διερεύνηση άλλων εργασιών σχετικά με το θέμα κατηγορίες προβλημάτων διαχείρισης στόλου, προκύπτει ότι ανάλογα με τα δεδομένα που διαθέτουμε, όπως για παράδειγμα η ζήτηση των πελατών, ο χρόνος εξυπηρέτησης τους, το πλήθος του στόλου, οι τοποθεσίες παραλαβής και παράδοσης, ο χρόνος ταξιδιού για την μετακίνηση από την αποθήκη ή το κέντρο διανομής προς τους πελάτες και το αντίστροφο κλπ, τα προβλήματα της διαχείρισης του στόλου κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:



Σχήμα 11.- Περιβάλλον προβλημάτων δρομολόγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων

➤ Στατικό

Για ένα στατικό σύστημα δρομολόγησης και αποστολής στόλου οχημάτων που έχει σχεδιαστεί από πριν για μια χρονική διάρκεια, υπάρχει η αβεβαιότητα εξυπηρέτησης των πελατών, των χρόνων ταξιδιού, της ζήτησης των πελατών και της βέλτιστης ανάθεσης εργασιών στα οχήματα. Σε αυτό το περιβάλλον, τα οχήματα μετακινούνται στο δίκτυο μεταξύ των σταθμών παραλαβής και παράδοσης και συνηθίζεται να είναι μοντελοποιημένα σαν μια επεξεργασία δραστηριοτήτων σε συγκεκριμένο χρόνο. Αυτός ο χρόνος υπολογίζεται offline και βασίζεται σε σταθερές παραδοχές. Η κλασική προσέγγιση της λύσης του προβλήματος/μοντέλου είναι επαρκής σε νωρίτερο επίπεδο σχεδιασμού και καθορισμού των προβλημάτων του συστήματος μεταφορών αλλά είναι ανεπαρκής για την διαχείριση του στόλου σε πραγματικό χρόνο. Στόχος είναι η βελτίωση του συστήματος για την αποτελεσματικότερη απόδοσή του.

➤ Δυναμικό

Για ένα δυναμικό σύστημα είναι απαραίτητη η ανταπόκριση στις αλλαγές της ζήτησης, των οδηγιών, της διαθεσιμότητας των οχημάτων και της κυκλοφορίας στο δίκτυο. Σε αυτό το περιβάλλον, εισέρχονται δυναμικά δεδομένα στο σύστημα, όπως η τοποθεσία των οχημάτων και οι κυκλοφοριακές συνθήκες (συνήθως με χρήση GPS) και τα νέα αιτήματα των πελατών. Αυτά τα συστήματα έχουν το πλεονέκτημα της διαθέσιμης πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο. Στα προβλήματα σε πραγματικό χρόνο (online) μπορεί να γίνει επίλυση offline και στην συνέχεια, έχοντας ενημέρωση εξωγενών πληροφοριών, το πρόβλημα να λυθεί online. Το περιβάλλον γίνεται δυναμικό (εντοπισμός της διαδρομής παράδοσης και της κατάστασης των παραγγελιών, δρομολόγηση και αλλαγή των παραγγελιών). Το νέο σύστημα πρέπει να αξιολογηθεί, σε πραγματικό χρόνο, ώστε να αποφασιστεί εάν θα απορριφθεί ή όχι το νέο αίτημα. Τα συστήματα σε πραγματικό χρόνο πρέπει να έχουν υψηλή υπολογιστική δύναμη, δυνατότητα επεξεργασίας αβέβαιων δεδομένων, αναδιοργάνωση τωρινών αποφάσεων και δημιουργία νέων σχεδίων ώστε να αναβαθμιστεί και να βελτιστοποιηθεί το σύστημα. Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του συστήματος, με την επανεξέταση του νέου συστήματος που θα δημιουργηθεί όταν υπάρχει εισροή νέων παραγγελιών, για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών και την παραγωγή νέων αποτελεσματικών λύσεων.

➤ Με Χρονοπαράθυρα

Για ένα δυναμικό ή στατικό σύστημα, υπεισέρχεται μια νέα μεταβλητή, αυτή του χρονικού περιορισμού (χρονοπαράθυρα). Σε αυτό το περιβάλλον, οι παραδόσεις των προϊόντων στους πελάτες ή η παραλαβή των προϊόντων από τους προμηθευτές ή και τα δύο, πρέπει να γίνεται εντός των χρονοπαραθύρων που έχουν

συμφωνηθεί, ανάλογα με το σύστημα μεταφορών. Στόχος, σε ένα τέτοιο περιβάλλον, είναι η ελαχιστοποίηση των αποστάσεων που διανύουν τα οχήματα, η αποδοτικότερη ανάθεση εργασιών σε κάθε όχημα και η καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Αν οι πελάτες ή οι προμηθευτές δεν εξυπηρετηθούν εντός των χρονοπαραθύρων, προβλέπεται ρήτρα-ποινή για την εταιρεία μεταφορών. Υπάρχουν τρεις τύποι χρονοπαραθύρων:

- **Σκληρά χρονοπαράθυρα (hard time windows)**, όπου η εξυπηρέτηση πρέπει να ξεκινά και να τελειώνει εντός του συγκεκριμένου χρονοπαραθύρου αλλιώς η παραγγελία απορρίπτεται.
- **Μαλακά χρονοπαράθυρα (soft time windows)**, όπου εάν η εξυπηρέτηση δεν μπορεί να ολοκληρωθεί εντός του χρονοπαραθύρου, μπορεί να εκτελεστεί αλλά θα υπάρχει ποινή.
- **Μικτά χρονοπαράθυρα (mixed time windows)**, όπου γίνεται προσθήκη ενός εξωτερικού χρονοπαραθύρου εξυπηρέτησης στο κανονικό (εσωτερικό) χρονοπαράθυρο. Η παραγγελία απορρίπτεται εάν η εξυπηρέτηση δεν γίνει εντός του εξωτερικού χρονοπαραθύρου. Είναι παρόμοιο με το μαλακό χρονοπαράθυρο και η ποινή προβλέπεται εάν η εξυπηρέτηση αρχίσει εκτός του εσωτερικού χρονοπαραθύρου αλλά εντός του εξωτερικού χρονοπαραθύρου.

2.4 Μέθοδοι επίλυσης

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που δίνουν την καλύτερη λύση, για τα προβλήματα δρομολόγησης και κατ' επέκταση της διαχείρισης του στόλου οχημάτων. Τέτοιες μπορεί να είναι αναλυτικές μέθοδοι, όπως οι αλγόριθμοι προγραμματισμού και οι συναρτήσεις ή διάφορες ευρετικές- μεταευρετικές μέθοδοι.

Ανάθεση εργασιών και προγραμματισμός οχημάτων σε πραγματικό χρόνο

Οι *Yang et al.* (19), πρότειναν έναν αλγόριθμο για την δυναμική ανάθεση και αλληλουχία εργασιών σε φορτηγά. Η εφαρμογή του γίνεται για το πρόβλημα παραλαβής και παράδοσης φορτίων, όταν παρουσιάζονται αιτήματα για παροχή υπηρεσιών σε συνεχή βάση. Η λύση του αλγορίθμου, επιτρέπει την δυναμική επανατοποθέτηση των φορτίων στα φορτηγά, καθώς επίσης και την εκτροπή ενός νέου φορτίου σε ένα φορτηγό που βρίσκεται ήδη στον δρόμο για να πάρει ένα άλλο φορτίο. Επιπλέον, μπορεί να γίνει επανεξέταση της σειράς κατά την οποία πρέπει να εξυπηρετηθούν οι πελάτες καθώς φθάνουν νέα αιτήματα.

Αναλυτικότερα, το πρόβλημα που διατυπώνεται, είναι ένα πρόβλημα δρομολόγησης οχήματος (Truckload Pick-up and Delivery Problem with time windows). Μια εταιρεία με φορτηγά διαθέτει ένα στόλο φορτηγών για παραλαβή και παράδοση των «ζητούμενων» φορτίων στην περιοχής. Κάθε φορτηγό μπορεί να «φορτωθεί» με μια «ζήτηση» και δεν μπορεί να εξυπηρετήσει άλλη, έως ότου η αρχική παραδοθεί στον προορισμό της. Κάθε «ζητούμενο» φορτίο έχει ένα χρονοπαράθυρο κατά το οποίο μπορεί να γίνει η παραλαβή. Κάθε φορτηγό θα ακολουθήσει την συντομότερη διαδρομή από την θέση προέλευσης του φορτίου στον προορισμό του, κάτω από οποιαδήποτε αναδιάρθρωση του κόστους. Το χρονοπαράθυρο παράδοσης του φορτίου υποδηλώνεται σε αυτό της παραλαβής. Η εταιρεία έχει τη δυνατότητα να

απορρίψει ένα νέο αίτημα. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος επεξεργασίας (παραλαβή-παράδοση) των φορτίων.

Το πρόβλημα επιλύεται κάθε φορά που φθάνει ένα νέο αίτημα για εξυπηρέτηση και έχει ως αποτέλεσμα να γίνουν νέες αναθέσεις εργασίας. Επίσης, κάθε φορά που ένα νέο φορτίο γίνει το αρχικό φορτίο για την ακολουθία των εξυπηρετήσεων, τότε έχουμε περίπτωση εκτροπής. Ένα φορτωμένο φορηγό δεν μπορεί να εκτραπεί από την διαδρομή του. Αν ένα νέο αίτημα φθάσει στην εταιρεία, θα πρέπει να γίνει επανεξέταση όλων των φορτίων που παραμένουν για εξυπηρέτηση αλλά και των φορτίων που θα πρέπει να επανατοποθετηθούν στα φορηγά, ώστε η εταιρεία να αποφασίσει αν θα αποδεχθεί (ικανοποίηση του πελάτη σε μελλοντική στιγμή) ή θα απορρίψει το νέο αίτημα. Η λύση του αλγορίθμου και η προσομοίωση του προβλήματος επιτρέπουν μια νέα δυναμική ανάθεση εργασιών φόρτωσης (εκτροπή διαδρομής μετά την ολοκλήρωση αυτής που ήδη εκτελείται), την επιλογή της συντομότερης διαδρομής, την εξέταση των χρονοπαραθύρων με στόχο την μείωση του λειτουργικού κόστους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συνδυαστική φύση του προβλήματος αποκλείει επιλύσεις σε πραγματικό χρόνο και ο αλγόριθμος δεν εφαρμόζεται εύκολα παρά μόνο σε μικρά προβλήματα.

Βελτιστοποίηση αλγορίθμου για τα δυναμικά προβλήματα

Οι *Teschmacher & Reinhart* (20) χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών (*Ant Colony Optimization Algorithm*) για τα δυναμικά προβλήματα του *milkrun*. Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος εφαρμόζεται στο πρόβλημα μεταφοράς διαφορετικών προϊόντων σε διαφορετικούς σταθμούς, σε μικρό χρόνο, όπου η δρομολόγηση δεν μπορεί να σχεδιαστεί εκ των προτέρων. Επίσης, πέρα από το πρόβλημα δρομολόγησης, λαμβάνονται υπόψη και ο χρόνος φόρτωσης και εκφόρτωσης. Για την είσοδο των απαραίτητων πληροφοριών στον αλγόριθμο, το πρόβλημα μετατρέπεται σε ένα γράφημα όπου ο πληθυσμός των «μυρμηγκιών» βρίσκει τη συντομότερη διαδρομή από τον αρχικό στον τελικό κόμβο.

Εφαρμόζονται δύο εκδόσεις του αλγορίθμου, οι οποίες ξεκινάνε παράλληλα. Ο πρώτος αλγόριθμος προσπαθεί να βρει λύση χρησιμοποιώντας τον ίδιο αριθμό οχημάτων όπως στη μέχρι στιγμής βέλτιστη λύση, αλλά χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να εξυπηρετήσει όλη τη ζήτηση των πελατών. Ο δεύτερος αλγόριθμος βελτιστοποίησης προσπαθεί να βρει λύση με ένα όχημα λιγότερο από την τωρινή βέλτιστη λύση, χωρίς να έχει σημασία ο χρόνος εξυπηρέτησης όλων των παραγγελιών. Εάν ο δεύτερος αλγόριθμος βρει μια νέα έγκυρη λύση, σταματάνε και οι δύο βελτιστοποιήσεις και γίνεται ενημέρωση του γραφήματος και στη συνέχεια τοποθετούνται τα νέα δεδομένα σαν αρχικά δεδομένα του νέου αλγορίθμου. Μετά, γίνεται επανεκκίνηση της διαδικασίας για την βελτίωση της λύσης. Όσο δεν υπάρχουν χρονοπαράθυρα, δεν υπάρχει διαφορά στους αλγορίθμους βελτιστοποίησης, εάν υπάρχει ένα μόνο όχημα που επιστρέφει στην αποθήκη και μετά ξεκινάει την επόμενη διαδρομή εάν υπάρχει ο ίδιος αριθμός οχημάτων. Όταν λαμβάνονται υπόψη τα χρονοπαράθυρα, πρέπει να καθοριστεί το αρχικό σημείο καθεμιάς διαδρομής. Επίσης, ο χρόνος φόρτωσης και εκφόρτωσης δεν είναι σταθερός στα περισσότερα σενάρια, γι' αυτό χρησιμοποιούνται ευρετικά για μια καλύτερη προσέγγιση της λύσης. Ακόμη λαμβάνονται υπόψη οι επείγουσες παραγγελίες.

Ο αλγόριθμος υπολογίζει τη βέλτιστη λύση για το δεδομένο πρόβλημα αλλά δεν είναι δυνατή η απόφαση τη εκκίνησης του milkrun όταν το αίτημα φύγει από την αποθήκη. Έγιναν, διάφορα πειράματα, για την αξιολόγηση του αλγορίθμου, τα οποία έδειξαν ότι ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης αποικίας μυρμηγκιών μπορεί να εφαρμοστεί στα προβλήματα του milkrun. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι πιθανό να μειωθεί ο αριθμός των οχημάτων κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων, ωστόσο δεν μπορεί να προβλεφθεί ο απαραίτητος αριθμός οχημάτων για μικρές περιόδους στο μέλλον.

Πρόβλημα αναπλήρωσης σταθμών πετρελαίου πολλαπλών περιόδων με χρονοπαράθυρα

Οι *Cornillier et al.* (21), χρησιμοποίησαν ένα ευρετικό για το πρόβλημα ανεφοδιασμού ενός πρατηρίου καυσίμων πολλαπλών αποθηκών, με χρονοπαράθυρα (MPSRPTW). Σε αυτό το πρόβλημα, πρέπει να βελτιστοποιηθεί η παράδοση πετρελαϊκών προϊόντων, που αποθηκεύονται σε διάφορες αποθήκες πετρελαίου, σε ένα σύνολο σταθμών διανομής βενζίνης. Κάθε αποθήκη έχει τον δικό της στόλο φορτηγών. Οι σταθμοί προσδιορίζουν τη ζήτησή τους, υποδεικνύοντας τις ελάχιστες και μέγιστες ποσότητες που πρέπει να παραδοθούν, για κάθε παραγγεληθέν προϊόν και απαιτούν η παράδοση να γίνει εντός ενός προκαθορισμένου χρονικού πλαισίου. Για το πρόβλημα αυτό πρέπει να καθοριστούν το σύνολο των εφικτών διαδρομών για την παράδοση του προϊόντος, η αποθήκη αναχώρησης για κάθε διαδρομή, οι ποσότητες κάθε προϊόντος που πρόκειται να παραδοθούν, η ανάθεση αυτών των διαδρομών στα φορτηγά, το χρονοδιάγραμμα για κάθε ταξίδι και η φόρτωση των παραγγεληθέντων προϊόντων σε διαφορετικές δεξαμενές των φορτηγών. Προτείνεται ένα μαθηματικό μοντέλο που επιλέγει, μεταξύ μιας σειράς εφικτών διαδρομών, το υποσύνολο αυτών, που επιτρέπει την παράδοση όλων των προϊόντων που παραγγέλθηκαν, μεγιστοποιώντας το συνολικό ημερήσιο καθαρό κέρδος. Εάν παρέχονται όλες οι πιθανές εφικτές διαδρομές, σε αυτό το μοντέλο, τότε καθορίζεται η βέλτιστη λύση του προβλήματος. Δεδομένου ότι ο αριθμός των διαδρομών είναι πολύ μεγάλος, αναπτύχθηκε ένα heuristic, για την δημιουργία ενός περιορισμένου συνόλου εφικτών ταξιδιών.

Αναλυτικότερα, η εταιρεία μεταφοράς παραδίδει τα προϊόντα από μία ή περισσότερες αποθήκες, ή τερματικούς σταθμούς αποθήκευσης και αναθέτει τον στόλο των δεξαμενών-φορτηγών σε κάθε αποθήκη. Ένα φορτηγό μπορεί να κάνει περισσότερα από ένα ταξίδια κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας, αλλά το άθροισμα των διαρκειών των διαδρομών δεν μπορεί να υπερβαίνει το άθροισμα των επιτρεπόμενων καθημερινών ωρών εργασίας. Η εργάσιμη ημέρα έχει καθορισμένη ώρα εργασίας και εάν ζητηθεί από τους οδηγούς να υπερβούν αυτές τις ώρες, λαμβάνουν υψηλότερο ωρομίσθιο για τις υπερωρίες. Σε αυτό το πλαίσιο, η εταιρεία μεταφορών προετοιμάζει μια αναπλήρωση σχεδίου για τους σταθμούς των πελατών, την επόμενη μέρα. Ο στόχος του σχεδίου αναπλήρωσης είναι να μεγιστοποιηθούν τα συνολικά καθαρά κέρδη της ημέρας. Χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο των ταξιδιών, για την διαδικασία επιλογής ταξιδιού. Αυτή η διαδικασία είναι μια επαναληπτική διαδικασία, θεωρώντας ένα φορτηγό σαν να ήταν το μόνο διαθέσιμο και στην συνέχεια καθορίζει το βέλτιστο υποσύνολο ταξιδιών.

Για να καθορισθεί το βέλτιστο υποσύνολο ταξιδιών, λύνεται μια singletruck έκδοση του μοντέλου (k-MPSRPTW). Για την προσέγγιση της λύσης χρησιμοποιήθηκε η C++ και το CPLEX 12.1. Για την αξιολόγηση της απόδοσης αυτής της προσέγγισης χρησιμοποιήθηκαν είκοσι περιπτώσεις απλής αποθήκης (50 σταθμοί), τρία σύνολα 20 περιπτώσεων (30 σταθμοί) και δύο, τρεις και έξι αποθήκες αντίστοιχα. Οι σταθμοί ήταν τυχαία τοποθετημένοι σε μια έκταση 300km ανά 100km. Η κατηγορία μεγέθους του σταθμού προσδιορίστηκε τυχαία χρησιμοποιώντας εμπειρικές διανομές. Στη συνέχεια προσδιορίστηκε τυχαία, για κάθε σταθμό, ο αριθμός των προϊόντων για παραγγελία και το ανώτερο και κατώτατο όριο της απαιτούμενης ποσότητας κάθε προϊόντος. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι φορτηγών και προσδιορίστηκε, βάση του συνόλου της καθημερινής ζήτησης, ο αριθμός των φορτηγών κάθε τύπου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι εάν διαθέτουμε δύο ώρες για την επίλυση αυτού του μοντέλου θα μπορούσαμε να βελτιώσουμε τα έσοδα.

Δυναμικός αλγόριθμος προγραμματισμού για τη δυναμική διαχείριση στόλου

Οι *Godfrey & Powell* (22), σκέφτηκαν μια στοχαστική εκδοχή του δυναμικού προβλήματος κατανομής πόρων. Το πρόβλημα (Stochastic Dynamic Resource Allocation Problem) προσεγγίστηκε ως η ανάθεση εργασιών σε ομοιογενή οχήματα (φορτηγά, ρυμουλκά, εμπορευματοκιβώτια, ημιφορτηγά) για την εξυπηρέτηση των αιτημάτων των πελατών που φτάνουν τυχαία κατά την πάροδο του χρόνου. Ουσιαστικά, το πρόβλημα είναι ένα πρόβλημα διαχείρισης στόλου και προγραμματισμού των εργασιών. Τα οχήματα μετακινούνται για να εκπληρώσουν ένα αίτημα. Αποφασίζεται σε ποια οχήματα θα ανατεθεί το κάθε αίτημα. Υπάρχει ένα κόστος μεταφοράς για κάθε όχημα, ένα κόστος ποινής για την καθυστερημένη εκπλήρωση του αιτήματος. Η λύση του προβλήματος γίνεται με τον αλγόριθμο Concave Adaptive Value Estimation (CAVE) και χρησιμοποιείται για πρόβλημα πολλαπλών σταδίων με χρόνους ταξιδιού μίας περιόδου. Αφού μοντελοποιήθηκε το SDRAP σαν δυναμικό πρόγραμμα και παρουσιάστηκε ο αλγόριθμος CAVE, σχεδιάστηκαν πειράματα για τη λύση του προβλήματος (ντετερμινιστικά και στοχαστικά).

Τα ντετερμινιστικά πειράματα έγιναν σε δύο ομάδες, για την λήψη ακέραιων λύσεων, ενώ τα στοχαστικά έγιναν σε μια ομάδα χωρίς να έχουμε βέλτιστη λύση αλλά κάνοντας μια προσέγγιση του προβλήματος στην πράξη. Για την λύση χρησιμοποιήθηκαν: 1. Μερικώς γραμμική συνάρτηση προσέγγισης CAVE, 2. Γραμμική συνάρτηση προσέγγισης CAVE, 3. Γραμμική προσέγγιση και πολλαπλασιαστική ρύθμιση (LAMA), 4. Γραμμικό πακέτο προγραμματισμού CPLEX. Για την πρώτη ομάδα ντετερμινιστικών πειραμάτων, έγινε σύγκριση των μεθόδων στο CPLEX με βάση το κόστος επαναδρομολόγησης και τον χρόνο υπολογισμού (με βάση το κόστος). Για τη δεύτερη ομάδα ντετερμινιστικών πειραμάτων, έγινε σύγκριση των μεθόδων στο CPLEX με βάση τον χρονικό ορίζοντα και τον σχεδιασμό του καθώς επίσης και με τον χρόνο υπολογισμού (με βάση την περίοδο). Χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος CAVE για την προσέγγιση του προβλήματος στην πράξη. Έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των στοχαστικών και των ντετερμινιστικών πειραμάτων, για χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού 15 περιόδους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αλγόριθμος CAVE παρείχε λύσεις υψηλής ποιότητας σε ντετερμινιστικά προβλήματα εντός ενός χαλαρού βέλτιστου ορίου (0,5-3%). Ο λόγος που σε αυτές τις περιπτώσεις η λύση ήταν λιγότερο του 99% του χαλαρού ορίου, είναι όταν τα οχήματα είναι περιορισμένα και όταν ο αριθμός των

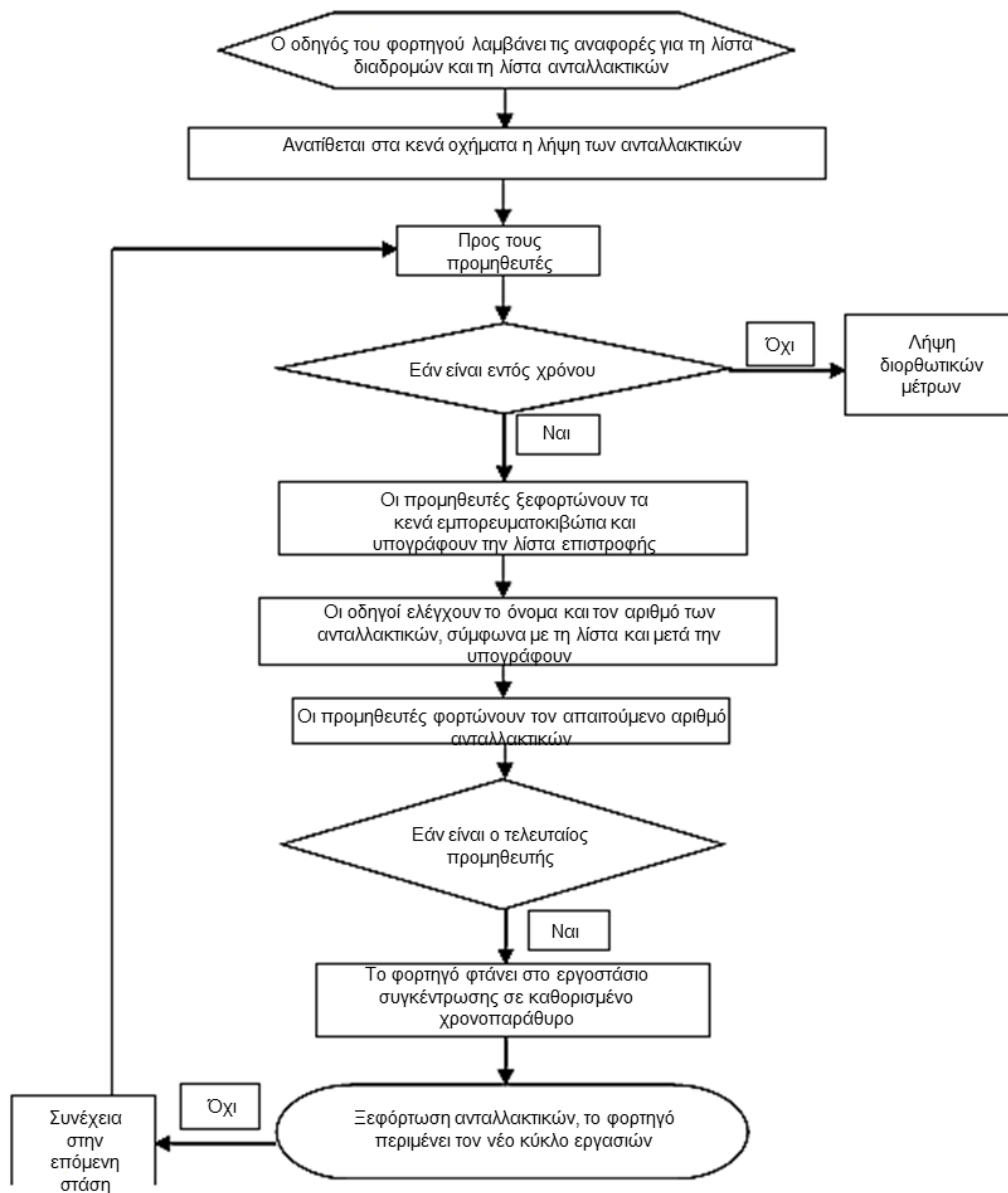
τοποθεσιών αυξηθεί. Επίσης, ο αλγόριθμος αυτός είχε μικρότερο υπολογιστικό χρόνο από τη μέθοδο LAMA. Καθώς ο αριθμός των οχημάτων μειώνεται ή ο αριθμός των τοποθεσιών αυξάνεται, προτείνεται η χρήση του αλγορίθμου CAVE.

Πίνακας 3.- Παράμετροι πειραμάτων [πηγή: Godfrey & Powell, 2002]

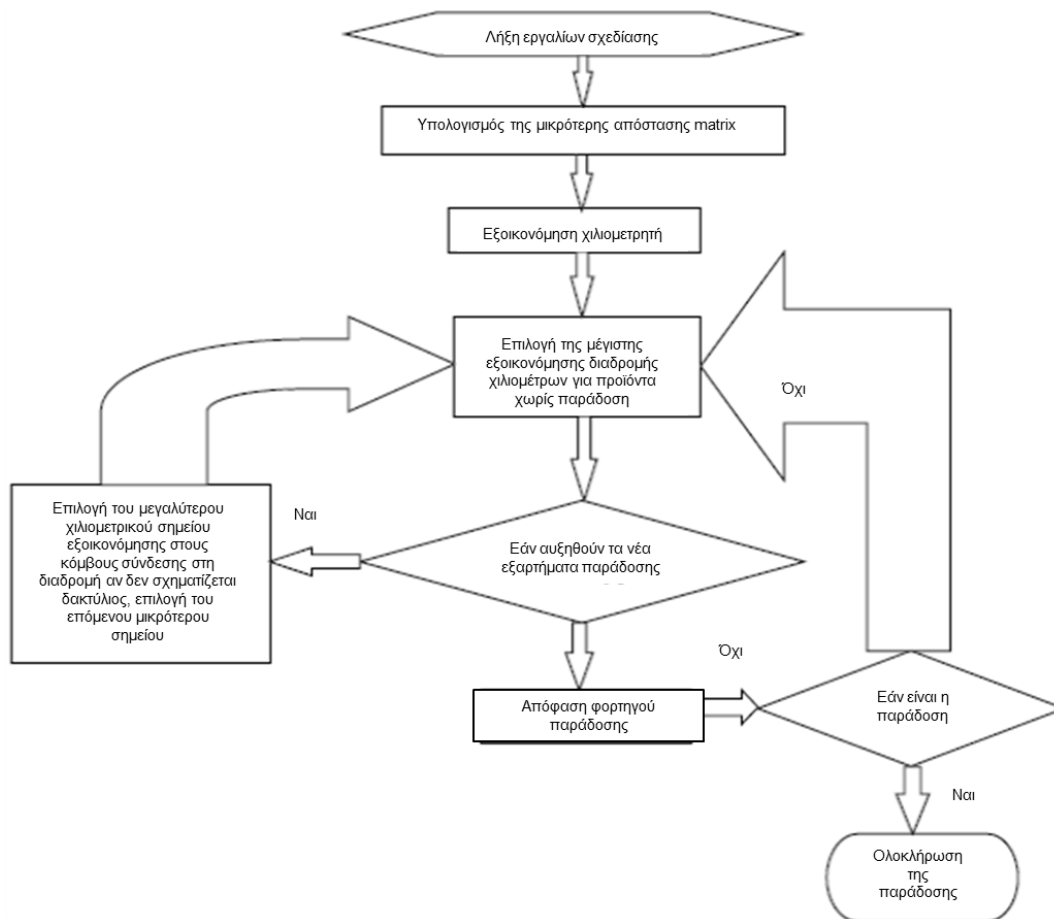
Χαρακτηριστικά προλήματος	Ομάδες πειραμάτων		
	Πρώτη ομάδα ντετερμινιστικών	Δεύτερη ομάδα ντετερμινιστικών	Στοχαστικά
	Τιμές	Τιμές	Τιμές
Τοποθεσίες	20	20,40,80	20,40,80
Ορίζοντας σχεδιασμού	30 περίοδοι	15,30,60 περίοδοι	2,3,6,9,15,30 περίοδοι
Αριθμός καθηκόντων	1992	Προσεγγιστικά 1000,2000,4000	
Διάστημα χρονοπαραθύρων	6 περίοδοι	6 περίοδοι	1 περίοδος
Έσοδα καθηκόντων ανά μίλι	1\$/μίλι	1\$/μίλι	1\$/μίλι
Βάρη προέλευσης/προορισμού	Αρνητική συσχέτιση	Αρνητική συσχέτιση	Αρνητική συσχέτιση
Κόστος επαναδρομολόγησης ανά μίλι	0,80\$, 1,40\$, 2,00\$ ανά μίλι	1,40\$ ανά μίλι	1,40\$ ανά μίλι
Αριθμός οχημάτων	50,100,200,400	200	100,200,400
Διάστημα προσομοίωσης			180 περίοδοι
Καθήκοντα για προσομοίωση			Προσεγγιστικά 12000

Αλγόριθμος για την βελτίωση των διαδρομών στο πρόβλημα διανομής γάλατος (Milk Run)

Οι *Mei et al.* (23), ανέλυσαν τις διαδρομές παραλαβής εξαρτημάτων αυτοκινήτων και δημιούργησαν ένα μαθηματικό μοντέλο, με βάση τον βελτιωμένο αλγόριθμο C-W, για να βελτιώσουν της διαδρομές στο πρόβλημα διανομής γάλατος (milk-run) βασισμένο σε περιορισμούς χρονοπαραθύρων. Η διαδικασία που ακολουθεί η εταιρεία καθώς επίσης και τα βήματα του αλγορίθμου φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Οι παράμετροι των οχημάτων είναι το μήκος, το πλάτος, το ύψος, ο μέγιστος όγκος, το ποσοστό φόρτωσης και η ιδανική κατάσταση. Η ταχύτητα διαχωρίζεται ανάλογα με την περιοχή από 40-80 km/h. Υπάρχουν συνολικά 168 προμηθευτές. Μετά από στατιστική ανάλυση καθορίστηκε η συχνότητα εξυπηρέτησης του κάθε προμηθευτή, ο όγκος μεταφοράς για κάθε προμηθευτή και ο αριθμός οχημάτων που χρειάζονται για την εξυπηρέτηση του κάθε προμηθευτή.



Σχήμα 12.- Διαδικασία κυκλικής παραλαβής της εταιρείας [πηγή: Mei et al.,2017]



Σχήμα 13.- Βήματα αλγορίθμου C-W [πηγή:Mei et al., 2017]

Στην συνέχεια ο αλγόριθμος αυτός βελτιώθηκε (Improved C-W Algorithm) για την πρόσθεση περιορισμών φόρτωσης των οχημάτων και χρονοπαραθύρων, ώστε να έχουμε καλύτερη λύση. Για τη λύση του προβλήματος, επιλέχθηκαν τυχαία 15 από τους 168 προμηθευτές ώστε να βρεθεί η καλύτερη διαδρομή. Για τους 15 αυτούς προμηθευτές που επιλέχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία όπως ο χρόνος άφιξης, ο χρόνος φόρτωσης, η απόσταση από το εργοστάσιο, ο όγκος, ο νωρίτερος και ο αργότερος χρόνος παραλαβής. Επίσης θεωρήθηκε ότι οι προμηθευτές έχουν έτοιμα τα προϊόντα εντός των χρονοπαραθύρων, επομένως απλοποιείται η κατάσταση σε σχέση με αυτή που ισχύει στην πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα που χρησιμοποιεί η εταιρεία Anji είναι κατάλληλο μόνο για μικρά δίκτυα κατανομής και όταν το κόστος είναι μεγάλο. Η χρήση αυτού του αλγορίθμου ενισχύει την αποτελεσματικότητα του οχήματος, μειώνει το κόστος της εταιρείας και φέρνει την εταιρεία και τους προμηθευτές σε μια κατάσταση win-win.

Συμπερασματικά, θα λέγαμε ότι οι μέθοδοι επίλυσης χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

➤ Αναλυτικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι αυτοί, βασίζονται στη βελτιστοποίηση των δικτύων και στον γραμμικό ή ακέραιο προγραμματισμό. Μπορεί να δίνουν την βέλτιστη λύση όμως μπορεί να χρειάζεται μεγάλος υπολογιστικός χρόνος για την εκτέλεση τους, με αποτέλεσμα να

μην είναι αποδοτικές για το σύστημα, ανάλογα με το περιβάλλον του προβλήματος στο οποίο βρισκόμαστε αλλά και του συστήματος μεταφοράς.

➤ Ευρετικές μέθοδοι (heuristics)

Τα ευρετικά, μπορεί να μην δίνουν την βέλτιστη-αποτελεσματικότερη λύση, αλλά δίνουν μια καλή προσέγγιση αυτής. Ο χρόνος εκτέλεσης των ευρετικών μεθόδων μπορεί να είναι μικρότερος από τον χρόνο εκτέλεσης των αναλυτικών μεθόδων. Επιπλέον, ο τρόπος λύσης που δίνουν, ίσως να είναι απλός.

➤ Μεταευρετικές μέθοδοι (metaheuristics)

Τα μεταευρετικά, λαμβάνουν υπόψη τους περισσότερους παράγοντες και ξεκινούν συνήθως από ένα σύνολο εφικτών λύσεων και στην συνέχεια προσπαθούν να βελτιώσουν αυτές τις αρχικές λύσεις. Είναι πιο ανταγωνιστικές μέθοδοι όταν γίνεται συνδυασμός δύο ή περισσότερων μεταευρετικών. Αυτές οι μέθοδοι δεν δίνουν τις βέλτιστες λύσεις αλλά δίνουν καλές προσεγγίσεις αυτών. Επιπλέον δεν είναι γνωστό εκ των προτέρων ποια μεταευρετική μέθοδος ή ποιος συνδυασμός αυτών θα επιλύσει καλύτερα το πρόβλημα. Όμως, χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα προβλήματα και κυρίως σε προβλήματα με μεγάλο πλήθος πελατών και μικρού απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μεταευρετικά (24) για την επίλυση προβλημάτων NP-Hard όπως Simulating annealing, genetic algorithms, artificial neural networks, tabu search, ant colony optimization, Greedy randomized adaptive search procedure, guided local search, variable neighborhood search.

Οι μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων δρομολόγησης οχημάτων έχουν το πλεονέκτημα ότι τα αποτελέσματα που δίνουν είναι σημαντικά για την υποστήριξη της απόφασης που θα πρέπει να παρθεί. Δηλαδή, εάν έχει γίνει κατανοητό το πρόβλημα και οι παράμετροι του προβλήματος, χρησιμοποιώντας τις αναλυτικές μεθόδους ή τα ευρετικά - μεταευρετικά, θα μπορέσει να παρθεί η καλύτερη απόφαση που θα προσεγγίζει καλύτερα τη λύση του προβλήματος. Δημιουργείται, επομένως, ένα σύστημα υποστήριξης λήψης απόφασης (Decision Support System). Ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (25) είναι μια κατηγορία πληροφοριακών συστημάτων (συμπεριλαμβάνοντας, αλλά χωρίς να περιορίζεται, τα υπολογιστικά συστήματα) η οποία υποστηρίζει τις δραστηριότητες που οδηγούν στη λήψη αποφάσεων μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Ένα κατάλληλα σχεδιασμένο Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων είναι ένα αλληλεπιδραστικό λογισμικό σύστημα που σκοπεύει να βοηθήσει αυτούς που λαμβάνουν τις αποφάσεις, ώστε να συλλέξουν χρήσιμες πληροφορίες από ένα συνδυασμό ακατέργαστων δεδομένων, εγγραφών και προσωπικών γνώσεων ή επιχειρηματικών μοντέλων έτσι ώστε να αναγνωριστούν, να λυθούν και να παρθούν αποφάσεις.

Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων είναι πολύ σημαντικά και για τα προβλήματα διαχείρισης στόλου οχημάτων, είτε εάν είναι εμπειρικά είτε όχι. Επίσης μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις κατηγορίες μεταφορικών προβλημάτων και μεταφορικών μέσων, ανάλογα και με το σύστημα δρομολόγησης-αποστολής και της ανάθεσης των εργασιών στα μεταφορικά μέσα.

Μοντέλο σχεδιασμού δικτύου εξυπηρέτησης για τη μείωση του χρόνου διέλευσης

Οι Andersen et al. (26), ανέπτυξαν ένα μοντέλο για τον σχεδιασμό του δικτύου εξυπηρέτησης με διαχείριση του κεφαλαίου και συντονισμό του πολλαπλού στόλου (SNDAM-mFC). Ο κύριος στόχος του μοντέλου είναι να καθορίσει την ώρα αναχώρησης με τέτοιο τρόπο ώστε ο χρόνος διέλευσης, για μια δεδομένη ζήτηση, να

ελαχιστοποιείται. Αναλυτικότερα, γίνεται διαχωρισμός των εσωτερικών και των εξωτερικών υπηρεσιών και των δικτύων υπηρεσιών που συνθέτουν αυτές. Δηλαδή τα φορτία μετακινούνται εντός των επιλεγμένων υπηρεσιών του εσωτερικού δικτύου και μερικές φορές και του εξωτερικού. Το εσωτερικό δίκτυο περιέχει τον αριθμό των υποσυστημάτων, αναπαριστά τις διαφορετικές χώρες και τους σιδηροδρόμους και τις διοικητικές διαιρέσεις των ίδιων σιδηροδρόμων. Οι εξωτερικές υπηρεσίες έχουν δεδομένη ώρα άφιξης και αναχώρησης, είναι ανομοιογενείς και έχουν διαφορετικές χωρητικότητες.

Το πρόβλημα, ουσιαστικά, είναι η επιλογή των εσωτερικών υπηρεσιών και ο χρόνος αναχώρησής τους, η διαχείριση του στόλου των οχημάτων για την κάλυψη της ζήτησης και η δρομολόγηση των οχημάτων μεταξύ των σημείων προέλευσης και προορισμού. Για την προσέγγιση του μοντέλου, καθορίστηκε το δίκτυο (εσωτερικό και εξωτερικό), θεωρήθηκε χρονικός ορίζοντας και οι χρονικές περίοδοι. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν περιορισμοί για την αναπαράσταση του χωροχρόνου των λειτουργιών του εσωτερικού δικτύου και των συνόρων των δικτύων, καθορίστηκε η ζήτηση και ο στόλος των οχημάτων. Το μοντέλο SNDAM-mFC εφαρμόστηκε στην Ευρωπαϊκή μελέτη Polcorridor, για την ανάπτυξη νέων λύσεων εσωτερικών μεταφορών, βασισμένες στον σιδηρόδρομο, μεταξύ της βόρειας και της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. Επειδή το μοντέλο χρειαζόταν σχεδόν 24 ώρες για να επιλυθεί χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι περιορισμοί (για τις ροές εμπορευμάτων, για τα σύνορα, την ζήτηση μεταξύ δύο χωρών κλπ.) για την λύση του σε μικρότερο χρόνο (12 ώρες). Το μοντέλο είχε 3.530 μεταβλητές σχεδιασμού ακέραιου αριθμού, 77.500 μεταβλητές συνεχούς ροής και 678.000 περιορισμούς.

Για την αξιολόγηση του μοντέλου έγιναν τέσσερα διαφορετικά σενάρια: 1) *Το βασικό σενάριο (Baseline scenario)*, το οποίο αναπαριστά την τωρινή κατάσταση, χωρίς καμία αλλαγή. 2) *Το σενάριο εξωτερικής ολοκλήρωσης (External-integration scenario)*, το οποίο χρησιμοποιείται για να αναλύσει τις δυνατότητες μεγαλύτερης ολοκλήρωσης με εξωτερικές υπηρεσίες (χρήση μεταβλητών). 3) *Το σενάριο εσωτερικής ολοκλήρωσης (Internal-integration scenario)*, το οποίο αναλύει την επίδραση της κατάργησης των λειτουργιών διέλευσης στα σύνορα. 4) *Το σενάριο πλήρους ολοκλήρωσης (Full Integration scenario)*, το οποίο συνδυάζει τις ιδέες της εξωτερικής και της εσωτερικής ολοκλήρωσης. Σε αυτό το σενάριο, αφαιρείται η ανάγκη για αλλαγές οχημάτων στα σύνορα και το μοντέλο μπορεί να καθορίσει τους χρόνους αναχώρησης των εξωτερικών υπηρεσιών.

Γι' αυτά τα σενάρια, εξετάστηκαν ο χρόνος των εσωτερικών υπηρεσιών, η αναμονή στα σύνορα, στους εσωτερικούς και στους υπόλοιπους σταθμούς, η φορτοεκφόρτωση στους εσωτερικούς σταθμούς και το συνολικό χρονικό κόστος των λειτουργιών. Επιπλέον, εξετάστηκε ο αριθμός των οχημάτων σε χρήση, ο αριθμός των εξυπηρετήσεων των αναχωρήσεων ανά εβδομάδα για τον βορρά και το νότο, οι λειτουργικές ώρες εξυπηρέτησης και ανάθεσης νέων εργασιών και τα οχήματα που βρίσκονται στους κόμβους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μοντέλο αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα, αλλά λόγω των πολλών περιορισμών είναι απαραίτητη η εμπειρική λήψη αποφάσεων για την εφαρμογή του.

Σύστημα υποστήριξης απόφασης για τη δυναμική αποστολή φορτηγών

Οι Goetschalckx & Taylor (27), αναφέρουν την αναγκαιότητα της ανάπτυξης ενός συστήματος υποστήριξης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, μέσω μιας εφαρμογής σε ένα δυναμικό σύστημα αποστολής φορτηγών. Αρχικά, αναφέρουν ότι το σύστημα υποστήριξης απόφασης (Decision Support System) είναι σημαντικό για τα συστήματα παραγωγής, κατανομής και εναπόθεσης αλλά και για τον προγραμματισμό των διαδικασιών που ακολουθούνται. Επιπλέον, παρουσιάζουν τα οφέλη του DSS τα οποία είναι η παροχή αποδεκτών λύσεων, η επίλυση εναλλακτικών σεναρίων, ο γρήγορος χρόνος ανταπόκρισης, ο περιορισμός των εργασιών με το χέρι καθώς ο

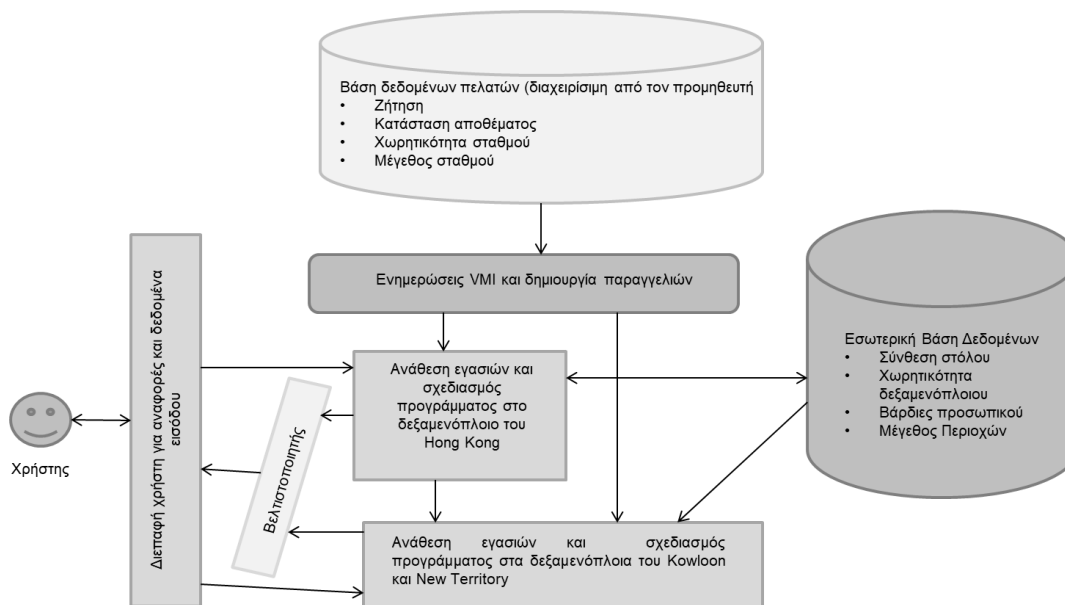
διαχειριστής διαχειρίζεται τα δεδομένα και κάνει γρήγορα τους υπολογισμούς και η χρήση όλων των σχετικών δεδομένων για την καλύτερη υποστήριξη της απόφασης του διαχειριστή. Επίσης, αναφέρουν τις απαιτήσεις ενός τέτοιου συστήματος, δηλαδή το DSS πρέπει να είναι ρεαλιστικό όταν επιλύει πραγματικά προβλήματα, να δίνει αποτελεσματικές λύσεις, να μειώνει το κόστος εφαρμογής σε ένα σύστημα όταν χρησιμοποιείται για την τροποποίηση των λύσεων, να είναι εύκολο στη χρήση και να ενισχύει τη δουλειά του διαχειριστή.

Το σύστημα υποστήριξης απόφασης που προτείνεται σε αυτή τη μελέτη, εφαρμόζεται σε ένα σύστημα ανάθεσης και αποστολής εργασιών για την παραλαβή και εξυπηρέτηση εταιρικών αιτημάτων και κέντρων διανομής. Στο πρόβλημα αυτό, ένα φορτηγό είναι διαθέσιμο για κάθε επιθυμητή τοποθεσία, προστίθενται νέα αιτήματα, υπάρχει περιορισμός στην ελάχιστη και τη μέγιστη απόσταση διαδρομής και θεωρείται ότι ο στόλος οχημάτων είναι ομοιογενής. Σε αυτό το σύστημα αποστολής οχημάτων γίνεται ανάθεση εργασιών σε φορτηγά για την μεταφορά προϊόντων και το σύστημα ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, τα αιτήματα των πελατών ακολουθούν την LIFO κατανομή. Στο προτεινόμενο DSS, υπολογίζεται το κόστος, καθορίζονται οι περιορισμοί των χρονοπαραθύρων, γίνεται επεξεργασία των δεδομένων και χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος διαχωρισμού (Set Partitioning Algorithm). Ο μόνος περιορισμός είναι ότι ο αλγόριθμος πρέπει να επιλύεται γρήγορα (ένα λεπτό όταν δίνει όλες τις εφικτές λύσεις και πέντε δευτερόλεπτα όταν δίνει την κάθε λύση ξεχωριστά). Η διαδικασία που θα βοηθήσει τον διαχειριστή να πάρει καλύτερη απόφαση όταν φθάνει ένα νέο αίτημα, είναι ο έλεγχος των δεδομένων σε γρήγορο χρόνο, η μετακίνηση του φορτηγού για την εξυπηρέτηση του αιτήματος μέχρι το μέγιστο χρονικό όριο του χρονοπαραθύρου και αν υπάρχει υπέρβαση της χωρητικότητας του φορτηγού όταν φθάσει το νέο αίτημα. Στη συνέχεια δίνονται τα πιθανά εφικτά προγράμματα (δέκα) για το νέο αίτημα και ταξινομούνται ανά κόστος. Έτσι ο διαχειριστής μπορεί να δει τα νέα πιθανά προγράμματα και να αποφασίσει αν θα εξυπηρετηθεί το νέο αίτημα ή όχι.

Το πρόβλημα της δρομολόγησης, πέρα από το χώρο των οδικών μεταφορών, εμφανίζεται και σε άλλους τύπος μεταφορών όπως στις θαλάσσιες μεταφορές. Οι *Ng et al.* (28), μελέτησαν την ανάθεση εργασιών σε δεξαμενόπλοια και το πρόβλημα δρομολόγησης τους στο Hong Kong. Πιο συγκεκριμένα, μια εταιρεία, που είναι υπεύθυνη για την μεταφορά τριών τύπων πετρελαϊκών προϊόντων (αμόλυβδη βενζίνη-VTG, premium αμόλυβδη βενζίνη-VTP και ντίζελ-EDO), διαθέτει οχτώ δεξαμενόπλοια, εξυπηρετεί 48 σταθμούς της γύρω περιοχής. Επίσης υπάρχει μια κεντρική αποθήκη για όλους τους τύπους του προϊόντος σε ένα νησί. Η γεωγραφική ζώνη τα πλαίσια της ζήτησης, οι περιορισμοί της δρομολόγησης, η σύνθεση του στόλου της εταιρείας, η πληρωμή των οδηγών και το μέγεθος των σταθμών είναι κάποια χαρακτηριστικά που κάνουν το πρόβλημα αρκετά σύνθετο (Vendor Managed Inventory System).

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης, αναπτύχθηκε ένα σύστημα υποστήριξης απόφασης (DSS) για την καλύτερη δρομολόγηση και ανάθεση εργασιών στα δεξαμενόπλοια. Το σύστημα αυτό βασίζεται σε ένα ευρετικό ομαδοποίησης (γεωγραφικοί περιορισμοί και εμπειρικές θεωρήσεις) και σε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης της δρομολόγησης και της ανάθεσης εργασιών (δυναμική μορφή ακέραιου προγραμματισμού με πολλαπλούς στόχους). Το πρόβλημα γίνεται σύνθετο λόγω των περιορισμών για την διέλευση των δεξαμενόπλοιων που μεταφέρουν εύφλεκτα υλικά, λόγω της μικρής ζήτησης σε μερικούς σταθμούς (εξυπηρέτηση για δύο μόνο μέρες της εβδομάδας), λόγω της εξυπηρέτησης των μικρών σταθμών από μικρά δεξαμενόπλοια (τα μεγάλα

δεξαμενόπλοια δεν μπορούν να εισέλθουν στην περιοχή γύρω από τους μικρούς σταθμούς), λόγω του υψηλότερου κόστους λειτουργίας των μεγάλων δεξαμενόπλοιων και λόγω του ότι οι τρεις τύποι πετρελαίου δεν μπορούν να αναμιχθούν μεταξύ τους. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση του συνολικού αριθμού των ταξιδιών ανά δεξαμενόπλοιο σε κάθε βάρδια, την ελαχιστοποίηση του συνολικού αριθμού των έξτρα πληρωμών των οδηγών, τη μεγιστοποίηση του όγκου του πετρελαίου που μεταφέρεται, την ελαχιστοποίηση του αριθμού των άδειων θαλάμων πετρελαίου. Το DSS μπορεί να θεωρηθεί σαν προσομοιωτής που επιτρέπει την λήψη της καλύτερης απόφασης σε υποθετικά πειράματα. Τα δεδομένα εξόδου, για διαφορετικά εμπειρικά σενάρια, έδειξαν ότι ο όγκος εξυπηρέτησης στους σταθμούς του Hong Kong μειώνεται αλλά αυξάνεται για τους υπόλοιπους σταθμούς. Επίσης, ο αριθμός πολλαπλών εξυπηρετήσεων των υπόλοιπων σταθμών, εκτός του Hong Kong, μειώνεται όταν μειώνεται το αντίστοιχο κόστος πληρωμής των οδηγών. Σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι το περιβάλλον εργασίας είναι φιλικό προς τον χρήστη, ώστε να προετοιμάσει καλύτερα τα πιθανά σενάρια και να πάρει την καλύτερη απόφαση.



Σχήμα 14.- Σύστημα υποστήριξης απόφασης για την καλύτερη δρομολόγηση και ανάθεση εργασιών στα δεξαμενόπλοια [πηγή:Ng et al.,2008]

2.5 Κατανάλωση καυσίμου φορτηγών οχημάτων

Η κατανάλωση καυσίμου έχει σημαντικό ρόλο στα προβλήματα διαχείρισης στόλου, καθώς επηρεάζει άμεσα στο κόστος μεταφοράς, συντήρησης και λειτουργίας και έμμεσα στη βελτίωση της αποδοτικότητας, της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας. Ανάλογα με τη δρομολόγηση των οχημάτων και την ανάθεση εργασιών στα οχήματα (διαδρομές με/χωρίς φορτίο), κρίνεται σημαντικός ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου.

Η κατανάλωση καυσίμου ενός οχήματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Αυτοί οφείλονται είτε στα χαρακτηριστικά του οχήματος είτε στον οδικό άξονα είτε σε άλλους παράγοντες. Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα, ο αριθμός και ο τύπος των ελαστικών,

το σύστημα πέδησης και ο αριθμός των αξόνων είναι μερικοί από τους παράγοντες του οχήματος που επηρεάζουν την κατανάλωση καυσίμου. Εξίσου σημαντική επίδραση στην κατανάλωση καυσίμου έχουν η κλίση της οδού και η κατάσταση του το οδοστρώματος στο οποίο κινείται ένα όχημα. Ακόμη, η οδηγική συμπεριφορά και οι κυκλοφοριακές συνθήκες επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση καυσίμου.

- Βαθμός απόδοσης κινητήρα

Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα επηρεάζεται από τον τύπο καυσίμου και από το κιβώτιο ταχυτήτων. Η ανάφλεξη του καυσίμου, στους κινητήρες ντίζελ, πραγματοποιείται χωρίς την ύπαρξη μηχανισμού σπινθήρα, όπως συμβαίνει στα οχήματα που καταναλώνουν βενζίνη. Σύμφωνα με το Diesel Forum Technology Forum (29), το 90% των βαρέων φορτηγών χρησιμοποιεί μηχανές ντίζελ.

- Αντίσταση κύλισης

Η αντίσταση κύλισης είναι η δύναμη που απαιτείται για τη διατήρηση της κίνησης του οχήματος σε ευθεία γραμμή, για σταθερή ταχύτητα. Τα ελαστικά, επηρεάζουν την αντίσταση κύλισης καθώς δημιουργείται δύναμη τριβής ανάμεσα στην επιφάνεια του ελαστικού και του οδοστρώματος. Επομένως, δημιουργούνται απώλειες ενέργειας κατά την κίνηση, την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση και το φρενάρισμα του οχήματος.

- Αεροδυναμική αντίσταση

Η αεροδυναμική αντίσταση είναι η δύναμη που αντιστέκεται στη κίνηση ενός σώματος εντός του ατμοσφαιρικού αέρα. Δηλαδή οφείλεται στη διαφορετική πίεση η οποία επικρατεί στις δύο πλευρές ενός σώματος (30). Η τιμή της εξαρτάται από την αντίσταση του αέρα, το τετράγωνο της ταχύτητας, τη δύναμη αντίστασης λόγω του αέρα, της μετωπικής επιφάνειας πρόσκρουσης του κινούμενου σώματος και του αεροδυναμικού συντελεστή. Σε κατάσταση νηνεμίας η αεροδυναμική αντίσταση υπολογίζεται ως εξής:

$$F_D = 12 \rho v^2 C_D A$$

όπου:

F_D : η αντίσταση του αέρα (N)

ρ : η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)

v : η ταχύτητα του οχήματος (m/s)

C_D : ο αεροδυναμικός συντελεστής

A : η πρόσοψη του οχήματος (m^2)

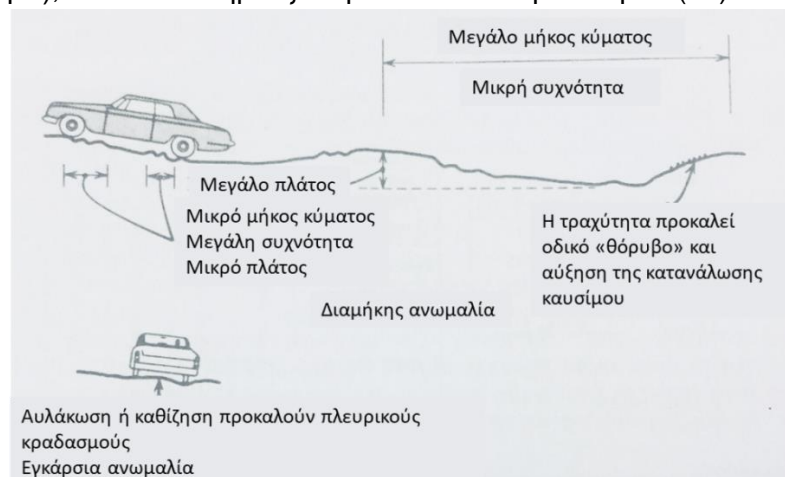
Οι απώλειες ενέργειας λόγω της αεροδυναμικής αντίστασης, μεταβάλλονται σημαντικά με την αύξηση της ταχύτητας, όπως αναφέρεται στη σχετική μελέτη του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας του Καναδά (31).

- Βάρος οχήματος

Το μεικτό βάρος του οχήματος (μεταφερόμενο φορτίο και βάρος οχήματος) επηρεάζει στην ενέργεια που απαιτείται για την επιτάχυνση και τη διατήρησης της ταχύτητας ενός οχήματος αλλά και στις συνεχείς αλλαγές της ταχύτητας που εμφανίζονται συχνά σε διαδρομές εντός των αστικών οδικών δικτύων. Η οικονομία καυσίμου που επιτυγχάνεται σε ένα ελαφρύτερο φορτηγό όχημα μεγάλων αποστάσεων υπολογίζεται σε 0.4 έως 1% ανά 450 kg μείωσης του βάρους του οχήματος για κίνηση σε ομαλό έδαφος και 1.5 έως 2% για κίνηση σε ανηφορικό έδαφος (32).

- Οδόστρωμα

Η ανώτερη στρώση του οδοστρώματος, επί της οποίας κινούνται τα οχήματα, επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση καυσίμου ενός οχήματος. Ένας από τους κύριους προορισμούς της ασφαλτικής επιφάνειας είναι η εξασφάλιση στα οχήματα καλής τριβής και οδήγησης. Αν η επιφάνεια (ή το οδόστρωμα) παραμορφωθεί κατά την εγκάρσια διεύθυνση (ομαλότητα), δημιουργούνται επικίνδυνες συνθήκες υδροπροώθησης από το λεπτό στρώμα νερού μεταξύ οδοστρώματος και τροχού, που προκαλεί απώλεια επαφής με την επιφάνεια και επομένως αδυναμία οδήγησης. Επίσης, οι διάφορες ανωμαλίες στο οδόστρωμα (συχνότητα και πλάτος ανωμαλιών) προκαλούν κραδασμούς σε ένα όχημα, που κινείται στην επιφάνεια του οδοστρώματος (τραχύτητα), κάτι που επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου (33).



Σχήμα 15.- Τύποι τραχύτητας [πηγή: Yoder & Witczak]

- Κλίση

Η κατά μήκος κλίση (γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του οριζώντιου και του κεκλιμένου επιπέδου) αλλά και η εγκάρσια κλίση (επίκλιση) αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της κατανάλωσης καυσίμου. Κατά την κίνηση ενός οχήματος σε ανωφέρεια, αυξάνεται η ελκτική ισχύς που απαιτείται από τον κινητήρα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η κατανάλωση καυσίμου.

- Οδηγική συμπεριφορά

Ο τρόπος με τον οποίο οδηγεί ο οδηγός του οχήματος επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κατανάλωση καυσίμου. Αναλυτικότερα, οι συχνές και απότομες επιταχύνσεις, οι απότομες επιβραδύνσεις, ο χρόνος κατά τον οποίο το όχημα λειτουργεί στο ρελαντί (δηλαδή με ανοιχτή τη μηχανή χωρίς κίνηση) και η θερμοκρασία του θαλάμου του οδηγού (ανοιχτός/κλειστός κλιματισμός) είναι μερικοί από τους παράγοντες που δείχνουν πως η οδηγική συμπεριφορά επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου. Ο σημαντικότερος, όμως παράγοντας είναι η ταχύτητα του οχήματος, καθώς συνδέεται με την αντίσταση του αέρα και των ελαστικών. Σύμφωνα με μελέτη της εταιρείας Bridgestone (34) η μείωση της μέσης ταχύτητας από τα 120χλμ./ώρα στα 90χλμ./ώρα οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης κατά 39%, ενώ παράλληλα η αποδοτικότητα της οικονομίας καυσίμου από τα ελαστικά μειώνεται κατά 27%.

Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα, καθώς η κατανάλωση καυσίμου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα, τα οποία περιέχουν σημαντικές παραμέτρους που αφορούν τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου, όπως αυτοί που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Το μοντέλο PERE της υπηρεσίας προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (35) δέχεται σαν δεδομένα εισόδου τις διάφορες παραμέτρους του οχήματος και στη συνέχεια το όχημα υποβάλλεται σε διαφορετικούς κύκλους οδήγησης ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη ώστε να υπολογιστεί η κατανάλωση καυσίμου ανά δευτερόλεπτο. Αναλυτικότερα, ως δεδομένα εισόδου εισάγονται η μάζα του οχήματος, η αντίσταση κύλισης, ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης και η επιφάνεια πρόσοψης του οχήματος. Επίσης, εισάγονται η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η κλίση της οδού. Στη συνέχεια υπολογίζεται η απαίτηση ισχύος για το όχημα και αμέσως μετά η στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου.

Η απαίτηση ισχύος (Watts):

$$P_b = VSP \cdot m = m v [(a(1 + \epsilon) + g \cdot \text{grade} + g_{CR}) + 0.5 \rho C_D A_f v^3] \text{ όπου:}$$

v: η ταχύτητα οχήματος (m/s)

a: η επιτάχυνση οχήματος (m/s²)

ϵ : παράγοντας που αντιπροσωπεύει τις περιστρεφόμενες μάζες

g: η επιτάχυνση βαρύτητας (9.8 m/s²)

grade: η κλίση της οδού

CR: η αντίσταση κύλισης

ρ : η πυκνότητα αέρα (kg/m³)

CD: ο συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης

A_f: η πρόσοψη του οχήματος (m²)

m: η μάζα του οχήματος

VSP²: απαίτηση σε ισχύ για το όχημα

Η στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου FR:

$FR = \varphi [kNV + (Pb/\eta_t + P_{acc})/\eta] / LHV$ όπου:

φ : λόγος ισοδυναμίας αέρα καυσίμου

k: η τριβή του κινητήρα

N: οι στροφές του κινητήρα

V: η χωρητικότητα του κινητήρα

η_t : η αποδοτικότητα του συστήματος μετάδοσης

η : η αποδοτικότητα του κινητήρα

P_{acc} : η απαιτούμενη ισχύς για εξαρτήματα του οχήματος (όπως το σύστημα κλιματισμού)

LHV: η χαμηλότερη θερμογόνος τιμή καυσίμου

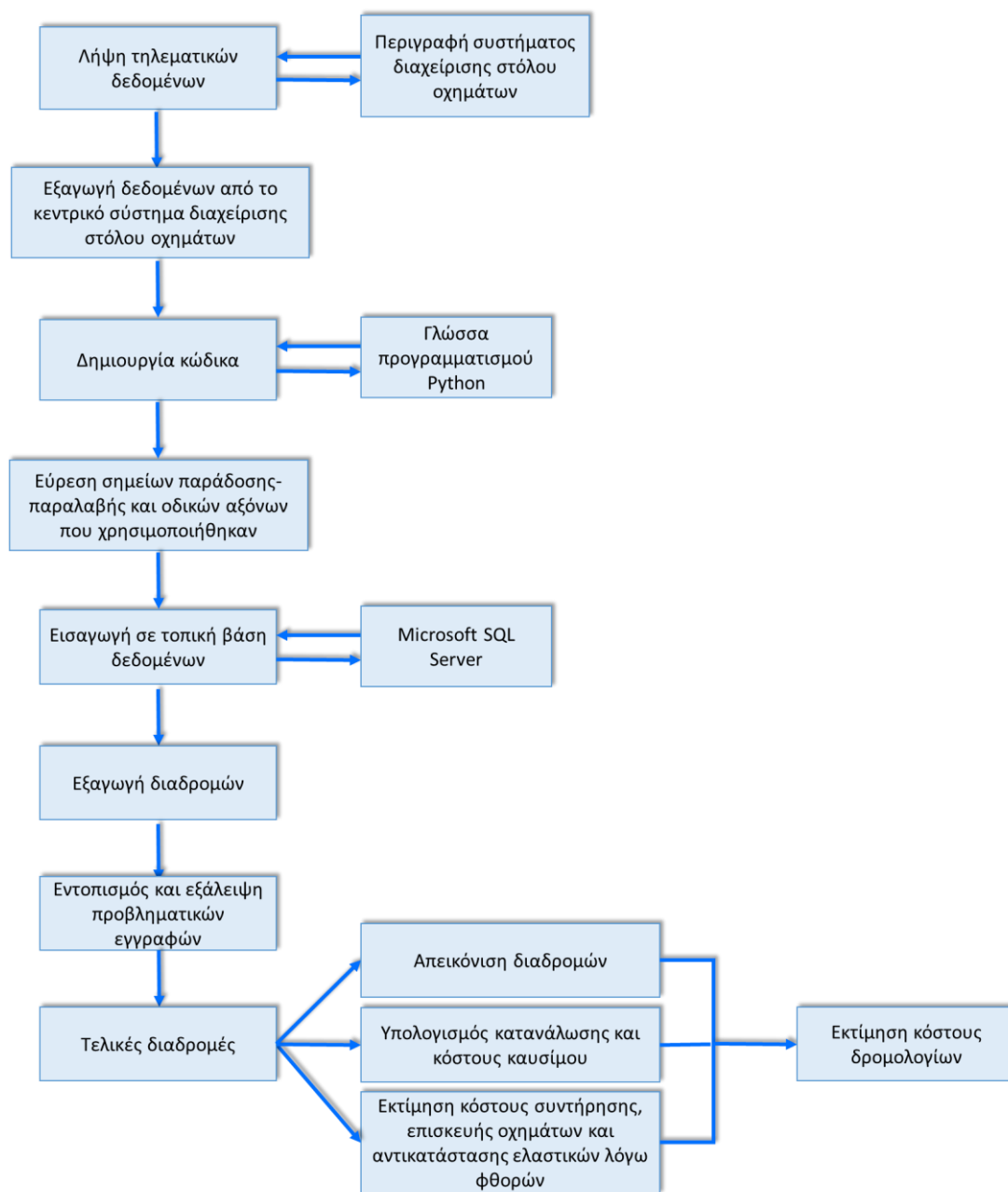
Το μοντέλο του υπουργείου ενέργειας των Η.Π.Α. (36) για το οποίο έγινε ανάλυση της χρήσης των φορτηγών οχημάτων σε όλες τις πολιτείες. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να εκτιμηθεί η εξοικονόμηση καυσίμου μέσω της χρήσης προηγμένων και αποδοτικών τεχνολογιών. Η εξοικονόμηση καυσίμου επιτυγχάνεται με τη μείωση των ενεργειακών απωλειών που σχετίζονται με την αντίσταση τριβής, την αεροδυναμική αντίσταση, το σύστημα πέδησης κ.λπ. Στη μελέτη αυτή η δύναμη που ασκείται μεταξύ του οχήματος και του οδοστρώματος αναφέρεται σαν ελκτική δύναμη. Η ελκτική δύναμη επιτρέπει στο φορτηγό όχημα την δυνατότητα επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης. Η ενέργεια λόγω της ελκτικής δύναμης χαρακτηρίζεται ως ελκτική ισχύς. Επίσης, λαμβάνονται υπόψιν μια μέση τιμή για την ενέργεια άλλων λειτουργιών-εξαρτημάτων και την οδήγηση του φορτηγού οχήματος, όπως για παράδειγμα ο κλιματισμός. Η τελική σχέση που δίνει την στιγμιαία κατανάλωση καυσίμου για το φορτηγό όχημα είναι:

$$F_{c,φορτηγού} = E_{καυσίμου} / LHV = [1 / (\eta_{κινητήρα} LHV)] [(E_{ελκτική,οδήγησης} / \eta_{μετάδοσης}) + E_{εξαρτήματα,οδήγησης}]$$

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, με βάση τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του προηγούμενου κεφαλαίου και γίνεται μια σύντομη περιγραφή στον τρόπο με το οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα. Αρχικά, η λήψη των τηλεματικών δεδομένων έγινε από το σύστημα διαχείρισης στόλου μιας μεγάλης μεταφορικής εταιρείας με έδρα τον Ασπρόπυργο Αττικής, ύστερα από σχετική έγκριση. Αναλύονται τα διάφορα συστήματα διαχείρισης στόλου οχημάτων και οι δυνατότητες που παρέχουν στο χρήστη αλλά και οι πληροφορίες που μπορούν να χαρακτηρίσουν τα δεδομένα μας σαν τηλεματικά δεδομένα. Στη συνέχεια έγινε η εξαγωγή των δεδομένων, δημιουργώντας κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Python, ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη. Αναλυτικότερα, με τη χρήση του κώδικα ήταν εφικτή η αναζήτηση των σημείων παραλαβής, παράδοσης και των οδικών αξόνων που χρησιμοποιήθηκαν από τα φορτηγά οχήματα της εταιρείας. Τα δεδομένα εξόδου που προέκυψαν από την εκτέλεση του προγράμματος εισάγονται σε μια τοπική βάση δεδομένων ώστε να μπορέσουμε να εξάγουμε τα τηλεματικά δεδομένα που αποτελούν διαδρομές μεταξύ των σημείων παραλαβής-παράδοσης. Στη συνέχεια περιγράφονται οι προβληματικές εγγραφές που εντοπίστηκαν και περιγράφεται ο τρόπος εξάλειψής τους. Για τις διαδρομές που προκύπτουν γίνεται αναζήτηση των εναλλακτικών διαδρομών κάθε δρομολογίου ύστερα από απεικόνιση σε περιβάλλον GIS. Στη συνέχεια περιγράφεται το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της κατανάλωσης καυσίμου των φορτηγών οχημάτων κατά την εκτέλεση των δρομολογίων. Ακόμη, γίνεται εκτίμηση του κόστους συντήρησης, επισκευής και αντικατάστασης των ελαστικών ανάλογα με το οδικό τμήμα το οποίο χρησιμοποιεί το φορτηγό όχημα για την εκτέλεση του δρομολογίου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εύρεση των διαδρομών που εκτελέστηκαν από τα φορτηγά της μεταφορικής εταιρείας οδηγεί στον υπολογισμό χρήσιμων στοιχείων όπως ο χρόνος και το κόστος των δρομολογίων. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε.



Σχήμα 16.- Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας

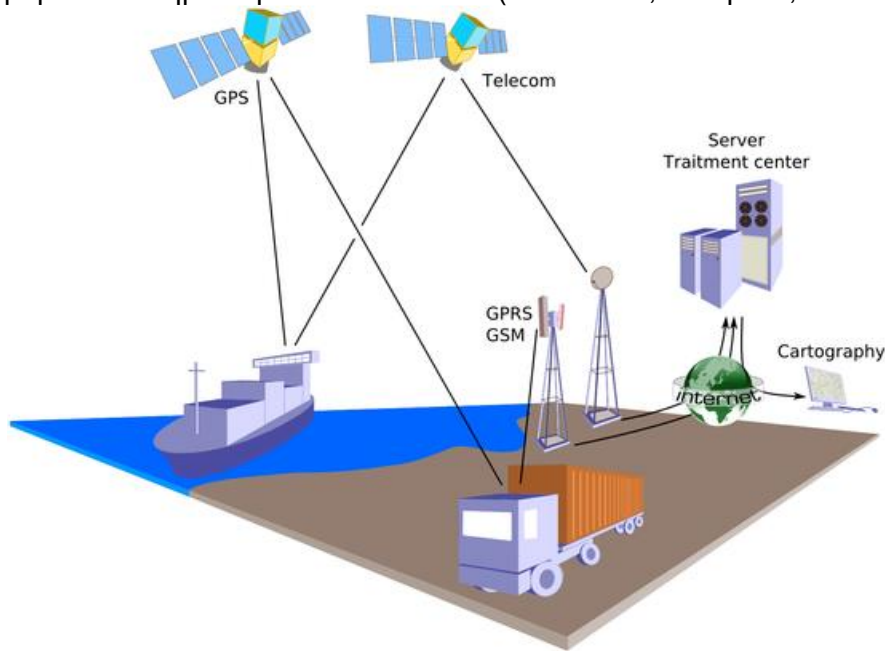
3.1 Συλλογή στοιχείων από το σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων

Γενικά, ένα σύστημα διαχείρισης στόλου προσφέρει ασφάλεια των οχημάτων και των εμπορευμάτων, καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών, μείωση του κόστους και αύξηση της παραγωγικότητας. Για την καλύτερη διαχείριση του στόλου των οχημάτων έχουν αναπτυχθεί διάφορα Συστήματα Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων (Σ.Δ.Σ.Ο.) τα οποία παρέχουν πολλές δυνατότητες στον χρήστη. Οι σημαντικότερες είναι:

1. Εντοπισμός των οχημάτων 24 ώρες το 24ώρο
2. Αναπαράσταση και απεικόνιση των δρομολογίων

3. Διαχείριση των πελατών
4. Έλεγχος καυσίμου και οδηγικής συμπεριφοράς
5. Ιστορικό αναφορών

Για τη βασική λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος απαιτείται η συλλογή πληροφοριών που αφορά τον διαθέσιμο στόλο και η μετάδοση τους σε ένα λογισμικό για την επεξεργασία και εξαγωγή αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα μεταβιβάζονται συνήθως μέσω του δικτύου GSM, είτε με την υπηρεσία μηνυμάτων SMS, είτε με την χρήση του GPRS. Για τις περιπτώσεις όπου δεν είναι εφικτή η πρόσβαση στο δίκτυο (ασθενές ή καθόλου σήμα λόγω της θέσης) χρησιμοποιούνται δορυφορικές συνδέσεις. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων χρησιμοποιείται το δίκτυο GPS, ωστόσο υπάρχουν και άλλα παρόμοια συστήματα για τον ίδιο σκοπό (GLONASS, Compass, IRNSS) (4).



Σχήμα 17.- Αρχιτεκτονική συστήματος διαχείρισης στόλου

Στην ελληνική αγορά, έχουν ενσωματωθεί αρκετά Σ.Δ.Σ.Ο. στον επιχειρηματικό κλάδο τα οποία χρησιμοποιούνται από μεγάλες ελληνικές εταιρείες οι οποίες διαθέτουν στόλο οχημάτων. Μερικά από αυτά είναι το iTrack Business Fleet (37), το Powerfleet-Fleet Telematics (38), το Forefleet (39), το FleetMaster (40) και το Navigate Telematics (41). Τα Σ.Δ.Σ.Ο. πρέπει να είναι εύκολα στη χρήση και να βοηθούν τον χρήστη στη λήψη αποφάσεων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα Σ.Δ.Σ.Ο. είναι:

- Η απεικόνιση των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο
- Η δρομολόγηση και αποστολή των οχημάτων και η δυνατότητα πλοήγησης των οδηγών
- Η αποθήκευση των δεδομένων (ιστορικό) και η δυνατότητα εξαγωγής στατιστικών στοιχείων
- Ο έλεγχος της κατανάλωσης καυσίμου, των θερμοκρασιών και της οδηγικής συμπεριφοράς (απαίτηση χρήσης αισθητήρων)
- Η διαχείριση των οχημάτων για τη συντήρηση και την πρόληψη των ζημιών
- Η ασφάλεια των φορτιών
- Η γεωγραφική διαχείριση των σημείων ενδιαφέροντος
- Η βελτιστοποίηση των δρομολογίων

Τα Σ.Δ.Σ.Ο. έχουν διάφορες λειτουργίες οι οποίες επιτρέπουν την ανίχνευση της θέσης των οχημάτων στον χάρτη. Με την βοήθεια ειδικών ενδείξεων είναι εύκολο να διακριθούν τα σταθμευμένα από τα εν κινήσει οχήματα, ο τύπος των οχημάτων, οι πελάτες από τους οποίους διέρχονται ακόμη και η κίνηση των δρόμων γύρω από κάθε όχημα. Επίσης, παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα να ορίσει τη διαδοχή των επισκέψεων στα δρομολόγια, να δοκιμάσει πολλές εναλλακτικές και να αποφασίσει για την καλύτερη διαδρομή, με βάση τους εκτιμώμενους χρόνους άφιξης και της απόστασης. Μια άλλη λειτουργία του Σ.Δ.Σ.Ο. είναι η εισαγωγή εμβόλιμων επισκέψεων αλλά και η αυτοματοποιημένη ενημέρωση των οδηγών για τα προγραμματισμένα δρομολόγια και τις αλλαγές αυτών. Ο χρήστης έχει, επίσης, την δυνατότητα λήψης του ιστορικού των διαδρομών αλλά και άλλων χρήσιμων πληροφοριών όπως οι χρόνοι στάσης και κίνησης των οχημάτων, το σύνολο των διανυθέντων χιλιομέτρων και οι τοποθεσίες από τις οποίες έχουν διέλθει τα οχήματα. Τα Σ.Δ.Σ.Ο παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης των εισροών-εκροών των καυσίμων αλλά και την ενημέρωση για την κατανάλωση καυσίμου. Επίσης, το σύστημα παρέχει πληροφορίες για την θερμοκρασία του θαλάμου του οδηγού αλλά και για την θερμοκρασία και των στροφών του κινητήρα, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στον χρήστη να βελτιώσει την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών.

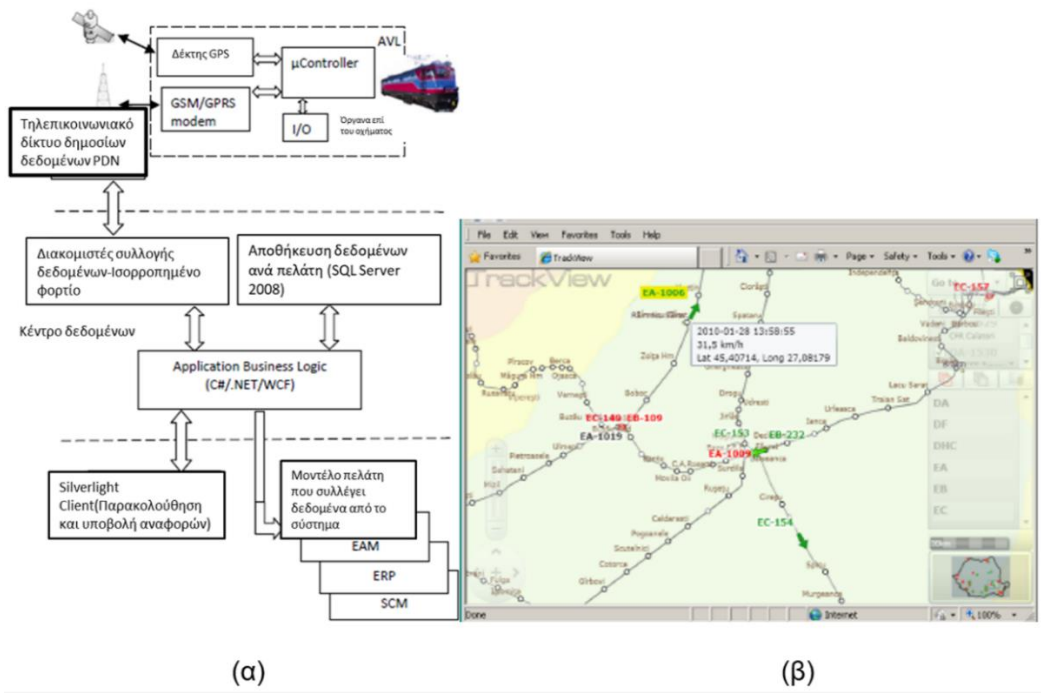
Παρακολούθηση του στόλου με τη χρήση του παγκόσμιου συστήματος εντοπισμού θέσης

Οι *Jalba et al.* (42), έφτιαξαν μια εφαρμογή για την παρακολούθηση του στόλου στις σιδηροδρομικές μεταφορές, συνδυάζοντας GPS, GIS και τεχνολογίες επικοινωνίας (GSM/GPRS). Η λειτουργία απόκτησης δεδομένων της τοποθεσίας οχημάτων (AVL module), βασίζεται στα δεδομένα του σήματος του GPS και υπολογίζει τις γεωγραφικές συντεταγμένες του οχήματος και παραμέτρους όπως η κίνηση του οχήματος, η συλλογή και η αποστολή πληροφοριών. Τα δεδομένα που συλλέγονται, μεταφέρονται με GSM modem, μέσω GPRS από το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και δρομολογείται σε ένα δίκτυο πακέτου δεδομένων (Packet Data Network). Υπάρχουν διάφορες παράμετροι για τον προγραμματισμό του μοντέλου όπως ο αριθμός κέντρου μηνυμάτων, διαμορφώσεις για τα ψηφιακά και αναλογικά δεδομένα εισόδου-εξόδου και για το GPRS και την IP όπου στέλνονται τα δεδομένα, οι αριθμοί τηλεφώνου για την ειδοποίηση μηνυμάτων (SMS), καθώς επίσης και παράμετροι για την καταγραφή δεδομένων. Η ακρίβεια της τοποθεσίας είναι γύρω στα πέντε μέτρα και για τις παραμέτρους μετάδοσης θεωρήθηκε ως διάστημα καταγραφής τα 10 λεπτά (όταν δεν υπάρχει κίνηση) και τα 300 μέτρα (όταν υπάρχει κίνηση). Επίσης, η συσκευή έχει έναν ρυθμιστή (buffer) 3000 δευτερολέπτων για να μην χαθούν δεδομένα όταν το όχημα περνάει από περιοχές με χαμηλό δίκτυο επικοινωνίας.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας για τη λήψη δεδομένων που αφορούν την κατανάλωση καυσίμου. Τα δεδομένα από τους δέκτες (telemetry data), τα δεδομένα του δικτύου (GIS data) και τα δεδομένα του στόλου οχημάτων (fleet data) δημιουργούν μια βάση δεδομένων, βασισμένη στο Microsoft SQL Server 2008 και στη συνέχεια αυτή χρησιμοποιείται για την απεικόνιση και την λειτουργική ανάλυση αυτών και κατ' επέκταση την καλύτερη διαχείριση του στόλου των οχημάτων. Η εφαρμογή αυτή, χρειάζεται να μεταδίδει συνεχώς δεδομένα για την καλύτερη ανταπόκριση των γεγονότων που συμβαίνουν σε πραγματικό χρόνο στο δίκτυο μεταφορών (Silverlight Web client). Για την απεικόνιση στο περιβάλλον GIS, χρησιμοποιήθηκαν δύο

διαφορετικές προσεγγίσεις που αφορούν στην απεικόνιση των πολλαπλών χαρτών ή την σχεδίαση στο χάρτη και στον εντοπισμό της συντομότερης διαδρομής (μεταξύ δύο σημείων). Για την κατασκευή του γραφήματος του δικτύου χρησιμοποιείται ένας ευρετικός αλγόριθμος που βασίζεται στην εγγύτητα των σημείων. Λόγο της μη αλλαγής του σιδηροδρομικού δικτύου και του μικρού αριθμού κόμβων (1000 κόμβοι σε όλο το σιδηροδρομικό δίκτυο της Ρουμανίας), χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος Floyd-Warshall για τον υπολογισμό των μικρότερων αποστάσεων μεταξύ ενός ζεύγους στο δίκτυο. Δηλαδή ο εντοπισμός της συντομότερης διαδρομής μεταξύ δύο σημείων A και B γίνεται με την χρήση της μικρότερης απόστασης από και στο τέλος των τμημάτων όπου βρίσκονται τα σημεία A και B.

Η εφαρμογή δίνει λύσεις στην παρακολούθηση της κίνησης των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο (όνομα, γεωγραφική τοποθεσία, ημερομηνία και ώρα, ταχύτητα, σταθμοί και σιδηροδρομικοί γραμμή, τελευταία τοποθεσία, διάρκεια ταξιδιού), παρέχει τη δυνατότητα αναπαραγωγής (ιστορικό τοποθεσιών και διαδρομών) και βοηθάει στη διαχείριση του στόλου (στατιστικές αναφορές διαδρομών, στοιχεία οχημάτων και του οδηγού, συνολική απόσταση, πραγματικός χρόνος ταξιδιού, μέση ταχύτητα, κατανάλωση ενέργειας και καυσίμου). Επιπλέον, είναι δυνατή η απεικόνιση των δραστηριοτήτων των οχημάτων σε συγκεκριμένες περιοχές του σιδηροδρομικού δικτύου (επιλογή χρονικής περιόδου) καθώς επίσης και ο υπολογισμός των μικρότερων αποστάσεων μεταξύ δύο σημείων (εντοπισμός συντομότερης διαδρομής). Δηλαδή, η εφαρμογή αυτή έχει στόχο στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της αποστολής, στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των διαδρομών και στην ορθότερη επιλογής διαδρομής καθώς επίσης και στη βελτίωση της συντήρησης.



Σχήμα 18.- (α) Δομή εφαρμογής (β) Τοποθεσία του οχήματος στο Silverlight web client [πηγή: Jalba et al., 2010]

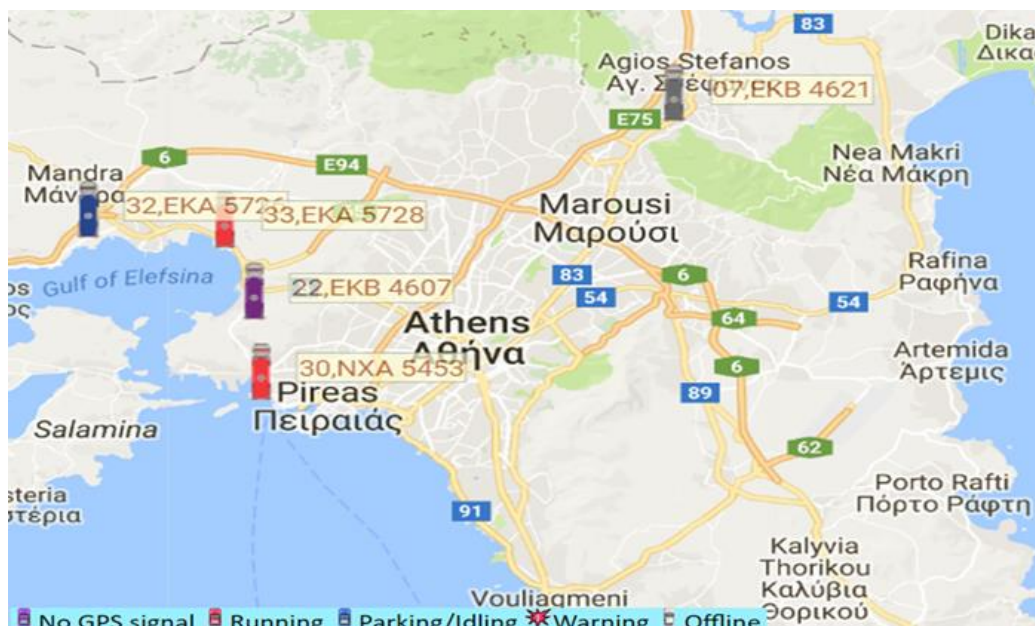
Για τη λήψη του ιστορικού των διαδρομών γίνεται εισαγωγή στο Σ.Δ.Σ.Ο. της εταιρείας. Αυτό γίνεται με την εισαγωγή ενός ονόματος χρήστη (username) και ενός κωδικού (password).



Σχήμα 19.- Είσοδος στο σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων

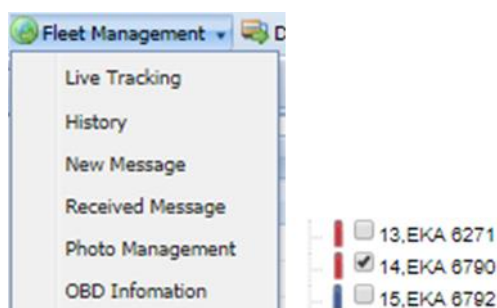
Στο περιβάλλον του Σ.Δ.Σ.Ο. της εταιρείας υπάρχουν διάφορες λειτουργίες που αφορούν τη διαχείριση του στόλου, όπως ο άμεσος εντοπισμός των οχημάτων, η λήψη και απεικόνιση των θέσεων του φορτηγού με βάση το ιστορικό και το κέντρο αναφορών όπου περιέχονται πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την εταιρεία. Αναλυτικότερα, με τη λειτουργία του άμεσου εντοπισμού είναι δυνατή η απεικόνιση της θέσης του οχήματος σε χαρτογραφικό υπόβαθρο σε πραγματικό χρόνο. Η συχνότητα καταγραφής δεν είναι σταθερή και κυμαίνεται περίπου στα ένα με δύο λεπτά. Μέσω της λειτουργίας του «ιστορικού», ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει δεδομένα που καταγράφηκαν στο παρελθόν. Με τη λειτουργία του κέντρου αναφορών, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει πληροφορίες σχετικά με τα οχήματα, τους οδηγούς των φορτηγών και διάφορα στοιχεία των διαδρομών (ταχύτητα, στάθμευση, κατανάλωση καυσίμου, σημεία και διάρκεια φορτοεκφόρτωσης). Δυστυχώς, τα περισσότερα από

αυτά τα στοιχεία δεν ήταν διαθέσιμα. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η λειτουργία του άμεσου εντοπισμού πέντε τυχαίων οχημάτων.



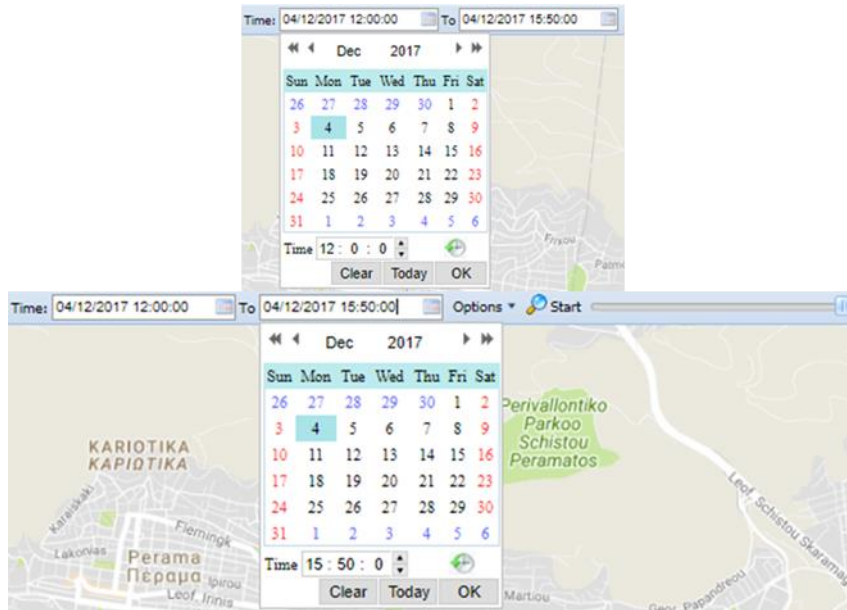
Σχήμα 20.- Λειτουργία άμεσου εντοπισμού

Αξιοποιείται η λειτουργία λήψης του ιστορικού ώστε να λάβουμε τα δεδομένα μας. Ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία, μέσω ενός παραδείγματος για ένα όχημα. Από την καρτέλα διαχείρισης στόλου (Fleet Management) επιλέγεται η λειτουργία ιστορικό (History) και το όχημα που θέλουμε.



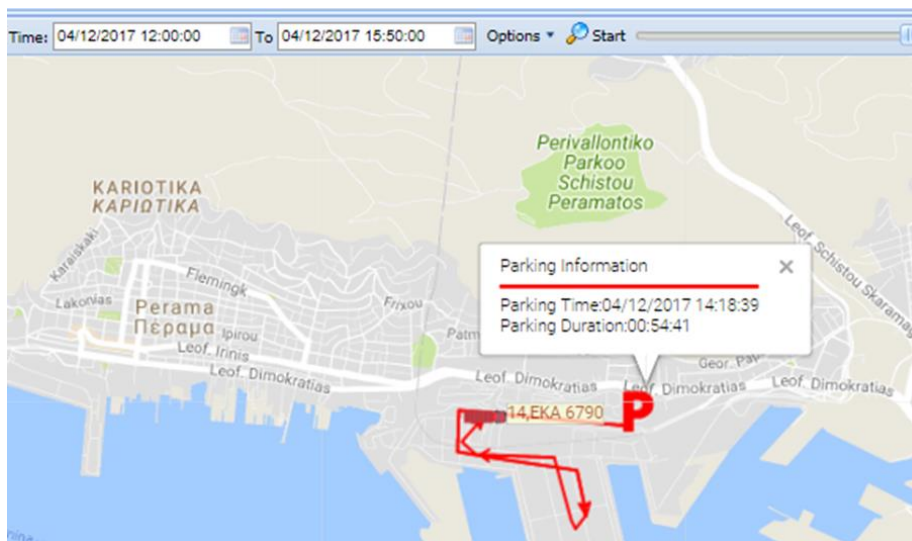
Σχήμα 21.- Ιστορικό διαδρομών και επιλογή οχήματος

Στη συνέχεια, για τη λήψη των δεδομένων, επιλέγεται η ημέρα, ο μήνας, το έτος, η ώρα, τα λεπτά και τα δευτερόλεπτα. Υπάρχει όμως περιορισμός για την επιλογή του διαστήματος για τη λήψη του ιστορικού των διαδρομών. Αυτό κυμαίνεται στις 30 ημέρες. Δηλαδή πρέπει να «σπάσουμε» την αναζήτηση σε κάθε μήνα ξεχωριστά, αυξάνοντας τον χρόνο λήψης των δεδομένων.



Σχήμα 22.- Επιλογή χρονικού διαστήματος

Αφού γίνει η απαραίτητη επιλογή των διαστημάτων που επιθυμεί ο χρήστης, πατώντας το κουμπί Start ξεκινάει η λήψη των δεδομένων σε αρχείο του Excel (.xls) και σε αρχείο του Google Earth (.kml). Όταν ο χρήστης «τρέξει» τα δεδομένα, για το χρονικό διάστημα που όρισε, υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης της διαδρομής του φορτηγού. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον χάρτη διαθέτουν σημαντικές πληροφορίες όπως η διαδρομή που ακολουθείται, στο χρονικό πλαίσιο που επιλέχθηκε και οι θέσεις στάθμευσης του φορτηγού (όπου υπάρχουν), η ημερομηνία, η ώρα και η διάρκεια της στάθμευσης (όταν γίνεται).



Σχήμα 23.- Αποτελέσματα στο χάρτη

Τα δεδομένα λήψης που αξιοποιούνται είναι ο αριθμός του οχήματος και ο αριθμός κυκλοφορίας του, η εταιρεία μεταφορών, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, η ταχύτητα, ο χρόνος λήψης και ο χρόνος αποστολής του σήματος από τον δορυφόρο (GPS), η κατάσταση του οχήματος (αν βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας, αν είναι σε κίνηση ή

όχι) και η τοποθεσία του οχήματος. Για τις γεωγραφικές συντεταγμένες δεν είναι διαθέσιμη η πληροφορία του υψομέτρου αλλά μόνο τα οριζοντιογραφικά στοιχεία. Επίσης, υπάρχουν και άλλα δεδομένα όπως η κάρτα SIM που χρησιμοποιείται και άλλα μη διαθέσιμα δεδομένα όπως η κατανάλωση καυσίμου, η θερμοκρασία, ο οδηγός και ο αριθμός άδειας του. Ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι διαθέσιμη η πληροφορία για το φορτίο, δηλαδή δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν το όχημα είναι έμφορτο ή όχι όταν εκτελεί μια διαδρομή.

Με τον τρόπο αυτό, έγινε λήψη δεδομένων για 31 φορτηγά της εταιρείας που εκτελούσαν διαδρομές στην περιοχή της Αττικής κατά την περίοδο ανάλυσης. Αρχικά, η λήψη των δεδομένων έγινε για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο του έτους 2017, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των δεδομένων και την εύρεση των διαδρομών των φορτηγών. Το χρονικό διάστημα που επιλέχθηκε ήταν οι 24 ώρες ανά μέρα (από 00:00:00 μέχρι 23:59:59). Όμως λόγω του ότι η εργασία του φορτηγού ξεκινούσε και τελείωνε συγκεκριμένες ώρες, το χρονικό διάστημα ορίστηκε με αυτές τις ώρες, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα εργασίας κάθε φορτηγού, για κάθε μήνα, ώστε να γίνει πιο γρήγορα η φόρτωση των δεδομένων. Στο πρόγραμμα εργασιών, το οποίο είναι διαθέσιμο από την εταιρεία στο κέντρο αναφορών της βάσης της εφαρμογής, φαίνονται οι ώρες εργασίας του φορτηγού κάθε ημέρα και με βάση αυτό επιλέχθηκε το χρονικό διάστημα αναζήτησης. Λόγω του μεγάλου χρόνου που χρειαζόταν για τη λήψη των δεδομένων έγινε λήψη δεδομένων για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο του έτους 2017. Ο χρόνος λήψης για τα δεδομένα για ένα φορτηγό για όλο το μήνα ήταν περίπου μία ημέρα.

3.2 Εξαγωγή δεδομένων από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης στόλου

Τα δεδομένα από το Σ.Δ.Σ.Ο. μπορούν να θεωρηθούν ότι ανήκουν στην οικογένεια αυτών που ονομάζονται τηλεματικά δεδομένα (43, 44). Από τα τηλεματικά δεδομένα που λήφθηκαν, με την διαδικασία που περιγράφηκε στο παραπάνω υποκεφάλαιο, έγινε επιλογή αυτών που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε, δηλαδή αυτά που αποτελούν διαδρομές οχημάτων εντός του Ν. Αττικής. Πιο συγκεκριμένα, θέλουμε τα δεδομένα που δημιουργούν διαδρομές με χρήση της Αττικής οδού, είτε αυτά που δημιουργούν την ίδια διαδρομή (ίδια αφετηρία και τερματισμό) χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού. Γι' αυτό το λόγο, δημιουργήθηκε κώδικας στην Python, ώστε τα δεδομένα αυτά να λαμβάνονται αυτόματα, μειώνοντας τον φόρτο εργασίας αλλά και την πιθανότητα να μην ληφθούν κάποια δεδομένα. Ο κώδικας διαβάζει όλα τα αρχεία Excel με τα στίγματα του GPS και εξετάζονται δύο σενάρια. Το σενάριο όπου γίνεται εξαγωγή όλων των δεδομένων με συγκεκριμένη τοποθεσία, δηλαδή τα σημεία της Αττικής οδού, το αμέσως προηγούμενο και το αμέσως επόμενο σημείο, καθώς επίσης και το σενάριο όπου γίνεται εξαγωγή των δεδομένων με όλες τις υπόλοιπες τοποθεσίες που έχουν περάσει τα φορτηγά. Τα βήματα του κώδικα φαίνονται παρακάτω.

```

14 import pdb
15 import xlrd
16 import xlwt
17 import os
18 import sys
19 reload(sys)
20 sys.setdefaultencoding('utf8')
21
22 class Extraction:
23     """ Extracts data from several files to a new one.
24     ....
25
26     def __init__(self, src_folder, dest_file, value):
27         self.file_contents = []
28         self.src_folder = src_folder
29         self.dest_file = dest_file
30         # read the file
31         self.read_folder(src_folder)
32         # process data and write data to a new file
33         self.process_file(value)

```

Σχήμα 24.- Βήμα 1.Εξαγωγή δεδομένων από τα αρχεία σε ένα νέο αρχείο

```

35     def read_folder(self, folder=""):
36         """ This method reads a folder which contains files as input.
37
38         :param str folder: is the folder where the function looks
39         for files recursively
40         """
41         # search recursively the system
42         for root, dirs, files in os.walk(folder):
43             for f in files:
44                 if f.endswith(".xls"):
45                     # read the xls file
46                     xls_file = os.path.join(root, f)
47                     self._read_xls(xls_file)
48
49     def _read_xls(self, xls_file):
50         """ This method reads a single xls file. """
51         # open the workbook
52         workbook = xlrd.open_workbook(xls_file)
53         # split all sheets by name
54         worksheets = workbook.sheet_names()
55         # acquire the first one
56         worksheet = workbook.sheet_by_name(worksheets[0])
57         # and append it to the list of files
58         self.file_contents.append(worksheet)
59

```

Σχήμα 25.- Βήμα 2. Ανάγνωση του φακέλου με τα αρχεία ως δεδομένα εισόδου και ανάγνωση ενός μόνο αρχείου xls


```

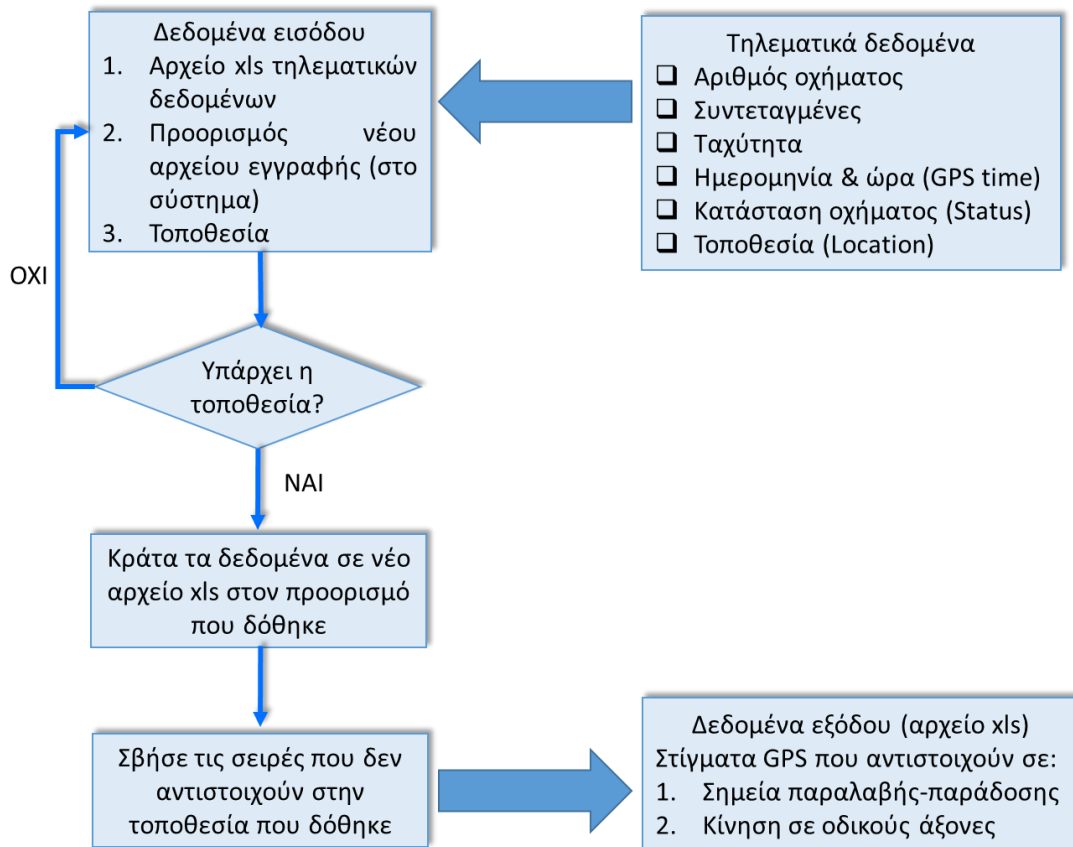
60     def process_file(self, value):
61         """ This method processes a file and extracts only the data
62         the user is interested for.
63         """
64         # open a new workbook to write the result there
65         workbook = xlwt.Workbook()
66         write_sheet = workbook.add_sheet('Results', cell_overwrite_ok=True)
67         # index which increases depending on the number of writes
68         # (in order to avoid double writes)
69         max_index = 0
70         # search a sheet by row (usually names are there).
71         for sheet in self.file_contents:
72             for row_index in range(sheet.nrows):
73                 row = sheet.row(row_index)
74                 # If the value is found, then
75                 # save all row
76                 for col_index, cell in enumerate(row):
77                     if value not in str(cell.value):
78                         continue
79                     else:
80                         write_index = self._update_write_index(max_index, row_index)
81                         self._write_row(row, write_index, write_sheet)
82         workbook.save(self.dest_file)
83
84     def _write_row(self, row, row_index, write_sheet):
85         """ This method writes a row of data to the new excel file"""
86         for col_index, cell in enumerate(row):
87             write_sheet.write(row_index, col_index, str(cell.value))
88
89     def _update_write_index(self, max_index, row_index):
90         max_index += row_index
91         return max_index

```

Σχήμα 26.- Βήμα 3. Εξαγωγή μόνο των δεδομένων που χρειάζεται ο χρήστης και εγγραφή αυτών σε νέο αρχείο xls

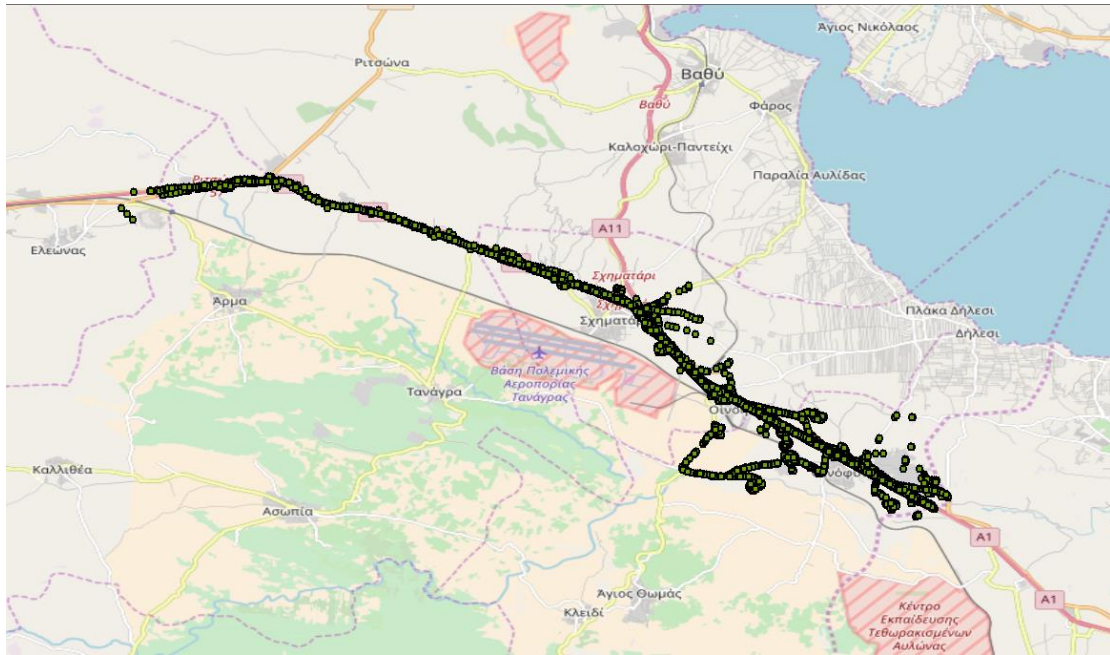
Επομένως, όταν τρέξουμε τον κώδικα, λαμβάνουμε ένα αρχείο Excel το οποίο περιέχει όλα τα δεδομένα των 31 φορτηγών. Τα δεδομένα αυτά δεν είναι ταξινομημένα, δηλαδή ο κώδικας διαβάζει τα αρχεία και σβήνει τις γραμμές που δεν αντιστοιχούν στα δεδομένα εισόδου που όρισε ο χρήστης και κρατάει μόνο τις γραμμές που αντιστοιχούν. Τα δεδομένα εξόδου του κώδικα δεν είναι οι διαδρομές αλλά τα στίγματα του GPS που αντιστοιχούν στα σημεία παράδοσης-παραλαβής και στα σημεία κίνησης στους οδικούς άξονες της περιοχής της Αττικής.

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά το διάγραμμα ροής του κώδικα που δημιουργήθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Python, όπου τα δεδομένα εξόδου είναι χρήσιμα για την εξαγωγή των διαδρομών.

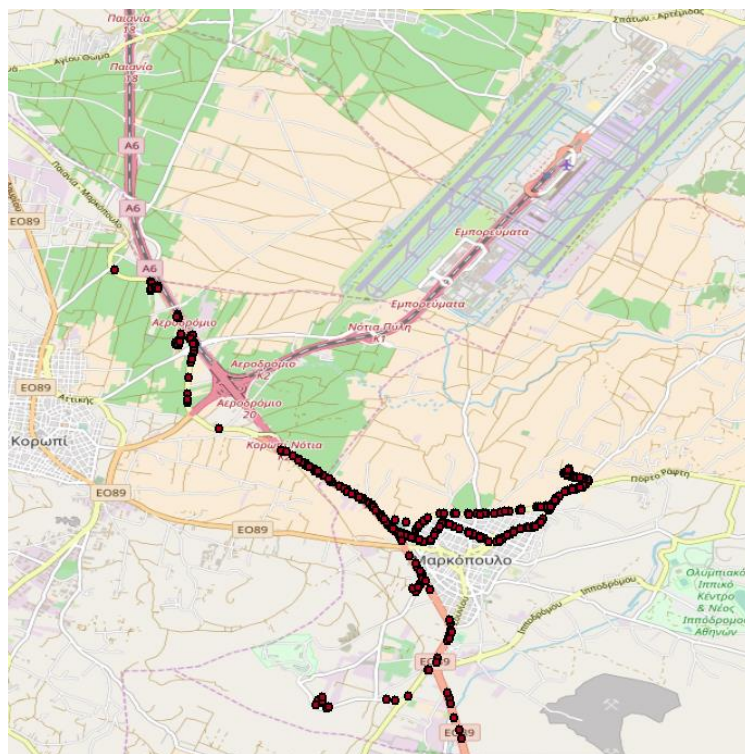


Σχήμα 27.- Διάγραμμα ροής κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Python

Χρησιμοποιήθηκαν τα τηλεματικά δεδομένα 31 φορτηγών και με τη χρήση του κώδικα έγινε καθορισμός αυτών ανά περιοχή. Στις περιοχές αυτές φαίνονται όλα τα φορτηγά που βρέθηκαν σε αυτή την περιοχή. Με τη χρήση των εργαλείων του GIS (Central Features), έγινε καθορισμός των κέντρων αυτών των περιοχών αλλά και των κέντρων των πελατών ή των αποθηκών που βρίσκονται στην περιοχή, με βάση τις συντεταγμένες από το GPS για κάθε φορτηγό που βρίσκονταν στην περιοχή (με βάση την στήλη που δείχνει την τοποθεσία, δηλαδή Location). Με την παραπάνω διαδικασία, εμφανίζονται στο χάρτη όλα τα σημεία όπου πέρασαν τα διάφορα φορτηγά στην περιοχή αυτή (στίγματα του GPS). Με την ίδια λογική αναζητούμε όλες τις περιοχές του Νομού Αττικής καθώς επίσης και όλες κύριες οδικές αρτηρίες. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται ενδεικτικά δύο από τις περιοχές για οποίες έγιναν αναζητήσεις (περιοχή της Τανάγρας και του Μαρκόπουλου).

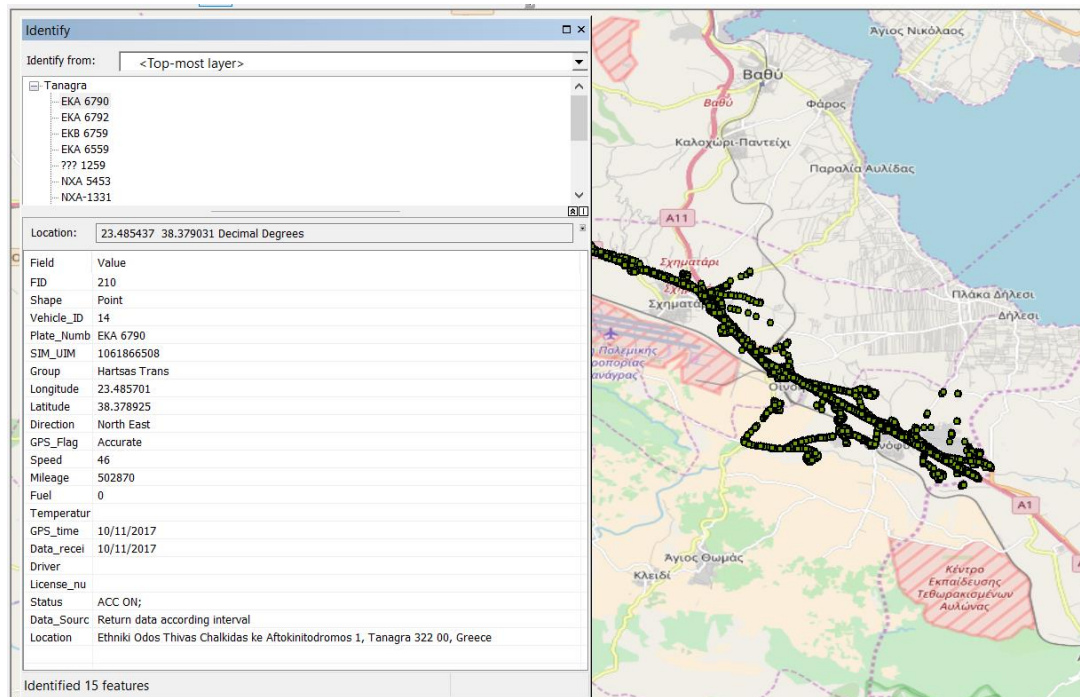


Σχήμα 28.- Στίγματα GPS για τα διάφορα φορτηγά στην περιοχή των Οινόφυτων-Τανάγρας



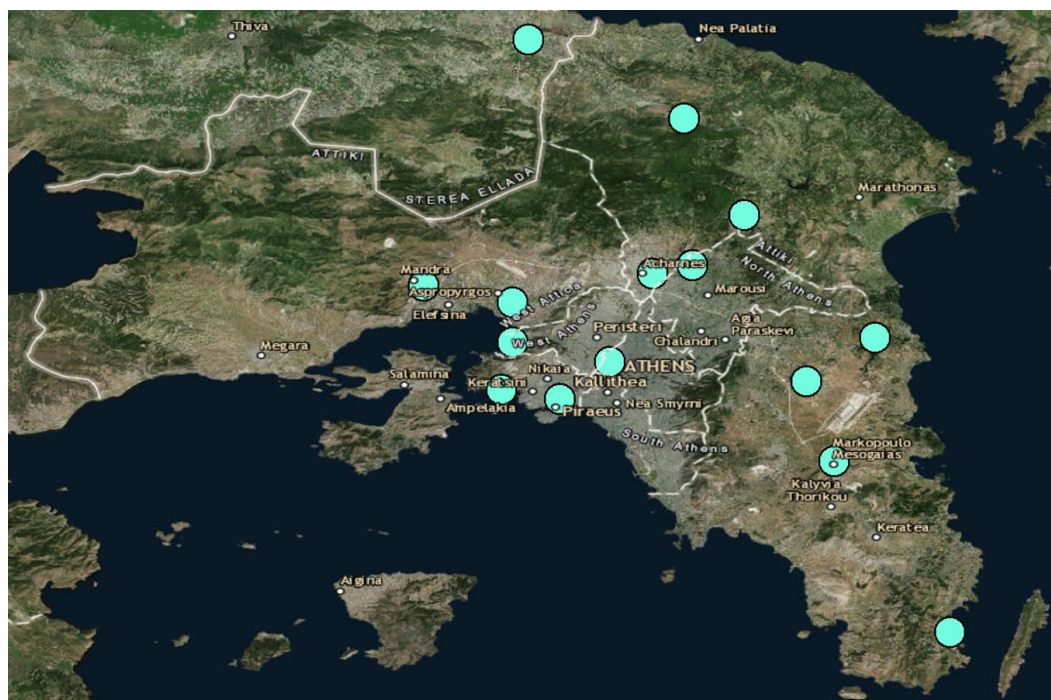
Σχήμα 29.- Στίγματα GPS για τα διάφορα φορτηγά στην περιοχή του Μαρκόπουλου

Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να δούμε τις πληροφορίες του κάθε σημείου, όπως για παράδειγμα ποιο φορτηγό είναι, την τοποθεσία του, την ημερομηνία που βρισκόταν εκεί το φορτηγό, αλλά και αν το όχημα ήταν σε κατάσταση αδράνειας, κίνησης ή εκτός λειτουργίας.



Σχήμα 30.- Πληροφορίες ενός τυχαίου σημείου στην περιοχή της Τανάγρας

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τα κέντρα των περιοχών εξυπηρέτησης και τα σημεία όπου υπάρχουν οι πελάτες της εταιρείας, με την χρήση των εργαλείων του ArcGIS.



● Περιοχές Εξυπηρέτησης

Σχήμα 31.- Περιοχές εξυπηρέτησης

Παρατηρείται, με βάση το παραπάνω σχήμα αλλά και με βάση τα δεδομένα, ότι η εταιρεία εξυπηρετεί κυρίως περιοχές του Πειραιά (Λιμάνι Πειραιά, Πέραμα, Δραπετσώνα, Κερατσίνι) αλλά και άλλες βιομηχανικές περιοχές όπως τα Ναυπηγεία

Σκαραμαγκά, ο Ασπρόπυργος (όπου βρίσκεται και η βάση της εταιρείας), η Μάνδρα και η Ελευσίνα. Επίσης, εξυπηρετούνται οι περιοχές των Αχαρνών, του Διονύσου, της Αθήνας, της Κηφισιάς, του Ωρωπού και των Οινοφύτων-Τανάγρας. Ακόμη, υπάρχουν πελάτες και στην ανατολική Αττική (Κερατέα, Λαύριο, Ραφήνα) αλλά και κοντά στην περιοχή του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος (Παιανία, Κορωπί, Σπάτα, Μαρκόπουλο).

Έτσι, ύστερα από την απεικόνιση στο χάρτη μπορούμε να προχωρήσουμε στην αναζήτηση των κύριων οδικών αξόνων του Νομού Αττικής. Για τις περιοχές όπου χρησιμοποιούνται συλλεκτήριες οδοί γίνεται επιπλέον αναζήτηση. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορέσουμε να καθορίσουμε τις διαδρομές που εκτελέστηκαν από τα φορτηγά της εταιρείας.

3.3 Εισαγωγή στοιχείων σε τοπική βάση δεδομένων

Τα δεδομένα εξόδου του κώδικα δημιουργούν διαδρομές μεταξύ μιας αφετηρίας και ενός τερματισμού, με χρήση ή όχι της Αττικής Οδού, μετά από την κατάλληλη επεξεργασία. Εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων, κρίθηκε απαραίτητη η εισαγωγή τους σε μια βάση δεδομένων (45). Προτιμήθηκε η Microsoft SQL Server, η οποία είναι συμβατή με το ArcGIS και είναι σχετικά απλή σε σχέση με τα υπόλοιπα λογισμικά βάσεων δεδομένων που υποστηρίζονται από το ArcGIS. Τα δεδομένα χωρίστηκαν ανά μήνα, ώστε η ανάλυση να γίνει πιο εύκολα. Χρησιμοποιήθηκε το σχεσιακό μοντέλο (46) και αναπτύχθηκαν queries ώστε να λάβουμε τα κατάλληλα δεδομένα.

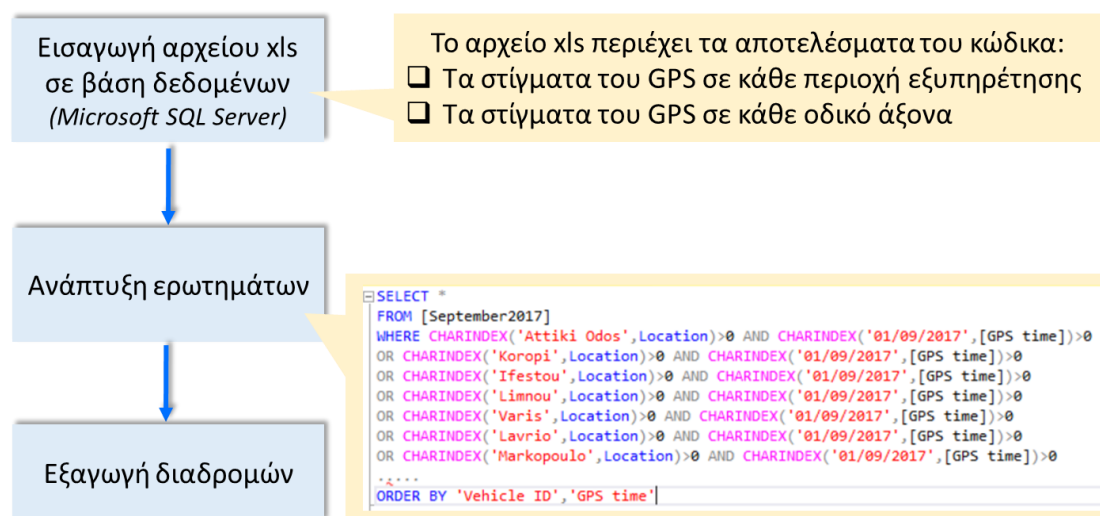
Αρχικά, στην πρώτη προσέγγιση ζητήσαμε όλα τα σημεία που βρίσκονται στην Αττική Οδό και αυτά τα οποία βρίσκονται αμέσως πριν και αμέσως μετά. Δηλαδή έγινε αναζήτηση των σημείων Αττική Οδός και των σημείων +1/-1, που ουσιαστικά αποτελούν την είσοδο και έξοδο της. Στη συνέχεια, στο ίδιο script ζητούσαμε όλα τα πιθανά +1/-1 σημεία, με βάση όλες τις περιοχές εξυπηρέτησης που βρήκαμε, ώστε να ορισθούν σαν αφετηρία ή τερματισμός στις επιθυμητές διαδρομές. Το πρόβλημα αυτό ουσιαστικά αναζητά την ένωση ενός σημείου με πολλά (ουσιαστικά άπειρα) με αντιστοιχία ένα προς πολλά. Συνεπώς οι ευθείες που δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό είναι άπειρες και δεν αποτελούν πιθανές διαδρομές. Επομένως, κρίθηκε απαραίτητη η εισαγωγή του παράγοντα του χρόνου, καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής ορθού αποτελέσματος διαδρομής με βάση μόνο τις γεωγραφικές συντεταγμένες.

Πιο συγκεκριμένα, χρειαζόταν ένα χρονικό όριο από τη στιγμή που το φορτηγό εισέρχονταν/εξέρχονταν στην/από την Αττική Οδό. Όμως το όριο αυτό δεν μπορούσε να προσεγγιστεί σωστά. Αν θέτονταν μεγάλο χρονικό όριο (π.χ. της τάξεως των δύο ωρών) θα είχαμε σαν αποτέλεσμα αρκετά «άχρηστα» δεδομένα, καθώς ήταν πιθανό να γινόταν φόρτωση σε ένα σημείο που ήταν χρήσιμο (ορισμός σαν αφετηρία/τερματισμός), αλλά στη συνέχεια το φορτηγό να συνέχιζε προς ένα άλλο σημείο (νέα άλλη διαδρομή μεταξύ περιοχών χωρίς χρήση της Αττικής Οδού). Παρατηρήθηκαν ακόμη πολλές διαδρομές εντός των περιοχών (π.χ. στον Ασπρόπυργο, στο Πέραμα) όπου το όχημα ήταν διαρκώς σε κίνηση μεταξύ πολλών

σημείων και έτσι υπήρχε δυσκολία στον καθορισμό του σημείου αφετηρίας/τερματισμού. Επιπλέον, δεν ήταν χρήσιμα τα δεδομένα που υποδεικνυαν τη διάρκεια φόρτωσης καθώς δεν πρέπει αυτή η χρονική διάρκεια να εισαχθεί στον χρόνο διαδρομής. Από την άλλη πλευρά, αν θέτονταν μικρό χρονικό όριο (π.χ. της τάξεως της μισής ώρας) θα χάναμε αρκετά πιθανά σημεία αφετηρίας/τερματισμού, αφού η πιθανότητα το φορτηγό να μη φτάνει στο σημείο αφετηρίας/τερματισμού ήταν αρκετά μεγάλη. Υπήρχαν δεδομένα που έβγαζαν τις επιθυμητές διαδρομές αλλά και ένας μεγάλος όγκος δεδομένων που δεν ήταν επιθυμητός ή δεδομένα που δεν αποτελούσαν διαδρομές.

Επομένως, καταλήξαμε σε μια πιο απλή προσέγγιση όπου αναζητήθηκαν οι περιοχές εξυπηρέτησης και τα κέντρα πελατών (γιατί υπήρχαν σφάλματα γραφής). Επιπλέον, για κάθε κέντρο ζητείται και η ημερομηνία, δηλαδή «έτρεχε» το script με όλα τα κέντρα για κάθε μέρα. Επίσης, τα δεδομένα ταξινομήθηκαν ανά όχημα και ανά ημερομηνία (timestamp). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβανόταν για κάθε μήνα που είχαμε δεδομένα. Τα δεδομένα αναλύθηκαν ανά μήνα, ώστε η εύρεση των επιθυμητών διαδρομών να είναι πιο εφικτή (μικρότερος όγκος δεδομένων). Ουσιαστικά, έχουμε όλα τα φορτηγά που έκαναν διαδρομές εντός της Αττικής την ίδια ημέρα του μήνα.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούμε τα αποτελέσματα του κώδικα ώστε να εξάγουμε τις διαδρομές.



Σχήμα 32.- Χρήση δεδομένων εξόδου του κώδικα για την εύρεση διαδρομών

Σημειώνεται ότι έγινε η θεώρηση ότι δεν προέκυψαν νέοι πελάτες και δεν αγοράστηκαν καινούργια φορτηγά στη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

3.4 Εντοπισμός και εξάλειψη προβληματικών εγγραφών

Από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν όταν «έτρεχαν» τα queries παρατηρήθηκαν προβληματικές εγγραφές και αρκετές δυσκολίες αναγνώρισης των σημείων

αφετηρίας/τερματισμού που επηρεάζουν σημαντικά τα δεδομένα. Αυτά αναλύονται παρακάτω:

- Σφάλματα του GPS

Ορισμένα σημεία βρίσκονται σε παράπλευρο οδικό δίκτυο με αποτέλεσμα το GPS να τα αναγνωρίζει στον κύριο οδικό άξονα ή το αντίστροφο (στήλη Location).

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η ένδειξη της κατάστασης του οχήματος (στήλη Status) μπορεί να δείχνει ότι το όχημα είναι σε κίνηση (ACC ON) για μια δεδομένη χρονική στιγμή και ελάχιστα δευτερόλεπτα μετά να δείχνει ότι το όχημα είναι σταματημένο (ACC OFF), αλλά η ένδειξη της ταχύτητας να μην είναι μηδενική όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4). Το σφάλμα αυτό παρατηρήθηκε κυρίως στο όχημα 31.

Πίνακας 4.- Εναλλαγή της ένδειξης της κατάστασης του οχήματος

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
31	23.707066	38.074944	39	02/10/2017 16:30:21	02/10/2017 16:30:17	ACC OFF;	Molaon, Fyli 133 41, Greece
31	23.706881	38.074677	25	02/10/2017 16:30:25	02/10/2017 16:30:21	ACC ON;	Molaon, Fyli 133 41, Greece
31	23.706486	38.074547	22	02/10/2017 16:30:31	02/10/2017 16:30:27	ACC OFF;	Athinon 2, Fyli 133 41, Greece
31	23.706383	38.07449	18	02/10/2017 16:30:33	02/10/2017 16:30:31	ACC ON;	Ellis Lampeti 8, Fyli 133 42, Greece
31	23.704401	38.073719	43	02/10/2017 16:30:57	02/10/2017 16:30:53	ACC ON;	Manou Katraki 14, Fyli 133 42, Greece
31	23.699308	38.073166	44	02/10/2017 16:31:33	02/10/2017 16:31:30	ACC OFF;	Nikolaou Skalkota, Fyli 133 42, Greece
31	23.698429	38.073139	9	02/10/2017 16:31:43	02/10/2017 16:31:40	ACC ON;	Ioanni Polemi 2, Fyli 133 42, Greece
31	23.698061	38.072971	19	02/10/2017 16:31:57	02/10/2017 16:31:53	ACC ON;	Ioanni Polemi 2, Fyli 133 42, Greece
31	23.697283	38.071739	31	02/10/2017 16:32:18	02/10/2017 16:32:15	ACC OFF;	Attiki Odos, Fyli 133 42, Greece
31	23.697113	38.071136	9	02/10/2017 16:32:31	02/10/2017 16:32:27	ACC ON;	Leoforos Megalou Alexandrou, Fyli 133 44, Greece
31	23.697046	38.071007	6	02/10/2017 16:32:38	02/10/2017 16:32:35	ACC OFF;	Leoforos Megalou Alexandrou, Fyli 133 44, Greece

- Σφάλματα γραφής

Η περιοχή που βρίσκεται το όχημα μπορεί να γραφτεί με διάφορους λατινικούς χαρακτήρες, όπως για παράδειγμα Asproyrgos και Asproirgos ή Piraeus και Pireas ή Kifisia και Kifissia.

Πίνακας 5.- Σφάλμα γραφής

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
03	23.616718	38.065956	36	02/10/2017 06:38:27	02/10/2017 06:38:23	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
03	23.615232	38.069038	54	02/10/2017 06:39:27	02/10/2017 06:39:23	ACC ON;	Leoforos Nato, Aspropyrgos 193 00, Greece
03	23.610701	38.071999	41	02/10/2017 06:40:27	02/10/2017 06:40:23	ACC ON;	Leonidiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
03	23.616255	38.077278	56	02/10/2017 06:41:27	02/10/2017 06:41:23	ACC ON;	Leonidiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
03	23.620827	38.084873	56	02/10/2017 06:42:27	02/10/2017 06:42:23	ACC ON;	Thrasivoulou, Aspropirgos 193 00, Greece
03	23.622156	38.089146	3	02/10/2017 06:43:27	02/10/2017 06:43:23	ACC ON;	Thrasivoulou ke E94, Aspropyrgos 193 00, Greece

Επίσης, παρατηρήθηκαν αρκετές δυσκολίες στην επιλογή των σημείων που αποτελούν σημεία των διαδρομών που θέλουμε. Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε ότι σε πολλά σημεία που γινόταν ή έπρεπε να γίνει φορτοεκφόρτωση (σημεία αποθηκών), φαινόταν ότι το όχημα ήταν σε κίνηση ή είχε σβηστή τη μηχανή, δηλαδή υπήρχε εναλλαγή στην κατάσταση του οχήματος (Πίνακας 6).

Πίνακας 6.- Δυσκολία στον καθορισμό της κατάστασης στην αποθήκη

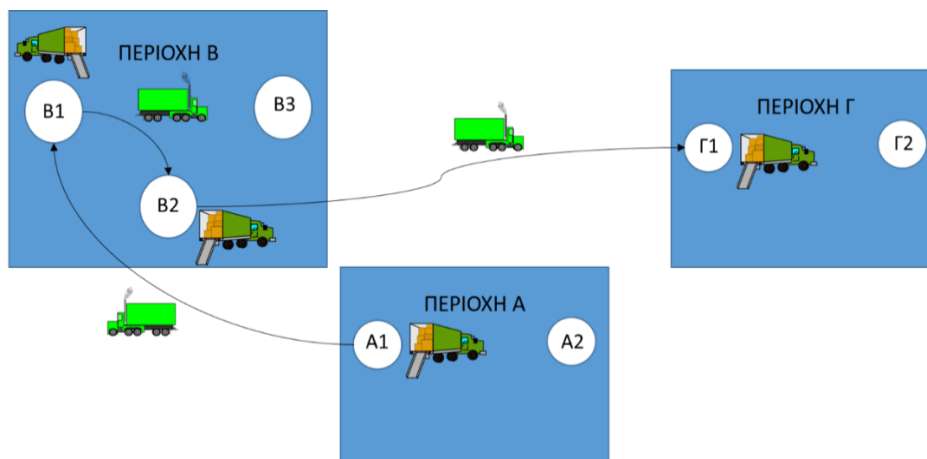
Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 16:58:29	31/10/2017 16:58:22	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 16:58:33	31/10/2017 16:58:25	ACC ON;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 16:58:34	31/10/2017 16:58:28	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:00:37	31/10/2017 17:00:32	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:02:45	31/10/2017 17:02:40	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:04:52	31/10/2017 17:04:47	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:06:59	31/10/2017 17:06:51	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:07:00	31/10/2017 17:06:58	ACC ON;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:07:01	31/10/2017 17:07:01	ACC OFF;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece
24	23.783436	38.084305	0	31/10/2017 17:07:02	31/10/2017 17:07:04	ACC ON;	Egidon 3, Kifissia 145 64, Greece

Στον παραπάνω πίνακα, στην περιοχή Αιγίδων 3 στην Κηφισιά, υπάρχει πελάτης της εταιρείας, με βάση το ιστορικό της. Η ένδειξη ACC OFF της κατάστασης του οχήματος, στο συγκεκριμένο σημείο, είναι λογική αλλά όχι αναγνωριστική. Αυτό γίνεται διότι το όχημα που θα φθάσει στο σημείο φορτοεκφόρτωσης για να εκτελέσει την εργασία έχει δύο επιλογές. Είτε να φορτοεκφορτώσει με ανοιχτή τη μηχανή (κατάσταση ACC ON, ACC ON;IDLING) είτε με κλειστή (κατάσταση ACC OFF).

Παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν πολλές διαδρομές, κυρίως εντός των περιοχών εξυπηρέτησης, όπου κατά τη διάρκεια αυτών δεν φαινόταν αν το όχημα σταματούσε ή ήταν σε κατάσταση αδράνειας. Επίσης, υπήρχαν δυσκολίες στην εξακρίβωση των σημείων που θα μπορούσαν να οριστούν σαν αφετηρίες ή τερματισμοί των διαδρομών που θέλουμε.

Με βάση τα δεδομένα από τα ταξινομημένα αποτελέσματα (πρώτα ανά όχημα και μετά ανά ημερομηνία) από τα queries, έγιναν οι παρακάτω διαπιστώσεις και παραδοχές.

Η εξάλειψη των σφαλμάτων γραφής γίνεται με την αναζήτηση στο script όπου ζητούνται τα κέντρα με όλους τους λογικούς και δυνατούς τρόπους γραφής (π.χ. Aspropyrgos ή Aspropirgos, Piraeus ή Pireas, Kifissia ή Kifisia κλπ.). Ακόμη, θεωρείται ότι μια διαδρομή ορίζεται από μια αφετηρία και έναν τερματισμό, όπως περιγράφεται από το παρακάτω παράδειγμα. Σε 3 περιοχές (Α,Β,Γ) υπάρχουν σημεία πελατών (Α1 & Α2, Β1 & Β2 & Β3, Γ1 & Γ2) αντίστοιχα. Το φορηγό φεύγει από το σημείο Α1 της περιοχής Α (σημείο αφετηρίας) και πάει στο σημείο Β1 της περιοχής Β (σημείο τερματισμού), με ή χωρίς χρήση της Αττικής Οδού (διαδρομή Α1→Β1). Σε αυτό το σημείο γίνεται φορτοεκφόρτωση και στη συνέχεια το φορηγό πάει στο σημείο Β2 της ίδιας περιοχής για φορτοεκφόρτωση. Δηλαδή το σημείο Β1 μετατρέπεται σε σημείο αφετηρίας και το σημείο Β2 ορίζεται σαν σημείο τερματισμού, για τη διαδρομή Β1→Β2. Μετά το φορηγό φεύγει από το σημείο Β2 της περιοχής Β και ακολουθεί μια μακρινή διαδρομή, εκτός της περιοχής μελέτης. Δηλαδή πάει στο σημείο Γ1 της περιοχής Γ (διαδρομή Β2→Γ1). Το σημείο Β2 της περιοχής Β ορίζεται σαν σημείο αφετηρίας και το σημείο Γ1 της περιοχής Γ ορίζεται σαν σημείο τερματισμού, για τη διαδρομή Β2→Γ1. Επομένως, η διαδρομή που θέλουμε είναι η μετάβαση από το σημείο Α1 στο Β1. Δηλαδή αποκλείστηκαν οι διαδρομές Β1-Β2, που έγινε εντός της περιοχής Β και η μακρινή διαδρομή Β2-Γ1.



Σχήμα 33.- Ορισμός διαδρομής

Επίσης, ως αφετηρία ή τερματισμός ορίζονται όλα τα σημεία των πελατών εντός μιας περιοχής. Σε αρκετές περιοχές εμφανίζονται σημεία πιθανών διαδρομών, με αποτέλεσμα τη δυσκολία επιλογής του σημείου αφετηρίας/τερματισμού. Για παράδειγμα, ένα φορηγό να εισέρχεται στην περιοχή του Ασπροπύργου και να εμφανίζονται στη στήλη όπου αναγράφεται η τοποθεσία του οχήματος (στήλη Location) πολλά πιθανά σημεία αποθηκών, φυσικά με διαφορετικά timestamp, αλλά η

κατάσταση του οχήματος (αδράνεια οχήματος ή ανοιχτή/κλειστή μηχανή του οχήματος) να μην είναι αναγνωρίσιμη. Δηλαδή, να φαίνεται ότι γίνονται πολλές διαδρομές μεταξύ άλλων σταθμών για να καταλήξει στον τελικό σταθμό Πίνακας 7). Σε αυτήν την περίπτωση θεωρούμε ότι το σημείο αφετηρίας ή τερματισμού είναι αυτό όπου συναντάμε, στην στήλη όπου αναγράφεται η κατάσταση του οχήματος (Status), την τελευταία ή την πρώτη ένδειξη αδράνειας ή σβηστής μηχανής, αντίστοιχα (έχει γίνει ταξινόμηση).

Πίνακας 7.- Διαφορετικές συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με διαφορετικές τοποθεσίες

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
19	23.604094	38.048969	11	24/10/2017 13:07:02	24/10/2017 13:06:55	ACC ON;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:09:04	24/10/2017 13:08:58	ACC ON;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:09:20	24/10/2017 13:09:13	ACC OFF;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:11:21	24/10/2017 13:11:15	ACC OFF;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:11:38	24/10/2017 13:11:32	ACC ON;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:11:40	24/10/2017 13:11:35	ACC OFF;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.604069	38.048672	0	24/10/2017 13:11:42	24/10/2017 13:11:39	ACC ON;	Themistokleous, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.60494	38.049107	0	24/10/2017 13:13:23	24/10/2017 13:13:16	ACC OFF;	Markoni, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.60494	38.049107	0	24/10/2017 13:14:15	24/10/2017 13:14:08	ACC ON;	Markoni, Aspropyrgos 193 00, Greece
19	23.60494	38.049107	0	24/10/2017 13:14:20	24/10/2017 13:14:14	ACC OFF;	Markoni, Aspropyrgos 193 00, Greece

Μια άλλη δυσκολία στην επιλογή του σημείου αφετηρίας ή τερματισμού είναι όταν έχουμε την ένδειξη αδράνειας (ACC ON; IDLING), δηλαδή ότι το όχημα βρίσκεται στο ρεζερβουάρ και την ένδειξη της σβηστής μηχανής (ACC OFF;), για το ίδιο σημείο (Πίνακας 8). Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγουμε το πρώτο σημείο με οποιαδήποτε από τις δύο αυτές ενδείξεις αν πρόκειται για τερματισμό και το τελευταίο αν πρόκειται για αφετηρία (έχει γίνει ταξινόμηση με βάση το χρόνο). Με αυτόν τον τρόπο θα έχουμε τον χρόνο διαδρομής μέχρι ή από το σημείο αυτό. Δηλαδή δεν μας ενδιαφέρει η αναμονή για φορτοεκφόρτωση, εάν το φορτηγό έχει φθάσει στο σημείο τερματισμού ή η αναμονή για την τελική αναχώρηση από την αφετηρία.

Πίνακας 8.- Ίδιες συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με ίδια τοποθεσία

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Status	Location
38	23.589108	38.344528	34	24/10/2017 16:30:26	ACC ON;	Anapafseos, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594761	38.339279	41	24/10/2017 16:31:26	ACC ON;	Eparchiaki Odos Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:32:25	ACC OFF;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:34:26	ACC OFF;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:36:31	ACC OFF;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:38:34	ACC OFF;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:39:06	ACC ON;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:39:14	ACC OFF;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:39:15	ACC ON;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:41:18	ACC ON;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:41:40	ACC ON;IDLING;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:43:40	ACC ON;IDLING;IDLING TIMEOUT;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:45:41	ACC ON;IDLING;IDLING TIMEOUT;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.594122	38.337967	0	24/10/2017 16:47:44	ACC ON;IDLING;IDLING TIMEOUT;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece
38	23.593727	38.33791	5	24/10/2017 16:49:02	ACC ON;	Epar.Od. Neochorakiou-Schimatariou, Tanagra 320 09, Greece

Ένα φορητό μπορεί να βρίσκεται σε ένα σημείο για κάποιο χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην κυκλοφοριακή συμφόρηση, στην αναμονή σε σταθμό διοδίων είτε σε στάση του οδηγού. Επίσης μπορεί να οφείλεται στην αναμονή για φορτοεκφόρτωση είτε στην διαδικασία φορτοεκφόρτωσης. Δηλαδή το όχημα μπορεί να βρίσκεται στο ίδιο σημείο με ανοιχτή ή κλειστή τη μηχανή ή η μηχανή του οχήματος να βρίσκεται σε αδράνεια (ρελαντί) (Πίνακας 9). Αν το φορητό βρίσκεται σε μια οδό όπου δεν υπάρχουν πελάτες (π.χ. Αττική Οδός) το πρόβλημα αυτό δεν μας ενδιαφέρει. Κρίνεται, όμως, σημαντικό όταν χρειάζεται να αναγνωριστεί αν αυτό το σημείο αποτελεί αποθήκη της εταιρείας ή του πελάτη. Σε αυτή την περίπτωση δεχόμαστε το σημείο αυτό σαν αφετηρία/τερματισμό εάν προκύπτει από το ιστορικό των διαδρομών των φορητών της εταιρείας ότι το σημείο αυτό αποτελεί αποθήκη, είτε όταν η ταχύτητα του οχήματος γίνει μηδέν. Εάν η ταχύτητα είναι μηδέν σε αρκετά στίγματα του GPS τότε επιλέγεται το πρώτο στίγμα, αν πρόκειται για τερματισμό και το τελευταίο αν πρόκειται για αφετηρία (έχει γίνει χρονική ταξινόμηση).

Πίνακας 9.- Ίδιες συντεταγμένες για αρκετό χρονικό διάστημα, με ίδια τοποθεσία και με ίδια κατάσταση οχήματος

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Status	Location
26	23.7523	38.098255	6	24/10/2017 07:10:14	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.751957	38.097637	0	24/10/2017 07:12:15	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.751957	38.097637	0	24/10/2017 07:14:19	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:17:05	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:17:23	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:19:33	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:21:38	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:23:42	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:25:45	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:27:47	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:29:52	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:31:55	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:33:59	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:36:04	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:38:07	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:40:13	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:42:18	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:44:23	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:46:28	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:48:32	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece
26	23.752213	38.097561	0	24/10/2017 07:50:35	ACC ON;	Agiou Ioannou Theologou 10, Acharnes 136 72, Greece

Επίσης, ένα φορτηγό μπορεί να βρίσκεται στην ίδια περιοχή αλλά όχι στο ίδιο σημείο και η ένδειξη της κατάστασης του οχήματος να αλλάζει από σημείο σε σημείο. Αυτό οφείλεται στο ότι το όχημα βρίσκεται κοντά σε πολλές αποθήκες μιας περιοχής και κινείται μεταξύ αυτών (Πίνακας 10). Σε αυτή τη περίπτωση, θεωρούμε σαν τερματισμό το πρώτο σημείο με σβηστή μηχανή και σαν αφετηρία το τελευταίο σημείο όπου η μηχανή είναι σβηστή (έχει γίνει ταξινόμηση με βάση το χρόνο).

Πίνακας 10.- Διαφορετικές συντεταγμένες, με διαφορετική κατάσταση οχήματος και με ίδια περιοχή

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Status	Location
26	23.622128	38.07692	0	24/10/2017 09:17:24	ACC OFF;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.622128	38.07692	0	24/10/2017 09:18:00	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.622128	38.07692	0	24/10/2017 09:18:03	ACC OFF;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.622128	38.07692	0	24/10/2017 09:18:04	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623348	38.077175	11	24/10/2017 09:20:09	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623425	38.077469	12	24/10/2017 09:20:19	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623543	38.077862	0	24/10/2017 09:22:20	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623543	38.077862	0	24/10/2017 09:24:25	ACC ON;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623543	38.077862	0	24/10/2017 09:24:38	ACC OFF;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece
26	23.623543	38.077862	0	24/10/2017 09:26:40	ACC OFF;	Agiou Georgiou, Aspropyrgos 193 00, Greece

Τα στίγματα του GPS που βρίσκονται ανάμεσα σε αυτά που αντιστοιχούν σε σημεία φορτοεκφόρτωσης, απορρίπτονται. Δηλαδή, απορρίπτονται τα σημεία όπου το όχημα δουλεύει στο ρελαντί ή είναι σβηστή η μηχανή και βρίσκονται μεταξύ των στιγμάτων που αντιστοιχούν σε σημεία φορτοεκφόρτωσης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 11).

Πίνακας 11.- Ενδιάμεσα σημεία μεταξύ των σημείων που βρίσκονται σε κατάσταση φορτοεκφόρτωσης

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:12:13	24/10/2017 14:12:14	ACC ON;IDLING;IDLING TIMEOUT;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:12:47	24/10/2017 14:12:41	ACC OFF;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:13:04	24/10/2017 14:12:57	ACC ON;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:13:21	24/10/2017 14:13:15	ACC OFF;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
	●	●		●		●	
	●	●		●		●	
	●	●		●		●	
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:55:21	24/10/2017 14:55:14	ACC OFF;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:57:26	24/10/2017 14:57:20	ACC OFF;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913179	37.863144	0	24/10/2017 14:58:24	24/10/2017 14:58:21	ACC OFF;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece
36	23.913193	37.863171	0	24/10/2017 15:00:41	24/10/2017 15:00:53	ACC ON;	Thorikou, Markopoulo Mesogaia 190 03, Greece

Επομένως, μια διαδρομή ορίζεται από ένα σημείο φορτοεκφόρτωσης μέχρι να συναντήσει ένα άλλο σημείο φορτοεκφόρτωσης, χωρίς να συμπεριληφθεί η διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης. Επίσης, μπορεί να οριστεί όταν ένα σημείο βρίσκεται σε μια περιοχή με σβηστή μηχανή και ξεκινάει να πάει σε μια άλλη και όταν φθάσει σε αυτή να ξανασβήσει η μηχανή (Πίνακας 12).

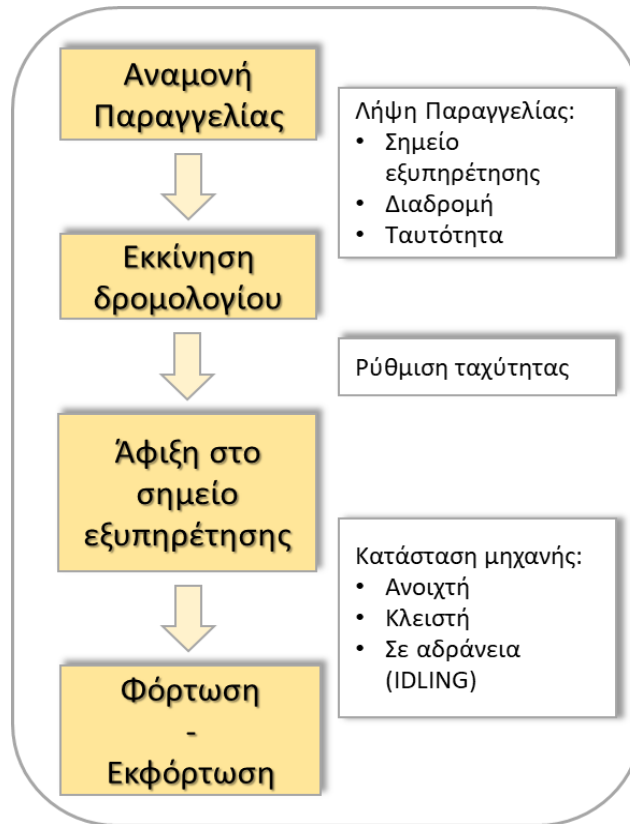
Πίνακας 12.- Ορισμός διαδρομής

Vehicle ID	Longitude	Latitude	Speed	GPS time	Data receive time	Status	Location
15	23.602463	37.960796	0	03/10/2017 18:08:08	03/10/2017 18:08:01	ACC ON; IDLING; IDLING TIMEOUT;	Leoforos Dimokratias, Perama 188 63, Greece
15	23.601416	37.961166	15	03/10/2017 18:09:27	03/10/2017 18:09:20	ACC ON;	Leoforos Dimokratias, Perama 188 63, Greece
15	23.604137	37.961777	4	03/10/2017 18:10:27	03/10/2017 18:10:19	ACC ON;	Leoforos Dimokratias 471, Perama 188 63, Greece
15	23.603649	38.049686	11	03/10/2017 18:35:19	03/10/2017 18:35:12	ACC ON;	Unnamed Road, Aspropyrgos 193 00, Greece
15	23.603708	38.049614	0	03/10/2017 18:37:20	03/10/2017 18:37:14	ACC ON;	Unnamed Road, Aspropyrgos 193 00, Greece
15	23.603708	38.049614	0	03/10/2017 18:38:04	03/10/2017 18:37:57	ACC ON;IDLING;	Unnamed Road, Aspropyrgos 193 00, Greece
15	23.603708	38.049614	0	03/10/2017 18:40:04	03/10/2017 18:39:57	ACC ON;IDLING;	Unnamed Road, Aspropyrgos 193 00, Greece
15	23.603708	38.049614	0	03/10/2017 18:40:04	03/10/2017 18:40:03	ACC ON;IDLING;IDLING TIMEOUT;	Unnamed Road, Aspropyrgos 193 00, Greece

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την επιλογή των διαδρομών το οποίο βασίζεται στη φάση μιας μεταφορικής διαδικασίας (

Σχήμα 34). Ένα όχημα αναμένει ένα νέο αίτημα παραγγελίας και βρίσκεται σε ένα σημείο με ανοιχτή ή κλειστή μηχανή ή με την μηχανή να δουλεύει στο ρελαντί. Όταν φθάσει η παραγγελία στον οδηγό του οχήματος (σημείο εξυπηρέτησης, διαδρομή που θα ακολουθηθεί, ταυτότητα παραγγελίας) τότε θα ξεκινήσει το δρομολόγιο. Στη συνέχεια το φορτηγό προσεγγίζει το σημείο εξυπηρέτησης. Μόλις φθάσει σε αυτό το σημείο η μηχανή του οχήματος μπορεί να παραμείνει ανοιχτή (ρελαντί) ή να σβήσει. Στη συνέχεια γίνεται η φορτοεκφόρτωση.

Διάγραμμα ροής



Σχήμα 34.- Διάγραμμα ροής των φάσεων της μεταφορικής διαδικασίας

3.5 Μοντέλο υπολογισμού κατανάλωσης καυσίμου

Με βάση την μεθοδολογία που περιγράφηκε παραπάνω για την εξαγωγή των διαδρομών, κρίνεται απαραίτητο να υπολογιστεί και η κατανάλωση καυσίμου για το κάθε ένα δρομολόγιο αλλά και της κάθε εναλλακτικής διαδρομής. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο κατανάλωσης καυσίμου που αναπτύχθηκε στη διπλωματική εργασία του Χρήστου Μπαλλή (47), το οποίο είναι βασισμένο στη μέθοδο του Large Scale Duty Cycle του υπουργείου Ενέργειας των Η.Π.Α. (36). Μια από τις εφαρμογές του μοντέλου αυτού αφορούσε τη διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της κατανάλωσης καυσίμου μέσω στοιχείων που καταγράφονται στο ίδιο σύστημα διαχείρισης στόλου της μεταφορικής εταιρείας που αναλύθηκε στην παρούσα διπλωματική, όπου ο χρόνος μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων της γεωγραφικής θέσης του οχήματος είναι της τάξεως του ενός λεπτού.

Για το μοντέλο που περιγράφηκε παραπάνω, αναπτύχθηκε σε περιβάλλον του λογιστικού φύλλου Microsoft Excel ένας κώδικας προγράμματος ο οποίος επιτρέπει τον υπολογισμό απαιτούμενων μεταβλητών εισόδου (ταχύτητα οχήματος, επιτάχυνση, κλίση οδού). Συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθείται έχει ως εξής: οι μετρήσεις

από το ιστορικό του συστήματος διαχείρισης στόλου της μεταφορικής εταιρείας, ύστερα από επεξεργασία στην εφαρμογή GPSVisualizer (48) (μετατροπή των συντεταγμένων που αναφέρονται στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 84', μετατροπή της ταχύτητας σε χλμ./ώρα, υπολογισμός ενδιάμεσης απόστασης μεταξύ δύο θέσεων) εισάγονται στο λογιστικό φύλλο. Επειδή δεν είναι διαθέσιμη η πληροφορία του υψομέτρου H_i , γίνεται υπολογισμός αυτού μέσω της ανωτέρα εφαρμογής, η οποία για κάθε εισαγόμενο ζεύγος συντεταγμένων (ϕ_i, λ_i) επιστρέφει τη τιμή του υψομέτρου H_i^* αξιοποιώντας την σχετική πληροφορία των χαρτών Google Maps. Οι διορθωμένες συντεταγμένες ϕ_i, λ_i, H_i^* εισάγονται σε καρτέλα του λογιστικού φύλλου, η οποία μέσω διαδοχικών συντεταγμένων υπολογίζει την επιτάχυνση, την ταχύτητα και τη διανυθείσα απόσταση μεταξύ των διαδοχικών χρονικών στιγμών i και $(i+1)$. Οι λοιπές μεταβλητές εισόδου εισάγονται σε συγκεκριμένο κελί στη καρτέλα "Μεταβλητές Εισόδου" και από εκεί μεταφέρονται αυτόματα σε όλους τους αλγόριθμους που υπεισέρχονται.

Μοντέλο Εκτίμησης Κατανάλωσης Φορτηγών Οχημάτων

Παράμετροι Εισόδου

Μάζα οχήματος (kg)

Δεδομένα θέσης και ταχύτητας

Σταθερές

Απόδοση κινητήρα

Συντελεστής απόδοσης συστήματος μετάδοσης

Χαμηλότερη θερμογόνος τιμή καυσίμου (MJ/L)

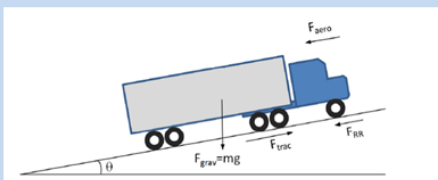
Συντελεστής αεροδυναμικής αντίστασης

Πρόσοψη οχήματος

Συντελεστής αντίστασης κύλισης

Επιτάχυνση Βαρύτητας g (N)

Πυκνότητα Αέρα (kg/m³)



Σχήμα 35.- Παράμετροι εισόδου στο μοντέλο εκτίμησης κατανάλωσης [πηγή: Μπαλλής, 2015]

Οι μεταβλητές εξόδου του μοντέλου είναι η ενέργεια που απαιτείται ώστε το όχημα να μετακινηθεί μεταξύ των διαδοχικών θέσεων, δηλαδή από τη θέση ($\phi_i, \lambda_i, H_i^*, V_i$) στη θέση ($\phi_{i+1}, \lambda_{i+1}, H_{i+1}^*, V_{i+1}$). Η ενέργεια που απαιτείται για τη μετακίνηση αυτή προκύπτει ως το άθροισμα των μεταβολών της κινητικής ενέργειας, της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας και την υπερνίκηση των απωλειών λόγω της αντίστασης κύλισης και της αεροδυναμικής αντίστασης. Οι επιμέρους αυτές ενέργειες για κάθε χρονική στιγμή i καθώς και το άθροισμα τους (συνολική απαιτούμενη ενέργεια) αποτελούν τις εξόδους του μοντέλου.

Με βάση το παραπάνω μοντέλο, η κατανάλωση που προκύπτει από το προφίλ της ταχύτητας του Σ.Δ.Σ.Ο. πολλαπλασιάζεται με ένα διορθωτικό συντελεστή 1,4 (για τις συλλεκτήριες οδούς και τις τοπικές λεωφόρους) ώστε να προσεγγιστεί καλύτερα

η πραγματική κατανάλωση. Για τους αυτοκινητοδρόμους, λαμβάνουμε έναν διορθωτικό συντελεστή 1,1 καθώς οι αυξομειώσεις της ταχύτητας δεν διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με την πραγματικότητα. Η εκτίμηση των παραπάνω διορθωτικών συντελεστών λήφθηκαν με βάση την κατανομή των διαφορών μεταξύ της θεωρούμενης πραγματικής κατανάλωσης και της κατανάλωσης που προκύπτει μέσω του Σ.Δ.Σ.Ο. για τους διάφορους τύπους οδών (43).

3.6 Εκτίμηση κόστους συντήρησης και επισκευής φορτηγών

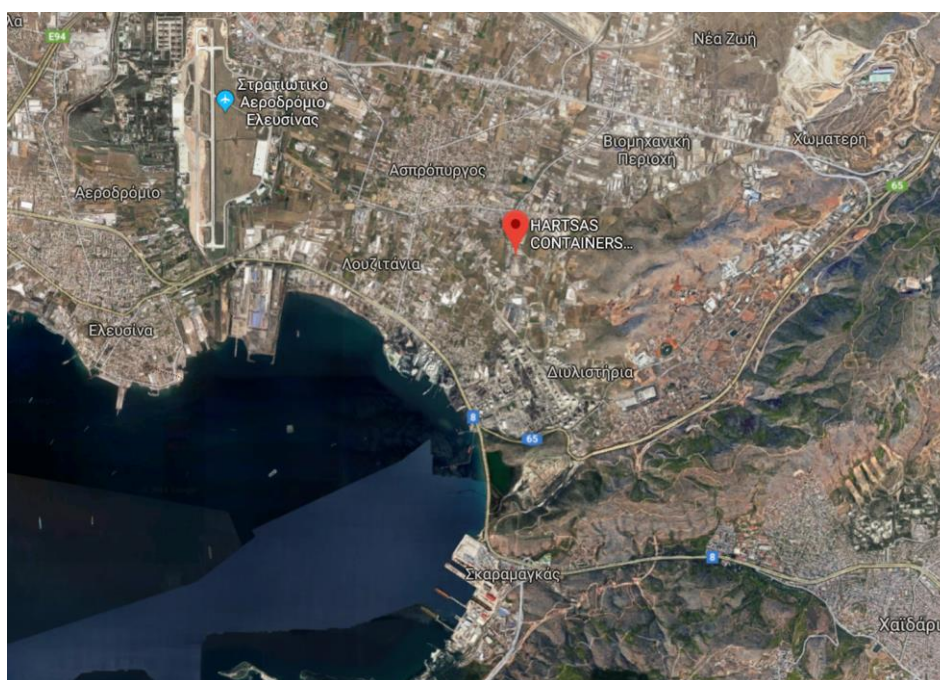
Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την επιλογή μιας εναλλακτικής διαδρομής είναι το κόστος της συνολικής συντήρησης του φορτηγού οχήματος. Ο Alan Gabriel Dybling ανέπτυξε ένα κυκλοφοριακό μοντέλο χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο κοστολόγησης φορτηγών οχημάτων για την εκτίμηση του κόστους χρήσης τους και συσσωμάτωσης αυτού σε πολλαπλά δρομολόγια με χρήση αυτοκινητόδρομου (49). Το μοντέλο εφαρμόστηκε στην περιοχή της Βόρειας Ντακότα και της Μοντάνα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής.

Σε αυτή τη μελέτη, το κόστος συντήρησης και επισκευής των φορτηγών οχημάτων εκτιμάται στα 0,09 \$ ανά μίλι με βάση το μεικτό βάρος του οχήματος. Για ένα φορτηγό το οποίο είναι φορτωμένο, το κόστος συντήρησης και επισκευής εκτιμάται στα 0,126 \$/μίλι, ενώ για ένα φορτηγό χωρίς φορτίο στα 0,077 \$/μίλι. Η εκτίμηση αυτή προσαρμόζεται χρησιμοποιώντας έναν τύπο που θεωρεί το μεικτό βάρος του οχήματος και το ποσοστό του χρόνου που είναι φορτωμένο ή άδειο το όχημα, όπως αναλύεται στη μελέτη των Faucett & Associates που αναφέρεται η επίδραση των ορίων μεγέθους και βάρους στα κόστη των φορτηγών οχημάτων (50). Οι Berwick & Dooley ανέπτυξαν ένα μοντέλο για τους ιδιοκτήτες στόλου μεταφορικών οχημάτων στο οποίο γίνεται εκτίμηση του κόστους συντήρησης των διαφορετικών τύπων φορτηγών οχημάτων (51). Το κόστος των ελαστικών εκτιμάται λαμβάνοντας υπόψη τις φθορές των ελαστικών, τα συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα του οχήματος και το κόστος αντικατάστασης των ελαστικών. Το κόστος της φθοράς των ελαστικών εκτιμάται στα 0,044 \$/μίλι, για το οποίο συμπεριλαμβάνεται η επίδραση του βάρους του οχήματος και του μεταφερόμενου φορτίου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θεωρήθηκε ότι οι διαδρομές εκτελούνταν με έμφορτα φορτηγά (βλέπε προηγούμενο υποκεφάλαιο), επομένως το κόστος συντήρησης και επισκευής των φορτηγών το λαμβάνουμε στα 0,126 \$/μίλι. Επίσης, το κόστος φθοράς των ελαστικών το λαμβάνουμε στα 0,044 \$/μίλι. Θεωρούμε σαν κόστος φθοράς το κόστος συντήρησης, επισκευής και φθοράς ελαστικών, όπου η τιμή του αντιστοιχεί σε 0,10 €/χλμ., ύστερα από την μετατροπή της μονάδας των μιλίων σε χιλιόμετρα (1 μίλι αντιστοιχεί σε 1,61 χλμ.) και των δολαρίων σε ευρώ (1\$ αντιστοιχεί σε 0,86 €) (52).

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε το Σ.Δ.Σ.Ο. της εταιρείας ΧΑΡΤΣΑΣ ΑΕ, ύστερα από σχετική έγκριση. Η εταιρεία, δραστηριοποιείται στον τομέα της μεταφοράς εξυπηρετώντας ποικίλες ανάγκες μεταφορών από και προς όλα τα λιμάνια και τους σιδηροδρομικούς σταθμούς της Ελλάδας. Οι τομείς στους οποίους δραστηριοποιείται είναι οι μεταφορές, οι συνδυασμένες μεταφορές, οι αποθηκεύσεις και η διαχείριση εμπορευματοκιβωτίων (containers). Οι κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής βρίσκονται στο δυτικό τμήμα του Νομού, στην περιοχή του Ασπροπύργου. Η θέση της είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς βρίσκεται ανάμεσα σε σημαντικά κέντρα εμπορευματικών μεταφορών όπως το Εμπορευματικό Κέντρο Θριασίου Πεδίου, τα Ναυπηγεία του Σκαραμαγκά, η Βιομηχανική Περιοχή Σχιστού και ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά.



Σχήμα 36.- Κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας

Η εταιρεία, κατά την περίοδο εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, διαθέτει στόλο 31 φορτηγών οχημάτων. Τα φορτηγά οχήματα είναι πενταξονικά και εξαξονικά μήκους 16,5 μέτρων (ελκυστήρας με τρέιλερ). Τα φορτηγά οχήματα εκτελούν διαδρομές εντός και εκτός του Νομού Αττικής. Από τα στοιχεία του κέντρου αναφορών του συστήματος διαχείρισης στόλου, παρατηρήθηκε ότι διανύθηκαν συνολικά 342.317 οχηματοχιλιόμετρα σε όλη την Ελλάδα, κατά την περίοδο ανάλυσης, εκ των οποίων τα 90657 είναι εντός του Νομού Αττικής. Το ωράριο εργασίας των οχημάτων είναι περίπου 12 ώρες. Τα δρομολόγια εκτελούνται μόνο τις εργάσιμες ημέρες, οι οποίες στην περίοδο ανάλυσης μας ήταν 43 ημέρες.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται χρήσιμα στοιχεία όπως ο καθορισμός της περιοχής μελέτης, τα οδικά τμήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των δρομολογίων και το πλήθος των διαδρομών για κάθε δρομολόγιο μεταξύ των περιοχών. Ακόμη, παρουσιάζονται αναλυτικά τα δρομολόγια μεταξύ των σημείων

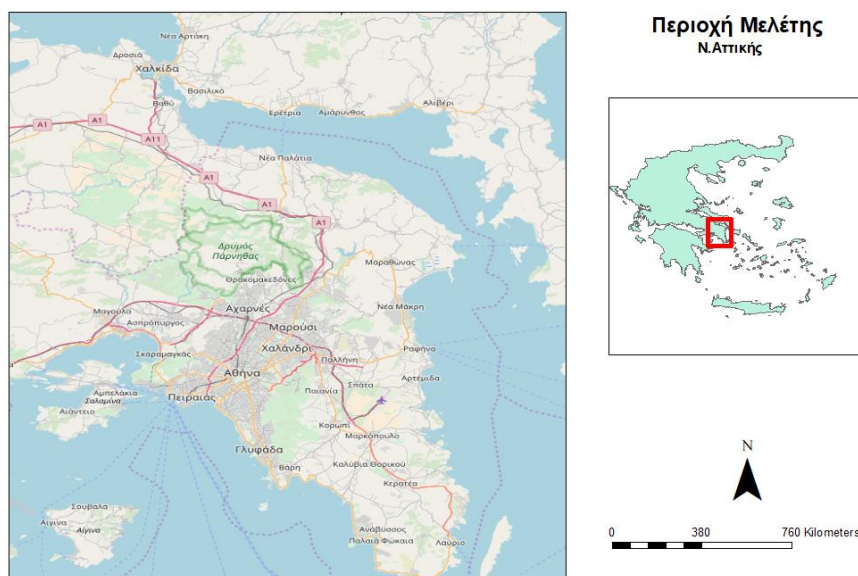
παραλαβής και παράδοσης και γίνεται απεικόνιση αυτών των διαδρομών και των περιοχών εξυπηρέτησης στο χάρτη.

Τα δρομολόγια αναλύονται και για τους δύο μήνες με εξαίρεση τα δρομολόγια για τις περιοχές Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Ασπρόπυργος-Αχαρνές τα οποία αναλύονται ξεχωριστά για τους δύο μήνες. Για κάθε δρομολόγιο, υπολογίζεται η χιλιομετρική απόσταση, η κατανάλωση καυσίμου και η μέση ταχύτητα. Για τα δρομολόγια των περιοχών Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Ασπρόπυργος-Αχαρνές γίνεται ανάλυση για κάθε μήνα ξεχωριστά. Για κάθε μήνα, εξετάζεται η προτίμηση της χρήσης της Αττικής Οδού με βάση την ημέρα εκτέλεσης του δρομολογίου καθώς επίσης και με βάση την ώρα αναχώρησης από την αφετηρία. Ακόμη, οι διαδρομές ομαδοποιήθηκαν με βάση τις οδικές αρτηρίες που χρησιμοποιήθηκαν καθώς επίσης και με τα σημεία αφετηρίας και τερματισμού ώστε να είναι πιο εφικτή η ανάλυση. Για κάθε μια από τις παραπάνω αναλύσεις γίνεται υπολογισμός του χρόνου διαδρομής (με βάση το ιστορικό εκτέλεσης των διαδρομών της εταιρείας) αλλά και της κατανάλωσης καυσίμου.

Επιπλέον, περιγράφονται διάφορα σενάρια για τα οποία χρησιμοποιούνται πραγματικά δρομολόγια και γίνεται σύγκριση με υποθετικά δρομολόγια ώστε να εξεταστεί το ποσοστό χρησιμοποίησης των φορτηγών οχημάτων.

4.1 Περιοχή μελέτης και περίοδος συλλογής στοιχείων

Η ανάλυση, η επεξεργασία και η απεικόνιση των διαδρομών γίνεται εντός του Νομού Αττικής. Όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, λόγω του αυξημένου χρόνου λήψης των δεδομένων, η περίοδος ανάλυσης ήταν οι μήνες Σεπτέμβριος και Οκτώβριος του έτους 2017.



Σχήμα 37.- Περιοχή μελέτης

Τους μήνες Σεπτέμβριο - Οκτώβριο έγιναν 2889 διαδρομές, δηλαδή κάθε ένα από τα 31 φορτηγά εκτελεί κατά μέσο όρο 93 διαδρομές σε περίοδο δύο μηνών, εντός του Ν. Αττικής. Επίσης, εκτελούνται 66 διαδρομές την ημέρα, αφαιρώντας τα Σαββατοκύριακα, κατά τα οποία δεν εκτελούνται διαδρομές. Παρατηρήθηκε ότι σε αυτή την περίοδο (Σεπτέμβριος & Οκτώβριος 2017) υπήρχαν σε μεγάλο βαθμό κοινές

διαδρομές, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Δηλαδή, παρατηρήθηκε ότι κάποια δρομολόγια είχαν εκτελεστεί τον μήνα Σεπτέμβριο αλλά δεν εκτελέστηκαν τον μήνα Οκτώβριο. Ομοίως παρατηρήθηκαν παρόμοια δρομολόγια και τον μήνα Οκτώβριο. Επομένως, οι διαδρομές που χρησιμοποιούμε είναι αυτές οι οποίες αποτελούν δρομολόγια που έγιναν και τους δύο μήνες.




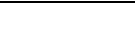

Πίνακας 13.- Διαδρομές για τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο

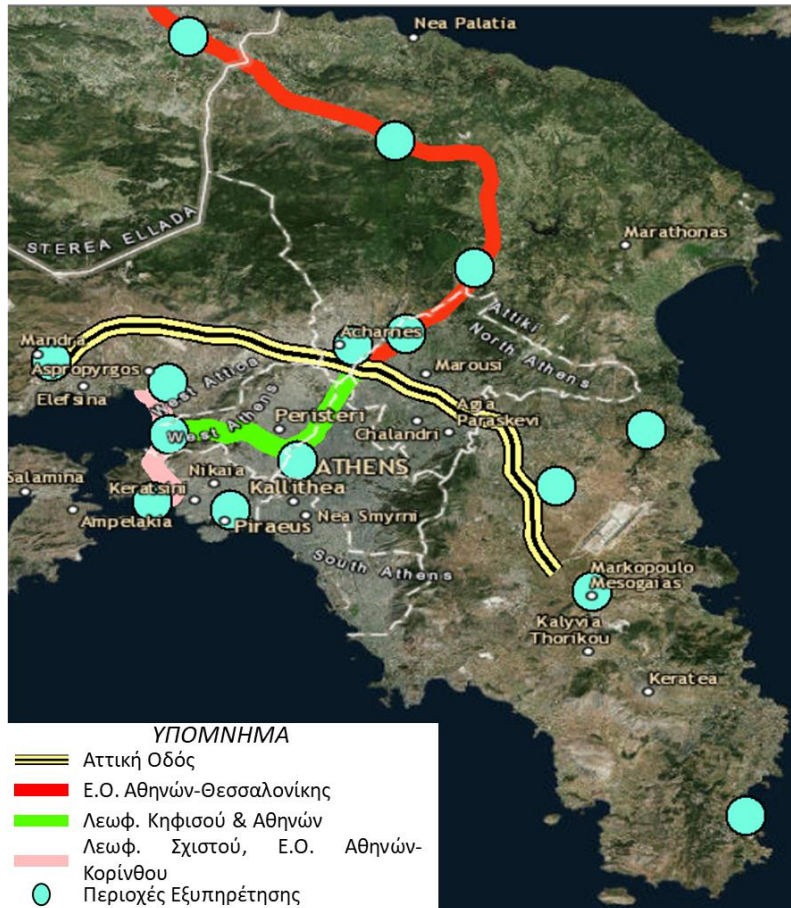
	Με Α.Ο.	Χωρίς Α.Ο.	Σύνολο
Διαδρομές τον έναν από τους δύο μήνες	42	11	53 (2%)
Διαδρομές και τους δύο μήνες	929	1907	2836 (98%)
Σύνολο	971	1918	2889 (100%)

Επομένως, χρησιμοποιούμε τις κοινές διαδρομές των δύο μηνών, οι οποίες αποτελούν το 98% του δείγματος της συγκεκριμένης ανάλυσης, δηλαδή 2836 διαδρομές συνολικά.

Οι κύριοι οδικόί άξονες που χρησιμοποιούνται για τις περιοχές εξυπηρέτησης είναι η Αττική Οδός, η Εθνική Οδός Αθηνών-Θεσσαλονίκης, η Λεωφόροι Κηφισού/Αθηνών/Σχιστού και η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου. Επίσης, χρησιμοποιούνται τα οδικά δίκτυα των περιοχών του Ασπρόπυργου, των Αχαρνών και του Περάματος.

Πίνακας 14.- Τμήματα οδικών αξόνων

Οδικά Τμήματα	Παρατηρήσεις
 Αττική Οδός	Από είσοδο/έξοδο στην Αττική Οδό
 Ε.Ο. Αθηνών-Θεσσαλονίκης	Από Κηφισιά έως Οινόφυτα
 Λεωφ. Αθηνών & Κηφισού	Από Σκαραμαγκά έως Κηφισιά
 Ε.Ο. Αθηνών-Κορίνθου	Από Σκαραμαγκά έως Λεωφ. Δημοκρατίας (Έξοδος στον Ασπρόπυργο)
 Λεωφ. Σχιστού	Από Σκαραμαγκά έως Λεωφ. Δημοκρατίας (Πέραμα-ΣΕΜΠΟ)



Σχήμα 38.- Οδικά τμήματα

Στο δείγμα των διαδρομών που διαθέταμε, παρατηρήσαμε ότι υπήρχαν ζεύγη διαδρομών με συχνότητα μικρότερη του 2%. Υπήρχαν επίσης μεμονωμένες διαδρομές, δηλαδή διαδρομές είτε μόνο για τη μετάβαση είτε μόνο για την επιστροφή. Η συχνότητα των εν λόγω διαδρομών ήταν μικρότερη του 0,4%. Ορίζουμε, λοιπόν αυτές τις διαδρομές σαν συνολικές λοιπές διαδρομές, καθώς η συχνότητά τους είναι μικρή. Έχοντας εντοπίσει τις περιοχές για τις οποίες υπάρχουν διαδρομές μετάβασης και επιστροφής κρίνεται σημαντικό να υπολογισθεί η συχνότητα αυτών. Για το σκοπό αυτό, υπολογίζεται η συχνότητα σε ποσοστό (%) για κάθε ζεύγος διαδρομών. Χρειάζεται επίσης να επιλεχθούν τα ζεύγη για τα οποία έχουμε διαδρομές και για τις δύο περιπτώσεις (με & χωρίς Αττική Οδό). Αρχικά, εξετάζονται τα ζεύγη με βάση τη συχνότητα και στη συνέχεια, εξετάζεται το κάθε ζεύγος με βάση το ποσοστό των διαδρομών για κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις. Δηλαδή, για κάθε ζευγάρι διαδρομών (μετάβαση και επιστροφή) έγινε σύγκριση των δύο περιπτώσεων (με & χωρίς Αττική Οδό) ώστε να γίνει κατανοητό αν χρησιμοποιείται περισσότερο η Αττική Οδός ή όχι. Για να επιτευχθεί αυτό, αξιοποιήθηκε μόνο το 74% των διαδρομών. Δηλαδή δεν λάβαμε υπόψη μας τις διαδρομές εντός του Ασπροπύργου, εντός του Περάματος και τις συνολικές λοιπές διαδρομές, που αποτελούν το 26% των συνολικών διαδρομών. Τα δρομολόγια παρουσιάζονται στο Σχήμα 39.

Πίνακας 15.- Συχνότητα διαδρομών για κάθε ζεύγος (μετάβαση και επιστροφή)

Μετάβαση & Επιστροφή	Συνολικό Ποσοστό %
Ασπρόπυργος↔Πέραμα	30
Ασπρόπυργος↔Τανάγρα	17
Συνολικές Λοιπές Διαδρομές*	11
Εντός Ασπροπύργου	9
Ασπρόπυργος↔Αχαρνές	6
Εντός Περάματος	6
Τανάγρα↔Πέραμα	6
Ασπρόπυργος↔Διόνυσος	5
Ασπρόπυργος↔Κηφισιά	4
Πέραμα↔Σκαραμαγκάς	3
Ασπρόπυργος↔Σκαραμαγκάς	3
Σύνολο	100

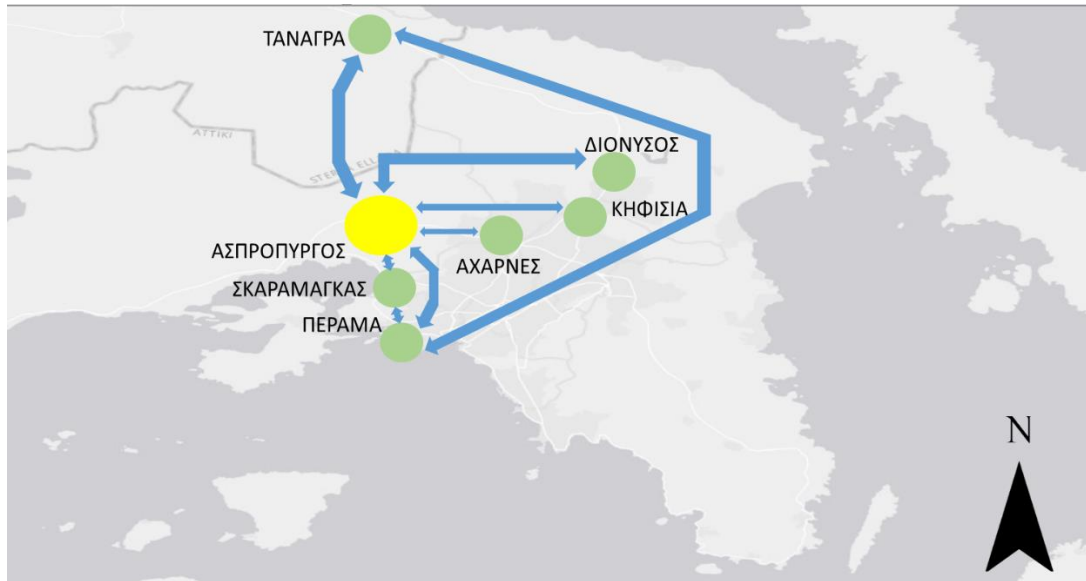
Από το συνολικό δείγμα μας απορρίψαμε τις διαδρομές που εκτελούνται εντός των περιοχών του Περάματος και του Ασπροπύργου καθώς επίσης και τις διαδρομές με μικρή συχνότητα εκτέλεσης (όπως περιγράφηκε παραπάνω)

Πίνακας 16.- Δείγμα διαδρομών για αναλυτική διερεύνηση

Μετάβαση & Επιστροφή	Πλήθος Διαδρομών	Συνολικό %
Ασπρόπυργος↔Πέραμα	857	30
Ασπρόπυργος↔Τανάγρα	470	17
Ασπρόπυργος↔Αχαρνές	181	6
Τανάγρα↔Πέραμα	156	6
Ασπρόπυργος↔Διόνυσος	133	5
Ασπρόπυργος↔Κηφισιά	114	4
Πέραμα↔Σκαραμαγκάς	92	3
Ασπρόπυργος↔Σκαραμαγκάς	87	3
Σύνολο	2090	74

Πίνακας 17.- Δείγμα διαδρομών που απορρίφθηκε

Διαδρομές	Πλήθος Διαδρομών	Συνολικό %
Συνολικές Λοιπές Διαδρομές*	326	11
Εντός Ασπροπύργου	254	9
Εντός Περάματος	166	6
Σύνολο	746	26



Σχήμα 39.- Δρομολόγια περιοχών

4.2 Αναλυτική παρουσίαση εναλλακτικών διαδρομών

4.2.1 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Πέραμα

Η περιοχή του Ασπρόπυργου βρίσκεται στα δυτικά του Ν. Αττικής όπου εκεί βρίσκεται η κεντρική εγκατάσταση της εταιρείας και το Εμπορευματικό Κέντρο Θριασίου Πεδίου. Η περιοχή του Περάματος βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά του νομού, όπου εκεί βρίσκεται ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά και το Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού.



Σχήμα 40.- Ασπρόπυργος & Πέραμα

Έπειτα από την απεικόνιση των διαδρομών του ζεύγους Ασπρόπυργος και Πέραμα σε περιβάλλον GIS, παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν δύο ομάδες διαδρομών. Η πρώτη ομάδα γίνεται με σκοπό τη μεταφορά εμπορευμάτων από το Εμπορευματικό Κέντρο

Θριασίου Πεδίου προς τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά και προς το Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού και το αντίστροφο. Η ομάδα αυτή αποτελεί το 27% των συνολικών διαδρομών του ζεύγους. Η δεύτερη ομάδα διαδρομών γίνεται με σκοπό τη μεταφορά των εμπορευμάτων από τη βάση της εταιρείας προς τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά και προς το Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού και το αντίστροφο, με συχνότητα 73%. Η χιλιομετρική απόσταση είναι περίπου 18 χλμ. με μέση κατανάλωση καύσιμου 7 λίτρα και μέση ταχύτητα 32 χλμ./ώρα, για την ομάδα 1 και 16χλμ. με μέση κατανάλωση 8,5 λίτρα και μέση ταχύτητα 35 χλμ./ώρα, για την ομάδα 2.



Σχήμα 41.- Ομάδα 1-Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Πέραμα



Σχήμα 42.- Ομάδα 2-Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Πέραμα

4.2.2 Περιοχές: Ασπρόπυργος, Σκαραμαγκάς και Πέραμα

Η περιοχή του Σκαραμαγκά βρίσκεται στη δυτική πλευρά του Ν. Αττικής (Ναυπηγεία Σκαραμαγκά) νοτιότερα του Ασπροπύργου. Το κάθε ζεύγος αποτελεί το 3% των συνολικών διαδρομών. Επίσης, οι διαδρομές που γίνονται μεταξύ των περιοχών αυτών είναι, προφανώς, χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού, καθώς επιλέγονται οδική άξονες που κάνουν τη διαδρομή πιο σύντομη τόσο χρονικά όσο και χιλιομετρικά (Λεωφόρος Σχιστού). Ο σκοπός των διαδρομών για το ζεύγος Ασπρόπυργος και Σκαραμαγκάς είναι η μεταφορά των εμπορευμάτων από τη βάση της εταιρείας προς τα Ναυπηγεία του Σκαραμαγκά και το αντίστροφο.

Για το ζεύγος Πέραμα και Σκαραμαγκάς, οι διαδρομές μεταξύ των δύο περιοχών γίνονται για τη μεταφορά των εμπορευμάτων από τα ναυπηγεία Σκαραμαγκά προς τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά και προς το Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού και το αντίστροφο. Η χιλιομετρική απόσταση μεταξύ των περιοχών Ασπροπύργου-Σκαραμαγκά και Σκαραμαγκά-Περάματος είναι περίπου 8 χλμ. με μέση κατανάλωση περίπου 4 λίτρα καυσίμου. Η μέση ταχύτητα γι' αυτές τις διαδρομές κυμαίνεται περίπου στα 29 χλμ./ώρα.



Σχήμα 43.- Ασπρόπυργος, Σκαραμαγκάς & Πέραμα



Σχήμα 44.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Σκαραμαγκάς και Πέραμα & Σκαραμαγκάς

4.2.3 Περιοχές: Τανάγρα και Πέραμα

Η περιοχή της Τανάγρας βρίσκεται πλησίον της περιοχής των Οινοφύτων, βόρεια του Ν. Αττικής, όπου εκεί βρίσκεται το κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης της εταιρείας. Στο συνολικό δείγμα διαδρομών παρατηρήθηκε ότι το 6% αυτών ήταν διαδρομές από

το Πέραμα προς την Τανάγρα και το αντίστροφο. Δηλαδή έγιναν συνολικά 156 διαδρομές μεταξύ των δύο περιοχών.



Σχήμα 45.- Τανάγρα & Πέραμα

Μετά από την απεικόνιση αυτών των διαδρομών στο χάρτη εξήχθη το συμπέρασμα ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των διαδρομών αυτών γίνεται για τη μεταφορά εμπορευμάτων από το κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης στην Τανάγρα προς τον Σταθμό Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά και προς το Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού. Από αυτές μόνο 19 έγιναν με την χρήση της Αττικής Οδού. Οι υπόλοιπες 137 έγιναν χωρίς την χρήση της οι οποίες αντιστοιχούν στο 88% των διαδρομών του ζεύγους.

Πίνακας 18.- Συχνότητα διαδρομών, περιοχές Πέραμα & Τανάγρα

Διαδρομές Μετάβασης & Επιστροφής	Μέσω Αττικής Οδού	Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών (Λεωφ. Κηφισού, Αθηνών & Σχιστού)	Σύνολο
Πέραμα - Τανάγρα	4 (27%)	11 (73%)	15
Τανάγρα - Πέραμα	15 (11%)	126 (89%)	141
Σύνολο	19 διαδρομές (12%)	137 διαδρομές (88%)	156

Με βάση τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι το 88% των διαδρομών αυτών έγινε χωρίς τη χρήση της Αττικής οδού. Επίσης, μετά την απεικόνιση σε περιβάλλον GIS φαίνεται ότι πρόκειται για υπεραστικές διαδρομές που χρησιμοποιούν στο μεγαλύτερο τμήμα τους την Εθνική Οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Επομένως, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα μόνο το 88% των διαδρομών αυτών. Η μέση κατανάλωση καυσίμου

υπολογίστηκε στα 32,8 λίτρα, για την εκτέλεση του δρομολογίου με απόσταση 72 χλμ., με μέση ταχύτητα 58 χλμ./ώρα.



Σχήμα 46.- Διαδρομές, περιοχές Τανάγρα & Πέραμα

4.2.4 Περιοχές: Τανάγρα και Ασπρόπυργος

Οι διαδρομές που εκτελούνται για το ζεύγος Ασπρόπυργος και Τανάγρα αποτελούν το 17% των συνολικών διαδρομών. Αναλυτικότερα, έγιναν 470 διαδρομές γι' αυτό το ζεύγος, εκ των οποίων οι 388 έγιναν με τη χρήση της Αττικής Οδού, δηλαδή το 83%, ενώ το υπόλοιπο 17% χωρίς.



Σχήμα 47.- Ασπρόπυργος & Τανάγρα

Πίνακας 19.- Αριθμός διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Τανάγρα

Ασπρόπυργος→Τανάγρα			
	Με Αττική Οδό	Χωρίς Αττική Οδό	Αριθμός & διαφορά χρόνου διαδρομών
Διαδρομές μετάβασης	278 (87%)	40 (13%)	318 διαδρομές
Μέσος χρόνος εκτέλεσης διαδρομής	1 ώρα 20'	1 ώρα 27'	7 λεπτά
Τανάγρα→Ασπρόπυργος			
	Με Αττική Οδό	Χωρίς Αττική Οδό	Αριθμός & διαφορά χρόνου διαδρομών
Διαδρομές επιστροφής	110 (72%)	42 (28%)	152 διαδρομές
Μέσος χρόνος εκτέλεσης διαδρομής	1 ώρα 20'	1 ώρα 30'	10 λεπτά
Σύνολο διαδρομών	388 διαδρομές	82 διαδρομές	470 διαδρομές

Με την απεικόνιση των διαδρομών μετάβασης και επιστροφής για τις περιοχές Ασπρόπυργος και Τανάγρα, βγάλαμε το συμπέρασμα ότι ο σκοπός των διαδρομών είναι η μεταφορά των εμπορευμάτων από την βάση της εταιρείας στον Ασπρόπυργο προς το κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης της εταιρείας στην Τανάγρα (Οινόφυτα) και το αντίστροφο. Για τις διαδρομές που εκτελούνται μεταξύ των δύο αυτών περιοχών παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της διαδρομής είναι κοινό (Εθνική Οδός

Αθηνών-Θεσσαλονίκης). Επίσης, κατανοούμε ότι πρόκειται για υπεραστικές διαδρομές στις οποίες χρησιμοποιείται η Αττική Οδός όταν οι οδηγοί των φορτηγών θέλουν να αποφύγουν το αστικό οδικό δίκτυο. Επιπλέον, ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της εν λόγω διαδρομής διαφέρει περίπου 7 λεπτά για τις διαδρομές μετάβασης και 10 λεπτά για τις διαδρομές επιστροφής. Η απόσταση της διαδρομής είναι 69χλμ., όταν χρησιμοποιείται η Αττική Οδός και η μέση ταχύτητα κυμαίνεται στα 52χλμ./ώρα και 78χλμ. όταν χρησιμοποιούνται οι Λεωφόροι Κηφισού και Αθηνών, με μέση ταχύτητα 49 χλμ./ώρα. Επίσης, στην πρώτη περίπτωση η μέση κατανάλωση καύσιμου είναι 29,6 λίτρα, ενώ στη δεύτερη είναι 35 λίτρα.



- ⓐ Κέντρο Διανομής & Μεταμόρφωσης (Οινόφυτα-Τανάγρα)
- ⓐ Κεντρικές Εγκαταστάσεις Εταιρείας (Ασπρόπυργος)

Σχήμα 48.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Τανάγρα

4.2.5 Περιοχές: Διόνυσος και Ασπρόπυργος

Η περιοχή του Διονύσου βρίσκεται στην βόρεια πλευρά του Ν. Αττικής. Οι διαδρομές μετάβασης και επιστροφής που εκτελούνται μεταξύ των περιοχών Ασπρόπυργος και Διόνυσος, αποτελούν το 5% των συνολικών κοινών διαδρομών που έγιναν στην περίοδο ανάλυσης (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2017). Για τις διαδρομές μεταξύ του Ασπρόπυργου και του Διονύσου παρατηρήθηκε ότι υπήρχαν τρεις ομάδες διαδρομών. Η πρώτη ομάδα, περιλαμβάνει τις διαδρομές που έγιναν για τη μεταφορά εμπορευμάτων από τον πελάτη, που βρίσκεται στην περιοχή του Διονύσου, στο

Εμπορευματικό Κέντρο Θριασίου Πεδίου στον Ασπρόπυργο και το αντίστροφο. Οι υπόλοιπες δύο ομάδες αφορούν στην μεταφορά εμπορευμάτων από την βάση της εταιρείας στον Ασπρόπυργο προς τον πελάτη, στην περιοχή του Διονύσου και το αντίστροφο. Η διαφορά των δύο αυτών ομάδων είναι στην επιλογή της εισόδου/εξόδου στην Αττική Οδό. Στην δεύτερη ομάδα, περιλαμβάνονται οι διαδρομές όπου επιλέχθηκε η είσοδος/έξοδος της Αττικής Οδού στον Ασπρόπυργο, ενώ στην τρίτη ομάδα αυτές που επιλέχθηκε η Περιφερειακή Αιγάλεω. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συχνότητες των τριών ομάδων και η απεικόνιση τους στο χάρτη.

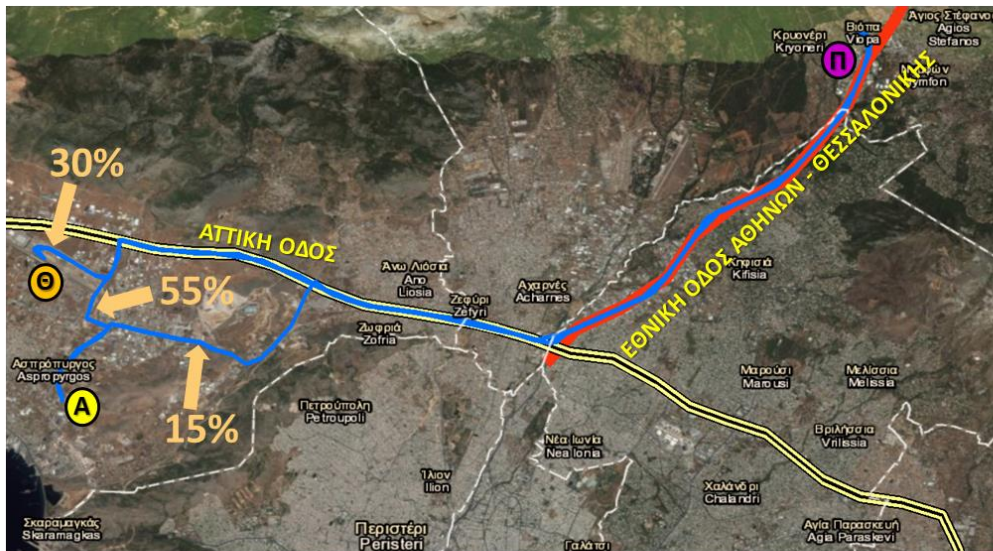


Σχήμα 49.- Διόνυσος & Ασπρόπυργος

Πίνακας 20.- Ομάδες διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Διόνυσος με χρήση της Αττικής Οδού

Ασπρόπυργος↔Διόνυσος				
	Με Αττική Οδό			Αριθμός & διαφορά χρόνου διαδρομών
	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	Με Α.Ο.
Διαδρομές μετάβασης & επιστροφής	37 (30%)	66 (55%)	18 (15%)	121 (92%)
Μέσος χρόνος εκτέλεσης διαδρομής	38'	41'	48'	Περίπου 4 λεπτά

Η πρώτη ομάδα διαδρομών που έγινε με την χρήση της Αττικής οδού αποτελεί το 30% των διαδρομών που έγιναν μεταξύ των περιοχών του Ασπροπύργου και του Διονύσου, ενώ η δεύτερη ομάδα το 55%. Το υπόλοιπο 15% των συνολικών 121 διαδρομών που έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού, για τις περιοχές Ασπρόπυργος και Διόνυσος, αντιστοιχεί στην τρίτη ομάδα. Η μέση κατανάλωση καυσίμου γι' αυτό το δρομολόγιο είναι περίπου 18 λίτρα και η απόσταση της διαδρομής περίπου 35 χλμ.



- Θ Εμπορευματικό Κέντρο Θριασίου Πεδίου (Ασπρόπυργος)
- Α Κεντρικές Εγκαταστάσεις Εταιρείας (Ασπρόπυργος)
- Π Πελάτης (Διόνυσος)

Σχήμα 50.- Ομάδες διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Διόνυσος με χρήση της Αττικής Οδού

4.2.6 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος 2017)

Η περιοχή του Ασπρόπυργου βρίσκεται στην δυτική πλευρά του Ν. Αττικής, ενώ η περιοχή της Κηφισιάς βρίσκεται στην βόρεια πλευρά της πόλης της Αθήνας. Οι διαδρομές μετάβασης και επιστροφής που εκτελούνται για τις περιοχές Ασπρόπυργος και Κηφισιά, αποτελούν το 4% των συνολικών διαδρομών.



Σχήμα 51.- Κηφισιά & Ασπρόπυργος

Η ανάλυση των διαδρομών που εκτελέστηκαν για το δρομολόγιο Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Κηφισιά-Ασπρόπυργος αναλύονται ξεχωριστά για κάθε μήνα. Αυτό γίνεται

επειδή το δείγμα ανάλυσης ήταν καλύτερο για σύγκριση των εναλλακτικών διαδρομών σε σχέση με τις άλλες περιοχές.

Πίνακας 21.- Διαδρομές ανά μήνα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά

Ασπρόπυργος και Κηφισιά			
Διαδρομές Μετάβασης & Επιστροφής	Με Αττική Οδό	Χωρίς Αττική Οδό	Σύνολο
Σεπτέμβριος	39 (71%)	16 (29%)	55
Οκτώβριος	51 (86%)	8 (14%)	59
Σύνολο	90 (79%)	24 (21%)	114

Η απεικόνιση και επεξεργασία των διαδρομών, σε περιβάλλον GIS έγινε για κάθε έναν μήνα ξεχωριστά. Οι διαδρομές του ζεύγους για τον μήνα Σεπτέμβριο παρουσιάζονται με βάση των αριθμό συχνότητας της κάθε επιλεγμένης διαδρομής που εκτελέστηκε. Παρατηρείται ότι οι διαδρομές έγιναν με σκοπό τη μεταφορά εμπορευμάτων από τη βάση της εταιρείας στον Ασπρόπυργο προς την περιοχή της Κηφισιάς και το αντίστροφο. Για τις διαδρομές που έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού υπάρχουν δύο ομάδες διαδρομών (Ομάδα Α1 και Α2). Οι ομάδες αυτές διαφέρουν ως προς την είσοδο και την έξοδο στην/από την Αττική Οδό. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται οι εισοδοί/έξοδοι στον Ασπρόπυργο και στην Περιφερειακή Αιγάλεω. Σε αυτή την περίπτωση το τμήμα των διαδρομών είναι κοινό από την Περιφερειακή Αιγάλεω έως τον τερματισμό/αφετηρία (καθώς πρόκειται για διαδρομές μετάβασης και επιστροφής). Για τις διαδρομές χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο εναλλακτικές διαδρομές (Ομάδες Ε1 και Ε2). Για την ομάδα διαδρομών Ε1 χρησιμοποιούνται οι Λεωφόροι Κηφισού και Αθηνών και η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου μέχρι την έξοδο στον Ασπρόπυργο. Η ομάδα διαδρομών Ε2 αποτελείται από διαδρομές που έγιναν με τη χρήση του αστικού οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών. Με τη χρήση της Αττικής Οδού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται στα 38 χλμ./ώρα. Με τη χρήση των Λεωφόρων Αθηνών και Κηφισού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται επίσης στα 38 χλμ./ώρα ενώ με τη χρήση των αστικών οδικών δικτύων της περιοχής των Αχαρνών η μέση ταχύτητα είναι 20 χλμ./ώρα.

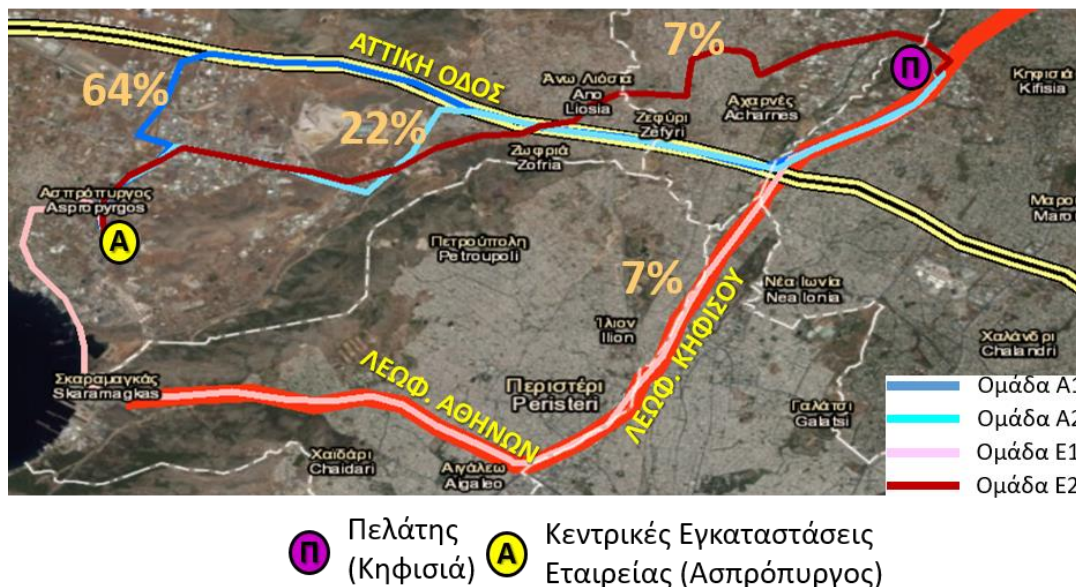
Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι ομάδες διαδρομών αλλά και οι συχνότητες αυτών με βάση το ιστορικό εκτέλεσης των διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας. Η ομάδα διαδρομών Α1 έχει συχνότητα 56% για τις διαδρομές μετάβασης και επιστροφής ενώ η ομάδα Α2 έχει συχνότητα 15%. Για τις ομάδες διαδρομών που αποτελούν τις υπόλοιπες εναλλακτικές διαδρομές, παρατηρείται ότι η ομάδα Ε1 έχει συχνότητα 22% ενώ η ομάδα Ε2 έχει συχνότητα 7%, για τις διαδρομές μετάβασης και επιστροφής.



Σχήμα 52.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

4.2.6.1 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Οκτώβριος 2017)

Για τις διαδρομές που έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού, για το μήνα Οκτώβριο, χωρίζονται δύο ομάδες διαδρομών (Ομάδα A1 και A2). Οι ομάδες αυτές διαφέρουν ως προς την είσοδο και την έξοδο στην/από την Αττική Οδό. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται οι εισοδοί/έξοδοι στον Ασπρόπυργο και στην Περιφερειακή Αιγάλεω. Σε αυτή την περίπτωση το τμήμα των διαδρομών είναι κοινό από την Περιφερειακή Αιγάλεω έως τον τερματισμό/αφετηρία (καθώς πρόκειται για διαδρομές μετάβασης και επιστροφής). Για τις διαδρομές χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο εναλλακτικές διαδρομές (Ομάδες E1 και E2). Για την ομάδα διαδρομών E1 χρησιμοποιούνται οι Λεωφόροι Κηφισού και Αθηνών και η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου μέχρι την έξοδο στον Ασπρόπυργο. Η ομάδα διαδρομών E2 αποτελείται από διαδρομές που έγιναν με τη χρήση του αστικού οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών. Η ομάδα A1 εκτελείται με συχνότητα 64% ενώ η ομάδα A2 με 22%. Από την άλλη μεριά, οι ομάδες E1 και E2 εκτελούνται με συχνότητα 7% η κάθε μία. Με τη χρήση της Αττικής Οδού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται στα 38 χλμ./ώρα. Με τη χρήση των Λεωφόρων Αθηνών και Κηφισού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται επίσης στα 38 χλμ./ώρα ενώ με τη χρήση των αστικών οδικών δικτύων της περιοχής των Αχαρνών η μέση ταχύτητα είναι 20 χλμ./ώρα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι ομάδες διαδρομών αλλά και οι συχνότητες αυτών με βάση το ιστορικό εκτέλεσης των διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας.



Σχήμα 53.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος)

Δηλαδή παρατηρείται αύξηση στη χρήση της Αττικής Οδού το μήνα Οκτώβριο σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Συγκενρωτικά, η συχνότητα χρήσης των εναλλακτικών διαδρομών και για τους δύο μήνες παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 54.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (περίοδος ανάλυσης)

4.2.7 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Αχαρνές (Σεπτέμβριος 2017)

Η περιοχή του Ασπροπύργου βρίσκεται στην δυτική πλευρά του Ν. Αττικής, ενώ η περιοχή των Αχαρνών βρίσκεται στην βορειοδυτική πλευρά του νομού. Οι διαδρομές που εκτελέστηκαν για τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Αχαρνές και Αχαρνές-Ασπρόπυργος αποτελούν το 6% του συνολικού δείγματος.



Σχήμα 55.- Αχαρνές & Ασπρόπυργος

Η ανάλυση των διαδρομών που εκτελέστηκαν για το δρομολόγιο μετάβασης (Ασπρόπυργος-Αχαρνές) και επιστροφής (Αχαρνές-Ασπρόπυργος) αναλύονται ξεχωριστά για κάθε μήνα. Αυτό γίνεται επειδή το δείγμα ανάλυσης ήταν καλύτερο για σύγκριση των εναλλακτικών διαδρομών σε σχέση με τις άλλες περιοχές.

Πίνακας 22.- Διαδρομές ανά μήνα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές

Ασπρόπυργος και Αχαρνές			
Διαδρομές Μετάβασης & Επιστροφής	Με Αττική Οδό	Χωρίς Αττική Οδό	Σύνολο
Σεπτέμβριος	54 (59%)	37 (41%)	91
Οκτώβριος	54 (60%)	36 (40%)	90
Σύνολο	108	73	181

Η απεικόνιση και επεξεργασία των διαδρομών, σε περιβάλλον GIS έγινε κάθε έναν μήνα ξεχωριστά. Οι διαδρομές του ζεύγους για τον μήνα Σεπτέμβριο παρουσιάζονται με βάση τον αριθμό συχνότητας της κάθε επιλεγμένης διαδρομής που εκτελέστηκε. Παρατηρείται ότι οι διαδρομές έγιναν με σκοπό τη μεταφορά εμπορευμάτων από τη βάση της εταιρείας στον Ασπρόπυργο προς την περιοχή των Αχαρνών και το αντίστροφο. Για τις διαδρομές που έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού υπάρχουν δύο ομάδες διαδρομών (Ομάδα Α1 και Α2). Οι ομάδες αυτές διαφέρουν ως προς την είσοδο και την έξοδο στην/από την Αττική Οδό. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται οι εισοδοί/έξοδοι στον Ασπρόπυργο και στην περιφερειακή Αιγάλεω. Σε αυτή την περίπτωση το τμήμα των διαδρομών είναι κοινό από την περιφερειακή Αιγάλεω έως τον τερματισμό/αφετηρία (καθώς πρόκειται για διαδρομές μετάβασης και επιστροφής). Για τις διαδρομές χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο εναλλακτικές διαδρομές (Ομάδες Ε1 και Ε2). Οι ομάδες διαδρομών Ε1 και Ε2 αποτελούνται από διαδρομές που έγιναν με τη χρήση του αστικού οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών. Με τη χρήση της Αττικής Οδού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται

στα 38 χλμ./ώρα, ενώ με τη χρήση των αστικών οδικών δικτύων της περιοχής των Αχαρνών η μέση ταχύτητα είναι 26 χλμ./ώρα.

Η ομάδα διαδρομών Α1 έχει συχνότητα 47% για τις διαδρομές μετάβασης και επιστροφής ενώ η ομάδα Α2 έχει συχνότητα 12%. Για τις ομάδες διαδρομών που αποτελούν τις υπόλοιπες εναλλακτικές διαδρομές, παρατηρείται ότι η ομάδα Ε1 έχει συχνότητα 8% ενώ η ομάδα Ε2 έχει συχνότητα 32%, για τις διαδρομές μετάβασης και επιστροφής.



Σχήμα 56.-Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

4.2.7.1 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Αχαρνές (Οκτώβριος 2017)

Για τις διαδρομές που έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού υπάρχουν δύο ομάδες διαδρομών (Ομάδα Α1 και Α2). Οι ομάδες αυτές διαφέρουν ως προς την είσοδο και την έξοδο στην/από την Αττική Οδό. Αναλυτικότερα, χρησιμοποιούνται οι εισοδοί/έξοδοι στον Ασπρόπυργο και στην περιφερειακή Αιγάλεω. Σε αυτή την περίπτωση το τμήμα των διαδρομών είναι κοινό από την περιφερειακή Αιγάλεω έως τον τερματισμό/αφετηρία (καθώς πρόκειται για διαδρομές μετάβασης και επιστροφής). Για τις διαδρομές χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο εναλλακτικές διαδρομές (Ομάδες Ε1 και Ε2). Η ομάδα διαδρομών Ε1 αποτελείται από διαδρομές που έγιναν με τη χρήση των Λεωφόρων Κύμης, Κηφισού και Αθηνών και της Εθνική Οδού Αθηνών-Κορίνθου μέχρι την έξοδο στον Ασπρόπυργο. Για την ομάδα διαδρομών Ε2 χρησιμοποιείται το αστικό οδικό δίκτυο της περιοχής των Αχαρνών. Η ομάδα Α1 έγινε με συχνότητα 50% και η ομάδα Α2 με συχνότητα 10%. Οι ομάδες Ε1 και Ε2 έγιναν με συχνότητα 9% και 31% αντίστοιχα. . Με τη χρήση της Αττικής Οδού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται στα 38 χλμ./ώρα. Με τη χρήση των Λεωφόρων Αθηνών και Κηφισού η μέση ταχύτητα κυμαίνεται επίσης στα 38 χλμ./ώρα ενώ με τη χρήση των

αστικών οδικών δικτύων της περιοχής των Αχαρνών η μέση ταχύτητα είναι 26 χλμ./ώρα.



Σχήμα 57.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος)

Το μήνα Οκτώβριο, δεν παρατηρείται σημαντική αύξηση στη χρήση της Αττικής Οδού, αλλά παρατηρείται ότι δεν χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες εναλλακτικές διαδρομές με το μήνα Σεπτέμβριο. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι εναλλακτικές διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν στην περίοδο των δύο μηνών.



Σχήμα 58.- Διαδρομές, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (περίοδος ανάλυσης)

4.3 Εκτίμηση βαθμού χρησιμοποίησης φορτηγού οχήματος

Για τη διερεύνηση του βαθμού χρησιμοποίησης των φορτηγών οχημάτων μέσω της χρήσης της Αττικής Οδού εκτελέστηκαν 3 σενάρια, τα οποία βασίζονται στην εκτέλεση συνεχόμενων δρομολογίων. Για την διεκπεραίωση των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν τα 3 φορτηγά που είχαν τα περισσότερα διανυθέντα χιλιόμετρα εντός της περιοχής μελέτης μας, για την περίοδο ανάλυσης.

Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά δρομολόγια (με βάση τα δεδομένα από το σύστημα διαχείρισης στόλου) στα οποία δεν χρησιμοποιήθηκε η Αττική Οδός και έγινε σύγκριση με τα υποθετικά δρομολόγια στα οποία χρησιμοποιήθηκε η Αττική Οδός όπου αυτό ήταν δυνατό.

Σενάριο 1

Το πραγματικό δρομολόγιο που εκτελέστηκε παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 23). Αναλυτικότερα, το φορτηγό ξεκίνησε την εργασία του από το σταθμό φορτηγών οχημάτων της εταιρείας (Ασπρόπυργος) προς το κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης της εταιρείας (Τανάγρα). Ο χρόνος εκτέλεσης του δρομολογίου, χωρίς τη χρήση της Αττικής Οδού, ήταν 90 λεπτά (με κόστος 63 €) και ο χρόνος αδρανείας του φορτηγού 120 λεπτά. Το επόμενο δρομολόγιο, με αφετηρία την Τανάγρα και προορισμό το σταθμό εμπορευματοκιβωτίων του Πειραιά (Πέραμα) εκτελέστηκε σε 70 λεπτά (με κόστος 59 €). Σε αυτό το δρομολόγιο το όχημα έμεινε σε κατάσταση αδρανείας για 20 λεπτά και στη συνέχεια το δρομολόγιο του ήταν προς τον Ασπρόπυργο, όπου περίμενε εκεί 120 λεπτά. Το επόμενο δρομολόγιο ήταν από τον Ασπρόπυργο προς την Κηφισιά το οποίο εκτελέστηκε σε 51 λεπτά (με κόστος 22 €) και χρόνο αδρανείας στη Κηφισιά 20 λεπτά. Στη συνέχεια το φορτηγό επέστρεψε στον Ασπρόπυργο όπου περίμενε 40 λεπτά και στη συνέχεια ολοκλήρωσε το ωράριο εργασίας του. Γι' αυτά τα δρομολόγια δεν επιλέχθηκε η Αττική Οδός.

Πίνακας 23.- Σενάριο 1: Πραγματικό δρομολόγιο

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ (Οχημα 32)				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΤΑΝΑΓΡΑ (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	90	120	63
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ) (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	70	20	59
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	30	120	12
ΚΗΦΙΣΙΑ (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	51	20	22
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ) (μέσω αστικού δικτύου περιοχής Αχαρνών)	ΟΧΙ	45	40	24
ΣΥΝΟΛΟ		4,8 ΩΡΕΣ	5,3 ΩΡΕΣ	180

Στο υποθετικό σενάριο, βάλαμε τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Τανάγρα, Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Κηφισιά-Ασπρόπυργος να εκτελούνται με τη χρήση της

Αττικής Οδού (Πίνακας 24) ώστε να δούμε πως η μείωση του χρόνου διαδρομής επηρεάζει το χρόνο αδρανείας των φορτηγών οχημάτων.

Πίνακας 24.- Σενάριο 1: Υποθετικό δρομολόγιο

ΥΠΟΘΕΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΤΑΝΑΓΡΑ	ΝΑΙ	80	110	64
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ) (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	70	20	59
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	30	120	12
ΚΗΦΙΣΙΑ	ΝΑΙ	37	8	28
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΝΑΙ	37	33	28
ΣΥΝΟΛΟ		4,2 ΩΡΕΣ	4,8 ΩΡΕΣ	191

Παρατηρείται ότι ο χρόνος αδρανείας του φορτηγού μειώνεται στα 32 λεπτά, αλλά το συνολικό κόστος αυξάνεται κατά 11 €.

Σενάριο 2

Το πραγματικό δρομολόγιο που εκτελέστηκε παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 25). Αναλυτικότερα, το φορτηγό ξεκίνησε την εργασία του από το σταθμό φορτηγών οχημάτων της εταιρείας (Ασπρόπυργος) προς την περιοχή των Αχαρνών. Ο χρόνος εκτέλεσης του δρομολογίου, με τη χρήση του αστικού οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών, ήταν 40 λεπτά (με κόστος 22 €) και ο χρόνος αδρανείας του φορτηγού 40 λεπτά. Στη συνέχεια το φορτηγό επέστρεψε στον Ασπρόπυργο όπου παρέμεινε σε κατάσταση αδρανείας για 60 λεπτά, επιλέγοντας την εναλλακτική διαδρομή με χρήση των Λεωφόρων Κηφισού και Αθηνών (ο χρόνος διαδρομής ήταν 80 λεπτά) . Στη συνέχεια εκτελέστηκαν τα ίδια δρομολόγια, με τη χρήση των ίδιων οδικών δικτύων. Η διαδρομή μετάβασης εκτελέστηκε σε 45 λεπτά όμως το φορτηγό παρέμεινε σε κατάσταση αδρανείας για 180 λεπτά. Η διαδρομή επιστροφής εκτελέστηκε σε 47 λεπτά και το φορτηγό παρέμεινε στον Ασπρόπυργο για 6 λεπτά. Στη συνέχεια εκτελέστηκαν 2 φορές οι διαδρομές μετάβασης και επιστροφή από τον Ασπρόπυργο προς το Πέραμα. Την πρώτη φορά το φορτηγό παρέμεινε στο Πέραμα για 10 λεπτά ενώ τη δεύτερη για 6 λεπτά. Ο χρόνος αδρανείας των φορτηγών στον Ασπρόπυργο ήταν 105 λεπτά την δεύτερη φορά μέχρι ο οδηγός να αποσυνδεθεί από το σύστημα.

Πίνακας 25.- Σενάριο 2: Πραγματικό δρομολόγιο

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ (Οχημα 33)				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΑΧΑΡΝΕΣ (μέσω αστικού δικτύου περιοχής Αχαρνών)	ΟΧΙ	40	40	22
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ) (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	80	60	23
ΑΧΑΡΝΕΣ (μέσω αστικού δικτύου περιοχής Αχαρνών)	ΟΧΙ	45	180	22
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ) (μέσω Αθηνών-Κηφισού)	ΟΧΙ	47	6	23
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ)	ΟΧΙ	30	10	12
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	30	-	12
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ)	ΟΧΙ	33	6	13
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	35	105	13
ΣΥΝΟΛΟ		5,5 ΩΡΕΣ	6,8 ΩΡΕΣ	142

Στο υποθετικό σενάριο, βάλαμε τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Αχαρνές και Αχαρνές-Ασπρόπυργος να εκτελούνται με τη χρήση της Αττικής Οδού (Πίνακας 26) ώστε να δούμε πως η μείωση του χρόνου διαδρομής επηρεάζει το χρόνο αδράνειας των φορτηγών οχημάτων.

Πίνακας 26.- Σενάριο 2: Υποθετικό δρομολόγιο

ΥΠΟΘΕΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΑΧΑΡΝΕΣ	ΝΑΙ	43	43	29
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΝΑΙ	43	23	29
ΑΧΑΡΝΕΣ	ΝΑΙ	43	177	29
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΝΑΙ	43	2	29
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ)	ΟΧΙ	30	10	12
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	30	-	12
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ)	ΟΧΙ	33	6	13
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	35	105	13
ΣΥΝΟΛΟ		5 ΩΡΕΣ	5,9 ΩΡΕΣ	164

Παρατηρείται ότι ο χρόνος αδράνειας του φορτηγού μειώνεται στα 41 λεπτά, αλλά το συνολικό κόστος αυξάνεται κατά 22 €.

Σενάριο 3

Το πραγματικό δρομολόγιο που εκτελέστηκε παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 27). Αναλυτικότερα, το φορτηγό ξεκίνησε την εργασία του από το σταθμό φορτηγών οχημάτων της εταιρείας (Ασπρόπυργος) προς το κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης της εταιρείας (Τανάγρα). Ο χρόνος εκτέλεσης του δρομολογίου, χωρίς τη χρήση της Αττικής Οδού, ήταν 100 λεπτά (με κόστος 63 €) και ο χρόνος αδράνειας

του φορτηγού 90 λεπτά. Το επόμενο δρομολόγιο, με αφητηρία την Τανάγρα και προορισμό το σταθμό εμπορευματοκιβωτίων του Πειραιά (Πέραμα) εκτελέστηκε σε 100 λεπτά (με κόστος 59 €). Σε αυτό το δρομολόγιο το όχημα έμεινε σε κατάσταση αδρανείας για 10 λεπτά και στη συνέχεια το δρομολόγιο του ήταν προς τον Ασπρόπυργο, όπου περίμενε εκεί για 60 λεπτά. Το επόμενο δρομολόγιο ήταν από τον Ασπρόπυργο προς τον Διόνυσο το οποίο εκτελέστηκε σε 43 λεπτά (με κόστος 37 €) και χρόνο αδρανείας στο Διόνυσο 10 λεπτά. Το δρομολόγιο αυτό εκτελέστηκε με τη χρήση της Αττικής Οδού. Στη συνέχεια το φορτηγό επέστρεψε στον Ασπρόπυργο, μέσω των Λεωφόρων Κηφισού και Αθηνών όπου περίμενε για 60 λεπτά. Στη συνέχεια, το φορτηγό μετέβη προς το Πέραμα (ο χρόνος διαδρομής ήταν 30 λεπτά) όπου περίμενε για 40 λεπτά. Στην επιστροφή του προς τον Ασπρόπυργο ο χρόνος αδρανείας ήταν 90 λεπτά μέχρι να αποσυνδεθεί ο οδηγός από το σύστημα.

Πίνακας 27.- Σενάριο 3: Πραγματικό δρομολόγιο

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ (Οχημα 30)				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΤΑΝΑΓΡΑ (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	100	90	63
ΠΕΡΑΜΑ (ΣΕΜΠΟ) (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	100	10	59
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	32	60	12
ΔΙΟΝΥΣΟΣ	ΝΑΙ	43	10	37
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ) (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	58	60	35
ΠΕΡΑΜΑ	ΟΧΙ	30	40	13
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	25	90	11
ΣΥΝΟΛΟ		6,5 ΩΡΕΣ	6 ΩΡΕΣ	231

Στο υποθετικό σενάριο, βάλαμε τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Τανάγρα και Διόνυσος-Ασπρόπυργος να εκτελούνται με τη χρήση της Αττικής Οδού (Πίνακας 28) ώστε να δούμε πως η μείωση του χρόνου διαδρομής επηρεάζει το χρόνο αδρανείας των φορτηγών οχημάτων.

Πίνακας 28.- Σενάριο 3: Υποθετικό δρομολόγιο

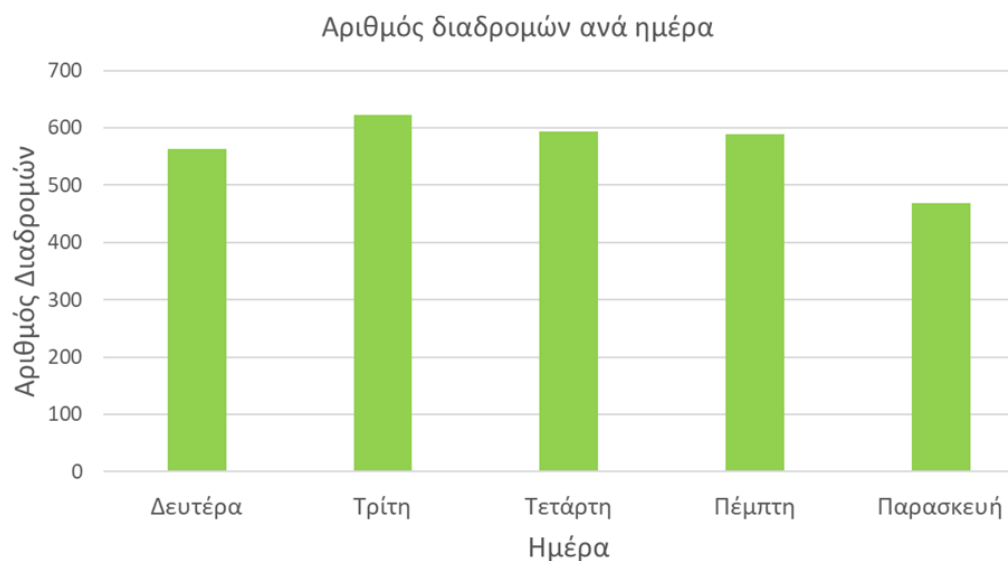
ΥΠΟΘΕΤΙΚΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΟ				
Τοποθεσία	Χρήση Αττικής Οδού	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)	Σε αδράνεια (λεπτά)	Κόστος διαδρομών (€)
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)				
ΤΑΝΑΓΡΑ	ΝΑΙ	80	70	63
ΠΕΡΑΜΑ (μέσω Λ. Αθηνών & Κηφισού)	ΟΧΙ	100	10	59
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	32	60	12
ΔΙΟΝΥΣΟΣ	ΝΑΙ	35	2	37
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΝΑΙ	35	37	37
ΠΕΡΑΜΑ	ΟΧΙ	30	40	13
ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΣ (ΒΑΣΗ)	ΟΧΙ	25	90	11
ΣΥΝΟΛΟ		5,6 ΩΡΕΣ	5,2 ΩΡΕΣ	233

Παρατηρείται ότι ο χρόνος αδρανείας του φορτηγού μειώνεται στα 51 λεπτά, αλλά το συνολικό κόστος αυξάνεται κατά 2 €.

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

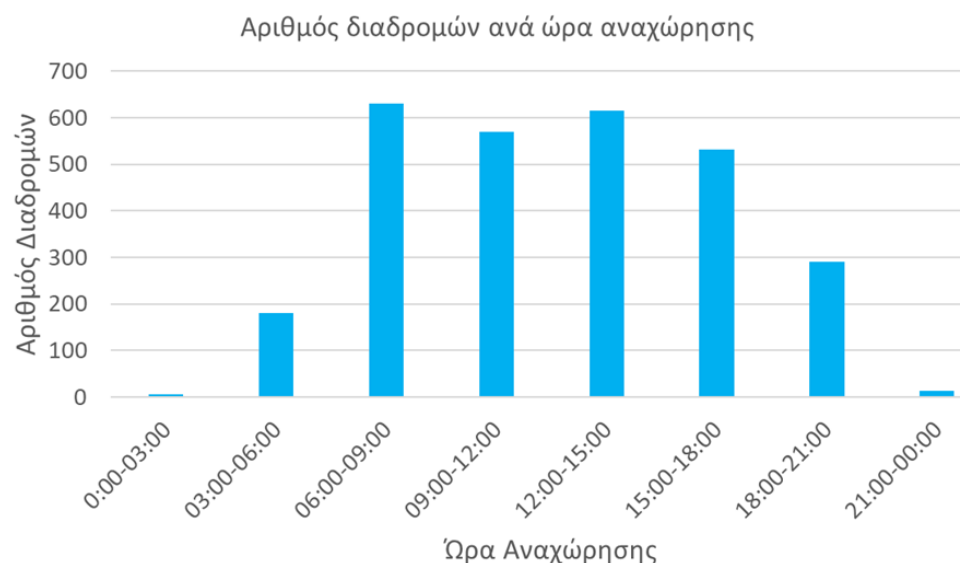
4.4.1 Στοιχεία εκμετάλλευσης φορτηγών οχημάτων

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στη διπλωματική εργασία παρατηρήθηκε ότι τα δρομολόγια της εταιρείας για την οποία είχαμε δεδομένα εκτελούνται τις εργάσιμες ημέρες της εβδομάδας.



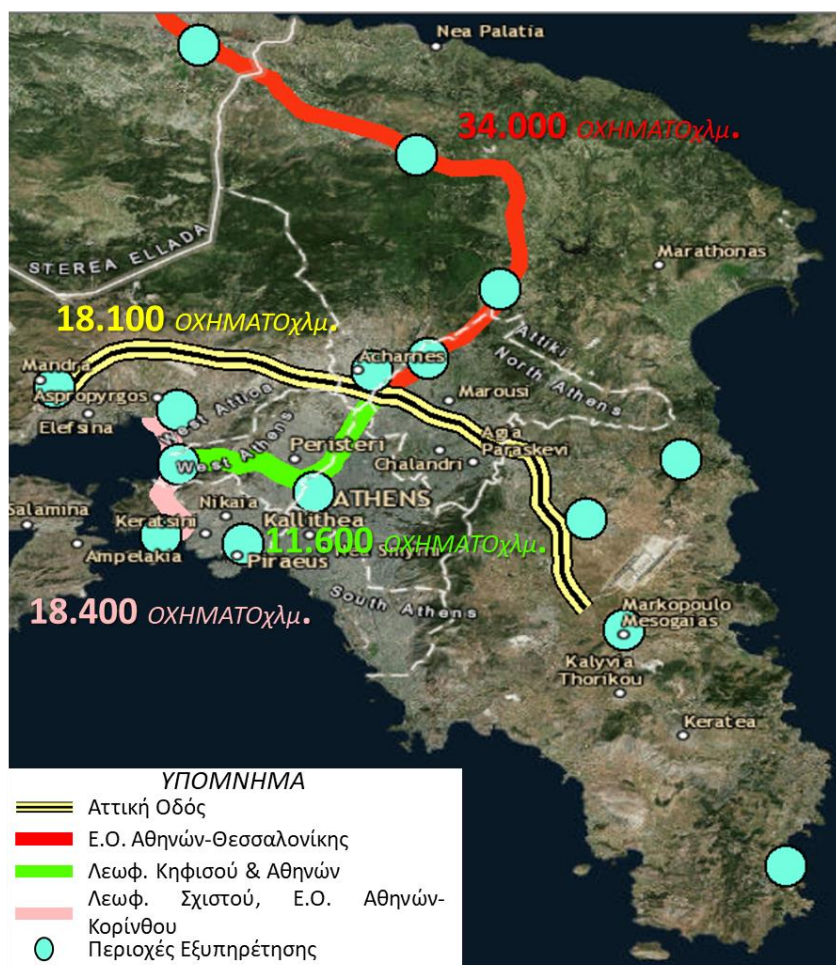
Σχήμα 59.- Αριθμός διαδρομών ανά ημέρα

Επίσης, τα δρομολόγια εκτελούνται κυρίως στο χρονικό διάστημα από τις 06:00 το πρωί έως τις 21:00 το βράδυ.



Σχήμα 60.- Αριθμός διαδρομών ανά ώρα αναχώρησης

Τα διανυθέντα χιλιόμετρα που απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα έχουν υπολογιστεί με βάση τις διαδρομές που εκτελέστηκαν από τα φορτηγά της εταιρείας (Σχήμα 61). Δηλαδή, απεικονίζεται ο συνολικός αριθμός χιλιομέτρων των φορτηγών που χρησιμοποίησαν τον κάθε οδικό άξονα, ανεξάρτητα από την διαδρομή που εκτελούσαν. Τα περισσότερα χιλιόμετρα διανύθηκαν στην Εθνική Οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης (33941 χλμ.). Επίσης, 18358 χλμ. διανύθηκαν στην Εθνική Οδό Αθηνών-Κορίνθου και στη Λεωφόρο Σχιστού, 18053 χλμ. διανύθηκαν στην Αττική Οδό και 11528 χλμ. διανύθηκαν στις Λεωφόρους Αθηνών και Κηφισού. Εξίσου σημαντικός είναι και ο αριθμός των χιλιομέτρων που διανύθηκαν εντός των περιοχών. Δηλαδή, εντός της περιοχής του Ασπροπύργου, διανύθηκαν 5433 χλμ., εντός του Περάματος 2032 χλμ. Επιπλέον, διανύθηκαν 1314 χλμ. με τη χρήση του αστικού οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών. Για τις υπόλοιπες περιοχές εξυπηρέτησης δεν υπολογίστηκε ξεχωριστά ο αριθμός διανυθέντων οχηματοχιλιομέτρων, καθώς τα φορτηγά έφταναν κατευθείαν στον προορισμό τους, αφού τα σημεία εξυπηρέτησης ήταν κοντά στις εισόδους-εξόδους των κύριων οδικών τμημάτων που αναλύθηκαν παραπάνω. Επιπλέον, παρατηρείται ότι η Αττική Οδός χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εξυπηρέτηση των περιοχών της Ανατολικής Αττικής, καθώς επίσης και για την είσοδο στην Εθνική Οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης. Ακόμη η σύνδεση των νοτιότερων περιοχών με τις βόρειες γίνεται κυρίως με τη χρήση των Λεωφόρων Αθηνών και Κηφισού. Ακόμη, παρατηρείται ότι οι οδικοί άξονες που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι ο αυτοκινητόδρομος (Αττική Οδός), η Ε.Ο. Αθηνών-Θεσσαλονίκης και Αθηνών-Κορίνθου. Επίσης, οι διαδρομές εκτελούνται με χρήση μεγάλων λεωφόρων της Αθήνας όπως οι Λεωφόροι Κηφισού, Αθηνών και Σχιστού-Σκαμαγκαλά.



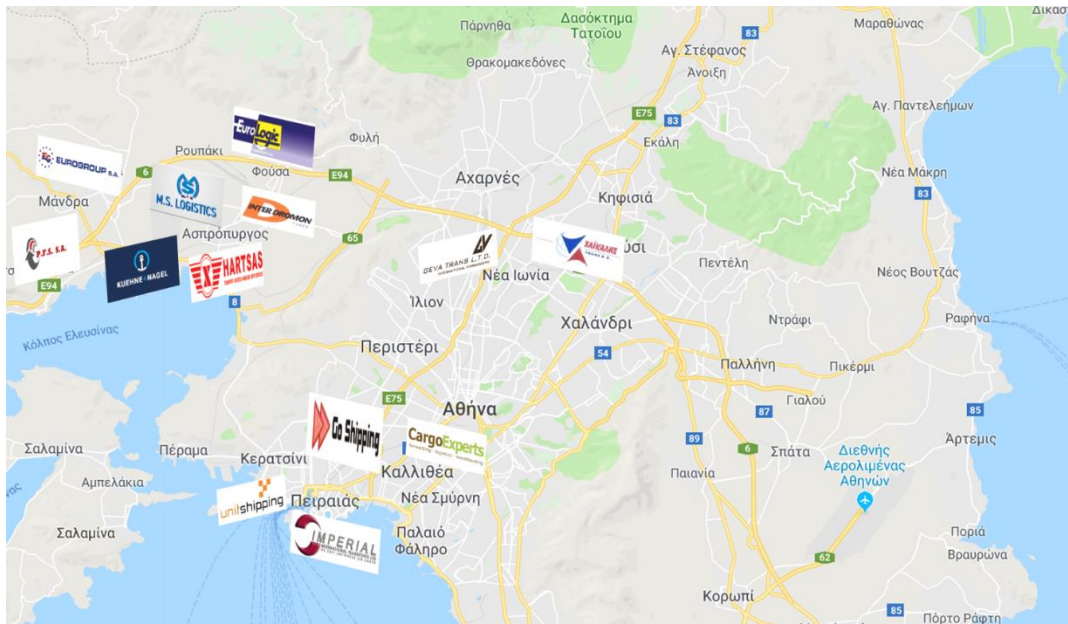
Σχήμα 61.- Κύριοι οδικόί άξονες

Πίνακας 29.- Συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα ανά οδικό τμήμα

Οδικά Τμήματα	Συνολικά Διανυθέντα Χιλιόμετρα (χλμ.)
Ε.Ο. Αθηνών-Θεσσαλονίκης	33941
Αττική Οδός	18053
Λεωφόρος Κηφισού & Αθηνών	11528
Λεωφόρος Σχιστού	9944
Ε.Ο. Αθηνών-Κορίνθου	8414
Εντός Ασπροπύργου	5433
Εντός Περάματος	2032
Λοιπά οδικά τμήματα	1314
Σύνολο	90657

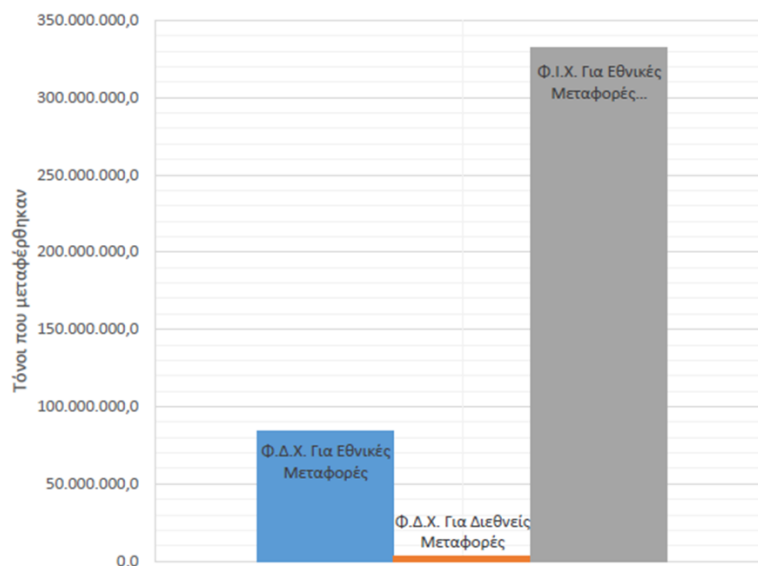
4.4.2 Επιβάρυνση οδικού δικτύου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, χρησιμοποιήθηκε στόλος 31 φορτηγών οχημάτων μιας εταιρείας με έδρα τον Ασπρόπυργος Αττικής. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν και άλλες μεγάλες μεταφορικές εταιρείες που εκτελούν δρομολόγια εντός και του Νομού Αττικής. Επιπλέον υπάρχουν και άλλες μεταφορικές εταιρείες εντός του λεκανοπεδίου Αττικής με ίδιες δραστηριότητες.



Σχήμα 62.- Διάφορες μεταφορικές εταιρείες στην Αττική

Αυτές οι εταιρείες χρησιμοποιούν στόλο φορτηγών οχημάτων δημοσίας χρήσης. Επιπλέον υπάρχουν και εταιρείες που χρησιμοποιούν φορτηγά ιδιωτικής χρήσης. Περίπου το 20% των εθνικών μεταφορών γίνεται με φορτηγά δημόσιας χρήσης και το 80% με φορτηγά δημόσιας χρήσης.



Σχήμα 63.- Τόνοι μεταφορών που μεταφέρθηκαν [πηγή: ΕΛΣΤΑΤ]

Επιπλέον, υπάρχουν μεταφορικές εταιρείες και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας οι οποίες εκτελούν δρομολόγια από και προς την Αθήνα. Δηλαδή εκτελούνται δρομολόγια με τη χρήση της Εθνικής Οδού Κορίνθου-Πατρών και άλλων εθνικών οδικών δικτύων με προορισμό το Νομό Αττικής.

Για να αποκτήσουμε μια ευρεία εικόνα των μεταφορών που γίνονται εντός του Νομού Αττικής θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όχι μόνο τα φορτηγά οχήματα δημόσιας χρήσης εταιρειών εντός της Αττικής αλλά και τα φορτηγά ιδιωτικής χρήσης. Επιπλέον, δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε τα φορτηγά οχήματα εταιρειών με έδρα άλλες πόλεις τις Ελλάδας που εκτελούν υπεραστικά δρομολόγια με προορισμό την Αθήνα. Λαμβάνοντας υπόψη μας τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι θα υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός παρόμοιων διαδρομών εντός του λεκανοπεδίου Αττικής, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται το οδικό δίκτυο.

4.4.3 Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού

Αρχικά, υπολογίστηκε ο αριθμός των διαδρομών με και χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού και στη συνέχεια υπολογίστηκε, για κάθε μια από τις δύο περιπτώσεις, το ποσοστό των διαδρομών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαδρομές μετάβασης και οι διαδρομές επιστροφής που εκτελέστηκαν μεταξύ των περιοχών εξυπηρέτησης. Στη συνέχεια οι διαδρομές ομαδοποιήθηκαν ανά ζεύγη, δηλαδή ομαδοποιήσαμε τη μετάβαση και την επιστροφή για κάθε διαδρομή, ώστε να βρούμε τη συνολική συχνότητα του κάθε ζεύγους στο δείγμα μας.

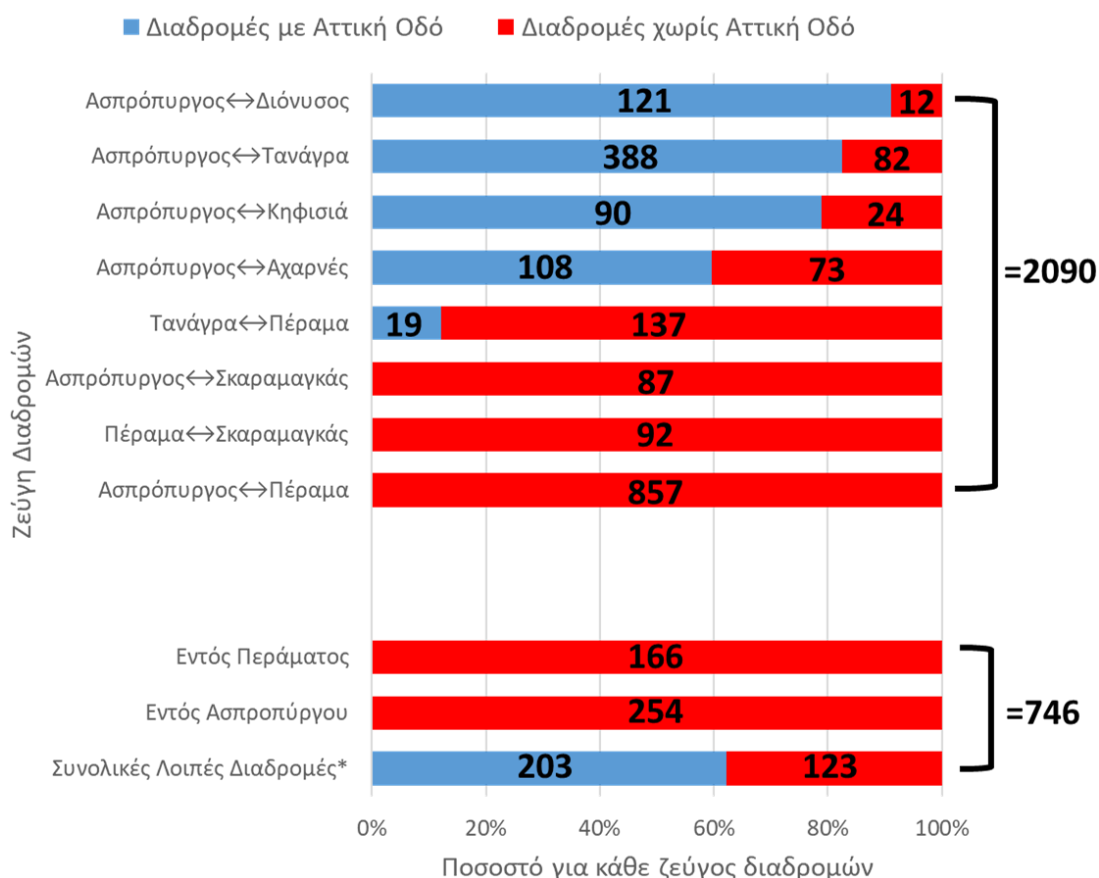
Πίνακας 30.- Διαδρομές με/χωρίς χρήση της Αττικής Οδού

Διαδρομή	Με Α.Ο.	Χωρίς Α.Ο.	Με ΑΟ %	Χωρίς ΑΟ %
Ασπρόπυργος→Πέραμα	0	356	0.00	12.55
Πέραμα→Ασπρόπυργος	0	501	0.00	17.67
Ασπρόπυργος→Τανάγρα	278	40	9.80	1.41
Τανάγρα→Ασπρόπυργος	110	42	3.88	1.48
Εντός Ασπρόπυργου	0	254	0.00	8.96
Ασπρόπυργος→Αχαρνές	58	34	2.05	1.20
Αχαρνές→Ασπρόπυργος	50	39	1.76	1.38
Εντός Περάματος	0	166	0.00	5.85
Πέραμα→Τανάγρα	4	11	0.14	0.39
Τανάγρα→Πέραμα	15	126	0.53	4.44
Ασπρόπυργος→Διόνυσος	57	5	2.01	0.18
Διόνυσος→Ασπρόπυργος	64	7	2.26	0.25
Ασπρόπυργος→Κηφισιά	37	11	1.30	0.39
Κηφισιά→Ασπρόπυργος	53	13	1.87	0.46
Πέραμα→Χαϊδάρι	0	52	0.00	1.83
Σκαραμαγκάς→Πέραμα	0	40	0.00	1.41
Ασπρόπυργος→Σκαραμαγκάς	0	36	0.00	1.27
Σκαραμαγκάς→Ασπρόπυργος	0	51	0.00	1.80
Συνολικές Λοιπές Διαδρομές*	203	123	7.16	4.34
Σύνολο	929	1907	32.76	67.24

Πίνακας 31.- Ζεύγη διαδρομών (μετάβαση και επιστροφή)

Ζεύγη Διαδρομών	Διαδρομές με ΑΟ	Διαδρομές χωρίς ΑΟ	Σύνολο
Ασπρόπυργος↔Πέραμα	0	857	857
Εντός Ασπροπύργου	0	254	254
Εντός Περάματος	0	166	166
Ασπρόπυργος↔Σκαραμαγκάς	0	87	87
Πέραμα↔Σκαραμαγκάς	0	92	92
Τανάγρα↔Πέραμα	19	137	156
Ασπρόπυργος↔Κηφισιά	90	24	114
Ασπρόπυργος↔Αχαρνές	108	73	181
Ασπρόπυργος↔Διόνυσος	121	12	133
Συνολικές Λοιπές Διαδρομές*	203	123	326
Ασπρόπυργος↔Τανάγρα	388	82	470
Σύνολο	929	1907	2836

Ζεύγη Διαδρομών - Σεπτέμβριος & Οκτώβριος 2017



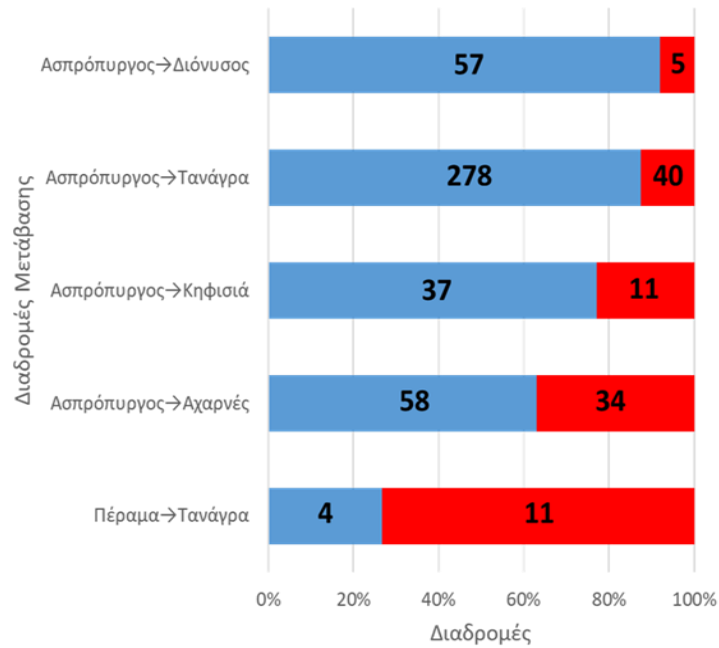
Σχήμα 64. -Συχνότητα διαδρομών με/χωρίς χρήση της Αττικής Οδού για κάθε ζεύγος

Παρατηρούμε ότι το 67% των διαδρομών γίνεται χωρίς την χρήση της Αττικής Οδού, ενώ το 33% γίνεται με τη χρήση της. Δηλαδή το 33% των διαδρομών αναφέρεται στα ζεύγη Ασπρόπυργος και Τανάγρα, Ασπρόπυργος και Αχαρνές, Ασπρόπυργος και Διόνυσος και Ασπρόπυργος και Κηφισιά. Με βάση το παραπάνω σχήμα, παρατηρείται ότι η πιο συχνή διαδρομή είναι από τον Ασπρόπυργο προς το Πέραμα και το αντίστροφο (30%), όπου δεν χρησιμοποιείται η Αττική Οδός. Επίσης, πολλές διαδρομές γίνονται εντός των περιοχών του Ασπροπύργου και του Περάματος (9% και 6% αντίστοιχα). Επίσης, παρατηρείται ότι για τα ζεύγη για τα οποία έχουμε διαδρομές με και χωρίς τη χρήση της Αττικής Οδού, η προτίμηση της διαδρομής με Αττική Οδό είναι εμφανής για τα ζεύγη Ασπρόπυργος και Διόνυσος, Ασπρόπυργος και Κηφισιά και Ασπρόπυργος και Τανάγρα. Επιπλέον, για το ζευγάρι Ασπρόπυργος και Αχαρνές παρατηρείται ότι υπάρχει μια μικρή προτίμηση στην χρήση της Αττικής οδού, σε αναλογία 60-40. Επίσης, για το ζευγάρι Ασπρόπυργος και Κηφισιά παρατηρείται ότι προτιμάται η Αττική Οδός σε αναλογία περίπου 80-20. Οι διαδρομές εντός της περιοχής του Περάματος και του Ασπροπύργου καθώς επίσης και οι λοιπές διαδρομές με μικρή συχνότητα (όπως περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 4.1) δεν λαμβάνονται υπόψιν. Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζονται ενδεικτικά. Αναλυτικότερα, η συχνότητα των διαδρομών μετάβασης και επιστροφής μεταξύ δύο περιοχών παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

ΜΕΤΑΒΑΣΗ

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού

■ Με Αττική Οδό ■ Χωρίς Αττική Οδό

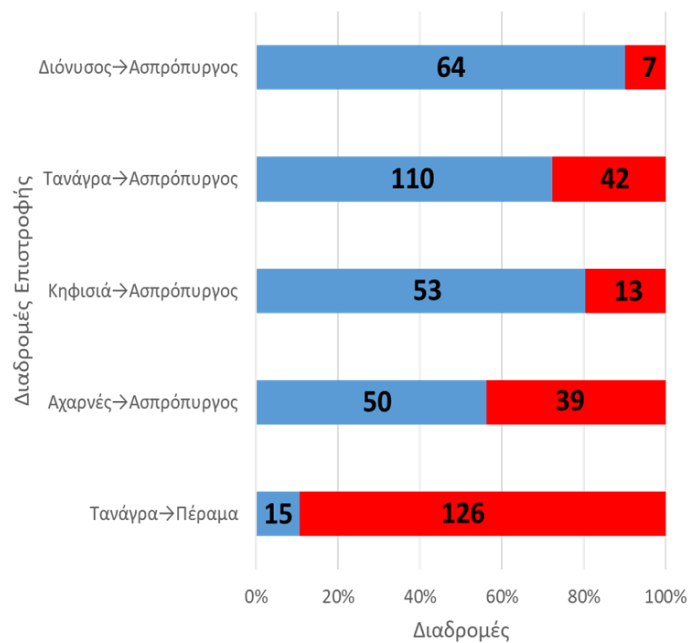


Σχήμα 65.-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού (διαδρομές μετάβασης)

ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού

■ Με Αττική Οδό ■ Χωρίς Αττική Οδό



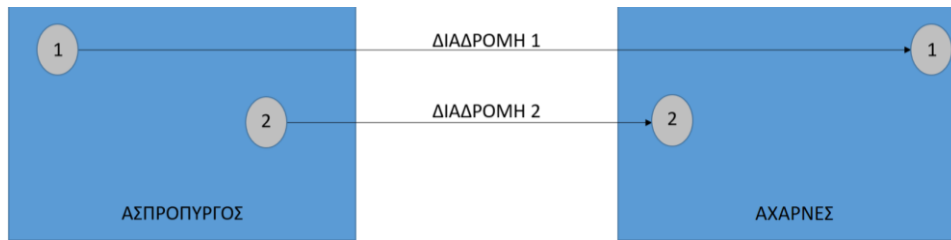
Σχήμα 66.-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού (διαδρομές επιστροφής)

Εξετάζοντας τα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε ότι δεν έχουν γίνει οι ίδιες διαδρομές για την μετάβαση και την επιστροφή. Δηλαδή εάν ένα φορτηγό έφυγε από μια αφετηρία για να μεταβεί σε έναν τερματισμό, δεν σημαίνει πάντα ότι επέστρεψε στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε. Αυτό οφείλεται στην δρομολόγηση των οχημάτων καθώς πρέπει να εξυπηρετηθούν οι πελάτες, είτε υπάρχουν χρονοπαράθυρα είτε όχι. Επίσης, οφείλεται στις διαδρομές που βγαίνουν εκτός της περιοχής μελέτης μας ή στις διαδρομές με προορισμό διαφορετικό από την αρχική αφετηρία.

Για παράδειγμα, ένα φορτηγό μπορεί να έφυγε από τον Ασπρόπυργο με προορισμό την Τανάγρα και στην συνέχεια να μην επέστρεψε στον Ασπρόπυργο αλλά να έκανε μια νέα διαδρομή, με νέα αφετηρία την Τανάγρα και νέο τερματισμό μια περιοχή εκτός του Ν. Αττικής. Ο νέος τερματισμός μπορεί να είναι, επίσης, ένα άλλο σημείο εντός της περιοχής μελέτης. Αυτό μπορεί να βρίσκεται στο ορισμένο υποσύνολο «Συνολικές Λοιπές Διαδρομές» ή στις περιοχές Διόνυσος, Κηφισιά, Αχαρνές και Πέραμα. Για παράδειγμα, από τον Ασπρόπυργο προς την Τανάγρα έγιναν συνολικά 318 διαδρομές, εκ των οποίων οι 278 είναι με τη χρήση της Αττικής Οδού και οι υπόλοιπες 40 χωρίς. Όμως, οι διαδρομές από την Τανάγρα προς τον Ασπρόπυργο είναι 152, εκ των οποίων οι 110 είναι με τη χρήση της Αττικής Οδού και οι υπόλοιπες 42 χωρίς. Παρατηρείται, όμως, ότι έγιναν 126 διαδρομές περισσότερες από την Τανάγρα προς το Πέραμα σε σχέση τις διαδρομές από το Πέραμα προς την Τανάγρα. Παρόμοια συμπεράσματα παρατηρούνται και στην σύγκριση των διαδρομών μετάβασης και επιστροφής για τις περιοχές Ασπρόπυργος-Διόνυσος και Ασπρόπυργος-Κηφισιά. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι ισχύει το συμπέρασμα που βγάλαμε στο υποκεφάλαιο 4.1 και για τις διαδρομές μετάβασης αλλά και για τις διαδρομές επιστροφής. Δηλαδή, οι οδηγοί των φορτηγών προτιμούν την Αττική Οδό όταν πρόκειται να εκτελέσουν διαδρομές από την περιοχή του Ασπρόπυργου προς τις περιοχές των Αχαρνών, Κηφισιάς, Διόνυσου και Τανάγρας και το αντίστροφο. Ειδικότερα, για τις διαδρομές μετάβασης από τον Ασπρόπυργο προς την Κηφισιά και τον Διόνυσο, η χρήση της Αττικής Οδού σε ποσοστό 77% και 92% αντίστοιχα, οφείλεται στην άμεση εξυπηρέτηση των πελατών. Δηλαδή, οι οδηγοί των φορτηγών θα προτιμήσουν να χρησιμοποιήσουν την Αττική Οδό για να παραλάβουν ή να παραδώσουν τα εμπορεύματα στις περιοχές όπου βρίσκονται οι πελάτες, αποφεύγοντας διαδρομές από το αστικό οδικό δίκτυο.

4.4.4 Σύγκριση μέσης ταχύτητας

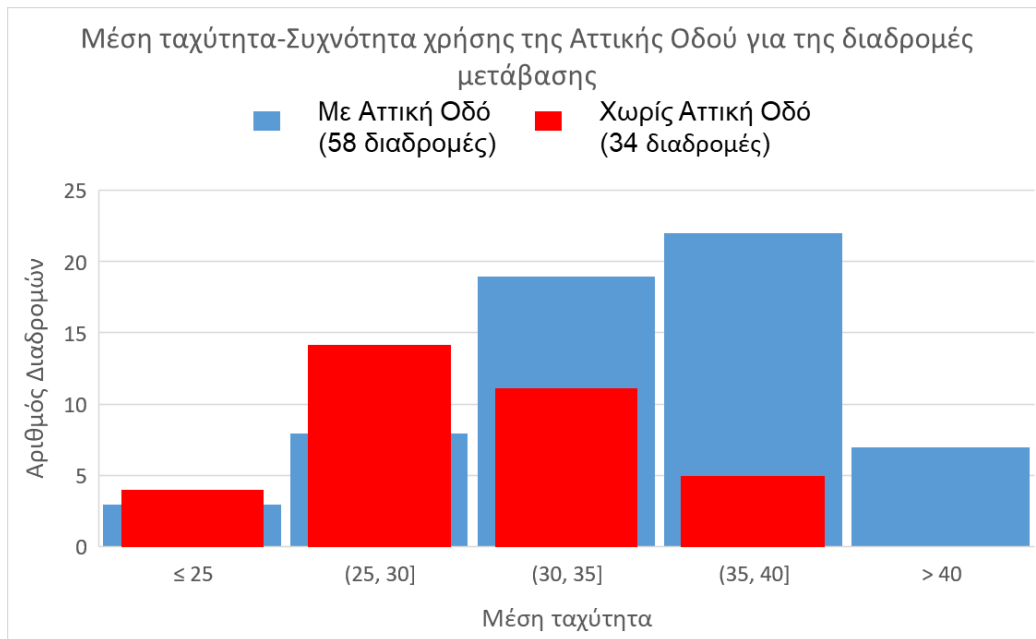
Επίσης, είναι σημαντικό να εξεταστεί η σύγκριση των διαδρομών και με βάση τη μέση ταχύτητα. Αυτό γίνεται διότι τα σημεία αφετηρίας και τερματισμού δεν είναι πάντα τα ίδια σε μια περιοχή. Δηλαδή αν συγκρίνω τα πιο απομακρυσμένα σημεία δύο περιοχών με τα πιο κοντινά, με βάση το χρόνο διαδρομής θα έχω σημαντικό σφάλμα.



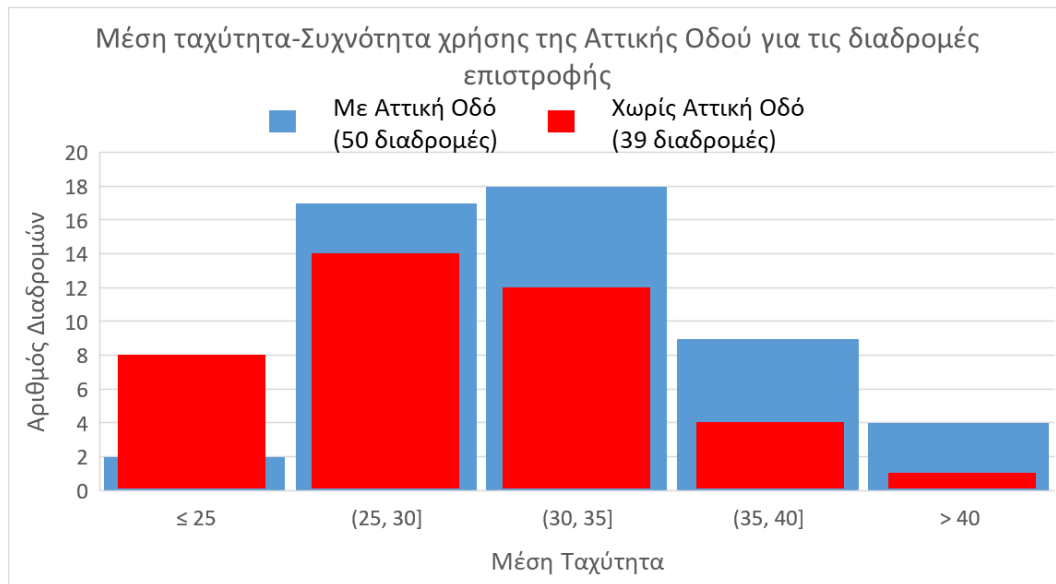
Σχήμα 67.-Σύγκριση μέσης ταχύτητας και χρόνου διαδρομής

Με βάση το παραπάνω σχήμα, γίνεται κατανοητό ότι δεν είναι ίδια η σύγκριση των δύο διαδρομών με βάση τον χρόνο διαδρομής. Δηλαδή έχω καλύτερη εκτίμηση αν μια από τις δύο διαδρομές είναι γρηγορότερη εάν συγκρίνω τη μέση ταχύτητα. Για παράδειγμα εάν οι διαδρομές έχουν τον ίδιο χρόνο διαδρομής, γίνεται κατανοητό ότι η διαδρομή 1 είναι γρηγορότερη από τη διαδρομή 2 λόγω της απόστασης των σημείων αφετηρίας και τερματισμού. Δηλαδή η διαδρομή 1 έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα.

Η εκτίμηση της ταχύτερης εναλλακτικής διαδρομής γίνεται για τις διαδρομές μετάβασης και για τις διαδρομές επιστροφής ξεχωριστά και για τους δύο μήνες μαζί. Η ανάλυση αυτή θα γίνει για τις διαδρομές που εκτελέστηκαν για τις περιοχές Ασπρόπυργος και Αχαρνές. Αυτό γίνεται επειδή έχει εξεταστεί ήδη ο κάθε μήνας ξεχωριστά (προηγούμενο υποκεφάλαιο) με βάση το χρόνο διαδρομής και με βάση τη μέση κατανάλωση καυσίμου γι' αυτό το δρομολόγιο, καθώς επίσης και επειδή το δείγμα των διαδρομών αυτών ήταν το καλύτερο που διαθέταμε.



Σχήμα 68.- Μέση ταχύτητα διαδρομής-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές, (διαδρομές μετάβασης)



Σχήμα 69.- Μέση ταχύτητα διαδρομής-Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (διαδρομές επιστροφής)

Με βάση τα παραπάνω σχήματα, εξάγεται το προφανές συμπέρασμα ότι με τη χρήση της Αττικής Οδού αναπτύσσονται μεγαλύτερες ταχύτητες. Αυτό είναι λογικό διότι στον αυτοκινητόδρομο υπάρχουν μεγαλύτερα επιτρεπτά όρια ταχύτητας και περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας που επιτρέπουν την ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων. Οι υπόλοιπες εναλλακτικές διαδρομές που εκτελέστηκαν από τα φορτηγά της εταιρείας, γίνονται με τη χρήση είτε του οδικού δικτύου της περιοχής των Αχαρνών είτε με τη χρήση μεγάλων λεωφόρων της Αθήνας (Λεωφ. Κηφισού, Λεωφ. Αθηνών). Δηλαδή χρησιμοποιούνται οδικοί άξονες στους οποίους είναι πιθανή η κυκλοφοριακή συμφόρηση, αφού βρίσκονται εντός της πόλης.

Επίσης, ο μεγαλύτερος αριθμός διαδρομών με τη χρήση της Αττικής Οδού οφείλεται σε ένα βαθμό, εκτός από τη δρομολόγηση και τη διαχείριση του στόλου οχημάτων και στην ανάπτυξη μεγαλύτερων ταχυτήτων σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές διαδρομές. Επομένως, παρατηρείται ότι κατά τις διαδρομές μετάβασης είναι συχνότερη η χρήση της Αττικής Οδού. Όμως, για τις διαδρομές επιστροφής παρατηρείται μια αύξηση της συχνότητας των εναλλακτικών διαδρομών παρόλο που σε αυτά τα οδικά δίκτυα αναπτύσσονται μικρότερες ταχύτητες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι πελάτες έχουν εξυπηρετηθεί και τα οχήματα επιστρέφουν στην βάση τους (Κεντρικές Εγκαταστάσεις Εταιρείας) για να εξυπηρετήσουν νέα αιτήματα ή επειδή έληξε το ωράριο εργασίας τους ή επειδή δεν υπάρχει άλλο προγραμματισμένο δρομολόγιο. Όμως και στις δύο περιπτώσεις (μετάβαση ή επιστροφή) παρατηρείται ότι γίνονται περισσότερες διαδρομές συνολικά με τη χρήση της Αττικής Οδού.

4.4.5 Όφελος σε κόστος και χρόνο για κάθε εναλλακτική διαδρομή

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 32) παρουσιάζεται το κόστος δρομολογίου για τις εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ των σημείων παραλαβής-παραδόσης. Για τις

διαδρομές μεταξύ των περιοχών Τανάγρας και Περάματος, παρατηρείται ότι η χρήση της Αττικής Οδού οδηγεί σε αύξηση του κόστους του δρομολογίου σε σχέση με τη χρήση άλλων οδικών δικτύων. Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν και για τα ζεύγη Ασπρόπυργος-Τανάγρα, Ασπρόπυργος-Διόνυσος, Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Ασπρόπυργος-Αχαρνές. Όμως σε αυτά τα δρομολόγια παρατηρείται ότι η συχνότητα της χρήσης της Αττικής Οδού είναι αυξημένη σε σύγκριση με τη χρήση άλλων οδικών δικτύων. Το κόστος διοδίων στην Αττική Οδό είναι 11,30 € (53) και στην Εθνική οδό Αθηνών-Θεσσαλονίκης είναι 11,50 € (54)

Πίνακας 32.- Σύγκριση του κόστους δρομολογίων για τις εναλλακτικές διαδρομές μεταξύ των σημείων παραλαβής-παράδοσης

Σύγκριση Κόστους Εναλλακτικών Διαδρομών (Μέσω Αττικής Οδού – Μέσω άλλων οδών)													
Διαδρομές μετάβασης και επιστροφής	Αριθμός Διαδρομών		Απόσταση διαδρομής (χλμ.)		Μέση κατανάλωση καυσίμου ανά διαδρομή (λίτρα)		Κόστος συντήρησης (0,10 €/χλμ.)		Διέλευση από Σταθμό Διοδίων (Κόστος διοδίων)			Συνολικό Κόστος διαδρομής (€)	
									Αττική Οδός (11,30€)	Ε.Ο. Αθηνών - Θεσσαλονίκης (11,50€)			
Τανάγρα & Πέραμα	19	137	72	66	28,3	32,8	7,20	6,60	✓	✓	✓	65,00	58,60
Ασπρόπυργος & Τανάγρα	388	82	69	78	27,6	34,8	6,90	7,80	✓	✓	✓	63,80	62,30
Ασπρόπυργος & Διόνυσος	121	12	36	44	18,9	22,8	3,60	4,40	✓	-		38,20	32,60
Ασπρόπυργος & Κηφισιά	90	24	24	33	12,7	17,5	2,40	3,30	✓	-		29,40	24,90
Ασπρόπυργος & Αχαρνές	108	73	27	21	12,4	17,1	2,70	2,10	✓	-		29,30	23,20
Ασπρόπυργος & Πέραμα	-	857	-	16,5	-	7,8	-	1,65	-	-		-	11,30
Σκαρμαγκάς & Πέραμα	-	92	-	8	-	4,5	-	0,80	-	-		-	6,40
Ασπρόπυργος & Σκαρμαγκάς	-	87	-	8	-	4,0	-	0,80	-	-		-	5,80

Συμπερασματικά, η εξοικονόμηση στο χρόνο μέσω της χρήσης της Αττικής Οδού κυμαίνεται στα 5-15 λεπτά, ανάλογα το δρομολόγιο και τις διαθέσιμες εναλλακτικές διαδρομές. Επιπλέον, με τη χρήση της Αττικής οδού προκύπτει μια συνολική οικονομική επιβάρυνση της τάξεως των 4-6 €, λόγω του ποσού που καταβάλεται στα διόδια για τη χρήση του αυτοκινητόδρομου το οποίο ανέρχεται στα 11,30 €. Όμως, με τη χρήση της Αττικής Οδού προκύπτει εξοικονόμηση στο κόστος καυσίμου της τάξεως των 5-7 € και στο κόστος συντήρησης που είναι της τάξεως των 0,70-1 €. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.6, σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης και επισκευής του οχήματος, λόγω του μεικτού βάρους του οχήματος και του ποσοστού του χρόνου κίνησης με φορτίο, καθώς επίσης και το κόστος φθοράς των ελαστικών, λόγω του μεικτού βάρους του οχήματος, της απόστασης που διανύεται και της αντικατάστασης των ελαστικών.

4.4.5.1 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Κηφισιά

Για τις διαδρομές που εκτελέστηκαν για τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Κηφισιά και Κηφισιά-Ασπρόπυργος, χρησιμοποιήθηκαν 4 ομάδες διαδρομών, Αυτές περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλέπε υποκεφάλαιο 4.2.6) και είναι η Αττική Οδός με χρήση των κόμβων του Ασπρόπυργου και της Περιφερειακής Αιγάλεω και οι οδικοί άξονες της περιοχής των Αχαρνών καθώς επίσης και οι Λεωφόροι Κηφισού και Αθηνών.

Παρατηρείται ότι με τη χρήση της Αττικής Οδού, το δρομολόγιο εκτελείται κατά 14 λεπτά πιο γρήγορα σε σχέση με τις άλλες εναλλακτικές διαδρομές. Όμως η επιλογή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα μια οικονομική επιβάρυνση της τάξεως των 5,70 €. Το κόστος αυτού του δρομολογίου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψιν το κόστος διέλευσης από τον σταθμό διοδίων, το οποίο ανέρχεται στα 11,30 €. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη το κόστος καυσίμου, το οποίο ανέρχεται στα 1,2234 € για το μήνα Σεπτέμβριο (55) και το κόστος φθοράς, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται το κόστος φθοράς των ελαστικών και το κόστος συντήρησης και επισκευής του οχήματος (βλέπε υποκεφάλαιο 3.7).

Πίνακας 33.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

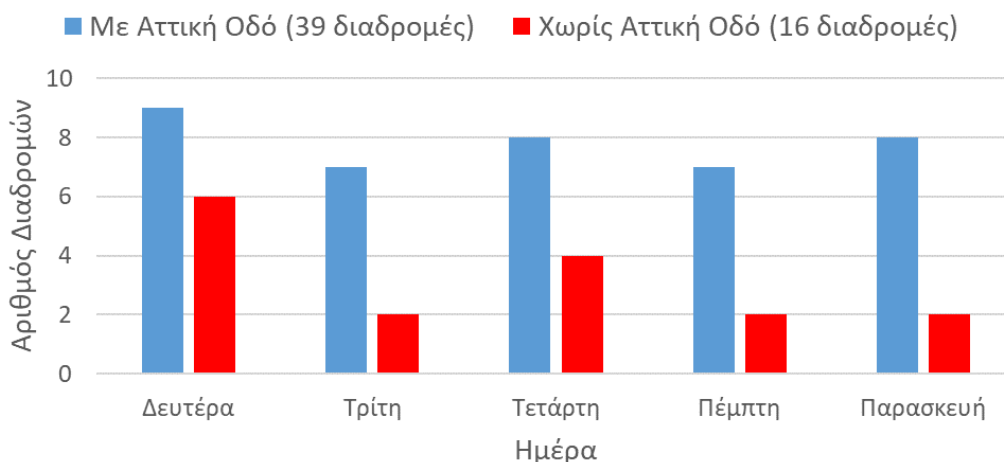
	Εναλλακτικές Διαδρομές	Μετάβαση	Επιστροφή	Μέσος χρόνος διαδρομής	Μέση κατανάλωση καυσίμου	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπρόπυργου) - 24χλμ. 56%	14	17	38 λεπτά	11,7 λίτρα	Όφελος σε χρόνο 14 λεπτά Οικονομική Επιβάρυνση 5,30 €
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω) - 21χλμ. 15%	1	7	34 λεπτά	11,1 λίτρα	
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών) - 33χλμ. 22%	5	7	47 λεπτά	15,4 λίτρα	
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών) - 21χλμ. 7%	2	2	62 λεπτά	17,1 λίτρα	
				37 λεπτά	11,6 λίτρα	
				51 λεπτά	15,8 λίτρα	

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι τον μήνα Σεπτέμβριο, το 71% των διαδρομών αυτών των περιοχών έγινε με τη χρήση της Αττικής Οδού. Γι' αυτό το λόγο, οι διαδρομές αναλύονται με βάση την ημέρα που προτιμήθηκε ή όχι η Αττική Οδός. Επίσης, είναι σημαντικό να εξετάσουμε πιο ομάδα διαδρομών επιλέχθηκε για την ημέρα που εμφανίστηκε να υπάρχει προτίμηση στην χρήση της Αττικής Οδού (Πίνακας 34). Επίσης, οι διαδρομές αναλύονται με βάση την ώρα αναχώρησης από την αφετηρία, ώστε να μπορέσουμε να συμπεράνουμε εάν ο χρόνος αναχώρησης από την αφετηρία επηρεάζει και την επιλογή της διαδρομής (Πίνακας 35).

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα για το μήνα Σεπτέμβριο



Σχήμα 70.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος).

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού τις ημέρες Τρίτη, Πέμπτη και Παρασκευή. Από αυτές αναλύεται η ημέρα Παρασκευή για την οποία έχουμε τις περισσότερες διαδρομές (10 διαδρομές) καθώς επίσης και επειδή ήταν το δρομολόγιο που είχε το μικρότερο χρόνο διαδρομής σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές διαδρομές που εκτελέστηκαν όλες τις Παρασκευές του μήνα Σεπτεμβρίου από τα φορτηγά της εταιρείας. Παρατηρείται ότι το 80% των διαδρομών αυτών έγινε με τη χρήση της Αττικής Οδού.



Ⓟ Πελάτης (Κηφισιά) Ⓜ Κεντρικές Εγκαταστάσεις Εταιρείας (Ασπρόπυργος)

Σχήμα 71.- Εναλλακτικές διαδρομές (ημέρα Παρασκευή), περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα στοιχεία των διαδρομών αυτών όπως ο χρόνος εκτέλεσης της κάθε διαδρομής καθώς επίσης και η κατανάλωση καυσίμου για κάθε διαδρομή.

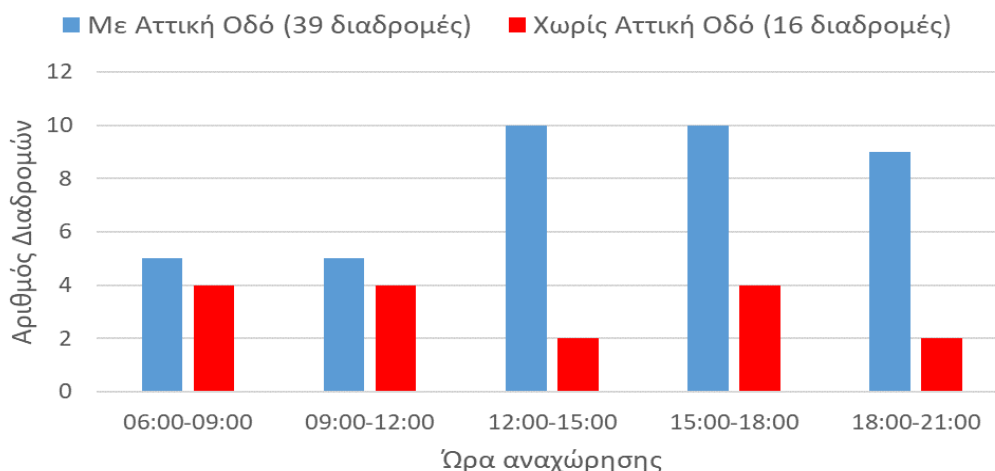
Πίνακας 34.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών ανά ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

	Εναλλακτικές Διαδρομές	
	Μέσω Αττικής Οδού	Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών
55 διαδρομές (22 Ασπρόπυργος – Κηφισιά) (33 Κηφισιά – Ασπρόπυργος)	24 χλμ.	33 χλμ.
Ημέρα Παρασκευή (10 διαδρομές) * Χάρτης	Ομάδα Α1 (8 διαδρομές)	Ομάδα Ε1 (2 διαδρομές)
Μέσος χρόνος διαδρομής	39 λεπτά	51 λεπτά
Μέση κατανάλωση καυσίμου	11,6 λίτρα	15 λίτρα
Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Όφελος σε χρόνο 12 λεπτά Οικονομική Επιβάρυνση 6,20 €	

**Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο*
**Κόστος διοδίων: 11,30€*
**Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ*

Οι ομάδες των διαδρομών που προτιμήθηκαν την ημέρα Παρασκευή είναι οι ομάδες διαδρομών Α1 και Ε1, με πιο συχνή την χρήση της ομάδας Α1 (39 λεπτά) και έπειτα της ομάδας Ε1 (51 λεπτά). Επομένως, η επιλογή της χρήσης της Αττικής Οδού οφείλεται στο ότι τα φορτηγά της εταιρείας την ημέρα Παρασκευή για το μήνα Σεπτέμβριο, εκτελούσαν πιο γρήγορα το δρομολόγιο τους. Δηλαδή, παρατηρείται ότι όταν τα φορτηγά δεν επέλεγαν την Αττική Οδό έχαναν χρόνο σε βαθμό της τάξεως του 24% (12 λεπτά), κάτι το οποίο επηρεάζει την μεταφορική δραστηριότητα των οχημάτων. Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος καυσίμου και για τις δύο περιπτώσεις. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται η Αττική Οδός, καταναλώνονται 11,6 λίτρα. Το μέσο κόστος καυσίμου για το μήνα Σεπτέμβριο είναι 1,2234 € για τον Νομό Αττικής. Το συνολικό κόστος εκτέλεσης της διαδρομής ανέρχεται στα 25,50 € καθώς συμπεριλαμβάνεται και το κόστος διοδίων της Αττικής Οδού το οποίο είναι 11,30 €. Στην περίπτωση όπου δεν χρησιμοποιείται ο αυτοκινητόδρομος, τα φορτηγά οχήματα καταναλώνουν 15 λίτρα καυσίμου, με κόστος 18,40 €. Δηλαδή συμπεραίνουμε ότι για την εκτέλεση αυτού του δρομολογίου, με τη χρήση της Αττικής Οδού, προκύπτει μια οικονομική επιβάρυνση για την εταιρεία της τάξεως των 6,20 €, λαμβάνοντας υπόψιν και το κόστος φθοράς των ελαστικών και το κόστος συντήρησης και επισκευής των οχημάτων.

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης για το μήνα Σεπτέμβριο



Σχήμα 72.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες στο χρονικό διάστημα 12:00-21:00. Από αυτά αναλύεται το χρονικό διάστημα 12:00-15:00 για το οποίο έχουμε 12 διαδρομές. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές διαδρομές που εκτελέστηκαν στο χρονικό διάστημα 12:00-15:00 κατά τον μήνα Σεπτέμβριο από τα φορτηγά της εταιρείας. Παρατηρείται ότι το ποσοστό χρήσης της Αττικής Οδού αυξάνεται σε 83%, σε σχέση με την ανάλυση ανά ημέρα. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι πέρα από την ημέρα εκτέλεσης του δρομολογίου, σημαντικό ρόλο στην επιλογή διαδρομής παίζει και η ώρα αναχώρησης από την αφετηρία.



Σχήμα 73.- Εναλλακτικές διαδρομές (διάστημα 12:00-15:00), περιοχές Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

Πίνακας 35.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος)

	Εναλλακτικές Διαδρομές	
	Μέσω Αττικής Οδού	Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών
55 διαδρομές (22 Ασπρόπυργος – Κηφισιά) (33 Κηφισιά – Ασπρόπυργος)	24 χλμ.	33 χλμ.
Ώρα Αναχώρησης 12:00-15:00 (12 διαδρομές) * Χάρτης	Ομάδα Α1 (10 διαδρομές)	Ομάδα Ε1 (2 διαδρομές)
Μέσος χρόνος διαδρομής	38 λεπτά	47 λεπτά
Μέση κατανάλωση καυσίμου	11,6 λίτρα	15,9 λίτρα
Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Όφελος σε χρόνο 9 λεπτά Οικονομική Επιβάρυνση 5,10 €	

*Κόστος καυσίμου Diesel
(Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο
*Κόστος διοδίων: 11,30€
*Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ

Στο χρονικό διάστημα 12:00-15:00, προτιμήθηκαν οι ομάδες διαδρομών Α1 και Ε1, με πιο συχνή την χρήση της ομάδας Α1 (38 λεπτά) και έπειτα της ομάδας Ε1 (47 λεπτά). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος διαδρομής της κάθε ομάδας υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό της εταιρείας και αντιπροσωπεύει τον συνηθισμένο χρόνο εκτέλεσης του δρομολογίου αυτού. Επιπλέον, παρατηρείται ότι με την επιλογή της Αττικής Οδού, το δρομολόγιο είναι κατά 9 λεπτά γρηγορότερο. Δηλαδή, η ώρα αναχώρησης, σε αυτή την περίπτωση επηρεάζει θετικά το ποσοστό χρησιμοποίησης των φορτηγών. Δηλαδή, ο χαμένος χρόνος κατά την επιλογή της διαδρομής χωρίς τη χρήση της Αττικής Οδού επηρεάζει τα επόμενα δρομολόγια. Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος καυσίμου και για τις δύο περιπτώσεις. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται η Αττική Οδός, καταναλώνονται 11,6 λίτρα. Το μέσο κόστος καυσίμου για το μήνα Σεπτέμβριο είναι 1,2234 € για τον Νομό Αττικής. Το συνολικό κόστος εκτέλεσης της διαδρομής ανέρχεται στα 25,50 € καθώς συμπεριλαμβάνεται και το κόστος διοδίων το οποίο είναι 11,30 €. Στην περίπτωση όπου δεν χρησιμοποιείται ο αυτοκινητόδρομος, τα φορτηγά οχήματα καταναλώνουν 15,9 λίτρα καυσίμου, με κόστος 19,40 €. Η οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει με τη χρήση της Αττικής Οδού είναι 6,05 €, με το κόστος φθοράς ελαστικών, συντήρησης και επισκευής των οχημάτων να ανέρχεται στα 0,10 € ανά χιλιόμετρο.

Μετά από ανάλυση και επεξεργασία των διαδρομών παρατηρήθηκε ότι οι εναλλακτικές διαδρομές είναι οι ίδιες για την περίοδο ανάλυσης. Ακολουθώντας την ίδια λογική, όπως το μήνα Σεπτέμβριο, έγινε η ίδια ανάλυση και το μήνα Οκτώβριο.

Πίνακας 36.-Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος και Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

	Σύγκριση	Σεπτέμβριος		Οκτώβριος	
		Εναλλακτικές Διαδρομές	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος ή έξοδος στον κόμβο Ασπρόπυργου) – 24χλμ.	56%	Όφελος σε χρόνο 14 λεπτά	64%	Όφελος σε χρόνο 17 λεπτά
	A2 (είσοδος ή έξοδος στον κόμβος Περιφ. Αιγάλεω) –21χλμ.	15%	Όφελος σε καύσιμο 4,2 λίτρα	22%	Όφελος σε καύσιμο 7,0 λίτρα
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών) – 33χλμ.	22%	Οικονομική Επιβάρυνση 5,30 €	7%	Οικονομική Επιβάρυνση 1,80 €
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών) – 21χλμ.	7%		7%	

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

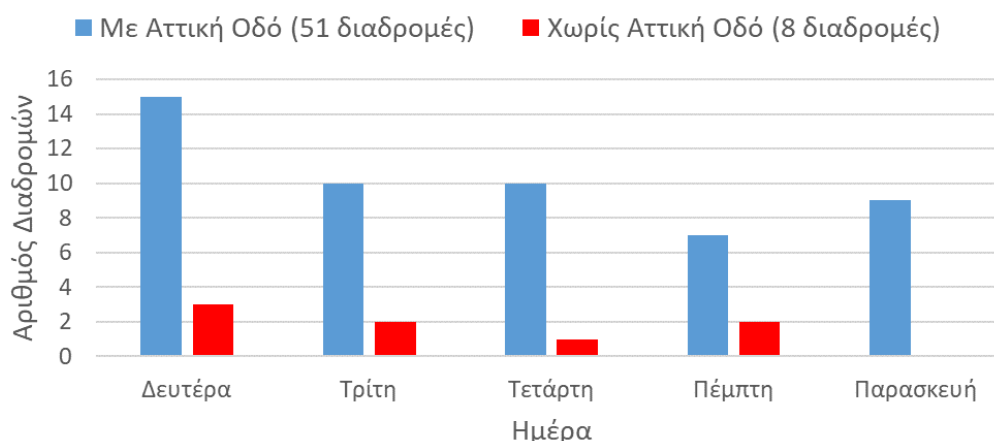
*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο, το φορτηγά εκτελούσαν κατά 3 λεπτά γρηγορότερα το δρομολόγιο τους. Αναλυτικότερα, με τη χρήση της Αττικής Οδού, ο μέσος χρόνος διαδρομής ήταν 39 λεπτά (2 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο) και με τη χρήση άλλων οδών ήταν 56 λεπτά (5 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της διαδρομής υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό των εκτελεσμένων διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας. Επίσης, για την εκτέλεση του δρομολογίου η οικονομική επιβάρυνση της εταιρείας ήταν μικρότερη κατά 3,60 €, γεγονός που οφείλεται στην μικρή συχνότητα χρήσης εναλλακτικών διαδρομών. Δηλαδή, οι οδηγοί των φορτηγών οχημάτων δεν χρησιμοποιούσαν τις εναλλακτικές οδούς οι οποίες έχουν μεγαλύτερη χιλιομετρική απόσταση. Αν και η τιμή καυσίμου το μήνα αυτό ήταν κατά 0,02 € ακριβότερη, φαίνεται ότι η οδηγική συμπεριφορά ήταν χειρότερη σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Αναλυτικότερα, μέσω της Αττικής Οδού η κατανάλωση υπολογίστηκε στα 13,6 λίτρα (αυξημένη κατά 2 λίτρα σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα) ενώ μέσω άλλων οδών ήταν 20,6 λίτρα (αυξημένη κατά 4,8 λίτρα).

Στη συνέχεια οι διαδρομές αναλύονται ανά ημέρα και ανά ώρα αναχώρησης ώστε να διευκρινιστεί εάν επιβεβαιώνεται η προτίμηση της χρήσης της Αττικής Οδού, όπως το μήνα Σεπτέμβριο.

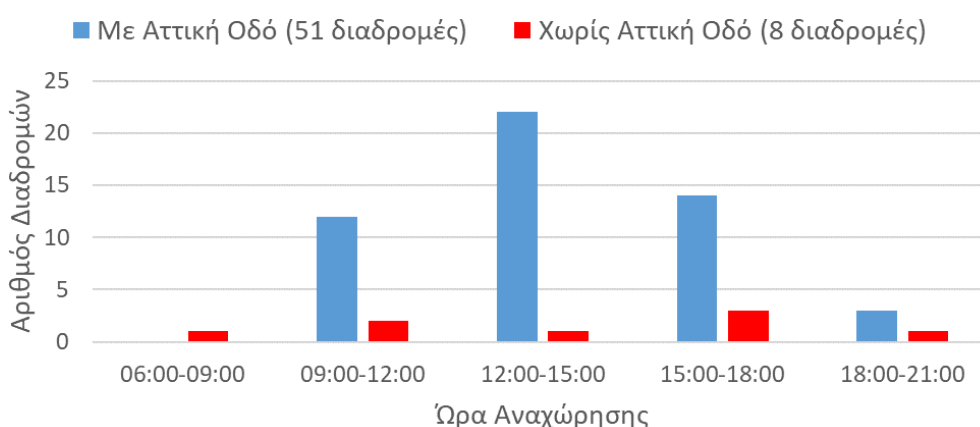
Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα για το μήνα Οκτώβριο



Σχήμα 74.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού όλες τις ημέρες, όπως και το μήνα Σεπτέμβριο. Όμως, υπήρξε αυξημένη προτίμηση στην επιλογή της εναλλακτικής διαδρομής μέσω της Αττικής Οδού. Αυτό οφείλεται, πέρα από το όφελος σε χρόνο και την μειωμένη οικονομική επιβάρυνση και στην αύξηση των δρομολογίων αυτό το μήνα (4 διαδρομές περισσότερα). Από αυτές αναλύεται η ημέρα Δευτέρα για την οποία είχαμε τις περισσότερες διαδρομές (18 διαδρομές) και επειδή ήταν το συντομότερο δρομολόγιο σε θέμα χρόνου σε σχέση με τις άλλες ημέρες.

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης για το μήνα Οκτώβριο



Σχήμα 75.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Οκτώβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού στο χρονικό διάστημα 09:00-18:00 σε αντίθεση με το μήνα Σεπτέμβριο όπου οι περισσότερες διαδρομές εκτελούνταν στο διάστημα 12:00-21:00. Επιλέγεται να αναλυθεί το χρονικό διάστημα 12:00-15:00, για το οποίο είχαμε τις περισσότερες

διαδρομές (23 διαδρομές). Επίσης, προτιμήθηκαν οι ομάδες διαδρομών A1, A2 και E1, με πιο συχνή την χρήση των ομάδων της Αττικής Οδού.

Παρατηρείται ότι το συντομότερο χρονικά δρομολόγιο δεν έγινε την ίδια ημέρα για την περίοδο ανάλυσης. Το μήνα Σεπτέμβριο το δρομολόγιο εκτελούνταν πιο γρήγορα την ημέρα Παρασκευή ενώ το μήνα Οκτώβριο την ημέρα Δευτέρα.

Πίνακας 37.- Ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

Ημέρα Εκτέλεσης Δρομολογίου	Σύγκριση Εναλλακτικές Διαδρομές	Σεπτέμβριος - Παρασκευή		Οκτώβριος - Δευτέρα	
		Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπροπύργου)	80%	Όφελος σε χρόνο 12 λεπτά	67%	Όφελος σε χρόνο 19 λεπτά
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω)	-	Όφελος σε καύσιμο 3,4 λίτρα	16,5%	Όφελος σε καύσιμο 5,8 λίτρα
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών)	20%	Οικονομική Επιβάρυνση 6,20 €	16,5%	Οικονομική Επιβάρυνση 3,30 €

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Πίνακας 38.-Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Κηφισιά (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

Ώρα Αναχώρησης 12:00-15:00	Σύγκριση Εναλλακτικές Διαδρομές	Σεπτέμβριος		Οκτώβριος	
		Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπροπύργου)	83%	Όφελος σε χρόνο 9 λεπτά	78%	Όφελος σε χρόνο 16 λεπτά
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω)	-	Όφελος σε καύσιμο 3,4 λίτρα	17%	Όφελος σε καύσιμο 5,5 λίτρα
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών)	17%	Οικονομική Επιβάρυνση 5,10 €	5%	Οικονομική Επιβάρυνση 3,55 €

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο, το φορτηγά εκτελούσαν κατά 7 λεπτά γρηγορότερα το δρομολόγιο τους. Αναλυτικότερα, με τη χρήση της Αττικής Οδού, ο μέσος χρόνος διαδρομής ήταν 37 λεπτά (2 λεπτά μικρότερος από το μήνα

Σεπτέμβριο) και με τη χρήση άλλων οδών ήταν 53 λεπτά (2 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της διαδρομής υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό των εκτελεσμένων διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας. Επίσης, για την εκτέλεση του δρομολογίου η οικονομική επιβάρυνση της εταιρείας ήταν μικρότερη κατά 1,55 €, γεγονός που οφείλεται στην μικρή συχνότητα χρήσης εναλλακτικών διαδρομών. Δηλαδή, οι οδηγοί των φορτηγών οχημάτων δεν χρησιμοποιούσαν τις εναλλακτικές οδούς οι οποίες έχουν μεγαλύτερη χιλιομετρική απόσταση. Αν και η τιμή καυσίμου το μήνα αυτό ήταν κατά 0,02 € ακριβότερη, φαίνεται ότι η οδηγική συμπεριφορά ήταν καλύτερη σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Αναλυτικότερα, μέσω της Αττικής Οδού η κατανάλωση υπολογίστηκε στα 14,3 λίτρα (αυξημένη κατά 2,7 λίτρα σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα) ενώ μέσω άλλων οδών ήταν 19,8 λίτρα (αυξημένη κατά 4,8 λίτρα).

Συμπερασματικά, για το μήνα Οκτώβριο, παρατηρείται ότι εμφανίζεται μεγαλύτερη συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Η μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζεται και στις ημέρες εκτέλεσης του δρομολογίου. Όμως, με βάση την ώρα αναχώρησης από την αφετηρία παρατηρείται ότι τα δρομολόγια εκτελούνται κυρίως τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες, σε αντίθεση με το μήνα Σεπτέμβριο όπου η εκτέλεση των δρομολογίων ήταν κυρίως τις μεσημεριανές-απογευματινές ώρες.

Με τη σύγκριση των δύο μηνών ξεχωριστά παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της προτίμησης της εναλλακτικής διαδρομής μέσω Αττικής Οδού οφείλεται στο όφελος σε χρόνο με μικρή οικονομική επιβάρυνση, το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε επιπλέον μεταφορικό έργο.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε από τις αναλύσεις που έγιναν και για τους δύο μήνες ότι πραγματοποιήθηκαν 48 διαδρομές μετάβασης από τον Ασπρόπυργο προς την Κηφισιά και 66 διαδρομές επιστροφής. Για τις διαδρομές μετάβασης οι 37 έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού και οι υπόλοιπες 11 χωρίς. Το όφελος της εταιρείας ήταν να κερδίσει σε χρόνο 14 λεπτά γι' αυτό το δρομολόγιο. Όμως, παρατηρήθηκε ότι δεν είχε όφελος και στο κόστος της διαδρομής καθώς έχασε 4,90 €. Από την άλλη μεριά, για τις διαδρομές επιστροφής, οι 53 έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού ενώ 13 διαδρομές έγιναν χωρίς τη χρήση της. Το όφελος της εταιρείας ήταν να κερδίσει σε χρόνο 14 λεπτά γι' αυτό το δρομολόγιο, με οικονομική επιβάρυνση 5,10 €. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι οι οδηγοί των φορτηγών επέλεξαν την Αττική Οδό για να αποφύγουν τυχόν κυκλοφοριακή συμφόρηση των αστικών οδικών δικτύων. Δηλαδή οι οδηγοί θέλουν να εξυπηρετήσουν γρήγορα τους πελάτες είτε υπάρχουν χρονοπαράθυρα είτε όχι, είτε πρόκειται για διαδρομές μετάβασης είτε για επιστροφής. Ο συγκεντρωτικός χάρτης των ομάδων διαδρομών μετάβασης και επιστροφής και για τους δύο μήνες φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

4.4.5.2 Περιοχές: Ασπρόπυργος και Αχαρνές

Για τις διαδρομές που εκτελέστηκαν για τα δρομολόγια Ασπρόπυργος-Αχαρνές και Αχαρνές-Ασπρόπυργος, χρησιμοποιήθηκαν 4 ομάδες διαδρομών, Αυτές περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (βλέπε υποκεφάλαιο 4.2.6) και είναι η Αττική Οδός με χρήση των κόμβων του Ασπρόπυργου και της Περιφερειακής Αιγάλεω και οι οδικοί άξονες της περιοχής των Αχαρνών.

Παρατηρείται ότι με τη χρήση της Αττικής Οδού, το δρομολόγιο εκτελείται κατά 1 λεπτό πιο γρήγορα σε σχέση με τις άλλες εναλλακτικές διαδρομές. Όμως η επιλογή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα μια οικονομική επιβάρυνση της τάξεως των 6,30 €. Το κόστος αυτού του δρομολογίου υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψιν το κόστος διέλευσης από τον σταθμό διοδίων, το οποίο ανέρχεται στα 11,30 €. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη το κόστος καυσίμου, το οποίο ανέρχεται στα 1,2234 € για το μήνα Σεπτέμβριο και το κόστος φθοράς, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται το κόστος φθοράς των ελαστικών και το κόστος συντήρησης και επισκευής του οχήματος (βλέπε υποκεφάλαιο 3.6).

Πίνακας 39.-Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

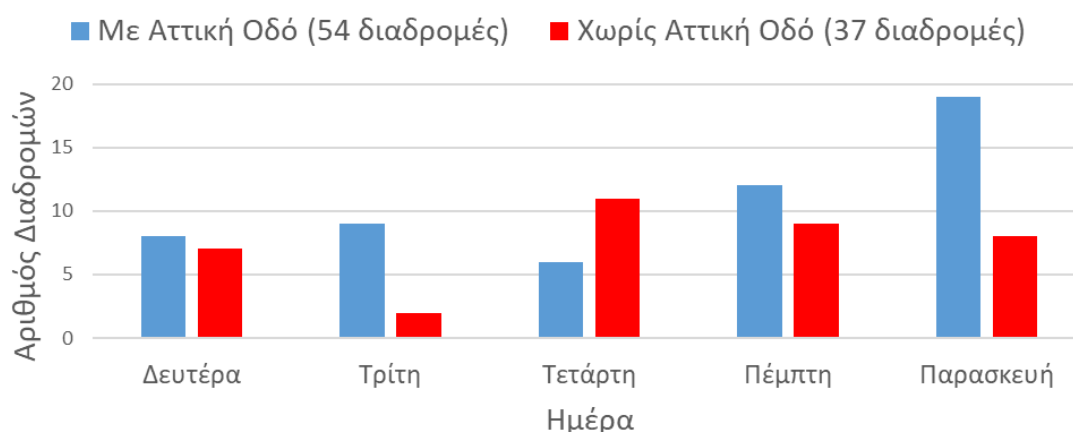
	Εναλλακτικές Διαδρομές	Μετάβαση	Επιστροφή	Μέσος χρόνος διαδρομής		Μέση κατανάλωση καυσίμου		Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
				Μέσος χρόνος	Μέση κατανάλωση	Μέση κατανάλωση	Μέση κατανάλωση	
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπρόπυργου) - 27χλμ. 47%	31	12	43 λεπτά	43	12,3 λίτρα	12,3	Όφελος σε χρόνο 1 λεπτό Οικονομική Επιβάρυνση 6,80 €
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω) - 24χλμ. 12%	0	11	48 λεπτά		12,2 λίτρα		
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών) - 18χλμ. 8%	0	8	46 λεπτά	44	16,4 λίτρα	16,5	
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών) - 21χλμ. 32%	18	11	43 λεπτά		16,7 λίτρα		

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι τον μήνα Σεπτέμβριο, το 59% των διαδρομών αυτών των περιοχών έγινε με τη χρήση της Αττικής Οδού. Γι' αυτό το λόγο, οι διαδρομές αναλύονται με βάση την ημέρα που προτιμήθηκε ή όχι η Αττική Οδός. Επίσης, είναι σημαντικό να εξετάσουμε πιο ομάδα διαδρομών επιλέχθηκε για την ημέρα που εμφανίστηκε να υπάρχει προτίμηση στην χρήση της Αττικής Οδού (). Επίσης, οι διαδρομές αναλύονται με βάση την ώρα αναχώρησης από την αφετηρία, ώστε να μπορέσουμε να συμπεράνουμε εάν ο χρόνος αναχώρησης από την αφετηρία επηρεάζει και την επιλογή της διαδρομής ()

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα



Σχήμα 76.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού τις ημέρες Τρίτη και Παρασκευή. Από αυτές αναλύεται η ημέρα Παρασκευή για την οποία είχαμε τις περισσότερες διαδρομές (27 διαδρομές) καθώς επίσης και επειδή ήταν το δρομολόγιο που είχε το μικρότερο χρόνο διαδρομής σε σχέση με τις υπόλοιπες ημέρες. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι τέσσερις εναλλακτικές διαδρομές που εκτελέστηκαν όλες τις Παρασκευές του μήνα Σεπτεμβρίου από τα φορτηγά της εταιρείας. Παρατηρείται ότι το 70% των διαδρομών αυτών έγινε με τη χρήση της Αττικής Οδού.



- Ⓟ Ομάδα A1
 Ⓟ Ομάδα A2
 Ⓟ Ομάδα E1
 Ⓟ Ομάδα E2
- Ⓟ Πελάτης (Αχαρνές)
 Ⓟ Κεντρικές Εγκαταστάσεις Εταιρείας (Ασπρόπυργος)
- Ⓟ Εμπορευματικό Κέντρο Θριασίου Πεδίου (Ασπρόπυργος)

Σχήμα 77.- Εναλλακτικές διαδρομές (ημέρα Παρασκευή), περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα στοιχεία των διαδρομών αυτών όπως ο χρόνος εκτέλεσης της κάθε διαδρομής, ο μέσος χρόνος εκτέλεσης των ομάδων διαδρομών, καθώς επίσης και η κατανάλωση καυσίμου για κάθε διαδρομή.

Πίνακας 40.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

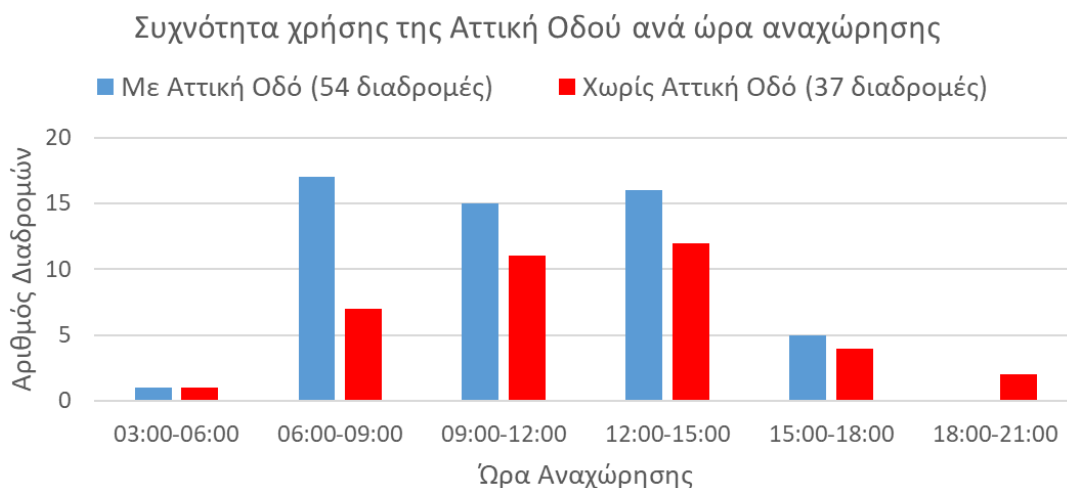
	Εναλλακτικές Διαδρομές	
	Μέσω Αττικής Οδού	Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών
91 διαδρομές (49 Ασπρόπυργος – Αχαρνές) (42 Αχαρνές – Ασπρόπυργος)	27 χλμ.	21 χλμ.
Ημέρα Παρασκευή (27 διαδρομές) * Χάρτης	Ομάδα Α1 (13 διαδρομές)	Ομάδα Ε1 (2 διαδρομές)
	Ομάδα Α2 (6 διαδρομές)	Ομάδα Ε2 (6 διαδρομές)
Μέσος χρόνος διαδρομής	43 λεπτά	47 λεπτά
Μέση κατανάλωση καυσίμου	12,5 λίτρα	15,8 λίτρα
Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Όφελος σε χρόνο 4 λεπτά Οικονομική Επιβάρυνση 7,90 €	

***Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο**

***Κόστος διοδίων: 11,30€**

***Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ**

Η εκτέλεση του δρομολογίου με τη χρήση της Αττικής Οδού (43 λεπτά) είναι κατά 4 λεπτά πιο γρήγορο σε σχέση με τη χρήση των άλλων οδών. Επομένως, η επιλογή της χρήσης της Αττικής Οδού οφείλεται στο ότι τα φορτηγά της εταιρείας την ημέρα Παρασκευή για το μήνα Σεπτέμβριο, εκτελούσαν πιο γρήγορα το δρομολόγιο τους. Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος καυσίμου και για τις δύο περιπτώσεις. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται η Αττική Οδός, καταναλώνονται 12,5 λίτρα. Το μέσο κόστος καυσίμου για το μήνα Σεπτέμβριο είναι 1,2234 € για τον Νομό Αττικής. Το συνολικό κόστος εκτέλεσης της διαδρομής ανέρχεται στα 26,60 € καθώς συμπεριλαμβάνεται και το κόστος διοδίων της Αττικής Οδού το οποίο είναι 11,30 €. Στην περίπτωση όπου δεν χρησιμοποιείται ο αυτοκινητόδρομος, τα φορτηγά οχήματα καταναλώνουν 15,8 λίτρα καυσίμου, με κόστος 19,30 €. Δηλαδή συμπεραίνουμε ότι για την εκτέλεση αυτού του δρομολογίου, με τη χρήση της Αττικής Οδού, προκύπτει μια οικονομική επιβάρυνση για την εταιρεία της τάξεως των 7,90 €, λαμβάνοντας υπόψιν και το κόστος φθοράς των ελαστικών και το κόστος συντήρησης και επισκευής των οχημάτων.



Σχήμα 78.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού κυρίως τις πρωινές ώρες στο χρονικό διάστημα 06:00-09:00. Αυτό θα είναι και το χρονικό διάστημα που θα αναλυθεί περαιτέρω. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι δύο εναλλακτικές διαδρομές που εκτελέστηκαν στο χρονικό διάστημα 06:00-09:00 κατά τον μήνα Σεπτέμβριο από τα φορτηγά της εταιρείας. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι πέρα από την ημέρα εκτέλεσης του δρομολογίου, σημαντικό ρόλο στην επιλογή διαδρομής παίζει και η ώρα αναχώρησης από την αφετηρία.



Σχήμα 79.- Εναλλακτικές διαδρομές (διάστημα 06:00-09:00), περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

Πίνακας 41.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος)

	Εναλλακτικές Διαδρομές	
91 διαδρομές (49 Ασπρόπυργος – Αχαρνές) (42 Αχαρνές – Ασπρόπυργος)	Μέσω Αττικής Οδού	Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών
	27 χλμ.	21 χλμ.
Ώρα Αναχώρησης 06:00-09:00 (24 διαδρομές) * Χάρτης	Ομάδα A1 (15 διαδρομές)	Ομάδα E2 (7 διαδρομές)
	Ομάδα A2 (2 διαδρομές)	
Μέσος χρόνος διαδρομής	43 λεπτά	43 λεπτά
Μέση κατανάλωση καυσίμου	12,3 λίτρα	16,2 λίτρα
Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Όφελος σε χρόνο 0 λεπτά Οικονομική Επιβάρυνση 7,10 €	

***Κόστος καυσίμου Diesel
(Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο**
***Κόστος διοδίων: 11,30€**
***Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ**

Στο χρονικό διάστημα 06:00-09:00, προτιμήθηκαν οι ομάδες διαδρομών A1, A2 και E2, με πιο συχνή την χρήση της ομάδας A1 (43 λεπτά) και έπειτα της ομάδας E2 (43 λεπτά). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος διαδρομής της κάθε ομάδας υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό της εταιρείας και αντιπροσωπεύει τον συνηθισμένο χρόνο εκτέλεσης του δρομολογίου αυτού. Σε αυτή την περίπτωση όποια εναλλακτική διαδρομή και αν επιλεγεί ο χρόνος διαδρομής θα είναι ίδιος. Επιπλέον, υπολογίστηκε το κόστος καυσίμου και για τις δύο περιπτώσεις. Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιείται η Αττική Οδός, καταναλώνονται 12,3 λίτρα. Το μέσο κόστος καυσίμου για το μήνα Σεπτέμβριο είναι 1,2234 € για τον Νομό Αττικής. Το συνολικό κόστος εκτέλεσης της διαδρομής ανέρχεται στα 26,30 € καθώς συμπεριλαμβάνεται και το κόστος διοδίων το οποίο είναι 11,30 €. Στην περίπτωση όπου δεν χρησιμοποιείται ο αυτοκινητόδρομος, τα φορτηγά οχήματα καταναλώνουν 16,2 λίτρα καυσίμου, με κόστος 19,80 €. Η οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει με τη χρήση της Αττικής Οδού είναι 7,10 €, με το κόστος φθοράς ελαστικών, συντήρησης και επισκευής των οχημάτων να ανέρχεται στα 0,10 € ανά χιλιόμετρο.

Μετά από ανάλυση και επεξεργασία των διαδρομών παρατηρήθηκε ότι οι εναλλακτικές διαδρομές δεν είναι οι ίδιες για την περίοδο ανάλυσης. Το μήνα Οκτώβριο παρατηρήθηκε ότι η χρήση των αστικών οδικών δικτύων της περιοχής των Αχαρνών μειώνεται. Η μείωση αυτή οφείλεται στο ότι προτιμήθηκε η διαδρομή μέσω των

Λεωφόρων Κηφισού και Αθηνών. Ακολουθώντας την ίδια λογική, όπως το μήνα Σεπτέμβριο, έγινε η ίδια ανάλυση και το μήνα Οκτώβριο.

Πίνακας 42.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών, περιοχές Ασπρόπυργος και Αχαρνές (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

	Σύγκριση	Σεπτέμβριος		Οκτώβριος	
		Εναλλακτικές Διαδρομές	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπροπύργου) – 27χλμ	47%	Όφελος σε χρόνο 1 λεπτό	50%	Όφελος σε χρόνο 3 λεπτά
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω) – 24χλμ.	12%	Όφελος σε καύσιμο 4,2 λίτρα	10%	Όφελος σε καύσιμο 4,6 λίτρα
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών) – 36χλμ.	0%	Οικονομική Επιβάρυνση 6,80 €	9%	Οικονομική Επιβάρυνση 6,10 €
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών) – 18χλμ.	40%		31%	

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

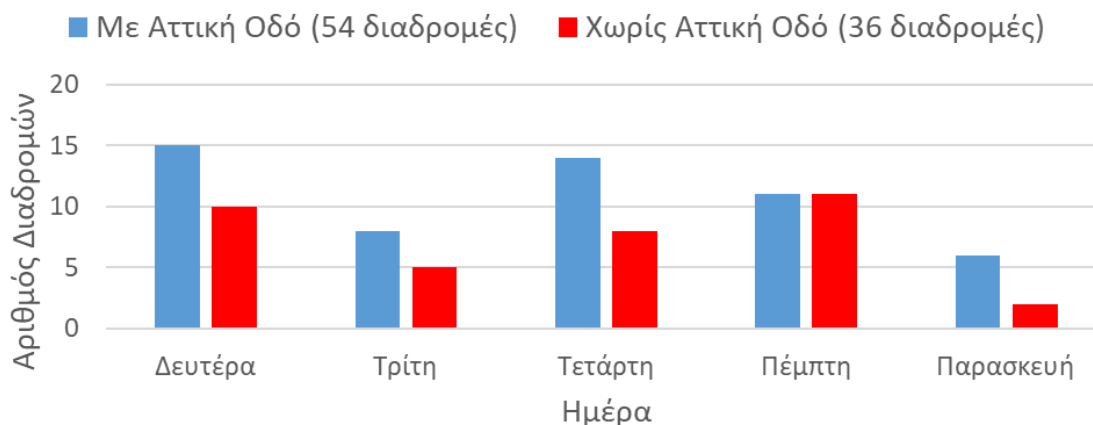
*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο, το φορτηγά εκτελούσαν κατά 2 λεπτά γρηγορότερα το δρομολόγιο τους. Αναλυτικότερα, με τη χρήση της Αττικής Οδού, ο μέσος χρόνος διαδρομής ήταν 43 λεπτά (ομοίως με το μήνα Σεπτέμβριο) και με τη χρήση άλλων οδών ήταν 46 λεπτά (2 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της διαδρομής υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό των εκτελεσμένων διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας. Επίσης, για την εκτέλεση του δρομολογίου η οικονομική επιβάρυνση της εταιρείας ήταν μικρότερη κατά 0,20 €. Αν και η τιμή καυσίμου το μήνα αυτό ήταν κατά 0,02 € ακριβότερη, φαίνεται ότι η οδηγική συμπεριφορά ήταν καλύτερη σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Αναλυτικότερα, μέσω της Αττικής Οδού η κατανάλωση υπολογίστηκε στα 12 λίτρα (μειωμένη κατά 0,3 λίτρα σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα) ενώ μέσω άλλων οδών ήταν 16,5 λίτρα (ομοίως με το μήνα Σεπτέμβριο).

Στη συνέχεια οι διαδρομές αναλύονται ανά ημέρα και ανά ώρα αναχώρησης ώστε να διευκρινιστεί εάν επιβεβαιώνεται η προτίμηση της χρήσης της Αττικής Οδού, όπως το μήνα Σεπτέμβριο.

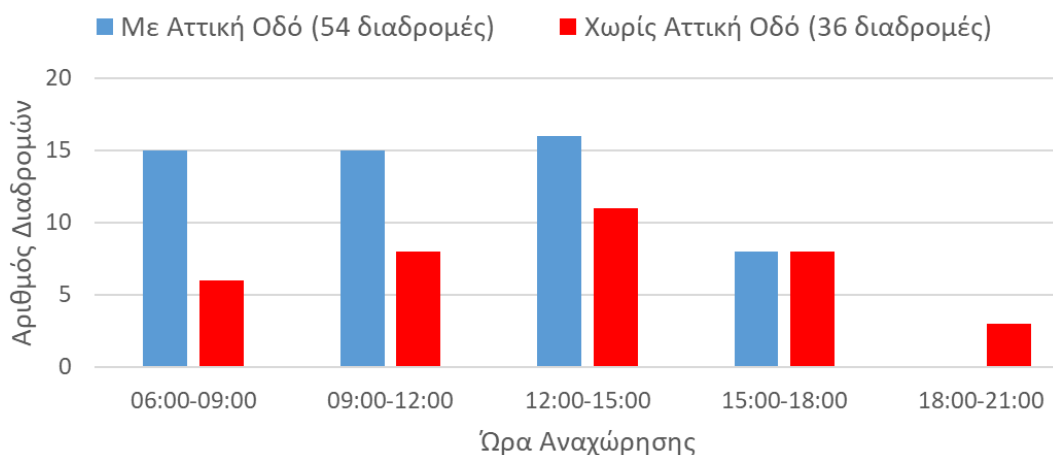
Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα για το μήνα Σεπτέμβριο



Σχήμα 80.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ημέρα, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού τις ημέρες Δευτέρα και Τετάρτη, σε αντίθεση με το μήνα Σεπτέμβριο όπου η προτίμηση στη χρήση της Αττικής Οδού εμφανίστηκε τις ημέρες Τρίτη και Παρασκευή. Από αυτές αναλύεται η ημέρα Τετάρτη για την οποία είχαμε την καλύτερη σύγκριση (22 διαδρομές) και επειδή ήταν το συντομότερο δρομολόγιο σε θέμα χρόνου σε σχέση με τις άλλες ημέρες.

Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης για το μήνα Οκτώβριο



Σχήμα 81.- Συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού ανά ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Οκτώβριος)

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται να υπάρχει μια τάση προς τη χρήση της Αττικής Οδού κυρίως τις πρωινές ώρες στο χρονικό διάστημα 06:00-12:00. Το χρονικό διάστημα που θα αναλυθεί περαιτέρω είναι το 06:00-09:00 για το οποίο είναι πιο εμφανής η προτίμηση της Αττικής Οδού (21 διαδρομές). Επίσης, προτιμήθηκαν όλες οι ομάδες διαδρομών.

Παρατηρείται ότι το συντομότερο χρονικά δρομολόγιο δεν έγινε την ίδια ημέρα για την περίοδο ανάλυσης. Το μήνα Σεπτέμβριο το δρομολόγιο εκτελούνταν πιο γρήγορα την ημέρα Παρασκευή ενώ το μήνα Οκτώβριο την ημέρα Τετάρτη.

Πίνακας 43.- Ημέρα εκτέλεσης βέλτιστου δρομολογίου, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος–Οκτώβριος)

Ημέρα Εκτέλεσης Δρομολογίου	Σύγκριση		Σεπτέμβριος - Παρασκευή		Οκτώβριος - Τετάρτη	
	Εναλλακτικές Διαδρομές		Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπρόπυργου)		48%	Όφελος σε χρόνο 4 λεπτά Όφελος σε καύσιμο 3,3 λίτρα Οικονομική Επιβάρυνση 7,90 €	55%	Όφελος σε χρόνο 3 λεπτά Όφελος σε καύσιμο 5,2 λίτρα Οικονομική Επιβάρυνση 5,40 €
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω)		22%		9%	
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών)		-		4%	
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών)		30%		32%	

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Πίνακας 44.- Σύγκριση εναλλακτικών διαδρομών με βάση την ώρα αναχώρησης, περιοχές Ασπρόπυργος & Αχαρνές (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος)

Ώρα Αναχώρησης 06:00-09:00	Σύγκριση		Σεπτέμβριος		Οκτώβριος	
	Εναλλακτικές Διαδρομές		Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού	Συχνότητα	Αποτελέσματα από χρήση της Αττικής Οδού
Μέσω Αττικής Οδού	A1 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Ασπρόπυργου)		63%	Όφελος σε χρόνο 0 λεπτά Όφελος σε καύσιμο 3,9 λίτρα Οικονομική Επιβάρυνση 7,10 €	59%	Όφελος σε χρόνο 2 λεπτά Όφελος σε καύσιμο 5,4 λίτρα Οικονομική Επιβάρυνση 5,20 €
	A2 (είσοδος/έξοδος Κόμβος Περιφ. Αιγάλεω)		8%		9%	
Μέσω Εναλλακτικών Διαδρομών	E1 (Λεωφ. Κηφισού & Αθηνών)		-		4%	
	E2 (Οδοί στην περιοχή Αχαρνών)		29%		28%	

*Κόστος καυσίμου Diesel (Σεπτέμβριος 2017): 1,2234€/λίτρο *Κόστος διοδίων: 11,30€ *Κόστος συντήρησης: 0,10€/χλμ.

*Κόστος καυσίμου Diesel (Οκτώβριος 2017): 1,246€/λίτρο

*Σαν κόστος συντήρησης θεωρούμε το κόστος συντήρησης, επισκευής του οχήματος και αντικατάστασης των ελαστικών

Παρατηρείται ότι σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο, το φορτηγά εκτελούσαν κατά 2 λεπτά γρηγορότερα το δρομολόγιο τους. Αναλυτικότερα, με τη χρήση της Αττικής Οδού, ο μέσος χρόνος διαδρομής ήταν 48 λεπτά (5 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο) και με τη χρήση άλλων οδών ήταν 50 λεπτά (7 λεπτά μεγαλύτερος από το μήνα Σεπτέμβριο). Υπενθυμίζεται ότι ο μέσος χρόνος εκτέλεσης της διαδρομής υπολογίστηκε με βάση το ιστορικό των εκτελεσμένων διαδρομών από τα φορτηγά της εταιρείας. Επίσης, για την εκτέλεση του δρομολογίου η οικονομική επιβάρυνση της εταιρείας ήταν μικρότερη κατά 1,90 €, γεγονός που οφείλεται στην μείωση της συχνότητας χρήσης της Αττικής Οδού. Η τιμή καυσίμου το μήνα αυτό ήταν κατά 0,02 € ακριβότερη, σε σχέση με το μήνα Σεπτέμβριο. Αναλυτικότερα, μέσω της Αττικής Οδού η κατανάλωση υπολογίστηκε στα 12,1 λίτρα (μειωμένη κατά 0,2 λίτρα σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα) ενώ μέσω άλλων οδών ήταν 17,5 λίτρα (αυξημένη κατά 1,3 λίτρα).

Συμπερασματικά, για το μήνα Οκτώβριο, παρατηρείται ότι η συχνότητα χρήσης της Αττικής Οδού είναι παρόμοια με το μήνα Σεπτέμβριο. Η μεγαλύτερη συχνότητα χρήσης των διαδρομών μέσω της Αττικής Οδού εμφανίζεται κυρίως τις ημέρες Δευτέρα και Τετάρτη ενώ το μήνα Σεπτέμβριο τις ημέρες Τρίτη και Παρασκευή. Με βάση την ώρα αναχώρησης από την αφετηρία παρατηρείται ότι τα δρομολόγια εκτελούνται κυρίως τις πρωινές-μεσημεριανές ώρες, στο διάστημα 06:00-15:00 και για τους δύο μήνες.

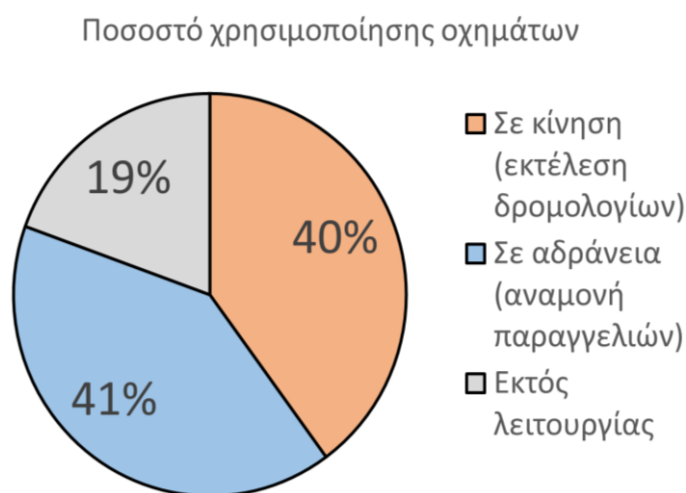
Συμπερασματικά, για το μήνα Οκτώβριο, έγιναν 43 διαδρομές μετάβασης από την περιοχή του Ασπρόπυργου προς την περιοχή των Αχαρνών και 47 διαδρομές επιστροφής. Για τις διαδρομές μετάβασης παρατηρείται ότι οι 27 έγιναν με τη χρήση της Αττικής Οδού και οι υπόλοιπες 16 χωρίς τη χρήση της. Το όφελος της εταιρείας ήταν να κερδίσει 2 λεπτά σε χρόνο γι' αυτό το δρομολόγιο. Όμως, παρατηρήθηκε ότι δεν είχε όφελος και στο κόστος της διαδρομής καθώς έχασε 4,76 €. Από την άλλη μεριά, για τις διαδρομές επιστροφής, παρατηρήθηκε ότι έγιναν 27 διαδρομές με την επιλογή της Αττικής Οδού και 20 χωρίς. Η εταιρεία, σε αυτή την περίπτωση, κέρδισε σε χρόνο κατά 2 λεπτά, όταν επιλέχθηκε η Αττική Οδός αλλά και σε αυτή την περίπτωση έχασε χρήματα της τάξεως των 4,47 €.

Συμπερασματικά, παρατηρούμε από τις αναλύσεις που έγιναν και για τους δύο μήνες ότι πραγματοποιήθηκαν 92 διαδρομές μετάβασης από την περιοχή του Ασπρόπυργου προς την περιοχή των Αχαρνών και 89 διαδρομές επιστροφής. Για τις διαδρομές μετάβασης οι 58 έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού και οι υπόλοιπες 34 χωρίς. Παρατηρήθηκε ότι με τη χρήση της Αττικής Οδού το δρομολόγιο για τη μετάβαση από τον Ασπρόπυργο προς τους Αχαρνές εκτελούνταν κατά 3 λεπτά γρηγορότερα σε σχέση με τις διαδρομές χωρίς τη χρήση της. Επίσης, δεν υπήρξε οικονομικό όφελος γι' αυτό το δρομολόγιο, με βάση το κόστος της διαδρομής, καθώς έχασε 5,40 €. Από την άλλη μεριά, για τις διαδρομές επιστροφής, οι 50 έγιναν με χρήση της Αττικής Οδού ενώ 39 διαδρομές έγιναν χωρίς τη χρήση της. Ο χρόνος διαδρομής μέσω της Αττικής Οδού ήταν κατά 4 λεπτά γρηγορότερος σε σχέση με τις υπόλοιπες εναλλακτικές διαδρομές. Όμως, παρατηρήθηκε ότι δεν είχε όφελος με βάση το κόστος της διαδρομής καθώς έχασε 5,50 €. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι οι οδηγοί των φορτηγών επέλεξαν την Αττική Οδό για να αποφύγουν τυχόν κυκλοφοριακή συμφόρηση των αστικών οδικών δικτύων. Δηλαδή οι οδηγοί θέλουν να εξυπηρετήσουν γρήγορα τους πελάτες είτε υπάρχουν χρονοπαράθυρα είτε όχι, είτε πρόκειται για διαδρομές μετάβασης είτε για επιστροφής. Ο συγκεντρωτικός χάρτης των ομάδων

διαδρομών μετάβασης και επιστροφής και για τους δύο μήνες φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

4.4.6 Εκτίμηση της δυνατότητας εκτέλεσης πρόσθετων δρομολογίων λόγω της εξοικονόμησης χρόνου από τη χρήση της Αττικής Οδού

Το ποσοστό χρησιμοποίησης των φορτηγών οχημάτων κατά τη διάρκεια εργασίας του φορτηγού οχήματος παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Παρατηρήθηκε ότι κατά τις ώρες εργασίας τα φορτηγά ήταν σε κίνηση στο 40% του χρόνου, σε κατάσταση αδρανείας στο 41% και εκτός λειτουργίας (παρκαρισμένο/απενεργοποιημένο) σε ποσοστό 19%.



Σχήμα 82.- Ποσοστό χρησιμοποίησης οχημάτων

Επίσης, υπολογίστηκε ο μέσος χρόνος αναμονής των φορτηγών οχημάτων στις περιοχές εξυπηρέτησης. Δηλαδή, κατά την εκτέλεση ενός δρομολογίου, μόλις το φορτηγό φθάσει στην περιοχή του πελάτη, περνάει στη φάση αδρανείας. Αναλυτικότερα, σε αυτό το διάστημα, με βάση την προεπισκόπηση των δεδομένων, φαίνεται ότι η μηχανή είναι ανοιχτή (με ταχύτητα μηδέν) ή ότι είναι σε κατάσταση αδρανείας (με ταχύτητα μηδέν) ή ότι η μηχανή είναι κλειστή.

Πίνακας 45.- Μέσος χρόνος αδρανείας φορτηγών οχημάτων

Τοποθεσία	Μέσος χρόνος αδρανείας φορτηγού οχήματος
Τανάγρα (Κέντρο διανομής & μεταμόρφωσης)	90 λεπτά
Ασπρόπυργος (Κεντρικές εγκαταστάσεις)	65 λεπτά
Διόνυσος	55 λεπτά
Πέραμα (ΣΕΜΠΟ)	50 λεπτά
Αχαρνές	45 λεπτά
Κηφισιά	35 λεπτά
Σκαρμαγκάς	20 λεπτά
Πέραμα (Βιομηχανικό Πάρκο Σχιστού)	10 λεπτά

Ο μέσος χρόνος αδρανείας περιλαμβάνει το χρόνο αδρανείας λόγω αναμονής νέων αιτημάτων και το χρόνο φορτοεκφόρτωσης, καθώς δεν ήταν διαθέσιμη η πληροφορία του μεικτού βάρους του οχήματος από το σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων. Παρατηρείται ότι στο κέντρο διανομής και μεταμόρφωσης της εταιρείας στην περιοχή της Τανάγρας ο χρόνος αυτός ήταν 90 λεπτά. Εξίσου σημαντικός είναι και ο χρόνος αναμονής στις κεντρικές εγκαταστάσεις της εταιρείας (60 λεπτά) και στην περιοχή των πελατών. Στην περιοχή του Σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του Πειραιά (ΣΕΜΠΟ) υπολογίστηκε ότι ο μέσος χρόνος αδρανείας του οχήματος ήταν 50 λεπτά.

Τα πραγματικά και υποθετικά σενάρια που πραγματοποιήθηκαν όπως περιγράφηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο (βλέπε υποκεφάλαιο 4.3) συγκρίνονται μεταξύ τους. Από τη σύγκριση αυτών, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η χρήση της Αττικής Οδού μειώνει τον χρόνο εκτέλεσης του δρομολογίου και συνεπώς το χρόνο αδρανείας του οχήματος. Η εξοικονόμηση του χρόνου λόγω χρήσης της Αττικής Οδού μπορεί να μετατραπεί σε επιπλέον μεταφορική δραστηριότητα αλλά με πρόσθετο κόστος. Η σύγκριση των πραγματικών και των υποθετικών σεναρίων (Πίνακας 46) έδειξε ότι εάν κατά τη διάρκεια εργασίας των φορτηγών οχημάτων εκτελούνται περισσότερες από 7 διαδρομές εντός του Νομού Αττικής, τότε είναι δυνατή η προσθήκη νέου δρομολογίου.

Πίνακας 46.- Σύγκριση πραγματικών και υποθετικών σεναρίων

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ – ΥΠΟΘΕΤΙΚΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ			
	Μείωση του χρόνου αδρανείας (λεπτά)	Πρόσθετο Κόστος (€)	Προσθήκη νέου δρομολογίου
ΣΕΝΑΡΙΟ 1 (5 διαδρομές)	32	11	ΟΧΙ
ΣΕΝΑΡΙΟ 2 (8 διαδρομές)	41	22	ΝΑΙ
ΣΕΝΑΡΙΟ 3 (7 διαδρομές)	51	2	ΝΑΙ

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκαν τηλεματικά δεδομένα μίας μεταφορικής εταιρείας με έδρα τον Ασπρόπυργο Αττικής, η οποία διαθέτει στόλο φορτηγών οχημάτων δημοσίας χρήσης. Μετά την ανάλυση και την επεξεργασία των τηλεματικών δεδομένων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα τηλεματικά δεδομένα που ελήφθησαν από το σύστημα διαχείρισης στόλου οχημάτων παρέχουν τη δυνατότητα εξαγωγής διαδρομών. Ωστόσο, με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python, η εξαγωγή των διαδρομών αυτών γίνεται εφικτή σε ποσοστό της τάξεως του 80%, καθώς υπάρχει αυξημένος χρόνος χειροκίνητης επεξεργασίας.
- Το δείγμα των 2.836 διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν από τα 31 φορτηγά της εταιρείας για διάστημα 2 μηνών, έδειξε ότι:
 - Τα κύρια οδικά δίκτυα που επιβαρύνονται λόγω των εμπορευματικών μεταφορών είναι η Εθνική Οδός Αθηνών-Θεσσαλονίκης (790 οχηματοχιλιόμετρα ανά ημέρα), η Λεωφόρος Σχιστού και η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου (430 οχηματοχιλιόμετρα ανά ημέρα), η Αττική Οδός (420 οχηματοχιλιόμετρα ανά ημέρα), καθώς επίσης και οι Λεωφόροι Κηφισού και Αθηνών (270 οχηματοχιλιόμετρα ανά ημέρα).
 - Για την εκτίμηση της συνολικής επιβάρυνσης του οδικού δικτύου πρέπει να ληφθούν υπόψιν όχι μόνο όλες οι μεταφορικές εταιρείες εντός της Αττικής (δημόσιες ή ιδιωτικές) αλλά και τα φορτηγά οχήματα μεταφορικών εταιρειών με έδρα άλλες πόλεις της Ελλάδας που εκτελούν δρομολόγια στο Νομό Αττικής.
 - Ένα φορτηγό διανύει περίπου 70 χιλιόμετρα την ημέρα, εντός του Νομού Αττικής (περίπου 3 διαδρομές). Επίσης, κατά το ωράριο εργασίας (περίπου 12 ώρες), το φορτηγό είναι σε κίνηση στο 40% του χρόνου.
- Η εξοικονόμηση του χρόνου που προέκυψε με τη χρήση του αυτοκινητόδρομου της Αττικής Οδού ήταν της τάξεως των 5-15 λεπτών, ενώ η συνολική οικονομική επιβάρυνση ήταν της τάξεως των 4-6 €. Η επιβάρυνση αυτή υπολογίζεται αν από το κόστος των διοδίων (11,30 €) αφαιρεθεί το όφελος από τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου (5-7 €) καθώς και το όφελος (0,70-1 €) λόγω μειωμένης καταπόνησης του οχήματος (συντήρηση και επισκευή του οχήματος, φθορά και αντικατάσταση ελαστικών).
- Η χρήση της Αττικής Οδού είναι περισσότερο συμφέρουσα στις περιπτώσεις που η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη σε σχέση με τη χρήση άλλων εναλλακτικών οδών για τις διαδρομές μήκους 20-30 χιλιομέτρων, καθώς αποφεύγεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση των εναλλακτικών αστικών οδικών διαδρομών και οι συχνές στάσεις των φορτηγών οχημάτων λόγω κυκλοφοριακού φόρτου ή σηματοδότησης κατά την εκτέλεση μιας διαδρομής.
- Το όφελος από την εξοικονόμηση χρόνου με τη χρήση της Αττικής Οδού μπορεί υπό προϋποθέσεις να οδηγήσει στην αύξηση του μεταφορικού έργου των φορτηγών οχημάτων με την προσθήκη νέων δρομολογίων εντός της ίδιας ημέρας. Αυτό μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο σε μήνες/περιόδους που υπάρχει η πιθανότητα η ζήτηση, και συνεπώς η μεταφορική δραστηριότητα των οχημάτων, να αυξηθεί.

- Η ανάλυση που έγινε με υποθετικά σενάρια συνεχόμενων διαδρομών, ιδίως όταν ο αριθμός τους ήταν άνω των 5, έδειξε ότι η χρήση της Αττικής Οδού οδηγεί σε σημαντική μείωση του χρόνου διαδρομής και του χρόνου αδρανείας ενός φορτηγού.

6 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Σαν συνέχεια αυτής της εργασίας μπορούν να γίνουν αναλύσεις σε σχέση με τα παρακάτω:

- Συλλογή και επεξεργασία τηλεματικών δεδομένων για μεγαλύτερη χρονική περίοδο καθώς και για περισσότερες μεταφορικές εταιρείες που εκτελούν μεταφορικό έργο στην περιοχή της Αττικής ώστε να αυξηθεί το δείγμα και να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα για το αν η Αττική Οδός είναι ανταποδοτική για τις μεταφορικές εταιρείες εντός του Νομού Αττικής. Επιπλέον, θα είναι εφικτή η παρακολούθηση του ποσοστού χρησιμοποίησης των φορτηγών οχημάτων, δηλαδή θα μπορεί να εξεταστεί περαιτέρω εάν η εξοικονόμηση του χρόνου από τη χρήση της Αττικής Οδού μετασχηματίζεται σε επιπλέον μεταφορική δραστηριότητα ή απλώς αυξάνει το χρόνο αδρανείας του φορτηγού.
- Πραγματοποίηση μετρήσεων με την τοποθέτηση επί του οχήματος συσκευών GPS με μικρότερη του ενός λεπτού συχνότητα καταγραφής και αισθητήρων για την εκτίμηση του μεικτού βάρους του οχήματος, ώστε να υπολογιστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η κατανάλωση καυσίμου.
- Βελτίωση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού Python ώστε να εξάγονται με αυτοματοποιημένο τρόπο οι διαδρομές που προκύπτουν από τα τηλεματικά δεδομένα. Με τον τρόπο θα επιτευχθεί μείωση του χρόνου χειροκίνητης επεξεργασίας, καθώς θα εντοπίζονται σύντομα και αυτοματοποιημένα οι προβληματικές εγγραφές. Επιπλέον, η βελτίωση του κώδικα θα συνεισφέρει στη μείωση του συνολικού χρόνου εκτέλεσης του προγράμματος.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Φορτηγά ιδιωτικής και δημόσιας χρήσης. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://web.yme.gov.gr/nomos/typikoi_nomoi/n1959fek12305081991.htm
- (2) Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων, Άρθρο 2 Κατηγορίες και ορισμοί. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.opengov.gr/yme/?p=36>
- (3) European Commission, 2015, EU Transport in Figures, Statistical Pocketbook 2017. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2017_en
- (4) Πρεβενιός Μιχαήλ, Διερεύνηση του λειτουργικού κόστους διέλευσης των φορτηγών οχημάτων από το παράπλευρο οδικό δίκτυο, Διπλωματική εργασία, Μάρτιος 2018, σελίδα 27
- (5) Mauricio Bielli, Alessandro Bielli, Riccardo Rossi, 2011, *Trends in Models and Algorithms for Fleet Management*, Procedia Social and Behavioral Sciences 20, pp. 4-18
- (6) Wikipedia, Fleet management, 2018. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://en.wikipedia.org/wiki/Fleet_management
- (7) Amel Jaoua, Diane Riopel, Michel Gamache, 2011, *A simulation framework for real-time fleet management in internal transport systems*, Simulation Modelling Practice and Theory, pp. 78-90
- (8) Patarawan Chaowasakoo, Heikki Seppala, Heiki Koivo, Quan Zhou, 2017, *Digitalization of mine operations: Scenarios to benefit in real-time truck dispatching*, International Journal of Mining Science and Technology, pp. 229-236
- (9) Yuan Wang, Xinjia Jiang, Loo Hay Lee, Ek Peng Chew, Kok Choon Tan, 2017, *Tree based searching approaches for integrated vehicle dispatching and container allocation in transshipment hub*
- (10) Fabien Cornillier, Fayez Boctor, Gilbert Laporte, Jacques Renaud, 2008, *A heuristic for the multi-period petrol station replenishment problem*, European Journal of Operational Research, pp. 295-305
- (11) Juan Perez, Sebastian Maldonado, Hector Lopez-Ospina, 2016, *A fleet management model for the Santiago Fire Department*, pp. 1-11
- (12) Nikola Markovic, Zeljko Drobnjak, Paul Schonfeld, 2014, *Dispatching trucks for drayage operations*, Transportation Research, Part E 70, pp. 99-111
- (13) Jalel Euch, 2017, *The vehicle routing problem with private fleet and multiple common carries: Solution with hybrid Metaheuristic algorithm*, Vehicular Communications 9, pp. 97-108
- (14) Gianpaolo Ghiani, Emanuele Manni, Antonella Quaranta, Chafi Triki, 2009, *Anticipatory algorithms for same-day courier dispatching*, Transportation Research Part E, pp. 96-106
- (15) Bernard K.-S. Cheung, K. L. Choy, Chung-Lun Li, Wenzhong Shi, Jian Tang, 2008, *Dynamic routing model and solution methods for fleet management with mobile technologies*, Int. J. Production Economics 113, pp. 664-705
- (16) Leila Hajibabai & Yanfeng Ouyang, 2016, *Dynamic Snow Plow Fleet Management Under Uncertain Demand and Service Disruption*, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, pp. 2574-2582
- (17) Warren B. Powell, Tassio A. Carvalho, 1997, *Dynamic control of multicommodity fleet management problems*, European Journal of Operational Research 98, pp. 522-541
- (18) Timon Du, F.K. Wang, Pu-Yun Lu, 2007, *A real-time vehicle-dispatching system for consolidating milk runs*, Transportation Research Part E, pp. 565-577
- (19) Jian Yang, Patrick Jaillet & Hani S. Mahmassani, 1999, *On-Line Algorithms for Truck Assignment and Scheduling Under Real-Time Information*, Transportation research record Journal of the Transportation Research Board, pp. 107-113

-
- (20) Ulrich Teschemacher, Gunther Reinhart, 2017, *Ant Colony Optimization Algorithms to Enable Dynamic Milkrun Logistics*, *Procedia CIRP* 63, pp. 762-767
- (21) Fabien Cornillier, Fayez Boctor, Jacques Renaud, 2012, *Heuristics for multi-depot petrol station replenishment with time windows*, *European Journal of Operational Research*, pp. 361-369
- (22) Gregory A. Godfrey, Warren B. Powell, 2002, *An Adaptive Dynamic Programming Algorithm for Dynamic Fleet Management I: Single Period Travel Times*, *Transportation Science*, pp. 21-39
- (23) Huang Mei, Yang Jingshuai, Ma Teng, Li Xiuli, Wang Ting, 2017, *The modeling of Milk-run Vehicle Routing Problem Based on Improved C-W Algorithm that Joined Time Window*, *Transportation Research Procedia* 25, pp. 716-728
- (24) Marinakis Y., 2009, *Metaheuristic Algorithms for the Vehicle Routing Problem*, *Encyclopedia of Optimization*, Part 13, pp. 2055-2061
- (25) Wikipedia, Decision support system, 2018. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_support_system
- (26) Jardar Andersen, Teodor Gabriel Crainic, Marielle Christiansen, 2009, *Service network design with management and coordination of multiple fleets*, *European Journal of Operational Research*, pp. 377-389
- (27) Marc Goetschalckx, Wendi Taylor, 1987, *A decision support system for dynamic truck dispatching*, *Computers & Industrial Engineering*, pp. 120-123
- (28) WL Ng, SCH Leung, JKP Lam, SW Pan, 2008, *Petrol delivery tanker assignment and routing: a case study in Hong Kong*, *Journal of the Operational Research Society*, pp. 1191-1200
- (29) Diesel Technology Forum, Οργάνωση σχετική με κινητήρες ντίζελ, καύσιμα και τεχνολογία. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.dieselforum.org/index.cfm>
- (30) Wikipedia, 2018, Drag coefficient. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient
- (31) National Research Council Canada, 2012, Review of Aerodynamic Drag Reduction Devices for Heavy Trucks and Buses. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.tc.gc.ca/en/programs-policies/programs/ecotechnology-vehicles-program/etv-technical-papers/review-aerodynamic-drag-reduction-devices-heavy-trucks-buses.html>
- (32) National Petroleum Council, 2012, Chapter Ten Heavy-Duty Engines & Vehicles. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.tc.gc.ca/en/programs-policies/programs/ecotechnology-vehicles-program/etv-technical-papers/review-aerodynamic-drag-reduction-devices-heavy-trucks-buses.html>
- (33) Yoder & Witczak, Αρχές Σχεδιασμού Οδοστρωμάτων, Εκδόσεις: Μόσχος Γκιούρδας, σελίδες 387 & 647
- (34) Bridgestone, What Consumes fuel? Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.bridgestonetrucktires.com/us_eng/real/magazines/ra_special-edit_4/ra_special4_fuel-speed.asp
- (35) Nam, E., 2004, *Advanced Technology Vehicle Modeling in PERE*, United States Environmental Protection Agency. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www3.epa.gov/otaq/models/ngm/420d04002.pdf>
- (36) LaClair, T., 2011, Large Scale Duty Cycle (LSDC) Project: Tractive Energy Analysis Methodology and Results from Long-Haul Truck Drive Cycle Evaluations, Oak Ridge National Laboratory. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub33189.pdf>
- (37) Συστήμα Διαχείρισης Στόλου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.itrack.gr>
- (38) Συστήμα Διαχείρισης Στόλου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.powerfleet.gr>
- (39) Συστήμα Διαχείρισης Στόλου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.forefleet.gr>
- (40) Συστήμα Διαχείρισης Στόλου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.fleetmaster.gr>
- (41) Συστήμα Διαχείρισης Στόλου. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.navigateltld.gr>

-
- (42) Liviu Jalba, Anton Chiciudean, Adrian Drumea, Mircea Vuici, 2010, Trackview-Fleet Tracking Solution Using Global Positioning System, IFAC Proceedings Volumes, pp. 238-243
- (43) Ψηφιακή Τεχνολογία Τηλεματικής. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα : <https://www.techradar.com/news/car-tech/telematics-what-you-need-to-know-1087104>
- (44) Telematics for Fleet Managers. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα : <https://aemp.site-ym.com/general/custom.asp?page=AEMPTelematicsAPI>
- (45) Μιχαήλ Ξένος, Δημήτριος Χριστοδουλάκης, 2000, Αρχές Τεχνολογίας Λογισμικού, Βάσεις Δεδομένων, Τόμος Γ'. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://edu.eap.gr/pli/pli11/info/ylh.htm>
- (46) Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke, Jeff Derstadt, Scott Selikoff, Lin Zhu, Database Management Systems Solutions Manual Third Edition. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://pages.cs.wisc.edu/~dbbook/openAccess/thirdEdition/solutions/ans3ed-odonly.pdf>
- (47) Μπαλλής Χρήστος, Διερεύνηση Παραμέτρων Κατανάλωσης Φορτηγών Οχημάτων, 2015, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/42576?show=full>
- (48) Διαδικτυακό εργαλείο δημιουργίας χαρτών και σχεδιαγραμμάτων από γεωγραφικά δεδομένα. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.gpsvisualizer.com>
- (49) Alan Gabriel Dybling, *Estimation of Increased Traffic on Highways in Montana and North Dakota Due to Oil Development and Production*, 2012
- (50) Faucett & Associates, *The Effect of Size and Weight Limits on Truck Costs*, 1991
- (51) Berwick & Dooley, *Truck Costs for Owner/Operators*, Research Report, 1997
- (52) Τιμή Δολαρίου (\$) σε Ευρώ (€). Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=USD&To=EUR> (Τελευταία ενημέρωση 25/06/2018)
- (53) Αττική Οδός, Τιμές διοδίων. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.aodos.gr/diodia_eisodou (Τελευταία επίσκεψη 06/19/2018)
- (54) Νέα Οδός, Τιμές διοδίων. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.neaodos.gr> (Τελευταία επίσκεψη 06/19/2018)
- (55) Παρατηρητήριο Τιμών Υγρών Καυσίμων, Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.fuelprices.gr/deltia.view>