



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΑΙΩΝ – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΟΑΣΑ



ΚΑΘΟΛΙΚΗ ΤΡΙΟΜΜΑΤΗ
01113110

Επιβλέπων:

ΓΚΙΟΤΣΑΛΙΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ/ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΕΜΠ

Τομέας Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2025



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
DEPT. OF TRANSPORTATION PLANNING AND ENGINEERING
RAILWAYS AND TRANSPORT LABORATORY

DIPLOMA THESIS
ELECTRIC VEHICLE AND DUTY SCHEDULING -A CASE STUDY OASA.



KATHOLIKI TRIOMMATI
01113110

Supervisor:
GKIOTSALITIS KONSTANTINOS/ASSISTANT PROFESSOR, NTUA
Dept. of Transportation Planning and Engineering, School of Civil Engineering, NTUA

Athens, July 2025

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της πορείας των σπουδών μου στην Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου κ. Γκιοτσαλίτη Κωνσταντίνο, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου το συγκεκριμένο θέμα, προσφέροντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο αντικείμενο έρευνας, καθώς και για την καθοδήγηση του κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Ακόμη, οφείλω ένα θερμό ευχαριστώ στον κ. Ριζόπουλο Δημήτριο, υποψήφιο διδάκτορα του ΕΜΠ, για την καθοριστική συνεισφορά, την καθοδήγηση και τις συμβουλές του για την διεκπεραίωση της διπλωματικής και την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Καθώς, επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κα. Μεράκου Μαριλένα, υποψήφια διδακτόρισα του ΕΜΠ, για την καίρια συμβολή της και τις επισημάνσεις της στον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδελφό μου, οι οποίοι με στηρίζουν από την αρχή αυτής της διαδρομής, καθώς και τους φίλους μου που με ενθαρρύνουν πάντα για την επίτευξη των στόχων μου.

Τριομμάτη Καθολική
Αθήνα, Ιούλιος 2025

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΑΙΩΝ – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΟΑΣΑ

ΤΡΙΟΜΜΑΤΗ ΚΑΘΟΛΙΚΗ

Επιβλέπων: Γκιोटσαλίτης Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική έχει ως στόχο την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων. Με την εισαγωγή ολοένα των ηλεκτρικών οχημάτων στο δίκτυο εξυπηρέτησης των μεγαλουπόλεων της Ελλάδας, η μελέτη ενός τέτοιου προβλήματος, αφορά τις συνθήκες που θα υπάρξουν σε λίγα έτη στα συγκοινωνιακά δίκτυα στον Ελλαδικό χώρο. Καθότι τόσο το Πρόβλημα Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων με Μοναδικό Αμαξοστάσιο και το Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων αποτελούν NP-hard προβλήματα, κατασκευάστηκαν δυο μαθηματικά μοντέλα που να επιλύουν μέσω μικτού ακέραιου τετραγωνικού προγραμματισμού (Mixed-Integer Quadratic Programming) και μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (Mixed-Integer Linear Programming), το καθένα αντίστοιχα. Η κωδικοποίηση αυτών έγινε στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Το Πρόβλημα Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων επιλύθηκε σε χρονικά τμήματα, από τα οποία δημιουργήθηκαν διαστήματα υπηρεσίας, τα οποία απαιτούνται για την επίλυση του Χρονοπρογραμματισμού των Πληρωμάτων. Τα μαθηματικά αυτά μοντέλα βασίστηκαν κυρίως στα άρθρα (Gkiotsalitis et al., 2023), (Perumal et al., 2021), και στο σύγγραμμα (Gkiotsalitis, 2023). Για τον έλεγχο των μοντέλων που κατασκευάστηκαν διεξήχθησαν εφαρμογές αυτών σε επιλεγμένες λεωφορειακές γραμμές του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (ΟΑΣΑ), ενώ για εξακρίβωση αποτελεσματικότητας αυτών τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα δεδομένα από την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων με Μοναδικό Αμαξοστάσιο και των Πληρωμάτων για στόλο Συμβατικών Λεωφορείων.

Λέξεις Κλειδιά: πρόβλημα προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων, πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού πληρωμάτων για ηλεκτρικών λεωφορείων; μικτός ακέραιος τετραγωνικός προγραμματισμός; μικτός ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός; χρονικά τμήματα; διαστήματα υπηρεσίας.

ELECTRIC VEHICLE AND DUTY SCHEDULING - A CASE STUDY OASA

TRIOMMATI KATHOLIKI

Supervisor: Gkiotsalitis Konstantinos, Assistant Professor, NTUA

Abstract

The present thesis aims to address the Vehicle and Crew Scheduling of a fleet in Electric Buses. Given the increasing integration of electric vehicles into the public transport networks of major Greek cities, the study of such a problem is highly relevant, as it reflects conditions expected to emerge in the country's urban transport systems in the coming years. Since both the Electric Single Depot Vehicle Scheduling Problem with and the Crew Scheduling Problem for Electric Buses are classified as NP-hard problems, two separate mathematical models were developed, each one formulated and solved through Mixed Integer Quadratic Programming (MIQP) and Mixed Integer Linear Programming (MILP), respectively. The implementation of these models was carried out in Python. The Electric Vehicle Scheduling Problem was approached by dividing the planning horizon into discrete time slices, and from this solution, service intervals (blocks) were generated, which were then used as inputs for solving the Crew Scheduling Problem for Electric Buses. The development of these mathematical models was primarily based on the works of (Gkiotsalitis et al., 2023), (Perumal et al., 2021), and the book by (Gkiotsalitis, 2023). In order to evaluate the performance of the proposed models, experimental applications were conducted on selected bus routes of Athens Urban Transport Organization (OASA). Furthermore, to assess the effectiveness of the developed methodology, the results were compared with those derived from solving the Single Depot Vehicle and Crew Scheduling Problem for Conventional Buses.

Keywords: electric single depot vehicle scheduling problem; crew scheduling problem for electric buses; mixed integer quadratic programming; mixed integer linear programming; time slices; blocks.

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατασκευή μοντέλων για την επίλυση συνολικά του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων, με στόχο την ελαχιστοποίηση των απαιτούμενων ηλεκτρικών οχημάτων και οδηγών, για την ομαλή λειτουργία των λεωφορειακών γραμμών ενός αστικού δικτύου. Η εργασία περιλαμβάνει ανά Κεφάλαιο τις εξής θεματικές.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται βασικές έρευνες, κυρίως διεθνούς βιβλιογραφίας, σχετιζόμενες με το αντικείμενο που μελετήθηκε. Συγκεκριμένα υπάρχουν άρθρα σχετιζόμενα με τα μεμονωμένα προβλήματα του Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων και του Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, καθώς και συνδυασμού αυτών των προβλημάτων. Τα τελευταία προσεγγίζουν το πρόβλημα με διαφορετική μέθοδο επίλυσης από την προτεινόμενη μέθοδο αυτής της διπλωματικής.

Στο Κεφάλαιο 3, αναλύονται τα μαθηματικά μοντέλα που κατασκευάστηκαν. Εμφανίζονται οι συμβολισμοί, οι αντικειμενικές συναρτήσεις, καθώς και οι περιορισμοί αυτών. Στο ίδιο, Κεφάλαιο 3 γίνεται και η επεξήγηση των μοντέλων αυτών, με αναφορά των προϋποθέσεων και θεωρήσεων που λαμβάνονται για την λειτουργικότητά τους.

Στο Κεφάλαιο 4, περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθείται κατά την επίλυση του προβλήματος. Το πρόβλημα επιλύεται διαδοχικά, καθ' ότι για την επίλυση του Προβλήματος του Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων απαιτείται, αρχικά, η επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων. Στην ενότητα αυτή εξηγείται η αλληλουχία των προβλημάτων, η οποία καθιστά το συνολικό πρόβλημα που μελετήθηκε.

Στο Κεφάλαιο 5, πειραματικές εφαρμογές και τα αποτελέσματα αυτών σε επιλεγμένες γραμμές του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών, εξετάζονται. Παρατίθενται τα αποτελέσματα για κάθε γραμμή ξεχωριστά, καθώς και τα συνολικά ευρήματα. Για εξακρίβωση της αποτελεσματικότητας των δεδομένων που εξήχθησαν, έγινε σύγκριση αυτών με τα αποτελέσματα του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Συμβατικών Λεωφορείων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας. Αυτά αφορούν τόσο όσα λήφθηκαν από το Πρόβλημα Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων, όσο και το Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού των Πληρωμάτων. Προτείνονται, επίσης, ιδέες για επέκταση της παρούσας εργασίας με μελλοντικές έρευνες που αναφέρονται στο συνδυαστικό πρόβλημα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Εισαγωγή	16
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	18
3. Μεθοδολογία.....	23
3.1. Πρόβλημα Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων(E-SD-VSP)	23
3.1.1. Εισαγωγή, Ιδέα και Παραδοχές	23
3.1.2. Συμβολισμοί Μοντέλου Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων Μορφοποίηση προβλήματος E-SD-VSP	24
3.1.3. Μαθηματικό Μοντέλο Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	27
3.1.4. Επεξήγηση Μαθηματικού Μοντέλου Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων 30	
3.2. Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων (EB-CSP).....	32
3.2.1. Εισαγωγή και παραδοχές	32
3.2.2. Προϋπολογισμένες Παράμετροι	34
3.2.3. Συμβολισμοί Μαθηματικού Μοντέλου Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.	35
3.2.4. Μαθηματικό Μοντέλο Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.....	36
3.2.5. Επεξήγηση Περιορισμών Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων	37
4. Μέθοδος Επίλυσης.....	38
4.1. Μέθοδος επίλυσης προβλήματος προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων.....	38
4.1.1. Εισαγωγή και σύλληψη ιδέας	38
4.1.2. Επιμέρους σημαντικά δεδομένα που εισάγονται για την επίλυση.....	39
4.1.3. Δημιουργία χρονικών τμημάτων (time slices) για την επεξεργασία των δεδομένων κάθε γραμμής.	39
4.1.4. Επίλυση χρονικών τμημάτων με εξασφάλιση αλληλουχίας μεταξύ αυτών.....	40
4.1.5. Αποτελέσματα και απεικόνιση αυτών	42
4.2. Μέθοδος επίλυσης Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.....	44
4.2.1. Εισαγωγή και σύλληψη ιδέας	44
4.2.2. Εισαγωγή των δεδομένων των διαστημάτων υπηρεσίας στον κώδικα.....	45

4.2.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων.....	47
5. Εφαρμογή και Αποτελέσματα.....	49
5.1. Βασικά εισαγωγικά στοιχεία για την ενότητα των αποτελεσμάτων.....	49
5.2. Οι γραμμές που επιλέχθηκαν και τα χαρακτηριστικά αυτών.....	49
5.3. Προγραμματισμός Ηλεκτρικών Οχημάτων για τις επιλεγμένες γραμμές	58
5.3.1. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 140 για δρομολόγια Σαββάτου	58
5.3.2. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 120 για καθημερινά δρομολόγια	60
5.3.3. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 122 για καθημερινά δρομολόγια	60
5.3.4. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 550 για καθημερινά δρομολόγια .	62
5.3.5. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 608 για καθημερινά δρομολόγια .	64
5.3.6. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής B9 για καθημερινά δρομολόγια	64
5.3.7. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού οχημάτων.....	65
5.4. Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για τις επιλεγμένες γραμμές	66
5.4.1. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 140 για δρομολόγια Σαββάτου ...	66
5.4.2. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 120 για καθημερινά δρομολόγια	67
5.4.3. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 122 για καθημερινά δρομολόγια	68
5.4.4. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 550 για καθημερινά δρομολόγια	69
5.4.5. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 608 για καθημερινά δρομολόγια.	70
5.4.6. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής B9 για καθημερινά δρομολόγια..	71
5.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων	72
6. Συμπεράσματα	77
6.1. Βασικά Συμπεράσματα	77
6.2. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα	78
7. Αναφορές	79
Παράρτημα I : Αποτελέσματα Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων.....	81
Παράρτημα II : Δεδομένα που εισάγονται για τον υπολογισμό των χρονικών τμημάτων.....	99
Παράρτημα III : Διαστήματα Υπηρεσίας.....	106
Παράρτημα IV : Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων.....	122
Παράρτημα V : Κώδικες Python	140

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1: Διάταξη των διαστημάτων υπηρεσίας και των τμημάτων κατά αύξουσα σειρά, βάσει της χρονικής στιγμής που το όχημα επιστρέφει στο αμαξοστάσιο.....	34
Εικόνα 4.1: Παράδειγμα excel από τα στοιχεία που έχουν ληφθεί από το πρώτο χρονικό τμήμα της γραμμής 550 για διαχωρισμό δρομολογίων 0-20.	41
Εικόνα 4.2: Διαδικασία επίλυσης προβλήματος προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων...42	
Εικόνα 4.3: Παράδειγμα συνολικών αποτελεσμάτων της γραμμής 140 του Σαββάτου για τα δυο χρονικά τμήματα για τα ηλεκτρικά οχήματα με αριθμό 5, 6, 7 και 8.	44
Εικόνα 4.4: Παράδειγμα καταγραφής διαστημάτων υπηρεσίας για το Μελλοντικό Σενάριο 1, σε αρχείο excel, για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.	46
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα επίλυσης Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.	46
Εικόνα 4.6: Παράδειγμα αποτελεσμάτων σε αρχείο txt για το Μελλοντικό Σενάριο 2, για το Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.....	48
Εικόνα 4.7: Παράδειγμα αποτελεσμάτων σε αρχείο excel για το Μελλοντικό Σενάριο 2, για το Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.....	48
Εικόνα 5.1: Λεωφορειακή Γραμμή 140 - Κατεύθυνση ΠΟΛΥΓΩΝΟ – ΓΛΥΦΑΔΑ	51
Εικόνα 5.2: Λεωφορειακή Γραμμή 140 - Κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ–ΠΟΛΥΓΩΝΟ.	51
Εικόνα 5.3: Λεωφορειακή Γραμμή 120 - Κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ - ΒΑΡΗ - ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ ΣΤ. ΚΟΡΩΠΙΟΥ.	52
Εικόνα 5.4: Λεωφορειακή Γραμμή 120 - Κατεύθυνση ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ ΣΤ. ΚΟΡΩΠΙΟΥ - ΒΑΡΗ - ΓΛΥΦΑΔΑ.	52
Εικόνα 5.5: Λεωφορειακή Γραμμή 122 - Κατεύθυνση ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ – ΣΑΡΩΝΙΔΑ	53
Εικόνα 5.6: Λεωφορειακή Γραμμή 122-Κατεύθυνση ΣΑΡΩΝΙΔΑ – ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ	53
Εικόνα 5.7: Λεωφορειακή Γραμμή 550 - Κατεύθυνση Π. ΦΑΛΗΡΟ – ΚΗΦΙΣΙΑ.....	54
Εικόνα 5.8: Λεωφορειακή Γραμμή 550 - Κατεύθυνση ΚΗΦΙΣΙΑ – Π. ΦΑΛΗΡΟ.....	54
Εικόνα 5.9: Λεωφορειακή Γραμμή 608 - Κατεύθυνση ΓΑΛΑΤΣΙ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ.....	55
Εικόνα 5.10: Λεωφορειακή Γραμμή 608 - Κατεύθυνση ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΓΑΛΑΤΣΙ	55
Εικόνα 5.11: Λεωφορειακή Γραμμή Β9 - Κατεύθυνση ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ	56
Εικόνα 5.12: Λεωφορειακή Γραμμή Β9 - Κατεύθυνση Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ –ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ.....	56
Εικόνα 5.13: Απεικόνιση αποτελεσμάτων της γραμμής 140 για δρομολόγια Σαββάτου.	59
Εικόνα 5.14: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων γραμμή 122 για καθημερινά δρομολόγια.....	61
Εικόνα 5.15: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων γραμμή 550 για καθημερινά δρομολόγια.....	63

Εικόνα Παραρτήματος I-1: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 120, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση	82
Εικόνα Παραρτήματος I-2: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 140 Σαββάτου, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση	83
Εικόνα Παραρτήματος I-3: : Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 140 Σαββάτου, δρομολόγια 20-40 ανά κατεύθυνση.	84
Εικόνα Παραρτήματος I-4: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση.	85
Εικόνα Παραρτήματος I-5: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 20-40 ανά κατεύθυνση.	86
Εικόνα Παραρτήματος I-6: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 40-60 ανά κατεύθυνση.	87
Εικόνα Παραρτήματος I-7: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 60-80 ανά κατεύθυνση.	88
Εικόνα Παραρτήματος I-8: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 80-100 ανά κατεύθυνση.	89
Εικόνα Παραρτήματος I-9: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 0-32 ανά κατεύθυνση.	90
Εικόνα Παραρτήματος I-10: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 32-64 ανά κατεύθυνση.	91
Εικόνα Παραρτήματος I-11: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 64-96 ανά κατεύθυνση.	92
Εικόνα Παραρτήματος I-12: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 96-128 ανά κατεύθυνση.	93
Εικόνα Παραρτήματος I-13: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 128-160 ανά κατεύθυνση.	94
Εικόνα Παραρτήματος I-14: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή B9, δρομολόγια 0-22 ανά κατεύθυνση.	95
Εικόνα Παραρτήματος I-15: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή B9, δρομολόγια 22-44 ανά κατεύθυνση.	96
Εικόνα Παραρτήματος I-16: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή B9, δρομολόγια 44-66 ανά κατεύθυνση.	97
Εικόνα Παραρτήματος I-17: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή B9, δρομολόγια 66-88 ανά κατεύθυνση	98
Εικόνα Παραρτήματος II-1: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 140.	100
Εικόνα Παραρτήματος II-2: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.	100
Εικόνα Παραρτήματος II-3: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.	101
Εικόνα Παραρτήματος II-4: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.	101

Εικόνα Παραρτήματος II-5: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του πέμπτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.	102
Εικόνα Παραρτήματος II-6: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.	102
Εικόνα Παραρτήματος II-7: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.	103
Εικόνα Παραρτήματος II-8: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.	103
Εικόνα Παραρτήματος II-9: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του πέμπτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.	104
Εικόνα Παραρτήματος II-10: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής B9.	104
Εικόνα Παραρτήματος II-11: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής B9.	105
Εικόνα Παραρτήματος II-12: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής B9.	105
Εικόνα Παραρτήματος V-1: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 1-59, από Visual Studio.	141
Εικόνα Παραρτήματος V-2: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 61-117, από Visual Studio.	142
Εικόνα Παραρτήματος V-3: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 118-176, από Visual Studio.	143
Εικόνα Παραρτήματος V-4: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 178-238, από Visual Studio.	144
Εικόνα Παραρτήματος V-5: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 240-302, από Visual Studio.	145
Εικόνα Παραρτήματος V-6: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 302-361, από Visual Studio.	146
Εικόνα Παραρτήματος V-7: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 365-425, από Visual Studio.	147
Εικόνα Παραρτήματος V-8: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 427-485, από Visual Studio.	148
Εικόνα Παραρτήματος V-9: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 492-546, από Visual Studio.	149
Εικόνα Παραρτήματος V-10: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 1-58, από Visual Studio.	150
Εικόνα Παραρτήματος V-11: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 60-119, από Visual Studio.	151
Εικόνα Παραρτήματος V-12: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 120-174, από Visual Studio.	152
Εικόνα Παραρτήματος V-13: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 176-239, από Visual Studio.	153

Εικόνα Παραρτήματος V-14: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 1-51, από Visual Studio.	154
Εικόνα Παραρτήματος V-15: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 54-113, από Visual Studio.	155
Εικόνα Παραρτήματος V-16: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 115-169, από Visual Studio.	156
Εικόνα Παραρτήματος V-17: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 171-238, από Visual Studio.	157
Εικόνα Παραρτήματος V-18: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 241-271, από Visual Studio.	158

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Πίνακας Επιλεγμένων Μελετών από την Βιβλιογραφία.....	22
Πίνακας 3.1 : Συμβολισμοί για το πρόβλημα προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων(E-SD-VSP).	24
Πίνακας 3.2: Συμβολισμοί για το Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων (Crew Scheduling Problem for Electric Buses).	35
Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των επιλεγμένων λεωφορειακών γραμμών που μελετήθηκαν.	57
Πίνακας 5.2: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 140, δρομολογίων Σαββάτου.....	58
Πίνακας 5.3: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 120, δρομολογίων καθημερινών. .	60
Πίνακας 5.4: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης και Μελλοντικής Κατάστασης για την γραμμή 122, δρομολογίων καθημερινών.	60
Πίνακας 5.5: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 550, καθημερινών δρομολογίων. .	62
Πίνακας 5.6: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 608, καθημερινών δρομολογίων. .	64
Πίνακας 5.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή B9, καθημερινών δρομολογίων....	65
Πίνακας 5.8: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού οχημάτων. ...	65
Πίνακας 5.9: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, για την γραμμή 140 για δρομολόγια Σαββάτου.....	67
Πίνακας 5.10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Προγραμματισμού Πληρωμάτων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.	68
Πίνακας 5.11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή 122 για καθημερινά δρομολόγια.....	69
Πίνακας 5.12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή 550 για καθημερινά δρομολόγια.....	70
Πίνακας 5.13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την	

γραμμή 608 για καθημερινά δρομολόγια.....	71
Πίνακας 5.14: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή B9 για καθημερινά δρομολόγια.	72
Πίνακας 5.15 : Αποτελέσματα Υφιστάμενης και Μελλοντικών Σεναρίων για τον Ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό οχημάτων και οδηγών ανά γραμμή μελέτης.	73
Πίνακας 5.16: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Οδηγών για Συμβατικά Οχήματα (SDVSP &Crew)- Υφιστάμενη Κατάσταση (από αμαξοστάσιο- σε αμαξοστάσιο). 74	
Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Οδηγών για Ηλεκτρικά Οχήματα (E-SD-VSP &Crew)- Μελλοντικό Σενάριο 1 (από αμαξοστάσιο- σε αμαξοστάσιο).	75
Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Οδηγών για Ηλεκτρικά Οχήματα (E-SD-VSP & Crew) -Μελλοντικό Σενάριο 2 (συμπεριλαμβανομένων των συμβάντων φόρτισης).	76
Πίνακας Παραρτήματος III-1: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	107
Πίνακας Παραρτήματος III-2: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.....	107
Πίνακας2 Παραρτήματος III-3: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.....	107
Πίνακας Παραρτήματος III-4: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	108
Πίνακας Παραρτήματος III-5: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.....	109
Πίνακας Παραρτήματος III-6: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.....	110
Πίνακας Παραρτήματος III-7: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	111
Πίνακας Παραρτήματος III-8: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.....	111
Πίνακας Παραρτήματος III-9: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.....	112
Πίνακας Παραρτήματος III-10: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	113
Πίνακας Παραρτήματος III-11: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.....	114
Πίνακας Παραρτήματος III-12: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.....	115
Πίνακας Παραρτήματος III-13: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	116
Πίνακας Παραρτήματος III-14: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.....	117
Πίνακας Παραρτήματος III-15: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για το Μελλοντικό	

[illegible]

Πίνακας Παραρτήματος IV-16: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οδηγών των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.	137
Πίνακας Παραρτήματος IV-17: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οδηγών των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 1...	138
Πίνακας Παραρτήματος IV-18: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οδηγών των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 1...	139

1. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή, είναι ένα φαινόμενο το οποίο έχει προκληθεί, κυρίως, από μία σωρεία σφαλμάτων στην διαχείριση των ορυκτών πόρων και δυσχεραίνει ολοένα την διαβίωση με τις επιπτώσεις που έχουν προκύψει από αυτήν παγκοσμίως. Για την μείωση, αλλά ίσως και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχουν προκληθεί από την κλιματική αλλαγή, στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Δράσης, η Ελληνική Κυβέρνηση αποφάσισε την θέσπιση του κλιματικού νόμου (Ν4936/2022). Βάσει αυτού, προβλέπεται ότι θα ληφθούν μέτρα για την μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρωτεύουσα ενέργεια για την καταπολέμηση, όσων αφορά τις μεταφορές, είναι η στροφή στην ηλεκτροκίνηση. Σύμφωνα με ανακοινώσεις των Υπουργείων Υποδομών και Μεταφορών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας , μέχρι και εντός αυτού του έτους (2025), έχει τεθεί ο στόχος όλα τα δημόσια συμβατικά οχήματα (diesel ή φυσικού αερίου) να έχουν αντικατασταθεί με ηλεκτρικά σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη.

Στο σημείο αυτό, είναι σκόπιμο να αναφερθεί, ότι σύμφωνα με τον διεθνή τύπο, η Κίνα ήδη από το 2010 έχει αρχίσει να επεκτείνει το δίκτυο των ηλεκτρικών λεωφορείων, με την συγχρηματοδότηση της Κινεζικής κυβέρνησης. Με δήλωση του Κινεζικού Υπουργείου Μεταφορών, μέχρι το τέλος του 2022, το 77% των αστικών λεωφορείων είχε αντικατασταθεί με οχήματα εναλλακτικής μορφής ενέργειας. Μάλιστα αναφέρεται από στοιχεία από το ίδιο Υπουργείο ότι τα 84% από αυτά ήταν αμιγώς ηλεκτρικά. Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιήθηκε αυτή η μετάβαση είναι αξιοσημείωτη, καθώς το 2015 το ποσοστό συμβατικών οχημάτων του στόλου των αστικών συγκοινωνιών ήταν 78%. Το επίτευγμα αυτό, εδραίωσε την Κίνα ως την μεγαλύτερη αγορά ηλεκτρικών οχημάτων παγκοσμίως και ως πρότυπο για τις χώρες που θέλουν να υιοθετήσουν λύσεις βιώσιμης κινητικότητας.

Αντίστοιχα, στην Βόρεια Αμερική και πιο συγκεκριμένα στην Νέα Υόρκη, σκοπός της MTA (Metropolitan Transportation Authority), σύμφωνα με τον επίσημο ιστότοπό της, είναι μέχρι το 2040 να έχει επιτευχθεί ο στόχος των μηδενικών εκπομπών ρύπων προερχόμενων από τον στόλο των λεωφορείων στο 100%. Με κύριο μέλημα την εξάλειψη της κλιματικής αλλαγής, όντας το μεγαλύτερο δίκτυο δημόσιων λεωφορείων, με την επίτευξη του στόχου που έχουν θέσει για το 2040, θα καταφέρουν και την αποφυγή εκπομπής 500.000 τόνων αερίων του θερμοκηπίου. Η στρατηγική που θα ακολουθήσουν είναι η σταδιακή αντικατάσταση του στόλου, με τελικό βήμα όλα τα αστικά λεωφορεία να είναι ηλεκτρικά. Παράλληλα, προβλέπουν αλλαγές και στις υποδομές για την κατασκευή περισσότερων σημείων φόρτισης, αλλά και μετεκπαιδεύσεις στο προσωπικό για την ασφάλεια, την συντήρηση των οχημάτων και των υποδομών, καθώς και για τις διαδικασίες ανάθεσης των οχημάτων.

Όσον αφορά την Ευρώπη, σύμφωνα με στατιστικά που έχουν συλλεχθεί από την Ευρωπαϊκή

Επιτροπή, την πρωτιά στον τομέα των ηλεκτρικών λεωφορείων την κατείχε το 2020 η Ολλανδία, όπου το 69,36% των λεωφορείων, που ανήκουν στα οχήματα ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, ήταν ηλεκτρικά. Ωστόσο το ποσοστό αυτό έπεσε το 2024 στο 45,97% και το μεγαλύτερο ποσοστό πλέον να κατέχει η Δανία με το 66% των οχημάτων που είναι ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, να είναι ηλεκτρικά. Ωστόσο και άλλες χώρες μεταξύ του 2020 και του 2024 είχαν σημαντικά ποσοστά ηλεκτρικών οχημάτων, για οχήματα ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Το 2022 το ποσοστό αυτό στην Φινλανδία ήταν 69,19%, ενώ την αμέσως επόμενη χρονιά το ίδιο ποσοστό ήταν, 60,5% στην Ρουμανία και 54,98% στην Νορβηγία.

Στην Ελλάδα η μετάβαση σε ηλεκτρικά, λαμβάνει χώρα τα τελευταία χρόνια. Το ποσοστό καινούργιων καταχωρήσεων λεωφορείων για το 2024, στην Ελλάδα, είναι 52,88% ηλεκτρικά σε σχέση με αυτών άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ο αριθμός των καινούργιων οχημάτων που καταχωρήθηκαν το 2024 ανέρχεται στα 266. Πιο συγκεκριμένα, η μετάβαση σε ηλεκτρικά οχήματα σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, όπως αναφέρθηκε, γεννά την ανάγκη μελέτης των ηλεκτρικών λεωφορείων για την εξυπηρέτηση των δρομολογίων, καθώς, όπως είναι αναμενόμενο, οι συνθήκες λειτουργίας μεταβάλλονται.

Τα ηλεκτρικά οχήματα, εν αντιθέσει με τα συμβατικά, δεν έχουν την ίδια αυτονομία ενέργειας για την πραγματοποίηση των δρομολογίων, γεγονός που προσθέτει συμβάντα φόρτισής τους στο στάδιο του προγραμματισμού τους. Έχει ενδιαφέρον, το πως θα ενσωματωθούν τα συμβάντα αυτά, ώστε να υπάρξει το μέγιστο κέρδος, που σημαίνει, πρωτίστως, η χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν λιγότερων οχημάτων. Παρόμοιες μελέτες έχουν γίνει από τους (Perumal et al., 2021), (Gkiotsalitis et al., 2023), καθώς και από τους (Janovec & Koháni, 2019). Στις μελέτες αυτές όμως, στην πρώτη ο προγραμματισμός των λεωφορείων και των οδηγών με μικτό ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό, ενώ στις επόμενες μελετάται μόνο ο προγραμματισμός ηλεκτρικών οχημάτων και ειδικότερα στην (Gkiotsalitis et al., 2023), μελετάται για πολλαπλά αμαξοστάσια και με ενδιάμεσα χρονικά περιθώρια. Ωστόσο, στην παρούσα προσέγγιση, θα μελετηθεί ο προγραμματισμός των ηλεκτρικών λεωφορείων και χρονοπρογραμματισμού πληρωμάτων, με μικτό ακέραιο τετραγωνικό και μικτό ακέραιο γραμμικό προγραμματισμό, αντίστοιχα.

Στο κομμάτι των ηλεκτρικών, η αρχική ιδέα είναι βασισμένη στο ήδη υπάρχον μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού οχημάτων ενός αμαξοστασίου με ελάχιστη αποσύνθεση (Single-Depot Vehicle Scheduling Problem: minimum decomposition). Καθότι, όμως, μελετώνται ηλεκτρικά λεωφορεία, θα πρέπει να υπάρχει ένα συγκεκριμένο επίπεδο μπαταρίας για την ομαλή λειτουργία των δρομολογίων. Το μοντέλο αυτό, λοιπόν, θα μεταβληθεί ώστε να περιλαμβάνει τα συμβάντα φορτίσεως για την εξασφάλιση των επιπέδων της μπαταρίας σε λειτουργικά όρια.

Πέραν από το κομμάτι των ηλεκτρικών οχημάτων και την διατήρηση των επιπέδων μπαταρίας

με φορτίσεις των οχημάτων, σημαντικό ρόλο για την ορθή λειτουργία του δικτύου, καθώς και για την τήρηση των δρομολογίων έχει και ο προγραμματισμός διάθεσης των οχημάτων/δρομολογίων στους οδηγούς. Η ομαλή έκβαση των δρομολογίων επηρεάζεται από τις βάρδιες των οδηγών. Με την προσθήκη των συμβάντων φόρτισης, υπάρχει δυνητικά αλλαγή και στον τρόπο ανάθεσης των οχημάτων στους οδηγούς, συνεπώς και στον τρόπο που αναλαμβάνουν τις βάρδιες. Η περίπτωση αυτή εξετάζεται στην συνέχεια της παρούσας διπλωματικής.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, το πρόβλημα το οποίο μελετήθηκε στην παρούσα διπλωματική αφορά το Πρόβλημα Προγραμματισμού των Οχημάτων και των Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων- Vehicle and Crew Scheduling Problem for Electric Buses (VCSPEB). Για τον λόγο αυτό στο παρακάτω κεφάλαιο δίδεται μια παρουσίαση από βιβλιογραφία συνδεδεμένη με το θέμα του VCSPEB και παρεμφερών αντικειμένων.

Πρώτα και κύρια, αρκετές έρευνες έχουν μελετήσει προβλήματα παρόμοια με το VCSPEB, μία εξ αυτών είναι από τους (Perumal et al., 2021). Στο συγκεκριμένο άρθρο, οι συγγραφείς μελετάνε το πρόβλημα του προγραμματισμού των ηλεκτρικών οχημάτων και του πληρώματος (Electric Vehicle and Crew Scheduling Problem). Στην προσέγγισή τους, η λύση επιτυγχάνεται μέσω μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (Mixed Integer Linear Programming), δημιουργώντας σύνολα από διαστήματα υπηρεσίας και καθήκοντα (blocks and duties), και με την χρήση της ευρετικής Προσαρμοστική Αναζήτηση Μεγάλης Γειτονιάς- Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS). Για τον συνδυασμό του προβλήματος προγραμματισμού των ηλεκτρικών οχημάτων και του προγραμματισμού του πληρώματος, η περιορισμένη εμβέλεια των ηλεκτρικών οχημάτων έχει ληφθεί υπόψιν. Η ALNS ελέγχθηκε σε πραγματικές παραμέτρους που έχουν ληφθεί από δεδομένα, από εταιρείες μεταφορών στην Δανία και στην Σουηδία, περιέχοντας 1109 δρομολόγια. Αρχικά, μελετήθηκαν τα δύο υποπροβλήματα με μέθοδο γραμμικού προγραμματισμού, καταφέροντας εφικτές λύσεις σε λογικό προγραμματιστικό χρόνο, αλλά προσπαθώντας να επιλύσουν το συνδυαστικό πρόβλημα διαδοχικά, με την εισαγωγή των ορίων του προβλήματος προγραμματισμού των ηλεκτρικών οχημάτων στο ανεξάρτητο πρόβλημα προγραμματισμού του πληρώματος, αν και τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα ποιοτικά, εμφανίστηκαν προβλήματα στον υπολογισμό κάποιων μεταβλητών. Με την εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου (με την ευρηκτική ALNS), επέδειξαν ότι η ποιότητα των αποτελεσμάτων βελτιώθηκε και πως αυτά είναι ακόμη πιο αποτελεσματικά, υπολογιζόμενα σε καλύτερο υπολογιστικό χρόνο, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του γραμμικού προγραμματισμού. Τα αποτελέσματα, επίσης, έδειξαν πως η επέκταση της οδικής εμβέλειας επηρεάζει το λειτουργικό κόστος, με το τελευταίο να μειώνεται με αυτή την αλλαγή.

Σημαντική, επίσης, είναι η έρευνα (Gkiotsalitis et al., 2023). Στην συγκεκριμένη έρευνα το πρόβλημα που μελετάται, είναι το πρόβλημα προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων με

πολλαπλά αμαξοστάσια συμπεριλαμβανομένων ενδιάμεσων επιτρεπόμενων χρόνων((EB-MDVSPTW). Στην παρούσα μελέτη με χρήση μεταβλητών, μετατρέπουν το μοντέλο σε γραμμικό, καθώς χωρίς την μεταβολή αυτή το μαθηματικό μοντέλο το οποίο δημιουργείται είναι μικτού ακέραιου μη γραμμικού προγραμματισμού. Με την μετατροπή αυτή τον πρόβλημα που χαρακτηρίζεται ως NP-hard, επιλύεται μέσω γραμμικού, πλέον, προγραμματισμού. Για πιο αυστηρά αποτελέσματα και εξασφάλιση οικονομίας του απαιτούμενου υπολογιστικού χρόνου (ειδικότερα όσο αυξάνεται το δείγμα), μετά την μετατροπή των περιορισμών σε γραμμικούς, γίνεται και εισαγωγή έγκυρων ανισοτήτων που έχουν ληφθεί από πειραματικά αποτελέσματα. Τα πειράματα για την επίλυση αυτού του προβλήματος έγιναν με την χρήση συνθετικού δικτύου και στην συνέχεια με εφαρμογή σε περιπτώσεις δεδομένων αναφοράς επιτυγχάνοντας βέλτιστα αποτελέσματα για υπολογισμούς που αφορούν δείγμα 30 δρομολογίων.

Μια άλλη σημαντική έρευνα είναι αυτή που διεξήχθη από τους (Janovec & Koháni, 2019). Οι μελετητές του συγκεκριμένου άρθρου πρότειναν ένα μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού για τον προγραμματισμό των ηλεκτρικών οχημάτων. Στην έρευνα αυτή προτάθηκε τα ηλεκτρικά οχήματα να φορτίζουν σε διαφορετικούς φορτιστές, ανά διαθεσιμότητα, καθώς ακριβώς ένα όχημα μπορεί να φορτίζει σε ένα φορτιστή. Τα δεδομένα για αυτή την έρευνα λήφθηκαν από τη διαχειρίστρια εταιρία δημόσιων μεταφορών DPMŽ της πόλης Ζιλίνα (Žilina) της Σλοβακίας. Η δοκιμή του μοντέλου έγινε με την προσθήκη φορτιστών, σταδιακά, σε επιλεγμένες περιοχές. Αρχικά τρεις συνολικά φορτιστές με δυο εξ' αυτών στα αμαξοστάσια των λεωφορείων και έναν στο κέντρο της πόλης, έπειτα προστέθηκαν άλλοι δύο στα αμαξοστάσια και τέλος άλλος ένας στον σταθμό των τρένων, καταλήγοντας συνολικά με 6 φορτιστές. Τέλος τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πρόβλημα του προγραμματισμού των ηλεκτρικών οχημάτων (EVSP) συγκρίθηκαν με αυτά του προβλήματος προγραμματισμού οχημάτων (VSP). Για την επίλυση χρησιμοποιήθηκε ο solver Xpress IVE. Με την συγκεκριμένη έρευνα αποδείχτηκε ότι ο αριθμός των λεωφορείων που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση του δικτύου δεν αλλάζει με την αλλαγή του τύπου του οχήματος και παρατηρήθηκε πως με την αύξηση του αριθμού των δρομολογίων, του αριθμού των φορτιστών και λαμβάνοντας υπόψιν την τη θέση αυτών, τα αποτελέσματα περιπλέκονται και απαιτείται περισσότερος υπολογιστικός χρόνος.

Επιπλέον, τα έργα των (Guo et al. 2023), (Jiang & He, 2022) και (Wang et al., 2022) έχουν παρόμοια στοιχεία με την παρούσα εργασία. Αυτές οι μελέτες εστιάζουν στο Πρόβλημα Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Λεωφορείων και όλες έχουν δοκιμαστεί χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα από τη Ναντσάνγκ, Κίνα, Σενγιάνγκ, Κίνα, και Τσανγκτσούν, Κίνα, αντίστοιχα. Φυσικά, καθεμία από αυτές αναφέρεται σε διαφορετικές μεταβλητές που σχηματίζουν τα προβλήματα που λύθηκαν. Αναφορικά, στο πρώτο άρθρο, (Guo et al., 2023) εξετάστηκαν τέσσερις αβέβαιες μεταβλητές: αριθμός επιβατών που φτάνουν στην στάση, χρόνος αναμονής επιβατών, χρόνος διαδρομής μεταξύ στάσεων και η κατανάλωση ενέργειας των ηλεκτρικών λεωφορείων (Electric Buses-EBs). Προτείνεται μια στρατηγική κοινής βελτιστοποίησης του δυναμικού διαστήματος αναχώρησης και του συνδυασμού οχημάτων για την ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους ταξιδιού των επιβατών και της κατανάλωσης ενέργειας. Η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθόδου επαληθεύεται μέσω της

εξεταζόμενης περίπτωσης, δείχνοντας ότι η προσθήκη των αβέβαιων παραγόντων στην βελτιστοποίηση του προγραμματισμού λεωφορείων μπορεί να μειώσει τον συνολικό χρόνο ταξιδιού των επιβατών και να βελτιώσει το επίπεδο εξυπηρέτησης των λεωφορείων. Επίσης, με την βελτιστοποίηση της προτεινόμενης προσέγγισης, η λύση μπορεί να καλύψει τις ανάγκες περιορισμένου αριθμού λεωφορείων, ενώ μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και τις καθυστερήσεις. Δεύτερη, η μελέτη των (Jiang & He, 2022) περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση του προγραμματισμού και της διαχείρισης της φόρτισης για μια γραμμή λεωφορείου, επεκτείνοντας στη συνέχεια σε περισσότερες γραμμές, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της φόρτισης στον προγραμματισμό των λεωφορείων και των οδηγών και αντίστροφα. Τα χαρακτηριστικά των οχημάτων και πολλαπλοί κανονισμοί για το εργατικό δυναμικό λαμβάνονται υπόψη στη μοντελοποίηση, μέσω μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού. Με το μοντέλο τους, προσπάθησαν να ορίσουν τα δρομολόγια των ηλεκτρικών λεωφορείων και των οδηγών, καθώς και να καθορίσουν το βέλτιστο πρόγραμμα φόρτισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη λύση για τον αριθμό των οδηγών/λεωφορείων, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί ο χρόνος για γεύμα, ενώ ο χρόνος φόρτισης να είναι θετικά συσχετισμένος με τη συνολική απόσταση οδήγησης. Αυτή η προσέγγιση επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην υπολογιστική απόδοση. Τέλος, η μελέτη των (Wang et al., 2022) εξετάζει το Ενοποιημένο Πρόβλημα Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρώματος για έναν μικτό στόλο συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση δι-επίπεδης πολυκριτηριακής βελτιστοποίησης για την επίλυση του προβλήματος που μελετήθηκε. Το ανώτερο επίπεδο περιλαμβάνει τον προγραμματισμό των οχημάτων (συμπεριλαμβανομένων συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων), ενώ το κατώτερο αφορά τον προγραμματισμό του πληρώματος. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο που δημιούργησαν και έναν βελτιωμένο πολυαντικειμενικό αλγόριθμο σωματιδίων βασισμένο στον μηχανισμό επεξεργασίας περιορισμών ε-THOMPSO, κατάφεραν να επιτύχουν λύσεις. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη τις συγκεκριμένες απαιτήσεις τόσο των οδηγών όσο και των οχημάτων, ενσωματώνοντας σχέδια φόρτισης κατά τις ώρες αιχμής και μειώνοντας τα λειτουργικά έξοδα. Τα (EBs) αξιοποιούνται πιο εντατικά από τα συμβατικά λεωφορεία (Conventional- Buses CBs), εκτελώντας περισσότερα δρομολόγια και έχοντας λιγότερο χρόνο αδράνειας, ενώ τα CBs χρησιμοποιούνται ως εφεδρικά οχήματα. Αυτό το σύστημα προγραμματισμού προσφέρει, επίσης, στους οδηγούς ευκαιρίες για ξεκούραση κατά τις περιόδους αδράνειας, μειώνοντας τον κίνδυνο περιστατικών κόπωσης. Συνολικά, αυτή η μέθοδος έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά της στη διαχείριση ενός μικτού στόλου, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση κόστους διατηρώντας παράλληλα υψηλά πρότυπα υπηρεσιών.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πολλά αξιόλογα έργα δοκιμάστηκαν με πληροφορίες που προέκυψαν από πραγματικά περιβάλλοντα. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει τα έργα που αναφέρουμε στη συνέχεια. Στα πιο πρόσφατα έργα, ο (Gkiotsalitis, 2020), εξετάζοντας μια μελέτη περίπτωσης στη Σιγκαπούρη, ο συγγραφέας χρησιμοποίησε μια ποικιλία ευρετικών μεθόδων και κατέληξε σε βελτιωμένες λύσεις, που δόθηκαν μέσω Γενετικών Αλγορίθμων (Genetic Algorithm), καθώς και Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing) για το Πρόβλημα Προγραμματισμού Λεωφορείων, ενώ ελαχιστοποιούσε τον χρόνο αναμονής των

επιβατών. Επιπλέον, δουλεύοντας με την Simulated Annealing, δημιουργώντας μια μεταεuryετική μέθοδο, οι (Mauri & Lorena, 2016), έλυσαν το Πρόβλημα Προγραμματισμού Οδηγών Λεωφορείων και το δοκίμασαν σε γραμμές λεωφορείων στη Βραζιλία. Επιπλέον, οι έρευνες των (Gkiotsalitis & Alesiani, 2019) και (Gkiotsalitis et al., 2020), με μελέτες περίπτωσης στην πρωτεύουσα της Σιγκαπούρης και τη Χάγη, Ολλανδία, αντίστοιχα, εισήγαγαν αναδιαμόρφωση των προβλημάτων ώστε να περιλαμβάνουν ποινές όταν οι αντίστοιχοι περιορισμοί παραβιάζονται. Τέλος, τα έργα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και επίσης εστιάζουν στην ενσωμάτωση του Προγραμματισμού Δρομολογίων και του VSP, είναι οι μελέτες (Carosi et al., 2019), (Fonseca et al., 2018), (Van Den Akker et al., 2008) και (Oughalime et al., 2009) που έχουν δοκιμαστεί στην Ιταλία, την Κοπεγχάγη, Δανία, την Ολλανδία και το Πανεπιστήμιο Kebangsaan στη Μαλαισία, με αυτή τη σειρά. Όλα τα παραπάνω, εκτός από το τελευταίο, χρησιμοποιούν ευρετικές μεθόδους και γραμμικό προγραμματισμό για την εύρεση εφικτών λύσεων. Το τελευταίο χρησιμοποιεί γραμμικό και προγραμματισμό στόχων.

Αντίθετα, κάποιοι ερευνητές χρησιμοποιούν συνθετικά δεδομένα για να δοκιμάσουν τα μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί με ευρετικές μεθόδους, για να λύσουν τους στόχους που τέθηκαν. Τα επόμενα άρθρα της βιβλιογραφίας που ακολουθούν διερευνούν το θέμα του Προβλήματος Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων. Αυτές οι μελέτες επιλέχθηκαν επειδή ο συνδυασμός της μεθόδου με το υλικό που μελετήθηκε συσχετίζεται με την έρευνά μας. Χρονολογικά, τα έργα αυτά είναι (Ji et al., 2020), (Kulkarni et al., 2018), (Wen et al., 2016), (Reuer et al., 2015), (Pepin et al., 2009) και (Eliyi et al., 2009).

Τέλος, έχουν παρουσιαστεί αρκετές ερευνητικές εργασίες που περιλαμβάνουν μελέτες περίπτωσης σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, παρόμοιες με αυτή που μελετάμε, όπως αυτές των (Rizopoulos & Saharidis, 2020) και (Valouxis & Housos, 2002). Η πρώτη εξετάζει τον επαναπρογραμματισμό του δικτύου μεταφορών για την επίτευξη συγχρονισμού, ενώ η δεύτερη ενώνει τον προγραμματισμό λεωφορείων και οδηγών, και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιείται γραμμική χαλάρωση για την επίτευξη της βέλτιστης λύσης.

Επιπλέον, την τελευταία δεκαετία, έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες που ασχολούνται με υλικό παρόμοιο με όσα μελετώνται στην παρούσα διπλωματική, ιδιαίτερα με τα υποπροβλήματα του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων (Ηλεκτρικών) και του Προβλήματος Προγραμματισμού Πληρωμάτων, τα οποία έχουν μελετηθεί σε πολλές διαφορετικές παραλλαγές, με βάση τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε, καθώς και τα κριτήρια που θεωρήθηκαν για τις λύσεις τους. Παρόλο που η παρούσα έρευνα ασχολείται με εφαρμογές που αφορούν πραγματικές περιπτώσεις που έχουν αποκτηθεί από τον ΟΑΣΑ, υπάρχουν μελέτες περίπτωσης στις οποίες οι περιπτώσεις δημιουργήθηκαν τεχνητά.

Πίνακας 2.1: Πίνακας Επιλεγμένων Μελετών από την Βιβλιογραφία

Πίνακας 2.1: Επιλεγμένες μελέτες από τη βιβλιογραφία				
Μελέτη	Μεταβλητές Απόφασης	Συνάρτηση Στόχου	Μέθοδος Επίλυσης	Εφαρμογή
Perumal et al. 2021	μπλοκ, καθήκοντα	λειτουργικό κόστος	προσαρμοστική μεγάλη αναζήτηση γειτονιάς , μικτός ακέραιος προγραμματισμός	εταιρείες δημόσιων συγκοινωνιών στη Δανία και τη Σουηδία
Gkiotsalitis et al. 2023	επίπεδο μπαταρίας, απαιτούμενος χρόνος επαναφόρτισης, μεταβολή επιπέδου μπαταρίας, ακολουθία δρομολογίων, γεγονότα φόρτισης, χρόνος έναρξης εργασίας, σίγμα (γραμμικοποίησης)	συνολικό κόστος	μικτός ακέραιος μη γραμμικός προγραμματισμός, μικτός ακέραιος προγραμματισμός	συνθετικά δεδομένα
Janovec και Koháni 2016	ακολουθία δρομολογίων, ακολουθία συμβάντων φόρτισης	αριθμός ηλεκτρικών λεωφορείων	γραμμικός προγραμματισμός	γραμμές λεωφορείων από Ζίλινα, Τσεχία
Guo et al. 2022	χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών αναχωρήσεων, τύπος οχήματος	κόστος επιβατών και λεωφορείων	αβέβαιος δι-επίπεδος προγραμματισμός , προγραμματισμός με περιορισμούς πιθανότητας, καθεστώς αναμενόμενης τιμής, γενετικός αλγόριθμος	μία διαδρομή από Ναντσάγκ, Κίνα
Jiang και He 2020	κόστος φόρτισης, κόστος αδράνειας οδηγών	ημερήσιο κόστος	μικτός ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός	μία γραμμή λεωφορείου από Σενγιάνγκ, Κίνα
Wang et al. 2022	ο οδηγός οδηγεί CB, ο οδηγός οδηγεί EB, ακολουθία δρομολογίων	λειτουργικό κόστος και εκπομπές άνθρακα, ημερήσιος μισθός του οδηγού	Δι-επίπεδο πολυ-αντικειμενικό μοντέλο προγραμματισμού	κυκλική διαδρομή λεωφορείου στην πόλη Τσανγκτσούν, Κίνα

Συνοπτικά, το Πρόβλημα Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων (VCSPEB) αντιπροσωπεύει έναν κρίσιμο τομέα έρευνας της επιχειρησιακής έρευνας. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αναδεικνύει σημαντική πρόοδο και διάφορες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας της ενσωμάτωσης του χρονοπρογραμματισμού των πληρωμάτων με τους μοναδικούς περιορισμούς και τις απαιτήσεις του προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων.

Κύρια ευρήματα της ανασκόπησης περιλαμβάνουν ότι η ανάπτυξη νέων μεθόδων επιχειρησιακής έρευνας, μπορεί να συμβάλει σε αποτελεσματικές παρεμβάσεις σε όλα τα επίπεδα σχεδιασμού (δηλαδή στρατηγικό, τακτικό, λειτουργικό) των συστημάτων δημόσιων μεταφορών που βασίζονται σε ηλεκτρικά λεωφορεία. Στα επόμενα χρόνια, και καθώς η υιοθέτηση των ηλεκτρικών λεωφορείων προοδεύει, αναμένεται ότι τα μοντέλα μαθηματικού προγραμματισμού, όπως αυτό που παρουσιάζεται σε αυτή τη διατριβή, θα έχουν σημαντική σημασία για τους φορείς δημόσιων μεταφορών και τις δημόσιες αρχές που σχετίζονται με τις μεταφορές στις ευρωπαϊκές πόλεις. Δεδομένης αυτής της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, το επόμενο τμήμα συζητά τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε σε αυτή τη διπλωματική για την αντιμετώπιση του VCSPEB στην περίπτωση του ΟΑΣΑ στην Αθήνα, Ελλάδα.

3. Μεθοδολογία

3.1. Πρόβλημα Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων(E-SD-VSP)

3.1.1. Εισαγωγή, Ιδέα και Παραδοχές

Το μαθηματικό μοντέλο που αφορά το πρόβλημα του προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων με μοναδικό αμαξοστάσιο (E-SD-VSP), βασίστηκε στα άρθρα των (Perumal et al., 2021) και (Gkiotsalitis et al., 2023). Στο πρώτο άρθρο, η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος πραγματοποιείται με τη δημιουργία ενός δικτύου G δρομολογίων V και καμπυλών A , όπου ισχύει $G=(V, A)$. Με αυτά ορίζονται διαστήματα που περιλαμβάνουν καμπύλες όταν το όχημα κατευθύνεται από/προς το αμαξοστάσιο, τον χρόνο αναμονής, την επαναφόρτιση του οχήματος, καθώς και τα δρομολόγια. Στο μοντέλο, που θα αναλυθεί περαιτέρω παρακάτω, λαμβάνοντας την λογική της επαναφόρτισης ενδιάμεσα των δρομολογίων της μελέτης των (Perumal et al., 2021), έγινε τροποποίηση του σε γραμμικές εξισώσεις (όπου κρίθηκε απαραίτητο) και απλοποίηση του (δεν συμπεριλήφθηκαν οι ενδιάμεσοι χρόνοι αναμονής), ώστε να αναλυθεί σε ένα μοντέλο μικτού ακέραιου τετραγωνικού προγραμματισμού το E-SD-VSP. Για την γραμμικοποίηση που αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν περιορισμοί από το δεύτερο άρθρο, (Gkiotsalitis et al., 2023). Καθώς, όμως, σε αυτό μελετάται το πρόβλημα πολλαπλών αμαξοστασίων με επιτρεπόμενα ενδιάμεσα χρονικά περιθώρια, οι χρονικοί περιορισμοί που λήφθηκαν από αυτό προσαρμόστηκαν στο πρόβλημα ενός αμαξοστασίου,

χωρίς χρονικά περιθώρια.

Οι βασικές παραδοχές για το παρακάτω μοντέλο είναι οι εξής:

- Κάθε γραμμή συνδέεται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία φόρτισης, η οποία ταυτίζεται με τον αμαξοστάσιο της γραμμής.
- Ο χρόνος που χρειάζεται για την επαναφόρτιση, εξαρτάται στο επίπεδο μπαταρίας του ηλεκτρικού οχήματος.
- Το επίπεδο ενέργειας των ηλεκτρικών λεωφορείων μετά την επαναφόρτιση είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο (350 kWh), Το επίπεδο ενέργειας του οχήματος δεν πρέπει να είναι λιγότερο από το 20% της μέγιστης χωρητικότητας, ειδικά η ολοκλήρωση των εργασιών δεν θα είναι εφικτή.
- Κάθε σταθμός φόρτισης δεσμεύεται από ένα όχημα ανά φόρτιση ανά χρονικό περιθώριο και αποδεσμεύεται στο πέρα του χρονικού περιθωρίου, ανεξαρτήτου αν η φόρτιση ολοκληρώθηκε σε λιγότερο χρόνο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η δημιουργία σειρών από αδρανή οχήματα στους σταθμούς φόρτισης.
- Τα ηλεκτρικά λεωφορεία κατευθύνονται στους σταθμούς φόρτισης μετά την ολοκλήρωση της διαδρομής του δρομολογίου της εκάστοτε λεωφορειακής γραμμής. Αφού διέλθει, δηλαδή, από την τερματική στάση της κατεύθυνσης στην οποία έχει ανατεθεί.
- Ο προγραμματισμός δρομολογίων των λεωφορειακών γραμμών είναι προκαθορισμένος από την διαχειρίστρια εταιρία συγκοινωνιών και ο προγραμματισμός για τα συμβάντα επαναφόρτισης σχεδιάζεται βάσει του συστήματος χρονικών περιθωρίων φόρτισης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

3.1.2. Συμβολισμοί Μοντέλου Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων

Μορφοποίηση προβλήματος E-SD-VSP

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι συμβολισμοί των συνόλων, παραμέτρων και μεταβλητών απόφασης που απαρτίζουν το μαθηματικό μοντέλο, μικτού ακέραιου τετραγωνικού προγραμματισμού, για την περιγραφή και την επίλυση του προβλήματος του προγραμματισμού των ηλεκτρικών οχημάτων.

Πίνακας 3.1 : Συμβολισμοί για το πρόβλημα προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων(E-SD-VSP).

Σύνολα	
V	Σύνολο των εσωτερικών εργασιών
F	Σύνολο των συμβάντων φόρτισης
O	Σύνολο των κόμβων εκκίνησης
D	Σύνολο των κόμβων προορισμού

N	Σύνολο όλων των εργασιών, όπου $N = O \cup F \cup V \cup D$ και $V \cap F \cap O \cap D = \emptyset$
K	Σύνολο των οχημάτων
K_1	Σύνολο των οχημάτων που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σε χρονικό τμήμα
K_2	Σύνολο των οχημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε χρονικό τμήμα
<i>Παράμετροι</i>	
e	Η ενέργεια που καταναλώθηκε ανά απόσταση που διανύθηκε (0,000072 kWh/m)
c	Ο ρυθμός φόρτισης ανά λεπτό
B	Ο αριθμός των οχημάτων
t_i	Η διάρκεια της εργασίας $i \in N$
t_{ij}	Ο χρόνος που έχει παρέλθει στην διαδρομή (i,j) που ισούται με την διάρκεια ταξιδιού μεταξύ της τελικής τοποθεσίας της εργασίας $i \in N$ και της αρχικής τοποθεσίας της εργασίας $j \in N$
d_{tj}	Ο χρόνος αναχώρησης κάθε εργασίας $j \in (F \cup V)$
θ_{ij}	Η ενέργεια που καταναλώθηκε κατά την κάλυψη της απόστασης μεταξύ των τοποθεσιών των κόμβων (i,j)
d_{ij}	Η απόσταση μεταξύ της τελικής τοποθεσίας στον κόμβο i και στην αρχική τοποθεσία του κόμβου j
o_k, d_k	Οι κόμβοι εκκίνησης και προορισμού, σχετιζόμενοι με τα αμαξοστάσια των οχημάτων k
b_k	Δυαδικό διάνυσμα, το οποίο υποδεικνύει ότι ένα όχημα k χρησιμοποιείται σε οποιοδήποτε χρονικό τμήμα. Λαμβάνει την τιμή 0, εάν το λεωφορείο έχει χρησιμοποιηθεί, αλλιώς παίρνει την τιμή 1
$SoC_{\min}$	Το ελάχιστο επιτρεπόμενο επίπεδο μπαταρίας (140kwh)
$SoC_{\max}$	Το μέγιστο επιτρεπόμενο επίπεδο μπαταρίας (350kwh)
E_k	Τα επίπεδα της μπαταρίας των λεωφορείων που χρησιμοποιούνται, στην αρχή κάθε χρονικού τμήματος

$Time_k$	Ο χρόνος, στον οποίο το κάθε όχημα $k \in K$ ξεκινάει το δρομολόγιο του, στο εκάστοτε χρονικό τμήμα
L_k	Η τοποθεσία του κάθε λεωφορείου στην αρχή του χρονικού τμήματος. Είτε αφορά την αφετηρία είτε την τερματική στάση
M	Ένας πολύ μεγάλος θετικός αριθμός M
<i>Μεταβλητές Απόφασης</i>	
x_{ijk}	Δυαδική μεταβλητή 0-1, είναι 1 αν το ηλεκτρικό λεωφορείο $k \in K$ που εξυπηρετεί το δρομολόγιο i εξυπηρετεί και το δρομολόγιο j διαδοχικά, αλλιώς παίρνει την τιμή 0
y_k	Δυαδική μεταβλητή, όπου λαμβάνει την τιμή 1 εάν υπάρχει χρησιμοποίηση του λεωφορείου $k \in K$ στο χρονικό τμήμα, αλλιώς την τιμή 0
<i>Μεταβλητές</i>	
σ_{ijk}	Συνεχής μεταβλητή, όπου $\sigma_{ijk} = 0$, αν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των (i, j) και $\sigma_{ijk} \in [-M, M]$ εάν δεν υπάρχει αυτή η σύνδεση, με το να είναι ένας μεγάλος θετικός αριθμός M
T_{ik}	Ο χρόνος έναρξης της εργασίας που ξεκινάει στον κόμβο $i \in N$
SOC_{ik}^s	Συνεχής θετική μεταβλητή που υποδεικνύει το επίπεδο της μπαταρίας για το όχημα $k \in K$ στην αρχή της εργασίας $i \in (F \cup V \cup D)$
SOC_{ik}^e	Συνεχής θετική μεταβλητή που υποδεικνύει το επίπεδο της μπαταρίας για το όχημα $k \in K$ στην αρχή της εργασίας $i \in (O \cup F \cup D)$
g_{ik}	Συνεχής θετική μεταβλητή που υποδεικνύει την μεταβολή στο επίπεδο της μπαταρίας για το όχημα $k \in K$ όταν εκτελεί την εργασία $i \in N$
τ_{ik}	Απαιτούμενος χρόνος φόρτισης του οχήματος $k \in K$, όταν εκτελεί την εργασία φόρτισης $i \in F$

3.1.3. Μαθηματικό Μοντέλο Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων

Το μαθηματικό πρόβλημα επιλύεται μέσω ενός μοντέλου μικτού ακέραιου τετραγωνικού προγραμματισμού, δίνοντας το καλύτερο αποτέλεσμα για κάθε χρονικό τμήμα. Η δημιουργία των χρονικών τμημάτων περιγράφεται εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 4.1.3.

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\begin{aligned} \min \sum_{i \in O} \sum_{j \in (F \cup V \cup D)} \sum_{k \in K} x_{ijk} + \sum_{k \in K} b_k y_k + p_1 \sum_{i \in (F \cup V)} \sum_{j \in D} \sum_{k \in K} T_{jk} x_{ijk} \\ + p_2 \sum_{i \in (F \cup V)} \sum_{j \in D} \sum_{k \in K} t_{ij} x_{ijk} + p_3 \sum_{i \in D} \sum_{k \in K} SOC_{ik}^s \end{aligned} \quad (1)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_{j \in N} x_{ojk} \leq 1, \forall k \in K_1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ojk} = 0, \forall k \in K_1 \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ojk} \leq 1, \forall k \in K_2 \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ojk} = 0, \forall k \in K_2 \quad (5)$$

$$\sum_{i \in O} \sum_{j \in O} x_{ijk} = 0, \forall k \in K \quad (6)$$

$$x_{ijk} = 0, \forall i \in F \cup V \cup D, \forall j \in O, \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \leq 1, \forall j \in D, \forall k \in K \quad (8)$$

$$x_{ijk} = 0, \forall i \in D, \forall j \in N, \forall k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{i \in O} \sum_{j \in F \cup V \cup D} x_{ijk} = \sum_{i \in O \cup F \cup V} \sum_{j \in D} x_{ijk}, \forall k \in K \quad (10)$$

$$x_{ijk} = 0, \forall i \in F, \forall j \in F, \forall k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ijk} = \sum_{i \in N} x_{jik}, \forall j \in F \cup V, \forall k \in K \quad (12)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} \leq 1, \forall j \in F \cup V \quad (13)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} = 1, \forall j \in V \quad (14)$$

$$\sum_{i \in O} \sum_{j \in F \cup V \cup D} \sum_{k \in K} x_{ijk} \leq B \quad (15)$$

$$x_{ijk} = 0, \forall k \in K, \forall i \in N, \forall j \in N: i = j \quad (16)$$

$$T_{jk} \leq M(1 - x_{ijk}) + dt_j, \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \quad (17)$$

$$T_{jk} \geq -M(1 - x_{ijk}) + dt_j, \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \quad (18)$$

$$T_{jk} \leq M \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk}, \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (19)$$

$$T_{ik} + t'_i + t_{ij} - T_{jk} + \sigma_{ijk} \leq 0, \quad \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (20)$$

$$T_{ik} + \frac{(SOC_{ik}^e - SOC_{ik}^s)}{c} + t_{ij} - T_{jk} + \sigma_{ijk} \leq 0, \forall k \in K, \forall i \in F, \forall j \in V \cup D \quad (21)$$

$$\sigma_{ijk} \leq M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (22)$$

$$\sigma_{ijk} \geq -M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (23)$$

$$T_{ik} \leq Time_k + M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in O, \forall j \in F \cup V \quad (24)$$

$$T_{ik} \geq Time_k - M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in O, \forall j \in F \cup V \quad (25)$$

$$T_{jk} \leq T_{ik} + t'_i + t_{ij} + M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in V, \forall j \in D \quad (26)$$

$$T_{jk} \geq T_{ik} + t'_i + t_{ij} - M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in V, \forall j \in D \quad (27)$$

$$T_{jk} \leq T_{ik} + \frac{(SOC_{ik}^e - SOC_{ik}^s)}{c} + t_{ij} + M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in F, \forall j \in D \quad (28)$$

$$T_{jk} \geq T_{ik} + \frac{(SOC_{ik}^e - SOC_{ik}^s)}{c} + t_{ij} - M(1 - x_{ijk}), \forall k \in K, \forall i \in F, \forall j \in D \quad (29)$$

$$SOC_{jk}^s \geq SOC_{min} - M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in D \quad (30)$$

$$SOC_{jk}^s \leq M \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk}, \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (31)$$

$$SOC_{ik}^e \leq E_k + M \left(1 - \sum_{j \in F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall i \in O \quad (32)$$

$$SOC_{ik}^e \geq E_k - M \left(1 - \sum_{j \in F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall i \in O \quad (33)$$

$$SOC_{ik}^e \leq M \sum_{j \in N} x_{ijk}, \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V \quad (34)$$

$$SOC_{jk}^s \leq SOC_{ik}^e - \theta_{ij} + M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V, i \in F \cup V \cup D} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (35)$$

$$SOC_{jk}^s \geq SOC_{ik}^e - \theta_{ij} - M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V, i \in F \cup V \cup D} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall i \in O \cup F \cup V, \forall j \in F \cup V \cup D \quad (36)$$

$$g_{jk} \leq SOC_{jk}^s - SOC_{jk}^e + M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \quad (37)$$

$$g_{jk} \geq SOC_{jk}^s - SOC_{jk}^e - M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \quad (38)$$

$$g_{jk} \leq e_j + M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in V \quad (39)$$

$$g_{jk} \geq e_j - M \left(1 - \sum_{i \in O \cup F \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in V \quad (40)$$

$$g_{jk} \leq SOC_{jk}^s - SOC_{max} + M \left(1 - \sum_{i \in O \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in F \quad (41)$$

$$g_{jk} \geq SOC_{jk}^s - SOC_{max} - M \left(1 - \sum_{i \in O \cup V} x_{ijk} \right), \forall k \in K, \forall j \in F \quad (42)$$

$$g_{jk} \leq M \sum_{i \in N} x_{ijk}, \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \quad (43)$$

$$g_{jk} \geq -M \sum_{i \in N} x_{ijk}, \forall k \in K, \forall j \in F \cup V \quad (44)$$

$$y_k M \geq \sum_{i \in O} \sum_{j \in N} x_{ijk}, \forall k \in K \quad (45)$$

$$y_k \leq \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijk}, \forall k \in K \quad (46)$$

3.1.4. Επεξήγηση Μαθηματικού Μοντέλου Προγραμματισμού

Ηλεκτρικών Οχημάτων

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση των χρησιμοποιήσεων των ηλεκτρικών οχημάτων. Πιο λεπτομερώς, ο όρος $\sum_{i \in O} \sum_{j \in (F \cup V \cup D)} \sum_{k \in K} x_{ijk}$, ελαχιστοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των εργασιών (i, j) . Ο όρος $\sum_{k \in K} b_k y_k$ ελαχιστοποιεί τον αριθμό των λεωφορείων που χρησιμοποιούνται ανά χρονικό τμήμα. Η μεταβλητή y_k λαμβάνει την τιμή 1 εάν το όχημα $k \in K$, χρησιμοποιείται σε κάποιο χρονικό τμήμα, αλλιώς λαμβάνει την τιμή 0. Η παράμετρος b_k λαμβάνει τιμές 0-1 σε κάθε χρονικό τμήμα μέσω ευρετικής. Συνεπώς το άθροισμα των όρων αυτών ελαχιστοποιείται όταν ο ελάχιστος αριθμός οχημάτων χρησιμοποιείται ανά χρονικό τμήμα. Οι επόμενοι δυο όροι της αντικειμενικής συνάρτησης $p_1 \sum_{i \in (F \cup V)} \sum_{j \in D} \sum_{k \in K} T_{jk} x_{ijk}$, $p_2 \sum_{i \in (F \cup V)} \sum_{j \in D} \sum_{k \in K} t_{ij} x_{ijk}$, στοχεύουν στην ανάθεση των οχημάτων k στις καμπύλες (i, j) , ώστε το όχημα $k \in K$ να εκτελεί την νωρίτερη δυνατή εργασία σε κάθε χρονικό τμήμα και να εκτελεί την κοντινότερη σύνδεση μεταξύ δυο κόμβων, ώστε να ελαχιστοποιεί τον απαιτούμενο χρόνο μετάβασης t_{ij} . Τέλος ο όρος $p_3 \sum_{i \in D} \sum_{k \in K} SOC_{ik}^s$ σκοπεύει κάθε όχημα $k \in K$ να ξεκινάει με όσο πιο υψηλό επίπεδο ενέργειας ει δυνατόν σε κάθε χρονικό τμήμα. Επιπλέον τα p_1 , p_2 και p_3 είναι παράμετροι ποινών, ώστε να μειώσουν την προτεραιότητα των όρων στους οποίους συμπεριλαμβάνονται στην αντικειμενική συνάρτηση συγκριτικά με τους δυο αρχικούς όρους.

Κατά σειρά, οι περιορισμοί που περιγράφουν γενικά το πρόβλημα εξασφαλίζουν, οι (2) και (4) πως κάθε όχημα $k \in K_1, K_2$, αναχωρεί από τον κόμβο εκκίνησης o_k το πολύ μια φορά για να εκτελέσει την εργασία $j \in N$, οι περιορισμοί (3) και (5) όταν το όχημα $k \in K_1, K_2$, έχει ξεκινήσει την εκτέλεση εργασιών $j \in N$ δεν μπορεί να μεταβεί στον κόμβο εκκίνησης o_k . Ο περιορισμός (6) αποτρέπει το όχημα k να εκτελέσει διαδοχικά τις εργασίες i, j , όταν και οι δυο i, j ανήκουν σε σημείο έναρξης, ο (7) απαγορεύει στο όχημα k να επιστρέψει στον κόμβο εκκίνησης o_k , μετά από γεγονότα φόρτισης, δρομολόγια και την επιστροφή του

στον κόμβο προορισμού, ενώ ο (9), απαγορεύει κάθε εργασία στο όχημα k που έχει μεταβεί στον κόμβο προορισμού d_k , τέλος ο περιορισμός (8) ότι κάθε όχημα k , επιστρέφει στον κόμβο προορισμού d_k , το πολύ μια φορά αφού έχει ολοκληρώσει την εκτέλεση της εργασίας $i \in (O \cup F \cup V)$.

Για τους, (10), ο οποίος εξασφαλίζει πως κάθε όχημα k που αναχωρεί από τον κόμβο εκκίνησης o_k , για να εκτελέσει οποιαδήποτε εργασία $j \in (F \cup V \cup D)$, πρέπει να καταλήξει στον κόμβο προορισμού d_k , ο περιορισμός (11) εξασφαλίζει ότι το όχημα k που έχει επισκεφτεί τον κόμβο φόρτισης $j \in F$, δεν μπορεί να επισκεφτεί ξανά τον κόμβο φόρτισης $j \in F$, ο περιορισμός (12) για κάθε όχημα k που εισέρχεται σε κόμβο $j \in (F \cup V)$ υποχρεούται να εξέλθει από αυτόν προς οποιονδήποτε κόμβο $i \in N$. Ο περιορισμός (13) εξασφαλίζει πως κάθε κόμβο $j \in (F \cup V)$ τον επισκέπτεται το όχημα k το πολύ μια φορά, μετά από κάθε κόμβο $i \in N$, ο (14) πως κάθε εσωτερική εργασία $j \in V$, εκτελείται από ένα όχημα k , έπειτα από κάθε εργασία $i \in (O \cup F \cup V)$, ο (15) πως ο αριθμός των οχημάτων k που αναχωρούν από τον κόμβο εκκίνησης o_k για να εκτελέσουν την εργασία $j \in (F \cup V \cup D)$ είναι μικρότερος ή ίσος από τον αριθμό των διαθέσιμων οχημάτων και τέλος ο (16) πως το όχημα k δεν εκτελεί αυτοεπισκέψεις σε κάποιον από τους κόμβους $i \in N, j \in N$.

Για τους περιορισμούς χρονικής αλληλουχίας, οι (17) και (18) ενεργούν μαζί ώστε, εάν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) για κάθε $i \in (O \cup F \cup V), j \in (F \cup V)$, τότε η μεταβλητή T_{jk} , που υποδηλώνει τον χρόνο έναρξης της εργασίας $j \in F \cup V$ από το όχημα k , είναι ίση με τον χρόνο αναχώρησης d_{t_j} της εργασίας $j \in F \cup V$, επίσης ο περιορισμός (19)

ότι εάν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) για κάθε $i \in (O \cup F \cup V), j \in (F \cup V)$, τότε μόνο, η μεταβλητή T_{jk} μπορεί να λάβει τιμή για κάθε εργασία $j \in (F \cup V \cup D)$. Ο περιορισμός (20), εάν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , για κάθε $i \in (O \cup F \cup V), j \in (F \cup V \cup D)$, η μεταβλητή T_{jk} , λαμβάνει τιμή ίση του αθροίσματος του χρόνου T_{ik} με τον χρόνο ταξιδιού μεταξύ της τερματικής τοποθεσίας της εργασίας i και της τοποθεσίας της αφετηρίας της εργασίας j , ομοίως για την ισότητα (21) η μεταβλητή T_{jk} , λαμβάνει τιμή ίση με το άθροισμα της μεταβλητής T_{ik} με τον χρόνο που απαιτείται για επαναφόρτιση στον κόμβο $i \in F$ και με τον χρόνο ταξιδιού μεταξύ της τερματικής τοποθεσίας της εργασίας i και της τοποθεσίας της αφετηρίας της εργασίας j , όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) . Τέλος οι (22) και (23) ενεργούν μαζί, και μαζί με τους περιορισμούς (19) και (20), ώστε εάν ένα όχημα $k \in K$ χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , για κάθε $i \in (O \cup F \cup V), j \in (F \cup V \cup D)$, δηλαδή $x_{ijk} = 1$ τότε η μεταβλητή σ_{ijk} είναι ίση με το μηδέν, αλλιώς, δηλαδή όταν $x_{ijk} = 0$, η μεταβλητή χαλαρώνει και μπορεί να λάβει τιμές στο διάστημα $[-M, M]$. Ακόμα οι (24) και (25) ενεργούν μαζί, εάν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (o_k, j) για κάθε $j \in (F \cup V)$, ο χρόνος έναρξης από τον κόμβο εκκίνησης είναι ίσος με την τιμή της παραμέτρου $Time_k$, υποδεικνύοντας την στιγμή όπου το όχημα k ξεκινάει την εξυπηρέτηση σε κάθε χρονικό τμήμα, όπως και οι (26) και (27), εάν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, d_k) , ο χρόνος έναρξης από τον κόμβο προορισμού είναι ίσος με το άθροισμα του χρόνου έναρξης της εργασίας $i \in V$, με τον χρόνο ταξιδιού από την τερματική τοποθεσία της εργασίας i και του κόμβου προορισμού d_k και

του χρόνου διάρκειας της εργασίας i . Οι περιορισμοί (28) και (29), υποδεικνύουν ότι ο χρόνος άφιξης T_{id_k} στον κόμβο προορισμού d_k , αφού έχει επισκεφτεί τον κόμβο φόρτισης $i \in F$ είναι ίσος με το άθροισμα του χρόνου έναρξης της εργασίας i , του απαιτούμενου χρόνου όπου το όχημα k χρειάζεται να φορτίσει και του χρόνου ταξιδιού μεταξύ των κόμβων i και d_k . Για τους περιορισμούς όσον αφορά την ενέργεια, ο (30) εξασφαλίζει ότι, μόνο όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , για κάθε $i \in (OUFUV), j \in (FUVUD)$, τότε το επίπεδο της μπαταρίας στην αρχή του κόμβου $j \in (FUVUD)$ είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το SOC_{min} , οι περιορισμοί (31) και (32), μόνο όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , τότε το επίπεδο της μπαταρίας στην αρχή της εργασίας SOC_{jk}^s και το επίπεδο μπαταρίας

στο τέλος της εργασίας SOC_{jk}^e , μπορούν να λάβουν τιμή, αλλιώς $SOC_{jk}^s = 0$ και $SOC_{jk}^e =$

0. Ενώ οι (33) και (34), μαζί εξασφαλίζουν, μόνο όταν ένα όχημα k αναχωρεί από κόμβο εκκίνησης o_k για να εκτελέσει μία εργασία $j \in (FUV)$, τότε το επίπεδο της μπαταρίας στην αρχή της εργασίας είναι ίσο με την παράμετρο E_k , υποδεικνύοντας το επίπεδο της μπαταρίας του οχήματος k στην αρχή κάθε χρονικού τμήματος.

Οι περιορισμοί (35) και (36) όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , για κάθε $i \in (OUFUV), j \in (FUVUD)$, τότε το επίπεδο της μπαταρίας στο τέλος της εργασίας $j \in (FUVUD)$, είναι ίσο με την διαφορά του επιπέδου της μπαταρίας στο τέλος της εργασίας $i \in (FUV)$, μείον την κατανάλωση της ενέργειας λόγω της κάλυψης της απόστασης μεταξύ των τοποθεσιών των κόμβων (i, j) .

Επιπροσθέτως, οι (37) και (38), εξασφαλίζουν μαζί πως εάν ένα όχημα k επισκέπτεται τον κόμβο $j \in (FUV)$ τότε η διαφορά μεταξύ του SOC_{jk}^s και του SOC_{jk}^e είναι ίση με το g_{jk} , οι

(39) και (40) όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , τότε το g_{jk} ισούται με την ενέργεια που καταναλώθηκε κατά την εκτέλεση της εργασίας $j \in V$, οι (41) και (42) ενεργούν μαζί δηλώνοντας ότι όταν ένα όχημα k χρησιμοποιεί φτάνει στον κόμβο $j \in F$, τότε το g_{jk} λαμβάνει την τιμή της ενέργειας που προσέλαβε, που είναι ίση με $SOC_{jk}^s -$

SOC_{max} (η ενέργεια αυτή, έχει μοντελοποιηθεί να λαμβάνει αρνητική τιμή). Συγχρόνως, οι (43) και (44) όταν τον κόμβο $j \in (F \cup V)$ δεν τον επισκέπτεται κανένα όχημα k , τότε το g_{jk} λαμβάνει την τιμή 0.

Τέλος οι περιορισμοί (45) και (46), εξασφαλίζουν ότι η μεταβλητή y_k λαμβάνει τιμή μόνο όταν το όχημα k χρησιμοποιεί την καμπύλη (i, j) , αλλιώς λαμβάνει την τιμή 0.

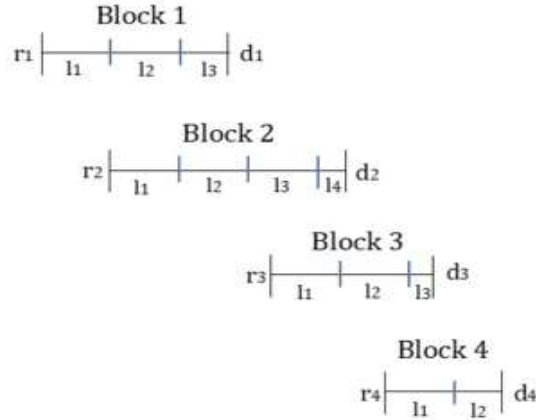
3.2. Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων (EB-CSP)

3.2.1. Εισαγωγή και Παραδοχές

Το μαθηματικό μοντέλο χρονοπρογραμματισμού των πληρωμάτων για ηλεκτρικών

λεωφορείων, μέσω των διαστημάτων υπηρεσίας οχημάτων (blocks), βασίστηκε στο μαθηματικό μοντέλο προγραμματισμού των πληρωμάτων (*Crew Scheduling as a Fixed Job Scheduling Problem with Spread-Time Constraints*) από το σύγγραμμα του Δρ. Γκιοτσαλίτη, Public Transport Optimization (Gkiotsalitis, 2023). Το συγκεκριμένο μοντέλο υπολογίζει τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό οδηγών και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των βαρδιών. Στην προκειμένη προσέγγιση δεν χρησιμοποιήθηκαν οι εργασίες (tasks) ξεχωριστά, αλλά συνολικά τα διαστήματα υπηρεσίας των οχημάτων (blocks). Για την προσαρμογή του παρακάτω μαθηματικού μοντέλου, υπήρξαν οι εξής θεωρήσεις:

- Υπάρχουν τα διαστήματα υπηρεσίας οχημάτων (blocks) τα οποία υπολογίζονται από τον προγραμματισμό των οχημάτων. Η διαδικασία υπολογισμού των διαστημάτων υπηρεσίας θα αναλυθεί περαιτέρω στο Κεφάλαιο 4. Με την χρήση αυτών γίνεται ο υπολογισμός του αριθμού των οδηγών που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση μιας λεωφορειακής γραμμής.
- Τα διαστήματα υπηρεσίας των οχημάτων (blocks) μπορεί να διαρκούν περισσότερο από 8 ώρες, αλλά χωρίζονται σε τμήματα 8 ωρών ή λιγότερων στο στάδιο του προϋπολογισμού.
- Κάθε τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ που δημιουργείται ισοδυναμεί με μια βάρδια (duty).
- Ο επιτρεπόμενος χρόνος μεταξύ των βαρδιών (duties) που μπορεί να αναλάβει ένας οδηγός, είναι έως και 10 ώρες (600 λεπτά) και είναι διαφορετικός από τον χρόνο που μπορεί να διαρκέσει η βάρδια. Η κάθε βάρδια του κάθε οδηγού διαρκεί συνολικά έως και 8 ώρες (480 λεπτά).
- Το κάθε τμήμα του κάθε διαστήματος υπηρεσίας (block) έχει συγκεκριμένη διάρκεια που προκύπτει από τον προϋπολογισμό.
- Τα σημεία στα οποία μπορεί να γίνει η αλλαγή των οδηγών (relief points) θεωρούνται οποιαδήποτε στάση λεωφορείου ενδιάμεσα των εργασιών-δρομολογίων (υφιστάμενη κατάσταση), οι στάσεις αφετηρίας/τερματισμού, καθώς και τα αμαξοστάσια.
- Συνεπώς ο χρόνος στον οποίο επιτρέπεται να γίνει αλλαγή των οδηγών (relief time) μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε χρονική στιγμή, ακόμη και κατά την φόρτιση των οχημάτων.
- Τα διαστήματα υπηρεσίας κατατάσσονται κατά αύξουσα σειρά, βάσει της χρονικής στιγμής που το όχημα επιστρέφει στο αμαξοστάσιο (deadhead) (Εικόνα 3.1).
- Δεν συμπεριλήφθηκαν τα διαλείμματα των οδηγών μεταξύ των βαρδιών.
- Οι οδηγοί που χρησιμοποιούνται σε περισσότερα από ένα τμήματα (duties), μεταβαίνουν εγκαίρως, για την εξυπηρέτηση του επόμενου.



Εικόνα 3.1: Διάταξη των διαστημάτων υπηρεσίας και των τμημάτων κατά αύξουσα σειρά, βάσει της χρονικής στιγμής που το όχημα επιστρέφει στο αμαξοστάσιο.

3.2.2. Προϋπολογισμένες Παράμετροι

Για την δημιουργία του μαθηματικού μοντέλου προγραμματισμού, μέσω διαστημάτων υπηρεσίας οχημάτων, απαιτούνται οι προϋπολογισμένες παράμετροι:

- (1) του συνόλου των μέγιστων ακέραιων τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας L_j ,
- (2) του συνόλου των τμημάτων που έχουν χρονική διάρκεια 480 λεπτά (8 ωρών) L'_j ,
- (3) η (συμμετρική) διαφορά αυτών των συνόλων, που θα περιέχει τα τμήματα που διαρκούν λιγότερο από μια οχτάωρη βάρδια Re_j , καθώς και,
- (4) της διάρκειας του κάθε τμήματος brd_{jl} .

Οι υπολογισμοί είναι οι κάτωθι:

$$L_j = \left(1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{d_j - r_j}{shift\ duration} \right\rfloor \right), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \text{όπου } \left\lfloor \frac{d_j - r_j}{shift\ duration} \right\rfloor \\ &= \text{αριθμός τμημάτων ανά διάστημα υπηρεσίας } j \\ & \in N \end{aligned}$$

$$L'_j = \left(1, \dots, \left\lfloor \frac{d_j - r_j}{shift\ duration} \right\rfloor \right), \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \text{όπου } \left\lfloor \frac{d_j - r_j}{shift\ duration} \right\rfloor \\ &= \text{αριθμός οχτάωρων τμημάτων ανά διάστημα υπηρεσίας } j \in N \end{aligned}$$

$$RE_j = L_j \Delta L'_j = \text{το σύνολο των υπολειπόμενων τμημάτων που δεν συμπληρώνουν οχήτωρο} \quad (3)$$

$$bpd_{jl} = \begin{cases} sd, & \forall l \in L'_j \\ (d_j - r_j) - \left\lfloor \frac{d_j - r_j}{\text{shift duration}} \right\rfloor \cdot sd, & \forall l \in RE_j \end{cases} \quad (4)$$

3.2.3. Συμβολισμοί Μαθηματικού Μοντέλου Χρονοπρογραμματισμού

Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στο μαθηματικό μοντέλο, μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων. Αυτοί αφορούν τα σύνολα που δίνονται για τον υπολογισμό του ελάχιστου συνολικού απαιτούμενου αριθμού των οδηγών, καθώς και οι παράμετροι και οι μεταβλητές απόφασης που συμμετέχουν στον υπολογισμό.

Πίνακας 3.2: Συμβολισμοί για το Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων (Crew Scheduling Problem for Electric Buses).

Σύνολα	
N	Σύνολο των διαστημάτων υπηρεσίας των οχημάτων (blocks)
K	Σύνολο των διαθέσιμων οδηγών
Παράμετροι	
s	Ο επιτρεπόμενος χρόνος μεταξύ των τμημάτων (600 λεπτά)
sd	Η διάρκεια της βάρδιας του κάθε οδηγός (480 λεπτά)
r_j	Ο χρόνος έναρξης του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$
d_j	Ο χρόνος λήξης του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$
L_j	Σύνολο των τμημάτων $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$
L'_j	Σύνολο των τμημάτων $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$, που διαρκούν 480 λεπτά
RE_j	Σύνολο των υπολειπόμενων τμημάτων $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$, που έχουν διάρκεια μικρότερη των 480 λεπτών.
bpd_{jl}	Η χρονική διάρκεια του τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος

	υπηρεσίας $j \in N$
M	Ένας πολύ μεγάλος θετικός αριθμός M
<i>Μεταβλητές</i>	<i>Απόφασης</i>
x_{ijl}	Δυαδική μεταβλητή 0-1, είναι 1 αν ο οδηγός $i \in K$ καλύπτει το τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας (block) $j \in N$, αλλιώς 0.
y_i	Δυαδική μεταβλητή 0-1, είναι 1 αν ο οδηγός $i \in K$ χρησιμοποιείται, αλλιώς 0
st_{jl}	Συνεχής μεταβλητή που δηλώνει τον χρόνο έναρξης του τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$
et_{jl}	Συνεχής μεταβλητή που δηλώνει τον χρόνο λήξης του τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$

3.2.4. Μαθηματικό Μοντέλο Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για

Ηλεκτρικών Λεωφορείων

Αντικειμενική συνάρτηση:

$$\min_y \sum_{i=1}^m y_i \quad (1)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$x_{ijl} \leq y_i, \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijl} = 1, \quad \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{l \in L_j} (bpd_{jl} \cdot x_{ijl}) \leq sd \cdot y_i, \quad \forall i \in K \quad (4)$$

$$st_{jl} \geq r_j, \quad \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (5)$$

$$et_{jl} \leq d_j, \quad \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (6)$$

$$st_{jl} - et_{jl-1} \leq M \cdot (1 - x_{ijl}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \setminus \{1\} \quad (7a)$$

$$st_{jl} - et_{jl-1} \geq -M \cdot (1 - x_{ijl}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \setminus \{1\} \quad (7b)$$

$$et_{jl} - st_{jl} \leq bpd_{jl} + M \cdot (1 - x_{ijl}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (8a)$$

$$et_{jl} - st_{jl} \geq bpd_{jl} - M \cdot (1 - x_{ijl}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (8b)$$

$$et_{jl} - st_{kg} \leq M \cdot (1 - x_{ijl}) + M \cdot (1 - x_{ikg}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j, \forall k \in N: k > j, g \in L_k \quad (11)$$

$$et_{kg} - st_{jl} + -s \leq M \cdot (1 - x_{ijl}) + M \cdot (1 - x_{ikg}), \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j, \forall k \in N: k > j, g \in L_k \quad (12)$$

$$x_{ijl} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in K, \forall j \in N, \forall l \in L_j \quad (13)$$

$$y_i \in \{0,1\}, \quad \forall i \in K \quad (14)$$

3.2.5. Επεξήγηση Περιορισμών Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού

Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων

Η αντικειμενική συνάρτηση (1) αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των οδηγών $i \in K$ που χρησιμοποιούνται, για την εξυπηρέτηση της λεωφορειακής γραμμής.

Για τους περιορισμούς, ο (2) εξασφαλίζει ότι κάθε τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$, θα καλυφθεί από οδηγό $i \in K$, ο (3) ότι ακριβώς ένας οδηγός θα καλύπτει το κάθε τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$, ο (4) ότι η συνολική διάρκεια των τμημάτων $l \in L_j$ των διαστημάτων υπηρεσίας $j \in N$ που θα αναλάβει ο κάθε οδηγός $i \in K$ δεν θα ξεπερνάει την διάρκεια της βάρδιας (480 λεπτά), ο (5) ότι ο χρόνος έναρξης κάθε τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ θα μεγαλύτερος ή ίσος από τον χρόνο αναχώρησης (release) του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ και ο (6) ότι ο χρόνος λήξης κάθε τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ θα μικρότερος ή ίσος από τον χρόνο επιστροφής (deadhead) του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$.

Στην συνέχεια οι (7a) και (7b) ενεργούν μαζί και εξασφαλίζουν την χρονική αλληλουχία μεταξύ των τμημάτων, καθώς ο χρόνος έναρξης του τμήματος $l \in L_j \setminus \{1\}$, δηλαδή όταν το l είναι οποιοδήποτε τμήμα εκτός του πρώτου, πρέπει να είναι ίσος με τον χρόνο λήξης του τμήματος $(l-1) \in L_j$ στο διάστημα υπηρεσίας $j \in N$ και οι (8a) και (8b), με την ίδια λογική, ότι η διαφορά μεταξύ του χρόνου λήξης και του χρόνου έναρξης κάθε τμήματος $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$, θα είναι ίση με την διάρκεια του τμήματος αυτού.

Ο περιορισμός (11) εξασφαλίζει ότι για κάθε τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ που αναλαμβάνει ο οδηγός $i \in K$, θα μπορεί να του ανατεθεί και το τμήμα $g \in L_k$ του διαστήματος υπηρεσίας $k \in N$, με $k > j$, όταν ο χρόνος έναρξης της βάρδιας (duty) (k, g) είναι μεγαλύτερος ή ίσος από τον χρόνο που λήγει η εξυπηρέτηση της βάρδιας (j, l) . Δηλαδή όταν $st_{kg} \geq et_{jl}$ και ο (12) για κάθε τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ που

αναλαμβάνει ο οδηγός $i \in K$, θα μπορεί να του ανατεθεί και το τμήμα $g \in L_k$ του διαστήματος υπηρεσίας $k \in N$, με $k > j$, όταν η διαφορά του χρόνου λήξης της βάρδιας (k, g) μείον τον χρόνο έναρξης της βάρδιας (j, l) είναι μικρότερη ή ίση από τον επιτρεπόμενο χρόνο μεταξύ των τμημάτων s . Δηλαδή όταν $et_{kg} - st_{jl} \leq s$.

Τέλος ο (13) ορίζει τη δυαδικότητα της μεταβλητής x_{ijl} , καθώς λαμβάνει την τιμή 1 εάν το τμήμα $l \in L_j$ του διαστήματος υπηρεσίας $j \in N$ ανατεθεί στον οδηγό $i \in K$, αλλιώς η τιμή της είναι 0 και ο (14) τη δυαδικότητα της μεταβλητής y_i , καθώς λαμβάνει την τιμή 1 εάν ο οδηγός $i \in K$ χρησιμοποιηθεί, αλλιώς η τιμή της είναι 0.

4. Μέθοδος Επίλυσης

4.1. Μέθοδος επίλυσης προβλήματος προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων

4.1.1. Εισαγωγή και σύλληψη ιδέας

Η αρχική ιδέα στηρίχτηκε στην μέθοδο των (Perumal et al., 2021). Για τον υπολογισμό, κρίθηκε οι μεταβλητές να αποτελούνται από δύο δείκτες (two index problem), όπου θα υποδείκνυαν τον αριθμό των εργασιών (δρομολογίων και φορτίσεων). Κατασκευάστηκε, λοιπόν, ένα μαθηματικό μοντέλο μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, που να περιλαμβάνει περιορισμούς για το επίπεδο μπαταρίας και μεταβλητές απόφασης για την φόρτιση και την διαδοχή των δρομολογίων.

Ωστόσο όπως αποδείχτηκε στην μετέπειτα πορεία, καθώς η μεταβλητή του επιπέδου της μπαταρίας των ηλεκτρικών οχημάτων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το εκάστοτε όχημα και όχι με τις εργασίες, κρίθηκε σημαντικό να συμπεριληφθεί και ένας επιπλέον δείκτης που να υποδεικνύει τον αριθμό του οχήματος. Σαν αποτέλεσμα της αλλαγής αυτής, επιτεύχθηκε ορθότερος υπολογισμός των ποσοτήτων των μεταβλητών και αυτόματη αντιστοιχία των μεταβλητών αυτών στα οχήματα. Με την μετατροπή των μεταβλητών από δυο δεικτών σε τριών δεικτών κρίθηκε αναγκαία και η αλλαγή των περιορισμών ώστε να υπολογίζονται σωστά οι μεταβλητές που αφορούν τον προγραμματισμό των ηλεκτρικών οχημάτων. Για τον λόγο αυτό συμπεριλήφθηκαν περιορισμοί από το άρθρο των (Gkiotsalitis et al., 2023). Οι περιορισμοί που προστέθηκαν αφορούν την αλληλουχία του χρόνου και ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα με την διαφορά ότι στην προκειμένη εργασία τα οχήματα καταλήγουν κάθε φορά στο ίδιο αμαξοστάσιο. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το μαθηματικό μοντέλο μικτού ακέραιου τετραγωνικού προγραμματισμού, που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3.1 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Το μαθηματικό μοντέλο στην τελική, πλέον, μορφή του εισήχθη σε μορφή κώδικα σε

Python και για την βελτιστοποίηση αυτού έγινε με τον βελτιστοποιητή Gurobi¹. Όλες οι γραμμές του κώδικα Python του Προβλήματος Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων αποτυπώνονται στο Παράρτημα V, (Εικόνα Παραρτήματος V-1) έως και (Εικόνα Παραρτήματος V-9).

4.1.2. Επιμέρους σημαντικά δεδομένα που εισάγονται για την επίλυση.

Για τον σωστό υπολογισμό των παραμέτρων και κατ' επέκταση των μεταβλητών απαιτούνται στοιχεία των δρομολογίων και του αμαξοστασίου. Αυτά εισάγονται από την Γενική Προδιαγραφή Τροφοδοσίας Συγκοινωνιών (General Transit Feed Specification - GTFS)². Τα στοιχεία αυτά περιέχουν πληροφορίες για τα δρομολόγια, τις τοποθεσίες και τον αριθμό των στάσεων και της τοποθεσίας του αμαξοστασίου, το οποίο συμπίπτει με το κέντρο φόρτισης. Με την εισαγωγή των δεδομένων αυτών γίνεται ο υπολογισμός των χρόνων και των αποστάσεων. Με τον υπολογισμό αυτό, επίσης, προκύπτουν και οι χρόνοι που είναι διαθέσιμα τα οχήματα και οι μεταβολές στα επίπεδα της μπαταρίας του κάθε οχήματος. Τα στοιχεία αυτά όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3 αποτελούν σημαντικά δεδομένα για την επίλυση του Προβλήματος του Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων με Μοναδικό Αμαξοστάσιο (E-SD-VSP). Το τμήμα με τον κώδικα όπου γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων εμφανίζεται στο Παράρτημα V, στις εικόνες (Εικόνα Παραρτήματος V-7), (Εικόνα Παραρτήματος V-8) και (Εικόνα Παραρτήματος V-9).

4.1.3. Δημιουργία χρονικών τμημάτων (time slices) για την επεξεργασία των δεδομένων κάθε γραμμής.

Κατά την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου προέκυψε, ότι εφόσον ο αριθμός των δρομολογίων αυτών είναι μεγάλος, απαιτείται μεγάλος υπολογιστικός χρόνος για την επίλυση.

Συνεπώς για γρηγορότερη εξαγωγή αποτελεσμάτων προτάθηκε ο χωρισμός των συνολικών δρομολογίων σε επιμέρους ομοιόμορφα χρονικά τμήματα (time slices). Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν αποτελέσματα σε καλύτερο υπολογιστικό χρόνο και με σχεδόν την ίδια ακρίβεια με του συνολικού υπολογισμού. Αναφορικά σε πειράματα που έγιναν στην γραμμή B9 για λήψη των αποτελεσμάτων σε επιμέρους χρονικά τμήματα ο μέσος χρόνος για τα τέσσερα τμήματα (τμήματα 0-22 δρομολογίων), τα οποία αποτελούν συνολικά τα δρομολόγια για την γραμμή, ήταν 3 λεπτά και 6 δευτερόλεπτα (23% max CPU) για το καθένα, ενώ για ολόκληρη την γραμμή ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος είναι πάνω από 5 ώρες (73% max CPU) για την χρήση 8 πυρήνων, και στις δυο περιπτώσεις με την χρήση του ίδιου υπολογιστή.

¹ <https://www.gurobi.com/>

² <https://en.wikipedia.org/wiki/GTFS>

Για την επίλυση γίνεται επίσης η επιλογή γραμμής, ημέρας μελέτης (καθημερινά, Σαββάτου ή Κυριακής) και ο αριθμός των διαθέσιμων ηλεκτρικών οχημάτων.

Το τμήμα με τον κώδικα όπου περιέχεται ο διαχωρισμός των δρομολογίων σε τμήματα και η επιλογή της γραμμής, ημέρας και του αριθμού διαθέσιμων ηλεκτρικών οχημάτων παρουσιάζεται στην (Εικόνα Παραρτήματος V-6).

4.1.4. Επίλυση χρονικών τμημάτων με εξασφάλιση αλληλουχίας μεταξύ

αυτών.

Για το πρώτο τμήμα επιλέγεται το πρώτο διάστημα των δρομολογίων το οποίο ξεκινάει πάντοτε από το 0. Καθώς το πρώτο χρονικό τμήμα δεν έχει ιδιαίτερους χρονικούς περιορισμούς και περιορισμούς ενέργειας, διότι όλα τα οχήματα βρίσκονται στο αμαξοστάσιο και είναι πλήρως φορτισμένα, χωρίς την προσθήκη περαιτέρω στοιχείων, μέσω του κώδικα υπολογίζονται ο αριθμός και ο κωδικός αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν. Ακόμη υπολογίζονται η σειρά με την οποία θα εκτελεσθούν οι εργασίες (δρομολόγια, φορτίσεις, αναχωρήσεις και αφίξεις στο αμαξοστάσιο) από τα οχήματα, το επίπεδο της μπαταρίας του κάθε οχήματος πριν και μετά την εκτέλεση κάθε εργασίας και η μεταβολή του επιπέδου της μπαταρίας του οχήματος.

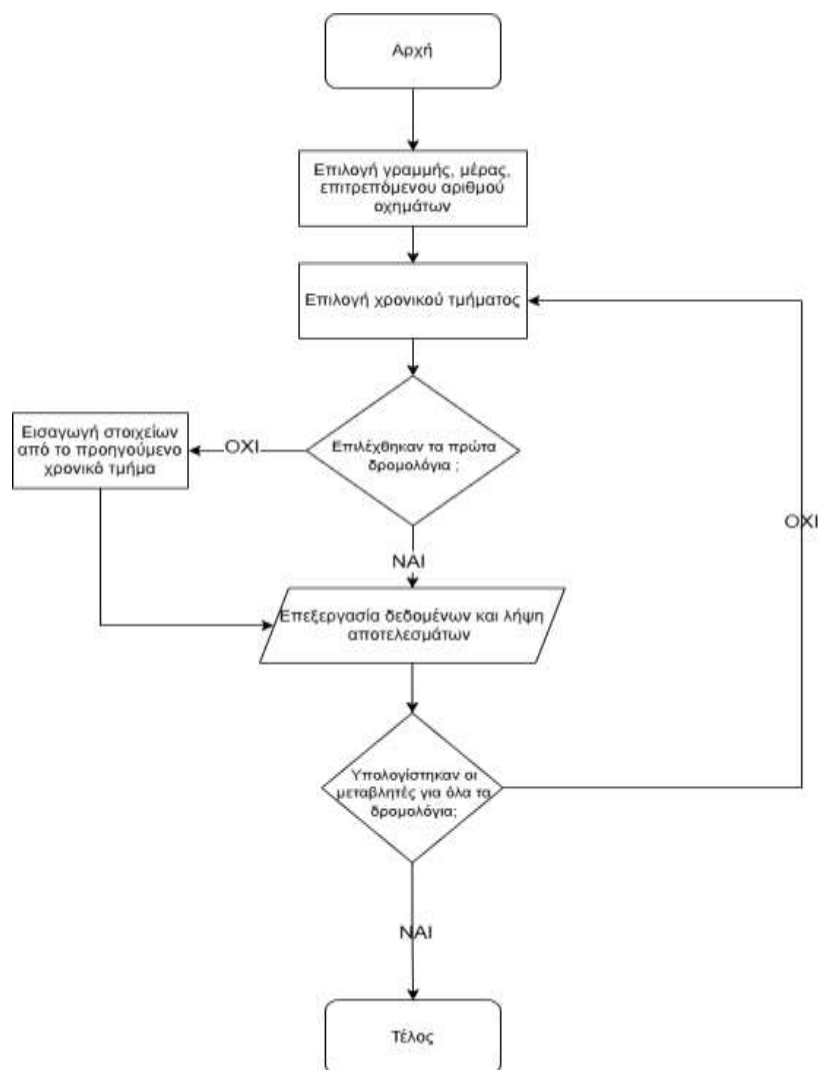
Συνεπώς, ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια των αποτελεσμάτων, οι τιμές του χρόνου που θα είναι διαθέσιμο το όχημα για εξυπηρέτηση στην αρχή του διαστήματος (*starting time*), του επιπέδου μπαταρίας του οχήματος (*starting SOC*) του οχήματος, καθώς και τα οχήματα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί έως και εκείνο το χρονικό τμήμα (*beta*), τα οχήματα που βρίσκονται/καταλήγουν στο αμαξοστάσιο (*K1*), τα οχήματα που καταλήγουν σε στάση αφετηρίας/τερματισμού (*K2*), εισάγονται από το προηγούμενο χρονικό τμήμα στο επόμενο, για να υπάρξει αλληλουχία μεταξύ των χρονικών τμημάτων. Για την εισαγωγή των τιμών αυτών κατασκευάζονται αρχεία excel με στήλες που περιέχουν τις τιμές από καθένα από αυτά τα στοιχεία και δείκτες με τον αριθμό του κάθε οχήματος, ώστε να αντιστοιχιστούν σε αυτά. Μέσω κατάλληλου κώδικα καλούνται οι τιμές ώστε να υπολογιστούν τα επόμενα αποτελέσματα και να δοθούν λύσεις.

Το τμήμα του κώδικα όπου περιέχεται η εισαγωγή των δεδομένων εμφανίζεται στο Παράρτημα V, στην (Εικόνα Παραρτήματος V-7), ενώ παράδειγμα του αρχείου excel με τα στοιχεία που εισάγονται στην (Εικόνα 4.1). Στην (Εικόνα 4.2) παρουσιάζεται η διαδικασία επίλυσης του Προβλήματος Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων.

Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα για την κάθε γραμμή και το κάθε χρονικό τμήμα θα παρουσιαστούν στο Παράρτημα Ι.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index		
2	6	1	1	350.0	600.69	2	1		
3	9	1	2	221.86	628.84	3	6		
4	10	1	3	267.23	583.84	4	17		
5	11	1	4	350.0	590.69	5	22		
6	13	1	7	350.0	580.69	8	26		
7	17	1	8	221.86	593.84	9	28		
8	18	1	12	267.23	608.84	13	29		
9	19	1	14	350.0	560.69	15			
10	22	1	15	350.0	570.69	16			
11	23	1	20	267.23	643.84	21			
12	26	1	24	267.23	618.84	25			
13	29	1	0	262.52	575.25	7			
14			5	235.45	585.25	10			
15			16	235.45	605.25	11			
16			21	262.52	565.25	12			
17			25	262.52	535.25	14			
18			27	262.52	555.25	18			
19			28	262.52	595.25	19			
20						20			
21						23			
22						24			
23						27			
24						30			
25									
26									

Εικόνα 4.1: Παράδειγμα excel από τα στοιχεία που έχουν ληφθεί από το πρώτο χρονικό τμήμα της γραμμής 550 για διαχωρισμό δρομολογίων 0-20.



Εικόνα 4.2: Διαδικασία επίλυσης προβλήματος προγραμματισμού ηλεκτρικών οχημάτων.

4.1.5. Αποτελέσματα και απεικόνιση αυτών

Η διαδικασία υπολογισμού των ηλεκτρικών οχημάτων ολοκληρώνεται, με την ολοκλήρωση όλων των δρομολογίων της εκάστοτε γραμμής.

Από την διαδικασία αυτή συλλέγονται από το κάθε χρονικό τμήμα, τα εξής δεδομένα:

1. Οι κόμβοι:
 - Όπου το όχημα καταλήγει στο αμαξοστάσιο.
 - Όπου το όχημα καταλήγει σε αφετηρία/ τερματισμό
 - Φόρτισης
2. Οι χρόνοι έναρξης της εργασίας κάθε κόμβου.

3. Τα επίπεδα μπαταρίας κατά την έναρξη και την ολοκλήρωση της εργασίας.
4. Ο συνολικός αριθμός και ο κωδικός αριθμός των λεωφορείων που εξυπηρετούν την γραμμή.

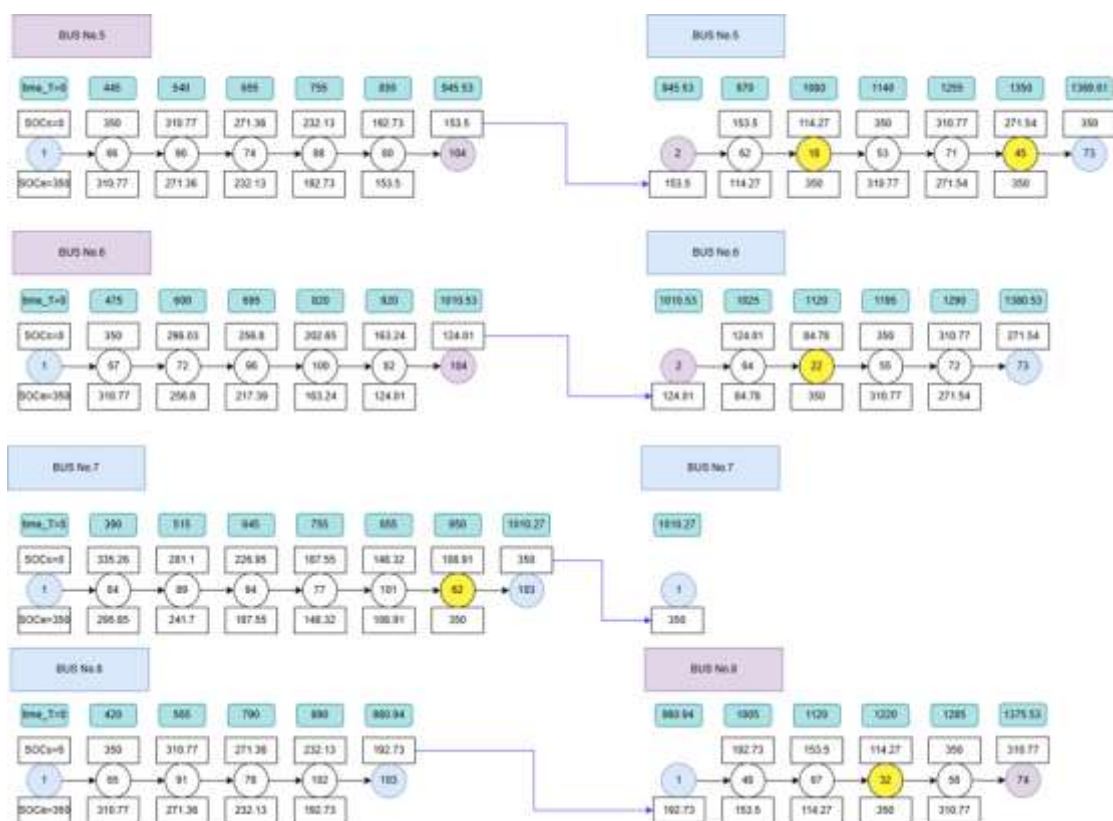
Στο τέλος συνδέονται με την γνώμονα τα οχήματα, δίνοντας την συνολική απεικόνιση για την εκάστοτε γραμμή μελέτης. Η σχηματική απεικόνιση έγινε με την χρήση της πλατφόρμας draw.io³.

Κατά την διαδικασία αυτήν για κάθε όχημα υπάρχουν επιγραφές όπου αναγράφεται ο κωδικός αριθμός του οχήματος. Κάθε επιγραφή χρωματίζεται με γαλάζιο ή ιώδες, εάν το όχημα καταλήγει στο αμαξοστάσιο ή στην στάση αφετηρίας/τερματισμού της γραμμής, αντίστοιχα. Η ίδια χρωματική κωδικοποίηση γίνεται, εάν μια εργασία ξεκινάει από αμαξοστάσιο ή στάση αφετηρίας/τερματισμού της γραμμής όταν είναι η πρώτη εργασία του χρονικού τμήματος. Όταν είναι η τελευταία εργασία χαρακτηρίζει που καταλήγει το όχημα, με πάλι γαλάζιους και ιώδεις χρωματισμούς, εάν καταλήγει στο αμαξοστάσιο ή στην στάση αφετηρίας/τερματισμού, αντίστοιχα. Επίσης με κίτρινο χρωματισμό συμβολίζονται οι εργασίες φόρτισης του οχήματος.

Στα σχήματα που δημιουργούνται, επίσης, παρουσιάζονται η αλληλουχία των εργασιών με τους χρόνους έναρξης αυτών και τα επίπεδα της μπαταρίας πριν (επάνω από τον αριθμό της εργασίας) και μετά (κάτω από τον αριθμό της εργασίας) από κάθε εργασία. Οι συνδέσεις μεταξύ των χρονικών τμημάτων γίνονται με βέλη, όπου κάθε μπλε βέλος χαρακτηρίζει την συνέχεια του οχήματος με το επίπεδο μπαταρίας που είχε από το προηγούμενο χρονικό τμήμα, ενώ κάθε κίτρινο βέλος συμβολίζει την φόρτιση του οχήματος πριν την χρησιμοποίηση του στο επόμενο χρονικό τμήμα.

Τα σχηματικά αποτελέσματα των επιλεγμένων γραμμών θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 5.3. Στην (Εικόνα 4.3) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα απεικόνισης των αποτελεσμάτων της γραμμής 140 για δρομολόγια του Σαββάτου, για τα ηλεκτρικά οχήματα με αριθμό 5, 6, 7 και 8 και για τα δύο χρονικά τμήματα στα οποία χωρίζονται τα δρομολόγιά του.

³ <https://app.diagrams.net/>



Εικόνα 4.3: Παράδειγμα συνολικών αποτελεσμάτων της γραμμής 140 του Σαββάτου για τα δυο χρονικά τμήματα για τα ηλεκτρικά οχήματα με αριθμό 5, 6, 7 και 8.

4.2. Μέθοδος επίλυσης Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων

4.2.1. Εισαγωγή και σύλληψη ιδέας

Ο προγραμματισμός των πληρωμάτων για ηλεκτρικά λεωφορεία, με στόχο τον ελάχιστο αριθμό των οδηγών που θα χρησιμοποιηθούν, έγινε με την χρήση των διαστημάτων υπηρεσίας. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.2, ο προγραμματισμός βασίστηκε στο μαθηματικό μοντέλο που υπάρχει στο σύγγραμμα Public Transport Optimization (Gkiotsalitis, 2023). Ωστόσο, αντί για την καταγραφή και την χρήση των χρόνων κάθε εργασίας, κρίθηκε η κατασκευή του μαθηματικού μοντέλου της παρούσας διπλωματικής, όπου αντ' αυτού γίνεται καταγραφή και χρήση των διαστημάτων υπηρεσίας, για την επίλυση του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, ώστε να ληφθούν οι βάρδιες τους.

Τα διαστήματα υπηρεσίας υπολογίζονται από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν, από τον προγραμματισμό των ηλεκτρικών οχημάτων. Για την επίλυση ορίστηκαν τα διαστήματα υπηρεσίας για τις εξής περιπτώσεις:

- για την Υφιστάμενη Κατάσταση, των συμβατικών οχημάτων (SD-VSP). Τα διαστήματα, στην προκειμένη, ορίζονται ως την χρονική στιγμή που το όχημα αναχωρεί από το αμαξοστάσιο (release) ως τον χρόνο που επιστρέφει σε αυτό (deadhead). Συνεπώς, κάθε διάστημα υπηρεσίας αντιστοιχεί σε ένα όχημα.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1, των ηλεκτρικών οχημάτων (E-SD-VSP). Τα διαστήματα υπηρεσίας ορίζονται με όμοιο τρόπο με αυτόν των συμβατικών. Ωστόσο, η διαφορά με των συμβατικών είναι πως σε αυτήν την περίπτωση αντιστοιχούν περισσότερα από ένα διαστήματα υπηρεσίας σε κάθε όχημα. Αυτό συμβαίνει, διότι τα οχήματα μπορεί να καταλήξουν στο τέλος του κάθε χρονικού τμήματος είτε στο αμαξοστάσιο είτε σε στάση αφετηρίας/τερματισμού.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 2, των ηλεκτρικών οχημάτων (E-SD-VSP). Τα διαστήματα σε αυτήν την περίπτωση συμπεριλαμβάνουν τους χρόνους φόρτισης. Δηλαδή τα πρώτα διαστήματα υπηρεσίας κάθε οχήματος ξεκινάνε από την αναχώρηση των οχημάτων από το αμαξοστάσιο και λήγουν στην χρονική στιγμή που το όχημα είτε καταλήγει σε κόμβο φόρτισης είτε στο αμαξοστάσιο. Στην περίπτωση όπου το όχημα καταλήξει σε κόμβο φόρτισης, το επόμενο διάστημα υπηρεσίας του οχήματος ξεκινάει την χρονική στιγμή όπου το όχημα έχει φορτίσει πλήρως και λήγει πάλι είτε την χρονική στιγμή που μεταβαίνει σε άλλον κόμβο φόρτισης είτε την χρονική στιγμή που επιστρέφει στο αμαξοστάσιο.

Έπειτα χρησιμοποιήθηκε το μαθηματικό μοντέλο που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3.2. Το μοντέλο αυτό εισήχθη, και σε αυτή την περίπτωση, σε μορφή κώδικα σε Python, η βελτιστοποίηση και σε αυτή την περίπτωση έγινε με τον βελτιστοποιητή Gurobi. Στις (Εικόνα Παραρτήματος V-10), (Εικόνα Παραρτήματος V-11), (Εικόνα Παραρτήματος V-12) και (Εικόνα Παραρτήματος V-13), του Παράρτημα V παρουσιάζεται ο κώδικας Python επίλυσης του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.

4.2.2. Εισαγωγή των δεδομένων των διαστημάτων υπηρεσίας στον κώδικα

Με τον υπολογισμό των διαστημάτων υπηρεσίας δημιουργούνται αρχεία excel τα οποία περιέχουν πληροφορίες για τον αριθμό του διαστήματος υπηρεσίας και οι χρόνοι έναρξης και λήξης του κάθε διαστήματος υπηρεσίας, καθώς και ο κωδικός αριθμός του κάθε οχήματος. Μέσω κώδικα εισάγονται ο αριθμός του διαστήματος, ο οποίος αντιστοιχεί στον δείκτη του οχήματος και οι χρόνοι έναρξης και λήξης, ώστε να υπολογιστούν τα τμήματα και οι διάρκειες τους (στάδιο προϋπολογισμού).

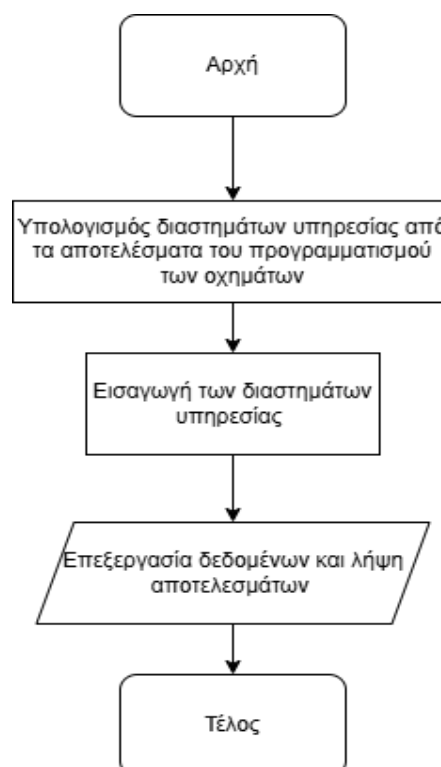
Στην (Εικόνα 4.4) παρουσιάζεται ως παράδειγμα το διάστημα υπηρεσίας για την γραμμή 120 για προγραμματισμό καθημερινών δρομολογίων για το Μελλοντικό Σενάριο 1. Στο Κεφάλαιο 5 θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα διαστήματα υπηρεσίας από τις επιλεγμένες γραμμές μελέτης.

Στις (Εικόνα Παραρτήματος V-10) και (Εικόνα Παραρτήματος V-11) εμφανίζεται το τμήμα

του κώδικα Python στο οποίο εισάγονται τα δεδομένα για τα διαστήματα υπηρεσίας από το αρχείο excel, καθώς και το στάδιο του προϋπολογισμού. Ενώ στην (Εικόνα 4.5) εμφανίζεται η διαδικασία επίλυσης του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	block id	Bus No	release	deadline							
2	1	3	380	1296.89							
3	2	6	325	1302.82							
4	3	7	370	1317.28							
5	4	10	420	1341.89							
6											
7											
8											
9											
10											
11											

Εικόνα 4.4: Παράδειγμα καταγραφής διαστημάτων υπηρεσίας για το Μελλοντικό Σενάριο 1, σε αρχείο excel, για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.



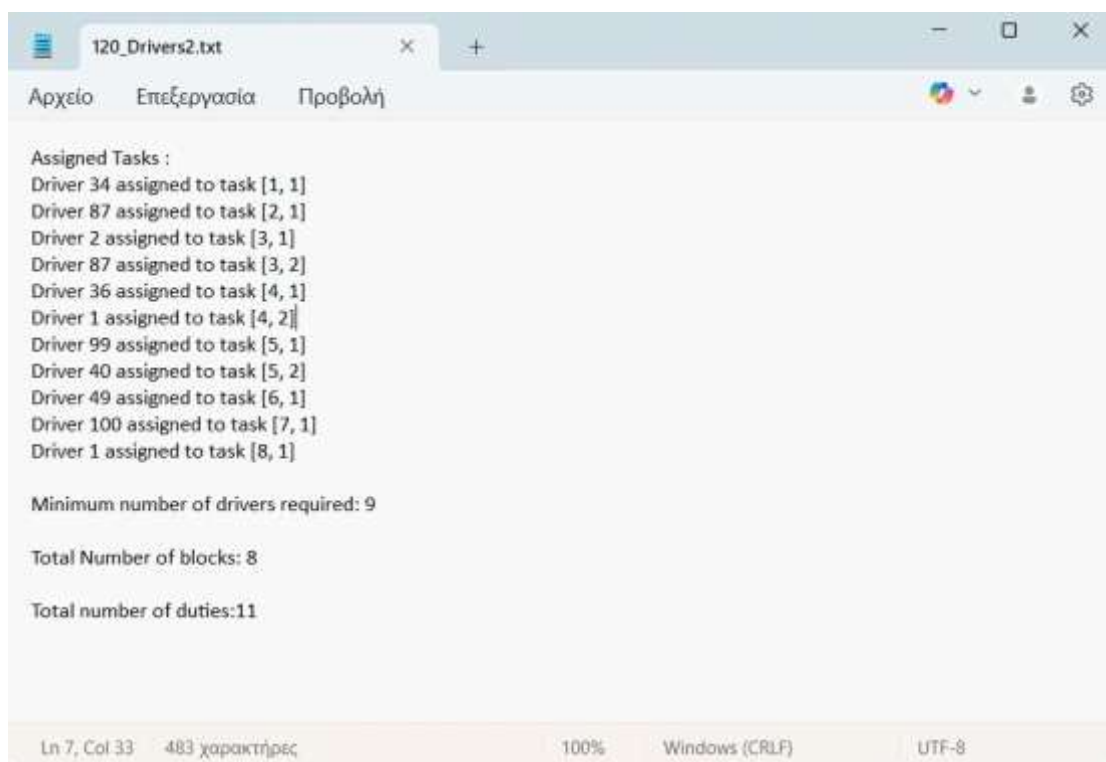
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα επίλυσης Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων.

4.2.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Στα αποτελέσματα που εξάγονται εμφανίζονται ο αριθμός των ελάχιστων οδηγών και ο αριθμός των τμημάτων. Επίσης, περιλαμβάνουν πληροφορίες για τους κωδικούς κάθε τμήματος, τους χρόνους του κάθε τμήματος και τον κωδικό αριθμό του οδηγού που αναλαμβάνει το κάθε τμήμα. Με τα στοιχεία αυτά γίνεται εμφανής η επαναχρησιμοποίηση των οδηγών, καθώς όταν υπάρχει ο ίδιος κωδικός αριθμός του οδηγού σε περισσότερα από ένα τμήματα, σημαίνει ότι ο οδηγός αναλαμβάνει τα τμήματα αυτά, βάσει των περιορισμών που έχουν τεθεί. Συνεπώς, γίνεται παράλληλα ο ορισμός των βαρδιών για κάθε οδηγό.

Τα αποτελέσματα αυτά εξάγονται σε αρχεία txt και excel. Στο αρχείο txt αναγράφονται οι αντιστοιχίες βαρδιών-οδηγών, ο ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων οδηγών και ο συνολικός αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας και των συνολικών τμημάτων που δημιουργούνται από αυτά. Ενώ στο αρχείο excel εμφανίζονται οι λίστες των οδηγών με τις αντιστοιχίες τους στα τμήματα που εξυπηρετούν, καθώς παράλληλα αντιστοιχίζονται στο διάστημα υπηρεσίας του τμήματος που εξυπηρετούν. Σε αυτό, ακόμη, παρουσιάζονται και οι χρόνοι έναρξης και λήξης του κάθε τμήματος του κάθε διαστήματος υπηρεσίας.

Στις (Εικόνα 4.6) και (Εικόνα 4.7) εμφανίζονται σαν παράδειγμα το αρχείο txt και excel, αντίστοιχα, για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια, για το Μελλοντικό Σενάριο 2.



Εικόνα 4.6: Παράδειγμα αποτελεσμάτων σε αρχείο txt για το Μελλοντικό Σενάριο 2, για το Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	driver	st_val	et_val	bpd								
1	34	1	1	370	460	90						
2	87	2	1	325	750	425						
3	2	3	1	380	860	480						
4	87	3	2	860	870	10						
5	36	4	1	420	900	480						
6	1	4	2	900	1160	260						
7	99	5	1	495	975	480						
8	40	5	2	975	1250	275						
9	49	6	1	840	1260	420						
10	100	7	1	1020	1296.89	276.89						
11	1	8	1	1245	1341.89	96.89						
12												
13												
14												
15												

Εικόνα 4.7: Παράδειγμα αποτελεσμάτων σε αρχείο excel για το Μελλοντικό Σενάριο 2, για το Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.

5. Εφαρμογή και Αποτελέσματα

5.1. Βασικά εισαγωγικά στοιχεία για την ενότητα των αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν με την διαδικασία της κάθε μεθόδου επίλυσης που αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4. Βάσει αυτών κρίνεται η συνεισφορά και η αξιοπιστία των μαθηματικών μοντέλων που κατασκευάστηκαν, τα οποία αναλυτικά βρίσκονται στο Κεφάλαιο 3. Τα αποτελέσματα για το Πρόβλημα Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων, που αποτελούν το Μελλοντικό Σενάριο, συγκρίνονται με την Υφιστάμενη Κατάσταση, δηλαδή των αποτελεσμάτων του Προβλήματος Προγραμματισμού των (Συμβατικών) Οχημάτων. Για την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού των (Συμβατικών) Οχημάτων, το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε λήφθηκε αυτούσιο από το σύγγραμμα Public Transport Optimization (Gkiotsalitis 2023). Ο κώδικας Python που περιλαμβάνει το μοντέλο αυτό, βρίσκεται στο Παράρτημα V στις εικόνες (Εικόνα Παραρτήματος V-14) έως (Εικόνα Παραρτήματος V-18). Ενώ τα αποτελέσματα του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, για τα Μελλοντικά Σενάρια 1 και 2 (όπως αυτές ορίστηκαν στο Κεφάλαιο 4.2), συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα για την Υφιστάμενη Κατάσταση. Για την διεξαγωγή των υπολογιστικών πειραμάτων έγινε χρήση Python σε περιβάλλον Visual Studio έκδοσης 3.11.9 (64-bit), σε υπολογιστή με επεξεργαστή οχτώ πυρήνων Intel(R) Core(TM) i7-1255U 1.70 GHz (κατά την διαδικασία, ωστόσο, δεν τέθηκαν όρια στους πυρήνες, συνεπώς χρησιμοποιήθηκε μόνο ένας εξ' αυτών) και RAM 16,0 GB (15,7 GB χρησιμοποιήσιμη). Για την βελτιστοποίηση χρησιμοποιήθηκε ο βελτιστοποιητής Gurobi έκδοσης 11.0.3.

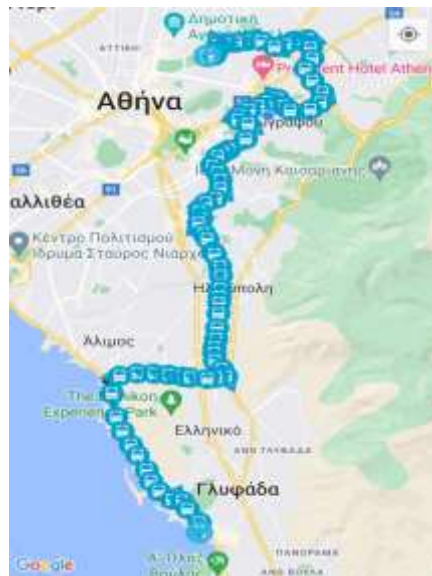
5.2. Οι γραμμές που επιλέχθηκαν και τα χαρακτηριστικά αυτών.

Οι γραμμές που επιλέχθηκαν για την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών οχημάτων είναι οι εξής:

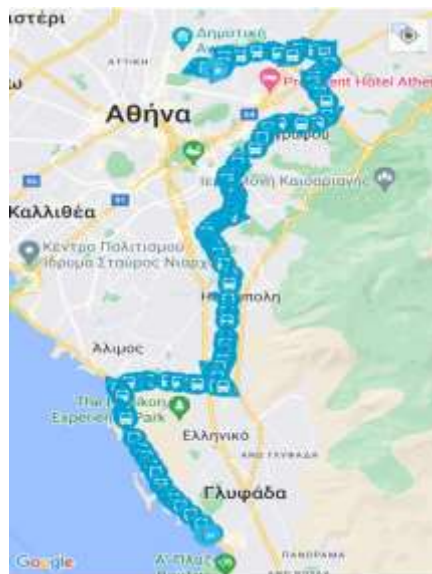
- 140 ΠΟΛΥΓΩΝΟ – ΓΛΥΦΑΔΑ, για δρομολόγια Σαββάτου με το αμαξοστάσιο να θεωρείται ως εικονική μεταβλητή (dummy variable) η τερματική του στάση στην περιοχή της Γλυφάδας. Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων και για τις δυο κατευθύνσεις είναι 67, όπου τα 34 είναι για την κατεύθυνση ΠΟΛΥΓΩΝΟ – ΓΛΥΦΑΔΑ (Εικόνα 5.1), ενώ τα 33 αφορούν την κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ–ΠΟΛΥΓΩΝΟ (Εικόνα 5.2).
- 120 ΓΛΥΦΑΔΑ - ΒΑΡΗ - ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ ΣΤ. ΚΟΡΩΠΙΟΥ, για καθημερινά δρομολόγια με το αμαξοστάσιο να βρίσκεται στα ΚΤΕΛ Κορωπίου. Ο συνολικός

αριθμός δρομολογίων είναι 36, όπου τα δρομολόγια μοιράζονται κατά ίσο τρόπο στις δύο κατευθύνσεις (Εικόνα 5.3) και (Εικόνα 5.4).

- 122 ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ – ΣΑΡΩΝΙΔΑ, για καθημερινά δρομολόγια με το αμαξοστάσιο να βρίσκεται και σε αυτή την γραμμή στα ΚΤΕΛ Κορωπίου. Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων είναι 166, όπου τα 82 ανήκουν στην κατεύθυνση ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ – ΣΑΡΩΝΙΔΑ (Εικόνα 5.5), ενώ τα 84 ανήκουν στην κατεύθυνση ΣΑΡΩΝΙΔΑ – ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ (Εικόνα 5.6).
- 550 Π. ΦΑΛΗΡΟ – ΚΗΦΙΣΙΑ, για καθημερινά δρομολόγια με αμαξοστάσιο πλησίον της Πέτρου Ράλλη. Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων είναι 184, τα 94 εξ' αυτών για την κατεύθυνση Π. ΦΑΛΗΡΟ – ΚΗΦΙΣΙΑ (Εικόνα 5.7) και τα 90 για την κατεύθυνση ΚΗΦΙΣΙΑ – Π. ΦΑΛΗΡΟ (Εικόνα 5.8).
- 608 ΓΑΛΑΤΣΙ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ - ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ, για καθημερινά δρομολόγια με αμαξοστάσιο πλησίον της Πέτρου Ράλλη. Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων είναι 304, με τα 151 να ανήκουν στην κατεύθυνση ΓΑΛΑΤΣΙ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ (Εικόνα 5.9) και τα 153 να ανήκουν στην κατεύθυνση ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΓΑΛΑΤΣΙ (Εικόνα 5.10).
- Β9 ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ, και για αυτή την γραμμή, για καθημερινά δρομολόγια με αμαξοστάσιο πλησίον της Πέτρου Ράλλη. Ο συνολικός αριθμός δρομολογίων είναι 161, με τα 82 να έχουν κατεύθυνση ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ (Εικόνα 5.11)., ενώ τα 79 κατεύθυνση Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ (Εικόνα 5.12).



Εικόνα 5.1: Λεωφορειακή Γραμμή 140 - Κατεύθυνση ΠΟΛΥΓΩΝΟ – ΓΛΥΦΑΔΑ
([Πηγή](#))

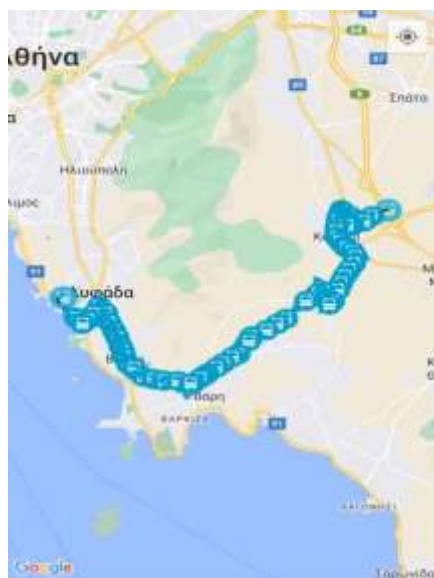


Εικόνα 5.2: Λεωφορειακή Γραμμή 140 - Κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ–ΠΟΛΥΓΩΝΟ.
([Πηγή](#))



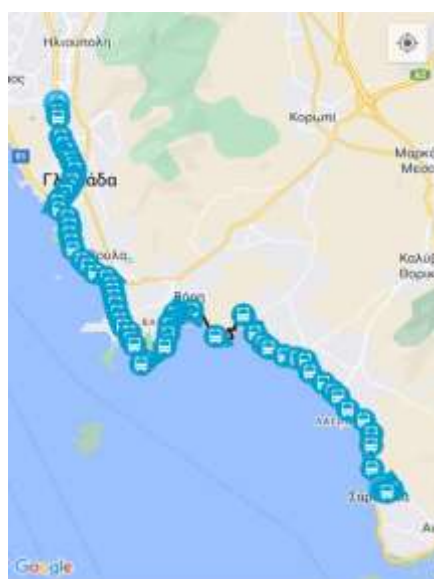
Εικόνα 5.3: Λεωφορειακή Γραμμή 120 - Κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ - ΒΑΡΗ - ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ ΣΤ. ΚΟΡΩΠΙΟΥ.

(Πηγή)

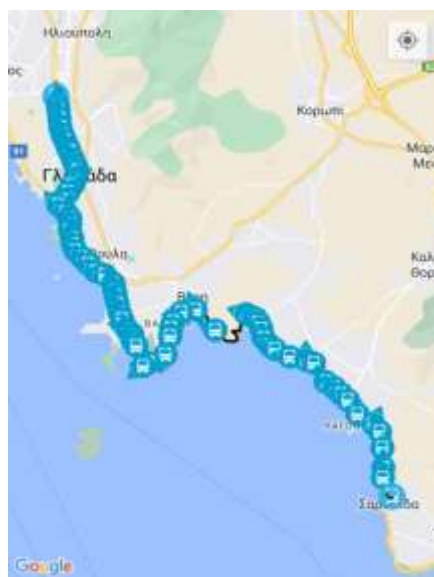


Εικόνα 5.4: Λεωφορειακή Γραμμή 120 - Κατεύθυνση ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ ΣΤ. ΚΟΡΩΠΙΟΥ - ΒΑΡΗ - ΓΛΥΦΑΔΑ.

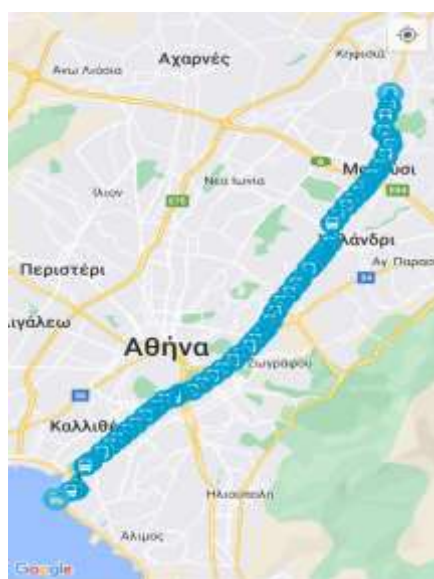
(Πηγή)



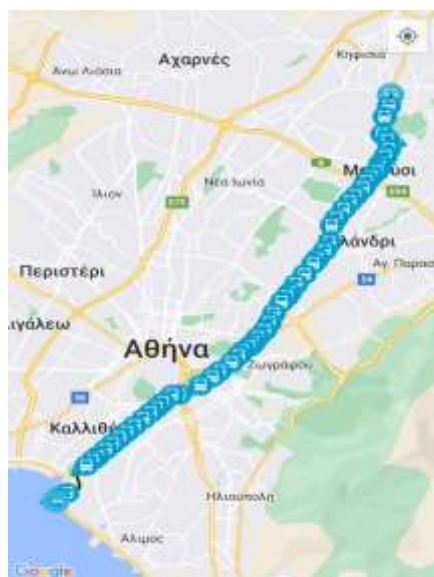
Εικόνα 5.5: Λεωφορειακή Γραμμή 122 - Κατεύθυνση ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ – ΣΑΡΩΝΙΔΑ
([Πηγή](#))



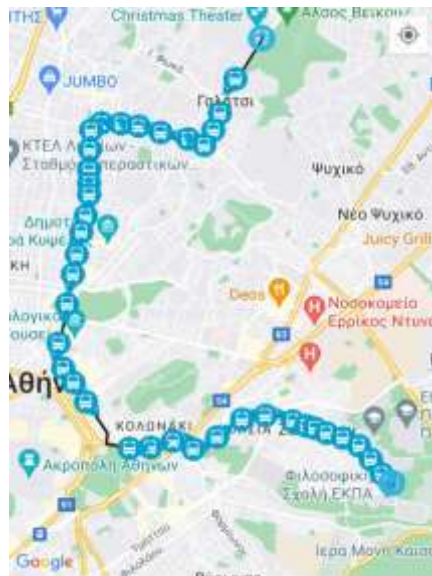
Εικόνα 5.6: Λεωφορειακή Γραμμή 122-Κατεύθυνση ΣΑΡΩΝΙΔΑ – ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ
([Πηγή](#))



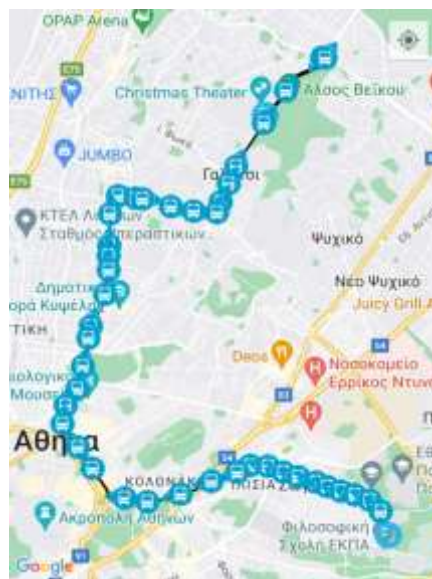
Εικόνα 5.7: Λεωφορειακή Γραμμή 550 - Κατεύθυνση Π. ΦΑΛΗΡΟ – ΚΗΦΙΣΙΑ
([Πηγή](#))



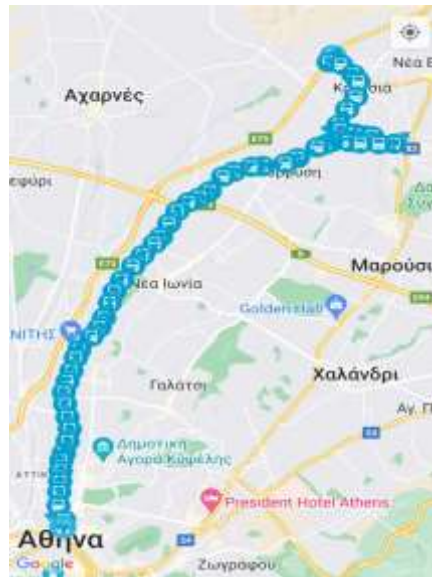
Εικόνα 5.8: Λεωφορειακή Γραμμή 550 - Κατεύθυνση ΚΗΦΙΣΙΑ – Π. ΦΑΛΗΡΟ
([Πηγή](#))



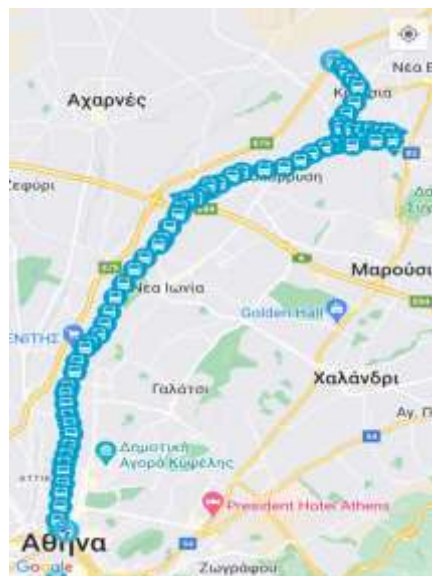
Εικόνα 5.9: Λεωφορειακή Γραμμή 608 - Κατεύθυνση ΓΑΛΑΤΣΙ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ
(Πηγή)



Εικόνα 5.10: Λεωφορειακή Γραμμή 608 - Κατεύθυνση ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΓΑΛΑΤΣΙ
(Πηγή)



Εικόνα 5.11: Λεωφορειακή Γραμμή Β9 - Κατεύθυνση ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ
([Πηγή](#))



Εικόνα 5.12: Λεωφορειακή Γραμμή Β9 - Κατεύθυνση Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ –ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ
([Πηγή](#))

Συγκεντρωτικά οι λεωφορειακές γραμμές με τον αριθμό δρομολογίων και την τοποθεσία του αμαξοστασίου τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των επιλεγμένων λεωφορειακών γραμμών που μελετήθηκαν.

Λεωφορειακές Γραμμές	Συνολικός Αριθμός Δρομολογίων	Αριθμός Δρομολογίων Βασικής Κατεύθυνσης	Αριθμός Δρομολογίων Αντίθετης Κατεύθυνσης	Τοποθεσία Αμαξοστασίου
140 Σαββάτου	67	34	33	Γλυφάδα (εικονική παράμετρος)
120 Καθημερινά	36	18	18	ΚΤΕΛ Κορωπί
122 Καθημερινά	166	82	84	ΚΤΕΛ Κορωπί
550 Καθημερινά	184	94	90	Πέτρου Ράλλη
608 Καθημερινά	304	151	153	Πέτρου Ράλλη
B9 Καθημερινά	161	82	79	Πέτρου Ράλλη

5.3. Προγραμματισμός Ηλεκτρικών Οχημάτων για τις επιλεγμένες γραμμές

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 4, οι γραμμές χωρίστηκαν σε χρονικά τμήματα για την εξοικονόμηση υπολογιστικού χρόνου. Τα αναλυτικά αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στο Παράρτημα Ι. Οι πίνακες με τα στοιχεία που εισάγονται από το ένα χρονικό τμήμα στο επόμενο για την κάθε γραμμή, εμφανίζονται στο Παράρτημα ΙΙ. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι απεικονίσεις των αποτελεσμάτων στις γραμμές όπου έχουν διενεργηθεί. Επίσης, θα αναφερθούν και τα συνολικά αποτελέσματα του ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού ηλεκτρικών οχημάτων (Μελλοντικό Σενάριο) και θα γίνει η σύγκριση τους με τα αποτελέσματα των συμβατικών οχημάτων (Υφιστάμενη Κατάσταση).

5.3.1. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 140 για δρομολόγια

Σαββάτου

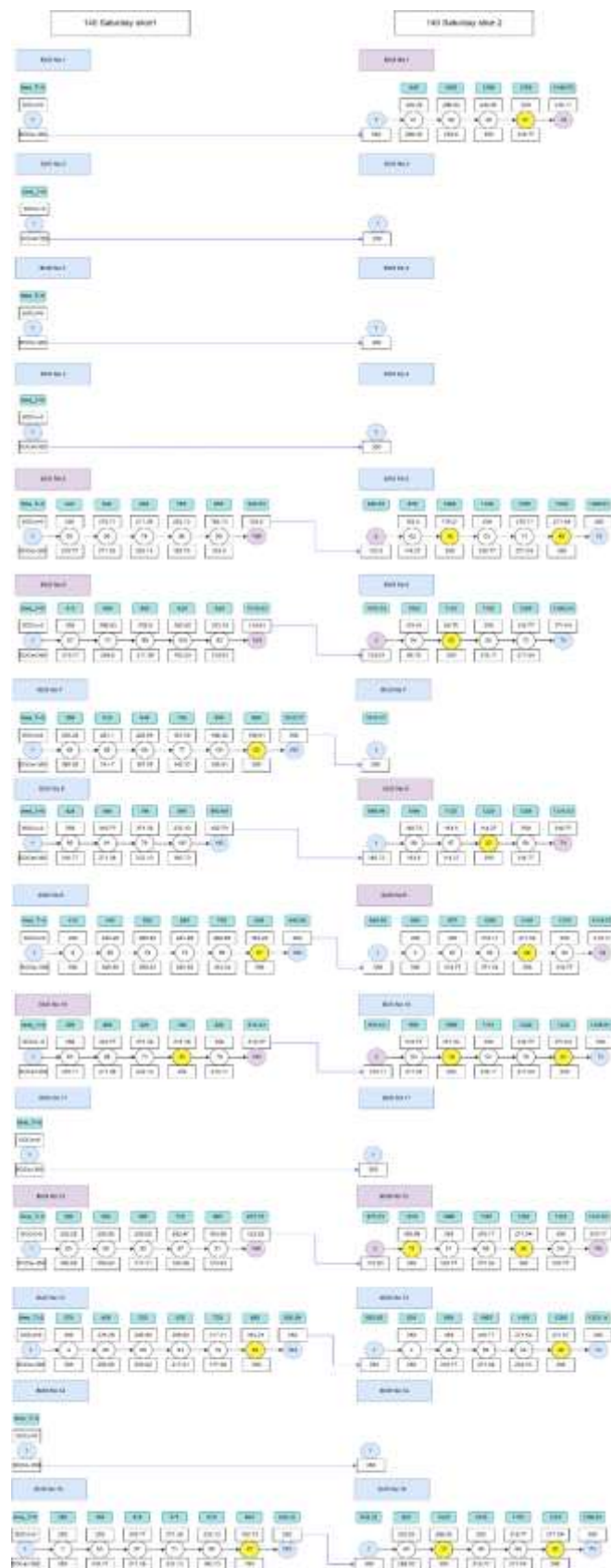
Η γραμμή 140 χωρίστηκε σε δυο χρονικά τμήματα, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση και δρομολόγια 20-40 ανά κατεύθυνση. Το δεύτερο τμήμα προφανώς δεν θα αποτελείται από 20 δρομολόγια, αλλά θα σταματάει στο τελευταίο δρομολόγιο της κάθε κατεύθυνσης, 34° για την κατεύθυνση ΠΟΛΥΓΩΝΟ – ΓΛΥΦΑΔΑ και 33° για την κατεύθυνση ΓΛΥΦΑΔΑ–ΠΟΛΥΓΩΝΟ.

Για την γραμμή 140 δημιουργείται, συνεπώς, ένα αρχείο που περιέχει στοιχεία που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος (Εικόνα Παραρτήματος ΙΙ-1).

Τα συγκριτικά δεδομένα μεταξύ συμβατικών και ηλεκτρικών οχημάτων εμφανίζονται στον Πίνακα 5.2, η απεικόνιση των δυο χρονικών τμημάτων εμφανίζεται στην (Εικόνα 5.13), ενώ τα συνολικά αποτελέσματα των δύο χρονικών τμημάτων στις (Εικόνα Παραρτήματος Ι-2) και (Εικόνα Παραρτήματος Ι-3).

Πίνακας 5.2: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 140, δρομολογίων Σαββάτου.

Λεωφορειακή Γραμμή 140 Σαββάτου	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	9
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (e-sd-vsp)	10



Εικόνα 5.13: Απεικόνιση αποτελεσμάτων της γραμμής 140 για δρομολόγια Σαββάτου.

5.3.2. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 120 για καθημερινά

δρομολόγια

Καθώς η γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια, δεν έχει μεγάλο αριθμό δρομολογίων, τα αποτελέσματα για την συγκεκριμένη γραμμή υπολογίστηκαν σε ένα χρονικό τμήμα. Δηλαδή επιλέχθηκε το όριο 0-20 δρομολόγια ανά κατεύθυνση, με τελευταίο δρομολόγιο να είναι το 18^ο ανά κατεύθυνση.

Τα συνολικά αποτελέσματα βρίσκονται στην (Εικόνα Παραρτήματος I-1). Συγκριτικά τα αποτελέσματα για την Υφιστάμενη και Μελλοντική Κατάσταση παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 120, δρομολογίων καθημερινών.

Λεωφορειακή Γραμμή 120 Καθημερινά	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	4
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (e-sd-vsp)	4

5.3.3. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 122 για καθημερινά

δρομολόγια

Για την γραμμή 122 για καθημερινά δρομολόγια, δημιουργήθηκαν τέσσερα ομοιόμορφα χρονικά τμήματα. Ο αριθμός είναι περίπου 22 δρομολόγια ανά κατεύθυνση, ανά χρονικό τμήμα, μέχρις ότου που συμπληρώθηκαν, στο 82^ο για την κατεύθυνση Τ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ – ΣΑΡΩΝΙΔΑ και στο 84^ο για την κατεύθυνση ΣΑΡΩΝΙΔΑ – ΣΤ. ΑΡΓΥΡΟΥΠΟΛΗ.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων για αυτήν την λεωφορειακή γραμμή γίνεται στον Πίνακα 5.4.

Στην (Εικόνα 5.14) απεικονίζονται τα συνολικά αποτελέσματα της γραμμής 122 για καθημερινά δρομολόγια.

Πίνακας 5.4: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης και Μελλοντικής Κατάστασης για την γραμμή 122, δρομολογίων καθημερινών.

Λεωφορειακή Γραμμή 122 Καθημερινά	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ	16
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ	22



Εικόνα 5.14: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων γραμμή 122 για καθημερινά δρομολόγια.

5.3.4. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 550 για καθημερινά

δρομολόγια

Τα καθημερινά δρομολόγια της γραμμής 550, χωρίστηκαν σε πέντε χρονικά τμήματα. Σε αυτήν την περίπτωση, όπως και στις προηγούμενες, επιλέχθηκαν 20 δρομολόγια ανά κατεύθυνση, ανά χρονικό τμήμα. Προφανώς και για αυτή την γραμμή το τελευταίο δρομολόγιο του τελευταίου χρονικού τμήματος είναι το 94^ο για την κατεύθυνση Π. ΦΑΛΗΡΟ – ΚΗΦΙΣΙΑ, ενώ για το 90^ο για την κατεύθυνση ΚΗΦΙΣΙΑ – Π. ΦΑΛΗΡΟ.

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος βρίσκονται στην (Εικόνα Παραρτήματος II-2), του τρίτου τμήματος στην (Εικόνα Παραρτήματος II-3), του τέταρτου τμήματος στην (Εικόνα Παραρτήματος II-4) και του πέμπτου και τελευταίου τμήματος (Εικόνα Παραρτήματος II-5).

Τα συνολικά αποτελέσματα του κάθε χρονικού τμήματος, πρώτου έως πέμπτου, παρατίθενται στις (Εικόνα Παραρτήματος I-4) έως (Εικόνα Παραρτήματος I-8), με αντίστοιχη σειρά.

Τα αποτελέσματα τόσο της Υφιστάμενης Κατάστασης, όσο και της Μελλοντικής Κατάστασης για τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό οχημάτων εμφανίζονται στον Πίνακα 5.5.

Καθώς και για αυτήν την γραμμή έγινε απεικόνιση των συνολικών αποτελεσμάτων, αυτή παρουσιάζεται στην (Εικόνα 5.15)

Πίνακας 5.5: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 550, καθημερινών δρομολογίων.

Λεωφορειακή Γραμμή 550 Καθημερινά	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	18
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (e-sd-vsp)	25



Εικόνα 5.15: Απεικόνιση Αποτελεσμάτων γραμμή 550 για καθημερινά δρομολόγια.

5.3.5. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής 608 για καθημερινά

δρομολόγια

Για την γραμμή 608 για μελέτη σε καθημερινά δρομολόγια, προέκυψαν πέντε χρονικά τμήματα. Στην περίπτωση αυτής της γραμμής ο αριθμός των δρομολογίων που επιλέχθηκε είναι 32 ανά κατεύθυνση, ανά χρονικό τμήμα. Για την γραμμή 608 στο τελευταίο χρονικό τμήμα το τελευταίο δρομολόγιο είναι το 151^ο για την κατεύθυνση ΓΑΛΑΤΣΙ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ, ενώ το 153^ο για την κατεύθυνση ΝΕΚΡ. ΖΩΓΡΑΦΟΥ – ΑΚΑΔΗΜΙΑ – ΓΑΛΑΤΣΙ.

Οι πίνακες με τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό του δεύτερου, τρίτου, τέταρτου και πέμπτου χρονικού τμήματος, εμφανίζονται στις (Εικόνα Παραρτήματος II-6), (Εικόνα Παραρτήματος II-7), (Εικόνα Παραρτήματος II-8), (Εικόνα Παραρτήματος II-9), αντίστοιχα.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα για την γραμμή 608 που αφορούν καθημερινά δρομολόγια, μεταξύ της Υφιστάμενης Κατάστασης και της Μελλοντικής Κατάστασης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.6. Τα συνολικά αποτελέσματα για κάθε χρονικό τμήμα, από το πρώτο έως το πέμπτο παρουσιάζονται στις (Εικόνα Παραρτήματος I-12) έως (Εικόνα Παραρτήματος I-13).

Πίνακας 5.6: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή 608, καθημερινών δρομολογίων.

Λεωφορειακή Γραμμή 608 Καθημερινά	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ	26
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ	36

5.3.6. Μελέτη οχημάτων λεωφορειακής γραμμής Β9 για καθημερινά

δρομολόγια

Τα συνολικά δρομολόγια καθημερινά της γραμμής Β9 είναι 161. Επιλέχθηκε ο χωρισμός τους σε τέσσερα χρονικά τμήματα των 22 δρομολογίων ανά κατεύθυνση, ανά χρονικό τμήμα. Προκύπτει ότι το τελευταίο δρομολόγιο του τελευταίου χρονικού τμήματος είναι το 82^ο για την κατεύθυνση ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ, ενώ το 79^ο για την κατεύθυνση Ν. ΚΗΦΙΣΙΑ – ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΧΑΛΚΟΚΟΝΔΥΛΗ.

Τα στοιχεία που απαιτούνται από κάθε προηγούμενο για τον υπολογισμό του επόμενου χρονικού διαστήματος υπάρχουν στις (Εικόνα Παραρτήματος II-10), (Εικόνα Παραρτήματος II-11) και (Εικόνα Παραρτήματος II-12).

Τα αποτελέσματα για τον απαιτούμενο αριθμό των οχημάτων, για την συγκεκριμένη γραμμή, για την Υφιστάμενη και Μελλοντική Κατάσταση, εμφανίζονται στον Πίνακα 5.7. Τα αναλυτικά αποτελέσματα για αυτή την γραμμή βρίσκονται στις (Εικόνα Παραρτήματος I-14) έως (Εικόνα Παραρτήματος I-17).

Πίνακας 5.7: Σύγκριση αποτελεσμάτων απαιτούμενου αριθμού οχημάτων Υφιστάμενης Κατάστασης και Μελλοντικού Σεναρίου για την γραμμή B9, καθημερινών δρομολογίων

Λεωφορειακή Γραμμή B9 Καθημερινά	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	14
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (e-sd-vsp)	18

5.3.7. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού

οχημάτων

Συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα που αφορούν τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό των οχημάτων για την εξυπηρέτηση κάθε γραμμής παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού οχημάτων.

	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (e-sd-vsp)
Λεωφορειακές Γραμμές	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οχημάτων
140 Σαββάτου	9	10
120 Καθημερινά	4	4
122 Καθημερινά	16	22
550 Καθημερινά	18	25
608 Καθημερινά	26	36
B9 Καθημερινά	14	18

5.4. Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για τις επιλεγμένες γραμμές

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 4.2, για τον Χρονοπρογραμματισμό Πληρωμάτων για την περίπτωση των Ηλεκτρικών Λεωφορείων έγινε υπολογισμός των διαστημάτων υπηρεσίας, από τα αποτελέσματα του Προγραμματισμού των Οχημάτων, για τρεις διαφορετικές περιπτώσεις, την Υφιστάμενη Κατάσταση, το Μελλοντικό Σενάριο 1 και το Μελλοντικό Σενάριο 2. Στο Κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν ο αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας, με τον συνολικό αριθμό των τμημάτων που προκύπτουν από αυτά, καθώς και ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων οδηγών για την εξυπηρέτηση των δρομολογίων της κάθε γραμμής.

Τα διαστήματα υπηρεσίας που προέκυψαν, για την επίλυση του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, παρατίθενται στο Παράρτημα ΙΙΙ και τα αποτελέσματα στο Παράρτημα ΙV.

5.4.1. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 140 για δρομολόγια

Σαββάτου

Από τα αποτελέσματα του προγραμματισμού των οχημάτων για την γραμμή 140, μελέτης δρομολογίων Σαββάτου, προέκυψαν τα εξής δεδομένα για τα διαστήματα υπηρεσίας:

- στην Υφιστάμενη Κατάσταση ο συνολικός αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας είναι 9 (Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-7) και από αυτά προκύπτουν 22 τμήματα συνολικά. Από αυτά, οχτάωρα τμήματα, όπου οι βάρδιες των οδηγών είναι συνεχείς, είναι 13. Βάσει αυτών ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός οδηγών είναι 19. Ωστόσο, 1 από τους οδηγούς αυτούς αναλαμβάνει τμήμα με διάρκεια μικρότερη των 120 λεπτών, η βάρδια αυτού μπορεί να καλυφθεί με υπερωρία ή με σπαστό ωράριο (“κατσαρή” βάρδια), από κάποιον από τους υπόλοιπους οδηγούς. Οι αναθέσεις των οδηγών εμφανίζονται στον Πίνακας Παραρτήματος ΙV-7.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1 τα διαστήματα υπηρεσίας είναι 14 (Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-8), με 23 τμήματα να δημιουργούνται, εκ των οποίων τα 9 είναι συνεχή οχτάωρα. Από τους υπολογισμούς σε αυτά προκύπτει ότι ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που απαιτείται είναι 19, οι αναθέσεις τους βρίσκονται στον Πίνακας Παραρτήματος ΙV-8.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 2 τα διαστήματα υπηρεσίας είναι 23 (Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-9), τα τμήματα αυτών είναι 30, από τα οποία τα 7 είναι οχτάωρα τμήματα. Ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός οδηγών που προέκυψε σε αυτή την περίπτωση είναι 18, με αναθέσεις στον Πίνακας Παραρτήματος ΙV-9.

Τα αποτελέσματα συγκεντρωμένα, παρατίθενται στον Πίνακα 5.9.

Πίνακας 5.9: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων, για την γραμμή 140 για δρομολόγια Σαββάτου.

Λεωφορειακή Γραμμή 140 Σαββάτου	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	9	22	13	19	1
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	14	23	9	19	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	23	30	7	18	0

5.4.2. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 120 για καθημερινά δρομολόγια

Για την γραμμή 120 για δρομολόγια καθημερινά προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- για την Υφιστάμενη κατάσταση ο αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας είναι 4 (Πίνακας Παραρτήματος III-1), με συνολικό αριθμό τμημάτων 10. Από τα τμήματα αυτά, οι συνεχείς βάρδιες είναι 6 και για να εξυπηρετηθεί αυτή η γραμμή απαιτούνται τουλάχιστον 9 οδηγοί ημερησίως, με αναθέσεις στον Πίνακα Παραρτήματος IV-1. Ωστόσο, από αυτούς ένα αναλαμβάνει τμήμα μικρότερο των 120 λεπτών, οπότε μπορεί να αναλάβουν άλλοι οδηγοί την κάλυψη αυτού του μικρής διάρκειας τμήματος.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1, ο αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας που προέκυψαν από την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων είναι 4 (Πίνακας Παραρτήματος III-2) και των τμημάτων αυτών είναι 9. Τα τμήματα αυτά αποτελούνται από 5 οχτάωρα τμήματα και 4 τα οποία δεν διαρκούν 8 ώρες. Για την εξυπηρέτηση αυτών ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που απαιτείται είναι 9, από τους οποίους ο 1 αναλαμβάνει τμήμα μικρότερο των 120 λεπτών. Οι αναθέσεις τους φαίνονται στον Πίνακα Παραρτήματος IV-2.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 2, προέκυψαν συνολικά 8 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-3), που αποτελούνται από 11 τμήματα. Τα 3 τμήματα δημιουργούν συνεχείς οχτάωρες βάρδιες. Για αυτήν την περίπτωση ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που απαιτείται είναι 9, με αναθέσεις αυτών στον Πίνακα Παραρτήματος IV-3. Σε αυτήν

την Κατάσταση, επίσης, 1 οδηγό αναλαμβάνει τμήμα μικρής διάρκειας (μικρότερο των 120 λεπτών).

Τα αποτελέσματα αυτά, παρουσιάζονται συνολικά στον Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Προγραμματισμού Πληρωμάτων για την γραμμή 120 για καθημερινά δρομολόγια.

Λεωφορειακή Γραμμή 120 Καθημερινά	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	4	10	6	9	1
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	4	9	5	9	1
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	8	11	3	9	1

5.4.3. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 122 για καθημερινά δρομολόγια

Για την γραμμή 122 με τα αποτελέσματα από την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων (για συμβατικά και ηλεκτρικά όσον αφορά την Υφιστάμενη και τις Μελλοντικές καταστάσεις αντίστοιχα), προέκυψαν τα εξής:

- για την Υφιστάμενη Κατάσταση τα αποτελέσματα που λήφθηκαν ήταν ότι ο συνολικός αριθμός των διαστημάτων υπηρεσίας είναι 16 (Πίνακας Παραρτήματος III-4) , ο αριθμός των τμημάτων 43, από τα οποία 27 έχουν διάρκεια 8 ωρών. Για την εξυπηρέτηση αυτής της γραμμής σε αυτή την Κατάσταση απαιτούνται 40 οδηγοί τουλάχιστον. Οι αναθέσεις αυτών στα τμήματα είναι στον Πίνακα Παραρτήματος IV-4.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1, τα αντίστοιχα αποτελέσματα έδωσαν 41 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-5), 54 τμήματα, εκ των οποίων τα 13 ήταν οχτάωρα και ο αριθμός των ελάχιστων οδηγών για την κάλυψη αυτής είναι 43, με τις αναθέσεις τους να παρουσιάζονται στον Πίνακα Παραρτήματος IV-5.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 2, τα αποτελέσματα μετά την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού των Οδηγών είναι, πως υπάρχουν 45 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-6) αποτελούμενα από 55 τμήματα. Από τα 55 τμήματα τα 11 αντιστοιχούν σε οχτάωρες βάρδιες και οι οδηγοί που χρειάζονται για να τα

αναλάβουν πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 38, αυτοί ανατίθενται σε τμήματα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακας Παραρτήματος IV-6.

Σε καμία από αυτές τις Καταστάσεις δεν δημιουργούνται τμήματα με διάρκεια μικρότερη ή ίση με 120 λεπτά.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακας 5.11.

Πίνακας 5.11: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή 122 για καθημερινά δρομολόγια.

Λεωφορειακή Γραμμή 122 Καθημερινά	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	16	43	27	40	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	41	54	13	43	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	45	55	11	38	0

5.4.4. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 550 για καθημερινά δρομολόγια

Με την επίλυση του Προγραμματισμού Οχημάτων για την λεωφορειακή γραμμή 550 που αφορά καθημερινά δρομολόγια προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- για την Υφιστάμενη Κατάσταση τα διαστήματα υπηρεσίας είναι 18 (Πίνακας Παραρτήματος III-10). Τα τμήματα που δημιουργούνται από τον προϋπολογισμό είναι 51 και τα 33 από αυτά είναι οχτάωρα. Ο αριθμός των οδηγών που χρειάζονται για να καλυφθούν τα δρομολόγια είναι 46, με 1 εξ' αυτών να αναλαμβάνει τμήμα μικρής διάρκειας, όπως φαίνεται και στον Πίνακας Παραρτήματος IV-10.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1 προέκυψαν 70 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-11) και 77 τμήματα. Τα 7 από τα 77 τμήματα αποτελούν συνεχείς οχτάωρες βάρδιες. Ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που χρειάζονται είναι 48, με αναθέσεις, όπως παρατίθενται στον Πίνακας Παραρτήματος IV-11. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι οδηγοί αναλαμβάνουν τμήματα μεγαλύτερα των 120 λεπτών.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 2 υπολογίστηκαν 73 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-12), που χωρίστηκαν σε 80 τμήματα. Όπως και στην Μελλοντική

Κατάσταση 1, 7 τμήματα έχουν οχτάωρη διάρκεια. Οι οδηγοί που απαιτούνται είναι 45 και όλοι αναλαμβάνουν τμήματα μεγαλύτερα από 120 λεπτά, όπως φαίνεται και στον Πίνακα Παραρτήματος IV-12.

Για κάθε μία από αυτές τις Καταστάσεις, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 5.12.

Πίνακας 5.12: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή 550 για καθημερινά δρομολόγια.

Λεωφορειακή Γραμμή 550 Καθημερινά	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	18	51	33	46	1
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	70	77	7	48	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	73	80	7	45	0

5.4.5. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής 608 για καθημερινά δρομολόγια.

Τα αποτελέσματα για τα καθημερινά δρομολόγια για την λεωφορειακή γραμμή 608 είναι τα εξής:

- για την Υφιστάμενη Κατάσταση όπου δημιουργήθηκαν 26 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-13) και χωρίστηκαν σε 68 τμήματα, εκ των οποίων τα 42 είναι οχτάωρα, απαιτείται ελάχιστος αριθμός 61 οδηγών. Από τους οδηγούς αυτούς οι 2 αναλαμβάνουν μόνο τμήματα διάρκειας μικρότερης των 120 λεπτών. Τα αποτελέσματα αυτά λαμβάνονται από τον Πίνακα Παραρτήματος IV-13.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1 τα διαστήματα υπηρεσίας ήταν 65 (Πίνακας Παραρτήματος III-14) και τα τμήματα αυτών συνολικά 83. Από τα συνολικά τμήματα τα 18 είχαν διάρκεια ίση με 8 ώρες. Για την εξυπηρέτηση, σε αυτή την περίπτωση ο ελάχιστος αριθμός οδηγών είναι 66, ενώ κανείς από αυτούς δεν αναλαμβάνει ένα τμήμα μόνο που να είναι μικρότερο από 120 λεπτά, όπως συλλέχθηκαν από τον Πίνακα Παραρτήματος IV-14.

- για το Μελλοντικό Σενάριο 2, καθώς όπως έχει αναφερθεί στο 4.2 συμπεριλαμβάνονται και οι φορτίσεις, τα διαστήματα υπηρεσίας που προκύπτουν είναι 70 (Πίνακας Παραρτήματος III-15) και διαχωρίζονται σε 87 τμήματα. Τα 17 από τα τμήματα που προκύπτουν είναι διάρκειας 8 ωρών. Για να εξυπηρετηθεί η γραμμή σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται 63 οδηγοί, όπου κανείς τους δεν αναλαμβάνει μόνο τμήμα μικρής διάρκειας, όπως φαίνεται και στον Πίνακα Παραρτήματος IV-15.

Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα για την επίλυση του προβλήματος ανά Κατάσταση.

Πίνακας 5.13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή 608 για καθημερινά δρομολόγια.

Λεωφορειακή Γραμμή 608 Καθημερινά	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	26	68	42	61	2
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	65	83	18	66	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	70	87	17	63	0

5.4.6. Μελέτη πληρώματος λεωφορειακής γραμμής B9 για καθημερινά

δρομολόγια

Παρόμοια, με την μελέτη των υπόλοιπων λεωφορειακών γραμμών, για την λεωφορειακή γραμμή B9, μελέτης για δρομολόγια καθημερινά, προέκυψαν:

- για την Υφιστάμενη Κατάσταση με 14 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-16) και συνολικό αριθμό τμημάτων που προκύπτουν από αυτά 39. Τα 25 τμήματα έχουν διάρκεια 8 ωρών. Με την επίλυση ο ελάχιστος αριθμός των απαιτούμενων οδηγών είναι 34 και ανατίθενται στα τμήματα όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα Παραρτήματος IV-16.
- για το Μελλοντικό Σενάριο 1 δημιουργούνται 38 διαστήματα υπηρεσίας (Πίνακας Παραρτήματος III-17) και από αυτά 48 τμήματα. Τα τμήματα αυτά είναι 10 οχτάωρα και 38 που δεν συμπληρώνουν οχτάωρη βάρδια μόνα τους. Για την εξυπηρέτηση της

γραμμής, υπό αυτές τις συνθήκες υπολογισμού, απαιτούνται 38 οδηγοί και αναλαμβάνουν τα τμήματα βάσει του Πίνακας Παραρτήματος IV-17.

- για το Μελλοντικό Σενάριο 2 συνολικά τα διαστήματα υπηρεσίας ανέρχονται στα 42 (Πίνακας Παραρτήματος III-18) και αυτά αποτελούνται από συνολικά 51 τμήματα. Από τα τμήματα αυτά, τα 9 όταν αναλαμβάνονται από τους οδηγούς, αυτοί έχουν συνεχή βάρδια, ενώ τα υπόλοιπα τα αναλαμβάνουν συνδυαστικά με άλλα. Ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που προέκυψε είναι 37 και ανατίθενται σε τμήματα στον Πίνακας Παραρτήματος IV-18.

Κατά την επίλυση αυτών των περιπτώσεων, δεν προέκυψε περίπτωση οδηγού που να αναλαμβάνει μόνο ένα τμήμα μικρής διάρκειας.

Ο Πίνακας 5.14 περιέχει τα αποτελέσματα αυτών των λύσεων για κάθε μία από τις διαφορετικές καταστάσεις για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για δρομολόγια καθημερινά.

Πίνακας 5.14: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος για την γραμμή Β9 για καθημερινά δρομολόγια.

Λεωφορειακή Γραμμή Β9 Καθημερινά	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχτάωρα τμήματα/ Αριθμός οδηγών με συνεχείς βάρδιες	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Αριθμός οδηγών που αναλαμβάνουν τμήματα μικρής διάρκειας (120≤)
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (sd-vsp)	14	39	25	34	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 1 (e-sd-vsp)	38	48	10	38	0
ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ 2 (e-sd-vsp)	42	51	9	37	0

5.5. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων

Τα συνολικά αποτελέσματα για όλες τις γραμμές και για όλες τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Στον Πίνακα 5.15 παρατίθενται τα αποτελέσματα του ελάχιστου αριθμού απαιτούμενων οχημάτων (συμβατικών και ηλεκτρικών), καθώς και ο ελάχιστος αριθμός οδηγών που

απαιτούνται για την εξυπηρέτηση των επιλεγμένων γραμμών για όλες τις περιπτώσεις (Υφιστάμενη Κατάσταση, Μελλοντικό Σενάριο 1 και Μελλοντικό Σενάριο 2).

Οι πίνακες Πίνακας 5.16, Πίνακας 5.17 και Πίνακας 5.18 περιέχουν τα αποτελέσματα που αφορούν όλα τα στοιχεία του Προβλήματος Προγραμματισμού Οχημάτων και Οδηγών, που αφορά την επίλυση για τα Συμβατικά οχήματα με την Υφιστάμενη Κατάσταση, τα Ηλεκτρικά οχήματα με το Μελλοντικό Σενάριο 1 και τα Ηλεκτρικά οχήματα με το Μελλοντικό Σενάριο 2, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.15 : Αποτελέσματα Υφιστάμενης και Μελλοντικών Σεναρίων για τον Ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό οχημάτων και οδηγών ανά γραμμή μελέτης.

Λεωφορειακές Γραμμές	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ (SD-VSP)		ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ (E-SD-VSP)		
	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Συμβατικών Οχημάτων	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Ηλεκτρικών Οχημάτων	Σενάριο 1: Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών	Σενάριο 2: Ελάχιστος Απαιτούμενος Αριθμός Οδηγών
140 Σαββάτου	9	19	10	19	18
120 Καθημερινά	4	9	4	9	9
122 Καθημερινά	16	40	22	43	38
550 Καθημερινά	18	46	25	48	45
608 Καθημερινά	26	61	36	66	63
B9 Καθημερινά	14	34	18	38	37

Πίνακας 5.16: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Οδηγών για Συμβατικά Οχήματα (SDVSP & Crew)- Υφιστάμενη Κατάσταση (από αμαξοστάσιο- σε αμαξοστάσιο).

Λεωφορειακή Γραμμή	Συνολικός Αριθμός Δρομολογίων	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οχημάτων	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχήματα/ Αριθμός Οδηγών με Συνεχείς Βάρδιες	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οδηγών	Αριθμός Οδηγών που Αναλαμβάνουν Τμήματα Μικρής Διάρκειας (120≤)
140 Σαββάτου	67	9	9	22	13	19	1
120 Καθημερινά	36	4	4	10	6	9	1
122 Καθημερινά	166	16	16	43	27	40	0
550 Καθημερινά	184	18	18	51	33	46	1
608 Καθημερινά	304	26	26	68	42	61	2
B9 Καθημερινά	161	14	14	39	25	34	0

Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για Ηλεκτρικά Οχήματα (E-SD-VSP & Crew)- Μελλοντικό Σενάριο 1 (από αμαξοστάσιο- σε αμαξοστάσιο).

Λεωφορειακή Γραμμή	Συνολικός Αριθμός Δρομολογίων	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οχημάτων	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχήματα/ Αριθμός Οδηγών με Συνεχείς Βάρδιες	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οδηγών	Αριθμός Οδηγών που Αναλαμβάνουν Τμήματα Μικρής Διάρκειας (120≤)
140 Σαββάτου	67	10	14	23	9	19	0
120 Καθημερινά	36	4	4	9	5	9	1
122 Καθημερινά	166	22	41	54	13	43	0
550 Καθημερινά	184	25	70	77	7	48	0
608 Καθημερινά	304	36	65	83	18	66	0
B9 Καθημερινά	161	18	38	48	10	38	0

Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για Ηλεκτρικά Οχήματα (E-SD-VSP & Crew) -Μελλοντικό Σενάριο 2 (συμπεριλαμβανομένων των συμβάντων φόρτισης).

Λεωφορειακή Γραμμή	Συνολικός Αριθμός Δρομολογίων	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οχημάτων	Συνολικός Αριθμός Διαστημάτων Υπηρεσίας	Συνολικός Αριθμός Τμημάτων	Οχήματα/ Αριθμός Οδηγών με Συνεχείς Βάρδιες	Ελάχιστος Αριθμός Απαιτούμενων Οδηγών	Αριθμός Οδηγών που Αναλαμβάνουν Τμήματα Μικρής Διάρκειας (120≤)
140 Σαββάτου	67	10	23	30	7	18	0
120 Καθημερινά	36	4	8	11	3	9	1
122 Καθημερινά	166	22	45	55	11	38	0
550 Καθημερινά	184	25	73	80	7	45	0
608 Καθημερινά	304	36	70	87	17	63	0
B9 Καθημερινά	161	18	42	51	9	37	0

6. Συμπεράσματα

6.1. Βασικά Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την κατασκευή μαθηματικών μοντέλων, για την επίλυση του Προβλήματος Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων και εν συνεχεία, εξαρτώμενης των αποτελεσμάτων αυτού, την επίλυση του Προβλήματος Χρονοπρογραμματισμού των Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων. Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση τόσο του αριθμού των ηλεκτρικών οχημάτων όσο και των οδηγών που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση της εκάστοτε λεωφορειακής γραμμής μελέτης. Τα μοντέλα αυτά κατασκευάστηκαν ως μοντέλα μικτού ακέραιου τετραγωνικού και μικτού ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού, χωρίς περιορισμό ως προς τον αριθμό των δρομολογίων τους. Από την εφαρμογή αυτών προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα που αφορούν το Πρόβλημα Προγραμματισμού των Ηλεκτρικών Οχημάτων και στο Πρόβλημα Χρονοπρογραμματισμού των Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων. Τα συμπεράσματα αυτά προέκυψαν κυρίως κατά την σύγκριση των αποτελεσμάτων με την Υφιστάμενη Κατάσταση των συμβατικών οχημάτων.

Αρχικά ο αριθμός των ηλεκτρικών οχημάτων που απαιτείται είναι μεγαλύτερος αυτών των συμβατικών. Μια αναμενόμενη συνθήκη, διότι η φόρτιση των οχημάτων, όπου απαιτεί την βραχυπρόθεσμη εξαγωγή των οχημάτων από το δίκτυο, δημιουργεί κενά στην εξυπηρέτηση των δρομολογίων και την απαίτηση εισαγωγής μη χρησιμοποιούμενων οχημάτων για την ομαλή λειτουργία της γραμμής.

Η αύξηση του αριθμού των οχημάτων συνδέεται με την πυκνότητα, συνεπώς τον αριθμό, των δρομολογίων. Όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα, σε γραμμές με μικρότερο αριθμό δρομολογίων (36-67 δρομολόγια), άρα και λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις, αποδεικνύεται πως για την μετάβαση από συμβατικά σε ηλεκτρικά οχήματα, μπορεί να μην είναι απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον οχημάτων ή όταν αυτή απαιτείται, δεν αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των απαιτούμενων οχημάτων. Ωστόσο σε γραμμές με μεγαλύτερο αριθμό δρομολογίων (161-304 δρομολόγια), όσο αυτός αυξάνεται παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για την εισαγωγή επιπλέον οχημάτων, όταν αυτά είναι ηλεκτρικά.

Για ό,τι αφορά τον υπολογισμό των τμημάτων, σε γραμμές με μεγαλύτερη πυκνότητα δρομολογίων, αποδείχθηκε ότι τα διαστήματα υπηρεσίας χωρίζονται σε περισσότερα τμήματα. Συνεπώς και ο αριθμός των τμημάτων εξαρτάται από την πυκνότητα, δηλαδή τον αριθμό των δρομολογίων.

Στο Πρόβλημα Προγραμματισμού των Πληρωμάτων για Ηλεκτρικών Λεωφορείων από τα αποτελέσματα προκύπτει πως το Μελλοντικό Σενάριο 2, δίνει ικανοποιητικότερα αποτελέσματα συγκριτικά με το Μελλοντικό Σενάριο 1. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον τρόπο υπολογισμού των διαστημάτων υπηρεσίας. Στο Μελλοντικό Σενάριο 2, με την προσθήκη των συμβάντων φόρτισης ως όρια, οδηγεί στην αποδέσμευση των οδηγών από τα οχήματα καθιστώντας τους, έτσι, διαθέσιμους για την ανάληψη άλλων τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας.

Επίσης, το Μελλοντικό Σενάριο 2 δίνει καλύτερα αποτελέσματα, ανά περιπτώσεις, συγκριτικά και με την Υφιστάμενη Κατάσταση. Η ελάττωση αυτή του αριθμού των οδηγών, παρατηρείται, παρά την αύξηση του αριθμού των οχημάτων. Ομοίως με την περίπτωση για το Μελλοντικό Σενάριο 1, η εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι, πως ανά σημεία οι οδηγοί καλούνται να αποδεσμευτούν από το όχημα που οδηγούσαν, ώστε αυτό να φορτίσει. Στην περίπτωση της Υφιστάμενης Κατάστασης, οι συνθήκες είναι διαφορετικές, καθώς αν και ο οδηγός μπορεί να αναλάβει δρομολόγια με διαφορετικά οχήματα, δεν αποδεσμεύεται από αυτά εάν δεν ολοκληρωθεί όλη η διάρκεια, άρα και όλα τα δρομολόγια του εκάστοτε τμήματος.

6.2. Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα

Η προκειμένη εργασία διεξήχθη, όπως αναφέρθηκε, με κάποιες θεωρήσεις. Αν και τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν πλησιάζουν αρκετά την πραγματική κατάσταση, απαιτείται η προσθήκη και άλλων παραγόντων για να προκύψουν πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Περαιτέρω μελέτη για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων και των Βαρδιών, θα μπορούσε να περιλαμβάνει χρονικά περιθώρια. Με την προσθήκη αυτή, λαμβάνονται υπόψιν χρόνοι καθυστερήσεων και διαλειμμάτων των οδηγών, οι οποίοι επηρεάζουν τα αποτελέσματα που θα ληφθούν. Στους επιτρεπόμενους χρόνους, είναι απαραίτητη και η προσθήκη των χρόνων μετάβασης των οδηγών από την τοποθεσία που αποδεσμεύουν ένα όχημα, έως και την μετάβασή τους στο επόμενο όχημα, όταν αναλαμβάνουν πολλαπλά τμήματα. Δημιουργείται με τον τρόπο αυτόν ένα περιβάλλον με μεγαλύτερη ακρίβεια και προσέγγιση στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας των γραμμών.

Επιπροσθέτως, άλλη επέκταση της παρούσας εργασίας, θα ήταν η μελέτη του ίδιου προβλήματος για μερική φόρτιση των οχημάτων, ενδιάμεσα της εξυπηρέτησης των δρομολογίων. Με την τροποποίηση αυτή στην έρευνα, απαιτείται και η μεταβολή της θεώρησης της τοποθεσίας των σταθμών φόρτισης, τα οποία στην προκειμένη βρίσκονται αποκλειστικά στον χώρο των αμαξοστασίων, σε σημεία εντός του δικτύου μελέτης.

Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα μπορούσε να υπάρχει σε μια διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος. Έναντι της διαδοχικής που προτείνεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, για το Πρόβλημα Προγραμματισμού Οχημάτων και Πληρωμάτων για στόλο Ηλεκτρικών Λεωφορείων, να διενεργηθεί με διπλού επιπέδου βελτιστοποίηση. Περίπτωση, στην οποία, θα εξαχθούν αλληλεξαρτώμενα αποτελέσματα.

7. Αναφορές

- Carosi, S., Frangioni, A., Galli, L., Girardi, L., & Vallese, G. (2019). A matheuristic for integrated timetabling and vehicle scheduling. *Transportation Research Part B: Methodological*, 127, 99–124. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.07.004>
- Eliiyi, D. T., Ornek, A., & Karakütük, S. S. (2009). A vehicle scheduling problem with fixed trips and time limitations. *International Journal of Production Economics*, 117(1), 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.10.005>
- Fonseca, J. P., van der Hurk, E., Roberti, R., & Larsen, A. (2018). A matheuristic for transfer synchronization through integrated timetabling and vehicle scheduling. *Transportation Research Part B: Methodological*, 109, 128–149. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.01.012>
- Gkiotsalitis, K. (2020). Bus scheduling considering trip-varying travel times, vehicle availability and capacity. *IET Intelligent Transport Systems*, 14(12), 1594–1605. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0725>
- Gkiotsalitis, K. (2023). Public Transport Optimization. In *Public Transport Optimization*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-12444-0>
- Gkiotsalitis, K., & Alesiani, F. (2019). Robust timetable optimization for bus lines subject to resource and regulatory constraints. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 128, 30–51. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.05.016>
- Gkiotsalitis, K., Eikenbroek, O. A. L., & Cats, O. (2020). Robust Network-Wide Bus Scheduling with Transfer Synchronizations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(11), 4582–4592. <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2941847>
- Gkiotsalitis, K., Iliopoulou, C., & Kepaptsoglou, K. (2023). An exact approach for the multi-depot electric bus scheduling problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, 306(1), 189–206. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.07.017>
- Guo, J., Xue, Y., & Guan, H. Z. (2023). Research on the combinatorial optimization of EBs departure interval and vehicle configuration based on uncertain bi-level programming. *Transportation Letters*, 15(7), 623–633. <https://doi.org/10.1080/19427867.2022.2077583>
- Janovec, M., & Koháni, M. (2019). Exact approach to the electric bus fleet scheduling. *Transportation Research Procedia*, 40, 1380–1387. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.191>
- Ji, J., Bie, Y., & Shen, B. (2020). *Vehicle Scheduling Model for an Electric Bus Line* (pp. 29–39). https://doi.org/10.1007/978-981-15-5270-0_3
- Jiang, Y., & He, T. (2022). Optimal Charging Scheduling and Management with Bus-Driver-Trip Assignment considering Mealtime Windows for an Electric Bus Line. *Complexity*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3087279>
- Kulkarni, S., Krishnamoorthy, M., Ranade, A., Ernst, A. T., & Patil, R. (2018). A new formulation and a column generation-based heuristic for the multiple depot vehicle scheduling problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 118, 457–487. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.11.007>
- Mauri, G. R., & Lorena, L. A. N. (2016). A new hybrid heuristic for driver scheduling. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, 4(1), 39–47. <https://doi.org/10.3233/his-2007-4105>
- Oughalime, A., Ismail, W. R., Liong, C. Y., & Ayob, M. (2009). Vehicle and driver scheduling modelling: A

- case study in UKM. *2009 2nd Conference on Data Mining and Optimization, DMO 2009*, 53–59. <https://doi.org/10.1109/DMO.2009.5341911>
- Pepin, A. S., Desaulniers, G., Hertz, A., & Huisman, D. (2009). A comparison of five heuristics for the multiple depot vehicle scheduling problem. *Journal of Scheduling*, 12(1), 17–30. <https://doi.org/10.1007/s10951-008-0072-x>
- Perumal, S. S. G., Dollevoet, T., Huisman, D., Lusby, R. M., Larsen, J., & Riis, M. (2021). Solution approaches for integrated vehicle and crew scheduling with electric buses. *Computers and Operations Research*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105268>
- Reuer, J., Kliwer, N., & Wolbeck, L. (2015). *The Electric Vehicle Scheduling Problem A study on time-space network based and heuristic solution approaches*. <http://www.verkehrs-bs.de/unternehmen/forschungsprojekt-emil.html>
- Rizopoulos, D., & Saharidis, G. K. D. (2020). Generic approaches for the rescheduling of public transport services. *Energy Systems*. <https://doi.org/10.1007/s12667-020-00393-w>
- Valouxis, C., & Housos, E. (2002). Combined bus and driver scheduling. In *Computers & Operations Research* (Vol. 29).
- Van Den Akker, J. M., Van, M., & Niekerk, K. (2008). *Integrating Timetabling and Vehicle Scheduling in Public Bus Transportation*. <https://www.researchgate.net/publication/46713074>
- Wang, J., Wang, H., Chang, A., & Song, C. (2022). Collaborative Optimization of Vehicle and Crew Scheduling for a Mixed Fleet with Electric and Conventional Buses. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063627>
- Wen, M., Linde, E., Ropke, S., Mirchandani, P., & Larsen, A. (2016). An adaptive large neighborhood search heuristic for the Electric Vehicle Scheduling Problem. *Computers and Operations Research*, 76, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.06.013>

**Παράρτημα Ι : Αποτελέσματα
Προγραμματισμού Ηλεκτρικών Οχημάτων**

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,98,6]	1	time_T[16,7]	460	SoC_s[16,7]	303.94	SoC_e[1,3]	350	g[16,7]	-46.06	y[3]	1
x[1,99,7]	1	time_T[45,6]	750	SoC_s[45,6]	205.84	SoC_e[1,6]	350	g[45,6]	-144.16	y[6]	1
x[1,100,10]	1	time_T[57,3]	870	SoC_s[57,3]	162.99	SoC_e[1,7]	350	g[57,3]	-187.01	y[7]	1
x[1,116,3]	1	time_T[86,10]	1160	SoC_s[86,10]	80.38	SoC_e[1,10]	350	g[86,10]	-269.62	y[10]	1
x[16,118,7]	1	time_T[95,7]	1250	SoC_s[95,7]	80.87	SoC_e[16,7]	350	g[95,7]	-269.13		
x[45,125,6]	1	time_T[96,6]	1260	SoC_s[96,6]	178.72	SoC_e[45,6]	350	g[96,6]	-171.28		
x[57,112,3]	1	time_T[98,6]	325	SoC_s[98,6]	337.75	SoC_e[57,3]	350	g[98,6]	29.97		
x[86,133,10]	1	time_T[99,7]	370	SoC_s[99,7]	337.75	SoC_e[86,10]	350	g[99,7]	29.97		
x[95,134,7]	1	time_T[100,10]	420	SoC_s[100,10]	337.75	SoC_e[95,7]	350	g[100,10]	29.97		
x[96,134,6]	1	time_T[101,3]	475	SoC_s[101,3]	316.2	SoC_e[96,6]	350	g[101,3]	29.97		
x[98,117,6]	1	time_T[102,6]	535	SoC_s[102,6]	277.8	SoC_e[98,6]	307.77	g[102,6]	29.97		
x[99,16,7]	1	time_T[103,10]	585	SoC_s[103,10]	293.3	SoC_e[99,7]	307.77	g[103,10]	29.97		
x[100,103,10]	1	time_T[104,3]	630	SoC_s[104,3]	256.49	SoC_e[100,10]	307.77	g[104,3]	29.97		
x[101,119,3]	1	time_T[105,7]	675	SoC_s[105,7]	316.44	SoC_e[101,3]	286.22	g[105,7]	29.97		
x[102,120,6]	1	time_T[106,10]	725	SoC_s[106,10]	233.6	SoC_e[102,6]	247.83	g[106,10]	29.97		
x[103,121,10]	1	time_T[107,3]	770	SoC_s[107,3]	196.79	SoC_e[103,10]	263.33	g[107,3]	29.97		
x[104,122,3]	1	time_T[108,7]	815	SoC_s[108,7]	256.73	SoC_e[104,3]	226.52	g[108,7]	29.97		
x[105,123,7]	1	time_T[109,10]	865	SoC_s[109,10]	173.89	SoC_e[105,7]	286.47	g[109,10]	29.97		
x[106,124,10]	1	time_T[110,6]	910	SoC_s[110,6]	316.44	SoC_e[106,10]	203.62	g[110,6]	29.97		
x[107,57,3]	1	time_T[111,7]	960	SoC_s[111,7]	197.03	SoC_e[107,3]	166.82	g[111,7]	29.97		
x[108,126,7]	1	time_T[112,3]	1020	SoC_s[112,3]	337.75	SoC_e[108,7]	226.76	g[112,3]	29.97		
x[109,127,10]	1	time_T[113,10]	1080	SoC_s[113,10]	114.19	SoC_e[109,10]	143.92	g[113,10]	29.97		
x[110,128,6]	1	time_T[114,3]	1130	SoC_s[114,3]	293.3	SoC_e[110,6]	286.47	g[114,3]	29.97		
x[111,129,7]	1	time_T[115,6]	1180	SoC_s[115,6]	212.53	SoC_e[111,7]	167.06	g[115,6]	29.97		
x[112,114,3]	1	time_T[116,3]	380	SoC_s[116,3]	346.17	SoC_e[112,3]	307.77	g[116,3]	29.97		
x[113,86,10]	1	time_T[117,6]	435	SoC_s[117,6]	307.77	SoC_e[113,10]	84.22	g[117,6]	29.97		
x[114,132,3]	1	time_T[118,7]	495	SoC_s[118,7]	346.17	SoC_e[114,3]	263.33	g[118,7]	29.73		
x[115,96,6]	1	time_T[119,3]	555	SoC_s[119,3]	286.22	SoC_e[115,6]	182.56	g[119,3]	29.73		
x[116,101,3]	1	time_T[120,6]	605	SoC_s[120,6]	247.83	SoC_e[116,3]	316.2	g[120,6]	29.73		
x[117,102,6]	1	time_T[121,10]	655	SoC_s[121,10]	263.33	SoC_e[117,6]	277.8	g[121,10]	29.73		
x[118,105,7]	1	time_T[122,3]	700	SoC_s[122,3]	226.52	SoC_e[118,7]	316.44	g[122,3]	29.73		
x[119,104,3]	1	time_T[123,7]	745	SoC_s[123,7]	286.47	SoC_e[119,3]	256.49	g[123,7]	29.73		
x[120,45,6]	1	time_T[124,10]	795	SoC_s[124,10]	203.62	SoC_e[120,6]	218.1	g[124,10]	29.73		
x[121,106,10]	1	time_T[125,6]	840	SoC_s[125,6]	346.17	SoC_e[121,10]	233.6	g[125,6]	29.73		
x[122,107,3]	1	time_T[126,7]	890	SoC_s[126,7]	226.76	SoC_e[122,3]	196.79	g[126,7]	29.73		
x[123,108,7]	1	time_T[127,10]	940	SoC_s[127,10]	143.92	SoC_e[123,7]	256.73	g[127,10]	29.73		
x[124,109,10]	1	time_T[128,6]	985	SoC_s[128,6]	286.47	SoC_e[124,10]	173.89	g[128,6]	29.73		
x[125,110,6]	1	time_T[129,7]	1035	SoC_s[129,7]	167.06	SoC_e[125,6]	316.44	g[129,7]	29.73		
x[126,111,7]	1	time_T[130,6]	1090	SoC_s[130,6]	242.26	SoC_e[126,7]	197.03	g[130,6]	29.73		
x[127,113,10]	1	time_T[131,7]	1150	SoC_s[131,7]	122.85	SoC_e[127,10]	114.19	g[131,7]	29.73		
x[128,130,6]	1	time_T[132,3]	1200	SoC_s[132,3]	263.33	SoC_e[128,6]	256.73	g[132,3]	29.73		
x[129,131,7]	1	time_T[133,10]	1245	SoC_s[133,10]	346.17	SoC_e[129,7]	137.33	g[133,10]	29.73		
x[130,115,6]	1	time_T[134,3]	1296.89	SoC_s[134,3]	221.34	SoC_e[130,6]	212.53				
x[131,95,7]	1	time_T[134,6]	1302.82	SoC_s[134,6]	350	SoC_e[131,7]	93.12				
x[132,134,3]	1	time_T[134,7]	1317.28	SoC_s[134,7]	350	SoC_e[132,3]	233.6				
x[133,134,10]	1	time_T[134,10]	1341.89	SoC_s[134,10]	304.18	SoC_e[133,10]	316.44				

Εικόνα Παραρτήματος Ι-1: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 120, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,3,15]	1	time_T[3,15]	360	SoC_s[3,15]	350	SoC_e[1,5]	350	g[43,10]	-132.61	y[5]	1
x[1,4,13]	1	time_T[4,13]	370	SoC_s[4,13]	350	SoC_e[1,6]	350	g[47,15]	-157.27	y[6]	1
x[1,8,9]	1	time_T[8,9]	410	SoC_s[8,9]	350	SoC_e[1,7]	350	g[55,13]	-186.76	y[7]	1
x[1,64,10]	1	time_T[43,10]	760	SoC_s[43,10]	217.39	SoC_e[1,8]	350	g[57,9]	-186.76	y[8]	1
x[1,65,8]	1	time_T[47,15]	800	SoC_s[47,15]	192.73	SoC_e[1,9]	350	g[62,7]	-241.09	y[9]	1
x[1,66,5]	1	time_T[55,13]	880	SoC_s[55,13]	163.24	SoC_e[1,10]	350	g[63,15]	39.23	y[10]	1
x[1,67,6]	1	time_T[57,9]	900	SoC_s[57,9]	163.24	SoC_e[1,12]	350	g[64,10]	39.23	y[12]	1
x[1,83,12]	1	time_T[62,7]	950	SoC_s[62,7]	108.91	SoC_e[1,13]	350	g[65,8]	39.23	y[13]	1
x[1,84,7]	1	time_T[63,15]	360	SoC_s[63,15]	350	SoC_e[1,15]	350	g[66,5]	39.23	y[15]	1
x[3,63,15]	1	time_T[64,10]	390	SoC_s[64,10]	350	SoC_e[3,15]	350	g[67,6]	39.23		
x[4,85,13]	1	time_T[65,8]	420	SoC_s[65,8]	350	SoC_e[4,13]	350	g[68,12]	39.23		
x[8,86,9]	1	time_T[66,5]	445	SoC_s[66,5]	350	SoC_e[8,9]	350	g[69,13]	39.23		
x[43,79,10]	1	time_T[67,6]	475	SoC_s[67,6]	350	SoC_e[43,10]	350	g[70,9]	39.23		
x[47,103,15]	1	time_T[68,12]	500	SoC_s[68,12]	295.85	SoC_e[47,15]	350	g[71,15]	39.23		
x[55,103,13]	1	time_T[69,13]	525	SoC_s[69,13]	295.85	SoC_e[55,13]	350	g[72,6]	39.23		
x[57,103,9]	1	time_T[70,9]	550	SoC_s[70,9]	295.85	SoC_e[57,9]	350	g[73,10]	39.23		
x[62,103,7]	1	time_T[71,15]	575	SoC_s[71,15]	271.36	SoC_e[62,7]	350	g[74,5]	39.23		
x[63,87,15]	1	time_T[72,6]	600	SoC_s[72,6]	296.03	SoC_e[63,15]	310.77	g[75,9]	39.23		
x[64,88,10]	1	time_T[73,10]	625	SoC_s[73,10]	271.36	SoC_e[64,10]	310.77	g[76,13]	39.23		
x[65,91,8]	1	time_T[74,5]	655	SoC_s[74,5]	271.36	SoC_e[65,8]	310.77	g[77,7]	39.23		
x[66,90,5]	1	time_T[75,9]	685	SoC_s[75,9]	241.88	SoC_e[66,5]	310.77	g[78,8]	39.23		
x[67,72,6]	1	time_T[76,13]	720	SoC_s[76,13]	217.21	SoC_e[67,6]	310.77	g[79,10]	39.23		
x[68,92,12]	1	time_T[77,7]	755	SoC_s[77,7]	187.55	SoC_e[68,12]	256.62	g[80,5]	39.23		
x[69,93,13]	1	time_T[78,8]	790	SoC_s[78,8]	271.36	SoC_e[69,13]	256.62	g[81,12]	39.23		
x[70,75,9]	1	time_T[79,10]	825	SoC_s[79,10]	350	SoC_e[70,9]	256.62	g[82,6]	39.23		
x[71,95,15]	1	time_T[80,5]	855	SoC_s[80,5]	192.73	SoC_e[71,15]	232.13	g[83,12]	39.41		
x[72,96,6]	1	time_T[81,12]	885	SoC_s[81,12]	163.06	SoC_e[72,6]	256.8	g[84,7]	39.41		
x[73,43,10]	1	time_T[82,6]	920	SoC_s[82,6]	163.24	SoC_e[73,10]	232.13	g[85,13]	39.41		
x[74,98,5]	1	time_T[83,12]	360	SoC_s[83,12]	335.26	SoC_e[74,5]	232.13	g[86,9]	39.41		
x[75,99,9]	1	time_T[84,7]	390	SoC_s[84,7]	335.26	SoC_e[75,9]	202.65	g[87,15]	39.41		
x[76,55,13]	1	time_T[85,13]	420	SoC_s[85,13]	335.26	SoC_e[76,13]	177.98	g[88,10]	39.41		
x[77,101,7]	1	time_T[86,9]	445	SoC_s[86,9]	335.26	SoC_e[77,7]	148.32	g[89,7]	39.41		
x[78,102,8]	1	time_T[87,15]	470	SoC_s[87,15]	310.77	SoC_e[78,8]	232.13	g[90,5]	39.41		
x[79,104,10]	1	time_T[88,10]	490	SoC_s[88,10]	310.77	SoC_e[79,10]	310.77	g[91,8]	39.41		
x[80,104,5]	1	time_T[89,7]	515	SoC_s[89,7]	281.1	SoC_e[80,5]	153.5	g[92,12]	39.41		
x[81,104,12]	1	time_T[90,5]	540	SoC_s[90,5]	310.77	SoC_e[81,12]	123.83	g[93,13]	39.41		
x[82,104,6]	1	time_T[91,8]	565	SoC_s[91,8]	310.77	SoC_e[82,6]	124.01	g[94,7]	39.41		
x[83,68,12]	1	time_T[92,12]	595	SoC_s[92,12]	256.62	SoC_e[83,12]	295.85	g[95,15]	39.41		
x[84,89,7]	1	time_T[93,13]	620	SoC_s[93,13]	256.62	SoC_e[84,7]	295.85	g[96,6]	39.41		
x[85,69,13]	1	time_T[94,7]	645	SoC_s[94,7]	226.95	SoC_e[85,13]	295.85	g[97,12]	39.41		
x[86,70,9]	1	time_T[95,15]	670	SoC_s[95,15]	232.13	SoC_e[86,9]	295.85	g[98,5]	39.41		
x[87,71,15]	1	time_T[96,6]	695	SoC_s[96,6]	256.8	SoC_e[87,15]	271.36	g[99,9]	39.41		
x[88,73,10]	1	time_T[97,12]	725	SoC_s[97,12]	202.47	SoC_e[88,10]	271.36	g[100,6]	39.41		
x[89,94,7]	1	time_T[98,5]	755	SoC_s[98,5]	232.13	SoC_e[89,7]	241.7	g[101,7]	39.41		
x[90,74,5]	1	time_T[99,9]	785	SoC_s[99,9]	202.65	SoC_e[90,5]	271.36	g[102,8]	39.41		
x[91,78,8]	1	time_T[100,6]	820	SoC_s[100,6]	202.65	SoC_e[91,8]	271.36				
x[92,97,12]	1	time_T[101,7]	855	SoC_s[101,7]	148.32	SoC_e[92,12]	217.21				
x[93,76,13]	1	time_T[102,8]	890	SoC_s[102,8]	232.13	SoC_e[93,13]	217.21				
x[94,77,7]	1	time_T[103,7]	1010.27	SoC_s[103,7]	350	SoC_e[94,7]	187.55				
x[95,47,15]	1	time_T[103,8]	980.94	SoC_s[103,8]	192.73	SoC_e[95,15]	192.73				
x[96,100,6]	1	time_T[103,9]	946.69	SoC_s[103,9]	350	SoC_e[96,6]	217.39				
x[97,81,12]	1	time_T[103,13]	926.69	SoC_s[103,13]	350	SoC_e[97,12]	163.06				
x[98,80,5]	1	time_T[103,15]	839.32	SoC_s[103,15]	350	SoC_e[98,5]	192.73				
x[99,57,9]	1	time_T[104,5]	945.53	SoC_s[104,5]	153.5	SoC_e[99,9]	163.24				
x[100,82,6]	1	time_T[104,6]	1010.53	SoC_s[104,6]	124.01	SoC_e[100,6]	163.24				
x[101,62,7]	1	time_T[104,10]	915.53	SoC_s[104,10]	310.77	SoC_e[101,7]	108.91				
x[102,103,8]	1	time_T[104,12]	975.53	SoC_s[104,12]	123.83	SoC_e[102,8]	192.73				

Εικόνα Παραρτήματος Ι-2: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 140 Σαββάτου, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση

x	x_value	time_T	time_T_value	SoC_s	SoC_s_value	SoC_e	SoC_e_value	g	g_value	y	y_value
x[1,3,13]	1	time_T[1,8]	980.94	SoC_s[3,13]	350	SoC_e[1,1]	350	g[11,12]	-240.91	y[1]	1
x[1,5,9]	1	time_T[1,9]	946.69	SoC_s[5,9]	350	SoC_e[1,8]	192.73	g[12,15]	-53.97	y[5]	1
x[1,48,8]	1	time_T[1,13]	926.69	SoC_s[11,12]	109.09	SoC_e[1,9]	350	g[18,5]	-235.73	y[6]	1
x[1,60,15]	1	time_T[1,15]	839.32	SoC_s[12,15]	296.03	SoC_e[1,13]	350	g[19,10]	-78.46	y[8]	1
x[1,61,1]	1	time_T[2,5]	945.53	SoC_s[18,5]	114.27	SoC_e[1,15]	350	g[22,6]	-265.22	y[9]	1
x[2,11,12]	1	time_T[2,6]	1010.53	SoC_s[19,10]	271.54	SoC_e[2,5]	153.5	g[28,9]	-78.46	y[10]	1
x[2,62,5]	1	time_T[2,10]	915.53	SoC_s[22,6]	84.78	SoC_e[2,6]	124.01	g[30,1]	-107.95	y[12]	1
x[2,63,10]	1	time_T[2,12]	975.53	SoC_s[28,9]	271.54	SoC_e[2,10]	310.77	g[32,8]	-235.73	y[13]	1
x[2,64,6]	1	time_T[3,13]	930	SoC_s[30,1]	242.05	SoC_e[2,12]	123.83	g[35,15]	-78.46	y[15]	1
x[3,46,13]	1	time_T[5,9]	950	SoC_s[32,8]	114.27	SoC_e[3,13]	350	g[38,12]	-78.46		
x[5,47,9]	1	time_T[11,12]	1010	SoC_s[35,15]	271.54	SoC_e[5,9]	350	g[39,13]	-132.43		
x[11,51,12]	1	time_T[12,15]	1020	SoC_s[38,12]	271.54	SoC_e[11,12]	350	g[42,10]	-78.46		
x[12,49,15]	1	time_T[18,5]	1080	SoC_s[39,13]	217.57	SoC_e[12,15]	350	g[45,5]	-78.46		
x[18,53,5]	1	time_T[19,10]	1090	SoC_s[42,10]	271.54	SoC_e[18,5]	350	g[45,9]	0		
x[19,52,10]	1	time_T[22,6]	1120	SoC_s[45,5]	271.54	SoC_e[19,10]	350	g[46,13]	39.23		
x[22,55,6]	1	time_T[28,9]	1180	SoC_s[45,9]	0	SoC_e[22,6]	350	g[47,9]	39.23		
x[28,56,9]	1	time_T[30,1]	1200	SoC_s[46,13]	350	SoC_e[28,9]	350	g[48,8]	39.23		
x[30,57,1]	1	time_T[32,8]	1220	SoC_s[47,9]	350	SoC_e[30,1]	350	g[49,15]	39.23		
x[32,58,8]	1	time_T[35,15]	1250	SoC_s[48,8]	192.73	SoC_e[32,8]	350	g[50,1]	39.23		
x[35,73,15]	1	time_T[38,12]	1280	SoC_s[49,15]	350	SoC_e[35,15]	350	g[51,12]	39.23		
x[38,59,12]	1	time_T[39,13]	1290	SoC_s[50,1]	296.03	SoC_e[38,12]	350	g[52,10]	39.23		
x[39,73,13]	1	time_T[42,10]	1320	SoC_s[51,12]	350	SoC_e[39,13]	350	g[53,5]	39.23		
x[42,73,10]	1	time_T[45,5]	1350	SoC_s[52,10]	350	SoC_e[42,10]	350	g[54,13]	39.23		
x[45,73,5]	1	time_T[45,9]	0	SoC_s[53,5]	350	SoC_e[45,5]	350	g[55,6]	39.23		
x[45,73,9]	0	time_T[46,13]	950	SoC_s[54,13]	271.54	SoC_e[45,9]	0	g[56,9]	39.23		
x[46,65,13]	1	time_T[47,9]	975	SoC_s[55,6]	350	SoC_e[46,13]	310.77	g[57,1]	39.23		
x[47,66,9]	1	time_T[48,8]	1005	SoC_s[56,9]	350	SoC_e[47,9]	310.77	g[58,8]	39.23		
x[48,67,8]	1	time_T[49,15]	1035	SoC_s[57,1]	350	SoC_e[48,8]	153.5	g[59,12]	39.23		
x[49,68,15]	1	time_T[50,1]	1065	SoC_s[58,8]	350	SoC_e[49,15]	310.77	g[60,15]	39.23		
x[50,30,1]	1	time_T[51,12]	1090	SoC_s[59,12]	350	SoC_e[50,1]	256.8	g[61,1]	39.23		
x[51,69,12]	1	time_T[52,10]	1115	SoC_s[60,15]	335.26	SoC_e[51,12]	310.77	g[62,5]	39.23		
x[52,70,10]	1	time_T[53,5]	1140	SoC_s[61,1]	335.26	SoC_e[52,10]	310.77	g[63,10]	39.23		
x[53,71,5]	1	time_T[54,13]	1165	SoC_s[62,5]	153.5	SoC_e[53,5]	310.77	g[64,6]	39.23		
x[54,39,13]	1	time_T[55,6]	1195	SoC_s[63,10]	310.77	SoC_e[54,13]	232.31	g[65,13]	39.23		
x[55,72,6]	1	time_T[56,9]	1220	SoC_s[64,6]	124.01	SoC_e[55,6]	310.77	g[66,9]	39.23		
x[56,45,9]	0	time_T[57,1]	1250	SoC_s[65,13]	310.77	SoC_e[56,9]	310.77	g[67,8]	39.23		
x[56,74,9]	1	time_T[58,8]	1285	SoC_s[66,9]	310.77	SoC_e[57,1]	310.77	g[68,15]	39.23		
x[57,74,1]	1	time_T[59,12]	1320	SoC_s[67,8]	153.5	SoC_e[58,8]	310.77	g[69,12]	39.23		
x[58,74,8]	1	time_T[60,15]	920	SoC_s[68,15]	310.77	SoC_e[59,12]	310.77	g[70,10]	39.23		
x[59,74,12]	1	time_T[61,1]	945	SoC_s[69,12]	310.77	SoC_e[60,15]	296.03	g[71,5]	39.23		
x[60,12,15]	1	time_T[62,5]	970	SoC_s[70,10]	310.77	SoC_e[61,1]	296.03	g[72,6]	39.23		
x[61,50,1]	1	time_T[63,10]	995	SoC_s[71,5]	310.77	SoC_e[62,5]	114.27				
x[62,18,5]	1	time_T[64,6]	1025	SoC_s[72,6]	310.77	SoC_e[63,10]	271.54				
x[63,19,10]	1	time_T[65,13]	1055	SoC_s[73,5]	350	SoC_e[64,6]	84.78				
x[64,22,6]	1	time_T[66,9]	1085	SoC_s[73,6]	271.54	SoC_e[65,13]	271.54				
x[65,54,13]	1	time_T[67,8]	1120	SoC_s[73,9]	0.01	SoC_e[66,9]	271.54				
x[66,28,9]	1	time_T[68,15]	1150	SoC_s[73,10]	350	SoC_e[67,8]	114.27				
x[67,32,8]	1	time_T[69,12]	1185	SoC_s[73,13]	350	SoC_e[68,15]	271.54				
x[68,35,15]	1	time_T[70,10]	1220	SoC_s[73,15]	350	SoC_e[69,12]	271.54				
x[69,38,12]	1	time_T[71,5]	1255	SoC_s[74,1]	310.77	SoC_e[70,10]	271.54				
x[70,42,10]	1	time_T[72,6]	1290	SoC_s[74,8]	310.77	SoC_e[71,5]	271.54				
x[71,45,5]	1	time_T[73,5]	1369.61	SoC_s[74,9]	310.78	SoC_e[72,6]	271.54				
x[71,73,5]	0	time_T[73,6]	1380.53	SoC_s[74,12]	310.77						
x[72,73,6]	1	time_T[73,9]	0								
		time_T[73,10]	1339.61								
		time_T[73,13]	1323.11								
		time_T[73,15]	1269.61								
		time_T[74,1]	1340.53								
		time_T[74,8]	1375.53								
		time_T[74,9]	1310.53								
		time_T[74,12]	1410.53								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-3: : Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 140 Σαββάτου, δρομολόγια 20-40 ανά κατεύθυνση.

x	x_value	time_T	time_T_value	SoC_s	SoC_s_value	SoC_e	SoC_e_value	g	g_value	y	y_value
x[1,3,16]	1	time_T[3,16]	330	SoC_s[3,16]	350	SoC_e[1,1]	350	g[24,15]	-82.77	y[1]	1
x[1,4,5]	1	time_T[4,5]	340	SoC_s[4,5]	350	SoC_e[1,2]	350	g[25,16]	-82.77	y[2]	1
x[1,5,8]	1	time_T[5,8]	350	SoC_s[5,8]	350	SoC_e[1,3]	350	g[26,8]	-82.77	y[3]	1
x[1,6,4]	1	time_T[6,4]	360	SoC_s[6,4]	350	SoC_e[1,4]	350	g[27,5]	-82.77	y[4]	1
x[1,11,21]	1	time_T[11,21]	410	SoC_s[11,21]	350	SoC_e[1,5]	350	g[28,2]	-82.77	y[5]	1
x[1,29,6]	1	time_T[24,15]	540	SoC_s[24,15]	267.23	SoC_e[1,6]	350	g[29,6]	36.94	y[6]	1
x[1,30,17]	1	time_T[25,16]	550	SoC_s[25,16]	267.23	SoC_e[1,8]	350	g[30,17]	36.94	y[8]	1
x[1,31,15]	1	time_T[26,8]	560	SoC_s[26,8]	267.23	SoC_e[1,9]	350	g[31,15]	36.94	y[9]	1
x[1,35,2]	1	time_T[27,5]	570	SoC_s[27,5]	267.23	SoC_e[1,13]	350	g[32,16]	36.94	y[13]	1
x[1,38,13]	1	time_T[28,2]	580	SoC_s[28,2]	267.23	SoC_e[1,15]	350	g[33,8]	36.94	y[15]	1
x[1,39,25]	1	time_T[29,6]	315	SoC_s[29,6]	344.83	SoC_e[1,16]	350	g[34,5]	36.94	y[16]	1
x[1,49,9]	1	time_T[30,17]	335	SoC_s[30,17]	344.83	SoC_e[1,17]	350	g[35,2]	36.94	y[17]	1
x[1,50,26]	1	time_T[31,15]	350	SoC_s[31,15]	344.83	SoC_e[1,21]	350	g[36,4]	36.94	y[21]	1
x[1,51,3]	1	time_T[32,16]	360	SoC_s[32,16]	344.83	SoC_e[1,22]	350	g[37,9]	36.94	y[22]	1
x[1,52,28]	1	time_T[33,8]	370	SoC_s[33,8]	344.83	SoC_e[1,25]	350	g[38,13]	36.94	y[25]	1
x[1,53,22]	1	time_T[34,5]	380	SoC_s[34,5]	344.83	SoC_e[1,26]	350	g[39,25]	36.94	y[26]	1
x[1,54,1]	1	time_T[35,2]	390	SoC_s[35,2]	344.83	SoC_e[1,28]	350	g[40,3]	36.94	y[28]	1
x[1,56,29]	1	time_T[36,4]	400	SoC_s[36,4]	344.83	SoC_e[1,29]	350	g[41,26]	36.94	y[29]	1
x[3,32,16]	1	time_T[37,9]	410	SoC_s[37,9]	299.47	SoC_e[3,16]	350	g[42,21]	36.94		
x[4,34,5]	1	time_T[38,13]	420	SoC_s[38,13]	344.83	SoC_e[4,5]	350	g[43,28]	36.94		
x[5,33,8]	1	time_T[39,25]	430	SoC_s[39,25]	344.83	SoC_e[5,8]	350	g[44,22]	36.94		
x[6,36,4]	1	time_T[40,3]	440	SoC_s[40,3]	299.47	SoC_e[6,4]	350	g[45,1]	36.94		
x[11,42,21]	1	time_T[41,26]	450	SoC_s[41,26]	299.47	SoC_e[11,21]	350	g[46,6]	36.94		
x[24,69,15]	1	time_T[42,21]	460	SoC_s[42,21]	344.83	SoC_e[24,15]	350	g[47,29]	36.94		
x[25,69,16]	1	time_T[43,28]	470	SoC_s[43,28]	299.47	SoC_e[25,16]	350	g[48,17]	36.94		
x[26,69,8]	1	time_T[44,22]	480	SoC_s[44,22]	299.47	SoC_e[26,8]	350	g[49,9]	35.5		
x[27,69,5]	1	time_T[45,1]	490	SoC_s[45,1]	299.47	SoC_e[27,5]	350	g[50,26]	35.5		
x[28,69,2]	1	time_T[46,6]	500	SoC_s[46,6]	272.39	SoC_e[28,2]	350	g[51,3]	35.5		
x[29,55,6]	1	time_T[47,29]	510	SoC_s[47,29]	299.47	SoC_e[29,6]	307.89	g[52,28]	35.5		
x[30,57,17]	1	time_T[48,17]	520	SoC_s[48,17]	272.39	SoC_e[30,17]	307.89	g[53,22]	35.5		
x[31,58,15]	1	time_T[49,9]	320	SoC_s[49,9]	334.97	SoC_e[31,15]	307.89	g[54,1]	35.5		
x[32,59,16]	1	time_T[50,26]	340	SoC_s[50,26]	334.97	SoC_e[32,16]	307.89	g[55,6]	35.5		
x[33,60,8]	1	time_T[51,3]	355	SoC_s[51,3]	334.97	SoC_e[33,8]	307.89	g[56,29]	35.5		
x[34,61,5]	1	time_T[52,28]	370	SoC_s[52,28]	334.97	SoC_e[34,5]	307.89	g[57,17]	35.5		
x[35,62,2]	1	time_T[53,22]	385	SoC_s[53,22]	334.97	SoC_e[35,2]	307.89	g[58,15]	35.5		
x[36,63,4]	1	time_T[54,1]	395	SoC_s[54,1]	334.97	SoC_e[36,4]	307.89	g[59,16]	35.5		
x[37,64,9]	1	time_T[55,6]	410	SoC_s[55,6]	307.89	SoC_e[37,9]	262.52	g[60,8]	35.5		
x[38,65,13]	1	time_T[56,29]	420	SoC_s[56,29]	334.97	SoC_e[38,13]	307.89	g[61,5]	35.5		
x[39,66,25]	1	time_T[57,17]	430	SoC_s[57,17]	307.89	SoC_e[39,25]	307.89	g[62,2]	35.5		
x[40,67,3]	1	time_T[58,15]	440	SoC_s[58,15]	307.89	SoC_e[40,3]	262.52	g[63,4]	35.5		
x[41,70,26]	1	time_T[59,16]	450	SoC_s[59,16]	307.89	SoC_e[41,26]	262.52	g[64,9]	35.5		
x[42,68,21]	1	time_T[60,8]	460	SoC_s[60,8]	307.89	SoC_e[42,21]	307.89	g[65,13]	35.5		
x[43,70,28]	1	time_T[61,5]	470	SoC_s[61,5]	307.89	SoC_e[43,28]	262.52	g[66,25]	35.5		
x[44,70,22]	1	time_T[62,2]	480	SoC_s[62,2]	307.89	SoC_e[44,22]	262.52	g[67,3]	35.5		
x[45,70,1]	1	time_T[63,4]	490	SoC_s[63,4]	307.89	SoC_e[45,1]	262.52	g[68,21]	35.5		
x[46,70,6]	1	time_T[64,9]	500	SoC_s[64,9]	262.52	SoC_e[46,6]	235.45				
x[47,70,29]	1	time_T[65,13]	515	SoC_s[65,13]	307.89	SoC_e[47,29]	262.52				
x[48,70,17]	1	time_T[66,25]	525	SoC_s[66,25]	307.89	SoC_e[48,17]	235.45				
x[49,37,9]	1	time_T[67,3]	535	SoC_s[67,3]	262.52	SoC_e[49,9]	299.47				
x[50,41,26]	1	time_T[68,21]	550	SoC_s[68,21]	307.89	SoC_e[50,26]	299.47				
x[51,40,3]	1	time_T[69,2]	600.69	SoC_s[69,2]	350	SoC_e[51,3]	299.47				
x[52,43,28]	1	time_T[69,3]	628.84	SoC_s[69,3]	221.86	SoC_e[52,28]	299.47				
x[53,44,22]	1	time_T[69,4]	583.84	SoC_s[69,4]	267.23	SoC_e[53,22]	299.47				
x[54,45,1]	1	time_T[69,5]	590.69	SoC_s[69,5]	350	SoC_e[54,1]	299.47				
x[55,46,6]	1	time_T[69,8]	580.69	SoC_s[69,8]	350	SoC_e[55,6]	272.39				
x[56,47,29]	1	time_T[69,9]	593.84	SoC_s[69,9]	221.86	SoC_e[56,29]	299.47				
x[57,48,17]	1	time_T[69,13]	608.84	SoC_s[69,13]	267.23	SoC_e[57,17]	272.39				
x[58,24,15]	1	time_T[69,15]	560.69	SoC_s[69,15]	350	SoC_e[58,15]	272.39				
x[59,25,16]	1	time_T[69,16]	570.69	SoC_s[69,16]	350	SoC_e[59,16]	272.39				
x[60,26,8]	1	time_T[69,21]	643.84	SoC_s[69,21]	267.23	SoC_e[60,8]	272.39				
x[61,27,5]	1	time_T[69,25]	618.84	SoC_s[69,25]	267.23	SoC_e[61,5]	272.39				
x[62,28,2]	1	time_T[70,1]	575.25	SoC_s[70,1]	262.52	SoC_e[62,2]	272.39				
x[63,69,4]	1	time_T[70,6]	585.25	SoC_s[70,6]	235.45	SoC_e[63,4]	272.39				
x[64,69,9]	1	time_T[70,17]	605.25	SoC_s[70,17]	235.45	SoC_e[64,9]	227.02				
x[65,69,13]	1	time_T[70,22]	565.25	SoC_s[70,22]	262.52	SoC_e[65,13]	272.39				
x[66,69,25]	1	time_T[70,26]	535.25	SoC_s[70,26]	262.52	SoC_e[66,25]	272.39				
x[67,69,3]	1	time_T[70,28]	555.25	SoC_s[70,28]	262.52	SoC_e[67,3]	227.02				
x[68,69,21]	1	time_T[70,29]	595.25	SoC_s[70,29]	262.52	SoC_e[68,21]	272.39				

Εικόνα Παραρτήματος Ι-4: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 0-20 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,4,30]	1	time_T[1,2]	600.69	SoC_s[4,30]	350	SoC_e[1,2]	350	g[8,4]	-82.77	y[2]	1
x[1,8,4]	1	time_T[1,3]	628.84	SoC_s[8,4]	267.23	SoC_e[1,3]	221.86	g[24,12]	-84.22	y[3]	1
x[1,10,2]	1	time_T[1,4]	583.84	SoC_s[10,2]	350	SoC_e[1,4]	267.23	g[25,30]	-84.22	y[4]	1
x[1,29,27]	1	time_T[1,5]	590.69	SoC_s[24,12]	265.78	SoC_e[1,5]	350	g[26,2]	-57.14	y[5]	1
x[1,30,24]	1	time_T[1,8]	580.69	SoC_s[25,30]	265.78	SoC_e[1,8]	350	g[27,15]	-84.22	y[6]	1
x[1,31,12]	1	time_T[1,9]	593.84	SoC_s[26,2]	292.86	SoC_e[1,9]	221.86	g[28,8]	-84.22	y[8]	1
x[1,33,15]	1	time_T[1,13]	608.84	SoC_s[27,15]	265.78	SoC_e[1,12]	350	g[29,27]	36.94	y[9]	1
x[1,34,8]	1	time_T[1,15]	560.69	SoC_s[28,8]	265.78	SoC_e[1,13]	267.23	g[30,24]	36.94	y[12]	1
x[1,35,5]	1	time_T[1,16]	570.69	SoC_s[29,27]	344.83	SoC_e[1,15]	350	g[31,12]	36.94	y[13]	1
x[1,36,9]	1	time_T[1,21]	643.84	SoC_s[30,24]	344.83	SoC_e[1,16]	350	g[32,30]	36.94	y[15]	1
x[1,38,13]	1	time_T[2,6]	585.25	SoC_s[31,12]	344.83	SoC_e[1,21]	267.23	g[33,15]	36.94	y[16]	1
x[1,39,3]	1	time_T[2,17]	605.25	SoC_s[32,30]	344.83	SoC_e[1,24]	350	g[34,8]	36.94	y[17]	1
x[1,41,21]	1	time_T[2,22]	565.25	SoC_s[33,15]	344.83	SoC_e[1,27]	350	g[35,5]	36.94	y[21]	1
x[1,53,16]	1	time_T[2,26]	535.25	SoC_s[34,8]	344.83	SoC_e[1,30]	350	g[36,9]	36.94	y[22]	1
x[2,49,28]	1	time_T[2,28]	555.25	SoC_s[35,5]	344.83	SoC_e[2,6]	235.45	g[37,4]	36.94	y[24]	1
x[2,50,22]	1	time_T[4,30]	550	SoC_s[36,9]	216.69	SoC_e[2,17]	235.45	g[38,13]	36.94	y[26]	1
x[2,51,26]	1	time_T[8,4]	590	SoC_s[37,4]	344.83	SoC_e[2,22]	262.52	g[39,3]	36.94	y[27]	1
x[2,52,6]	1	time_T[10,2]	610	SoC_s[38,13]	262.06	SoC_e[2,26]	262.52	g[40,28]	36.94	y[28]	1
x[2,54,17]	1	time_T[24,12]	750	SoC_s[39,3]	216.69	SoC_e[2,28]	262.52	g[41,21]	36.94	y[30]	1
x[4,32,30]	1	time_T[25,30]	760	SoC_s[40,28]	225.58	SoC_e[4,30]	350	g[42,22]	36.94		
x[8,37,4]	1	time_T[26,2]	770	SoC_s[41,21]	262.06	SoC_e[8,4]	350	g[43,26]	36.94		
x[10,59,2]	1	time_T[27,15]	780	SoC_s[42,22]	225.58	SoC_e[10,2]	350	g[44,6]	36.94		
x[24,69,12]	1	time_T[28,8]	790	SoC_s[43,26]	225.58	SoC_e[24,12]	350	g[45,16]	36.94		
x[25,69,30]	1	time_T[29,27]	530	SoC_s[44,6]	198.51	SoC_e[25,30]	350	g[46,17]	36.94		
x[26,69,2]	1	time_T[30,24]	545	SoC_s[45,16]	298.02	SoC_e[26,2]	350	g[47,27]	36.94		
x[27,69,15]	1	time_T[31,12]	555	SoC_s[46,17]	198.51	SoC_e[27,15]	350	g[48,24]	36.94		
x[28,69,8]	1	time_T[32,30]	570	SoC_s[47,27]	270.95	SoC_e[28,8]	350	g[49,28]	36.94		
x[29,55,27]	1	time_T[33,15]	580	SoC_s[48,24]	270.95	SoC_e[29,27]	307.89	g[50,22]	36.94		
x[30,56,24]	1	time_T[34,8]	595	SoC_s[49,28]	262.52	SoC_e[30,24]	307.89	g[51,26]	36.94		
x[31,57,12]	1	time_T[35,5]	605	SoC_s[50,22]	262.52	SoC_e[31,12]	307.89	g[52,6]	36.94		
x[32,58,30]	1	time_T[36,9]	615	SoC_s[51,26]	262.52	SoC_e[32,30]	307.89	g[53,16]	36.94		
x[33,60,15]	1	time_T[37,4]	625	SoC_s[52,6]	235.45	SoC_e[33,15]	307.89	g[54,17]	36.94		
x[34,61,8]	1	time_T[38,13]	635	SoC_s[53,16]	334.97	SoC_e[34,8]	307.89	g[55,27]	36.94		
x[35,62,5]	1	time_T[39,3]	645	SoC_s[54,17]	235.45	SoC_e[35,5]	307.89	g[56,24]	36.94		
x[36,63,9]	1	time_T[40,28]	655	SoC_s[55,27]	307.89	SoC_e[36,9]	179.75	g[57,12]	36.94		
x[37,64,4]	1	time_T[41,21]	665	SoC_s[56,24]	307.89	SoC_e[37,4]	307.89	g[58,30]	36.94		
x[38,65,13]	1	time_T[42,22]	675	SoC_s[57,12]	307.89	SoC_e[38,13]	225.12	g[59,2]	36.94		
x[39,66,3]	1	time_T[43,26]	685	SoC_s[58,30]	307.89	SoC_e[39,3]	179.75	g[60,15]	36.94		
x[40,67,28]	1	time_T[44,6]	695	SoC_s[59,2]	334.97	SoC_e[40,28]	188.63	g[61,8]	36.94		
x[41,68,21]	1	time_T[45,16]	705	SoC_s[60,15]	307.89	SoC_e[41,21]	225.12	g[62,5]	36.94		
x[42,70,22]	1	time_T[46,17]	715	SoC_s[61,8]	307.89	SoC_e[42,22]	188.63	g[63,9]	36.94		
x[43,70,26]	1	time_T[47,27]	725	SoC_s[62,5]	307.89	SoC_e[43,26]	188.63	g[64,4]	36.94		
x[44,70,6]	1	time_T[48,24]	735	SoC_s[63,9]	179.75	SoC_e[44,6]	161.56	g[65,13]	36.94		
x[45,70,16]	1	time_T[49,28]	565	SoC_s[64,4]	307.89	SoC_e[45,16]	261.08	g[66,3]	36.94		
x[46,70,17]	1	time_T[50,22]	580	SoC_s[65,13]	225.12	SoC_e[46,17]	161.56	g[67,28]	36.94		
x[47,70,27]	1	time_T[51,26]	590	SoC_s[66,3]	179.75	SoC_e[47,27]	234	g[68,21]	36.94		
x[48,70,24]	1	time_T[52,6]	600	SoC_s[67,28]	188.63	SoC_e[48,24]	234				
x[49,40,28]	1	time_T[53,16]	610	SoC_s[68,21]	225.12	SoC_e[49,28]	225.58				
x[50,42,22]	1	time_T[54,17]	620	SoC_s[69,2]	350	SoC_e[50,22]	225.58				
x[51,43,26]	1	time_T[55,27]	630	SoC_s[69,3]	137.64	SoC_e[51,26]	225.58				
x[52,44,6]	1	time_T[56,24]	640	SoC_s[69,4]	265.78	SoC_e[52,6]	198.51				
x[53,45,16]	1	time_T[57,12]	650	SoC_s[69,5]	265.78	SoC_e[53,16]	298.02				
x[54,46,17]	1	time_T[58,30]	660	SoC_s[69,8]	350	SoC_e[54,17]	198.51				
x[55,47,27]	1	time_T[59,2]	670	SoC_s[69,9]	137.64	SoC_e[55,27]	270.95				
x[56,48,24]	1	time_T[60,15]	680	SoC_s[69,12]	350	SoC_e[56,24]	270.95				
x[57,24,12]	1	time_T[61,8]	690	SoC_s[69,13]	183.01	SoC_e[57,12]	270.95				
x[58,25,30]	1	time_T[62,5]	700	SoC_s[69,15]	350	SoC_e[58,30]	270.95				
x[59,26,2]	1	time_T[63,9]	710	SoC_s[69,21]	183.01	SoC_e[59,2]	298.02				
x[60,27,15]	1	time_T[64,4]	720	SoC_s[69,28]	146.52	SoC_e[60,15]	270.95				
x[61,28,8]	1	time_T[65,13]	730	SoC_s[69,30]	350	SoC_e[61,8]	270.95				
x[62,69,5]	1	time_T[66,3]	740	SoC_s[70,6]	161.56	SoC_e[62,5]	270.95				
x[63,69,9]	1	time_T[67,28]	750	SoC_s[70,16]	261.08	SoC_e[63,9]	142.81				
x[64,69,4]	1	time_T[68,21]	760	SoC_s[70,17]	161.56	SoC_e[64,4]	270.95				
x[65,69,13]	1	time_T[69,2]	784.29	SoC_s[70,22]	188.63	SoC_e[65,13]	188.18				
x[66,69,3]	1	time_T[69,3]	837.18	SoC_s[70,24]	234	SoC_e[66,3]	142.81				
x[67,69,28]	1	time_T[69,4]	817.18	SoC_s[70,26]	188.63	SoC_e[67,28]	151.69				
x[68,69,21]	1	time_T[69,5]	797.18	SoC_s[70,27]	234	SoC_e[68,21]	188.18				
		time_T[69,8]	811.05								
		time_T[69,9]	807.18								
		time_T[69,12]	771.05								
		time_T[69,13]	827.18								
		time_T[69,15]	801.05								
		time_T[69,21]	857.18								
		time_T[69,28]	847.18								
		time_T[69,30]	781.05								
		time_T[70,6]	780.25								
		time_T[70,16]	790.25								
		time_T[70,17]	800.25								
		time_T[70,22]	760.25								
		time_T[70,24]	820.25								
		time_T[70,26]	770.25								
		time_T[70,27]	810.25								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-5: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 20-40 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,3,25]	1	time_T[1,2]	784.29	SoC_s[3,25]	350	SoC_e[1,1]	350	g[24,25]	-84.22	y[1]	1
x[1,7,2]	1	time_T[1,4]	817.18	SoC_s[7,2]	350	SoC_e[1,2]	350	g[25,1]	-84.22	y[2]	1
x[1,29,23]	1	time_T[1,5]	797.18	SoC_s[24,25]	265.78	SoC_e[1,4]	265.78	g[26,12]	-84.22	y[4]	1
x[1,30,29]	1	time_T[1,8]	811.05	SoC_s[25,1]	265.78	SoC_e[1,5]	265.78	g[27,30]	-84.22	y[5]	1
x[1,32,1]	1	time_T[1,12]	771.05	SoC_s[26,12]	265.78	SoC_e[1,8]	350	g[28,2]	-84.22	y[6]	1
x[1,33,12]	1	time_T[1,13]	827.18	SoC_s[27,30]	265.78	SoC_e[1,12]	350	g[29,23]	36.94	y[8]	1
x[1,34,30]	1	time_T[1,15]	801.05	SoC_s[28,2]	265.78	SoC_e[1,13]	183.01	g[30,29]	36.94	y[12]	1
x[1,36,15]	1	time_T[1,30]	781.05	SoC_s[29,23]	344.83	SoC_e[1,15]	350	g[31,25]	36.94	y[13]	1
x[1,37,5]	1	time_T[2,6]	780.25	SoC_s[30,29]	344.83	SoC_e[1,23]	350	g[32,1]	36.94	y[15]	1
x[1,38,4]	1	time_T[2,16]	790.25	SoC_s[31,25]	344.83	SoC_e[1,25]	350	g[33,12]	36.94	y[16]	1
x[1,39,13]	1	time_T[2,17]	800.25	SoC_s[32,1]	344.83	SoC_e[1,29]	350	g[34,30]	36.94	y[17]	1
x[1,40,8]	1	time_T[2,22]	760.25	SoC_s[33,12]	344.83	SoC_e[1,30]	350	g[35,2]	36.94	y[22]	1
x[2,49,22]	1	time_T[2,26]	770.25	SoC_s[34,30]	344.83	SoC_e[2,6]	161.56	g[36,15]	36.94	y[23]	1
x[2,50,26]	1	time_T[2,27]	810.25	SoC_s[35,2]	344.83	SoC_e[2,16]	261.08	g[37,5]	36.94	y[25]	1
x[2,51,6]	1	time_T[3,25]	750	SoC_s[36,15]	344.83	SoC_e[2,17]	161.56	g[38,4]	36.94	y[26]	1
x[2,52,16]	1	time_T[7,2]	790	SoC_s[37,5]	260.61	SoC_e[2,22]	188.63	g[39,13]	36.94	y[27]	1
x[2,53,17]	1	time_T[24,25]	960	SoC_s[38,4]	260.61	SoC_e[2,26]	188.63	g[40,8]	36.94	y[29]	1
x[2,54,27]	1	time_T[25,1]	970	SoC_s[39,13]	177.84	SoC_e[2,27]	234	g[41,22]	36.94	y[30]	1
x[3,31,25]	1	time_T[26,12]	980	SoC_s[40,8]	344.83	SoC_e[3,25]	350	g[42,26]	36.94		
x[7,35,2]	1	time_T[27,30]	990	SoC_s[41,22]	151.69	SoC_e[7,2]	350	g[43,6]	36.94		
x[24,69,25]	1	time_T[28,2]	1000	SoC_s[42,26]	151.69	SoC_e[24,25]	350	g[44,16]	36.94		
x[25,69,1]	1	time_T[29,23]	745	SoC_s[43,6]	124.62	SoC_e[25,1]	350	g[45,17]	36.94		
x[26,69,12]	1	time_T[30,29]	755	SoC_s[44,16]	224.14	SoC_e[26,12]	350	g[46,27]	36.94		
x[27,69,30]	1	time_T[31,25]	765	SoC_s[45,17]	124.62	SoC_e[27,30]	350	g[47,29]	36.94		
x[28,69,2]	1	time_T[32,1]	775	SoC_s[46,27]	197.06	SoC_e[28,2]	350	g[48,23]	36.94		
x[29,55,23]	1	time_T[33,12]	785	SoC_s[47,29]	270.95	SoC_e[29,23]	307.89	g[49,22]	36.94		
x[30,56,29]	1	time_T[34,30]	795	SoC_s[48,23]	270.95	SoC_e[30,29]	307.89	g[50,26]	36.94		
x[31,57,25]	1	time_T[35,2]	805	SoC_s[49,22]	188.63	SoC_e[31,25]	307.89	g[51,6]	36.94		
x[32,58,1]	1	time_T[36,15]	815	SoC_s[50,26]	188.63	SoC_e[32,1]	307.89	g[52,16]	36.94		
x[33,59,12]	1	time_T[37,5]	825	SoC_s[51,6]	161.56	SoC_e[33,12]	307.89	g[53,17]	36.94		
x[34,60,30]	1	time_T[38,4]	835	SoC_s[52,16]	261.08	SoC_e[34,30]	307.89	g[54,27]	36.94		
x[35,61,2]	1	time_T[39,13]	845	SoC_s[53,17]	161.56	SoC_e[35,2]	307.89	g[55,23]	36.94		
x[36,62,15]	1	time_T[40,8]	855	SoC_s[54,27]	234	SoC_e[36,15]	307.89	g[56,29]	36.94		
x[37,63,5]	1	time_T[41,22]	870	SoC_s[55,23]	307.89	SoC_e[37,5]	223.67	g[57,25]	36.94		
x[38,64,4]	1	time_T[42,26]	880	SoC_s[56,29]	307.89	SoC_e[38,4]	223.67	g[58,1]	36.94		
x[39,65,13]	1	time_T[43,6]	890	SoC_s[57,25]	307.89	SoC_e[39,13]	140.9	g[59,12]	36.94		
x[40,66,8]	1	time_T[44,16]	900	SoC_s[58,1]	307.89	SoC_e[40,8]	307.89	g[60,30]	36.94		
x[41,67,22]	1	time_T[45,17]	910	SoC_s[59,12]	307.89	SoC_e[41,22]	114.74	g[61,2]	36.94		
x[42,68,26]	1	time_T[46,27]	920	SoC_s[60,30]	307.89	SoC_e[42,26]	114.74	g[62,15]	36.94		
x[43,69,6]	1	time_T[47,29]	935	SoC_s[61,2]	307.89	SoC_e[43,6]	87.67	g[63,5]	36.94		
x[44,70,16]	1	time_T[48,23]	945	SoC_s[62,15]	307.89	SoC_e[44,16]	187.19	g[64,4]	36.94		
x[45,69,17]	1	time_T[49,22]	770	SoC_s[63,5]	223.67	SoC_e[45,17]	87.67	g[65,13]	36.94		
x[46,70,27]	1	time_T[50,26]	780	SoC_s[64,4]	223.67	SoC_e[46,27]	160.11	g[66,8]	36.94		
x[47,70,29]	1	time_T[51,6]	795	SoC_s[65,13]	140.9	SoC_e[47,29]	234	g[67,22]	36.94		
x[48,69,23]	1	time_T[52,16]	805	SoC_s[66,8]	307.89	SoC_e[48,23]	234				
x[49,41,22]	1	time_T[53,17]	815	SoC_s[67,22]	114.74	SoC_e[49,22]	151.69				
x[50,42,26]	1	time_T[54,27]	825	SoC_s[68,26]	114.74	SoC_e[50,26]	151.69				
x[51,43,6]	1	time_T[55,23]	835	SoC_s[69,1]	350	SoC_e[51,6]	124.62				
x[52,44,16]	1	time_T[56,29]	845	SoC_s[69,2]	350	SoC_e[52,16]	224.14				
x[53,45,17]	1	time_T[57,25]	855	SoC_s[69,4]	181.56	SoC_e[53,17]	124.62				
x[54,46,27]	1	time_T[58,1]	870	SoC_s[69,5]	181.56	SoC_e[54,27]	197.06				
x[55,48,23]	1	time_T[59,12]	880	SoC_s[69,6]	72.64	SoC_e[55,23]	270.95				
x[56,47,29]	1	time_T[60,30]	890	SoC_s[69,8]	265.78	SoC_e[56,29]	270.95				
x[57,24,25]	1	time_T[61,2]	900	SoC_s[69,12]	350	SoC_e[57,25]	270.95				
x[58,25,1]	1	time_T[62,15]	910	SoC_s[69,13]	98.79	SoC_e[58,1]	270.95				
x[59,26,12]	1	time_T[63,5]	920	SoC_s[69,15]	265.78	SoC_e[59,12]	270.95				
x[60,27,30]	1	time_T[64,4]	930	SoC_s[69,17]	72.64	SoC_e[60,30]	270.95				
x[61,28,2]	1	time_T[65,13]	940	SoC_s[69,22]	72.63	SoC_e[61,2]	270.95				
x[62,69,15]	1	time_T[66,8]	950	SoC_s[69,23]	218.97	SoC_e[62,15]	270.95				
x[63,69,5]	1	time_T[67,22]	960	SoC_s[69,25]	350	SoC_e[63,5]	186.73				
x[64,69,4]	1	time_T[68,26]	970	SoC_s[69,26]	72.63	SoC_e[64,4]	186.73				
x[65,69,13]	1	time_T[69,1]	991.05	SoC_s[69,30]	350	SoC_e[65,13]	103.96				
x[66,69,8]	1	time_T[69,2]	1021.1	SoC_s[70,16]	187.19	SoC_e[66,8]	270.95				
x[67,69,22]	1	time_T[69,4]	1027.2	SoC_s[70,27]	160.11	SoC_e[67,22]	77.8				
x[68,69,26]	1	time_T[69,5]	1017.2	SoC_s[70,29]	234	SoC_e[68,26]	77.8				
		time_T[69,6]	1010								
		time_T[69,8]	1047.2								
		time_T[69,12]	1001.1								
		time_T[69,13]	1037.2								
		time_T[69,15]	1007.2								
		time_T[69,17]	1030								
		time_T[69,22]	1057.2								
		time_T[69,23]	1065								
		time_T[69,25]	981.05								
		time_T[69,26]	1067.2								
		time_T[69,30]	1011.1								
		time_T[70,16]	985.25								
		time_T[70,27]	1005.3								
		time_T[70,29]	1020.3								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-6: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 40-60 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,3,19]	1	time_T[1,1]	991.05	SoC_s[3,19]	350	SoC_e[1,1]	350	g[27,25]	-84.22	y[1]	1
x[1,7,1]	1	time_T[1,2]	1021.05	SoC_s[7,1]	350	SoC_e[1,2]	350	g[28,16]	-251.73	y[2]	1
x[1,10,30]	1	time_T[1,8]	1047.18	SoC_s[10,30]	350	SoC_e[1,3]	350	g[29,12]	-84.22	y[3]	1
x[1,33,21]	1	time_T[1,12]	1001.05	SoC_s[27,25]	265.78	SoC_e[1,8]	265.78	g[30,2]	-84.22	y[8]	1
x[1,34,3]	1	time_T[1,25]	981.05	SoC_s[28,16]	98.27	SoC_e[1,9]	350	g[31,9]	-84.22	y[9]	1
x[1,36,28]	1	time_T[1,30]	1011.05	SoC_s[29,12]	265.78	SoC_e[1,12]	350	g[32,27]	-278.81	y[12]	1
x[1,37,25]	1	time_T[2,16]	985.25	SoC_s[30,2]	265.78	SoC_e[1,14]	350	g[33,21]	36.94	y[14]	1
x[1,38,12]	1	time_T[2,27]	1005.25	SoC_s[31,9]	265.78	SoC_e[1,19]	350	g[34,3]	36.94	y[16]	1
x[1,39,9]	1	time_T[2,29]	1020.25	SoC_s[32,27]	71.19	SoC_e[1,21]	350	g[35,19]	36.94	y[19]	1
x[1,40,2]	1	time_T[3,19]	960	SoC_s[33,21]	344.83	SoC_e[1,24]	350	g[36,28]	36.94	y[21]	1
x[1,42,8]	1	time_T[7,1]	1000	SoC_s[34,3]	344.83	SoC_e[1,25]	350	g[37,25]	36.94	y[24]	1
x[1,53,24]	1	time_T[10,30]	1030	SoC_s[35,19]	344.83	SoC_e[1,28]	350	g[38,12]	36.94	y[25]	1
x[1,55,14]	1	time_T[27,25]	1200	SoC_s[36,28]	344.83	SoC_e[1,30]	350	g[39,9]	36.94	y[27]	1
x[2,54,16]	1	time_T[28,16]	1210	SoC_s[37,25]	344.83	SoC_e[2,16]	187.19	g[40,2]	36.94	y[28]	1
x[2,56,27]	1	time_T[29,12]	1220	SoC_s[38,12]	344.83	SoC_e[2,27]	160.11	g[41,30]	36.94	y[29]	1
x[2,57,29]	1	time_T[30,2]	1230	SoC_s[39,9]	344.83	SoC_e[2,29]	234	g[42,8]	36.94	y[30]	1
x[3,35,19]	1	time_T[31,9]	1240	SoC_s[40,2]	344.83	SoC_e[3,19]	350	g[43,24]	36.94		
x[7,58,1]	1	time_T[32,27]	1250	SoC_s[41,30]	344.83	SoC_e[7,1]	350	g[44,16]	36.94		
x[10,41,30]	1	time_T[33,21]	955	SoC_s[42,8]	260.61	SoC_e[10,30]	350	g[45,14]	36.94		
x[27,73,25]	1	time_T[34,3]	965	SoC_s[43,24]	298.02	SoC_e[27,25]	350	g[46,27]	36.94		
x[28,73,16]	1	time_T[35,19]	975	SoC_s[44,16]	150.25	SoC_e[28,16]	350	g[47,29]	36.94		
x[29,73,12]	1	time_T[36,28]	985	SoC_s[45,14]	298.02	SoC_e[29,12]	350	g[48,1]	36.94		
x[30,73,2]	1	time_T[37,25]	1000	SoC_s[46,27]	123.17	SoC_e[30,2]	350	g[49,21]	36.94		
x[31,73,9]	1	time_T[38,12]	1015	SoC_s[47,29]	197.06	SoC_e[31,9]	350	g[50,19]	36.94		
x[32,73,27]	1	time_T[39,9]	1025	SoC_s[48,1]	298.02	SoC_e[32,27]	350	g[51,28]	36.94		
x[33,59,21]	1	time_T[40,2]	1035	SoC_s[49,21]	270.95	SoC_e[33,21]	307.89	g[52,8]	36.94		
x[34,60,3]	1	time_T[41,30]	1045	SoC_s[50,19]	270.95	SoC_e[34,3]	307.89	g[53,24]	36.94		
x[35,61,19]	1	time_T[42,8]	1060	SoC_s[51,28]	270.95	SoC_e[35,19]	307.89	g[54,16]	36.94		
x[36,62,28]	1	time_T[43,24]	1070	SoC_s[52,8]	204.37	SoC_e[36,28]	307.89	g[55,14]	36.94		
x[37,63,25]	1	time_T[44,16]	1080	SoC_s[53,24]	334.97	SoC_e[37,25]	307.89	g[56,27]	36.94		
x[38,64,12]	1	time_T[45,14]	1095	SoC_s[54,16]	187.19	SoC_e[38,12]	307.89	g[57,29]	36.94		
x[39,66,9]	1	time_T[46,27]	1105	SoC_s[55,14]	334.97	SoC_e[39,9]	307.89	g[58,1]	36.94		
x[40,65,2]	1	time_T[47,29]	1115	SoC_s[56,27]	160.11	SoC_e[40,2]	307.89	g[59,21]	36.94		
x[41,67,30]	1	time_T[48,1]	1130	SoC_s[57,29]	234	SoC_e[41,30]	307.89	g[60,3]	36.94		
x[42,52,8]	1	time_T[49,21]	1145	SoC_s[58,1]	334.97	SoC_e[42,8]	223.67	g[61,19]	36.94		
x[43,68,24]	1	time_T[50,19]	1160	SoC_s[59,21]	307.89	SoC_e[43,24]	261.08	g[62,28]	36.94		
x[44,28,16]	1	time_T[51,28]	1175	SoC_s[60,3]	307.89	SoC_e[44,16]	113.3	g[63,25]	36.94		
x[45,69,14]	1	time_T[52,8]	1190	SoC_s[61,19]	307.89	SoC_e[45,14]	261.08	g[64,12]	36.94		
x[46,32,27]	1	time_T[53,24]	980	SoC_s[62,28]	307.89	SoC_e[46,27]	86.22	g[65,2]	36.94		
x[47,71,29]	1	time_T[54,16]	990	SoC_s[63,25]	307.89	SoC_e[47,29]	160.11	g[66,9]	36.94		
x[48,72,1]	1	time_T[55,14]	1000	SoC_s[64,12]	307.89	SoC_e[48,1]	261.08	g[67,30]	36.94		
x[49,74,21]	1	time_T[56,27]	1010	SoC_s[65,2]	307.89	SoC_e[49,21]	234	g[68,24]	36.94		
x[50,74,19]	1	time_T[57,29]	1025	SoC_s[66,9]	307.89	SoC_e[50,19]	234	g[69,14]	36.94		
x[51,74,28]	1	time_T[58,1]	1040	SoC_s[67,30]	307.89	SoC_e[51,28]	234	g[70,3]	36.94		
x[52,74,8]	1	time_T[59,21]	1050	SoC_s[68,24]	261.08	SoC_e[52,8]	167.43	g[71,29]	36.94		
x[53,43,24]	1	time_T[60,3]	1060	SoC_s[69,14]	261.08	SoC_e[53,24]	298.02	g[72,1]	36.94		
x[54,44,16]	1	time_T[61,19]	1070	SoC_s[70,3]	251.65	SoC_e[54,16]	150.25				
x[55,45,14]	1	time_T[62,28]	1085	SoC_s[71,29]	160.11	SoC_e[55,14]	298.02				
x[56,46,27]	1	time_T[63,25]	1100	SoC_s[72,1]	261.08	SoC_e[56,27]	123.17				
x[57,47,29]	1	time_T[64,12]	1115	SoC_s[73,1]	218.97	SoC_e[57,29]	197.06				
x[58,48,1]	1	time_T[65,2]	1130	SoC_s[73,2]	350	SoC_e[58,1]	298.02				
x[59,49,21]	1	time_T[66,9]	1140	SoC_s[73,3]	209.54	SoC_e[59,21]	270.95				
x[60,70,3]	1	time_T[67,30]	1155	SoC_s[73,9]	350	SoC_e[60,3]	270.95				
x[61,50,19]	1	time_T[68,24]	1170	SoC_s[73,12]	350	SoC_e[61,19]	270.95				
x[62,51,28]	1	time_T[69,14]	1185	SoC_s[73,14]	218.97	SoC_e[62,28]	270.95				
x[63,27,25]	1	time_T[70,3]	1195	SoC_s[73,16]	350	SoC_e[63,25]	270.95				
x[64,29,12]	1	time_T[71,29]	1210	SoC_s[73,24]	218.97	SoC_e[64,12]	270.95				
x[65,30,2]	1	time_T[72,1]	1225	SoC_s[73,25]	350	SoC_e[65,2]	270.95				
x[66,31,9]	1	time_T[73,1]	1322.18	SoC_s[73,27]	350	SoC_e[66,9]	270.95				
x[67,73,30]	1	time_T[73,2]	1251.05	SoC_s[73,29]	118	SoC_e[67,30]	270.95				
x[68,73,24]	1	time_T[73,3]	1292.18	SoC_s[73,30]	265.78	SoC_e[68,24]	224.14				
x[69,73,14]	1	time_T[73,9]	1261.05	SoC_s[74,8]	167.43	SoC_e[69,14]	224.14				
x[70,73,3]	1	time_T[73,12]	1241.05	SoC_s[74,19]	234	SoC_e[70,3]	214.7				
x[71,73,29]	1	time_T[73,14]	1282.18	SoC_s[74,21]	234	SoC_e[71,29]	123.17				
x[72,73,1]	1	time_T[73,16]	1272.93	SoC_s[74,28]	234	SoC_e[72,1]	224.14				
		time_T[73,24]	1267.18								
		time_T[73,25]	1221.05								
		time_T[73,27]	1319.7								
		time_T[73,29]	1307.18								
		time_T[73,30]	1252.18								
		time_T[74,8]	1275.25								
		time_T[74,19]	1245.25								
		time_T[74,21]	1230.25								
		time_T[74,28]	1260.25								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-7: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 60-80 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,3,4]	1	time_T[1,2]	1251.05	SoC_s[3,4]	350	SoC_e[1,2]	350	g[13,15]	-57.14	y[2]	1
x[1,6,12]	1	time_T[1,9]	1261.05	SoC_s[6,12]	350	SoC_e[1,4]	350	g[16,13]	-57.14	y[4]	1
x[1,7,9]	1	time_T[1,12]	1241.05	SoC_s[7,9]	350	SoC_e[1,5]	350	g[17,25]	-57.14	y[5]	1
x[1,26,15]	1	time_T[1,25]	1221.05	SoC_s[13,15]	292.86	SoC_e[1,6]	350	g[18,22]	-57.14	y[6]	1
x[1,27,5]	1	time_T[3,4]	1230	SoC_s[16,13]	292.86	SoC_e[1,9]	350	g[21,5]	-84.22	y[9]	1
x[1,28,13]	1	time_T[6,12]	1260	SoC_s[17,25]	292.86	SoC_e[1,12]	350	g[24,23]	-84.22	y[12]	1
x[1,29,23]	1	time_T[7,9]	1270	SoC_s[18,22]	292.86	SoC_e[1,13]	350	g[25,9]	-57.14	y[13]	1
x[1,30,22]	1	time_T[13,15]	1330	SoC_s[21,5]	265.78	SoC_e[1,15]	350	g[26,15]	36.94	y[15]	1
x[1,31,2]	1	time_T[16,13]	1360	SoC_s[24,23]	265.78	SoC_e[1,17]	350	g[27,5]	36.94	y[17]	1
x[1,32,17]	1	time_T[17,25]	1370	SoC_s[25,9]	292.86	SoC_e[1,22]	350	g[28,13]	36.94	y[22]	1
x[1,40,6]	1	time_T[18,22]	1380	SoC_s[26,15]	344.83	SoC_e[1,23]	350	g[29,23]	36.94	y[23]	1
x[1,41,26]	1	time_T[21,5]	1410	SoC_s[27,5]	344.83	SoC_e[1,25]	350	g[30,22]	36.94	y[25]	1
x[1,42,25]	1	time_T[24,23]	1440	SoC_s[28,13]	344.83	SoC_e[1,26]	350	g[31,2]	36.94	y[26]	1
x[3,43,4]	1	time_T[25,9]	1450	SoC_s[29,23]	344.83	SoC_e[3,4]	350	g[32,17]	36.94		
x[6,33,12]	1	time_T[26,15]	1205	SoC_s[30,22]	344.83	SoC_e[6,12]	350	g[33,12]	36.94		
x[7,34,9]	1	time_T[27,5]	1215	SoC_s[31,2]	344.83	SoC_e[7,9]	350	g[34,9]	36.94		
x[13,37,15]	1	time_T[28,13]	1225	SoC_s[32,17]	344.83	SoC_e[13,15]	350	g[35,6]	36.94		
x[16,39,13]	1	time_T[29,23]	1240	SoC_s[33,12]	344.83	SoC_e[16,13]	350	g[36,26]	36.94		
x[17,50,25]	1	time_T[30,22]	1255	SoC_s[34,9]	344.83	SoC_e[17,25]	350	g[37,15]	36.94		
x[18,50,22]	1	time_T[31,2]	1265	SoC_s[35,6]	298.02	SoC_e[18,22]	350	g[38,4]	36.94		
x[21,50,5]	1	time_T[32,17]	1280	SoC_s[36,26]	298.02	SoC_e[21,5]	350	g[39,13]	36.94		
x[24,50,23]	1	time_T[33,12]	1295	SoC_s[37,15]	344.83	SoC_e[24,23]	350	g[40,6]	36.94		
x[25,50,9]	1	time_T[34,9]	1315	SoC_s[38,4]	298.02	SoC_e[25,9]	350	g[41,26]	36.94		
x[26,13,15]	1	time_T[35,6]	1335	SoC_s[39,13]	344.83	SoC_e[26,15]	307.89	g[42,25]	36.94		
x[27,44,5]	1	time_T[36,26]	1350	SoC_s[40,6]	334.97	SoC_e[27,5]	307.89	g[43,4]	36.94		
x[28,16,13]	1	time_T[37,15]	1365	SoC_s[41,26]	334.97	SoC_e[28,13]	307.89	g[44,5]	36.94		
x[29,45,23]	1	time_T[38,4]	1380	SoC_s[42,25]	334.97	SoC_e[29,23]	307.89	g[45,23]	36.94		
x[30,18,22]	1	time_T[39,13]	1395	SoC_s[43,4]	334.97	SoC_e[30,22]	307.89	g[46,2]	36.94		
x[31,46,2]	1	time_T[40,6]	1240	SoC_s[44,5]	307.89	SoC_e[31,2]	307.89	g[47,17]	36.94		
x[32,47,17]	1	time_T[41,26]	1255	SoC_s[45,23]	307.89	SoC_e[32,17]	307.89	g[48,12]	36.94		
x[33,48,12]	1	time_T[42,25]	1270	SoC_s[46,2]	307.89	SoC_e[33,12]	307.89	g[49,6]	36.94		
x[34,25,9]	1	time_T[43,4]	1290	SoC_s[47,17]	307.89	SoC_e[34,9]	307.89				
x[35,49,6]	1	time_T[44,5]	1310	SoC_s[48,12]	307.89	SoC_e[35,6]	261.08				
x[36,51,26]	1	time_T[45,23]	1335	SoC_s[49,6]	261.08	SoC_e[36,26]	261.08				
x[37,51,15]	1	time_T[46,2]	1355	SoC_s[50,2]	265.78	SoC_e[37,15]	307.89				
x[38,51,4]	1	time_T[47,17]	1380	SoC_s[50,5]	350	SoC_e[38,4]	261.08				
x[39,51,13]	1	time_T[48,12]	1400	SoC_s[50,6]	218.97	SoC_e[39,13]	307.89				
x[40,35,6]	1	time_T[49,6]	1425	SoC_s[50,9]	350	SoC_e[40,6]	298.02				
x[41,36,26]	1	time_T[50,2]	1452.18	SoC_s[50,12]	265.78	SoC_e[41,26]	298.02				
x[42,17,25]	1	time_T[50,5]	1431.05	SoC_s[50,17]	265.78	SoC_e[42,25]	298.02				
x[43,38,4]	1	time_T[50,6]	1522.18	SoC_s[50,22]	350	SoC_e[43,4]	298.02				
x[44,21,5]	1	time_T[50,9]	1464.29	SoC_s[50,23]	350	SoC_e[44,5]	270.95				
x[45,24,23]	1	time_T[50,12]	1497.18	SoC_s[50,25]	350	SoC_e[45,23]	270.95				
x[46,50,2]	1	time_T[50,17]	1477.18	SoC_s[51,4]	261.08	SoC_e[46,2]	270.95				
x[47,50,17]	1	time_T[50,22]	1394.29	SoC_s[51,13]	307.89	SoC_e[47,17]	270.95				
x[48,50,12]	1	time_T[50,23]	1461.05	SoC_s[51,15]	307.89	SoC_e[48,12]	270.95				
x[49,50,6]	1	time_T[50,25]	1384.29	SoC_s[51,26]	261.08	SoC_e[49,6]	224.14				
		time_T[51,4]	1465.25								
		time_T[51,13]	1480.25								
		time_T[51,15]	1450.25								
		time_T[51,26]	1435.25								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-8: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 550, δρομολόγια 80-100 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,3,25]	1	time_T[3,25]	300	SoC_s[3,25]	350	SoC_e[1,3]	350	g[12,4]	-47.03	y[3]	1
x[1,4,33]	1	time_T[4,33]	310	SoC_s[4,33]	350	SoC_e[1,4]	350	g[15,29]	-48.75	y[4]	1
x[1,9,11]	1	time_T[9,11]	360	SoC_s[9,11]	350	SoC_e[1,5]	350	g[16,13]	-48.75	y[5]	1
x[1,33,4]	1	time_T[12,4]	390	SoC_s[12,4]	302.97	SoC_e[1,7]	350	g[17,31]	-47.03	y[7]	1
x[1,34,30]	1	time_T[15,29]	420	SoC_s[15,29]	301.25	SoC_e[1,8]	350	g[19,19]	-48.75	y[8]	1
x[1,35,31]	1	time_T[16,13]	430	SoC_s[16,13]	301.25	SoC_e[1,10]	350	g[29,33]	-79.93	y[10]	1
x[1,36,8]	1	time_T[17,31]	440	SoC_s[17,31]	302.97	SoC_e[1,11]	350	g[30,18]	-79.93	y[11]	1
x[1,37,24]	1	time_T[19,19]	460	SoC_s[19,19]	301.25	SoC_e[1,12]	350	g[31,12]	-112.03	y[12]	1
x[1,39,34]	1	time_T[29,33]	560	SoC_s[29,33]	270.07	SoC_e[1,13]	350	g[32,16]	-112.03	y[13]	1
x[1,40,38]	1	time_T[30,18]	570	SoC_s[30,18]	270.07	SoC_e[1,16]	350	g[33,4]	30.78	y[16]	1
x[1,41,18]	1	time_T[31,12]	580	SoC_s[31,12]	237.97	SoC_e[1,17]	350	g[34,30]	30.78	y[17]	1
x[1,43,17]	1	time_T[32,16]	590	SoC_s[32,16]	237.97	SoC_e[1,18]	350	g[35,31]	30.78	y[18]	1
x[1,46,10]	1	time_T[33,4]	300	SoC_s[33,4]	341.68	SoC_e[1,19]	350	g[36,8]	30.78	y[19]	1
x[1,65,12]	1	time_T[34,30]	315	SoC_s[34,30]	341.68	SoC_e[1,22]	350	g[37,24]	30.78	y[22]	1
x[1,66,29]	1	time_T[35,31]	330	SoC_s[35,31]	341.68	SoC_e[1,24]	350	g[38,33]	30.78	y[24]	1
x[1,67,13]	1	time_T[36,8]	345	SoC_s[36,8]	341.68	SoC_e[1,25]	350	g[39,34]	30.78	y[25]	1
x[1,68,16]	1	time_T[37,24]	355	SoC_s[37,24]	341.68	SoC_e[1,29]	350	g[40,38]	30.78	y[29]	1
x[1,69,39]	1	time_T[38,33]	365	SoC_s[38,33]	341.68	SoC_e[1,30]	350	g[41,18]	30.78	y[30]	1
x[1,70,19]	1	time_T[39,34]	375	SoC_s[39,34]	341.68	SoC_e[1,31]	350	g[42,12]	30.78	y[31]	1
x[1,71,22]	1	time_T[40,38]	385	SoC_s[40,38]	341.68	SoC_e[1,32]	350	g[43,17]	30.78	y[32]	1
x[1,72,5]	1	time_T[41,18]	395	SoC_s[41,18]	341.68	SoC_e[1,33]	350	g[44,16]	30.78	y[33]	1
x[1,74,3]	1	time_T[42,12]	403	SoC_s[42,12]	309.57	SoC_e[1,34]	350	g[45,11]	30.78	y[34]	1
x[1,75,32]	1	time_T[43,17]	410	SoC_s[43,17]	341.68	SoC_e[1,38]	350	g[46,10]	30.78	y[38]	1
x[1,76,7]	1	time_T[44,16]	417	SoC_s[44,16]	309.57	SoC_e[1,39]	350	g[47,4]	30.78	y[39]	1
x[3,73,25]	1	time_T[45,11]	424	SoC_s[45,11]	341.68	SoC_e[3,25]	350	g[48,39]	30.78		
x[4,38,33]	1	time_T[46,10]	431	SoC_s[46,10]	341.68	SoC_e[4,33]	350	g[49,22]	30.78		
x[9,45,11]	1	time_T[47,4]	437	SoC_s[47,4]	341.68	SoC_e[9,11]	350	g[50,5]	30.78		
x[12,47,4]	1	time_T[48,39]	444	SoC_s[48,39]	309.57	SoC_e[12,4]	350	g[51,29]	30.78		
x[15,51,29]	1	time_T[49,22]	450	SoC_s[49,22]	309.57	SoC_e[15,29]	350	g[52,25]	30.78		
x[16,56,13]	1	time_T[50,5]	456	SoC_s[50,5]	309.57	SoC_e[16,13]	350	g[53,31]	30.78		
x[17,53,31]	1	time_T[51,29]	462	SoC_s[51,29]	341.68	SoC_e[17,31]	350	g[54,3]	30.78		
x[19,58,19]	1	time_T[52,25]	468	SoC_s[52,25]	309.57	SoC_e[19,19]	350	g[55,32]	30.78		
x[29,97,33]	1	time_T[53,31]	474	SoC_s[53,31]	341.68	SoC_e[29,33]	350	g[56,13]	30.78		
x[30,97,18]	1	time_T[54,3]	480	SoC_s[54,3]	309.57	SoC_e[30,18]	350	g[57,7]	30.78		
x[31,97,12]	1	time_T[55,32]	486	SoC_s[55,32]	309.57	SoC_e[31,12]	350	g[58,19]	30.78		
x[32,97,16]	1	time_T[56,13]	492	SoC_s[56,13]	341.68	SoC_e[32,16]	350	g[59,30]	30.78		
x[33,12,4]	1	time_T[57,7]	498	SoC_s[57,7]	309.57	SoC_e[33,4]	310.9	g[60,8]	30.78		
x[34,77,30]	1	time_T[58,19]	504	SoC_s[58,19]	341.68	SoC_e[34,30]	310.9	g[61,10]	30.78		
x[35,17,31]	1	time_T[59,30]	510	SoC_s[59,30]	278.4	SoC_e[35,31]	310.9	g[62,34]	30.78		
x[36,78,8]	1	time_T[60,8]	516	SoC_s[60,8]	278.4	SoC_e[36,8]	310.9	g[63,38]	30.78		
x[37,82,24]	1	time_T[61,10]	522	SoC_s[61,10]	304.49	SoC_e[37,24]	310.9	g[64,24]	30.78		
x[38,79,33]	1	time_T[62,34]	528	SoC_s[62,34]	278.4	SoC_e[38,33]	310.9	g[65,12]	32.5		
x[39,80,34]	1	time_T[63,38]	534	SoC_s[63,38]	278.4	SoC_e[39,34]	310.9	g[66,29]	32.5		
x[40,81,38]	1	time_T[64,24]	541	SoC_s[64,24]	278.4	SoC_e[40,38]	310.9	g[67,13]	32.5		
x[41,83,18]	1	time_T[65,12]	300	SoC_s[65,12]	342.07	SoC_e[41,18]	310.9	g[68,16]	32.5		
x[42,84,12]	1	time_T[66,29]	315	SoC_s[66,29]	342.07	SoC_e[42,12]	278.79	g[69,39]	32.5		
x[43,85,17]	1	time_T[67,13]	330	SoC_s[67,13]	342.07	SoC_e[43,17]	310.9	g[70,19]	32.5		
x[44,86,16]	1	time_T[68,16]	340	SoC_s[68,16]	342.07	SoC_e[44,16]	278.79	g[71,22]	32.5		
x[45,87,11]	1	time_T[69,39]	350	SoC_s[69,39]	342.07	SoC_e[45,11]	310.9	g[72,5]	32.5		
x[46,61,10]	1	time_T[70,19]	360	SoC_s[70,19]	342.07	SoC_e[46,10]	310.9	g[73,25]	32.5		
x[47,88,4]	1	time_T[71,22]	370	SoC_s[71,22]	342.07	SoC_e[47,4]	310.9	g[74,3]	32.5		
x[48,89,39]	1	time_T[72,5]	380	SoC_s[72,5]	342.07	SoC_e[48,39]	278.79	g[75,32]	32.5		
x[49,90,22]	1	time_T[73,25]	390	SoC_s[73,25]	342.07	SoC_e[49,22]	278.79	g[76,7]	32.5		
x[50,91,5]	1	time_T[74,3]	400	SoC_s[74,3]	342.07	SoC_e[50,5]	278.79	g[77,30]	32.5		
x[51,92,29]	1	time_T[75,32]	410	SoC_s[75,32]	342.07	SoC_e[51,29]	310.9	g[78,8]	32.5		
x[52,93,25]	1	time_T[76,7]	420	SoC_s[76,7]	342.07	SoC_e[52,25]	278.79	g[79,33]	32.5		
x[53,94,31]	1	time_T[77,30]	428	SoC_s[77,30]	310.9	SoC_e[53,31]	310.9	g[80,34]	32.5		
x[54,95,3]	1	time_T[78,8]	436	SoC_s[78,8]	310.9	SoC_e[54,3]	278.79	g[81,38]	32.5		
x[55,96,32]	1	time_T[79,33]	443	SoC_s[79,33]	310.9	SoC_e[55,32]	278.79	g[82,24]	32.5		
x[56,98,13]	1	time_T[80,34]	451	SoC_s[80,34]	310.9	SoC_e[56,13]	310.9	g[83,18]	32.5		
x[57,98,7]	1	time_T[81,38]	458	SoC_s[81,38]	310.9	SoC_e[57,7]	278.79	g[84,12]	32.5		
x[58,98,19]	1	time_T[82,24]	466	SoC_s[82,24]	310.9	SoC_e[58,19]	310.9	g[85,17]	32.5		
x[59,98,30]	1	time_T[83,18]	473	SoC_s[83,18]	310.9	SoC_e[59,30]	247.62	g[86,16]	32.5		
x[60,98,8]	1	time_T[84,12]	480	SoC_s[84,12]	278.79	SoC_e[60,8]	247.62	g[87,11]	32.5		
x[61,98,10]	1	time_T[85,17]	487	SoC_s[85,17]	310.9	SoC_e[61,10]	273.71	g[88,4]	32.5		
x[62,98,34]	1	time_T[86,16]	494	SoC_s[86,16]	278.79	SoC_e[62,34]	247.62	g[89,39]	32.5		
x[63,98,38]	1	time_T[87,11]	502	SoC_s[87,11]	310.9	SoC_e[63,38]	247.62	g[90,22]	32.5		
x[64,98,24]	1	time_T[88,4]	509	SoC_s[88,4]	310.9	SoC_e[64,24]	247.62	g[91,5]	32.5		
x[65,42,12]	1	time_T[89,39]	516	SoC_s[89,39]	278.79	SoC_e[65,12]	309.57	g[92,29]	32.5		
x[66,15,29]	1	time_T[90,22]	522	SoC_s[90,22]	278.79	SoC_e[66,29]	309.57	g[93,25]	32.5		
x[67,16,13]	1	time_T[91,5]	529	SoC_s[91,5]	278.79	SoC_e[67,13]	309.57	g[94,31]	32.5		
x[68,44,16]	1	time_T[92,29]	535	SoC_s[92,29]	310.9	SoC_e[68,16]	309.57	g[95,3]	32.5		
x[69,48,39]	1	time_T[93,25]	542	SoC_s[93,25]	278.79	SoC_e[69,39]	309.57	g[96,32]	32.5		
x[70,19,19]	1	time_T[94,31]	548	SoC_s[94,31]	310.9	SoC_e[70,19]	309.57				
x[71,49,22]	1	time_T[95,3]	555	SoC_s[95,3]	278.79	SoC_e[71,22]	309.57				
x[72,50,5]	1	time_T[96,32]	561	SoC_s[96,32]	278.79	SoC_e[72,5]	309.57				
x[73,52,25]	1	time_T[97,5]	623.21	SoC_s[97,5]	237.97	SoC_e[73,25]	309.57				
x[74,54,3]	1	time_T[97,12]	608.01	SoC_s[97,12]	350	SoC_e[74,3]	309.57				
x[75,55,32]	1	time_T[97,16]	618.01	SoC_s[97,16]	350	SoC_e[75,32]	309.57				
x[76,57,7]	1	time_T[97,18]	589.98	SoC_s[97,18]	350	SoC_e[76,7]	309.57				
x[77,59,30]	1	time_T[97,22]	616.21	SoC_s[97,22]	237.97	SoC_e[77,30]	278.4				
x[78,60,8]	1	time_T[97,25]	636.21	SoC_s[97,25]	237.97	SoC_e[78,8]	278.4				
x[79,29,33]	1	time_T[97,33]	579.98	SoC_s[97,33]	350	SoC_e[79,33]	278.4				
x[80,62,34]	1	time_T[98,3]	644.79	SoC_s[98,3]	239.89	SoC_e[80,34]	278.4				
x[81,63,38]	1	time_T[98,4]	598.79	SoC_s[98,4]	271.99	SoC_e[81,38]	278.4				
x[82,64,24]	1	time_T[98,7]	569.02	SoC_s[98,7]	278.79	SoC_e[82,24]	278.4				
x[83,30,18]	1	time_T[98,8]	587.02	SoC_s[98,8]	247.62	SoC_e[83,18]	278.4				
x[84,31,12]	1	time_T[98,10]	593.02	SoC_s[98,10]	273.71	SoC_e[84,12]	246.29				
x[85,98,17]	1	time_T[98,11]	591.79	SoC_s[98,11]	271.99	SoC_e[85,17]	278.4				
x[86,32,16]	1	time_T[98,13]	563.02	SoC_s[98,13]	310.9	SoC_e[86,16]	246.29				
x[87,98,11]	1	time_T[98,17]	576.79	SoC_s[98,17]	271.99	SoC_e[87,11]	278.4				
x[88,98,4]	1	time_T[98,19]	575.02	SoC_s[98,19]	310.9	SoC_e[88,4]	278.4				
x[89,98,39]	1	time_T[98,24]	612.02	SoC_s[98,24]	247.62	SoC_e[89,39]	246.29				
x[90,97,22]	1	time_T[98,29]	624.79	SoC_s[98,29]	271.99	SoC_e[90,22]	246.29				
x[91,97,5]	1	time_T[98,30]	581.02	SoC_s[98,30]	247.62	SoC_e[91,5]	246.29				
x[92,98,29]	1	time_T[98,31]	637.79	SoC_s[98,31]	271.99	SoC_e[92,29]	278.4				
x[93,97,25]	1	time_T[98,32]	650.79	SoC_s[98,32]	239.89	SoC_e[93,25]	246.29				
x[94,98,31]	1	time_T[98,34]	599.02	SoC_s[98,34]	247.62	SoC_e[94,31]	278.4				
x[95,98,3]	1	time_T[98,38]	605.02	SoC_s[98,38]	247.62	SoC_e[95,3]	246.29				
x[96,98,32]	1	time_T[98,39]	605.79	SoC_s[98,39]	239.89	SoC_e[96,32]	246.29				

Εικόνα Παραρτήματος Ι-9: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 0-32 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,4,33]	1	time_T[1,12]	608.01	SoC_s[4,33]	350	SoC_e[1,1]	350	g[24,11]	-154.3	y[1]	1
x[1,7,12]	1	time_T[1,22]	616.21	SoC_s[7,12]	350	SoC_e[1,9]	350	g[25,33]	-78.2	y[3]	1
x[1,27,21]	1	time_T[1,33]	579.98	SoC_s[24,11]	195.7	SoC_e[1,12]	350	g[26,34]	-178.67	y[4]	1
x[1,28,20]	1	time_T[2,3]	644.79	SoC_s[25,33]	271.8	SoC_e[1,20]	350	g[27,21]	30.78	y[7]	1
x[1,29,27]	1	time_T[2,4]	598.79	SoC_s[26,34]	171.33	SoC_e[1,21]	350	g[28,20]	30.78	y[8]	1
x[1,30,9]	1	time_T[2,7]	569.02	SoC_s[27,21]	341.68	SoC_e[1,22]	237.97	g[29,27]	30.78	y[9]	1
x[1,31,40]	1	time_T[2,8]	587.02	SoC_s[28,20]	341.68	SoC_e[1,27]	350	g[30,9]	30.78	y[10]	1
x[1,39,22]	1	time_T[2,10]	593.02	SoC_s[29,27]	341.68	SoC_e[1,33]	350	g[31,40]	30.78	y[11]	1
x[1,59,1]	1	time_T[2,11]	591.79	SoC_s[30,9]	341.68	SoC_e[1,40]	350	g[32,7]	30.78	y[12]	1
x[2,32,7]	1	time_T[2,13]	563.02	SoC_s[31,40]	341.68	SoC_e[2,3]	239.89	g[33,19]	30.78	y[13]	1
x[2,33,19]	1	time_T[2,17]	576.79	SoC_s[32,7]	272.38	SoC_e[2,4]	271.99	g[34,33]	30.78	y[17]	1
x[2,35,11]	1	time_T[2,19]	575.02	SoC_s[33,19]	304.49	SoC_e[2,7]	278.79	g[35,11]	30.78	y[19]	1
x[2,36,34]	1	time_T[2,24]	612.02	SoC_s[34,33]	341.68	SoC_e[2,8]	247.62	g[36,34]	30.78	y[20]	1
x[2,37,39]	1	time_T[2,29]	624.79	SoC_s[35,11]	265.58	SoC_e[2,10]	273.71	g[37,39]	30.78	y[21]	1
x[2,60,13]	1	time_T[2,30]	581.02	SoC_s[36,34]	241.21	SoC_e[2,11]	271.99	g[38,12]	30.78	y[22]	1
x[2,61,17]	1	time_T[2,34]	599.02	SoC_s[37,39]	233.48	SoC_e[2,13]	310.9	g[39,22]	30.78	y[24]	1
x[2,62,30]	1	time_T[2,38]	605.02	SoC_s[38,12]	341.68	SoC_e[2,17]	271.99	g[40,1]	30.78	y[27]	1
x[2,63,8]	1	time_T[2,39]	605.79	SoC_s[39,22]	229.65	SoC_e[2,19]	310.9	g[41,27]	30.78	y[29]	1
x[2,64,10]	1	time_T[4,33]	580	SoC_s[40,1]	311.29	SoC_e[2,24]	247.62	g[42,30]	30.78	y[30]	1
x[2,65,4]	1	time_T[7,12]	610	SoC_s[41,27]	304.49	SoC_e[2,29]	271.99	g[43,13]	30.78	y[33]	1
x[2,66,38]	1	time_T[24,11]	780	SoC_s[42,30]	216.84	SoC_e[2,30]	247.62	g[44,8]	30.78	y[34]	1
x[2,67,24]	1	time_T[25,33]	790	SoC_s[43,13]	280.12	SoC_e[2,34]	247.62	g[45,40]	30.78	y[38]	1
x[2,70,29]	1	time_T[26,34]	800	SoC_s[44,8]	216.84	SoC_e[2,38]	247.62	g[46,10]	30.78	y[39]	1
x[2,71,3]	1	time_T[27,21]	548	SoC_s[45,40]	304.49	SoC_e[2,39]	239.89	g[47,4]	30.78	y[40]	1
x[4,34,33]	1	time_T[28,20]	556	SoC_s[46,10]	242.93	SoC_e[4,33]	350	g[48,38]	30.78		
x[7,38,12]	1	time_T[29,27]	564	SoC_s[47,4]	241.21	SoC_e[7,12]	350	g[49,21]	30.78		
x[24,91,11]	1	time_T[30,9]	572	SoC_s[48,38]	216.84	SoC_e[24,11]	350	g[50,20]	30.78		
x[25,91,33]	1	time_T[31,40]	580	SoC_s[49,21]	280.12	SoC_e[25,33]	350	g[51,29]	30.78		
x[26,91,34]	1	time_T[32,7]	587	SoC_s[50,20]	280.12	SoC_e[26,34]	350	g[52,24]	30.78		
x[27,68,21]	1	time_T[33,19]	595	SoC_s[51,29]	241.21	SoC_e[27,21]	310.9	g[53,3]	30.78		
x[28,69,20]	1	time_T[34,33]	602	SoC_s[52,24]	216.84	SoC_e[28,20]	310.9	g[54,9]	30.78		
x[29,41,27]	1	time_T[35,11]	609	SoC_s[53,3]	209.11	SoC_e[29,27]	310.9	g[55,7]	30.78		
x[30,72,9]	1	time_T[36,34]	618	SoC_s[54,9]	280.12	SoC_e[30,9]	310.9	g[56,19]	30.78		
x[31,45,40]	1	time_T[37,39]	623	SoC_s[55,7]	210.83	SoC_e[31,40]	310.9	g[57,22]	30.78		
x[32,73,7]	1	time_T[38,12]	630	SoC_s[56,19]	242.94	SoC_e[32,7]	241.6	g[58,17]	30.78		
x[33,74,19]	1	time_T[39,22]	637	SoC_s[57,22]	192.46	SoC_e[33,19]	273.71	g[59,1]	30.78		
x[34,77,33]	1	time_T[40,1]	644	SoC_s[58,17]	204.03	SoC_e[34,33]	310.9	g[60,13]	30.78		
x[35,76,11]	1	time_T[41,27]	650	SoC_s[59,1]	342.07	SoC_e[35,11]	234.8	g[61,17]	30.78		
x[36,79,34]	1	time_T[42,30]	657	SoC_s[60,13]	310.9	SoC_e[36,34]	210.43	g[62,30]	30.78		
x[37,78,39]	1	time_T[43,13]	663	SoC_s[61,17]	271.99	SoC_e[37,39]	202.7	g[63,8]	30.78		
x[38,80,12]	1	time_T[44,8]	670	SoC_s[62,30]	247.62	SoC_e[38,12]	310.9	g[64,10]	30.78		
x[39,57,22]	1	time_T[45,40]	676	SoC_s[63,8]	247.62	SoC_e[39,22]	198.87	g[65,4]	30.78		
x[40,81,1]	1	time_T[46,10]	682	SoC_s[64,10]	273.71	SoC_e[40,1]	280.52	g[66,38]	30.78		
x[41,82,27]	1	time_T[47,4]	688	SoC_s[65,4]	271.99	SoC_e[41,27]	273.71	g[67,24]	30.78		
x[42,83,30]	1	time_T[48,38]	694	SoC_s[66,38]	247.62	SoC_e[42,30]	186.07	g[68,21]	30.78		
x[43,84,13]	1	time_T[49,21]	700	SoC_s[67,24]	247.62	SoC_e[43,13]	249.35	g[69,20]	30.78		
x[44,85,8]	1	time_T[50,20]	706	SoC_s[68,21]	310.9	SoC_e[44,8]	186.07	g[70,29]	30.78		
x[45,86,40]	1	time_T[51,29]	712	SoC_s[69,20]	310.9	SoC_e[45,40]	273.71	g[71,3]	30.78		
x[46,87,10]	1	time_T[52,24]	718	SoC_s[70,29]	271.99	SoC_e[46,10]	212.16	g[72,9]	30.78		
x[47,88,4]	1	time_T[53,3]	724	SoC_s[71,3]	239.89	SoC_e[47,4]	210.44	g[73,7]	30.78		
x[48,89,38]	1	time_T[54,9]	730	SoC_s[72,9]	310.9	SoC_e[48,38]	186.07	g[74,19]	30.78		
x[49,90,21]	1	time_T[55,7]	736	SoC_s[73,7]	241.6	SoC_e[49,21]	249.34	g[75,17]	30.78		
x[50,92,20]	1	time_T[56,19]	742	SoC_s[74,19]	273.71	SoC_e[50,20]	249.34	g[76,11]	30.78		
x[51,92,29]	1	time_T[57,22]	748	SoC_s[75,17]	234.8	SoC_e[51,29]	210.44	g[77,33]	30.78		
x[52,92,24]	1	time_T[58,17]	754	SoC_s[76,11]	234.8	SoC_e[52,24]	186.07	g[78,39]	30.78		
x[53,92,3]	1	time_T[59,1]	567	SoC_s[77,33]	310.9	SoC_e[53,3]	178.34	g[79,34]	30.78		
x[54,92,9]	1	time_T[60,13]	573	SoC_s[78,39]	202.7	SoC_e[54,9]	249.34	g[80,12]	30.78		
x[55,92,7]	1	time_T[61,17]	579	SoC_s[79,34]	210.43	SoC_e[55,7]	180.05	g[81,1]	30.78		
x[56,92,19]	1	time_T[62,30]	585	SoC_s[80,12]	310.9	SoC_e[56,19]	212.16	g[82,27]	30.78		
x[57,92,22]	1	time_T[63,8]	591	SoC_s[81,1]	280.52	SoC_e[57,22]	161.68	g[83,30]	30.78		
x[58,92,17]	1	time_T[64,10]	597	SoC_s[82,27]	273.71	SoC_e[58,17]	173.25	g[84,13]	30.78		
x[59,40,1]	1	time_T[65,4]	603	SoC_s[83,30]	186.07	SoC_e[59,1]	311.29	g[85,8]	30.78		
x[60,43,13]	1	time_T[66,38]	609	SoC_s[84,13]	249.35	SoC_e[60,13]	280.12	g[86,40]	30.78		
x[61,75,17]	1	time_T[67,24]	616	SoC_s[85,8]	186.07	SoC_e[61,17]	241.21	g[87,10]	30.78		
x[62,42,30]	1	time_T[68,21]	623	SoC_s[86,40]	273.71	SoC_e[62,30]	216.84	g[88,4]	30.78		
x[63,44,8]	1	time_T[69,20]	631	SoC_s[87,10]	212.16	SoC_e[63,8]	216.84	g[89,38]	30.78		
x[64,46,10]	1	time_T[70,29]	639	SoC_s[88,4]	210.44	SoC_e[64,10]	242.93	g[90,21]	30.78		
x[65,47,4]	1	time_T[71,3]	647	SoC_s[89,38]	186.07	SoC_e[65,4]	241.21				
x[66,48,38]	1	time_T[72,9]	655	SoC_s[90,21]	249.34	SoC_e[66,38]	216.84				
x[67,52,24]	1	time_T[73,7]	662	SoC_s[91,11]	350	SoC_e[67,24]	216.84				
x[68,49,21]	1	time_T[74,19]	670	SoC_s[91,33]	350	SoC_e[68,21]	280.12				
x[69,50,20]	1	time_T[75,17]	677	SoC_s[91,34]	350	SoC_e[69,20]	280.12				
x[70,51,29]	1	time_T[76,11]	684	SoC_s[92,1]	243.33	SoC_e[70,29]	241.21				
x[71,53,3]	1	time_T[77,33]	691	SoC_s[92,3]	178.34	SoC_e[71,3]	209.11				
x[72,54,9]	1	time_T[78,39]	698	SoC_s[92,4]	173.25	SoC_e[72,9]	280.12				
x[73,55,7]	1	time_T[79,34]	705	SoC_s[92,7]	180.05	SoC_e[73,7]	210.83				
x[74,56,19]	1	time_T[80,12]	712	SoC_s[92,8]	148.88	SoC_e[74,19]	242.94				
x[75,58,17]	1	time_T[81,1]	719	SoC_s[92,9]	249.34	SoC_e[75,17]	204.03				
x[76,24,11]	1	time_T[82,27]	725	SoC_s[92,10]	174.97	SoC_e[76,11]	204.03				
x[77,25,33]	1	time_T[83,30]	732	SoC_s[92,12]	273.71	SoC_e[77,33]	280.12				
x[78,92,39]	1	time_T[84,13]	738	SoC_s[92,13]	212.16	SoC_e[78,39]	171.93				
x[79,26,34]	1	time_T[85,8]	745	SoC_s[92,17]	173.25	SoC_e[79,34]	179.66				
x[80,92,12]	1	time_T[86,40]	751	SoC_s[92,19]	212.16	SoC_e[80,12]	280.12				
x[81,92,1]	1	time_T[87,10]	757	SoC_s[92,20]	249.34	SoC_e[81,1]	249.74				
x[82,92,27]	1	time_T[88,4]	763	SoC_s[92,21]	212.16	SoC_e[82,27]	242.94				
x[83,92,30]	1	time_T[89,38]	769	SoC_s[92,22]	161.68	SoC_e[83,30]	155.29				
x[84,92,13]	1	time_T[90,21]	775	SoC_s[92,24]	186.07	SoC_e[84,13]	218.57				
x[85,92,8]	1	time_T[91,11]	818.57	SoC_s[92,27]	236.53	SoC_e[85,8]	155.29				
x[86,92,40]	1	time_T[91,33]	809.55	SoC_s[92,29]	210.44	SoC_e[86,40]	242.94				
x[87,92,10]	1	time_T[91,34]	844.67	SoC_s[92,30]	148.88	SoC_e[87,10]	181.38				
x[88,92,4]	1	time_T[92,1]	804.81	SoC_s[92,38]	148.88	SoC_e[88,4]	179.66				
x[89,92,38]	1	time_T[92,3]	795.02	SoC_s[92,39]	165.52	SoC_e[89,38]	155.29				
x[90,92,21]	1	time_T[92,4]	848.81	SoC_s[92,40]	236.53	SoC_e[90,21]	218.57				
		time_T[92,7]	807.02								
		time_T[92,8]	830.81								
		time_T[92,9]	801.02								
		time_T[92,10]	842.81								
		time_T[92,12]	797.81								
		time_T[92,13]	823.81								
		time_T[92,17]	825.02								
		time_T[92,19]	813.02								
		time_T[92,20]	777.02								
		time_T[92,21]	860.81								
		time_T[92,22]	819.02								
		time_T[92,24]	789.02								
		time_T[92,27]	810.81								
		time_T[92,29]	783.02								

Εικόνα Παραρτήματος I-11: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 64-96 ανά κατεύθυνση.

Εικόνα Παραρτήματος Ι-12: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 96-128 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,28,1]	1	time_T[1,16]	1214.24	SoC_s[12,26]	210.24	SoC_e[1,1]	350	g[12,26]	-139.76	y[1]	1
x[1,29,39]	1	time_T[1,29]	1209.35	SoC_s[19,1]	271.8	SoC_e[1,7]	350	g[19,1]	-78.2	y[2]	1
x[1,30,27]	1	time_T[2,2]	1205.81	SoC_s[20,12]	272.59	SoC_e[1,9]	350	g[20,12]	-77.41	y[4]	1
x[1,31,7]	1	time_T[2,4]	1205.02	SoC_s[21,35]	204.23	SoC_e[1,12]	350	g[21,35]	-145.77	y[6]	1
x[1,32,24]	1	time_T[2,6]	1198.81	SoC_s[22,7]	271.8	SoC_e[1,16]	350	g[22,7]	-78.2	y[7]	1
x[1,35,16]	1	time_T[2,8]	1221.02	SoC_s[23,8]	179.86	SoC_e[1,19]	350	g[23,8]	-170.14	y[8]	1
x[1,51,9]	1	time_T[2,26]	1189.02	SoC_s[24,16]	271.8	SoC_e[1,22]	350	g[24,16]	-78.2	y[9]	1
x[1,52,22]	1	time_T[2,32]	1226.81	SoC_s[25,32]	74.31	SoC_e[1,24]	350	g[25,32]	-275.69	y[12]	1
x[1,54,12]	1	time_T[2,35]	1181.02	SoC_s[26,9]	241.42	SoC_e[1,27]	350	g[26,9]	-108.58	y[16]	1
x[1,59,19]	1	time_T[2,37]	1213.02	SoC_s[27,22]	241.42	SoC_e[1,29]	350	g[27,22]	-108.58	y[19]	1
x[1,60,29]	1	time_T[2,38]	1212.81	SoC_s[28,1]	341.68	SoC_e[1,39]	350	g[28,1]	30.78	y[22]	1
x[2,33,2]	1	time_T[12,26]	1290	SoC_s[29,39]	341.68	SoC_e[2,2]	236.53	g[29,39]	30.78	y[24]	1
x[2,34,6]	1	time_T[19,1]	1360	SoC_s[30,27]	341.68	SoC_e[2,4]	249.34	g[30,27]	30.78	y[26]	1
x[2,36,32]	1	time_T[20,12]	1370	SoC_s[31,7]	341.68	SoC_e[2,6]	174.97	g[31,7]	30.78	y[27]	1
x[2,37,35]	1	time_T[21,35]	1380	SoC_s[32,24]	341.68	SoC_e[2,8]	249.34	g[32,24]	30.78	y[29]	1
x[2,53,26]	1	time_T[22,7]	1390	SoC_s[33,2]	230.12	SoC_e[2,26]	249.34	g[33,2]	30.78	y[32]	1
x[2,55,38]	1	time_T[23,8]	1400	SoC_s[34,6]	168.56	SoC_e[2,32]	150.6	g[34,6]	30.78	y[35]	1
x[2,56,4]	1	time_T[24,16]	1410	SoC_s[35,16]	341.68	SoC_e[2,35]	249.34	g[35,16]	30.78	y[37]	1
x[2,57,37]	1	time_T[25,32]	1420	SoC_s[36,32]	144.19	SoC_e[2,37]	249.34	g[36,32]	30.78	y[38]	1
x[2,58,8]	1	time_T[26,9]	1430	SoC_s[37,35]	242.93	SoC_e[2,38]	243.33	g[37,35]	30.78	y[39]	1
x[12,76,26]	1	time_T[27,22]	1440	SoC_s[38,9]	311.29	SoC_e[12,26]	350	g[38,9]	30.78		
x[19,76,1]	1	time_T[28,1]	1182	SoC_s[39,22]	311.29	SoC_e[19,1]	350	g[39,22]	30.78		
x[20,76,12]	1	time_T[29,39]	1190	SoC_s[40,12]	311.29	SoC_e[20,12]	350	g[40,12]	30.78		
x[21,76,35]	1	time_T[30,27]	1198	SoC_s[41,38]	212.55	SoC_e[21,35]	350	g[41,38]	30.78		
x[22,76,7]	1	time_T[31,7]	1206	SoC_s[42,4]	218.56	SoC_e[22,7]	350	g[42,4]	30.78		
x[23,76,8]	1	time_T[32,24]	1214	SoC_s[43,8]	218.56	SoC_e[23,8]	350	g[43,8]	30.78		
x[24,76,16]	1	time_T[33,2]	1222	SoC_s[44,37]	218.56	SoC_e[24,16]	350	g[44,37]	30.78		
x[25,76,32]	1	time_T[34,6]	1230	SoC_s[45,6]	131.37	SoC_e[25,32]	350	g[45,6]	30.78		
x[26,76,9]	1	time_T[35,16]	1238	SoC_s[46,29]	311.29	SoC_e[26,9]	350	g[46,29]	30.78		
x[27,76,22]	1	time_T[36,32]	1246	SoC_s[47,39]	280.12	SoC_e[27,22]	350	g[47,39]	30.78		
x[28,61,1]	1	time_T[37,35]	1254	SoC_s[48,27]	280.12	SoC_e[28,1]	310.9	g[48,27]	30.78		
x[29,62,39]	1	time_T[38,9]	1262	SoC_s[49,24]	280.12	SoC_e[29,39]	310.9	g[49,24]	30.78		
x[30,63,27]	1	time_T[39,22]	1270	SoC_s[50,2]	168.57	SoC_e[30,27]	310.9	g[50,2]	30.78		
x[31,64,7]	1	time_T[40,12]	1280	SoC_s[51,9]	342.07	SoC_e[31,7]	310.9	g[51,9]	30.78		
x[32,65,24]	1	time_T[41,38]	1290	SoC_s[52,22]	342.07	SoC_e[32,24]	310.9	g[52,22]	30.78		
x[33,66,2]	1	time_T[42,4]	1300	SoC_s[53,26]	249.34	SoC_e[33,2]	199.34	g[53,26]	30.78		
x[34,45,6]	1	time_T[43,8]	1310	SoC_s[54,12]	342.07	SoC_e[34,6]	137.78	g[54,12]	30.78		
x[35,67,16]	1	time_T[44,37]	1320	SoC_s[55,38]	243.33	SoC_e[35,16]	310.9	g[55,38]	30.78		
x[36,68,32]	1	time_T[45,6]	1330	SoC_s[56,4]	249.34	SoC_e[36,32]	113.41	g[56,4]	30.78		
x[37,21,35]	1	time_T[46,29]	1340	SoC_s[57,37]	249.34	SoC_e[37,35]	212.15	g[57,37]	30.78		
x[38,69,9]	1	time_T[47,39]	1350	SoC_s[58,8]	249.34	SoC_e[38,9]	280.52	g[58,8]	30.78		
x[39,70,22]	1	time_T[48,27]	1360	SoC_s[59,19]	342.07	SoC_e[39,22]	280.52	g[59,19]	30.78		
x[40,20,12]	1	time_T[49,24]	1375	SoC_s[60,29]	342.07	SoC_e[40,12]	280.52	g[60,29]	30.78		
x[41,72,38]	1	time_T[50,2]	1390	SoC_s[61,1]	310.9	SoC_e[41,38]	181.78	g[61,1]	30.78		
x[42,73,4]	1	time_T[51,9]	1184	SoC_s[62,39]	310.9	SoC_e[42,4]	187.79	g[62,39]	30.78		
x[43,23,8]	1	time_T[52,22]	1192	SoC_s[63,27]	310.9	SoC_e[43,8]	187.79	g[63,27]	30.78		
x[44,74,37]	1	time_T[53,26]	1199	SoC_s[64,7]	310.9	SoC_e[44,37]	187.79	g[64,7]	30.78		
x[45,77,6]	1	time_T[54,12]	1206	SoC_s[65,24]	310.9	SoC_e[45,6]	100.6	g[65,24]	30.78		
x[46,75,29]	1	time_T[55,38]	1213	SoC_s[66,2]	199.34	SoC_e[46,29]	280.52	g[66,2]	30.78		
x[47,77,39]	1	time_T[56,4]	1220	SoC_s[67,16]	310.9	SoC_e[47,39]	249.34	g[67,16]	30.78		
x[48,77,27]	1	time_T[57,37]	1228	SoC_s[68,32]	113.41	SoC_e[48,27]	249.34	g[68,32]	30.78		
x[49,77,24]	1	time_T[58,8]	1236	SoC_s[69,9]	280.52	SoC_e[49,24]	249.34	g[69,9]	30.78		
x[50,77,2]	1	time_T[59,19]	1244	SoC_s[70,22]	280.52	SoC_e[50,2]	137.79	g[70,22]	30.78		
x[51,38,9]	1	time_T[60,29]	1252	SoC_s[71,19]	304.89	SoC_e[51,9]	311.29	g[71,19]	30.78		
x[52,39,22]	1	time_T[61,1]	1260	SoC_s[72,38]	181.78	SoC_e[52,22]	311.29	g[72,38]	30.78		
x[53,12,26]	1	time_T[62,39]	1268	SoC_s[73,4]	187.79	SoC_e[53,26]	218.56	g[73,4]	30.78		
x[54,40,12]	1	time_T[63,27]	1276	SoC_s[74,37]	187.79	SoC_e[54,12]	311.29	g[74,37]	30.78		
x[55,41,38]	1	time_T[64,7]	1284	SoC_s[75,29]	280.52	SoC_e[55,38]	212.55	g[75,29]	30.78		
x[56,42,4]	1	time_T[65,24]	1292	SoC_s[76,1]	350	SoC_e[56,4]	218.56				
x[57,44,37]	1	time_T[66,2]	1300	SoC_s[76,7]	350	SoC_e[57,37]	218.56				
x[58,43,8]	1	time_T[67,16]	1310	SoC_s[76,8]	350	SoC_e[58,8]	218.56				
x[59,71,19]	1	time_T[68,32]	1320	SoC_s[76,9]	350	SoC_e[59,19]	311.29				
x[60,46,29]	1	time_T[69,9]	1335	SoC_s[76,12]	350	SoC_e[60,29]	311.29				
x[61,19,1]	1	time_T[70,22]	1345	SoC_s[76,16]	350	SoC_e[61,1]	280.12				
x[62,47,39]	1	time_T[71,19]	1355	SoC_s[76,22]	350	SoC_e[62,39]	280.12				
x[63,48,27]	1	time_T[72,38]	1365	SoC_s[76,26]	350	SoC_e[63,27]	280.12				
x[64,22,7]	1	time_T[73,4]	1380	SoC_s[76,32]	350	SoC_e[64,7]	280.12				
x[65,49,24]	1	time_T[74,37]	1395	SoC_s[76,35]	350	SoC_e[65,24]	280.12				
x[66,50,2]	1	time_T[75,29]	1415	SoC_s[77,2]	137.79	SoC_e[66,2]	168.57				
x[67,24,16]	1	time_T[76,1]	1379.55	SoC_s[77,4]	150.6	SoC_e[67,16]	280.12				
x[68,25,32]	1	time_T[76,7]	1409.55	SoC_s[77,6]	100.6	SoC_e[68,32]	82.64				
x[69,26,9]	1	time_T[76,8]	1442.54	SoC_s[77,19]	267.7	SoC_e[69,9]	249.74				
x[70,27,22]	1	time_T[76,9]	1457.15	SoC_s[77,24]	249.34	SoC_e[70,22]	249.74				
x[71,77,19]	1	time_T[76,12]	1389.35	SoC_s[77,27]	249.34	SoC_e[71,19]	274.11				
x[72,77,38]	1	time_T[76,16]	1429.55	SoC_s[77,29]	243.33	SoC_e[72,38]	151				
x[73,77,4]	1	time_T[76,22]	1467.15	SoC_s[77,37]	150.6	SoC_e[73,4]	157.01				
x[74,77,37]	1	time_T[76,26]	1324.94	SoC_s[77,38]	144.59	SoC_e[74,37]	157.01				
x[75,77,29]	1	time_T[76,32]	1488.92	SoC_s[77,39]	249.34	SoC_e[75,29]	249.74				
		time_T[76,35]	1416.44								
		time_T[77,2]	1461.02								
		time_T[77,4]	1465.81								
		time_T[77,6]	1401.02								
		time_T[77,19]	1440.81								
		time_T[77,24]	1446.02								
		time_T[77,27]	1431.02								
		time_T[77,29]	1500.81								
		time_T[77,37]	1480.81								
		time_T[77,38]	1450.81								
		time_T[77,39]	1421.02								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-13: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή 608, δρομολόγια 128-160 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,8,3]	1	time_T[8,3]	350	SoC_s[8,3]	350	SoC_e[1,2]	350	g[33,9]	-69.27	y[2]	1
x[1,9,4]	1	time_T[9,4]	360	SoC_s[9,4]	350	SoC_e[1,3]	350	g[34,17]	-112.71	y[3]	1
x[1,37,10]	1	time_T[33,9]	600	SoC_s[33,9]	280.73	SoC_e[1,4]	350	g[35,2]	-112.71	y[4]	1
x[1,38,16]	1	time_T[34,17]	610	SoC_s[34,17]	237.29	SoC_e[1,8]	350	g[36,21]	-113.96	y[8]	1
x[1,39,21]	1	time_T[35,2]	620	SoC_s[35,2]	237.29	SoC_e[1,9]	350	g[37,10]	31.43	y[9]	1
x[1,40,22]	1	time_T[36,21]	630	SoC_s[36,21]	236.04	SoC_e[1,10]	350	g[38,16]	31.43	y[10]	1
x[1,42,11]	1	time_T[37,10]	310	SoC_s[37,10]	346.58	SoC_e[1,11]	350	g[39,21]	31.43	y[11]	1
x[1,46,9]	1	time_T[38,16]	330	SoC_s[38,16]	346.58	SoC_e[1,16]	350	g[40,22]	31.43	y[16]	1
x[1,59,8]	1	time_T[39,21]	345	SoC_s[39,21]	346.58	SoC_e[1,17]	350	g[41,3]	31.43	y[17]	1
x[1,60,20]	1	time_T[40,22]	360	SoC_s[40,22]	346.58	SoC_e[1,18]	350	g[42,11]	31.43	y[18]	1
x[1,61,24]	1	time_T[41,3]	370	SoC_s[41,3]	346.58	SoC_e[1,20]	350	g[43,8]	31.43	y[20]	1
x[1,62,18]	1	time_T[42,11]	385	SoC_s[42,11]	346.58	SoC_e[1,21]	350	g[44,24]	31.43	y[21]	1
x[1,63,17]	1	time_T[43,8]	395	SoC_s[43,8]	303.14	SoC_e[1,22]	350	g[45,20]	31.43	y[22]	1
x[1,64,2]	1	time_T[44,24]	410	SoC_s[44,24]	303.14	SoC_e[1,24]	350	g[46,9]	31.43	y[24]	1
x[8,41,3]	1	time_T[45,20]	420	SoC_s[45,20]	303.14	SoC_e[8,3]	350	g[47,17]	31.43		
x[9,67,4]	1	time_T[46,9]	435	SoC_s[46,9]	346.58	SoC_e[9,4]	350	g[48,2]	31.43		
x[33,81,9]	1	time_T[47,17]	445	SoC_s[47,17]	303.14	SoC_e[33,9]	350	g[49,21]	31.43		
x[34,81,17]	1	time_T[48,2]	455	SoC_s[48,2]	303.14	SoC_e[34,17]	350	g[50,10]	31.43		
x[35,81,2]	1	time_T[49,21]	470	SoC_s[49,21]	301.89	SoC_e[35,2]	350	g[51,18]	31.43		
x[36,81,21]	1	time_T[50,10]	480	SoC_s[50,10]	284.15	SoC_e[36,21]	350	g[52,16]	31.43		
x[37,65,10]	1	time_T[51,18]	490	SoC_s[51,18]	303.14	SoC_e[37,10]	315.15	g[53,4]	31.43		
x[38,66,16]	1	time_T[52,16]	500	SoC_s[52,16]	284.15	SoC_e[38,16]	315.15	g[54,24]	31.43		
x[39,49,21]	1	time_T[53,4]	510	SoC_s[53,4]	303.14	SoC_e[39,21]	315.15	g[55,22]	31.43		
x[40,68,22]	1	time_T[54,24]	520	SoC_s[54,24]	258.46	SoC_e[40,22]	315.15	g[56,11]	31.43		
x[41,69,3]	1	time_T[55,22]	530	SoC_s[55,22]	284.15	SoC_e[41,3]	315.15	g[57,8]	31.43		
x[42,70,11]	1	time_T[56,11]	540	SoC_s[56,11]	284.15	SoC_e[42,11]	315.15	g[58,20]	31.43		
x[43,71,8]	1	time_T[57,8]	555	SoC_s[57,8]	240.71	SoC_e[43,8]	271.72	g[59,8]	31.01		
x[44,54,24]	1	time_T[58,20]	570	SoC_s[58,20]	240.71	SoC_e[44,24]	271.72	g[60,20]	31.01		
x[45,72,20]	1	time_T[59,8]	290	SoC_s[59,8]	334.15	SoC_e[45,20]	271.72	g[61,24]	31.01		
x[46,73,9]	1	time_T[60,20]	310	SoC_s[60,20]	334.15	SoC_e[46,9]	315.15	g[62,18]	31.01		
x[47,74,17]	1	time_T[61,24]	330	SoC_s[61,24]	334.15	SoC_e[47,17]	271.72	g[63,17]	31.01		
x[48,75,2]	1	time_T[62,18]	350	SoC_s[62,18]	334.15	SoC_e[48,2]	271.72	g[64,2]	31.01		
x[49,76,21]	1	time_T[63,17]	365	SoC_s[63,17]	334.15	SoC_e[49,21]	270.47	g[65,10]	31.01		
x[50,82,10]	1	time_T[64,2]	380	SoC_s[64,2]	334.15	SoC_e[50,10]	252.72	g[66,16]	31.01		
x[51,78,18]	1	time_T[65,10]	395	SoC_s[65,10]	315.15	SoC_e[51,18]	271.72	g[67,4]	31.01		
x[52,82,16]	1	time_T[66,16]	410	SoC_s[66,16]	315.15	SoC_e[52,16]	252.72	g[68,22]	31.01		
x[53,79,4]	1	time_T[67,4]	425	SoC_s[67,4]	334.15	SoC_e[53,4]	271.72	g[69,3]	31.01		
x[54,80,24]	1	time_T[68,22]	440	SoC_s[68,22]	315.15	SoC_e[54,24]	227.03	g[70,11]	31.01		
x[55,82,22]	1	time_T[69,3]	455	SoC_s[69,3]	315.15	SoC_e[55,22]	252.72	g[71,8]	31.01		
x[56,82,11]	1	time_T[70,11]	465	SoC_s[70,11]	315.15	SoC_e[56,11]	252.72	g[72,20]	31.01		
x[57,82,8]	1	time_T[71,8]	480	SoC_s[71,8]	271.72	SoC_e[57,8]	209.28	g[73,9]	31.01		
x[58,82,20]	1	time_T[72,20]	495	SoC_s[72,20]	271.72	SoC_e[58,20]	209.28	g[74,17]	31.01		
x[59,43,8]	1	time_T[73,9]	510	SoC_s[73,9]	315.15	SoC_e[59,8]	303.14	g[75,2]	31.01		
x[60,45,20]	1	time_T[74,17]	525	SoC_s[74,17]	271.72	SoC_e[60,20]	303.14	g[76,21]	31.01		
x[61,44,24]	1	time_T[75,2]	535	SoC_s[75,2]	271.72	SoC_e[61,24]	303.14	g[77,3]	31.01		
x[62,51,18]	1	time_T[76,21]	550	SoC_s[76,21]	270.47	SoC_e[62,18]	303.14	g[78,18]	31.01		
x[63,47,17]	1	time_T[77,3]	560	SoC_s[77,3]	270.89	SoC_e[63,17]	303.14	g[79,4]	31.01		
x[64,48,2]	1	time_T[78,18]	575	SoC_s[78,18]	271.72	SoC_e[64,2]	303.14	g[80,24]	31.01		
x[65,50,10]	1	time_T[79,4]	585	SoC_s[79,4]	271.72	SoC_e[65,10]	284.15				
x[66,52,16]	1	time_T[80,24]	600	SoC_s[80,24]	227.03	SoC_e[66,16]	284.15				
x[67,53,4]	1	time_T[81,2]	648.18	SoC_s[81,2]	350	SoC_e[67,4]	303.14				
x[68,55,22]	1	time_T[81,3]	639.44	SoC_s[81,3]	236.46	SoC_e[68,22]	284.15				
x[69,77,3]	1	time_T[81,4]	664.44	SoC_s[81,4]	237.29	SoC_e[69,3]	284.15				
x[70,56,11]	1	time_T[81,9]	617.32	SoC_s[81,9]	350	SoC_e[70,11]	284.15				
x[71,57,8]	1	time_T[81,17]	638.18	SoC_s[81,17]	350	SoC_e[71,8]	240.71				
x[72,58,20]	1	time_T[81,18]	654.44	SoC_s[81,18]	237.29	SoC_e[72,20]	240.71				
x[73,33,9]	1	time_T[81,21]	658.49	SoC_s[81,21]	350	SoC_e[73,9]	284.15				
x[74,34,17]	1	time_T[81,24]	679.44	SoC_s[81,24]	192.6	SoC_e[74,17]	240.71				
x[75,35,2]	1	time_T[82,8]	627.52	SoC_s[82,8]	209.28	SoC_e[75,2]	240.71				
x[76,36,21]	1	time_T[82,10]	552.52	SoC_s[82,10]	252.72	SoC_e[76,21]	239.46				
x[77,81,3]	1	time_T[82,11]	612.52	SoC_s[82,11]	252.72	SoC_e[77,3]	239.88				
x[78,81,18]	1	time_T[82,16]	572.52	SoC_s[82,16]	252.72	SoC_e[78,18]	240.71				
x[79,81,4]	1	time_T[82,20]	642.52	SoC_s[82,20]	209.28	SoC_e[79,4]	240.71				
x[80,81,24]	1	time_T[82,22]	602.52	SoC_s[82,22]	252.72	SoC_e[80,24]	196.02				

Εικόνα Παραρτήματος I-14: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή Β9, δρομολόγια 0-22 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,4,25]	1	time_T[1,2]	648.18	SoC_s[4,25]	350	SoC_e[1,2]	350	g[31,8]	-238.42	y[2]	1
x[1,9,21]	1	time_T[1,3]	639.44	SoC_s[9,21]	350	SoC_e[1,3]	236.46	g[32,16]	-221.5	y[3]	1
x[1,35,23]	1	time_T[1,9]	617.32	SoC_s[31,8]	111.58	SoC_e[1,9]	350	g[33,20]	-238.42	y[8]	1
x[1,38,9]	1	time_T[1,17]	638.18	SoC_s[32,16]	128.5	SoC_e[1,17]	350	g[34,10]	31.43	y[9]	1
x[1,39,3]	1	time_T[1,21]	658.49	SoC_s[33,20]	111.58	SoC_e[1,21]	350	g[35,23]	31.43	y[10]	1
x[1,40,17]	1	time_T[2,8]	627.52	SoC_s[34,10]	239.46	SoC_e[1,23]	350	g[36,16]	31.43	y[11]	1
x[1,63,2]	1	time_T[2,10]	552.52	SoC_s[35,23]	346.58	SoC_e[1,25]	350	g[37,25]	31.43	y[16]	1
x[2,34,10]	1	time_T[2,11]	612.52	SoC_s[36,16]	239.46	SoC_e[2,8]	209.28	g[38,9]	31.43	y[17]	1
x[2,36,16]	1	time_T[2,16]	572.52	SoC_s[37,25]	346.58	SoC_e[2,10]	252.72	g[39,3]	31.43	y[20]	1
x[2,56,11]	1	time_T[2,20]	642.52	SoC_s[38,9]	346.58	SoC_e[2,11]	252.72	g[40,17]	31.43	y[21]	1
x[2,57,22]	1	time_T[2,22]	602.52	SoC_s[39,3]	233.04	SoC_e[2,16]	252.72	g[41,21]	31.43	y[22]	1
x[2,58,8]	1	time_T[4,25]	610	SoC_s[40,17]	346.58	SoC_e[2,20]	209.28	g[42,11]	31.43	y[23]	1
x[2,59,20]	1	time_T[9,21]	660	SoC_s[41,21]	346.58	SoC_e[2,22]	252.72	g[43,22]	31.43	y[25]	1
x[4,37,25]	1	time_T[31,8]	880	SoC_s[42,11]	221.29	SoC_e[4,25]	350	g[44,8]	31.43		
x[9,41,21]	1	time_T[32,16]	890	SoC_s[43,22]	221.29	SoC_e[9,21]	350	g[45,20]	31.43		
x[31,78,8]	1	time_T[33,20]	900	SoC_s[44,8]	177.85	SoC_e[31,8]	350	g[46,10]	31.43		
x[32,78,16]	1	time_T[34,10]	585	SoC_s[45,20]	177.85	SoC_e[32,16]	350	g[47,25]	31.43		
x[33,78,20]	1	time_T[35,23]	600	SoC_s[46,10]	176.61	SoC_e[33,20]	350	g[48,23]	31.43		
x[34,60,10]	1	time_T[36,16]	610	SoC_s[47,25]	301.89	SoC_e[34,10]	208.03	g[49,2]	31.43		
x[35,61,23]	1	time_T[37,25]	625	SoC_s[48,23]	283.73	SoC_e[35,23]	315.15	g[50,9]	31.43		
x[36,62,16]	1	time_T[38,9]	635	SoC_s[49,2]	302.72	SoC_e[36,16]	208.03	g[51,3]	31.43		
x[37,47,25]	1	time_T[39,3]	650	SoC_s[50,9]	283.73	SoC_e[37,25]	315.15	g[52,17]	31.43		
x[38,64,9]	1	time_T[40,17]	660	SoC_s[51,3]	170.19	SoC_e[38,9]	315.15	g[53,21]	31.43		
x[39,65,3]	1	time_T[41,21]	675	SoC_s[52,17]	283.73	SoC_e[39,3]	201.61	g[54,11]	31.43		
x[40,66,17]	1	time_T[42,11]	690	SoC_s[53,21]	283.73	SoC_e[40,17]	315.15	g[55,22]	31.43		
x[41,67,21]	1	time_T[43,22]	700	SoC_s[54,11]	158.44	SoC_e[41,21]	315.15	g[56,11]	31.43		
x[42,68,11]	1	time_T[44,8]	715	SoC_s[55,22]	158.44	SoC_e[42,11]	189.87	g[57,22]	31.43		
x[43,69,22]	1	time_T[45,20]	725	SoC_s[56,11]	252.72	SoC_e[43,22]	189.87	g[58,8]	31.43		
x[44,70,8]	1	time_T[46,10]	740	SoC_s[57,22]	252.72	SoC_e[44,8]	146.43	g[59,20]	31.43		
x[45,72,20]	1	time_T[47,25]	755	SoC_s[58,8]	209.28	SoC_e[45,20]	146.43	g[60,10]	31.43		
x[46,73,10]	1	time_T[48,23]	770	SoC_s[59,20]	209.28	SoC_e[46,10]	145.18	g[61,23]	31.43		
x[47,74,25]	1	time_T[49,2]	780	SoC_s[60,10]	208.03	SoC_e[47,25]	270.47	g[62,16]	31.43		
x[48,75,23]	1	time_T[50,9]	795	SoC_s[61,23]	315.15	SoC_e[48,23]	252.3	g[63,2]	31.43		
x[49,76,2]	1	time_T[51,3]	805	SoC_s[62,16]	208.03	SoC_e[49,2]	271.3	g[64,9]	31.43		
x[50,77,9]	1	time_T[52,17]	820	SoC_s[63,2]	334.15	SoC_e[50,9]	252.3	g[65,3]	31.43		
x[51,79,3]	1	time_T[53,21]	830	SoC_s[64,9]	315.15	SoC_e[51,3]	138.76	g[66,17]	31.43		
x[52,79,17]	1	time_T[54,11]	845	SoC_s[65,3]	201.61	SoC_e[52,17]	252.3	g[67,21]	31.43		
x[53,79,21]	1	time_T[55,22]	855	SoC_s[66,17]	315.15	SoC_e[53,21]	252.3	g[68,11]	31.43		
x[54,79,11]	1	time_T[56,11]	615	SoC_s[67,21]	315.15	SoC_e[54,11]	127.01	g[69,22]	31.43		
x[55,79,22]	1	time_T[57,22]	625	SoC_s[68,11]	189.87	SoC_e[55,22]	127.01	g[70,8]	31.43		
x[56,42,11]	1	time_T[58,8]	640	SoC_s[69,22]	189.87	SoC_e[56,11]	221.29	g[71,16]	31.43		
x[57,43,22]	1	time_T[59,20]	650	SoC_s[70,8]	146.43	SoC_e[57,22]	221.29	g[72,20]	31.43		
x[58,44,8]	1	time_T[60,10]	665	SoC_s[71,16]	163.34	SoC_e[58,8]	177.85	g[73,10]	31.43		
x[59,45,20]	1	time_T[61,23]	680	SoC_s[72,20]	146.43	SoC_e[59,20]	177.85	g[74,25]	31.43		
x[60,46,10]	1	time_T[62,16]	695	SoC_s[73,10]	145.18	SoC_e[60,10]	176.61	g[75,23]	31.43		
x[61,48,23]	1	time_T[63,2]	705	SoC_s[74,25]	270.47	SoC_e[61,23]	283.73	g[76,2]	31.43		
x[62,71,16]	1	time_T[64,9]	720	SoC_s[75,23]	252.3	SoC_e[62,16]	176.61	g[77,9]	31.43		
x[63,49,2]	1	time_T[65,3]	730	SoC_s[76,2]	271.3	SoC_e[63,2]	302.72				
x[64,50,9]	1	time_T[66,17]	745	SoC_s[77,9]	252.3	SoC_e[64,9]	283.73				
x[65,51,3]	1	time_T[67,21]	755	SoC_s[78,2]	236.45	SoC_e[65,3]	170.19				
x[66,52,17]	1	time_T[68,11]	770	SoC_s[78,8]	350	SoC_e[66,17]	283.73				
x[67,53,21]	1	time_T[69,22]	780	SoC_s[78,9]	217.46	SoC_e[67,21]	283.73				
x[68,54,11]	1	time_T[70,8]	790	SoC_s[78,10]	110.33	SoC_e[68,11]	158.44				
x[69,55,22]	1	time_T[71,16]	800	SoC_s[78,16]	350	SoC_e[69,22]	158.44				
x[70,31,8]	1	time_T[72,20]	810	SoC_s[78,20]	350	SoC_e[70,8]	115				
x[71,32,16]	1	time_T[73,10]	820	SoC_s[78,23]	217.46	SoC_e[71,16]	131.92				
x[72,33,20]	1	time_T[74,25]	830	SoC_s[78,25]	235.62	SoC_e[72,20]	115				
x[73,78,10]	1	time_T[75,23]	845	SoC_s[79,3]	138.76	SoC_e[73,10]	113.75				
x[74,78,25]	1	time_T[76,2]	855	SoC_s[79,11]	127.01	SoC_e[74,25]	239.04				
x[75,78,23]	1	time_T[77,9]	870	SoC_s[79,17]	252.3	SoC_e[75,23]	220.87				
x[76,78,2]	1	time_T[78,2]	935.41	SoC_s[79,21]	252.3	SoC_e[76,2]	239.87				
x[77,78,9]	1	time_T[78,8]	939.6	SoC_s[79,22]	127.01	SoC_e[77,9]	220.87				
		time_T[78,9]	950.41								
		time_T[78,10]	900.41								
		time_T[78,16]	945.38								
		time_T[78,20]	959.6								
		time_T[78,23]	925.41								
		time_T[78,25]	910.41								
		time_T[79,3]	877.52								
		time_T[79,11]	917.52								
		time_T[79,17]	892.52								
		time_T[79,21]	902.52								
		time_T[79,22]	927.52								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-15: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή Β9, δρομολόγια 22-44 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,38,4]	1	time_T[1,2]	935.41	SoC_s[13,3]	103.91	SoC_e[1,2]	236.45	g[13,3]	-246.09	y[2]	1
x[1,39,24]	1	time_T[1,10]	900.41	SoC_s[17,11]	92.16	SoC_e[1,4]	350	g[17,11]	-257.84	y[3]	1
x[1,40,18]	1	time_T[1,16]	945.38	SoC_s[19,22]	92.16	SoC_e[1,5]	350	g[19,22]	-257.84	y[4]	1
x[1,41,13]	1	time_T[1,25]	910.41	SoC_s[26,25]	165.93	SoC_e[1,10]	110.33	g[26,25]	-184.07	y[5]	1
x[1,42,5]	1	time_T[2,3]	877.52	SoC_s[30,17]	154.6	SoC_e[1,13]	350	g[30,17]	-195.4	y[10]	1
x[1,43,10]	1	time_T[2,11]	917.52	SoC_s[34,3]	299.31	SoC_e[1,16]	350	g[34,3]	-50.69	y[11]	1
x[1,44,25]	1	time_T[2,17]	892.52	SoC_s[35,21]	154.6	SoC_e[1,18]	350	g[35,21]	-195.4	y[13]	1
x[1,45,2]	1	time_T[2,21]	902.52	SoC_s[36,4]	217.46	SoC_e[1,24]	350	g[36,4]	-132.54	y[16]	1
x[1,46,16]	1	time_T[2,22]	927.52	SoC_s[37,18]	217.46	SoC_e[1,25]	235.62	g[37,18]	-132.54	y[17]	1
x[2,60,3]	1	time_T[13,3]	970	SoC_s[38,4]	346.58	SoC_e[2,3]	138.76	g[38,4]	31.43	y[18]	1
x[2,61,17]	1	time_T[17,11]	1010	SoC_s[39,24]	346.58	SoC_e[2,11]	127.01	g[39,24]	31.43	y[21]	1
x[2,62,21]	1	time_T[19,22]	1030	SoC_s[40,18]	346.58	SoC_e[2,17]	252.3	g[40,18]	31.43	y[22]	1
x[2,63,11]	1	time_T[26,25]	1100	SoC_s[41,13]	346.58	SoC_e[2,21]	252.3	g[41,13]	31.43	y[24]	1
x[2,64,22]	1	time_T[30,17]	1140	SoC_s[42,5]	346.58	SoC_e[2,22]	127.01	g[42,5]	31.43	y[25]	1
x[13,74,3]	1	time_T[34,3]	1180	SoC_s[43,10]	106.91	SoC_e[13,3]	350	g[43,10]	31.43		
x[17,54,11]	1	time_T[35,21]	1190	SoC_s[44,25]	232.2	SoC_e[17,11]	350	g[44,25]	31.43		
x[19,55,22]	1	time_T[36,4]	1200	SoC_s[45,2]	233.03	SoC_e[19,22]	350	g[45,2]	31.43		
x[26,59,25]	1	time_T[37,18]	1210	SoC_s[46,16]	346.58	SoC_e[26,25]	350	g[46,16]	31.43		
x[30,82,17]	1	time_T[38,4]	865	SoC_s[47,17]	220.87	SoC_e[30,17]	350	g[47,17]	31.43		
x[34,82,3]	1	time_T[39,24]	875	SoC_s[48,24]	301.89	SoC_e[34,3]	350	g[48,24]	31.43		
x[35,82,21]	1	time_T[40,18]	885	SoC_s[49,21]	220.87	SoC_e[35,21]	350	g[49,21]	31.43		
x[36,82,4]	1	time_T[41,13]	895	SoC_s[50,4]	283.73	SoC_e[36,4]	350	g[50,4]	31.43		
x[37,82,18]	1	time_T[42,5]	905	SoC_s[51,18]	283.73	SoC_e[37,18]	350	g[51,18]	31.43		
x[38,65,4]	1	time_T[43,10]	920	SoC_s[52,13]	283.73	SoC_e[38,4]	315.15	g[52,13]	31.43		
x[39,48,24]	1	time_T[44,25]	930	SoC_s[53,5]	283.73	SoC_e[39,24]	315.15	g[53,5]	31.43		
x[40,66,18]	1	time_T[45,2]	945	SoC_s[54,11]	346.58	SoC_e[40,18]	315.15	g[54,11]	31.43		
x[41,67,13]	1	time_T[46,16]	955	SoC_s[55,22]	346.58	SoC_e[41,13]	315.15	g[55,22]	31.43		
x[42,68,5]	1	time_T[47,17]	970	SoC_s[56,2]	170.18	SoC_e[42,5]	315.15	g[56,2]	31.43		
x[43,83,10]	1	time_T[48,24]	985	SoC_s[57,16]	283.73	SoC_e[43,10]	75.48	g[57,16]	31.43		
x[44,69,25]	1	time_T[49,21]	1005	SoC_s[58,24]	239.04	SoC_e[44,25]	200.77	g[58,24]	31.43		
x[45,70,2]	1	time_T[50,4]	1025	SoC_s[59,25]	346.58	SoC_e[45,2]	201.6	g[59,25]	31.43		
x[46,71,16]	1	time_T[51,18]	1040	SoC_s[60,3]	138.76	SoC_e[46,16]	315.15	g[60,3]	31.43		
x[47,72,17]	1	time_T[52,13]	1055	SoC_s[61,17]	252.3	SoC_e[47,17]	189.45	g[61,17]	31.43		
x[48,73,24]	1	time_T[53,5]	1070	SoC_s[62,21]	252.3	SoC_e[48,24]	270.47	g[62,21]	31.43		
x[49,75,21]	1	time_T[54,11]	1090	SoC_s[63,11]	127.01	SoC_e[49,21]	189.45	g[63,11]	31.43		
x[50,76,4]	1	time_T[55,22]	1105	SoC_s[64,22]	127.01	SoC_e[50,4]	252.3	g[64,22]	31.43		
x[51,77,18]	1	time_T[56,2]	1115	SoC_s[65,4]	315.15	SoC_e[51,18]	252.3	g[65,4]	31.43		
x[52,78,13]	1	time_T[57,16]	1130	SoC_s[66,18]	315.15	SoC_e[52,13]	252.3	g[66,18]	31.43		
x[53,79,5]	1	time_T[58,24]	1145	SoC_s[67,13]	315.15	SoC_e[53,5]	252.3	g[67,13]	31.43		
x[54,80,11]	1	time_T[59,25]	1155	SoC_s[68,5]	315.15	SoC_e[54,11]	315.15	g[68,5]	31.43		
x[55,81,22]	1	time_T[60,3]	880	SoC_s[69,25]	200.77	SoC_e[55,22]	315.15	g[69,25]	31.43		
x[56,83,2]	1	time_T[61,17]	895	SoC_s[70,2]	201.6	SoC_e[56,2]	138.75	g[70,2]	31.43		
x[57,83,16]	1	time_T[62,21]	910	SoC_s[71,16]	315.15	SoC_e[57,16]	252.3	g[71,16]	31.43		
x[58,83,24]	1	time_T[63,11]	925	SoC_s[72,17]	189.45	SoC_e[58,24]	207.61	g[72,17]	31.43		
x[59,83,25]	1	time_T[64,22]	935	SoC_s[73,24]	270.47	SoC_e[59,25]	315.15	g[73,24]	31.43		
x[60,13,3]	1	time_T[65,4]	945	SoC_s[74,3]	334.15	SoC_e[60,3]	107.33	g[74,3]	31.43		
x[61,47,17]	1	time_T[66,18]	960	SoC_s[75,21]	189.45	SoC_e[61,17]	220.87	g[75,21]	31.43		
x[62,49,21]	1	time_T[67,13]	975	SoC_s[76,4]	252.3	SoC_e[62,21]	220.87	g[76,4]	31.43		
x[63,17,11]	1	time_T[68,5]	990	SoC_s[77,18]	252.3	SoC_e[63,11]	95.58	g[77,18]	31.43		
x[64,19,22]	1	time_T[69,25]	1010	SoC_s[78,13]	252.3	SoC_e[64,22]	95.58	g[78,13]	31.43		
x[65,50,4]	1	time_T[70,2]	1025	SoC_s[79,5]	252.3	SoC_e[65,4]	283.73	g[79,5]	31.43		
x[66,51,18]	1	time_T[71,16]	1035	SoC_s[80,11]	315.15	SoC_e[66,18]	283.73	g[80,11]	31.43		
x[67,52,13]	1	time_T[72,17]	1050	SoC_s[81,22]	315.15	SoC_e[67,13]	283.73	g[81,22]	31.43		
x[68,53,5]	1	time_T[73,24]	1065	SoC_s[82,3]	350	SoC_e[68,5]	283.73				
x[69,26,25]	1	time_T[74,3]	1080	SoC_s[82,4]	350	SoC_e[69,25]	169.35				
x[70,56,2]	1	time_T[75,21]	1095	SoC_s[82,5]	217.46	SoC_e[70,2]	170.18				
x[71,57,16]	1	time_T[76,4]	1110	SoC_s[82,11]	280.31	SoC_e[71,16]	283.73				
x[72,30,17]	1	time_T[77,18]	1125	SoC_s[82,13]	217.46	SoC_e[72,17]	158.02				
x[73,58,24]	1	time_T[78,13]	1140	SoC_s[82,17]	350	SoC_e[73,24]	239.04				
x[74,34,3]	1	time_T[79,5]	1155	SoC_s[82,18]	350	SoC_e[74,3]	302.72				
x[75,35,21]	1	time_T[80,11]	1165	SoC_s[82,21]	350	SoC_e[75,21]	158.02				
x[76,36,4]	1	time_T[81,22]	1180	SoC_s[82,22]	280.31	SoC_e[76,4]	220.87				
x[77,37,18]	1	time_T[82,3]	1192.67	SoC_s[83,2]	138.75	SoC_e[77,18]	220.87				
x[78,82,13]	1	time_T[82,4]	1233.14	SoC_s[83,10]	75.48	SoC_e[78,13]	220.87				
x[79,82,5]	1	time_T[82,5]	1235.41	SoC_s[83,16]	252.3	SoC_e[79,5]	220.87				
x[80,82,11]	1	time_T[82,11]	1245.41	SoC_s[83,24]	207.61	SoC_e[80,11]	283.73				
x[81,82,22]	1	time_T[82,13]	1220.41	SoC_s[83,25]	315.15	SoC_e[81,22]	283.73				
		time_T[82,17]	1188.85								
		time_T[82,18]	1243.14								
		time_T[82,21]	1238.85								
		time_T[82,22]	1260.41								
		time_T[83,2]	1187.52								
		time_T[83,10]	992.52								
		time_T[83,16]	1202.52								
		time_T[83,24]	1217.52								
		time_T[83,25]	1227.52								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-16: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή Β9, δρομολόγια 44-66 ανά κατεύθυνση.

x	x value	time_T	time_T value	SoC_s	SoC_s value	SoC_e	SoC_e value	g	g value	y	y value
x[1,4,9]	1	time_T[1,3]	1192.67	SoC_s[4,9]	350	SoC_e[1,3]	350	g[27,3]	-69.69	y[2]	1
x[1,6,3]	1	time_T[1,4]	1233.14	SoC_s[6,3]	350	SoC_e[1,4]	350	g[29,4]	-69.69	y[3]	1
x[1,10,21]	1	time_T[1,17]	1188.85	SoC_s[10,21]	350	SoC_e[1,8]	350	g[30,25]	-113.55	y[4]	1
x[1,34,20]	1	time_T[1,21]	1238.85	SoC_s[27,3]	280.31	SoC_e[1,9]	350	g[32,16]	-195.4	y[8]	1
x[1,35,23]	1	time_T[2,2]	1187.52	SoC_s[29,4]	280.31	SoC_e[1,17]	350	g[33,23]	-113.55	y[9]	1
x[1,38,17]	1	time_T[2,16]	1202.52	SoC_s[30,25]	236.45	SoC_e[1,20]	350	g[34,20]	31.43	y[16]	1
x[1,39,4]	1	time_T[2,25]	1227.52	SoC_s[32,16]	154.6	SoC_e[1,21]	350	g[35,23]	31.43	y[17]	1
x[1,50,8]	1	time_T[4,9]	1180	SoC_s[33,23]	236.45	SoC_e[1,23]	350	g[36,9]	31.43	y[20]	1
x[2,51,16]	1	time_T[6,3]	1200	SoC_s[34,20]	346.58	SoC_e[2,2]	138.75	g[37,3]	31.43	y[21]	1
x[2,52,2]	1	time_T[10,21]	1240	SoC_s[35,23]	346.58	SoC_e[2,16]	252.3	g[38,17]	31.43	y[23]	1
x[2,53,25]	1	time_T[27,3]	1410	SoC_s[36,9]	346.58	SoC_e[2,25]	315.15	g[39,4]	31.43	y[25]	1
x[4,36,9]	1	time_T[29,4]	1430	SoC_s[37,3]	346.58	SoC_e[4,9]	350	g[40,21]	31.43		
x[6,37,3]	1	time_T[30,25]	1440	SoC_s[38,17]	346.58	SoC_e[6,3]	350	g[41,8]	31.43		
x[10,40,21]	1	time_T[32,16]	1460	SoC_s[39,4]	346.58	SoC_e[10,21]	350	g[42,16]	31.43		
x[27,63,3]	1	time_T[33,23]	1470	SoC_s[40,21]	346.58	SoC_e[27,3]	350	g[43,2]	31.43		
x[29,63,4]	1	time_T[34,20]	1170	SoC_s[41,8]	302.72	SoC_e[29,4]	350	g[44,25]	31.43		
x[30,63,25]	1	time_T[35,23]	1185	SoC_s[42,16]	220.87	SoC_e[30,25]	350	g[45,20]	31.43		
x[32,63,16]	1	time_T[36,9]	1200	SoC_s[43,2]	107.32	SoC_e[32,16]	350	g[46,23]	31.43		
x[33,63,23]	1	time_T[37,3]	1215	SoC_s[44,25]	283.72	SoC_e[33,23]	350	g[47,9]	31.43		
x[34,54,20]	1	time_T[38,17]	1230	SoC_s[45,20]	283.73	SoC_e[34,20]	315.15	g[48,17]	31.43		
x[35,55,23]	1	time_T[39,4]	1245	SoC_s[46,23]	283.73	SoC_e[35,23]	315.15	g[49,8]	31.43		
x[36,56,9]	1	time_T[40,21]	1260	SoC_s[47,9]	283.73	SoC_e[36,9]	315.15	g[50,8]	31.43		
x[37,58,3]	1	time_T[41,8]	1275	SoC_s[48,17]	283.73	SoC_e[37,3]	315.15	g[51,16]	31.43		
x[38,57,17]	1	time_T[42,16]	1290	SoC_s[49,8]	258.04	SoC_e[38,17]	315.15	g[52,2]	31.43		
x[39,59,4]	1	time_T[43,2]	1305	SoC_s[50,8]	334.15	SoC_e[39,4]	315.15	g[53,25]	31.43		
x[40,61,21]	1	time_T[44,25]	1325	SoC_s[51,16]	252.3	SoC_e[40,21]	315.15	g[54,20]	31.43		
x[41,49,8]	1	time_T[45,20]	1340	SoC_s[52,2]	138.75	SoC_e[41,8]	271.3	g[55,23]	31.43		
x[42,60,16]	1	time_T[46,23]	1360	SoC_s[53,25]	315.15	SoC_e[42,16]	189.45	g[56,9]	31.43		
x[43,64,2]	1	time_T[47,9]	1385	SoC_s[54,20]	315.15	SoC_e[43,2]	75.9	g[57,17]	31.43		
x[44,30,25]	1	time_T[48,17]	1410	SoC_s[55,23]	315.15	SoC_e[44,25]	252.3	g[58,3]	31.43		
x[45,62,20]	1	time_T[49,8]	1440	SoC_s[56,9]	315.15	SoC_e[45,20]	252.3	g[59,4]	31.43		
x[46,33,23]	1	time_T[50,8]	1195	SoC_s[57,17]	315.15	SoC_e[46,23]	252.3	g[60,16]	31.43		
x[47,64,9]	1	time_T[51,16]	1210	SoC_s[58,3]	315.15	SoC_e[47,9]	252.3	g[61,21]	31.43		
x[48,64,17]	1	time_T[52,2]	1225	SoC_s[59,4]	315.15	SoC_e[48,17]	252.3	g[62,20]	31.43		
x[49,64,8]	1	time_T[53,25]	1240	SoC_s[60,16]	189.45	SoC_e[49,8]	226.61				
x[50,41,8]	1	time_T[54,20]	1260	SoC_s[61,21]	315.15	SoC_e[50,8]	302.72				
x[51,42,16]	1	time_T[55,23]	1275	SoC_s[62,20]	252.3	SoC_e[51,16]	220.87				
x[52,43,2]	1	time_T[56,9]	1290	SoC_s[63,3]	350	SoC_e[52,2]	107.32				
x[53,44,25]	1	time_T[57,17]	1305	SoC_s[63,4]	350	SoC_e[53,25]	283.72				
x[54,45,20]	1	time_T[58,3]	1320	SoC_s[63,16]	350	SoC_e[54,20]	283.73				
x[55,46,23]	1	time_T[59,4]	1340	SoC_s[63,20]	217.46	SoC_e[55,23]	283.73				
x[56,47,9]	1	time_T[60,16]	1365	SoC_s[63,21]	280.31	SoC_e[56,9]	283.73				
x[57,48,17]	1	time_T[61,21]	1390	SoC_s[63,23]	350	SoC_e[57,17]	283.73				
x[58,27,3]	1	time_T[62,20]	1420	SoC_s[63,25]	350	SoC_e[58,3]	283.73				
x[59,29,4]	1	time_T[63,3]	1427.42	SoC_s[64,2]	75.9	SoC_e[59,4]	283.73				
x[60,32,16]	1	time_T[63,4]	1447.42	SoC_s[64,8]	226.61	SoC_e[60,16]	158.02				
x[61,63,21]	1	time_T[63,16]	1508.85	SoC_s[64,9]	252.3	SoC_e[61,21]	283.73				
x[62,63,20]	1	time_T[63,20]	1500.41	SoC_s[64,17]	252.3	SoC_e[62,20]	220.87				
		time_T[63,21]	1470.41								
		time_T[63,23]	1498.39								
		time_T[63,25]	1468.39								
		time_T[64,2]	1377.52								
		time_T[64,8]	1512.52								
		time_T[64,9]	1457.52								
		time_T[64,17]	1482.52								

Εικόνα Παραρτήματος Ι-17: Αποτελέσματα για την λεωφορειακή γραμμή Β9, δρομολόγια 66-88 ανά κατεύθυνση

Παράρτημα II : Δεδομένα που εισάγονται για τον υπολογισμό των χρονικών τμημάτων.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
0	1	6	350	1010.27	7	5
1	1	7	192.73	980.94	8	6
2	1	8	350	946.69	9	10
3	1	12	350	926.69	13	12
10	1	14	350	839.32	15	
13	1	4	153.5	945.53	1	
		5	124.01	1010.53	2	
		9	310.77	915.53	3	
		11	123.83	975.53	4	
					11	
					14	

Εικόνα Παραρτήματος II-1: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 140.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
6	1	1	350.0	600.69	2	1
9	1	2	221.86	628.84	3	6
10	1	3	267.23	583.84	4	17
11	1	4	350.0	590.69	5	22
13	1	7	350.0	580.69	8	26
17	1	8	221.86	593.84	9	28
18	1	12	267.23	608.84	13	29
19	1	14	350.0	560.69	15	
22	1	15	350.0	570.69	16	
23	1	20	267.23	643.84	21	
26	1	24	267.23	618.84	25	
29	1	0	262.52	575.25	7	
		5	235.45	585.25	10	
		16	235.45	605.25	11	
		21	262.52	565.25	12	
		25	262.52	535.25	14	
		27	262.52	555.25	18	
		28	262.52	595.25	19	
					20	
					23	
					24	
					27	
					30	

Εικόνα Παραρτήματος II-2: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
6	1	1	350.0	784.29	2	6
9	1	2	137.64	837.18	3	16
10	1	3	265.78	817.18	4	17
13	1	4	265.78	797.18	5	22
17	1	7	350.0	811.05	8	24
18	1	8	137.64	807.18	9	26
19	1	11	350.0	771.05	12	27
22	1	12	183.01	827.18	13	
		14	350.0	801.05	15	
		20	183.01	857.18	21	
		27	146.52	847.18	28	
		29	350.0	781.05	30	
		5	161.56	780.25	1	
		15	261.08	790.25	7	
		16	161.56	800.25	10	
		21	188.63	760.25	11	
		23	234.0	820.25	14	
		25	188.63	770.25	18	
		26	234.0	810.25	19	
					20	
					23	
					25	
					29	

Εικόνα Παραρτήματος II-3: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
6	1	0	350.0	991.05	1	16
9	1	1	350.0	1021.05	2	27
10	1	3	181.56	1027.18	4	29
17	1	4	181.56	1017.18	5	
19	1	5	72.64	1009.95	6	
		7	265.78	1047.18	8	
		11	350.0	1001.05	12	
		12	98.79	1037.18	13	
		14	265.78	1007.18	15	
		16	72.64	1029.95	17	
		21	72.63	1057.18	22	
		22	218.97	1064.95	23	
		24	350.0	981.05	25	
		25	72.63	1067.18	26	
		29	350.0	1011.05	30	
		15	187.19	985.25	3	
		26	160.11	1005.25	7	
		28	234.0	1020.25	9	
					10	
					11	
					14	
					18	
					19	
					20	
					21	
					24	
					28	

Εικόνα Παραρτήματος II-4: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
6	1	0	218.97	1322.18	1	8
9	1	1	350.0	1251.05	2	19
10	1	2	209.54	1292.18	3	21
17	1	8	350.0	1261.05	9	28
19	1	11	350.0	1241.05	12	
		13	218.97	1282.18	14	
		15	350.0	1272.93	16	
		23	218.97	1267.18	24	
		24	350.0	1221.05	25	
		26	350.0	1319.7	27	
		28	118.0	1307.18	29	
		29	265.78	1252.18	30	
		7	167.43	1275.25	4	
		18	234.0	1245.25	5	
		20	234.0	1230.25	6	
		27	234.0	1260.25	7	
					10	
					11	
					13	
					15	
					17	
					18	
					20	
					22	
					23	
					26	

Εικόνα Παραρτήματος II-5: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του πέμπτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 550.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
0	1	4	237.97	623.21	5	3
1	1	11	350	608.01	12	4
5	1	15	350	618.01	16	7
8	1	17	350	589.98	18	8
13	1	21	237.97	616.21	22	10
14	1	24	237.97	636.21	25	11
19	1	32	350	579.98	33	13
20	1	2	239.89	644.79	1	17
22	1	3	271.99	598.79	2	19
25	1	6	278.79	569.02	6	24
26	1	7	247.62	587.02	9	29
27	1	9	273.71	593.02	14	30
34	1	10	271.99	591.79	15	31
35	1	12	310.9	563.02	20	32
36	1	16	271.99	576.79	21	34
39	1	18	310.9	575.02	23	38
		23	247.62	612.02	26	39
		28	271.99	624.79	27	
		29	247.62	581.02	28	
		30	271.99	637.79	35	
		31	239.89	650.79	36	
		33	247.62	599.02	37	
		37	247.62	605.02	40	
		38	239.89	605.79		

Εικόνα Παραρτήματος II-6: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
1	1	10	350	818.57	11	1
5	1	32	350	809.55	33	3
13	1	33	350	844.67	34	4
14	1	0	243.33	804.81	2	7
22	1	2	178.34	795.02	5	8
25	1	3	173.25	848.81	6	9
27	1	6	180.05	807.02	14	10
34	1	7	148.88	830.81	15	12
35	1	8	249.34	801.02	16	13
36	1	9	174.97	842.81	18	17
		11	273.71	797.81	23	19
		12	212.16	823.81	25	20
		16	173.25	825.02	26	21
		18	212.16	813.02	28	22
		19	249.34	777.02	31	24
		20	212.16	860.81	32	27
		21	161.68	819.02	35	29
		23	186.07	789.02	36	30
		26	236.53	810.81	37	38
		28	210.44	783.02		39
		29	148.88	817.81		40
		37	148.88	854.81		
		38	165.52	783.81		
		39	236.53	836.81		

Εικόνα Παραρτήματος II-7: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
1	1	2	350	1041.99	3	1
13	1	6	350	1061.56	7	5
14	1	8	350	1034.24	9	6
22	1	23	85.41	1038.23	24	11
25	1	38	89.23	970.23	39	12
27	1	0	144.59	1045.81	2	13
34	1	4	249.34	998.02	4	16
35	1	5	249.34	1022.02	8	17
36	1	10	273.71	1009.81	10	18
		11	174.97	1039.81	14	19
		12	150.61	974.02	15	20
		15	249.34	980.02	21	22
		16	98.88	1015.81	23	25
		17	249.34	992.02	26	27
		18	113.42	1057.81	28	29
		19	150.6	1016.02	35	30
		21	87.31	997.81	36	31
		24	249.34	1004.02	37	32
		26	137.79	1051.81	38	33
		28	111.7	1021.81	40	34
		29	74.51	1003.81		
		30	249.34	1010.02		
		31	249.34	986.02		
		32	273.71	991.81		
		33	273.71	1027.81		

Εικόνα Παραρτήματος II-8: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
13	1	12	350	1247.22	13	2
14	1	15	350	1214.24	16	4
22	1	19	350	1268.92	20	5
27	1	24	350	1234.24	25	6
		28	350	1209.35	29	8
		1	236.53	1205.81	1	10
		3	249.34	1205.02	3	11
		4	150.6	1247.81	7	18
		5	174.97	1198.81	9	21
		7	249.34	1221.02	12	26
		9	249.34	1229.02	14	31
		10	174.97	1262.81	15	32
		17	150.6	1237.02	17	33
		20	243.33	1219.81	19	34
		25	249.34	1189.02	22	35
		30	150.6	1254.81	23	36
		31	150.6	1226.81	24	37
		32	174.97	1245.02	27	38
		33	199.34	1240.81	28	40
		34	249.34	1181.02	30	
		35	249.34	1197.02	39	
		36	249.34	1213.02		
		37	243.33	1212.81		
		39	243.33	1233.81		

Εικόνα Παραρτήματος II-9: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του πέμπτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής 608.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
0	1	1	350	648.18	2	8
4	1	2	236.46	639.44	3	10
5	1	3	237.29	664.44	4	11
6	1	8	350	617.32	9	16
11	1	16	350	638.18	17	20
12	1	17	237.29	654.44	18	22
13	1	20	350	658.49	21	
14	1	23	192.6	679.44	24	
18	1	7	209.28	627.52	1	
22	1	9	252.72	552.52	5	
24	1	10	252.72	612.52	6	
		15	252.72	572.52	7	
		19	209.28	642.52	12	
		21	252.72	602.52	13	
					14	
					15	
					19	
					23	
					25	

Εικόνα Παραρτήματος II-10: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του δεύτερου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής Β9.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
0	1	1	236.45	935.41	2	3
4	1	7	350	939.6	8	11
5	1	8	217.46	950.41	9	17
6	1	9	110.33	900.41	10	21
11	1	15	350	945.38	16	22
12	1	19	350	959.6	20	
13	1	22	217.46	925.41	23	
14	1	24	235.62	910.41	25	
18	1	2	138.76	877.52	1	
		10	127.01	917.52	4	
		16	252.3	892.52	5	
		20	252.3	902.52	6	
		21	127.01	927.52	7	
					12	
					13	
					14	
					15	
					18	
					19	
					24	

Εικόνα Παραρτήματος II-11: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τρίτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής Β9.

beta_index	beta_value	starting_index	starting_SOC_value	starting_time_value	K1_index	K2_index
0	1	2	350	1192.67	3	2
5	1	3	350	1233.14	4	10
6	1	4	217.46	1235.41	5	16
11	1	10	280.31	1245.41	11	24
13	1	12	217.46	1220.41	13	25
14	1	16	350	1188.85	17	
18	1	17	350	1243.14	18	
		20	350	1238.85	21	
		21	280.31	1260.41	22	
		1	138.75	1187.52	1	
		9	75.48	992.52	6	
		15	252.3	1202.52	7	
		23	207.61	1217.52	8	
		24	315.15	1227.52	9	
					12	
					14	
					15	
					19	
					20	
					23	

Εικόνα Παραρτήματος II-12: Απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό του τέταρτου χρονικού τμήματος της λεωφορειακής γραμμής Β9.

Παράρτημα ΙΙΙ : Διαστήματα Υπηρεσίας

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-1: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	283.23	1355.38
2	2	328.23	1290.94
3	3	378.23	1229.46
4	4	369.15	1310.38

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-2: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	3	380	1296.89
2	6	325	1302.82
3	7	370	1317.28
4	10	420	1341.89

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-3: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block id	Bus No	release	deadline
1	3	380	870.00
2	3	1020	1296.89
3	6	325	750
4	6	840	1260.00
5	7	370	460
6	7	495	1250
7	10	420	1160
8	10	1245	1341.89

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-4:Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	314	1477.51
2	2	339	1399.11
3	3	349	1429.11
4	4	288.23	1429.11
5	5	318.23	1489.11
6	6	323.23	1402.51
7	7	348.23	1417.51
8	8	353.23	1447.51
9	9	378.23	1519.11
10	10	383.23	1329.11
11	11	403.23	1339.11
12	12	453.23	1459.11
13	13	473.23	1459.11
14	14	478.23	1489.11
15	15	518.23	1447.51
16	16	918.23	1364.11

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-5:Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	365	659.45
2	1	840	1137.34
3	2	330	1196.8
4	3	400	637.34
5	3	860	1411.22
6	4	610	1171.22
7	5	515	924.45
8	5	1110	1445.28
9	7	400	661.64
10	7	835	1426.15
11	8	410	687.34
12	8	840	1172.34
13	10	450	947.34
14	10	1085	1476.63
15	11	420	643.03
16	11	643.03	919.45
17	11	1125	1447.34
18	12	595	1131.22
19	14	410	667.34
20	14	900	1140.28
21	14	1140.28	1417.34
22	15	640	928.64
23	15	1090	1448.64
24	16	390	914.22
25	16	914.22	1447.34
26	17	365	679.63
27	17	679.63	1125.28
28	18	390	633.03
29	18	633.03	1143.23
30	18	1143.23	1477.34
31	19	585	946.63
32	19	1070	1417.34
33	20	360	917.62
34	20	917.62	1479.55
35	22	395	664.45
36	22	855	1157.34
37	23	575	1161.22
38	24	635	918.64
39	24	1055	1446.63
40	25	390	653.03
41	25	860	1449.83

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-6:Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block	Bus No	release	deadline
1	1	365	500
2	1	555	659.45
3	1	840	1137.34
4	2	330	440
5	2	490	1130
6	3	400	637.34
7	3	860	1360
8	4	610	1120
9	5	515	924.45
10	5	1110	1445.28
11	7	400	640
12	7	835	1370
13	8	410	687.34
14	8	840	1172.34
15	10	450	947.34
16	10	1085	1440
17	11	420	620
18	11	643.03	919.45
19	11	1125	1310
20	11	1380	1447.34
21	12	595	1131.22
22	14	410	667.34
23	14	900	1140.28
24	14	1140.28	1350
25	15	640	900
26	15	1090	1420
27	16	390	870
28	16	914.22	1447.34
29	17	365	650
30	17	679.63	1125.28
31	18	390	610
32	18	633.03	1100
33	18	1143.23	1477.34
34	19	585	910
35	19	1070	1417.34
36	20	360	470
37	20	520	880
38	20	917.62	1430
39	22	395	664.45
40	22	855	1157.34
41	23	575	1110
42	24	635	890
43	24	1055	1410
44	25	390	630
45	25	860	1400

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-7: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	360	1451.61
2	2	390	1085.94
3	3	420	1345.94
4	4	445	1296.61
5	5	318.92	1351.61
6	6	348.92	1381.61
7	7	378.92	1416.61
8	8	403.92	1221.61
9	9	523.92	1380.94

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-8: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	945	1340.53
2	5	445	1369.51
3	6	475	1380.53
4	7	390	1010.27
5	8	420	980.94
6	8	980.94	1375.53
7	9	410	946.69
8	9	946.69	1310.53
9	10	390	1339.61
10	12	360	1410.53
11	13	370	926.69
12	13	926.69	1323.11
13	15	360	839.32
14	15	839.33	1269.61

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-9: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	945	1250
2	5	445	1080
3	5	1140	1350
4	6	475	1120
5	6	1195	1380.53
6	7	390	950
7	8	420	980.94
8	8	980.94	1220
9	8	1285	1375.53
10	9	410	900
11	9	946.69	1180
12	9	1220	1310.53
13	10	390	760
14	10	825	1090
15	10	1115	1320
16	12	360	1010
17	12	1090	1280
18	12	1320	1410.53
19	13	370	880
20	13	926.69	1290
21	15	360	800
22	15	839.32	1020
23	15	1035	1250

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-10: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	294.69	1272.23
2	2	314.69	1033.02
3	3	329.69	1297.23
4	4	339.69	1481.92
5	5	349.69	1448.02
6	6	359.69	1527.23
7	7	369.69	1483.02
8	8	379.69	1498.02
9	9	389.69	1513.02
10	10	429.69	1437.23
11	11	469.69	1203.02
12	12	272.23	1528.02
13	13	292.23	1348.02
14	14	307.23	1148.02
15	15	322.23	1373.02
16	16	337.23	1457.23
17	17	347.23	1398.02
18	18	372.23	1482.23

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-11: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	395	575.25
2	1	775	991.05
3	1	991.05	1322.18
4	2	390	600.69
5	2	600.69	784.29
6	2	784.29	1021.05
7	2	1021.05	1251.05
8	2	1251.05	1452.18
9	3	355	628.84
10	3	628.84	837.18
11	3	965	1292.18
12	4	360	583.84
13	4	583.84	817.18
14	4	817.18	1027.18
15	4	1230	1465.25
16	5	340	590.69
17	5	590.69	797.18
18	5	797.18	1017.18
19	5	1215	1431.05
20	6	315	1009.95
21	6	1240	1522.18
22	8	350	580.69
23	8	580.69	811.05
24	8	811.05	1047.18
25	8	1047.18	1275.25
26	9	320	593.84
27	9	593.84	807.18
28	9	1025	1261.05
29	9	1261.05	1464.29
30	12	555	771.05
31	12	771.05	1001.05
32	12	1001.05	1241.05
33	12	1241.05	1431.05
34	13	420	608.84
35	13	608.84	827.18
36	13	827.18	1037.18
37	13	1225	1480.25
38	14	1000	1282.18
39	15	350	560.69
40	15	560.69	801.05
41	15	801.05	1007.18
42	15	1205	1450.25
43	16	330	570.69
44	16	570.69	1272.93
45	17	335	1029.95
46	17	1280	1477.18
47	19	960	1245.25
48	21	410	643.84
49	21	643.84	857.18
50	21	955	1230.25
51	22	385	1057.18
52	22	1255	1394.29
53	23	745	1064.95
54	23	1240	1461.05
55	24	545	820.25
56	24	980	1267.18
57	25	430	618.84
58	25	750	981.05
59	25	981.05	1221.05
60	25	1221.05	1384.29
61	26	340	1067.18
62	26	1255	1435.25
63	27	530	1319.7
64	28	370	847.18
65	28	985	1260.25
66	29	420	595.25
67	29	755	1307.18
68	30	550	781.05
69	30	781.05	1011.05
70	30	1011.05	1252.18

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-12: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	395	575.25
2	1	775	970
3	1	991.05	1322.18
4	2	390	580
5	2	600.69	770
6	2	784.29	1000
7	2	1021.05	1230
8	2	1251.05	1452.18
9	3	355	628.84
10	3	628.84	837.18
11	3	965	1292.18
12	4	360	583.84
13	4	583.84	590
14	4	625	817.18
15	4	817.18	1027.18
16	4	1230	1465.25
17	5	340	570
18	5	590.69	797.18
19	5	797.18	1017.18
20	5	1215	1410
21	6	315	1009.95
22	6	1240	1522.18
23	8	350	560
24	8	580.69	790
25	8	811.05	1047.18
26	8	1047.18	1275.25
27	9	320	593.84
28	9	593.84	807.18
29	9	1025	1240
30	9	1261.05	1450
31	12	555	750
32	12	771.05	980
33	12	1001.05	1220
34	12	1241.05	1431.05
35	13	420	608.84
36	13	608.84	827.18
37	13	827.18	1037.18
38	13	1225	1360
39	13	1395	1480.25
40	14	1000	1282.18
41	15	350	540
42	15	560.69	780
43	15	801.05	1007.18
44	15	1205	1330
45	15	1365	1450.25
46	16	330	560
47	16	570.69	1210
48	17	335	1029.95
49	17	1280	1477.18
50	19	960	1245.25
51	21	410	643.84
52	21	643.84	857.18
53	21	955	1230.25
54	22	385	1057.18
55	22	1255	1380
56	23	745	1064.95
57	23	1240	1440
58	24	545	820.25
59	24	980	1267.18
60	25	430	618.84
61	25	750	960
62	25	981.05	1200
63	25	1221.05	1370
64	26	340	1067.18
65	26	1255	1435.25
66	27	530	1250
67	28	370	847.18
68	28	985	1260.25
69	29	420	595.25
70	29	755	1307.18
71	30	550	760
72	30	781.05	990
73	30	1011.05	1252.18

Πίνακας Παραρτήματος III-13: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	261.46	1357.94
2	2	276.46	1319.54
3	3	291.46	1163.54
4	4	306.46	1493.54
5	5	316.46	1181.54
6	6	326.46	1508.54
7	7	346.46	1425.94
8	8	364.46	1455.94
9	9	385.46	1485.94
10	10	405.46	1433.54
11	11	423.46	1468.54
12	12	435.46	1151.54
13	13	453.46	1478.54
14	14	471.46	1405.94
15	15	697.46	1470.94
16	16	740.46	1458.54
17	17	275.08	1205.54
18	18	290.08	1445.94
19	19	305.08	1397.54
20	20	315.08	1405.54
21	21	325.08	1268.54
22	22	335.08	1333.94
23	23	345.08	1448.54
24	24	375.08	1157.54
25	25	411.08	1349.54
26	26	441.08	1528.54

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-14: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	567	1045.81
2	1	1182	1379.55
3	2	957	1461.02
4	3	400	1041.99
5	4	300	848.81
6	4	981	1465.81
7	5	380	623.21
8	5	779	1247.81
9	6	799	1401.02
10	7	420	1061.56
11	7	1206	1409.55
12	8	345	830.81
13	8	970	1442.54
14	9	572	1034.24
15	9	1184	1457.15
16	10	431	842.81
17	10	980	1229.02
18	11	360	818.57
19	11	818.57	1262.02
20	12	300	608.01
21	12	608.01	1039.81
22	12	1206	1389.35
23	13	330	1247.22
24	16	340	618.01
25	16	760	1214.24
26	16	1214.24	1429.55
27	17	410	1015.81
28	18	395	589.98
29	18	773	1237.02
30	19	360	1057.81
31	19	1244	1440.81
32	20	556	1268.92
33	21	548	860.81
34	21	984	1219.81
35	22	370	616.21
36	22	616.21	997.81
37	22	1192	1467.15
38	24	355	1038.23
39	24	1214	1446.02
40	25	300	636.21
41	25	786	1234.24
42	26	969	1324.94
43	27	564	1051.81
44	27	1198	1431.02
45	29	315	1209.35
46	29	1209.35	1500.81
47	30	315	1003.81
48	31	330	637.79
49	31	792	1254.81
50	32	410	650.79
51	32	766	1488.92
52	33	310	579.98
53	33	579.98	809.55
54	33	831	1245.02
55	34	375	844.67
56	34	844.67	1240.81
57	35	963	1416.44
58	36	975	1197.02
59	37	987	1480.81
60	38	385	854.81
61	38	978	1450.81
62	39	350	970.23
63	39	1190	1421.02
64	40	580	836.81
65	40	996	1233.81

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-15: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή 608 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	567	1045.81
2	1	1182	1360
3	2	957	1461.02
4	3	400	980
5	4	300	390
6	4	437	848.81
7	4	981	1465.81
8	5	380	623.21
9	5	779	1247.81
10	6	799	1401.02
11	7	420	1000
12	7	1206	1390
13	8	345	830.81
14	8	970	1400
15	9	572	990
16	9	1184	1430
17	10	431	842.81
18	10	980	1229.02
19	11	360	780
20	11	818.57	1262.02
21	12	300	580
22	12	608.01	1039.81
23	12	1206	1370
24	13	330	430
25	13	492	1180
26	16	340	590
27	16	760	1170
28	16	1214.24	1410
29	17	410	1015.81
30	18	395	570
31	18	773	1237.02
32	19	360	460
33	19	504	1057.81
34	19	1244	1440.81
35	20	556	1200
36	21	548	860.81
37	21	984	1219.81
38	22	370	616.21
39	22	616.21	997.81
40	22	1192	1440
41	24	355	1038.23
42	24	1214	1446.02
43	25	300	636.21
44	25	786	1190
45	26	969	1290
46	27	564	1051.81
47	27	1198	1431.02
48	29	315	420
49	29	462	1140
50	29	1209.35	1500.81
51	30	315	1003.81
52	31	330	440
53	31	474	637.79
54	31	792	1254.81
55	32	410	650.79
56	32	766	1420
57	33	310	560
58	33	579.98	790
59	33	831	1245.02
60	34	375	800
61	34	844.67	1240.81
62	35	963	1380
63	36	975	1197.02
64	37	987	1480.81
65	38	385	854.81
66	38	978	1450.81
67	39	350	970.23
68	39	1190	1421.02
69	40	580	836.81
70	40	996	1233.81

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-16: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή Β9 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

block id	Bus No	release	deadline
1	1	298.23	1101.83
2	2	318.23	1301.83
3	3	333.23	1028.33
4	4	348.23	1373.33
5	5	383.23	1556.83
6	6	408.23	1406.83
7	7	468.23	1121.83
8	8	498.23	1476.83
9	9	245.69	1501.83
10	10	265.69	1526.83
11	11	285.69	1448.33
12	12	305.69	1473.33
13	13	320.69	1441.83
14	14	335.69	1503.33

Πίνακας Παραρτήματος III-17: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

block id	Bus No	release	deadline
1	2	380	648.18
2	2	648.18	935.41
3	2	935.41	1377.52
4	3	350	639.44
5	3	639.44	1192.67
6	3	1192.67	1427.42
7	4	360	664.44
8	4	865	1233.14
9	4	1233.14	1447.42
10	5	905	1235.41
11	8	290	939.6
12	8	1195	1512.52
13	9	435	617.32
14	9	617.32	950.41
15	9	1180	1457.52
16	10	310	900.41
17	10	900.41	992.52
18	11	385	1245.41
19	13	895	1220.41
20	16	330	945.38
21	16	945.38	1508.85
22	17	365	638.18
23	17	638.18	1188.85
24	17	1188.85	1482.52
25	18	350	654.44
26	18	885	1243.14
27	20	310	959.6
28	20	1170	1500.41
29	21	345	658.49
30	21	658.49	1238.85
31	21	1238.85	1470.41
32	22	360	1260.41
33	23	600	925.41
34	23	1185	1498.39
35	24	330	679.44
36	24	875	1217.52
37	25	610	910.41
38	25	910.41	1227.52

Πίνακας Παραρτήματος ΙΙΙ-18: Διαστήματα Υπηρεσίας για την γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

block	Bus No	release	deadline
1	2	380	620
2	2	648.18	935.41
3	2	935.41	1377.52
4	3	350	639.44
5	3	639.44	970
6	3	1080	1180
7	3	1200	1410
8	4	360	664.44
9	4	865	1200
10	4	1233.14	1430
11	5	905	1235.41
12	8	290	880
13	8	1195	1512.52
14	9	435	600
15	9	617.32	950.41
16	9	1180	1457.52
17	10	310	900.41
18	10	900.41	992.52
19	11	385	1010
20	11	1090	1245.41
21	13	895	1220.41
22	16	330	890
23	16	945.38	1460
24	17	365	610
25	17	638.18	1140
26	17	1188.85	1482.52
27	18	350	654.44
28	18	885	1210
29	20	310	900
30	20	1170	1500.41
31	21	345	630
32	21	658.49	1190
33	21	1238.85	1470.41
34	22	360	1030
35	22	1105	1260.41
36	23	600	925.41
37	23	1185	1470
38	24	330	679.44
39	24	875	1217.52
40	25	610	910.41
41	25	910.41	1100
42	25	1155	1440

**Παράρτημα IV : Αποτελέσματα
Χρονοπρογραμματισμού Πληρωμάτων**

Πίνακας Παραρτήματος IV-1: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 120 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
60	1	1	378.23	858.23	480
67	1	2	858.23	1229.46	371.23
22	2	1	328.23	808.23	480
1	2	2	808.23	1288.23	480
67	2	3	1288.23	1290.94	2.71
5	3	1	369.15	849.15	480
17	3	2	849.15	1310.38	461.23
36	4	1	283.23	763.23	480
100	4	2	763.23	1243.23	480
66	4	3	1243.23	1355.38	112.15

Πίνακας Παραρτήματος IV-2: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
69	1	1	380	860	480
23	1	2	860	1296.89	436.89
4	2	1	325	805	480
99	2	2	805	1285	480
60	2	3	1285	1302.82	17.82
52	3	1	370	850	480
74	3	2	850	1317.28	467.28
61	4	1	420	900	480
97	4	2	900	1341.89	441.89

Πίνακας Παραρτήματος IV-3: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 120 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
34	1	1	370	460	90
87	2	1	325	750	425
2	3	1	380	860	480
87	3	2	860	870	10
36	4	1	420	900	480
1	4	2	900	1160	260
99	5	1	495	975	480
40	5	2	975	1250	275
49	6	1	840	1260	420
100	7	1	1020	1296.89	276.89
1	8	1	1245	1341.89	96.89

Πίνακας Παραρτήματος IV-4: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 122 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st value	et value	bpd
9	1	1	383.23	863.23	480
41	1	2	863.23	1329.11	465.88
40	2	1	403.23	883.23	480
38	2	2	883.23	1339.11	455.88
100	3	1	918.23	1364.11	445.88
8	4	1	339	819	480
13	4	2	819	1299	480
17	4	3	1299	1399.11	100.11
15	5	1	323.23	803.23	480
21	5	2	803.23	1283.23	480
10	5	3	1283.23	1402.51	119.28
69	6	1	348.23	828.23	480
53	6	2	828.23	1308.23	480
16	6	3	1308.23	1417.51	109.28
12	7	1	349	829	480
91	7	2	829	1309	480
5	7	3	1309	1429.11	120.11
85	8	1	288.23	768.23	480
52	8	2	768.23	1248.23	480
1	8	3	1248.23	1429.11	180.88
7	9	1	353.23	833.23	480
23	9	2	833.23	1313.23	480
3	9	3	1313.23	1447.51	134.28
36	10	1	518.23	998.23	480
82	10	2	998.23	1447.51	449.28
31	11	1	453.23	933.23	480
99	11	2	933.23	1413.23	480
17	11	3	1413.23	1459.11	45.88
6	12	1	473.23	953.23	480
11	12	2	953.23	1433.23	480
16	12	3	1433.23	1459.11	25.88
90	13	1	314	794	480
14	13	2	794	1274	480
4	13	3	1274	1477.51	203.51
96	14	1	318.23	798.23	480
64	14	2	798.23	1278.23	480
81	14	3	1278.23	1489.11	210.88
30	15	1	478.23	958.23	480
83	15	2	958.23	1438.23	480
1	15	3	1438.23	1489.11	50.88
19	16	1	378.23	858.23	480
2	16	2	858.23	1338.23	480
63	16	3	1338.23	1519.11	180.88

Πίνακας Παραρτήματος IV-5: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
3	1	1	390	633.03	243.03
46	2	1	400	637.34	237.34
95	3	1	420	643.03	223.03
2	4	1	390	653.03	263.03
73	5	1	365	659.45	294.45
4	6	1	400	661.64	261.64
47	7	1	395	664.45	269.45
98	8	1	410	667.34	257.34
90	9	1	365	679.63	314.63
80	10	1	410	687.34	277.34
84	11	1	390	870	480
51	11	2	870	914.22	44.22
29	12	1	360	840	480
46	12	2	840	917.62	77.62
10	13	1	635	918.64	283.64
13	14	1	643.03	919.45	276.42
68	15	1	515	924.45	409.45
5	16	1	640	928.64	288.64
97	17	1	585	946.63	361.63
42	18	1	450	930	480
5	18	2	930	947.34	17.34
38	19	1	679.63	1125.28	445.65
1	20	1	595	1075	480
97	20	2	1075	1131.22	56.22
99	21	1	840	1137.34	297.34
6	22	1	900	1140.28	240.28
44	23	1	633.03	1113.03	480
28	23	2	1113.03	1143.23	30.2
50	24	1	855	1157.34	302.34
22	25	1	575	1055	480
13	25	2	1055	1161.22	106.22
33	26	1	610	1090	480
10	26	2	1090	1171.22	81.22
37	27	1	840	1172.34	332.34
56	28	1	330	810	480
26	28	2	810	1196.8	386.8
91	29	1	860	1340	480
37	29	2	1340	1411.22	71.22
76	30	1	1140.28	1417.34	277.06
24	31	1	1070	1417.34	347.34
74	32	1	835	1315	480
99	32	2	1315	1426.15	111.15
93	33	1	1110	1445.28	335.28
51	34	1	1055	1446.63	391.63
78	35	1	1125	1447.34	322.34
53	36	1	914.22	1394.22	480
50	36	2	1394.22	1447.34	53.12
100	37	1	1090	1448.64	358.64
96	38	1	860	1340	480
6	38	2	1340	1449.83	109.83
75	39	1	1085	1476.63	391.63
71	40	1	1143.23	1477.34	334.11
69	41	1	917.62	1397.62	480
28	41	2	1397.62	1479.55	81.93

Πίνακας Παραρτήματος IV-6: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 122 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
1	1	1	330	440	110
56	2	1	360	470	110
30	3	1	365	500	135
64	4	1	390	610	220
53	5	1	420	620	200
66	6	1	390	630	240
2	7	1	400	637.34	237.34
93	8	1	400	640	240
51	9	1	365	650	285
86	10	1	555	659.45	104.45
3	11	1	395	664.45	269.45
4	12	1	410	667.34	257.34
5	13	1	410	687.34	277.34
6	14	1	390	870	480
1	15	1	520	880	360
53	16	1	635	890	255
64	17	1	640	900	260
56	18	1	585	910	325
30	19	1	643.03	919.45	276.42
7	20	1	515	924.45	409.45
8	21	1	450	930	480
5	21	2	930	947.34	17.34
9	22	1	633.03	1100	466.97
10	23	1	575	1055	480
7	23	2	1055	1110	55
11	24	1	610	1090	480
15	24	2	1090	1120	30
12	25	1	679.63	1125.28	445.65
13	26	1	490	970	480
75	26	2	970	1130	160
14	27	1	595	1075	480
95	27	2	1075	1131.22	56.22
86	28	1	840	1137.34	297.34
96	29	1	900	1140.28	240.28
100	30	1	855	1157.34	302.34
87	31	1	840	1172.34	332.34
15	32	1	1125	1310	185
96	33	1	1140.28	1350	209.72
16	34	1	860	1340	480
75	34	2	1340	1360	20
17	35	1	835	1315	480
15	35	2	1315	1370	55
18	36	1	860	1340	480
87	36	2	1340	1400	60
32	37	1	1055	1410	355
61	38	1	1070	1417.34	347.34
79	39	1	1090	1420	330
19	40	1	917.62	1397.62	480
100	40	2	1397.62	1430	32.38
80	41	1	1085	1440	355
62	42	1	1110	1445.28	335.28
20	43	1	914.22	1394.22	480
15	43	2	1394.22	1447.34	53.12
75	44	1	1380	1447.34	67.34
95	45	1	1143.23	1477.34	334.11

Πίνακας Παραρτήματος IV-7: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 140 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
51	1	1	390	870	480
27	1	2	870	1085.94	215.94
86	2	1	403.92	883.92	480
6	2	2	883.92	1221.61	337.69
75	3	1	445	925	480
54	3	2	925	1296.61	371.61
40	4	1	420	900	480
26	4	2	900	1345.94	445.94
59	5	1	318.92	798.92	480
97	5	2	798.92	1278.92	480
47	5	3	1278.92	1351.61	72.69
36	6	1	523.92	1003.92	480
44	6	2	1003.92	1380.94	377.02
65	7	1	348.92	828.92	480
2	7	2	828.92	1308.92	480
27	7	3	1308.92	1381.61	72.69
81	8	1	378.92	858.92	480
46	8	2	858.92	1338.92	480
54	8	3	1338.92	1416.61	77.69
10	9	1	360	840	480
21	9	2	840	1320	480
6	9	3	1320	1451.61	131.61

Πίνακας Παραρτήματος IV-8: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
16	1	1	360	839.32	479.32
32	2	1	370	850	480
28	2	2	850	926.69	76.69
61	3	1	410	890	480
76	3	2	890	946.69	56.69
54	4	1	420	900	480
98	4	2	900	980.94	80.94
96	5	1	390	870	480
51	5	2	870	1010.27	140.27
1	6	1	839.33	1269.61	430.28
76	7	1	946.69	1310.53	363.84
78	8	1	926.69	1323.11	396.42
72	9	1	390	870	480
14	9	2	870	1339.61	469.61
28	10	1	945	1340.53	395.53
90	11	1	445	925	480
87	11	2	925	1369.51	444.51
98	12	1	980.94	1375.53	394.59
6	13	1	475	955	480
46	13	2	955	1380.53	425.53
59	14	1	360	840	480
62	14	2	840	1320	480
51	14	3	1320	1410.53	90.53

Πίνακας Παραρτήματος IV-9: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 140 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
59	1	1	390	760	370
5	2	1	360	800	440
85	3	1	370	850	480
5	3	2	850	880	30
86	4	1	410	890	480
5	4	2	890	900	10
95	5	1	390	870	480
77	5	2	870	950	80
76	6	1	420	900	480
4	6	2	900	980.94	80.94
39	7	1	360	840	480
6	7	2	840	1010	170
20	8	1	839.32	1020	180.68
82	9	1	445	925	480
60	9	2	925	1080	155
42	10	1	825	1090	265
90	11	1	475	955	480
77	11	2	955	1120	165
15	12	1	946.69	1180	233.31
4	13	1	980.94	1220	239.06
19	14	1	945	1250	305
6	15	1	1035	1250	215
60	16	1	1090	1280	190
100	17	1	926.69	1290	363.31
4	18	1	1220	1310.53	90.53
42	19	1	1115	1320	205
20	20	1	1140	1350	210
6	21	1	1285	1375.53	90.53
77	22	1	1195	1380.53	185.53
19	23	1	1320	1410.53	90.53

Πίνακας Παραρτήματος IV-10: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 550 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
6	1	1	314.69	794.69	480
100	1	2	794.69	1033.02	238.33
21	2	1	307.23	787.23	480
72	2	2	787.23	1148.02	360.79
71	3	1	469.69	949.69	480
1	3	2	949.69	1203.02	253.33
54	4	1	294.69	774.69	480
12	4	2	774.69	1254.69	480
87	4	3	1254.69	1272.23	17.54
38	5	1	329.69	809.69	480
29	5	2	809.69	1289.69	480
59	5	3	1289.69	1297.23	7.54
11	6	1	292.23	772.23	480
92	6	2	772.23	1252.23	480
100	6	3	1252.23	1348.02	95.79
39	7	1	322.23	802.23	480
90	7	2	802.23	1282.23	480
72	7	3	1282.23	1373.02	90.79
88	8	1	347.23	827.23	480
47	8	2	827.23	1307.23	480
69	8	3	1307.23	1398.02	90.79
2	9	1	429.69	909.69	480
7	9	2	909.69	1389.69	480
87	9	3	1389.69	1437.23	47.54
14	10	1	349.69	829.69	480
46	10	2	829.69	1309.69	480
41	10	3	1309.69	1448.02	138.33
67	11	1	337.23	817.23	480
5	11	2	817.23	1297.23	480
66	11	3	1297.23	1457.23	160
75	12	1	339.69	819.69	480
77	12	2	819.69	1299.69	480
1	12	3	1299.69	1481.92	182.23
9	13	1	372.23	852.23	480
84	13	2	852.23	1332.23	480
99	13	3	1332.23	1482.23	150
61	14	1	369.69	849.69	480
33	14	2	849.69	1329.69	480
83	14	3	1329.69	1483.02	153.33
37	15	1	379.69	859.69	480
55	15	2	859.69	1339.69	480
85	15	3	1339.69	1498.02	158.33
80	16	1	389.69	869.69	480
98	16	2	869.69	1349.69	480
59	16	3	1349.69	1513.02	163.33
15	17	1	359.69	839.69	480
89	17	2	839.69	1319.69	480
30	17	3	1319.69	1527.23	207.54
34	18	1	272.23	752.23	480
74	18	2	752.23	1232.23	480
40	18	3	1232.23	1528.02	295.79

Πίνακας Παραρτήματος IV-11: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
1	1	1	350	560.69	210.69
2	2	1	330	570.69	240.69
3	3	1	395	575.25	180.25
78	4	1	350	580.69	230.69
97	5	1	360	583.84	223.84
75	6	1	340	590.69	250.69
74	7	1	320	593.84	273.84
32	8	1	420	595.25	175.25
4	9	1	390	600.69	210.69
5	10	1	420	608.84	188.84
47	11	1	430	618.84	188.84
6	12	1	355	628.84	273.84
7	13	1	410	643.84	233.84
91	14	1	555	771.05	216.05
8	15	1	550	781.05	231.05
74	16	1	600.69	784.29	183.6
75	17	1	590.69	797.18	206.49
1	18	1	560.69	801.05	240.36
97	19	1	593.84	807.18	213.34
3	20	1	580.69	811.05	230.36
2	21	1	583.84	817.18	233.34
79	22	1	545	820.25	275.25
81	23	1	608.84	827.18	218.34
47	24	1	628.84	837.18	208.34
9	25	1	370	847.18	477.18
78	26	1	643.84	857.18	213.34
4	27	1	750	981.05	231.05
91	28	1	775	991.05	216.05
7	29	1	771.05	1001.05	230
90	30	1	801.05	1007.18	206.13
10	31	1	315	795	480
56	31	2	795	1009.95	214.95
5	32	1	781.05	1011.05	230
32	33	1	797.18	1017.18	220
16	34	1	784.29	1021.05	236.76
95	35	1	817.18	1027.18	210
11	36	1	335	815	480
76	36	2	815	1029.95	214.95
81	37	1	827.18	1037.18	210
86	38	1	811.05	1047.18	236.13
12	39	1	385	865	480
30	39	2	865	1057.18	192.18
13	40	1	745	1064.95	319.95
14	41	1	340	820	480
8	41	2	820	1067.18	247.18
26	42	1	981.05	1221.05	240
89	43	1	955	1230.25	275.25
96	44	1	1001.05	1241.05	240
15	45	1	960	1245.25	285.25
16	46	1	1021.05	1251.05	230
56	47	1	1011.05	1252.18	241.13
17	48	1	985	1260.25	275.25
39	49	1	1025	1261.05	236.05
18	50	1	980	1267.18	287.18
19	51	1	570.69	1050.69	480
86	51	2	1050.69	1272.93	222.24
95	52	1	1047.18	1275.25	228.07
20	53	1	1000	1282.18	282.18
21	54	1	965	1292.18	327.18
22	55	1	755	1235	480
13	55	2	1235	1307.18	72.18
23	56	1	530	1010	480
24	56	2	1010	1319.7	309.7
25	57	1	991.05	1322.18	331.13
76	58	1	1221.05	1384.29	163.24
90	59	1	1255	1394.29	139.29
30	60	1	1215	1431.05	216.05
89	61	1	1241.05	1431.05	190
15	62	1	1255	1435.25	180.25
92	63	1	1205	1450.25	245.25
96	64	1	1251.05	1452.18	201.13
31	65	1	1240	1461.05	221.05
17	66	1	1261.05	1464.29	203.24
26	67	1	1230	1465.25	235.25
39	68	1	1280	1477.18	197.18
27	69	1	1225	1480.25	255.25
80	70	1	1240	1522.18	282.18

Πίνακας Παραρτήματος IV-12: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 550 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
7	1	1	350	540	190
83	2	1	350	560	210
84	3	1	330	560	230
98	4	1	340	570	230
78	5	1	395	575.25	180.25
79	6	1	390	580	190
50	7	1	360	583.84	223.84
50	8	1	583.84	590	6.16
68	9	1	320	593.84	273.84
60	10	1	420	595.25	175.25
93	11	1	420	608.84	188.84
99	12	1	430	618.84	188.84
86	13	1	355	628.84	273.84
100	14	1	410	643.84	233.84
76	15	1	555	750	195
56	16	1	550	760	210
32	17	1	600.69	770	169.31
84	18	1	560.69	780	219.31
78	19	1	580.69	790	209.31
98	20	1	590.69	797.18	206.49
83	21	1	593.84	807.18	213.34
68	22	1	625	817.18	192.18
7	23	1	545	820.25	275.25
50	24	1	608.84	827.18	218.34
99	25	1	628.84	837.18	208.34
25	26	1	370	847.18	477.18
66	27	1	643.84	857.18	213.34
100	28	1	750	960	210
39	29	1	775	970	195
79	30	1	771.05	980	208.95
93	31	1	781.05	990	208.95
56	32	1	784.29	1000	215.71
60	33	1	801.05	1007.18	206.13
3	34	1	315	795	480
91	34	2	795	1009.95	214.95
95	35	1	797.18	1017.18	220
32	36	1	817.18	1027.18	210
2	37	1	335	815	480
35	37	2	815	1029.95	214.95
96	38	1	827.18	1037.18	210
43	39	1	811.05	1047.18	236.13
20	40	1	385	865	480
66	40	2	865	1057.18	192.18
12	41	1	745	1064.95	319.95
90	42	1	340	820	480
76	42	2	820	1067.18	247.18
19	43	1	981.05	1200	218.95
89	44	1	570.69	1050.69	480
91	44	2	1050.69	1210	159.31
97	45	1	1001.05	1220	218.95
58	46	1	1021.05	1230	208.95
11	47	1	955	1230.25	275.25
15	48	1	1025	1240	215
24	49	1	960	1245.25	285.25
59	50	1	530	1010	480
65	50	2	1010	1250	240
81	51	1	1011.05	1252.18	241.13
85	52	1	985	1260.25	275.25
70	53	1	980	1267.18	287.18
43	54	1	1047.18	1275.25	228.07
39	55	1	1000	1282.18	282.18
42	56	1	965	1292.18	327.18
48	57	1	755	1235	480
91	57	2	1235	1307.18	72.18
52	58	1	991.05	1322.18	331.13
12	59	1	1205	1330	125
96	60	1	1225	1360	135
95	61	1	1221.05	1370	148.95
11	62	1	1255	1380	125
35	63	1	1215	1410	195
19	64	1	1241.05	1431.05	190
97	65	1	1255	1435.25	180.25
15	66	1	1240	1440	200
24	67	1	1261.05	1450	188.95
85	68	1	1365	1450.25	85.25
65	69	1	1251.05	1452.18	201.13
58	70	1	1230	1465.25	235.25
81	71	1	1280	1477.18	197.18
52	72	1	1395	1480.25	85.25
92	73	1	1240	1522.18	282.18

Πίνακας Παραρτήματος IV-13: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 608 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
98	1	1	435.46	915.46	480
95	1	2	915.46	1151.54	236.08
11	2	1	375.08	855.08	480
79	2	2	855.08	1157.54	302.46
97	3	1	291.46	771.46	480
83	3	2	771.46	1163.54	392.08
59	4	1	316.46	796.46	480
36	4	2	796.46	1181.54	385.08
73	5	1	275.08	755.08	480
39	5	2	755.08	1205.54	450.46
19	6	1	325.08	805.08	480
13	6	2	805.08	1268.54	463.46
45	7	1	276.46	756.46	480
53	7	2	756.46	1236.46	480
4	7	3	1236.46	1319.54	83.08
93	8	1	335.08	815.08	480
31	8	2	815.08	1295.08	480
83	8	3	1295.08	1333.94	38.86
64	9	1	411.08	891.08	480
38	9	2	891.08	1349.54	458.46
14	10	1	261.46	741.46	480
51	10	2	741.46	1221.46	480
78	10	3	1221.46	1357.94	136.48
12	11	1	305.08	785.08	480
37	11	2	785.08	1265.08	480
6	11	3	1265.08	1397.54	132.46
3	12	1	315.08	795.08	480
47	12	2	795.08	1275.08	480
96	12	3	1275.08	1405.54	130.46
94	13	1	471.46	951.46	480
28	13	2	951.46	1405.94	454.48
2	14	1	346.46	826.46	480
92	14	2	826.46	1306.46	480
68	14	3	1306.46	1425.94	119.48
70	15	1	405.46	885.46	480
65	15	2	885.46	1365.46	480
78	15	3	1365.46	1433.54	68.08
89	16	1	290.08	770.08	480
80	16	2	770.08	1250.08	480
17	16	3	1250.08	1445.94	195.86
100	17	1	345.08	825.08	480
99	17	2	825.08	1305.08	480
79	17	3	1305.08	1448.54	143.46
16	18	1	364.46	844.46	480
55	18	2	844.46	1324.46	480
7	18	3	1324.46	1455.94	131.48
66	19	1	740.46	1220.46	480
84	19	2	1220.46	1458.54	238.08
1	20	1	423.46	903.46	480
46	20	2	903.46	1383.46	480
41	20	3	1383.46	1468.54	85.08
77	21	1	697.46	1177.46	480
22	21	2	1177.46	1470.94	293.48
91	22	1	453.46	933.46	480
90	22	2	933.46	1413.46	480
96	22	3	1413.46	1478.54	65.08
85	23	1	385.46	865.46	480
87	23	2	865.46	1345.46	480
4	23	3	1345.46	1485.94	140.48
72	24	1	306.46	786.46	480
20	24	2	786.46	1266.46	480
95	24	3	1266.46	1493.54	227.08
18	25	1	326.46	806.46	480
5	25	2	806.46	1286.46	480
23	25	3	1286.46	1508.54	222.08
63	26	1	441.08	921.08	480
86	26	2	921.08	1401.08	480
6	26	3	1401.08	1528.54	127.46

Πίνακας Παραρτήματος IV-14: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 608 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
91	1	1	310	579.98	269.98
96	2	1	395	589.98	194.98
31	3	1	300	608.01	308.01
88	4	1	370	616.21	246.21
52	5	1	340	618.01	278.01
92	6	1	380	623.21	243.21
6	7	1	300	636.21	336.21
21	8	1	330	637.79	307.79
15	9	1	410	650.79	240.79
82	10	1	579.98	809.55	229.57
43	11	1	360	818.57	458.57
86	12	1	345	825	480
44	12	2	825	830.81	5.81
98	13	1	580	836.81	256.81
72	14	1	431	842.81	411.81
83	15	1	375	844.67	469.67
5	16	1	300	780	480
91	16	2	780	848.81	68.81
95	17	1	385	854.81	469.81
7	18	1	548	860.81	312.81
46	19	1	350	830	480
96	19	2	830	970.23	140.23
14	20	1	616.21	997.81	381.6
68	21	1	315	795	480
15	21	2	795	1003.81	208.81
16	22	1	410	890	480
79	22	2	890	1015.81	125.81
90	23	1	572	1034.24	462.24
93	24	1	355	835	480
82	24	2	835	1038.23	203.23
78	25	1	608.01	1039.81	431.8
63	26	1	400	880	480
7	26	2	880	1041.99	161.99
34	27	1	567	1045.81	478.81
24	28	1	564	1044	480
78	28	2	1044	1051.81	7.81
1	29	1	360	840	480
98	29	2	840	1057.81	217.81
8	30	1	420	900	480
80	30	2	900	1061.56	161.56
36	31	1	975	1197.02	222.02
58	32	1	315	795	480
73	32	2	795	1209.35	414.35
22	33	1	760	1214.24	454.24
38	34	1	984	1219.81	235.81
71	35	1	980	1229.02	249.02
60	36	1	996	1233.81	237.81
84	37	1	786	1234.24	448.24
54	38	1	773	1237.02	464.02
11	39	1	844.67	1240.81	396.14
74	40	1	831	1245.02	414.02
59	41	1	330	810	480
87	41	2	810	1247.22	437.22
70	42	1	779	1247.81	468.81
100	43	1	792	1254.81	462.81
56	44	1	818.57	1262.02	443.45
42	45	1	556	1036	480
30	45	2	1036	1268.92	232.92
44	46	1	969	1324.94	355.94
85	47	1	1182	1379.55	197.55
80	48	1	1206	1389.35	183.35
29	49	1	799	1279	480
60	49	2	1279	1401.02	122.02
89	50	1	1206	1409.55	203.55
19	51	1	963	1416.44	453.44
79	52	1	1190	1421.02	231.02
20	53	1	1214.24	1429.55	215.31
36	54	1	1198	1431.02	233.02
71	55	1	1244	1440.81	196.81
75	56	1	970	1442.54	472.54
3	57	1	1214	1446.02	232.02
47	58	1	978	1450.81	472.81
77	59	1	1184	1457.15	273.15
53	60	1	957	1437	480
36	60	2	1437	1461.02	24.02
76	61	1	981	1461	480
85	61	2	1461	1465.81	4.81
97	62	1	1192	1467.15	275.15
35	63	1	987	1467	480
19	63	2	1467	1480.81	13.81
64	64	1	766	1246	480
38	64	2	1246	1488.92	242.92
23	65	1	1209.35	1500.81	291.46

Πίνακας Παραρτήματος IV-15: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή 608 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
30	1	1	300	390	90
75	2	1	315	420	105
65	3	1	330	430	100
2	4	1	330	440	110
84	5	1	360	460	100
54	6	1	310	560	250
30	7	1	395	570	175
35	8	1	300	580	280
83	9	1	340	590	250
71	10	1	370	616.21	246.21
79	11	1	380	623.21	243.21
80	12	1	300	636.21	336.21
2	13	1	474	637.79	163.79
8	14	1	410	650.79	240.79
61	15	1	360	780	420
30	16	1	579.98	790	210.02
33	17	1	375	800	425
13	18	1	345	825	480
54	18	2	825	830.81	5.81
84	19	1	580	836.81	256.81
40	20	1	431	842.81	411.81
12	21	1	437	848.81	411.81
39	22	1	385	854.81	469.81
75	23	1	548	860.81	312.81
34	24	1	350	830	480
19	24	2	830	970.23	140.23
53	25	1	400	880	480
24	25	2	880	980	100
52	26	1	572	990	418
69	27	1	616.21	997.81	381.6
38	28	1	420	900	480
3	28	2	900	1000	100
23	29	1	315	795	480
8	29	2	795	1003.81	208.81
44	30	1	410	890	480
27	30	2	890	1015.81	125.81
41	31	1	355	835	480
11	31	2	835	1038.23	203.23
42	32	1	608.01	1039.81	431.8
16	33	1	567	1045.81	478.81
4	34	1	564	1044	480
52	34	2	1044	1051.81	7.81
98	35	1	504	984	480
19	35	2	984	1057.81	73.81
14	36	1	462	942	480
25	36	2	942	1140	198
77	37	1	760	1170	410
43	38	1	492	972	480
47	38	2	972	1180	208
26	39	1	786	1190	404
29	40	1	975	1197.02	222.02
21	41	1	556	1036	480
45	41	2	1036	1200	164
58	42	1	984	1219.81	235.81
24	43	1	980	1229.02	249.02
31	44	1	996	1233.81	237.81
17	45	1	773	1237.02	464.02
5	46	1	844.67	1240.81	396.14
51	47	1	831	1245.02	414.02
78	48	1	779	1247.81	468.81
55	49	1	792	1254.81	462.81
9	50	1	818.57	1262.02	443.45
1	51	1	969	1290	321
19	52	1	1182	1360	178
25	53	1	1206	1370	164
10	54	1	963	1380	417
3	55	1	1206	1390	184
18	56	1	970	1400	430
22	57	1	799	1279	480
24	57	2	1279	1401.02	122.02
47	58	1	1214.24	1410	195.76
48	59	1	766	1246	480
58	59	2	1246	1420	174
27	60	1	1190	1421.02	231.02
11	61	1	1184	1430	246
29	62	1	1198	1431.02	233.02
59	63	1	1192	1440	248
31	64	1	1244	1440.81	196.81
7	65	1	1214	1446.02	232.02
36	66	1	978	1450.81	472.81
32	67	1	957	1437	480
47	67	2	1437	1461.02	24.02
46	68	1	981	1461	480
18	68	2	1461	1465.81	4.81
28	69	1	987	1467	480
10	69	2	1467	1480.81	13.81
45	70	1	1209.35	1500.81	291.46

Πίνακας Παραρτήματος IV-16: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για την Υφιστάμενη Κατάσταση.

driver	j	l	st value	et value	bpd
37	1	1	333.23	813.23	480
10	1	2	813.23	1028.33	215.1
64	2	1	298.23	778.23	480
39	2	2	778.23	1101.83	323.6
20	3	1	468.23	948.23	480
31	3	2	948.23	1121.83	173.6
27	4	1	318.23	798.23	480
21	4	2	798.23	1278.23	480
39	4	3	1278.23	1301.83	23.6
6	5	1	348.23	828.23	480
93	5	2	828.23	1308.23	480
39	5	3	1308.23	1373.33	65.1
100	6	1	408.23	888.23	480
96	6	2	888.23	1368.23	480
10	6	3	1368.23	1406.83	38.6
94	7	1	320.69	800.69	480
7	7	2	800.69	1280.69	480
63	7	3	1280.69	1441.83	161.14
4	8	1	285.69	765.69	480
40	8	2	765.69	1245.69	480
90	8	3	1245.69	1448.33	202.64
13	9	1	305.69	785.69	480
9	9	2	785.69	1265.69	480
99	9	3	1265.69	1473.33	207.64
97	10	1	498.23	978.23	480
45	10	2	978.23	1458.23	480
90	10	3	1458.23	1476.83	18.6
98	11	1	245.69	725.69	480
79	11	2	725.69	1205.69	480
81	11	3	1205.69	1501.83	296.14
5	12	1	335.69	815.69	480
43	12	2	815.69	1295.69	480
17	12	3	1295.69	1503.33	207.64
26	13	1	265.69	745.69	480
12	13	2	745.69	1225.69	480
31	13	3	1225.69	1526.83	301.14
18	14	1	383.23	863.23	480
36	14	2	863.23	1343.23	480
71	14	3	1343.23	1556.83	213.6

Πίνακας Παραρτήματος IV-17: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 1.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
81	1	1	435	617.32	182.32
95	2	1	365	638.18	273.18
100	3	1	350	639.44	289.44
6	4	1	380	648.18	268.18
30	5	1	350	654.44	304.44
67	6	1	345	658.49	313.49
4	7	1	360	664.44	304.44
27	8	1	330	679.44	349.44
17	9	1	310	790	480
47	9	2	790	900.41	110.41
97	10	1	610	910.41	300.41
93	11	1	600	925.41	325.41
81	12	1	648.18	935.41	287.23
20	13	1	290	770	480
95	13	2	770	939.6	169.6
64	14	1	330	810	480
4	14	2	810	945.38	135.38
56	15	1	617.32	950.41	333.09
2	16	1	310	790	480
6	16	2	790	959.6	169.6
57	17	1	900.41	992.52	92.11
50	18	1	638.18	1118.18	480
93	18	2	1118.18	1188.85	70.67
79	19	1	639.44	1119.44	480
97	19	2	1119.44	1192.67	73.23
82	20	1	875	1217.52	342.52
84	21	1	895	1220.41	325.41
10	22	1	910.41	1227.52	317.11
37	23	1	865	1233.14	368.14
47	24	1	905	1235.41	330.41
86	25	1	658.49	1138.49	480
32	25	2	1138.49	1238.85	100.36
98	26	1	885	1243.14	358.14
85	27	1	385	865	480
28	27	2	865	1245.41	380.41
69	28	1	360	840	480
96	28	2	840	1260.41	420.41
59	29	1	935.41	1377.52	442.11
13	30	1	1192.67	1427.42	234.75
14	31	1	1233.14	1447.42	214.28
57	32	1	1180	1457.52	277.52
32	33	1	1238.85	1470.41	231.56
94	34	1	1188.85	1482.52	293.67
29	35	1	1185	1498.39	313.39
18	36	1	1170	1500.41	330.41
19	37	1	945.38	1425.38	480
10	37	2	1425.38	1508.85	83.47
45	38	1	1195	1512.52	317.52

Πίνακας Παραρτήματος IV-18: Αποτελέσματα Χρονοπρογραμματισμού Πληρώματος των τμημάτων των διαστημάτων υπηρεσίας για την λεωφορειακή γραμμή Β9 για το Μελλοντικό Σενάριο 2.

driver	j	l	st_value	et_value	bpd
2	1	1	435	600	165
12	2	1	365	610	245
38	3	1	380	620	240
60	4	1	345	630	285
78	5	1	350	639.44	289.44
4	6	1	350	654.44	304.44
51	7	1	360	664.44	304.44
98	8	1	330	679.44	349.44
66	9	1	290	770	480
37	9	2	770	880	110
69	10	1	330	810	480
60	10	2	810	890	80
44	11	1	310	790	480
51	11	2	790	900	110
82	12	1	310	790	480
98	12	2	790	900.41	110.41
2	13	1	610	910.41	300.41
33	14	1	600	925.41	325.41
21	15	1	648.18	935.41	287.23
36	16	1	617.32	950.41	333.09
100	17	1	639.44	970	330.56
50	18	1	900.41	992.52	92.11
41	19	1	385	865	480
52	19	2	865	1010	145
20	20	1	360	840	480
70	20	2	840	1030	190
1	21	1	910.41	1100	189.59
73	22	1	638.18	1118.18	480
33	22	2	1118.18	1140	21.82
50	23	1	1080	1180	100
42	24	1	658.49	1138.49	480
100	24	2	1138.49	1190	51.51
19	25	1	865	1200	335
64	26	1	885	1210	325
81	27	1	875	1217.52	342.52
37	28	1	895	1220.41	325.41
76	29	1	905	1235.41	330.41
21	30	1	1090	1245.41	155.41
70	31	1	1105	1260.41	155.41
93	32	1	935.41	1377.52	442.11
1	33	1	1200	1410	210
3	34	1	1233.14	1430	196.86
92	35	1	1155	1440	285
52	36	1	1180	1457.52	277.52
71	37	1	945.38	1425.38	480
76	37	2	1425.38	1460	34.62
50	38	1	1185	1470	285
6	39	1	1238.85	1470.41	231.56
8	40	1	1188.85	1482.52	293.67
63	41	1	1170	1500.41	330.41
5	42	1	1195	1512.52	317.52

Παράρτημα V : Κώδικες Python

```

1  from gurobipy import GRB
2  import gurobipy as gp
3
4  import sys
5  import os
6
7  sys.path.append(os.path.abspath(os.path.join(os.path.dirname(__file__), '..')))
8  import extract_gtfs_trips_data
9  import read_file
10 import haversine
11 import calc_time_slots
12
13 def solve(number_of_trips_one_way, number_of_trips_other_way, trip_departures,
14           locations_list, first_stops_list, number_of_buses, SOC_min, SOC_max,
15           starting_SOC, t_persp, e_consumption, e, avg_u, number_of_charging_tasks,
16           num_of_source, num_of_sink, beta, starting_time, K1, K2, charging_power_per_minute):
17
18     model = gp.Model()
19
20     # Parameters
21     number_of_trip_tasks = number_of_trips_one_way + number_of_trips_other_way
22     num_of_possible_tasks = number_of_trip_tasks + number_of_charging_tasks + num_of_source + num_of_sink
23
24     # print("Number of trip tasks: ", number_of_trip_tasks)
25     # print("Number of possible tasks: ", num_of_possible_tasks)
26
27     # construct indices for Gurobi
28     starting_node_1 = 1
29     starting_node_2 = 2
30     ending_node_1 = num_of_possible_tasks - 1
31     ending_node_2 = num_of_possible_tasks
32     last_charging_node = num_of_source + number_of_charging_tasks
33     first_trip_task = last_charging_node + 1
34     last_trip_task = last_charging_node + number_of_trip_tasks
35
36     # Construct mathematical sets
37     O = [i for i in range(1, num_of_source + 1)]
38     N = [i for i in range(1, num_of_possible_tasks + 1)]
39     F = [i for i in range(num_of_source + 1, num_of_source + number_of_charging_tasks + 1)]
40     V = [i for i in range(first_trip_task, last_trip_task + 1)]
41     K = [i for i in range(1, number_of_buses + 1)]
42     D = [i for i in range(last_trip_task+1, last_trip_task + num_of_sink + 1)]
43
44     d = {}
45     for i in N:
46         for j in N:
47             lat_1 = float(locations_list[i-1][0])
48             lon_1 = float(locations_list[i-1][1])
49             lat_2 = float(first_stops_list[j-1][0])
50             lon_2 = float(first_stops_list[j-1][1])
51             d[(i, j)] = haversine.main(lat_1, lon_1, lat_2, lon_2)
52
53     # Printing distances dictionary
54     # print("\n")
55     # print("Printing distances matrix in meters: ")
56     # for k in N:
57     #     for j in N:
58     #         print("(", k, ", ", j, "):", round(d[(k, j)], 2), end="; ")
59     #     print("\n")

```

Εικόνα Παραρτήματος V-1: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 1-59, από Visual Studio.

```

1  t = {}
2      for i in N:
3          for j in N:
4              t[(i, j)] = d[(i, j)] / avg_u
5
6      # Printing travel times dictionary
7      # print("\n")
8      # print("Printing travel times matrix in minutes: ")
9      # for k in N:
10         #     for j in N:
11             #         print("(" + str(k) + ", " + str(j) + "):", round(t[(k, j)], 2), end=" ")
12         #     print("\n")
13
14     theta = {}
15     for i in N:
16         for j in N:
17             theta[(i, j)] = d[(i, j)] * e
18
19     # Printing travel times dictionary
20     # print("\n")
21     # print("Printing energy consumption matrix in kWh: ")
22     # for k in N:
23         #     for j in N:
24             #         print("(" + str(k) + ", " + str(j) + "):", round(theta[(k, j)], 2), end=" ")
25         #     print("\n")
26
27     # print(t_persp)
28     # print(len(t_persp))
29     # print(number_of_trips_one_way)
30     # print(number_of_trips_other_way)
31     # print(one_way_trip_time)
32     # print(other_way_trip_time)
33     # print(t_persp[0:20])
34     # print(t_persp[20:40])
35     #
36     print("Set V: ", V)
37     print("Set N: ", N)
38     print("Set F: ", F)
39     print("Set K: ", K)
40     print("Set K1: ", K1)
41     print("Set K2: ", K2)
42     print("Set O: ", O)
43     print("Set D: ", D)
44
45     big_M = 10000
46
47     # model.setParam('OutputFlag', 1)
48
49     # Decision variables:
50     x = model.addVars(N, N, K, vtype=GRB.BINARY, name="x")
51     sigma = model.addVars(N, N, K, vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=-GRB.INFINITY, ub=GRB.INFINITY, name="sigma")
52     time_T = model.addVars(N, K, vtype=GRB.CONTINUOUS, name="time_T")
53     SoC_s = model.addVars(F + V + D, K, vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=0, ub=SOC_max, name="SoC_s")
54     SoC_e = model.addVars(O + F + V, K, vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=0, ub=SOC_max, name="SoC_e")
55     g = model.addVars(F+V, K, vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=-SOC_max, ub=SOC_max, name="g")
56     y = model.addVars(K, vtype=GRB.BINARY, name="y")
57

```

Εικόνα Παραρτήματος V-2: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 61-117, από Visual Studio.

```

1 # Objective Function
2 model.setObjective(sum(sum(sum(x[i, j, k] for i in O) for j in (F+V+D)) for k in K) + sum(beta[k-1]*y[k] for k in K)
3 + sum(sum(sum(0.000001*time_T[j, k]*w[i, j, k] for i in (F+V)) for j in D) for k in K)
4 + sum(sum(sum(0.00001*t[i, j]*x[i, j, k] for i in (F+V)) for j in D) for k in K) # always will be zero
5 - 0.0001*sum(sum(SoC_s[i, k] for i in D) for k in K), GAB, MINIMIZE)
6 # - sum(sum(sum(x[i, j, k] for i in N) for j in M) for k in K)
7 # + sum(sum(sum(0.01*x[i, j, k] for i in M) for j in P) for k in K)
8
9 # Vehicle Scheduling Constraints
10 model.addConstr(sum(x[starting_node_1, j, k] for j in M) <= 1 for k in K1) # Constraint (1)
11 model.addConstr(sum(x[starting_node_1, j, k] for j in M) == 0 for k in K2) # Constraint (2)
12 model.addConstr(sum(x[starting_node_2, j, k] for j in M) <= 1 for k in K2) # Constraint (3)
13 model.addConstr(sum(x[starting_node_2, j, k] for j in M) == 0 for k in K1) # Constraint (4)
14 model.addConstr(sum(sum(x[i, j, k] for i in O) for j in D) == 0 for k in K) # Constraint (4)
15 model.addConstr(x[i, j, k] == 0 for i in (F+V+D) for j in O for k in K) # Constraint (2)
16 model.addConstr(sum(x[i, j, k] for i in (O+F+V)) <= 1 for j in D for k in K) # Constraint (1)
17 model.addConstr(x[i, j, k] == 0 for i in D for j in N for k in K) # Constraint (4)
18 model.addConstr(sum(x[i, j, k] for i in O for j in (F+V+D)) == sum(x[i, j, k] for i in (O+F+V) for j in D) for k in K) # Constraint (5)
19 model.addConstr(x[i, j, k] == 0 for i in F for j in F for k in K) # Constraint (4)
20
21 # deemed as redundant
22 # model.addConstr(sum(sum(x[i, j, k] for j in (F+V)) for i in (F+V)) <= big_M*sum(x[starting_node_1, j, k] for j in (F+V+D)) for k in K) # Constraint (2a)
23 # model.addConstr(sum(sum(x[i, j, k] for j in (F+V)) for i in (F+V)) <= big_M*sum(x[i, ending_node_1, k] for i in (O+F+V)) for k in K) # Constraint (2b)
24
25 model.addConstr(sum(x[i_1, j, k] for i_1 in N) == sum(x[j, i_2, k] for i_2 in N) for j in (F+V) for k in K) # Constraint (6)
26 model.addConstr(sum(sum(x[i, j, k] for i in N) for k in K) <= 1 for j in (F+V)) # Constraint (7)
27 model.addConstr(sum(sum(x[i, j, k] for k in K) for i in (O+F+V)) == 1 for j in V) # Constraint (8)
28 model.addConstr(sum(sum(sum(x[i, j, k] for i in O) for j in (F+V+D)) for k in K) <= number_of_buses) # Constraint (9)
29
30 # setting all variables for self-visits equal to zero
31 for k in K:
32     for i in N:
33         for j in N:
34             if i == j:
35                 model.addConstr(x[i, j, k] == 0) # Constraint 10
36
37 # Time flow constraints
38 for k in K:
39     for i in (O+F+V):
40         for j in (F+V):
41             if i != j:
42                 model.addConstr(time_T[j, k] <= big_M*(1-x[i, j, k]) + trip_departures[j-num_of_source-1]) # Constraint (11) # note kpekinaki apo -2
43                 #γιατι ο προτος κανονισ ειναι το depot και ο δευτερος ειναι ο προτος σταθμος φορτηγων
44                 model.addConstr(time_T[j, k] >= -big_M*(1-x[i, j, k]) + trip_departures[j-num_of_source-1]) # Constraint (12)
45
46 # deemed as redundant
47 # model.addConstr(sum(time_T[i, k] for i in N) <= big_M*sum(sum(x[i, j, k] for j in N) for i in N) for k in K)
48
49 for k in K:
50     for j in (F+V+D):
51         model.addConstr(time_T[j, k] <= big_M*sum(x[i, j, k] for i in (O+F+V)) # Constraint 13
52
53 # Giotzalitis signs constraints
54 for k in K:
55     for i in (O+F+V):
56         for j in (F+V+D):
57             if i != j:
58                 model.addConstr(signa[i, j, k] <= big_M*(1 - x[i, j, k])) # Constraint 14
59                 model.addConstr(signa[i, j, k] >= -big_M*(1 - x[i, j, k])) # Constraint 15
60

```

Εικόνα Παρτήματος V-3: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 118-176, από Visual Studio.

```

1 # constraint for when leaving from a task that is a trip
2 for k in K:
3     for i in (D+V):
4         for j in (F+V+D):
5             if i != j:
6                 model.addConstr(time_T[i, k] + t_persp[i-1] + t[i, j] - time_T[j, k] + sigma[i, j, k] <= 0) # Constraint (15)
7
8 # constraint for variable charging time, when leaving from a charger
9 for k in K:
10     for i in F:
11         for j in (F+V+D):
12             if i != j:
13                 model.addConstr(time_T[i, k] + ((SoC_e[i, k]-SoC_s[i, k])/charging_power_per_minute) + t[i, j] - time_T[j, k] + sigma[i, j, k] <= 0) # Constraint (16)
14
15 for k in K:
16     for i in D:
17         for j in F+V:
18             # model.addConstr(time_T[starting_node, k] <= big_M*(1-x[starting_node, j, k]) + time_T[j, k] - t[starting_node, j] - 2)) # Constraint (17)
19             # model.addConstr(time_T[starting_node, k] <= -big_M*(1-x[starting_node, j, k]) + (time_T[j, k] - t[starting_node, j] - 2)) # Constraint (18)
20             model.addConstr(time_T[i, k] <= starting_time[k-1] + big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (17)
21             model.addConstr(time_T[j, k] <= starting_time[k-1] - big_M*(1-x[j, i, k])) # Constraint (18)
22
23 # when leaving from a node
24 for k in K:
25     for j in D:
26         for i in V:
27             model.addConstr(time_T[j, k] <= (time_T[i, k] + t_persp[i-1] + t[i, j]) + big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (19)
28             model.addConstr(time_T[j, k] <= (time_T[i, k] + t_persp[i-1] + t[i, j]) - big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (20)
29
30 # constraint for variable charging time, when leaving from a charger
31 for k in K:
32     for j in D:
33         for i in F:
34             model.addConstr(time_T[j, k] <= (time_T[i, k] + ((SoC_e[i, k]-SoC_s[i, k])/charging_power_per_minute) + t[i, j]) + big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (19)
35             model.addConstr(time_T[j, k] <= (time_T[i, k] + ((SoC_e[i, k]-SoC_s[i, k])/charging_power_per_minute) + t[i, j]) - big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (20)
36
37 # Energy Flow Constraints
38 for k in K:
39     for j in F+V+D:
40         model.addConstr(SoC_s[j, k] <= SoC_min + big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in (D+F+V)))) # Constraint (21)
41
42 for k in K:
43     for j in F+V+D:
44         model.addConstr(SoC_e[j, k] <= big_M*sum(x[i, j, k] for i in (D+F+V))) # Constraint (22)
45
46 for k in K:
47     for i in D:
48         model.addConstr(SoC_e[i, k] <= starting_soc[k-1] + big_M*(1-sum(x[i, j, k] for j in (F+V)))) # Constraint (23)
49         model.addConstr(SoC_e[i, k] <= starting_soc[k-1] - big_M*(1-sum(x[i, j, k] for j in (F+V)))) # Constraint (24)
50
51 for k in K:
52     for i in (D+F+V):
53         model.addConstr(SoC_e[i, k] <= big_M*sum(x[i, j, k] for j in K)) # Constraint (25)
54
55 # updated energy constraints
56 for k in K:
57     for i in (D+F+V):
58         for j in (F+V+D):
59             if i != j:
60                 model.addConstr(SoC_e[j, k] <= (SoC_e[i, k] - theta[i, j]) + big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (26)
61                 model.addConstr(SoC_e[j, k] <= (SoC_e[i, k] - theta[i, j]) - big_M*(1-x[i, j, k])) # Constraint (27)
62

```

Εικόνα Παραρτήματος V-4: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 178-238, από Visual Studio.

```

1 # The constraints g
2 for k in K:
3     for j in {F+V}:
4         model.addConstr(g[j, k] <= (SoC_s[j, k] - SoC_e[j, k]) + big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+F+V}))) # Constraint (28)
5         model.addConstr(g[j, k] >= (SoC_s[j, k] - SoC_e[j, k]) - big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+F+V}))) # Constraint (29)
6
7 # What values should g take when a TRIP node is visited?
8 for k in K:
9     for j in V:
10        model.addConstr(g[j, k] <= e_consumption[j-1] + big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+F+V}))) # Constraint (30)
11        model.addConstr(g[j, k] >= e_consumption[j-1] - big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+F+V}))) # Constraint (31)
12
13 # What values should g take when a CHARGING node is visited?
14 for k in K:
15     for j in F:
16        model.addConstr(g[j, k] <= (SoC_s[j, k] - SoC_max) + big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+V}))) # Constraint (32)
17        model.addConstr(g[j, k] >= (SoC_s[j, k] - SoC_max) - big_M*(1-sum(x[i, j, k] for i in {O+V}))) # Constraint (33)
18
19 for k in K:
20     for j in {F+V}:
21        model.addConstr(g[j, k] <= big_M*sum(x[i, j, k] for i in N)) # Constraint (34)
22        model.addConstr(g[j, k] >= -big_M*sum(x[i, j, k] for i in N)) # Constraint (35)
23
24 for k in K:
25     model.addConstr(y[k]*big_M >= sum(sum(x[i, j, k] for i in O) for j in N))
26     model.addConstr(y[k] <= sum(sum(x[i, j, k] for i in N) for j in N))
27
28 model.write('model.lp')
29 model.setParam('MIPGap', 0.01)
30 model.optimize()
31
32 solution_status = model.status
33
34 if solution_status == GRS.OPTIMAL:
35     all_vars = model.getVars()
36     values = model.getAttr("X", all_vars)
37     names = model.getAttr("VarName", all_vars)
38
39     print("\r")
40     print("Optimal solution found!")
41
42     # print all non-zero variables values
43     for name, val in zip(names, values):
44         if val != 0.0 and val >= -400.0:
45             print(f"{name} = {round(val, 2)}")
46
47 else:
48     print("\r")
49     print("Problem not solved!")
50     print("Solution status: ", solution_status)
51
52     return -1
53 from openpyxl import Workbook
54
55 ## Dimiourgia gia apothikeusi Excel/Onomasia slice
56 wb = Workbook()
57 ws = wb.active
58 ws.title = "Slice 1"
59
60 # Dimiourgia epikhefialidun/ stilwn

```

Εικόνα Παραρτήματος V-5: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 240-302, από Visual Studio.

```

1  # Elisaveti epiketallomen
2  for name, val in zip(names, values):
3      if val != 0.0 and val >= -480.0:
4          ws.append([name, round(val, 2)])
5
6  ### sau dinoume onoma sto arxio
7  output_file = "../results/89/89_saturday_0-85.xlsx"
8  wb.save(output_file)
9
10 print(f"Saved in: {output_file}")
11
12
13 if __name__ == "__main__":
14
15     # Get the directory of the current script
16     current_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
17
18     # Construct the path to the data folder (one level up)
19     # Cyprus
20     input_folder_path = os.path.join(current_dir, 'input')
21     gtfs_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'gtfs_lima2024')
22     depot_locations_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'depot_locations_lima.csv')
23
24     # Athens
25     input_folder_path = os.path.join(current_dir, 'input')
26     gtfs_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'osm_september_2024')
27     depot_locations_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'depot_locations_osm.csv')
28
29     ###
30     ###
31
32     # Problem instance parameters
33
34     # Change parameters here
35     route_to_analyse = 937 # Cyprus - 18090811 (i.e. 9), Athens - 959 (i.e. 558), 937 (i.e. 140), 1539(122), 968(88), 1823(85), 940(120)
36     number_of_buses = 15
37     day = "saturday"
38
39     num_of_source = 2
40     num_of_sink = 2
41
42     # select slice
43     first_trip_to_consider_one_way = 0 # stan tou valoume apo 10 eus 19, vazei to 10 alla eui to 15.
44     number_of_trips_one_way = 85 # or 1000 to consider all
45     first_trip_to_consider_other_way = 0
46     number_of_trips_other_way = 85
47
48     # 0-20, 20-40 (30 looforia san apotelesma)
49
50     avg_u = 26000/60 # meters per minute
51     # = 0.001 # previous value 0.00072 # per meter * 1.2 # kWh per km, eb-cslp: 0.82
52     charging_power_per_minute = 4 # kWh/min
53
54     ### Values from excel
55     ### comment for the first slice
56
57     # Import pandas as pd
58     ### change the name of excel document for the next slice
59     # file_path = "../excel/140/140_saturday_slice1.xlsx" # Elisaveti na einai to wsto path
60     # data = pd.read_x

```

Εικόνα Παραρτήματος V-6: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 302-361, από Visual Studio.

```

1 # E-bus related parameters
2 charging_time = 0
3 SOC_min = 70.0 # measured in kWh
4 SOC_max = 350.0 # measured in kWh
5 beta = [0] * number_of_buses
6 starting_SOC = [350.0] * number_of_buses
7 starting_time = [0.0] * number_of_buses
8 K1 = [1 for i in range(1, number_of_buses + 1)]
9 K2 = []
10
11 ### comment gia to pwto slice
12
13 # # beta represents the buses not used, it takes the value of 1 for buses not used
14 # # to beta_index ksekinai apo 0 opote isxuei to minus one
15 # beta_indices = data['beta_index'].dropna().astype(int).tolist()
16 # beta_values = data['beta_value'].dropna().tolist()
17 # for idx, value in zip(beta_indices, beta_values):
18 #     beta[idx] = value
19
20 # # starting_SOC starting_time ksekinai to index kai edw apo 0 opote kai edo isxuei to minus one
21 # starting_indices = data['starting_index'].dropna().astype(int).tolist()
22 # starting_SOC_values = data['starting_SOC_value'].dropna().tolist()
23 # starting_time_values = data['starting_time_value'].dropna().tolist()
24
25 # for idx, value in zip(starting_indices, starting_SOC_values):
26 #     starting_SOC[idx] = value
27
28 # for idx, value in zip(starting_indices, starting_time_values):
29 #     starting_time[idx] = value
30
31 # # K1 & K2 EDW DEN ISXUEI MEION ENA
32 # K1 = []
33 # for value in data["K1_index"].dropna().astype(int).tolist(): # K1 otan pane sto pwto depot
34 #     K1.append(value)
35
36 # for value in data["K2_index"].dropna().astype(int).tolist(): # K2 otan pane sto deutero depot
37 #     K2.append(value)
38
39 ###
40
41 # gtfs handling
42 all_route_data = extract_gtfs_trips_data.process_gtfs_data(day, gtfs_folder_path)
43 depot_locations = read_file.read_comma_delimited_file(depot_locations_folder_path)
44
45 route_data = all_route_data[route_to_analyse]
46
47 number_of_trips = len(route_data[0]) + len(route_data[1])
48 one_way_departures = route_data[0][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
49 other_way_departures = route_data[1][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
50 both_way_departures = one_way_departures + other_way_departures
51 one_way_trip_time = route_data[2]
52 other_way_trip_time = route_data[3]
53
54 charging_slots = calc_time_slots.generate_timestamps(both_way_departures)
55 number_of_charging_tasks = len(charging_slots)
56
57 depot_lat = depot_locations.iloc[3]['latitude']
58 depot_lon = depot_locations.iloc[3]['longitude']
59
60 charger_lat = depot_locations.iloc[3]['latitude']
61 charger_lon = depot_locations.iloc[3][

```

Εικόνα Παραρτήματος V-7: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 365-425, από Visual Studio.

```

1 go_last_stops = route_data[4][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
2 come_last_stops = route_data[5][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
3 go_first_stops = route_data[6][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
4 come_first_stops = route_data[7][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
5
6 last_stop_one_way_lat = go_last_stops[0][0]
7 last_stop_one_way_lon = go_last_stops[0][1]
8
9 # creation of last stops list
10 locations_list = []
11 locations_list.append([depot_lat, depot_lon])
12 locations_list.append([last_stop_one_way_lat, last_stop_one_way_lon])
13
14 for charger in range(number_of_charging_tasks):
15     locations_list.append([charger_lat, charger_lon])
16
17 final_num_trips_one_way = 0
18 for stop in go_last_stops:
19     locations_list.append(stop)
20     final_num_trips_one_way += 1
21
22 final_num_trips_other_way = 0
23 for stop in come_last_stops:
24     locations_list.append(stop)
25     final_num_trips_other_way += 1
26
27 locations_list.append([depot_lat, depot_lon])
28 locations_list.append([last_stop_one_way_lat, last_stop_one_way_lon])
29
30 # creation of first stops list
31 first_stops_list = []
32
33 first_stops_list.append([depot_lat, depot_lon])
34 first_stops_list.append([last_stop_one_way_lat, last_stop_one_way_lon])
35
36 for charger in range(number_of_charging_tasks):
37     first_stops_list.append([charger_lat, charger_lon])
38
39 for stop in go_first_stops:
40     first_stops_list.append(stop)
41
42 for stop in come_first_stops:
43     first_stops_list.append(stop)
44
45 first_stops_list.append([depot_lat, depot_lon])
46 first_stops_list.append([last_stop_one_way_lat, last_stop_one_way_lon])
47
48 # creation of trip departures list
49 trip_departures = []
50
51 for charger in charging_slots:
52     trip_departures.append(charger)
53
54 for trip in one_way_departures:
55     trip_departures.append(trip)
56

```

Εικόνα Παραρτήματος V-8: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 427-485, από Visual Studio.

```

1  # for the source node
2      t_persp.append(0) # for the source 1
3      t_persp.append(0) # for the source 2
4      e_consumption.append(0) # for the source 1
5      e_consumption.append(0) # for the source 2
6
7      # for the charging node
8      for charger in range(number_of_charging_tasks):
9          t_persp.append(charging_time)
10         e_consumption.append(0)
11
12     for row in range(number_of_trips_one_way):
13         t_persp.append(one_way_trip_time)
14         e_consumption.append(meters_one_way*e)
15
16     for row in range(number_of_trips_other_way):
17         t_persp.append(other_way_trip_time)
18         e_consumption.append(meters_other_way*e)
19
20     t_persp.append(0) # for the sink 1
21     t_persp.append(0) # for the sink 2
22     e_consumption.append(0) # for the sink 1
23     e_consumption.append(0) # for the sink 2
24
25     print("\n")
26     print("Number of trips one way: ")
27     print(final_num_trips_one_way)
28     print("Number of trips other way: ")
29     print(final_num_trips_other_way)
30
31     print("\n")
32     print("Trip departures: ")
33     print(trip_departures)
34
35     print("\n")
36     print("Locations: ")
37     print(locations_list)
38
39     print("\n")
40     print("First stops per trip: ")
41     print(first_stops_list)
42
43     print("\n")
44     print("One way trip time: ")
45     print(one_way_trip_time)
46
47     print("\n")
48     print("Other way trip time: ")
49     print(other_way_trip_time)
50     print("\n")
51
52     solve(final_num_trips_one_way, final_num_trips_other_way, trip_departures,
53           locations_list, first_stops_list, number_of_buses, SOC_min, SOC_max,
54           starting_SOC, t_persp, e_consumption, e, avg_u, number_of_charging_tasks,
55           num_of_source, num_of_sink, beta, starting_time, K1, K2, charging_power_per_minute)

```

Εικόνα Παραρτήματος V-9: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Ηλεκτρικών Οχημάτων γραμμές 492-546, από Visual Studio.

```

1 from gurobipy import Model, GRB, quicksum
2 import math
3 import pandas as pd
4
5 # Initialize the model
6 model = Model("Fixed_Job_Scheduling_formulation")
7 model.setParam("OutputFlag", 1) # Suppress Gurobi output
8
9 # Problem data
10
11 #Big M parameter
12 M = 10000
13
14 ### Input from excel/
15 df = pd.read_excel('./blocks/120/120_saturday_crewscheduling_sdvsp.xlsx')
16
17 # block data
18 r = dict(zip(df['block id'], df['release'])) #release
19 d = dict(zip(df['block id'], df['deadline'])) #deadhead
20 N = len(r)
21
22 sorted_keys = sorted(d, key=d.get)
23
24 sorted_r = {i+1: r[k] for i, k in enumerate(sorted_keys)}
25 sorted_d = {i+1: d[k] for i, k in enumerate(sorted_keys)}
26
27 print("\r")
28 print("Blocks in the problem: ")
29 print(sorted_r)
30 print(sorted_d)
31
32 #Driver Parameters
33 K = 100 # number of available drivers
34 sd = 480 # shift duration of each driver in minutes (8 hours)
35 s = 600 # time availability of each driver in minutes (8 hours)
36
37 # Calculating L_j (Number of shifts per block)
38 L = {j: set(range(1, math.ceil((sorted_d[j] - sorted_r[j]) / sd) + 1)) for j in range(1, N+1)}
39
40 print("\r")
41 print("Set L")
42 print("Parts per block: ")
43 print(L)
44
45 # Calculating L'_j (Number of complete shifts per block)
46 L_prime = {j: set(range(1, math.floor((sorted_d[j] - sorted_r[j]) / sd) + 1)) for j in range(1, N+1)}
47
48 print("\r")
49 print("Set L prime")
50 print("8-hour shifts per block: ")
51 print(L_prime)
52
53 RE = {j: L[j] ^ L_prime[j] for j in range(1, N+1)}
54
55 print("\r")
56 print("Set RE")
57 print("Remaining parts that don't form complete shifts: ")
58 print(RE)

```

Εικόνα Παραρτήματος V-10: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 1-58, από Visual Studio.

```

1  # Calculating block part duration dpb
2  bpd = {} for j in range(1, N+1)
3
4  for j in range(1, N+1):
5      for l in L_prime[j]:
6          bpd[j][l] = sd # 480 minutes
7
8      # Remaining/incomplete shifts
9      for l in RE[j]:
10         bpd[j][l] = (sorted_d[j] - sorted_r[j]) - (len(L_prime[j]) * sd) # Remaining time
11
12 print("\n")
13 print("Set bpd")
14 print("Block parts duration: ")
15 print(bpd)
16
17 # print("Set N:", n)
18 # for j in range(1, n+1):
19 #     print(f"Set l{j}:", L[j])
20 #     print(f"Set l' {j}:", L_prime[j])
21 #     print(f"Set RE{j}:", RE[j])
22
23 # total_l = sum(len(L[j]) for j in range(1, n+1))
24 # total_l_prime = sum(len(L_prime[j]) for j in range(1, n+1))
25 # total_RE = sum(len(RE[j]) for j in range(1, n+1))
26
27 # print(f"Total size of all l sets: {total_l}")
28 # print(f"Total size of all l' sets: {total_l_prime}")
29 # print(f"Total size of all RE sets: {total_RE}")
30
31 # Variables
32 x = model.addVars(((i, j, l) for i in range(1, K+1) for j in range(1, N+1) for l in L[j]), vtype=GRB.BINARY, name="x")
33 y = model.addVars((i for i in range(1, K+1)), vtype=GRB.BINARY, name="y")
34 st = model.addVars(((j, l) for j in range(1, N+1) for l in L[j]), vtype=GRB.CONTINUOUS, name="st")
35 et = model.addVars(((j, l) for j in range(1, N+1) for l in L[j]), vtype=GRB.CONTINUOUS, name="et")
36
37 # 1. Objective function
38 model.setObjective(sum(y[i] for i in range(1, K+1)), GRB.MINIMIZE)
39
40 # Constraints
41
42 # Constraint 2.
43 # If a driver is assigned to a block j and a task l (x[i, j, l] = 1), then y[i] may take the value of one
44 # (i.e. connecting assignment x[i, j, l] with y[i])
45 for i in range(1, K+1):
46     for j in range(1, N+1):
47         for l in L[j]:
48             model.addConstr(x[i, j, l] <= y[i])
49
50 # Constraint 3
51 # Exactly one driver is assigned to each block j and task l
52 for j in range(1, N+1):
53     for l in L[j]:
54         model.addConstr(sum(x[i, j, l] for i in range(1, K+1)) == 1)
55
56 # Constraint 4
57 # Total duration of all the parts assigned to driver doesn't exceed their shift duration
58 for i in range(1, K+1):
59     model.addConstr(sum(bpd[j][l] * x[i, j, l] for j in range(1, N + 1) for l in L[j]) <= sd * y[i])
60

```

Εικόνα Παραρτήματος V-11: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 60-119, από Visual Studio

```

1 # Constraint 3
2 # Starting time of each part i of block j must be greater than or equal to the release time of block j
3 model.addConstrs((st[j, i] >= sorted_r[j]) for j in range(1, N+1) for i in i[j])
4
5 # Constraint 4
6 # Ending time of each part i of block j must be smaller than or equal to the deadhead time of block j
7 model.addConstrs((et[j, i] <= sorted_d[j]) for j in range(1, N+1) for i in i[j])
8
9 # Constraints 7
10 # These constraints (7a and 7b) work together and ensure time continuity between the parts of the same block j so st[j, i+1] > et[j, i]
11
12 # Constraint 7a
13 # This constraint ensures that if x[i, j, i+1] = 1 then st[j, i] <= et[j, i+1], else st[j, i] - et[j, i+1] <= -M
14 model.addConstrs((st[j, i] - et[j, i+1] <= -M * (1 - x[i, j, i+1])) for i in range(1, K+1) for j in range(1, N+1) for i in range(2, len(i[j])+1))
15
16 # Constraint 7b
17 # This constraint ensures that if x[i, j, i+1] < 1 then st[j, i] >= et[j, i+1], else st[j, i] - et[j, i+1] >= -M
18 model.addConstrs((st[j, i] - et[j, i+1] >= -M * (1 - x[i, j, i+1])) for i in range(1, K+1) for j in range(1, N+1) for i in range(2, len(i[j])+1))
19
20 # Constraint 8
21 # These constraints (7a and 7b) work together and ensure that et[j, i] - st[j, i] > bpd[j][i]
22
23 #Constraint 8a
24 # This constraint ensures that when the driver i is chosen to serve the duty (j,i) ( x[i, j, i] < 1 ) then et[j, i] - st[j, i] <= bpd[j][i]
25 # else et[j, i] - st[j, i] <= -M
26 model.addConstrs((et[j, i] - st[j, i] <= bpd[j][i] + M * (1 - x[i, j, i])) for i in range(1, K+1) for j in range(1, N+1) for i in i[j])
27
28 #Constraint 8b
29 # This constraint ensures that when the driver i is chosen to serve the duty (j,i) ( x[i, j, i] < 1 ) then et[j, i] - st[j, i] >= bpd[j][i]
30 # else et[j, i] - st[j, i] >= -M
31 model.addConstrs((et[j, i] - st[j, i] >= bpd[j][i] - M * (1 - x[i, j, i])) for i in range(1, K+1) for j in range(1, N+1) for i in i[j])
32
33
34 # Constraint 11
35 # This constraint ensures that a driver i can be chosen to serve the duties (j,i) and (k,g) ( x[i, j, i] = 1 and x[i, k, g] = 1 ),
36 # only if et[j, i] <= st[k, g]
37
38 for i in range(1, K+1):
39     for j in range(1, N+1):
40         for l in i[j]:
41             for k in range(1, N+1):
42                 if k > j:
43                     for g in i[k]:
44                         model.addConstr((et[j, i] - st[k, g] <= M * (1 - x[i, j, i]) + M * (1 - x[i, k, g]))
45
46 # Constraint 12
47 # This constraint ensures that a driver i can be chosen to serve the duties (j,i) and (k,g) ( x[i, j, i] = 1 and x[i, k, g] = 1 ),
48 # only if st[k, g] - et[k, g] <= s
49 for i in range(1, K+1):
50     for j in range(1, N+1):
51         for l in i[j]:
52             for k in range(1, N+1):
53                 if k > j:
54                     for g in i[k]:
55                         model.addConstr((st[k, g] - et[j, i] - s <= M * (1 - x[i, j, i]) + M * (1 - x[i, k, g]))

```

Εικόνα Παρارتήματος V-12 Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 120-174, από Visual Studio.

```

1 model.write('model.lp')
2 # model.setParam('MIPGap', 0.05)
3 model.optimize()
4
5 ### Name the results based on route
6 output_file = './blocks_results/120/120_Drivers_sdvsp.txt'
7 with open(output_file, "w") as file:
8
9     if model.status != GRB.OPTIMAL:
10         print("Optimal solution not found!")
11         exit()
12
13     Minimum_number_of_drivers_required = set()
14
15     print("\nAssigned Tasks :")
16     file.write("Assigned Tasks :\n")
17
18     for j in range(1, N+1):
19         for l in L[j]:
20             for i in range(1, K+1):
21                 if x[i, j, l].X > 0.5:
22                     print(f"Driver {i} assigned to task [{j}, {l}]\n")
23                     file.write(f"Driver {i} assigned to task [{j}, {l}]\n")
24                     Minimum_number_of_drivers_required.add(i)
25     print(f"\nMinimum number of drivers required: {len(Minimum_number_of_drivers_required)}\n")
26     file.write(f"\nMinimum number of drivers required: {len(Minimum_number_of_drivers_required)}\n")
27     print(f"\nTotal Number of blocks: {len(r)}\n")
28     file.write(f"\nTotal Number of blocks: {len(r)}\n")
29
30     total_parts = sum(len(subset) for subset in L.values())
31
32     print(f"\nTotal number of duties: {total_parts}\n")
33     file.write(f"\nTotal number of duties: {total_parts}\n")
34 print(f"Txt saved in: {output_file}")
35
36 # st
37 data_st = [[i, j, l, st[j, l].x] for (j, l) in st.keys() for i in range(1, K+1) if x[i, j, l].X > 0.5]
38 df_st = pd.DataFrame(data_st, columns=["driver", "j", "l", "st_value"])
39
40 # et
41 data_et = [[i, j, l, et[j, l].x] for (j, l) in et.keys() for i in range(1, K+1) if x[i, j, l].X > 0.5]
42 df_et = pd.DataFrame(data_et, columns=["driver", "j", "l", "et_value"])
43
44 # bpd
45 data_bpd = []
46 for j in range(1, N+1):
47     for l in L[j]:
48         bpd_value = bpd[j].get(l, "-")
49         for i in range(1, K+1):
50             if x[i, j, l].X > 0.5:
51                 data_bpd.append([i, j, l, bpd_value])
52 df_bpd = pd.DataFrame(data_bpd, columns=["driver", "j", "l", "bpd"])
53
54 # Merge Dataframes
55 df_combined = pd.merge(pd.merge(df_st, df_et, on=["j", "l", "driver"], how="outer"),
56                        df_bpd, on=["j", "l", "driver"], how="outer")
57
58 # Save in excel
59 ##### Name the excel file based on route
60 filename = './blocks_results/120/120_shifts_sdvsp.xlsx'
61
62 # Save
63 df_combined.to_excel(filename, index=False)
64 print(f"Excel saved in '{filename}'")

```

Εικόνα Παραρτήματος V-13: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Πληρωμάτων γραμμές 176-239, από Visual Studio.

```

1  from gurobipy import GRB
2  import gurobipy as gp
3
4  import numpy as np
5
6  import read_file
7
8  import sys
9  import os
10
11  sys.path.append(os.path.abspath(os.path.join(os.path.dirname(__file__), '..')))
12  import extract_gtfs_trips_data
13
14  def create_cij(trip_departure_times_go, trip_departure_times_come, tt_go, tt_come):
15      """
16      Calculate the feasibility matrix cij.
17
18      Parameters:
19      - trip_departure_times_go: List of departure times for trips in the 'go' direction.
20      - trip_departure_times_come: List of departure times for trips in the 'come' direction.
21      - tt_go: Travel time for the bus in the 'go' direction.
22      - tt_come: Travel time for the bus in the 'come' direction.
23
24      Returns:
25      - num_trips_total: Total number of trips.
26      - cij: A feasibility matrix where cij = 1 if the bus serving trip i can be used for trip j, 0 otherwise.
27      """
28
29      num_trips_go = len(trip_departure_times_go)
30      num_trips_come = len(trip_departure_times_come)
31
32      # Initialize the feasibility matrix with zeros
33      num_trips_total = num_trips_go + num_trips_come
34      cij = np.zeros((num_trips_total, num_trips_total), dtype=int)
35
36      # Calculate the feasibility matrix
37      for i in range(num_trips_go):
38          for j in range(num_trips_come):
39              # The bus can serve trip j after trip i if the departure time of trip j is later than the
40              # arrival time of the bus after completing trip i
41              arrival_time_after_trip_i = trip_departure_times_go[i] + tt_go
42              if trip_departure_times_come[j] >= arrival_time_after_trip_i:
43                  cij[i][num_trips_go + j] = 1
44
45              arrival_time_after_trip_j = trip_departure_times_come[j] + tt_come
46              if trip_departure_times_go[i] >= arrival_time_after_trip_j:
47                  cij[num_trips_go + j][i] = 1
48
49      # print(cij)
50      return num_trips_total, cij

```

Εικόνα Παρτήματος V-14: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 1-51, από Visual Studio.

```

1 def solve(trip_departure_times_go, trip_departure_time_come, tt_go, tt_come):
2
3     num_trips_total, cij = create_cij(trip_departure_times_go, trip_departure_time_come, tt_go, tt_come)
4
5     # trip_counter_1 = 1
6     # print("Printing Cij: ")
7     # for row in cij:
8     #     print(trip_counter_1, end=" ")
9     #     for element in row:
10        #         print(element, end=" ")
11        #     print("\n")
12        #     trip_counter_1 += 1
13
14        # Create a new model
15        model = gp.Model("SD-VSP")
16
17        # Set the OutputFlag parameter to 0 to suppress output
18        model.setParam('OutputFlag', 0)
19
20        # Decision variables: x[i,j] = 1 if a vehicle serves trip i followed by trip j
21        x = model.addVars(num_trips_total, num_trips_total, vtype=GRB.BINARY, name="x")
22
23        # Objective: Minimize the total number of vehicles used
24        model.setObjective(sum(cij[i][j]*x[i, j] for i in range(num_trips_total) for j in range(num_trips_total)), GRB.MAXIMIZE)
25
26        # s.t.
27        for j in range(num_trips_total):
28            model.addConstr(sum(x[i, j] for i in range(num_trips_total)) <= 1, name="Constraint 1")
29
30        for i in range(num_trips_total):
31            model.addConstr(sum(x[i, j] for j in range(num_trips_total)) <= 1, name="Constraint 2")
32
33
34
35        # Optimize the model
36        model.optimize()
37
38        all_vars = model.getVars()
39        values = model.getAttr("X", all_vars)
40        names = model.getAttr("VarName", all_vars)
41
42
43        # print all non-zero variables values
44
45        ### folder/name of txt file
46        output_file = "../sd_vsp/140/140saturday_advsp.txt"
47
48        # Opens an empty txt file
49        with open(output_file, 'w') as file:
50            file.write("\r\n")
51            print("\r\n")
52
53            for name, val in zip(names, values):
54                if val != 0:
55                    file.write("{} = (round(val, 2))\n".format(name))
56                    print("{} = (round(val, 2))".format(name))
57
58
59        num_trips_go = min(num_trips_total, len(trip_departure_times_go))
60        num_trips_come = num_trips_total - num_trips_go

```

Εικόνα Παράρτηματος V-15: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 54-113, από Visual Studio.

```

1 #####
2     for j in range(num_trips_total):
3         if j < num_trips_go:
4             departure_time = trip_departure_times_go[j]
5             file.write(f"Dep_Time_go {j} = {departure_time}\n")
6             print(f"Dep_Time_go {j} = {departure_time}")
7         else:
8             departure_time = trip_departure_time_come[j - num_trips_go]
9             file.write(f"Dep_Time_come {j} = {departure_time}\n")
10            print(f"Dep_Time_come {j} = {departure_time}")
11
12
13     for j in range(num_trips_total):
14         if j < num_trips_go:
15             completion_time = trip_departure_times_go[j] + tt_go
16             file.write(f"Comp_Time_go {j} = {completion_time}\n")
17             print(f"Comp_Time_go {j} = {completion_time}")
18         else:
19             completion_time = trip_departure_time_come[j - num_trips_go] + tt_come
20             file.write(f"Comp_Time_come {j} = {completion_time}\n")
21             print(f"Comp_Time_come {j} = {completion_time}")
22
23
24     # Number of required buses
25     optimal_value = model.objVal
26     number_of_buses_required = num_trips_total - optimal_value
27
28     # Save the results to txt
29     file.write(f"Number of trips one way: {len(trip_departure_times_go)}\n")
30     file.write(f"Number of trips other way: {len(trip_departure_time_come)}\n")
31     file.write(f"Number of trips: {num_trips_total}\n")
32     file.write(f"Number of bus re-uses: {optimal_value}\n")
33     file.write(f"Number of buses required: {number_of_buses_required}\n")
34
35     # Print in terminal
36     print(f"Number of trips one way: {len(trip_departure_times_go)}")
37     print(f"Number of trips other way: {len(trip_departure_time_come)}")
38     print(f"Number of trips: {num_trips_total}")
39     print(f"Number of bus re-uses: {optimal_value}")
40     print(f"Number of buses required: {number_of_buses_required}")
41
42     print(f"Saved in: {output_file}")
43     return number_of_buses_required
44
45
46 if __name__ == "__main__":
47
48     # Get the directory of the current script
49     current_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
50
51     # Construct the path to the data folder (one level up)
52     # gtfs_folder_path = os.path.join(current_dir, '..', '..', 'input', 'bus_network_data', 'new_york', 'gtfs_ny_may_2017')
53     input_folder_path = os.path.join(current_dir, 'input')
54     gtfs_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'osla_september_2024')
55     depot_locations_folder_path = os.path.join(input_folder_path, 'depot_locations_osla.csv')

```

Εικόνα Παρارتήματος V-16: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 115-169, από Visual Studio.

```

1  ### Change parameters here
2  route_to_analyse = 937# Cyprus - 10099011 (i.e. 9), Athens - 959 (i.e. 550), 937 (i.e. 140), 1539(122), 960(600), 1023(99), 940(120)
3
4  ### select slices
5  first_trip_to_consider_one_way = 0 # start from valours apo 10 ens 15, vazel to 10 alla oxi to 15.
6  number_of_trips_one_way = 200 # or 1000 to consider all
7  first_trip_to_consider_other_way = 0
8  number_of_trips_other_way = 200
9  day = "saturday"
10 number_of_buses = 40
11
12 num_of_source_and_sink = 2
13 number_of_charging_tasks = 0
14
15 all_route_data = extract_gtfs_trips_data.process_gtfs_data(day, gtfs_folder_path)
16
17 depot_locations = read_file.read_comma_delimited_file(depot_locations_folder_path)
18
19 route_data = all_route_data[route_to_analyse]
20
21 number_of_trips = len(route_data[0]) + len(route_data[1])
22 one_way_departures = route_data[0][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
23 other_way_departures = route_data[1][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
24 both_way_departures = one_way_departures + other_way_departures
25 one_way_trip_time = route_data[2]
26 other_way_trip_time = route_data[3]
27
28 ###
29 depot_lat = depot_locations.iloc[4]['latitude']
30 depot_lon = depot_locations.iloc[4]['longitude']
31
32 charger_lat = depot_locations.iloc[4]['latitude']
33 charger_lon = depot_locations.iloc[4]['longitude']
34
35 go_last_stops = route_data[4][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
36 come_last_stops = route_data[5][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
37 go_first_stops = route_data[6][first_trip_to_consider_one_way:number_of_trips_one_way]
38 come_first_stops = route_data[7][first_trip_to_consider_other_way:number_of_trips_other_way]
39
40
41 # creation of last stops list
42 locations_list = []
43 locations_list.append([depot_lat, depot_lon])
44
45 final_num_trips_one_way = 0
46 for stop in go_last_stops[:number_of_trips_one_way]:
47     locations_list.append(stop)
48     final_num_trips_one_way += 1
49
50 final_num_trips_other_way = 0
51 for stop in come_last_stops[:number_of_trips_other_way]:
52     locations_list.append(stop)
53     final_num_trips_other_way += 1
54
55 locations_list.append([depot_lat, depot_lon])
56
57 # creation of first stops list
58 first_stops_list = []
59
60 first_stops_list.append([depot_lat, depot_lon])
61
62 for stop in go_first_stops[:number_of_trips_one_way]:
63     first_stops_list.append(stop)
64
65 for stop in come_first_stops[:number_of_trips_other_way]:
66     first_stops_list.append(stop)
67
68 first_stops_list.append([depot_lat, depot_lon])

```

Εικόνα Παραρτήματος V-17: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 171-238, από Visual Studio.

```

1  # creation of trip departures list
2  trip_departures = []
3
4  for trip in one_way_departures:
5      trip_departures.append(trip)
6
7  for trip in other_way_departures:
8      trip_departures.append(trip)
9
10 print("\r")
11 print("Trip departures: ")
12 print(trip_departures)
13
14 print("\r")
15 print("Locations: ")
16 print(locations_list)
17
18 print("\r")
19 print("First stops per trip: ")
20 print(first_stops_list)
21
22 print("\r")
23 print("One way trip time: ")
24 print(one_way_trip_time)
25
26 print("\r")
27 print("Other way trip time: ")
28 print(other_way_trip_time)
29 print("\r")
30
31 solve(one_way_departures, other_way_departures, one_way_trip_time, other_way_trip_time)

```

Εικόνα Παραρτήματος V-18: Κώδικας για τον Προγραμματισμό των Συμβατικών Οχημάτων γραμμές 241-271, από Visual Studio.