



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: "Επίλυση προβλημάτων ανάθεσης διαδρομών και βαρδιών σε λεωφορεία με χρήση μαθηματικού προγραμματισμού και ευρετικών αλγορίθμων"



από τον  
ΤΣΙΠΟΥΡΑ ΑΝΤΩΝΙΟ

Επιβλέπων καθηγητής:  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΑΧΑΡΙΔΗΣ

Βόλος, 2020

## ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γεώργιος Σαχαρίδης (επιβλέπων καθηγητής)

Δημήτριος Παντελής

Νικόλαος Ανδρίτσος

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε πολύ δύσκολους καιρούς για την ανθρωπότητα λόγω του ιού COVID-19. Εύχομαι περαστικά σε όσους έχουν πληγεί από την πανδημία, και ευχαριστώ όσους βρίσκονται στο πεδίο μάχης με τον ιό.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ.Σαχαρίδη , Αναπληρωτή Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και επιβλέπων της εργασίας, για την ανάθεση του θέματος, τη βοήθεια και καθοδήγηση του καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου τον κ.Αντώνη Φραγκογιό, Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, για την άριστη συνεργασία, την βοήθεια που μου προσέφερε όποτε και να την χρειαζόμουν, τις υποδείξεις και διορθώσεις του.

Τέλος να ευχαριστήσω τους ανθρώπους του Αστικού ΚΤΕΛ Βόλου για την πρόθυμη προσφορά στοιχείων και δεδομένων, την επεξήγηση των προβλημάτων και την παροχή διευκρινήσεων σχετικά με τη λειτουργία του Αστικού ΚΤΕΛ.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις αστικές συγκοινωνίες, η ανάθεση δρομολογίου σε λεωφορεία είναι συνηθισμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται καθημερινώς. Οι μεταβλητές είναι πολλές και ξαφνικές αλλαγές είναι ικανές να αλλάξουν μεγάλο τμήμα των προγραμματισμένων ωραρίων με αποτέλεσμα την μεγάλη διαφορά στην χιλιομετρική απόσταση που έχει να διανύσει κάθε όχημα/οδηγός.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην εύρεση λύσης του παραπάνω προβλήματος σε λογικά χρονικά πλαίσια με γνώμονα δυναμικές αλλαγές στις παραμέτρους και μεταβλητές του προβλήματος. Με την ανάλυση του γενικού προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε λεωφορεία, παρατηρείται ότι η ανάθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπος. Πρώτος τρόπος είναι η ανάθεση ανεξάρτητων δρομολογίων σε λεωφορεία υπακούοντας τους αναγκαίους περιορισμούς και δεύτερος τρόπος η δημιουργία βαρδιών, δρομολόγια που ανήκουν σε κοινή ομάδα δρομολογίων, και ανάθεση αυτών. Και στις δύο περιπτώσεις σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση των χιλιομετρικών διαφορών μεταξύ των οχημάτων/οδηγών στο τέλος την καταμετρημένης διάρκειας. Για τον σκοπό αυτόν δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα (Desktop Application) προγραμματισμένο εξ ολοκλήρου σε γλώσσα προγραμματισμού Java.

Οι στόχοι αυτού του εγχειρήματος ήταν η βελτιστοποίηση όσο αφορά την ανάθεση δρομολογίων με βάση τα χιλιόμετρα, η εύκολη επεξεργασία δεδομένων που επηρεάζουν την λύση, η φιλική ως προς τον χρήστη παρουσίαση των αποτελεσμάτων και δεδομένων, η εξαγωγή αυτών, η ελαχιστοποίηση του χρόνου λύσης και η δυνατότητα χρήσης του προγράμματος για διαφορετικά προβλήματα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
<b>Κεφάλαιο 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>6</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.2 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
1.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	8
<b>Κεφάλαιο 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....</b>	<b>9</b>
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	9
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	9
2.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	10
<b>Κεφάλαιο 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>11</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	14
3.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	16
<b>Κεφάλαιο 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....</b>	<b>17</b>
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
4.2 ΑΝΑΘΕΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ.....	17
4.2.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	17
4.2.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	23
4.3 ΑΝΑΘΕΣΗ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	26
4.3.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	26
4.3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	30
4.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ...	31
<b>Κεφάλαιο 5. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ B-Opt.....</b>	<b>33</b>
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	33
5.2 ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	35
5.3 ΚΑΡΤΕΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ.....	37
5.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ FILE.....	37
5.3.1.1 Παράθυρο Import.....	38
5.3.1.2 Παράθυρο Export.....	39
5.3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ CHANGES.....	39
5.3.2.1 Παράθυρο Lines.....	40
5.3.2.2 Παράθυρο Routes.....	41
5.3.2.3 Παράθυρο Extras.....	42
5.3.2.4 Παράθυρο Buses.....	44
5.3.2.5 Παράθυρο Days Off.....	45
5.3.2.6 Παράθυρο Shifts.....	46
5.3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ DATABASES.....	56
5.3.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ SOLUTION.....	56

5.3.4.1 Υποκατηγορία <i>Solution</i> .....	56
5.3.4.2 Υποκατηγορία <i>Schedule</i> .....	57
5.3.4.3 Υποκατηγορία <i>Statistics</i> .....	60
5.3.4.4 Παράθυρο <i>Settings</i> .....	61
5.3.4.5 Παράθυρο <i>Calendar</i> .....	62
<b>5.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....</b>	<b>64</b>
5.4.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ.....	64
5.4.1.1 Αλγόριθμος B-Opt.....	64
5.4.1.2 Αλγόριθμος CPLEX.....	73
5.4.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	74
5.4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	79
<b>5.5 ΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ.....</b>	<b>80</b>
<b>5.6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>81</b>
<b>Κεφάλαιο 6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ.....</b>	<b>82</b>
6.1 ΛΥΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ.....	82
6.1.1 Λύση B-Opt.....	83
6.1.2 Λύση CPLEX.....	94
6.1.3 Οργάνωση A.K.....	105
6.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ.....	116
6.3 ΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	119
6.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	122
<b>Κεφάλαιο 7. ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....</b>	<b>123</b>
<b>Κεφάλαιο 8. ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ Java.....</b>	<b>146</b>
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	146
8.2.1 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ.....	146
8.2.2 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Β-ΟΡΤ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ.....	149
8.2.3 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ CPLEX ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ.....	155
8.2.4 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Β-ΟΡΤ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ.....	162



# 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σύγχρονα αστικά κέντρα απαιτούν ένα σύστημα αποτελεσματικών μεταφορών, τόσο για τη στήριξη της οικονομίας τους όσο και για την καλύτερη εξυπηρέτηση και την ευημερία των κατοίκων τους. Τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ) καθίστανται ζωτικής σημασίας για την εύρυθμη κυκλοφοριακή λειτουργία, αλλά και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (π.χ. ατμοσφαιρική ρύπανση, ηχορύπανση, κλιματολογικές αλλαγές, υποβάθμιση του τοπίου) που προκύπτουν από τη μαζική χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου. Επιπλέον, η χρήση των δημόσιων συγκοινωνιακών μέσων είναι οικονομικότερη και μπορεί να βελτιώσει την αναμενόμενη καθημερινή διάρκεια μετακίνησης των κατοίκων στους δρόμους. Κάθε πόλη θέτει διαφορετικές προτεραιότητες στα μέσα μεταφοράς που χρησιμοποιεί γεγονός που επηρεάζει με τη σειρά του σημαντικά την ποιότητα ζωής, τη δημόσια υγεία, αλλά και το περιβάλλον.

Οι εταιρίες δημόσιων μεταφορών αντιμετωπίζουν με τη σειρά τους σημαντικές προκλήσεις στον τομέα του σχεδιασμού μεταφορών, κυρίως λόγω της πληθυσμιακής αύξησης, των πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος, των απαιτήσεων για συνεχή βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών και των κυβερνητικών πιέσεων για καλύτερη χρήση των πόρων τους. Ως εκ τούτου, τα συστήματα σχεδιασμού μεταφορών στις δημόσιες συγκοινωνίες αποκτούν σημαντικό ρόλο, καθώς μπορεί να εξοικονομηθεί ένα μεγάλο ποσό χρημάτων εάν χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά οι διαθέσιμοι πόροι. Τις ίδιες προκλήσεις αντιμετωπίζουν και οι ιδιωτικές εταιρίες μεταφορών. Συνεπώς, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για αυτοματοποιημένα υπολογιστικά εργαλεία που θα βοηθήσουν τους υπεύθυνους σχεδιασμού σε δημόσιες και ιδιωτικές εταιρίες μεταφορών (Lourenço et al., 2001; Freling et al. 2003).

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη λειτουργία των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς συναντώνται τρία βασικά προβλήματα αναφορικά με τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των μεταφορών και την παροχή καλύτερων υπηρεσιών προς το επιβατικό κοινό. Το πρώτο πρόβλημα αφορά στην κατάρτιση των πινάκων των



δρομολογιών ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη εξυπηρέτηση του κοινού με ελαχιστοποίηση των χρόνων αναμονής στους σταθμούς μετεπιβίβασης. Το δεύτερο σχετίζεται με την βελτιστοποίηση των βαρδιών και των μέσων, και το τρίτο αφορά στον χρονικό προγραμματισμό εκτέλεσης των βαρδιών με ανάθεσή τους σε συγκεκριμένους οδηγούς και μέσα. Τα προβλήματα αυτά είναι συνήθως αλληλεξαρτούμενα, αφού το τρίτο ανατροφοδοτεί το δεύτερο, και το δεύτερο ανατροφοδοτεί με τη σειρά του το πρώτο πρόβλημα.

Το δεύτερο πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται σε όλα τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (αστικά και υπεραστικά λεωφορεία, μετρό, τραμ, τρόλεϊ κ.λπ), είναι η συνεχής ανάγκη βελτιστοποίησης των βαρδιών και των μέσων επειδή διαμορφώνονται πίνακες δρομολογιών που πρέπει να ταξινομηθούν σε βάρδιες προσωπικού και μέσων αντίστοιχα. Όσο αφορά το τρίτο πρόβλημα, σχετίζεται με την ανάγκη ανάθεσης των βαρδιών ή αυτόνομων διαδρομών σε οδηγούς και μέσα, για κάποια χρονική διάρκεια. Άδειες, έκτακτα δρομολόγια και προσθήκες δρομολογιών ή οχημάτων στον στόλο κατά την διάρκεια του έτους έχουν σημαντική επιρροή στον καθορισμό της βέλτιστης λύσης.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα ασχοληθούμε με διαφορετικούς τρόπους επίλυσης των δύο τελευταίων προβλημάτων καθώς επίσης και την δημιουργία εργαλείου για τον υπολογισμό και την παρουσίαση των λύσεων. Με γνώμονα βασικές ρυθμίσεις και παραμέτρους, που αφορούν τα δύο προβλήματα, δημιουργήθηκε πρόγραμμα δυναμικής επίλυσης και παρουσίασης με σκοπό τον πλήρη έλεγχο της οργάνωσης και ανάθεσης δρομολογιών και στόλου. Οι αλγόριθμοι και τα μαθηματικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα ΜΜΜ. Ρυθμίσεις και δεδομένα για τον έλεγχο και σύγκριση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν αυτά των αστικών ΚΤΕΛ του Βόλου για την περίοδο 2020-2021.

## **1.2 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε οκτώ κεφάλαια. Μετά το πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο, στο δεύτερο παρουσιάζεται το δίκτυο μεταφορών του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου και θα δοθούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που σχεδιάζονται οι βάρδιες και η ανάθεση τους.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την βιβλιογραφική ανασκόπηση, στην οποία παρουσιάζονται παλαιότερες έρευνες που αφορούν την ανάθεση βαρδιών σε οχήματα. Η περιγραφή αφορά την εξέλιξη που υπάρχει στην πορεία του χρόνου πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εξηγούνται τα μαθηματικά μοντέλα που περιέχουν τους γραμμικούς περιορισμούς καθώς και την αντικειμενική συνάρτηση των προβλημάτων. Επιπλέον εξηγείται η μορφή των εισαγόμενων παραμέτρων και δεδομένων στα μοντέλα και ο τρόπος εύρεσης τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται πλήρης περιγραφή του προγράμματος που αναπτύχθηκε και ανάλυση των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των προβλημάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται μερικά από τα αποτελέσματα έπειτα από προσομοίωση του μοντέλου ή/και την χρήση των αλγορίθμων και σύγκριση μεταξύ τους αναδεικνύοντας τα υπέρ και τα κατά του κάθε τρόπου υπολογισμού.

Στο έβδομο κεφάλαιο περιέχεται η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο, και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του προγράμματος.

Στο όγδοο κεφάλαιο περιέχονται οι κώδικες που δημιουργήθηκαν για την ανάπτυξη των αλγορίθμων.

## **1.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Στο παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά η σημαντική λειτουργία των MMM στις σύγχρονες κοινωνίες. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο πρόβλημα με το οποίο καταπιάνεται η παρούσα διπλωματική εργασία, ώστε να γίνει κατανοητός ο σκοπός της από τον αναγνώστη. Τέλος γίνεται μία γρήγορη αναφορά στα περιεχόμενα του κάθε κεφαλαίου.

## **2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία περιγραφή του δικτύου μεταφοράς του αστικού ΚΤΕΛ Βόλου. Προηγείται μία ιστορική αναδρομή από την εμφάνιση των λεωφορείων στον Βόλο έως και σήμερα για να ακολουθήσουν πληροφορίες σχετικά με τις περιοχές που εξυπηρετούνται

### **2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ**

Τα πρώτα αστικά λεωφορεία στον Βόλο έκαναν την εμφάνισή τους την δεκαετία του 1930. Η πρώτη προσπάθεια οργάνωσης των αστικών μεταφορών υπό μία κοινή διεύθυνση έγινε το 1952 με την σύσταση των ΚΤΕΛ (Κοινά Ταμεία Εκμετάλλευσης Λεωφορείων). Την εποχή εκείνη η δύναμη του στόλου ανερχόταν σε 29 οχήματα. Ακολούθησαν αρκετές δεκαετίες με την υπάρχουσα δομή μέχρι και το έτος 2003 όπου και σημειώθηκε η μετατροπή σε Ανώνυμη Εταιρία καθεστώς που συναντάται και σήμερα. Παράλληλα υπήρξε σταδιακή αύξηση του αριθμού των οχημάτων σε 44 ώστε να φτάσουμε στα σημερινά δεδομένα όπου αριθμούνται 54 οχήματα συμπεριλαμβανομένων και έξι mini Buses. Επιπλέον σταδιακά έχουν αντικατασταθεί τα λεωφορεία σε ποσοστό 90% με νέα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας που είναι φιλικότερα απέναντι στο περιβάλλον. Μάλιστα τα τελευταία τρία mini buses προστέθηκαν πρόσφατα στην υπηρεσία των αστικών μεταφορών του Βόλου.

### **2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

Η “ΑΣΤΙΚΟ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.” με ανανεωμένο στόλο και 13 Λεωφορειακές Γραμμές, καλύπτει σήμερα όλο το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου και της Ν.Ιωνίας καθώς και γειτονικές περιοχές αρμοδιότητας της, κάνοντας συνολικά 460 στάσεις, σε 180 από τις οποίες είναι τοποθετημένα Στέγαστρα ενώ στις υπόλοιπες 280 Ιστοί. Πέραν της Ημερήσιας Υπηρεσίας για την εξυπηρέτηση του επιβατικού

κοινού το ΑΣΤΙΚΟ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε. αναλαμβάνει και επιπλέον έργο, όταν του ζητηθεί όπως η μεταφορά προσωπικού σε εργοστάσια της περιοχής, η μεταφορά μαθητών προς τα σχολικά τους συγκροτήματα αλλά και κάθε περίπτωση που θα ζητηθεί μετακίνηση μαθητών στο πλαίσιο εκπαιδευτικών εκδρομών. Δεδομένα για τις κύριες γραμμές (δρομολόγια, χάρτες, αποστάσεις, διάρκεια) βρίσκονται στο 7ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Τα δρομολόγια των γραμμών εντάσσονται σε βάρδιες και αυτές με την σειρά τους ανατίθενται με κυκλικό τρόπο σε ένα από τα λεωφορεία. Για την δημιουργία των βαρδιών λαμβάνεται υπόψη η γραμμή στην οποία ανήκει το κάθε δρομολόγιο και σε περίπτωση μεγάλου νεκρού χρόνου γίνεται προσθήκη περισσευούμενου δρομολογίου στο κενό που υπάρχει.

## **2.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μία εκτενής παρουσίαση του δικτύου μεταφοράς του Αστικού ΚΤΕΛ Βόλου. Έγινε μία ιστορική αναδρομή για την οργάνωση των λεωφορειακών γραμμών της πόλης και έπειτα έγινε μια αναφορά για τις προσπάθειες εκσυγχρονισμού και βελτίωσης της λειτουργίας και της δομής του. Τέλος έγινε μία περιγραφή του τρόπου οργάνωσης των έως τώρα βαρδιών και τον τρόπο ανάθεσης αυτών σε λεωφορεία.

### 3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά το σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού και αποδοτικού συστήματος δημόσιων μεταφορών, σχεδόν κάθε οργανισμός μεταφορών στον κόσμο πρέπει να βελτιστοποιήσει τους διαθέσιμους πόρους του έτσι ώστε το κόστος να ελαχιστοποιηθεί και να πληρούνται πολλά άλλα κριτήρια. Οι πρωταρχικές εργασίες στον σχεδιασμό συστημάτων διέλευσης περιλαμβάνουν το σχεδιασμό διαδρομής, προγραμματισμό βαρδιών οχήματος και οδηγού. Εκτός από την ελαχιστοποίηση του κόστους, τα κριτήρια που εμπλέκονται στην εκτέλεση αυτών των καθηκόντων μπορεί να περιλαμβάνουν χρόνο λειτουργίας, τον αριθμό των οχημάτων ή / και οδηγών που απαιτούνται και μια ποικιλία πτυχών ικανοποίησης οδηγού, συμπεριλαμβανομένων των κανόνων της περιοχής. Έτσι, οι εργασίες γίνονται πολυ-αντικειμενικές διαδικασίες.

Σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες έχουν επικεντρωθεί στην επίλυση των προβλημάτων του χρονοπρογραμματισμού διέλευσης, τόσο για οχήματα όσο και για οδηγούς. Οι μικρότεροι οργανισμοί μεταφορών ενδέχεται να χρησιμοποιούν σχετικά απλοϊκές μεθόδους, ενώ οι μεγαλύτεροι φορείς απαιτούν προφανώς πιο πολύπλοκα εργαλεία.

Μία από τις βασικές αναφορές για τον προγραμματισμό βαρδιών μπορεί να βρεθεί στο TCRP (Transit Cooperative Research Program) Report 30, με τίτλο: «Transit Scheduling: Basic and Advanced Manuals». Αυτή η δημοσίευση του Συμβουλίου Έρευνας Μεταφορών παρουσιάζει ένα εγχειρίδιο για την αυτομάθηση σχετικά με τον προγραμματισμό μεταφορών, χωρίζοντας το υλικό σε βήμα προς βήμα διαδικασίες για προγραμματισμό υπηρεσιών μεταφοράς. Σε κάθε κεφάλαιο προηγείται στόχος μελέτης και ολοκληρώνεται με πρακτικά προβλήματα που καλύπτουν τα βασικά σημεία του κεφαλαίου. Τα οφέλη από ένα δυναμικό, αυτοματοποιημένο σύστημα είναι, ότι ένα τέτοιο σύστημα θα παρέχει πιο αποτελεσματικά προγράμματα, μπορεί να μειώσει το χρόνο του προσωπικού για προγραμματισμό διαδικασιών, μπορεί να μειώσει το κόστος τόσο των οχημάτων όσο και των χειριστών, και παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία στο διαδικασία .

Μια μελέτη των Banihashemi και Haghani έλυσε ένα μοντέλο βελτιστοποίησης για λεωφορεία μεγάλης κλίμακας χρονοπρογραμματισμού, το οποίο ονόμασαν πρόβλημα προγραμματισμού οχημάτων πολλαπλών στάσεων με χρονικούς περιορισμούς. Ενώ η διαδικασία που ανέπτυξε αυτή η ομάδα εφαρμόστηκε για τη δοκιμή προβλημάτων και το σύστημα μεταφορών της Βαλτιμόρης, οι ερευνητές αναγνωρίζουν ότι η εφαρμογή του σε συστήματα μεγάλης κλίμακας σε πραγματικό κόσμο απαιτεί τη μείωση του μεγέθους του βασικού multi-depot προβλήματος προγραμματισμού σε διαχειρίσιμο και επιλύσιμο μέγεθος. Ωστόσο, μόλις αυτή η μείωση πραγματοποιήθηκε, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το μοντέλο τους βελτιώθηκε στον αριθμό των οχημάτων, τον χρόνο λειτουργίας και το συνολικό απαιτούμενο κόστος (Banihashemi and Hagani, 2000).

Κατά την επίλυση του πολυ-αντικειμενικού μεταευσιακού προβλήματος του προγραμματισμού οδηγών λεωφορείων, μια ερευνητική ομάδα που εδρεύει στην Ισπανία και την Πορτογαλία πρότεινε το 2001 γενετικούς αλγόριθμους παρέχοντας καλές λύσεις παρουσιάζοντας πτυχές που ταιριάζουν ειδικά στη δομή του προβλήματος προγραμματισμού οδηγών. Αυτή η έρευνα έσπασε τη διαδικασία σχεδιασμού μεταφορών σε τέσσερα βήματα και επικεντρώθηκε στο πρόβλημα προγραμματισμού του προγράμματος οδηγού. Οι διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν την έρευνα ήταν ενσωματωμένες στα Συστήματα Μεταφορών Σχεδιασμού GIST, ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται από διάφορες συγκοινωνίες/πρακτορεία, που παράγει χρονοδιαγράμματα, χρονοδιαγράμματα οχημάτων, καθήκοντα οδηγού και ρόστερ για μεμονωμένους οδηγούς (Lourenço et al., 2001).

Έρευνα στην Ολλανδία προσπάθησε να ανακαλύψει εκ νέου τη διαδικασία προγραμματισμού του πληρώματος για τους Ολλανδικούς σιδηροδρόμους το 2001, μετά από απεργίες που έγιναν από τους οδηγούς που δεν ήταν ικανοποιημένοι με τα χρονοδιαγράμματά τους. Η εφαρμογή μιας νέας μεθόδου και μοντέλου λύσης οδήγησε σε μεγαλύτερη ποικιλομορφία, μειωμένο κόστος και βελτίωσε την αποδοτικότητα των σιδηροδρόμων. Ονόμασαν την νέα μέθοδο: «Sharing-Sweet-and-Sour» επειδή προσπάθησε να κατανείμει τις επιθυμητές και λιγότερο επιθυμητές βάρδιες με πιο δίκαιο τρόπο (Abbink et al., 2005).

Πολλές μελέτες, όπως αναφέρθηκαν, επιδιώκουν να συνδυάσουν τα προβλήματα προγραμματισμού οχημάτων και οδηγών, ή να τα αντιμετωπίσουμε ως παρόμοια προβλήματα. Σε μια μελέτη του 2001 στην Ιταλία, ένα πρόβλημα προγραμματισμού πολλαπλών στάσεων προτάθηκε στο οποίο οι περιορισμοί περιελάμβαναν τον «χρόνο καθήκοντος» (ο χρόνος μεταξύ του αρχή και τέλος της υπηρεσίας του οδηγού) και ο «χρόνος εργασίας» (ο συνολικός χρόνος βάρδιας του οδηγού). Σε αυτό το μοντέλο, χρησιμοποιήθηκε μια γραμμική διαμόρφωση προγραμματισμού όπως ήταν η ακριβής και ευρετική λύση. Ένας αλγόριθμος κλάδου και κοπής (branch and cut) χρησιμοποιήθηκε με ευρετικές διαδικασίες για την επίλυση και των δύο προβλημάτων προγραμματισμού οχημάτων και προγραμματισμού οδηγών μεμονωμένα, και στη συνέχεια αξιολογήθηκαν με βάση τόσο σε τεχνητά όσο και σε πραγματικά προβλήματα δοκιμών (Fischetti et al., 2001).

Μια άλλη μελέτη του 2001 από τη Γερμανία και τον Καναδά έλυσε το πρόβλημα του προγραμματισμού του οχήματος και του πληρώματος ταυτόχρονα. Η έρευνα παρουσιάζει μια ακριβή προσέγγιση. Ωστόσο, ισχύει μόνο σε ένα σύστημα με μία μόνο στάση και έναν ομοιογενή στόλο οχημάτων.

Με βάση τα δεδομένα της Αμερικανικής Υπηρεσίας Δημόσιων Μεταφορών (APTA), οι 20 μεγαλύτερες εταιρείες συγκοινωνίας στις Ηνωμένες Πολιτείες ταυτοποιήθηκαν με βάση τα στοιχεία του 2004 για ετήσια ταξίδια επιβατών (APTA, 2003). Επί του παρόντος, μεταξύ αυτών των πρακτορείων μεταφορών, μόνο δύο προγράμματα, και τα δύο είναι στον ιδιωτικό τομέα, χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό ανάθεσης βαρδιών. Αυτά τα προγράμματα, TRAPEZE αναπτύχθηκε από την Trapeze Group και HASTUS που αναπτύχθηκε από την Giro, Inc. είναι προγράμματα που προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν το κόστος που σχετίζεται τόσο με τα προγράμματα οδηγών όσο και με οχημάτων που απαιτούνται για τη λειτουργία μιας υπηρεσίας μεταφορών. Κατά την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης της βιομηχανίας και τις μελέτες που έχουν διεξαχθεί σε αυτόν τον τομέα, είναι προφανές ότι η δυνατότητα εφαρμογής της έρευνας στην πρακτική προγραμματισμού ανάθεσης βαρδιών είναι περιορισμένη. Αυτό οφείλεται στις παραδοχές και περιορισμούς που χρησιμοποιούνται για την απλοποίηση του

προβλήματος. Επομένως, αξιολογώντας διαφορετικές τεχνικές επίλυσης, μπορεί να αναπτυχθεί μια πιο ρεαλιστική και εφαρμόσιμη λύση.

### **3.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΟΔΗΓΟΥ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΟΣ**

Το πρόβλημα του προγραμματισμού του οδηγού περιλαμβάνει την κατασκευή ενός νομικού συνόλου αλλαγών, συμπεριλαμβανομένων το επίδομα υπερωριών, για την κάλυψη των μπλοκ σε ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα οχημάτων. Μια αλλαγή είναι η δουλειά που προγραμματίζεται να εκτελεστεί από έναν οδηγό σε μία ημέρα, ενώ ένα μπλοκ είναι μια ακολουθία δρομολογίων από ένα λεωφορείο. Τα μπλοκ μπορούν να χωριστούν μεταξύ διαφορετικών οδηγών εάν ξεκινήσουν ή τελειώσουν με/σε σημείο σταθμό, παρέχοντας την ευκαιρία για αλλαγή. Ο στόχος είναι να γίνει το πρόγραμμα τόσο αποτελεσματικό όσο είναι δυνατόν, ελαχιστοποιώντας έτσι το ποσό των αλλαγών που πρέπει να γίνουν.

Κατά τον καθορισμό του ιδανικού προγράμματος, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τοπικοί και εθνικοί κανόνες εργασίας. Αυτά περιλαμβάνουν περιορισμούς που καθορίζονται από το χρήστη, συμπεριλαμβανομένων, αλλά δεν περιορίζονται σε, του συνολικού χρόνου εργασίας ανά μέρα, συνολικός χρόνος εργασίας ανά εβδομάδα, το χρονικό διάστημα που μπορεί να δουλεύει χωρίς γεύμα/διακοπή, το συνολικό spread, που είναι η διάρκεια μεταξύ της έναρξης και του τέλους μιας βάρδιας και / ή αριθμός ημερών ανά εβδομάδα (Wren and Rousseau, 1995).

Το πρόβλημα του προγραμματισμού οχημάτων περιλαμβάνει τον καθορισμό της βέλτιστης δομής διαδρομής, της έκτασης υπηρεσίας και συχνότητας υπηρεσίας για το πρακτορείο μεταφορών και εκχώρηση οχημάτων στις διαδρομές. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την εξέταση των χρόνων κύκλου, του αριθμού των οχημάτων, των χρονομετρημένων μεταφορών, του χρόνου αναμονής και τοποθεσίες, χρόνου ανάκτησης και τυχόν διαφορές στις υπηρεσίες της εβδομάδας και του Σαββατοκύριακου (Wren και Rousseau, 1995). Γνωρίζοντας τα τμήματα εργασίας που πρέπει να ικανοποιηθούν, τα οχήματα πρέπει να εκχωρηθούν σε καθεμία από τις βάρδιες με δεδομένους χρόνους αναχώρησης και άφιξης με στόχο τη βελτιστοποίηση του αριθμού ωρών όπου το όχημα μεταφέρει επιβάτες.



Οι προγραμματιστές λογισμικού προγραμματισμού μεταφορών έχουν επιλογές όταν πρόκειται να επιλέξουν πώς να κάνουν το πρόγραμμα να εκτελεί τις εργασίες προγραμματισμού. Πολλοί επιλέγουν να προγραμματίζουν ταυτόχρονα οχήματα και οδηγούς, δομικά στοιχεία που πληρούν τους κανόνες για βάρδιες. Ορισμένοι αλγόριθμοι έχουν σχεδιαστεί για τη δημιουργία απευθείας από μονάδες λεωφορείων. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται γενικά δημιουργώντας πρώτα ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα λεωφορείων, σχηματίζοντας ένα πρόγραμμα οδηγών για την κάλυψη όλων των εργασιών του λεωφορείου και στη συνέχεια επανεγγραφή του προγράμματος του οχήματος έτσι ώστε τα οχήματα να ακολουθούν τυχόν περιορισμούς που προκαλούνται από τους οδηγούς.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960 σχεδόν όλοι οι προγραμματισμοί εξακολουθούσαν να γίνονται χειροκίνητα, αλλά καθώς ο μέσος όρος της ηλικίας των προγραμματιστών αυξήθηκε και μερικά άτομα επιθυμούσαν να μπουν στο πεδίο καριέρας προγραμματισμού μεταφορών, το Urban Mass Transportation Authority (UMTA), τώρα η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Μεταφορών (FTA), κατεύθυνε έρευνα για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας προγραμματισμού (USDOT, 1985). Η πρώτη έρευνα που αξιολογούσε το πρόβλημα προγραμματισμού προγραμμάτων οδηγού χρησιμοποίησε ευρετικές μεθόδους καθώς μοντέλα ακέραιου και γραμμικού προγραμματισμού δεν ήταν διαθέσιμα για την επίλυση προβλημάτων ρεαλιστικού μεγέθους. Αυτές οι μέθοδοι προσπάθησαν να προσομοιώσουν το έργο των μη αυτόματων προγραμματιστών (ακριβώς όπως οι χειροκίνητες μέθοδοι). Αυτή η έρευνα είχε ως αποτέλεσμα το λογισμικό RUCUS που αναπτύχθηκε από την Miter Corporation και τέθηκε σε επιχειρησιακή χρήση το 1975 από το Περιφερειακή Αρχή Μεταφορών Κεντρικής Νέας Υόρκης (USDOT, 1985). Τα οφέλη του αυτοματοποιημένου συστήματος είναι η παροχή αποτελεσματικότερων προγραμμάτων, η μείωση των απαιτήσεων προσωπικού για τη διεξαγωγή διαδικασιών προγραμματισμού, τη μείωση του κόστους τόσο για τα οχήματα όσο και για τους χειριστές, και παροχή ενισχυμένης ευελιξίας στη διαδικασία προγραμματισμού (Florida DOT, 2005).

Μέχρι το 1980, προσδιορίστηκε ότι οι ευρετικές και μόνο δεν ήταν κατάλληλες για γενική χρήση στην εύρεση μιας βέλτιστης λύσης η οποία θα είχε μια αποτελεσματική χρήση των πόρων και θα παρείχε την καλύτερη ποιοτική

εξυπηρέτηση για τους πελάτες. Σε απάντηση, η έρευνα κατευθύνθηκε στην παραγωγή μεθόδων από συνδυασμό ευρετικών μεθόδων και μαθηματικού προγραμματισμός. Από τότε, μια ποικιλία προγραμμάτων και μέθοδοι επίλυσης έχουν διερευνηθεί από διάφορες εταιρείες σε όλο τον κόσμο.

Κάθε μία από αυτές τις εταιρείες προσπαθεί να λύσει το ίδιο πρόβλημα με μικρές παραλλαγές. Λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο εργασιών  $m$ , το καθένα απαιτεί έναν οδηγό, μαζί με ένα σύνολο  $n$  πιθανών αλλαγών οδηγού, ο στόχος είναι η εύρεση ενός υποσυνόλου των αλλαγών  $n$  που καλύπτουν μαζί όλα τα κομμάτια εργασίας και ελαχιστοποιείται είτε το συνολικό κόστος είτε ο αριθμός των αλλαγών (Wren and Rousseau, 1995). Δεδομένου ότι τα  $m$  και  $n$  είναι τόσο μεγάλα σε πραγματικές εφαρμογές, το πλήρες πρόβλημα πρέπει να περιοριστεί έτσι η λύση μπορεί να ληφθεί. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι για τον περιορισμό του πλήρους προβλήματος, όπως (Wren and Rousseau, 1995):

- Επιτρέποντας αρκετές βάρδιες να καλύψουν οποιοδήποτε κομμάτι της εργασίας στη λύση, βασιζόμενοι στη βελτιστοποίηση για να ελαχιστοποιηθεί το ποσό της υπερβολικής κάλυψης
- Χαλαρώνοντας το πρόβλημα για να αποκτήσει ένα σύνολο εξιδανικευμένων αλλαγών που διασφαλίζουν ότι υπάρχουν αρκετές αλλαγές στη λύση για να καλύψουν τον αριθμό των λεωφορείων που εκτελούν δρομολόγια σε οποιαδήποτε περίοδο και
- Διαμορφώνοντας τις αλλαγές των οδηγών πρώτα χωρίζοντας την ημέρα περίπου σε μισά και στη συνέχεια, λύνοντας κάθε μέρος ως ένα πρόβλημα κάλυψης σετ.

### 3.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν ευρετικοί αλγόριθμοι και μοντέλα γραμμικού προγραμματισμού που αποσκοπούν στην επίλυση των προβλημάτων. Η ανάπτυξη του προγράμματος B-Opt στοχεύει στην χρήση ενός εργαλείου με πολλές και διαφορετικές μεθόδους επίλυσης και η εύκολη, γρήγορη και αποτελεσματική παρουσίαση και σύγκριση των λύσεων στους χρήστες και οδηγούς.

## 4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μελετήθηκαν τριών ειδών προβλήματα και αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα με σκοπό την βελτιστοποίηση:

- 1) ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες
- 2) ανάθεσης βαρδιών σε λεωφορεία
- 3) ανάθεσης δρομολογίων σε λεωφορεία

Και στις τρεις περιπτώσεις υπάρχουν περιορισμοί και δεδομένα που απαιτούνται εκ των προτέρων για την επίλυση τους

### 4.2 ΑΝΑΘΕΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ

Το πρώτο πρόβλημα που μελετήθηκε είναι η ομαδοποίηση των προγραμματισμένων δρομολογίων σε βάρδιες. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε από τον κ. Θεοφάνη Γαβαλά στην διπλωματική του εργασία στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Βόλου, ικανοποιεί πλήρως τις απαιτήσεις της παρούσας εργασίας. Ακολουθεί μία περιγραφή του μοντέλου και ο τρόπος που δημιουργούνται τα Σύνολα και οι δείκτες.

#### 4.2.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Το μαθηματικό μοντέλο αφορά την επίλυση ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες για συγκεκριμένη ημέρα της εβδομάδας (ή αργία) και απαιτεί την επίλυση του για κάθε ημέρα ξεχωριστά.

##### **Δείκτες και σύνολα**

$i \in I$  Δρομολόγιο  $i$  με σύνολο δρομολογίων  $I$

$j \in J$  Βάρδια  $j$  με σύνολο βαρδιών  $J$

$t \in T$  Χρονική στιγμή  $t$  με σύνολο χρονικών διαστημάτων στην διάρκεια μια μέρας  $T$

$h \in H$  Διάλειμμα  $h$  με σύνολο διαλειμμάτων  $H$

$J_{half} \subseteq J$  Σύνολο μονών βαρδιών  $J_{half}$  υποσύνολο του  $J$

### Δεδομένα

$\overline{DepartureTrip}_i$  Ακέραια παράμετρος που δείχνει το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου  $i$

$\overline{DestinationTrip}_i$  Ακέραια παράμετρος που δείχνει το σημείο άφιξης του δρομολογίου  $i$

$\overline{DurationTrip}_i$  Διάρκεια δρομολογίου  $i$

$\overline{DepartTimeTrip}_i$  Ώρα εκκίνησης του δρομολογίου  $i$  από την αφετηρία

$\overline{TimeParameter}$  Σταθερό χρονικό διάστημα που δείχνει την ελάχιστη διάρκεια που απέχουν δύο οποιαδήποτε σημεία/προορισμοί εκτός υπηρεσίας. Εισάγεται από τον χρήστη

$\overline{TimeSequenceBreak}_{ht}$  Δυαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το διάλειμμα  $h$  εκτελείται στο χρονικό διάστημα  $t$ , 0 στην αντίθετη περίπτωση

$\overline{AverageTri\_pDuration}$  Μέση διάρκεια των δρομολογίων

$\overline{MaxDuration}$	Μέγιστη συνολική διάρκεια κάθε μονής βάρδιας. Εισάγεται από τον χρήστη
$\overline{BigM}$	Πολύ μεγάλος αριθμός
$\overline{StartTimeBreak}_h$	Ώρα εκκίνησης του διαλείμματος h
$\overline{PlaceOfBreak}_h$	Τοποθεσία του διαλείμματος h
$\overline{BreakDuration}$	Διάρκεια του διαλείμματος. Εισάγεται από τον χρήστη
$\overline{DoubleMaxDuration}$	Μέγιστη συνολική διάρκεια της κάθε διπλής βάρδιας. Συνήθως διπλάσια της μονής
$\overline{TimeSequence}_{it}$	Δυαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το δρομολόγιο i εκτελείται στο χρονικό διάστημα t, 0 στην αντίθετη περίπτωση

### Μεταβλητές Απόφασης

$x_{ij}$	Δυαδική μεταβλητή απόφασης που ισούται με 1 αν το δρομολόγιο i ανατίθεται στη βάρδια j, 0 στην αντίθετη περίπτωση
$Overtime_j$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με την διάρκεια υπερωρίας κάθε βάρδιας j
$ArrivalTimeShift_j$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με την ώρα ολοκλήρωσης της βάρδιας j
$DepartTimeShift_j$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με την ώρα εκκίνησης της βάρδιας j

$b_{hj}$  Διαδική μεταβλητή απόφασης που ισούται με 1 αν το διάλειμμα  $h$  ανατίθεται στην βάρδια  $j$ , 0 στην αντίθετη περίπτωση

### Περιορισμοί

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad i \in I \quad (1)$$

Περιορισμός (1): Όλα τα δρομολόγια πρέπει να ανατεθούν σε βάρδιες

$$\sum_{h \in H} b_{hj} = 1, \quad j \in J_{half} \quad (2)$$

Περιορισμός (2): Σε κάθε βάρδια  $j$  ανατίθεται ένα διάλειμμα  $h$ . Η μαθηματική σχέση αφορά μόνο στην περίπτωση των μονών βαρδιών.

$$\sum_{h \in H} b_{hj} = 2, \quad j \in J - J_{half} \quad (3)$$

Περιορισμός (3): Σε κάθε βάρδια  $j$  ανατίθενται δύο διαλείμματα  $h$ . Η μαθηματική σχέση αφορά μόνο στην περίπτωση διπλών βαρδιών.

$$b_{hj} + b_{h'j} \leq 1, \quad j \in J - J_{half}, \quad \{h, h' \in H : \overline{StartTimeBreak_h} - \overline{StartTimeBreak_{h'}} \leq \overline{MaxDuration}\} \quad (4)$$

Περιορισμός (4): Σε κάθε διπλή βάρδια  $j$  τα διαλείμματα πρέπει να έχουν χρονική διαφορά τουλάχιστον  $MaxDuration$  (ωράριο μονής βάρδιας) μεταξύ τους.

$$\sum_{i \in I} \overline{TimeSequence_{it}} * x_{ij} + \sum_{h \in H} \overline{TimeSequenceBreak_{ht}} * b_{hj} \leq 1, \quad j \in J, \quad t \in T \quad (5)$$

Περιορισμός (5): Αφορά την εκτέλεση το πολύ μίας ενέργειας σε κάθε χρονική στιγμή  $t$  για κάθε βάρδια  $j$ .

$$x_{ij} + x_{i'j} \leq 1, \quad j \in J, \quad (6)$$

$$i, i' \in \{I : \overline{DepartureTrip_{i'}} \neq \overline{DestinationTrip_i} \& \overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{DurationTrip_i} \leq \overline{StartTimeBreak_h} \leq \overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{DurationTrip_i} + \overline{TimeParameter}\}$$

Περιορισμός (6): Περιορίζει την ανάθεση επόμενου δρομολογίου  $i'$  που εκκινεί από διαφορετικό σταθμό από εκείνο της άφιξης του προηγούμενου  $i$ . Η ανάθεση σε αυτή τη περίπτωση γίνεται μόνο όταν η χρονική διαφορά μεταξύ των δύο δρομολογίων είναι μεγαλύτερη από το καθορισμένο διάστημα  $TimeParameter$ .

$$x_{ij} + b_{hj} \leq 1, \quad j \in J, \quad i \in I, \quad (7)$$

$$h \in \{H : \overline{PlaceOfBreak_h} \neq \overline{DestinationTrip_i} \& \overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{DurationTrip_i} \leq \overline{StartTimeBreak_h} \leq \overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{DurationTrip_i} + \overline{TimeParameter}\}$$

Περιορισμός (7): Εξασφαλίζει την ανάθεση διαλείμματος που λαμβάνει μέρος σε τοποθεσία διαφορετική από εκείνη της άφιξης του προηγούμενου δρομολογίου μόνο όταν η χρονική διαφορά ανάμεσα στην ώρα εκκίνησης του διαλείμματος και της άφιξης του προηγούμενου δρομολογίου να είναι μεγαλύτερη ή ίση από το καθορισμένο διάστημα  $TimeParameter$ .

$$x_{ij} + b_{hj} \leq 1, \quad j \in J, \quad i \in I, \quad (8)$$

$$h \in \{H : \overline{PlaceOfBreak_h} \neq \overline{DepartureTrip_i} \& \overline{StartTimeBreak_h} + \overline{BreakDuration} \leq \overline{DepartTimeTrip_i} \leq \overline{StartTimeBreak_h} + \overline{BreakDuration} + \overline{TimeParameter}\}$$

Περιορισμός (8): Περιορισμός που αποτρέπει την ανάθεση διαλείμματος όταν πραγματοποιείται σε διαφορετική τοποθεσία από εκείνη που εκκινεί το επόμενο δρομολόγιο, όταν η χρονική διαφορά μεταξύ της ώρας έναρξης του επόμενου δρομολογίου και της ώρας λήξης του διαλείμματος είναι μικρότερη από το καθορισμένο διάστημα  $TimeParameter$ .

$$\overline{ArrivalTimeShift_j} \geq (\overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{DurationTrip_i}) * x_{ij}, \quad i \in I, \quad j \in J, \quad (9)$$

Περιορισμός (9): Περιορισμός που αφορά την ώρα ολοκλήρωσης της βάρδιας

j.

$$DepartTimeShift_j \leq x_{ij} * \overline{DepartTimeTrip_i} + \overline{BigM} * (1 - x_{ij}) \quad , \quad i \in I, j \in J \quad (10)$$

Περιορισμός (10): Περιορισμός που ορίζει την ώρα εκκίνησης της βάρδιας j.

$$DepartTimeShift_j + \overline{AverageTripDuration} \leq \overline{StartTimeBreak_h} + \overline{BigM} * (1 - b_{hj}) \quad (11)$$

,  $j \in J$  ,  $h \in H$

Περιορισμός (11): Περιορισμός που καθορίζει την ώρα εκκίνησης του διαλείμματος, ώστε να ξεκινά το νωρίτερο από την έναρξη της βάρδιας j προσθέτοντας μία καθορισμένη μέση διάρκεια δρομολογίου (AverageTripDuration).

$$ArrivalTimeShift_j - DepartTimeShift_j \leq \overline{MaxDuration} + Overtime_j, \quad j \in J_{half} \quad (12)$$

Περιορισμός (12): Περιορισμός που φανερώνει την απόκλιση της βάρδιας j σε σχέση με την μέγιστη ορισμένη διάρκεια που μπορεί να πραγματοποιήσει. Αφορά τις μονές βάρδιες

$$ArrivalTimeShift_j - DepartTimeShift_j \leq \overline{DoubleMaxDuration} + Overtime_j, \quad (13)$$

$j \in J - J_{half}$

Περιορισμός (13): Περιορισμός που φανερώνει την απόκλιση της βάρδιας j σε σχέση με την μέγιστη ορισμένη διάρκεια που μπορεί να πραγματοποιήσει. Αφορά τις διπλές βάρδιες

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad , \quad i \in I \quad , \quad j \in J \quad (14)$$

$$b_{hj} \in \{0,1\} \quad , \quad h \in H \quad , \quad j \in J \quad (15)$$

$$Overtime_j, DepartTime Shift_j, ArrivalTime Shift_j \geq 0 \quad , \quad j \in J \quad (16)$$

### Αντικειμενική Συνάρτηση

$$Minimize \sum_{j \in J} Overtime_j$$



Η αντικειμενική συνάρτηση του μαθηματικού μοντέλου αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της χρονικής μεταβλητής που δίνει την απόκλιση (υπερωρία) κάθε βάρδιας.

#### 4.2.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

##### Σύνολα

Στο σύνολο  $I$  περιέχονται όλα τα δρομολόγια προς ανάθεση ανά ζεύγη ή ανά μονάδες κατά την διάρκεια μίας ημέρας. Με την δημιουργία συζευγμένων δρομολογίων μειώνεται σημαντικά η υπολογιστική ισχύς που απαιτείται για την επίλυση καθώς και ο χρόνος επίλυσης του προβλήματος. Για την δημιουργία των συζευγμένων δρομολογίων δημιουργήθηκε αλγόριθμος που να υπακούει συγκεκριμένους περιορισμούς.

Περιορισμός (1): Όλα τα δρομολόγια ανήκουν το πολύ σε ένα ζεύγος δρομολογίων

Περιορισμός (2): Το δρομολόγιο  $r'$  πραγματοποιείται μετά το δρομολόγιο  $r$  με κάποιον χρόνο ασφαλείας(= χρόνος δρομολογίου  $r$ )

Περιορισμός (3): Το δρομολόγιο  $r$  έχει Αφετηρία το σημείο που έχει ορίσει ο χρήστης να πραγματοποιούνται τα διαλείμματα

Περιορισμός (4): Το δρομολόγιο  $r$  έχει Αφετηρία τον Προορισμό του δρομολογίου  $r'$

Περιορισμός (5): Το δρομολόγιο  $r$  έχει Προορισμό την Αφετηρία του δρομολογίου  $r'$

Περισσότερες πληροφορίες στο Κεφάλαιο 5.

Στο σύνολο  $J$  περιέχονται ο συνολικός αριθμός διπλών και μονών βαρδιών. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι που βοηθάνε στον καθορισμό αυτού του συνόλου.

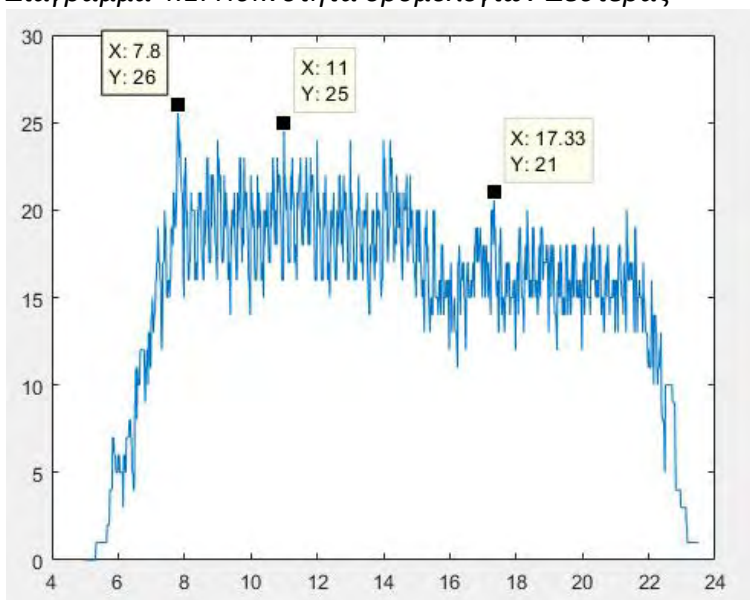
Τρόπος 1: **Δοκιμή και Σφάλμα**. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης συγκρίνει τα αποτελέσματα για διαφορετικές τιμές του  $J$  και  $J_{half}$  και μετά από μία σειρά

επαναλήψεων καταλήγει στις πιο θεμιτές τιμές. Όπως είναι αναμενόμενο αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει μερικές ώρες ή και μέρες.

Τρόπος 2: **Έλεγχος μέσω Αλγόριθμου B-Opt**. Ο αλγόριθμος του B-Opt για την δημιουργία βαρδιών ίσως να μην προσφέρει την βέλτιστη λύση όσο αναφορά την ανάθεση τους αλλά δίνει μία πολύ καλή εικόνα για τον αριθμό των διπλών και μονών βαρδιών που χρειάζεται να δημιουργηθούν. Η διαδικασία αυτή διαρκεί μερικά λεπτά. Τα αποτελέσματα του αλγορίθμου B-Opt αποτελούν μία εφικτή λύση του προβλήματος, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας για μη ύπαρξη λύσης με τις τιμές του J.

Τρόπος 3: **Προτεινόμενες τιμές**. Ο τρίτος και τελευταίος τρόπος βασίζεται σε ανάλυση δεδομένων που πραγματοποιήθηκε στα δρομολόγια των γραμμών του Αστικού ΚΤΕΛ Βόλου. Σε γλώσσα προγραμματισμού matlab σχεδιάστηκαν διαγράμματα που υποδεικνύουν την ποσότητα των δρομολογίων που είναι σε ισχύ κάθε χρονική στιγμή. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πυκνότητα δρομολογίων κατά την διάρκεια της “Δευτέρας”. Με τις τιμές αυτές δεν είναι βέβαιο ότι θα υπάρξει εφικτή λύση.

Διάγραμμα 4.1: Πυκνότητα δρομολογίων Δευτέρας<sup>®</sup>



<sup>®</sup> Στο διάγραμμα παρουσιάζονται αποτελέσματα της Δευτέρας για της γραμμές 1,2,3,4,5,7,9,11,15,49.

Στο διάγραμμα παρατηρείται μία διαφορά στην πυκνότητα μεταξύ των πρωινών και νυχτερινών ωρών (26 δρομολόγια στις 07:48, 25 στις 11:00 και 21 στις 15:20). Τις πρωινές ώρες τα δρομολόγια που διεξάγονται είναι περισσότερα από τα απογευματινά (στην περίπτωση των ΑΚ.Βολου). Για την δημιουργία του συνόλου  $J$  αξιοποιείται η μέγιστη τιμή πυκνότητας των πρωινών ωρών, ενώ για την δημιουργία του συνόλου  $J_{half}$  αξιοποιείται η μέγιστη τιμή πυκνότητας των απογευματινών. Στο παράδειγμα της “Δευτέρας”  $J=26$  και  $J_{half}=26-21=5$ . Δηλαδή στο σύνολο των 26 βαρδιών οι 21 θα είναι διπλές και οι υπόλοιπες (5) μονές. Η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα επομένως δεν απαιτείται κάποιος χρόνος υπολογισμού.

Στο σύνολο  $T$  περιέχονται ο συνολικός αριθμός χρονικών διαστημάτων στην διάρκεια μίας ημέρας. Για την δημιουργία του υπολογίζεται η ώρα του πρώτου δρομολογίου της ημέρας και μετατρέπεται σε λεπτά(π.χ. 05:00=300) και έπειτα με βήμα 1’ καταλήγει στην ώρα του τελευταίου δρομολογίου σε λεπτά. Παραδείγματος χάρη εάν τα δρομολόγια ξεκινούν στις 05:00=300 και τελειώνουν στις 23:00=1380 τότε το σύνολο περιέχει 1080 στοιχεία που αρχίζουν από το 300++.

Στο σύνολο  $H$  περιέχονται ο συνολικός αριθμός διαλειμμάτων κατά την διάρκεια μίας ημέρας. Ο αριθμός των στοιχείων του συνόλου ισούται με τον αριθμό των στοιχείων του  $I$  καθώς ορίζεται διάλειμμα στο τέλος κάθε δρομολογίου.

## **Δεδομένα**

Όσο αναφορά τα δεδομένα του προβλήματος εισάγονται στο UI του προγράμματος είτε υπό την μορφή πινάκων είτε σαν ρυθμίσεις. Περισσότερες πληροφορίες στο Κεφάλαιο 5.

### 4.3 ΑΝΑΘΕΣΗ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

Το δεύτερο πρόβλημα που μελετήθηκε, είναι η ανάθεση ομαδοποιημένων διαδρομών σε λεωφορεία. Η ανάγκη για πιθανή καθημερινή επίλυση του προβλήματος, μικρές αλλαγές στα δεδομένα να μην έχουν μεγάλη επιρροή στη λύση και η δυνατότητα υπολογισμού μεγάλων χρονικών διαστημάτων (π.χ. έτους), κατέστησαν απαγορευτική την χρήση του μοντέλου για επίλυση του προβλήματος, καθώς η διάρκεια επίλυσης είναι πολύ μεγάλη. Παρόλα αυτά, για την κατανόηση του προβλήματος και έλεγχο των αποτελεσμάτων για μικρές διάρκειες αναπτύχθηκε το μοντέλο το οποίο ΔΕΝ περιέχεται στους τρόπους λύσεις του B-Opt.

#### 4.3.1 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

##### Δείκτες και σύνολα

$i \in I$	Βάρδια $i$ με σύνολο βαρδιών $I$
$j \in J$	Λεωφορείο $j$ με σύνολο λεωφορείων $J$
$t \in T$	Ημέρα $t$ σε διάρκεια ημερών $T$
$e \in E$	Extra δρομολόγιο $e$ με σύνολο extra δρομολογίων $E$

##### Δεδομένα

$\overline{ShiftExists}_{it}$	Διαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν η βάρδια $i$ εκτελείται την ημέρα $t$ , 0 στην αντίθετη περίπτωση
$\overline{ShiftKm}_i$	Συνολικά χιλιόμετρα της βάρδιας $i$
$\overline{ExtraExists}_{et}$	Διαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το εξτρά δρομολόγιο $e$ εκτελείται την ημέρα $t$ , 0 στην αντίθετη

περίπτωση

$\overline{CombineShiftExtra}_{ei}$	Διαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το εξτρά δρομολόγιο e και η βάρδια i μπορούν να εκτελεστούν από το ίδιο λεωφορείο, 0 στην αντίθετη περίπτωση
$\overline{CombineExtra}_{ee'}$	Διαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το δρομολόγιο e και το δρομολόγιο e' μπορούν να εκτελεστούν από το ίδιο λεωφορείο, 0 στην αντίθετη περίπτωση
$\overline{DayOff}_{jt}$	Διαδική παράμετρος που ισούται με 1 αν το λεωφορείο j έχει άδεια την ημέρα t, 0 στην αντίθετη περίπτωση
$\overline{DaysOfWork}$	Ακέραια παράμετρος που δείχνει τις μέγιστες ημέρες εργασίας για κάθε λεωφορείο. Εισάγεται από τον χρήστη
$\overline{ExtraDepartTime}_e$	Η ώρα που ξεκινάει η διαδρομή e
$\overline{ExtraArrivalTime}_e$	Η ώρα που τελειώνει η διαδρομή e
$\overline{TimeParameter}$	Χρονική διάρκεια ασφαλείας, Εισάγεται από τον χρήστη
$\overline{ExtraKm}_e$	Συνολικά χιλιόμετρα της διαδρομής e
$\overline{InitialKm}_j$	Αριθμός χλμ που έχει διανύσει το λεωφορείο j πριν την έναρξη των υπολογισμών, χρονική στιγμή t0

### Μεταβλητές Απόφασης

$x_{ij}$	Διαδική μεταβλητή απόφασης που ισούται με 1 αν η βάρδια i ανατίθεται στο λεωφορείο j, 0 στην αντίθετη περίπτωση
----------	---

$y_{ej}$	Διαδική μεταβλητή απόφασης που ισούται με 1 αν το εξτρά δρομολόγιο $e$ ανατίθεται στο λεωφορείο $j$ , 0 στην αντίθετη περίπτωση
$Km_j$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με τα χιλιόμετρα που θα έχει διανύσει το λεωφορείο $j$ στο τέλος των χρονικών περιόδων
$d_{jt}$	Διαδική μεταβλητή απόφασης που ισούται με 1 αν το λεωφορείο $j$ εργάζεται την ημέρα $t$ , 0 στην αντίθετη περίπτωση
$upper$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με τα μέγιστα χλμ που θα έχει διανύσει ένα από τα λεωφορεία στο τέλος των χρονικών περιόδων
$lower$	Συνεχής μεταβλητή απόφασης που ισούται με τα ελάχιστα χλμ που θα έχει διανύσει ένα από τα λεωφορεία στο τέλος των χρονικών περιόδων

### Περιορισμοί

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad j \in J \quad (1)$$

Περιορισμός (1): Κάθε βάρδια θα ανατεθεί σε ένα λεωφορείο

$$\sum_{j \in J} y_{ej} = 1, \quad e \in E \quad (2)$$

Περιορισμός (2): Κάθε εξτρά διαδρομή θα ανατεθεί σε ένα λεωφορείο

$$\sum_{i \in I} \overline{ShiftExist} s_{it} * x_{ij} \leq 1, \quad t \in T, \quad j \in J \quad (3)$$

Περιορισμός (3): Κάθε λεωφορείο θα πραγματοποιεί το πολύ μία βάρδια την ημέρα  $t$

$$\sum_{t'=t-6}^t d_{jt'} \leq \overline{DaysOfWork} , j \in J , t \in (T : t \geq 7) \quad (4)$$

Περιορισμός (4): Κάθε λεωφορείο  $j$  εργάζεται το πολύ  $\overline{DaysOfWork}$  μέρες στο 7-ήμερο

$$x_{ij} + (1 - \overline{CombineShiftExtra_{ei}}) * y_{ej} \leq 1 , j \in J , i \in I , e \in E \quad (5)$$

Περιορισμός (5): Περιορισμός που εξασφαλίζει την ανάθεση εξτρά δρομολογίων σε λεωφορεία που τους έχει ανατεθεί κάποια βάρδια

$$y_{ej} + (1 - \overline{CombineExtra_{ee'}}) * y_{e'j} \leq 1 , j \in J , e, e' \in E \quad (6)$$

Περιορισμός (6): Περιορισμός που εξασφαλίζει την ανάθεση εξτρά δρομολογίων σε λεωφορεία που τους έχει ανατεθεί κάποιο εξτρά δρομολόγιο

$$\overline{DayOff}_{jt} + d_{jt} \leq 1 , j \in J , t \in T \quad (7)$$

Περιορισμός (7): Περιορισμός που απαγορεύει την συνύπαρξη αδειών και ανάθεσης λεωφορείου  $j$  την ίδια μέρα  $t$

$$Km_j = \overline{InitialKm}_j + \sum_i \overline{ShiftKm}_i * x_{ij} + \sum_e \overline{ExtraKm}_e * y_{ej} , j \in J \quad (8)$$

Περιορισμός (8): Χιλιόμετρα που θα έχει διανύσει το λεωφορείο  $j$  στο τέλος των χρονικών περιόδων

$$lower \leq Km_j \leq upper , j \in J \quad (9)$$

Περιορισμός (9): Τα χλμ που θα έχει διανύσει το λεωφορείο  $j$  στο τέλος των χρονικών περιόδων θα είναι μεταξύ μίας άνω και μίας κάτω τιμής (οι οποίες είναι μεταβλητές απόφασης)

$$d_{jt} \geq \overline{ShiftExists}_{it} * x_{ij} , j \in J , i \in I , t \in T \quad (10)$$

$$d_{jt} \geq \overline{ExtraExists}_{et} * y_{ej} , j \in J , e \in E , t \in T \quad (11)$$

$$d_{jt} \leq \overline{ShiftExists}_{it} * x_{ij} + \overline{ExtraExists}_{et} * y_{ej} , j \in J , e \in E , t \in T , i \in I \quad (12)$$

Περιορισμοί(10,11,12): Σύνδεση της μεταβλητής  $d_{jt}$  με τις υπόλοιπες

$$x_{ij} \in \{0,1\} , i \in I , j \in J \quad (13)$$

$$y_{ej} \in \{0,1\} , e \in E , j \in J \quad (14)$$

$$d_{jt} \in \{0,1\} , t \in T , j \in J \quad (15)$$

$$Km_j \geq 0 , j \in J \quad (16)$$

$$upper, lower \geq 0 \quad (17)$$

### Αντικειμενική Συνάρτηση

$$Minz = upper - lower$$

Η αντικειμενική συνάρτηση του μαθηματικού μοντέλου αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της χιλιομετρικής διαφοράς μεταξύ των λεωφορείων.

### 4.3.2 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

#### Σύνολα

Στο σύνολο I περιέχονται όλες οι βάρδιες μονές ή διπλές που έχουν υπολογιστεί ή εισαχθεί σε προηγούμενα βήματα. Το B-Opt προσφέρει τέσσερις τρόπους δημιουργίας των βαρδιών:

Τρόπος 1: Εισαγωγή από τον χρήστη από αρχείο .xlsx

Τρόπος 2: Δημιουργία από τον χρήστη

Τρόπος 3: Υπολογισμός μέσω Αλγορίθμου B-Opt

Τρόπος 4: Υπολογισμός μέσω Αλγορίθμου CPLEX



Στο σύνολο **J** περιέχονται όλα τα λεωφορεία του στόλου. Η εισαγωγή τους μπορεί να γίνει είτε από αρχείο .xlsx είτε από δημιουργία τους στο UI του προγράμματος.

Στο σύνολο **T** περιέχεται η προγραμματισμένη διάρκεια επίλυσης του προβλήματος. Το πρώτο στοιχείο του  $t=0$  αντιστοιχεί στην πρώτη ημέρα που έχει ορίσει ο χρήστης για έναρξη της λύσης, και το τελευταίο αντιστοιχεί στην τελευταία.

Στο σύνολο **E** περιέχονται όλα τα εξτρά/έκτακτα δρομολόγια που είναι προγραμματισμένα να πραγματοποιηθούν κατά την προγραμματισμένη διάρκεια. Η εισαγωγή των δρομολογίων μπορεί να γίνει είτε από αρχείο .xlsx είτε από το UI του προγράμματος

### **Δεδομένα**

Όσο αναφορά τα δεδομένα του προβλήματος εισάγονται στο UI του προγράμματος είτε υπό την μορφή πινάκων είτε σαν ρυθμίσεις. Περισσότερες πληροφορίες στο Κεφάλαιο 5.

## **4.4 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ**

### **ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ**

Για την δημιουργία μαθηματικού μοντέλου για την ανάθεση δρομολογίων σε λεωφορεία αρχικά πρέπει να γίνει κατανοητό το συγκεκριμένο πρόβλημα. Εξ ορισμού το πρόβλημα δεν ορίζει προ-σχεδιασμένες βάρδιες οι οποίες χρειάζεται να ανατεθούν σε λεωφορεία, αλλά έχει να κάνει με την ανάθεση αυτόνομων δρομολογίων, είτε εκτάκτων είτε βασικών διαδρομών, σε οχήματα. Θα πρέπει να τηρούνται οι βασικές παράμετροι που έχουν οριστεί για τον καθορισμό ωραρίου (διάρκεια ωραρίου, ύπαρξη διαλείμματος κλπ) που είναι και οι παράμετροι της δημιουργίας βαρδιών.

Για αυτόν τον λόγο το μοντέλο που χρησιμοποιείται για το πρόβλημα ανάθεσης δρομολογίων σε λεωφορεία, είναι ένα συνδυαστικό μοντέλο των προηγούμενων (δημιουργίας βαρδιών και ανάθεσης βαρδιών), με την διαφορά ότι στα δρομολόγια που χρησιμοποιούνται για την επίλυση εμπεριέχονται τα εξτρά / έκτακτα δρομολόγια που έχουν δρομολογηθεί για την προγραμματισμένη διάρκεια επίλυσης. Πιο περιγραφικά, για κάθε ημέρα της προγραμματισμένης προς επίλυση διάρκειας, δημιουργούνται βάρδιες που περιέχουν όλων των ειδών δρομολόγια και έπειτα πραγματοποιείται η ανάθεση αυτών.

Παρατηρείται ομοιότητα μεταξύ του προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε λεωφορεία, με το συνδυαστικό πρόβλημα δημιουργίας και ανάθεσης βαρδιών σε οχήματα, με την διαφορά ότι οι εξτρά διαδρομές στο πρώτο πρόβλημα συμβάλουν στην δημιουργία των βαρδιών ενώ στο δεύτερο αντιμετωπίζονται σαν αυτόνομα δρομολόγια. Βάση αυτού, είναι αναμενόμενο οι ημέρες της προγραμματισμένης διάρκειας που δεν εμπεριέχουν κάποιο έκτακτο δρομολόγιο να έχουν ακριβώς τις ίδιες βάρδιες με αυτές της λύσης του μοντέλου δημιουργίας βαρδιών.

## 5. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ B-Opt

### 5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ



Το B-Opt είναι το πρόγραμμα που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας για την παρουσίαση και επίλυση του προβλήματος χρονοπρογραμματισμού. Η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε και για τους δύο τομείς είναι η Java .

Οι δυνατότητες του προγράμματος:

- α)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση και επεξεργασία γραμμών δρομολογίων
- β)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση και επεξεργασία δρομολογίων
- γ)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση και επεξεργασία λεωφορείων
- δ)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση και επεξεργασία έξτρα διαδρομών
- ε)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση και επεξεργασία αδειών
- στ)Εισαγωγή,εξαγωγή,παρουσίαση, επεξεργασία και δημιουργία βαρδιών
- ζ)Επίλυση προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων/βαρδιών σε λεωφορεία
- η)Εισαγωγή,εξαγωγή και παρουσίαση λύσης

Ο υπολογισμός της λύσης μπορεί να ξεκινήσει οποιαδήποτε ημέρα του χρόνου με ή χωρίς δεδομένα για τις προηγούμενες ημέρες και να τερματίσει την επιλεγμένη από τον χρήστη ημερομηνία.

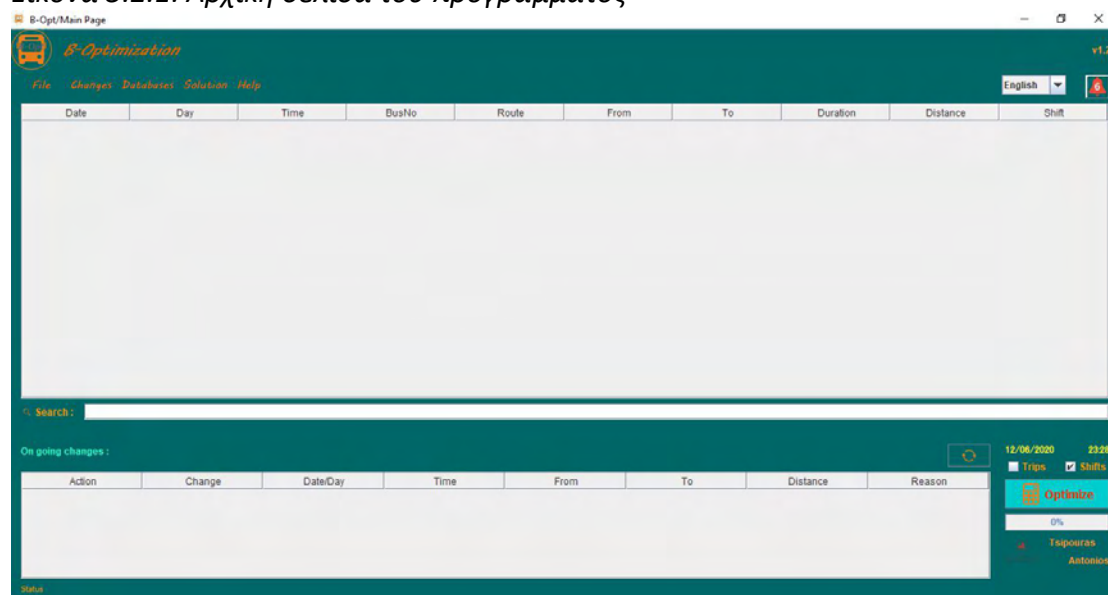
*Πίνακας 5.1: Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν*

poi-4.1.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
poi-ooxml-4.1.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
poi-ooxml-schemas-4.1.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων

xmlbeans-3.1.0	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Commons-collections4-4.4	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Commons-math3-3.6.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Jaxb-api-2.3.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Commons-codec-1.13	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Commons-compress-1.19	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Commons-logging-1.2	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Java DB Driver-derby	Βάση δεδομένων του προγράμματος
Jcalendar-1.4	Ημερομηνία και ώρα
Xlsx-streamer-1.0.2	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Stax-api-1.0.1	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
xercesImpl-2.11.0	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Xml-apis-1.4.01	Εισαγωγή και εξαγωγή excel αρχείων
Slf4j-api-1.4.01	Java logging API
Slf4j-simple-1.7.25	Java logging API
JDK 13	Περιβάλλον της Java
Cplex	Επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού

## 5.2 ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Εικόνα 5.2.1: Αρχική σελίδα του προγράμματος



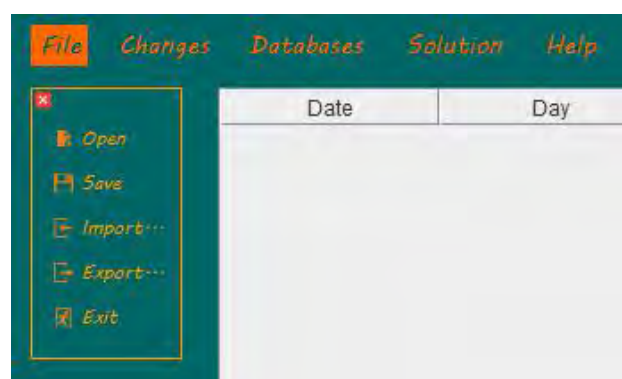
Η αρχική σελίδα του προγράμματος χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα. Στο επάνω τμήμα υπάρχει το menu όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγξει και να επεξεργαστεί τα δεδομένα του. Στο τμήμα που βρίσκεται στο κέντρο του προγράμματος παρουσιάζεται η λύση είτε η ήδη υπάρχουσα είτε αυτή που θα υπολογιστεί από το πρόγραμμα. Στο κάτω αριστερό τμήμα της οθόνης ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τις αλλαγές που πρόκειται να γίνουν πριν την επίλυση και τέλος στο κάτω δεξιό τμήμα βρίσκεται το κουμπί του υπολογισμού με τις επιλογές ανά δρομολόγιο ή ανά βάρδια.

Το B-Opt είναι μεταφρασμένο σε δύο γλώσσες την Ελληνική και την Αγγλική.

### Menu & Sub-menus

Η κάθε κατηγορία των menu περιέχει διάφορες υποκατηγορίες

Εικόνα 5.2.2: Κατηγορία File

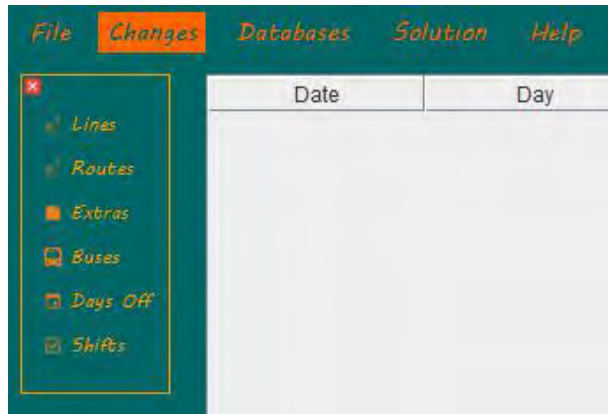


**Open:** Άνοιγμα αρχείου για παρουσίαση (γίνεται αυτόματα)

**Save:** Αποθήκευση αλλαγών και λύσης στο ήδη υπάρχων αρχείο (γίνεται αυτόματα)

**Import:** Εισαγωγή δεδομένων από αρχείο

Εικόνα 5.2.3: Κατηγορία Changes



**Export:** Εξαγωγή δεδομένων σε αρχείο

**Exit:** Τερματισμός προγράμματος

**Lines:** Άνοιγμα παραθύρου γραμμών

**Routes:** Άνοιγμα παραθύρου δρομολογίων

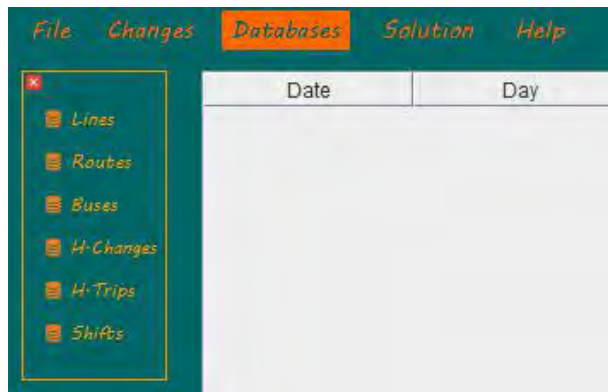
**Extras:** Άνοιγμα παραθύρου εξτρά διαδρομών

**Buses:** Άνοιγμα παραθύρου λεωφορείων

**Days Off:** Άνοιγμα παραθύρου αδειών

**Shifts:** Άνοιγμα παραθύρου βαρδιών

Εικόνα 5.2.4: Κατηγορία Databases



**Lines:** Άνοιγμα βάσης δεδομένων γραμμών

**Routes:** Άνοιγμα βάσης δεδομένων διαδρομών

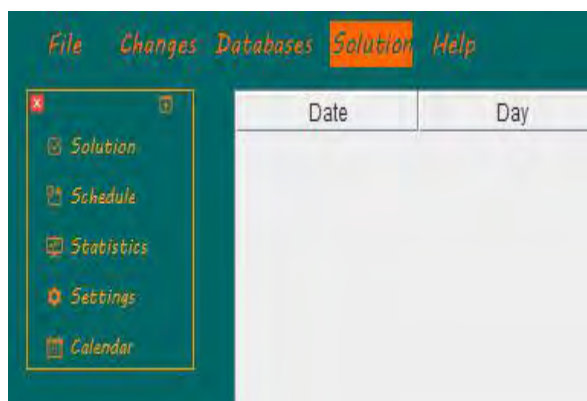
**Buses:** Άνοιγμα βάσης δεδομένων λεωφορείων

**H-Changes:** Άνοιγμα ιστορικού αλλαγών

**H-Trips:** Άνοιγμα ιστορικού διαδρομών

**Shifts:** Άνοιγμα βάσης δεδομένων βαρδιών

Εικόνα 5.2.5: Κατηγορία Solution



**Solution:** Παρουσίαση γενικής λύσης

**Schedule:** Παρουσίαση ειδικής λύσης

**Statistics:** Παρουσίαση στατιστικών

**Settings:** Άνοιγμα παραθύρου ρυθμίσεων

**Calendar:** Άνοιγμα παραθύρου ημερολογίου

Η κατηγορία **Help** περιέχει τις αλλαγές που γίνονται ανά έκδοση του προγράμματος, στοιχεία του προγραμματιστή, προγραμματισμένες βελτιώσεις και σχετικά βοηθήματα.

## 5.3 ΚΑΡΤΕΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

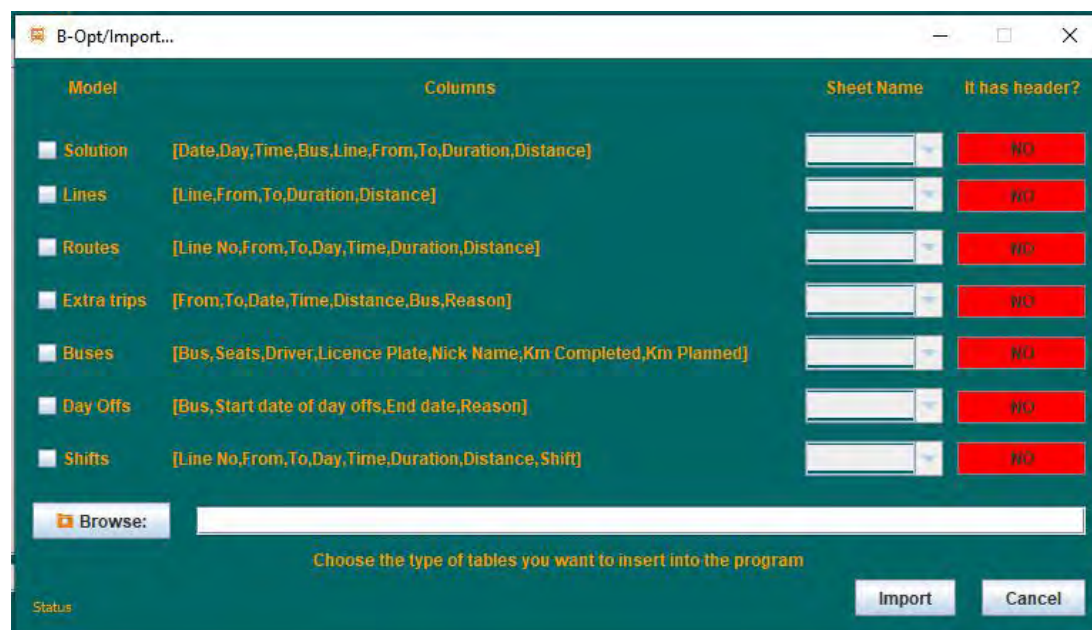
Για την εύκολη περιήγηση του χρήστη στο πρόγραμμα, δημιουργήθηκαν καρτέλες και παράθυρα για κάθε μεταβλητή ή δεδομένο που επηρεάζει την λύση των προβλημάτων. Σκοπός του UI που σχεδιάστηκε, είναι η εύκολη και γρήγορη κατανόηση του, ξεκούραστη εμπειρία στην χρήση του και η δυναμική συμπεριφορά μεταξύ χρήστη και ενέργειας.

### 5.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ FILE

Στην κατηγορία αυτή ο χρήστης έχει πρόσβαση σε επιπλέον δύο παράθυρα, της εισαγωγής και εξαγωγής πινάκων σε μορφή αρχείων .xlsx. Η καρτέλα File αφορά την χρήση εξωτερικών αρχείων. Στα άμεσα σχέδια του προγράμματος είναι η δυνατότητα εισαγωγής/εξαγωγής διαφορετικών αρχείων (όχι μόνο .xlsx) καθώς επίσης και η δυνατότητα χρήσης διαφορετικών μορφών πινάκων.

### 5.3.1.1 Παράθυρο Import

Εικόνα 5.3.1.1: Παράθυρο Import



Στο παράθυρο αυτό ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εισάγει έναν ή περισσότερους πίνακες στο πρόγραμμα από κάποιο αρχείο στον υπολογιστή του. Με το κουμπί Browse επιλέγει το αρχείο προς εισαγωγή.

Στην πρώτη στήλη 'Model' επιλέγονται οι πίνακες προς εισαγωγή με την μορφή που παρουσιάζεται στην δεύτερη στήλη ('Columns'). Με την επιλογή του πίνακα και διεύθυνσης του αρχείου δίνονται τα ονόματα των φύλλων, στην τρίτη στήλη, όπου ο χρήστης πρέπει να επιλέξει σε ποιο αναφέρεται. Τέλος στην τελευταία στήλη επιλέγεται εάν ο πίνακας που πρέπει να εισαχθεί έχει τίτλους στηλών ή όχι. Δηλαδή εάν πρέπει ή όχι να αγνοηθεί η πρώτη γραμμή.

Όταν όλα έχουν επιλεγεί με το κουμπί Import γίνεται η εισαγωγή των πινάκων στο πρόγραμμα. Η διαδικασία διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα.

Το κουμπί **Cancel** κλείνει το παράθυρο.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.



### 5.3.1.2 Παράθυρο Export

Εικόνα 5.3.1.2: Παράθυρο Export



Παρόμοια με το παράθυρο της εισαγωγής έτσι και στην εξαγωγή επιλέγονται από τον χρήστη ποιοι πίνακες είναι προς εξαγωγή, το όνομα του φύλλου, εάν έχει τίτλους στις στήλες και την διεύθυνση του αρχείου.

Όταν όλα τα στοιχεία έχουν επιλεγεί με το κουμπί Export γίνεται η εξαγωγή στο αρχείο που δημιουργήθηκε.

Το κουμπί **Cancel** κλείνει το παράθυρο.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ CHANGES

Στην κατηγορία αυτή βρίσκονται τα παράθυρα που μπορεί να επεξεργαστεί ο χρήστης. Οι παράμετροι των προβλημάτων ελέγχονται σε αυτά και ο χρήστης έχει την δυνατότητα προσθήκης, αφαίρεσης και επεξεργασίας των πινάκων.

### 5.3.2.1 Παράθυρο Lines

Το παράθυρο Lines περιέχει γενικές πληροφορίες για τις γραμμές δρομολογίων και παρουσιάζονται στον χρήστη σε μορφή πίνακα. Η προσθήκη, η αφαίρεση και η επεξεργασία γραμμών πραγματοποιείται σε αυτό το παράθυρο.

Εικόνα 5.3.2.1: Παράθυρο Lines

LineNo	From	To	Trip Duration	Distance
--------	------	----	---------------	----------

**Line No.<sup>1</sup>:** Ο αριθμός ή όνομα της γραμμής. Με την προσθήκη κάποια γραμμής γίνεται αυτόματα η δημιουργία της επιστροφής με κατάληξη “-R”. Ο χρήστης έχει δυνατότητα επεξεργασίας της επιστροφής μετά την δημιουργία της.

**From<sup>1</sup>:** Αφετηρία της γραμμής

**To<sup>1</sup>:** Προορισμός της γραμμής

**Duration (mins)<sup>1</sup>:** Η διάρκεια της διαδρομής της γραμμής σε λεπτά

**Distance (km)<sup>1</sup>:** Η απόσταση της διαδρομής της γραμμής σε λεπτά

**Reason:** Αίτιο της αλλαγής, το συγκεκριμένο πεδίο δεν είναι υποχρεωτικό.

Ο πίνακας στο κέντρο του παραθύρου είναι επεξεργάσιμος για γρήγορες αλλαγές στις υπάρχουσες γραμμές.

<sup>1</sup> Τα πεδία αυτά είναι υποχρεωτικά για την δημιουργία της γραμμής



Προσθήκη γραμμής με βάση αυτών που προστέθηκαν από πάνω



Διαγραφή επιλεγμένης γραμμής του πίνακα



Αποθήκευση αλλαγών



Έξοδος από το παράθυρο

Στο **Search**: γίνεται αναζήτηση συγκεκριμένης γραμμής, προορισμού κ.λπ.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.2.2 Παράθυρο Routes

Στο παράθυρο Routes/Δρομολογίων ο χρήστης είναι σε θέση να προσθέσει, αφαιρέσει ή/και επεξεργαστεί δρομολόγια για οποιαδήποτε γραμμή της βάσης δεδομένων. Υπό μορφή πίνακα τα δρομολόγια παρουσιάζονται με χρονική σειρά εκκίνησης. Κατά την προσθήκη ή επεξεργασία δρομολογίου το πρόγραμμα ανακατανέμει αυτόματα τον πίνακα.

Εικόνα 5.3.2.2: Παράθυρο Routes

The screenshot shows a software window titled "B-Opt/ Changes/ Routes". On the left side, there are several input fields: "Line No." (set to No.1), "Day" (set to Weekdays), "Time" (empty), "Duration (days)" (empty), "Start" (05/19/2020), "End" (05/19/2020), "Reason" (empty), and "Status" (empty). At the bottom left, there are four icons: a green plus, a red minus, a green circular refresh, and a red circle with a slash. A "Search:" field is located at the bottom right. The main area contains a table with the following data:

LineNo	From	To	Day	Start Ti...	Trip Du...	Distance
No.5	Afetiria	Terma ...	Monday	05:20	35	15.2
No.4	OAED	Aidono...	Monday	05:40	12	5.5
No.1	Anavros	Nea lo...	Monday	05:45	14	4.4
No.1-R	Nea lo...	Anavros	Monday	05:45	17	4.7
No.3	Anavros	Nea lo...	Monday	05:50	18	4.9
No.3-R	Nea lo...	Anavros	Monday	05:50	18	4.9
No.5-R	Terma ...	Afetiria	Monday	05:50	34	15.2
No.4	OAED	Aidono...	Monday	06:00	12	5.5
No.5	Afetiria	Terma ...	Monday	06:00	35	15.2
No.1	Anavros	Nea lo...	Monday	06:10	14	4.4
No.1-R	Nea lo...	Anavros	Monday	06:10	17	4.7
No.4-R	Aidonof...	OAED	Monday	06:10	12	5.5
No.3	Anavros	Nea lo...	Monday	06:15	18	4.9

**Line No.<sup>1</sup>:** Επιλογή γραμμής (από τον πίνακα γραμμών)

**Day<sup>1</sup>:** Weekdays(Mon-Friday) ή ξεχωριστά(Mon,Tue,.....Fri,Sat,Sun,Holidays)

**Time<sup>1</sup>:** Η ώρα που ξεκινά το δρομολόγιο

**Duration(days)<sup>2</sup>:** Η διάρκεια που θα κρατήσει το δρομολόγιο στο πρόγραμμα

**Start<sup>2</sup>:** Η ημερομηνία που προστίθεται το δρομολόγιο

**End<sup>2</sup>:** Υπολογίζεται αυτόματα, η ημερομηνία που τελειώνει

**Reason:** Η αιτία της αλλαγής, το πεδίο δεν είναι υποχρεωτικό

Ο πίνακας στο κέντρο του παραθύρου είναι επεξεργάσιμος για γρήγορες αλλαγές στα υφιστάμενα δρομολόγια.



Προσθήκη δρομολογίου με βάση αυτών που πληκτρολογήθηκαν από πάνω



Διαγραφή επιλεγμένου δρομολογίου του πίνακα



Αποθήκευση αλλαγών



Έξοδος από το παράθυρο

Στο **Search:** γίνεται αναζήτηση συγκεκριμένου δρομολογίου, ώρας, μέρας κ.λπ.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.2.3 Παράθυρο Extras

Στο παράθυρο Extras/Εκτακτα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει, αφαιρέσει και επεξεργαστεί εξτρά διαδρομές (π.χ. σχολική εκδρομή).

---

<sup>1</sup> Τα πεδία είναι υποχρεωτικά

<sup>2</sup> Χρησιμοποιούνται εάν τα νέα δρομολόγια διαρκέσουν κάποια χρονική διάρκεια (π.χ. καλοκαιρινή σεζόν)

Εικόνα 5.3.2.3: Παράθυρο Extras

From	To	Date	Time	Km	Bus	Reason
------	----	------	------	----	-----	--------

**From:** Η αφετηρία της διαδρομής

**To:** Ο προορισμός της διαδρομής

**Date:** Επιλογή ημερομηνίας της διαδρομής

**Time:** Ώρα της διαδρομής

**Return:** Εάν θα προστεθεί επιστροφή στην διαδρομή

**Return Time:** Ενεργοποιείται όταν έχει επιλεγεί η πραγματοποίηση της επιστροφής

**Select Bus(es):** Επιλογή των λεωφορείων που θα πραγματοποιήσουν την διαδρομή

**Reason:** Η αιτία της αλλαγής

Ο πίνακας στο κέντρο του παραθύρου είναι επεξεργάσιμος για γρήγορες αλλαγές στις υπάρχουσες έκτακτες διαδρομές.



Προσθήκη διαδρομής με βάση αυτών που προστέθηκαν από πάνω



Διαγραφή επιλεγμένης διαδρομής του πίνακα



Αποθήκευση αλλαγών



Έξοδος από το παράθυρο

Στο **Search**: γίνεται αναζήτηση συγκεκριμένης διαδρομής, ώρας, μέρας κτλπ.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

#### 5.3.2.4 Παράθυρο Buses

Στο παράθυρο Buses/Λεωφορεία ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει, αφαιρέσει και επεξεργαστεί οχήματα του στόλου.

Εικόνα 5.3.2.4: Παράθυρο Buses

Bus No	Seats	Driver	Licence Pl...	Nick Name	Km Compl...	Km Plann...
--------	-------	--------	---------------	-----------	-------------	-------------

**Bus No.<sup>1</sup>**: Ο αριθμός/Η ταυτότητα του λεωφορείου

**Seats<sup>2</sup>**: Ο αριθμός των καθισμάτων

**Driver(s)<sup>2</sup>**: Ο/Οι οδηγοί

**Licence Plate<sup>2</sup>**: Ο αριθμός κυκλοφορίας





**Nick name<sup>2</sup>**: Ψευδώνυμο/Χαρακτηρισμός λεωφορείου

**Km Completed<sup>1</sup>**: Τα χιλιόμετρα που έχει διανύσει έως αυτή τη χρονική στιγμή

**Km planned<sup>1</sup>**: Τα χιλιόμετρα που θα διανύσει έως το τέλος της χρονιάς

<sup>1</sup> Τα πεδία είναι υποχρεωτικά.

<sup>2</sup> Τα πεδία χρησιμοποιούνται για αποθήκευση και παρουσίαση πληροφοριών για κάθε όχημα του στόλου. Δεν λαμβάνονται υπόψη για την επίλυση των προβλημάτων.

-  Προσθήκη λεωφορείου με βάση αυτών που προστέθηκαν από πάνω
-  Διαγραφή επιλεγμένου λεωφορείου του πίνακα
-  Αποθήκευση αλλαγών
-  Έξοδος από το παράθυρο

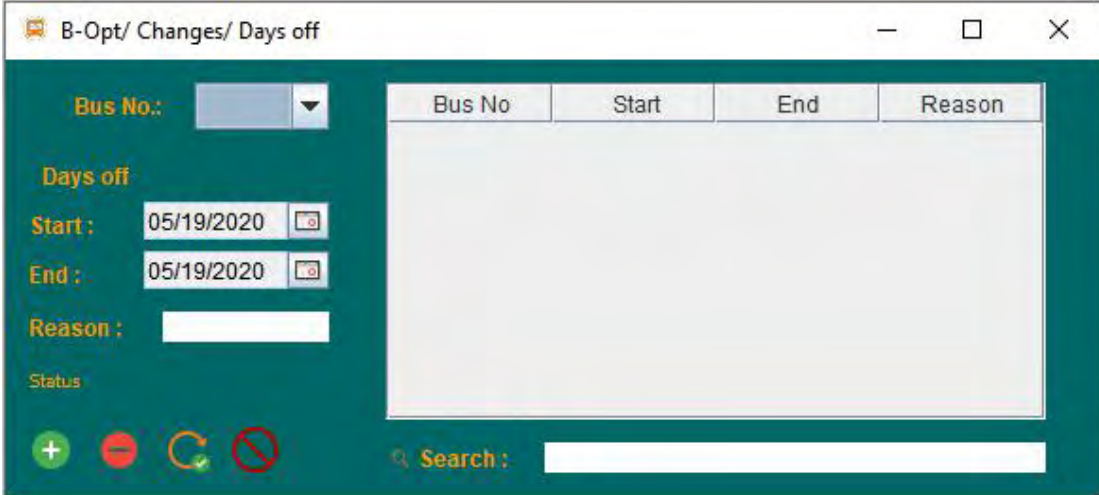
Στο **Search**: γίνεται αναζήτηση συγκεκριμένου λεωφορείου, οδηγού, καθισμάτων κ.λπ.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.2.5 Παράθυρο Days Off

Στο παράθυρο Days Off προστίθενται, αφαιρούνται ή/και επεξεργάζονται άδειες/ρεπό που πρόκειται να πραγματοποιηθούν για το εκάστοτε λεωφορείο.

Εικόνα 5.3.2.5: Παράθυρο Days Off



Bus No	Start	End	Reason

**Bus No.:** Επιλογή λεωφορείου από βάση δεδομένων

**Start:** Ημερομηνία έναρξης της άδειας

**End:** Ημερομηνία τερματισμού της άδειας

**Reason:** Λόγος άδειας



Προσθήκη άδειας με βάση αυτών που προστέθηκαν από πάνω



Διαγραφή επιλεγμένης άδειας του πίνακα



Αποθήκευση αλλαγών



Έξοδος από το παράθυρο

Στο **Search**: γίνεται αναζήτηση συγκεκριμένης άδειας λεωφορείου, ημερομηνίας.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.2.6 Παράθυρο Shifts

Στο παράθυρο Shifts ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει νέες ή αφαιρέσει υπάρχουσες βάρδιες, καθώς επίσης να τις ελέγξει ή/και να τις επεξεργαστεί.

Εικόνα 5.3.2.6.1: Παράθυρο Shifts, Καρτέλα All

Line	From	To	Day	Time	Duration	Distance	Shift
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	05:45	14	4.4	S0a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	05:45	17	4.7	S1a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	05:50	18	4.9	S2a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	05:50	18	4.9	S3a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	06:10	14	4.4	S3a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	06:10	17	4.7	S0a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	06:15	18	4.9	S1a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	06:15	18	4.9	S2a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	06:30	14	4.4	S0a
No. 15	Αθῆνας	Παλαιά	Monday	06:30	18	4.4	S4a
No. 15-R	Παλαιά	Αθῆνας	Monday	06:30	17	4.4	S5a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	06:32	17	4.7	S3a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	06:35	18	4.9	S2a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	06:35	18	4.9	S1a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	06:45	14	4.4	S5a
No. 15	Αθῆνας	Παλαιά	Monday	06:45	18	4.4	S6a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	06:52	17	4.7	S0a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	06:55	18	4.9	S1a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	06:55	18	4.9	S2a
No. 15-R	Παλαιά	Αθῆνας	Monday	06:55	17	4.4	S4a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	07:00	14	4.4	S3a
No. 15	Αθῆνας	Παλαιά	Monday	07:00	18	4.4	S7a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	07:09	18	4.9	S8a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	07:08	18	4.9	S1a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	07:10	17	4.7	S5a
No. 15-R	Παλαιά	Αθῆνας	Monday	07:10	17	4.4	S6a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	07:12	14	4.4	S0a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	07:21	18	4.9	S2a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	07:21	18	4.9	S8a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	07:24	14	4.4	S4a
No. 1-R	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Αθῆνας	Monday	07:24	17	4.7	S3a
No. 15-R	Παλαιά	Αθῆνας	Monday	07:25	17	4.4	S7a
No. 15	Αθῆνας	Παλαιά	Monday	07:30	18	4.4	S5a
No. 3	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Monday	07:34	18	4.9	S9a
No. 3-R	Νέα Ιωνία (ΜΕΤΚΑ)	Αθῆνας	Monday	07:34	18	4.9	S2a
No. 1	Αθῆνας	Νέα Ιωνία (Πέτρου και ...	Monday	07:36	14	4.4	S1a



Όσο αναφορά την δημιουργία τους, το B-Opt προσφέρει τρεις διαφορετικούς τρόπους από τους οποίους ο χρήστης θα αποφασίσει ποιόν να επιλέξει. Ο πρώτος τρόπος είναι η εισαγωγή τους από αρχείο υπό την μορφή που αναφέρθηκε στο παράθυρο Import. Ο δεύτερος τρόπος είναι να τις δημιουργήσει επεξεργάζοντας τον πίνακα στην καρτέλα "All", και ο τρίτος τρόπος είναι να δημιουργηθούν από το πρόγραμμα βάση ενός εκ των δύο αλγορίθμων που έχουν αναπτυχθεί.

Η καρτέλα "All", περιέχει όλα τα δρομολόγια που υπάρχουν στην βάση δεδομένων ,σε μορφή πίνακα, του προγράμματος και διάφορες πληροφορίες αυτών. Η τελευταία στήλη αφορά την βάρδια που έχει ανατεθεί το δρομολόγιο (εάν έχει ανατεθεί σε κάποια).

Εικόνα 5.3.2.6.2: Παράθυρο Shifts, Καρτέλα Quick View

Shift	Day	Start Time	Total Km	Work Time	Number Of Trips	Situation
S0a	Monday	05:45	102.6	14:29	21	Solo
S1a	Monday	05:45	100.6	14:06	20	Solo
S2a	Monday	05:50	102.4	14:30	21	Solo
S3a	Monday	05:50	97.4	14:02	20	Solo
S4a	Monday	06:30	91.2	14:42	19	Solo
S5a	Monday	06:30	95.2	14:52	20	Solo
S6a	Monday	06:45	104.7	15:33	21	Solo
S7a	Monday	07:00	91.2	15:06	19	Solo
S8a	Monday	07:08	92.9	15:28	19	Solo
S9a	Monday	07:41	87.5	15:43	18	Solo
S10a	Monday	08:12	87.3	17:33	18	Solo
S11a	Monday	08:40	104.3	17:16	21	Solo
S12a	Monday	11:00	80.4	19:13	17	Solo
S13a	Monday	11:30	95.3	20:03	19	Solo
S14a	Monday	14:30	80.4	22:07	17	Solo
S15a	Monday	14:42	66.6	21:13	14	Solo
S16a	Monday	14:52	87.1	22:50	18	Solo
S17a	Monday	15:30	74.0	22:48	15	Solo
S18a	Monday	15:45	79.2	22:23	16	Solo
S19a	Monday	15:45	78.6	22:43	16	Solo
S20a	Monday	16:54	66.2	22:22	13	Solo
S21a	Monday	17:20	56.4	22:37	11	Solo
S22a	Monday	17:42	49.0	22:18	10	Solo
S23a	Monday	19:19	41.5	22:57	8	Solo
S24a	Monday	19:45	17.9	21:37	3	Solo
S25a	Monday	20:18	18.2	21:52	3	Solo

Η καρτέλα "Quick View", περιέχει όλες τις βάρδιες , σε μορφή πίνακα, είτε αυτές έχουν εισαχθεί από τον χρήστη , είτε δημιουργηθεί από το πρόγραμμα. Ο πίνακας περιέχει βασικές πληροφορίες καθώς επίσης και την κατάσταση της βάρδιας (εάν είναι διπλή ή μονή). Οι υπόλοιπες πληροφορίες είναι το όνομα της βάρδιας, η ημέρα που λαμβάνει χώρα, η ώρα που εκκινεί, η ώρα που τελειώνει, τα χιλιόμετρα που διανύει και ο αριθμός των διαδρομών.

Εικόνα 5.3.2.6.3: Παράθυρο Shifts, Καρτέλα synchronised


Shift	From	To	Day	Start Time	End Time	Shift
0	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	05:45	06:27	S0a
1	Nea Ionia (Petroi kai Pau.	Αλαϊνος	Monday	05:45	05:57	S1a
2	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	05:50	06:33	S2a
3	Nea Ionia (METKA)	Αλαϊνος	Monday	05:50	06:03	S3a
4	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:10	06:49	S3a
5	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:15	06:53	S1a
6	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:30	07:09	S0a
7	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:30	07:12	S4a
8	Palatia	Αλαϊνος	Monday	06:30	06:42	S5a
9	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:35	07:13	S2a
10	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:45	07:27	S5a
11	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:45	07:27	S6a
12	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	06:55	07:26	S1a
13	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:00	07:41	S3a
14	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:00	07:42	S7a
15	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:08	07:39	S8a
16	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:12	07:54	S0a
17	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:21	07:52	S2a
18	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:24	08:05	S4a
19	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:30	08:13	S5a
20	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:34	08:05	S5a
21	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:36	08:18	S1a
22	Palatia	Αλαϊνος	Monday	07:41	07:53	S9a
23	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:45	08:28	S7a
24	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:47	08:18	S3a
25	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	07:48	08:30	S8a
26	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:00	08:42	S0a
27	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:00	08:42	S9a
28	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:00	08:43	S2a
29	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:00	08:42	S4a
30	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:12	08:54	S5a
31	Nea Ionia (METKA)	Αλαϊνος	Monday	08:12	08:25	S10a
32	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:15	08:58	S5a
33	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:20	09:02	S1a
34	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:24	09:06	S3a
35	Αλαϊνος	Αλαϊνος	Monday	08:30	09:12	S7a


Η καρτέλα “synchronised”, περιέχει τα συζευγμένα ή μη δρομολόγια. Η επίλυση των δύο αλγορίθμων βελτιστοποίησης βασίζεται σε αυτά τα δρομολόγια.

Εικόνα 5.3.2.6.4: Παράθυρο Shifts, Καρτέλα Breaks

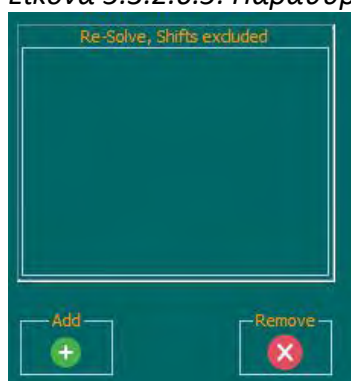
Day	Shift	From	To	Start Time	End Time	Duration
S7a	Αλαϊνος	BREAK	09:12	09:27	15	
S0a	Αλαϊνος	BREAK	11:06	11:21	15	
S2a	Αλαϊνος	BREAK	10:13	10:28	15	
S3a	Αλαϊνος	BREAK	11:30	11:45	15	
S1a	Αλαϊνος	BREAK	11:30	11:45	15	
S6a	Αλαϊνος	BREAK	12:02	12:17	15	
S4a	Αλαϊνος	BREAK	11:15	11:30	15	
S5a	Αλαϊνος	BREAK	12:12	12:27	15	
S8a	Αλαϊνος	BREAK	12:30	12:45	15	
S11a	Αλαϊνος	BREAK	11:42	11:57	15	
S9a	Αλαϊνος	BREAK	12:45	13:00	15	
S10a	Αλαϊνος	BREAK	13:15	13:30	15	
S12a	Αλαϊνος	BREAK	14:14	14:29	15	
S13a	Αλαϊνος	BREAK	16:48	17:03	15	
S15a	Αλαϊνος	BREAK	19:43	19:58	15	
S14a	Αλαϊνος	BREAK	20:13	20:28	15	
S16a	Αλαϊνος	BREAK	20:28	20:43	15	
S17a	Αλαϊνος	BREAK	20:48	21:03	15	
S18a	Αλαϊνος	BREAK	21:03	21:18	15	
S19a	Αλαϊνος	BREAK	21:18	21:33	15	
S21a	Αλαϊνος	BREAK	22:22	22:37	15	
S20a	Αλαϊνος	BREAK	21:22	21:37	15	
S23a	Αλαϊνος	BREAK	21:33	21:48	15	

Η καρτέλα “Breaks”, περιέχει τα διαλείμματα που έχουν δημιουργηθεί για κάθε βάρδια. Οι διπλές βάρδιες έχουν δύο ενώ οι μονές ένα διάλειμμα.

Στο επάνω αριστερό μέρος του παραθύρου υπάρχει το  όπου ο χρήστης μπορεί να ελέγξει για δρομολόγια που δεν έχουν ανατεθεί σε βάρδια.

Λίγο χαμηλότερα δίνεται η δυνατότητα μετονομασίας κάποιας βάρδιας, σε επιθυμητό όνομα από τον χρήστη. Για την μετονομασία επιλέγεται η βάρδια από τον πίνακα που βρίσκεται στην καρτέλα “Quick View” και πληκτρολογώντας το νέο όνομα της βάρδιας στην περιοχή κειμένου της κάτω εικόνας και πατώντας το  (Rename Shift Button) γίνεται αλλαγή του ονόματος της βάρδιας. **Προσοχή:** Το όνομα της βάρδιας πρέπει να είναι μοναδικό και να μην χρησιμοποιείται από κάποια άλλη.

Εικόνα 5.3.2.6.5: Παράθυρο Shifts, Περιοχή Re-Solve, Shifts excluded



Στην εικόνα 5.3.2.6.5 φαίνεται το τμήμα του παραθύρου Shifts όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει υπάρχουσες βάρδιες, από την καρτέλα “Quick View”, πριν χρησιμοποιήσει έναν από τους αλγόριθμους βελτιστοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο βάρδιες που θεωρούνται “ιδανικές” από τον χρήστη, δεν επηρεάζονται κατά την επίλυση και ούτε λαμβάνονται υπόψη για την λύση.

Στο παράθυρο Shifts ο χρήστης έχει πρόσβαση σε τέσσερα (4) νέα παράθυρα και τέσσερις (4) ενέργειες.

### Ενέργειες



Γίνεται επίλυση του προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες βάση του επιλεγμένου αλγορίθμου



Όταν τα δρομολόγια έχουν ανατεθεί σε βάρδιες, και τα απαραίτητα διαλείμματα έχουν δημιουργηθεί, χρησιμοποιείται για την δημιουργία του πίνακα που βρίσκεται στην καρτέλα Quick View



Χρησιμοποιείται για την διαγραφή των βαρδιών



Ακύρωση ενεργειών, έξοδος από το παράθυρο

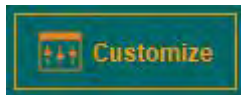
### Παράθυρα



Άνοιγμα παραθύρου Connect Shifts (Ένωσης βαρδιών)



Άνοιγμα παραθύρου Shift's Statistics (Στατιστικών βαρδιών)



Άνοιγμα παραθύρου Shifts Customize (Επεξεργασίας βαρδιών)



Άνοιγμα παραθύρου Shift's Settings (Ρυθμίσεις για την δημιουργία βαρδιών)

Εικόνα 5.3.2.6.6: Παράθυρο Shift's Settings

The screenshot shows the 'Shift's Settings' window with the following configuration options:

- Solve with B-Opt algorithm (this will take a few minutes)
- Solve with CPLEX Algorithm (this may take a few hours, minimize overtimes)
- Max work time of the shift: 480
- Break duration: 15
- Elastic solution:  Yes  No
- Peak period 1: 09:00 - 12:00
- Peak period 2: 16:00 - 18:00
- Non Peak mult: 0.7

Summary of shift counts:

Day	Total	Double
Monday	34	31
Tuesday	34	31
Wednesday	34	31
Thursday	34	31
Friday	34	31
Saturday	34	31
Sunday	34	31
Holidays	34	31

Break points for each line:

No.	Location
No.1	Αναγρος
No.2	Αφελτρία
No.3	Αναγρος
No.4	ΟΑΕΔ
No.5	Αφελτρία
No.6	ΟΑΕΔ
No.7	Αφελτρία
No.8	ΟΑΕΔ
No.9	Αφελτρία
No.11	Αφελτρία
No.15	Αναγρος

Το παράθυρο Shift's Settings περιέχει βασικές παραμέτρους που πρέπει να ορίσει ο χρήστης για την επίλυση του προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες.

**Αλγόριθμος:** Στο επάνω τμήμα του παραθύρου ο χρήστης επιλέγει τον αλγόριθμο που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει για την επίλυση (B-Opt ή CPLEX).

**Max work time of the shift:** Η διάρκεια κάθε βάρδιας σε λεπτά. Σε αυτή την τιμή δεν περιέχονται επιτρεπτές τιμές υπερωριών

**Break duration:** Η διάρκεια των διαλειμμάτων σε λεπτά

**Elastic solution (YES/NO):** Αφορά την επίλυση με αλγόριθμο B-Opt και έχει να κάνει με το εάν επιτρέπεται η βάρδια να ξεπεράσει το max work time ή όχι.

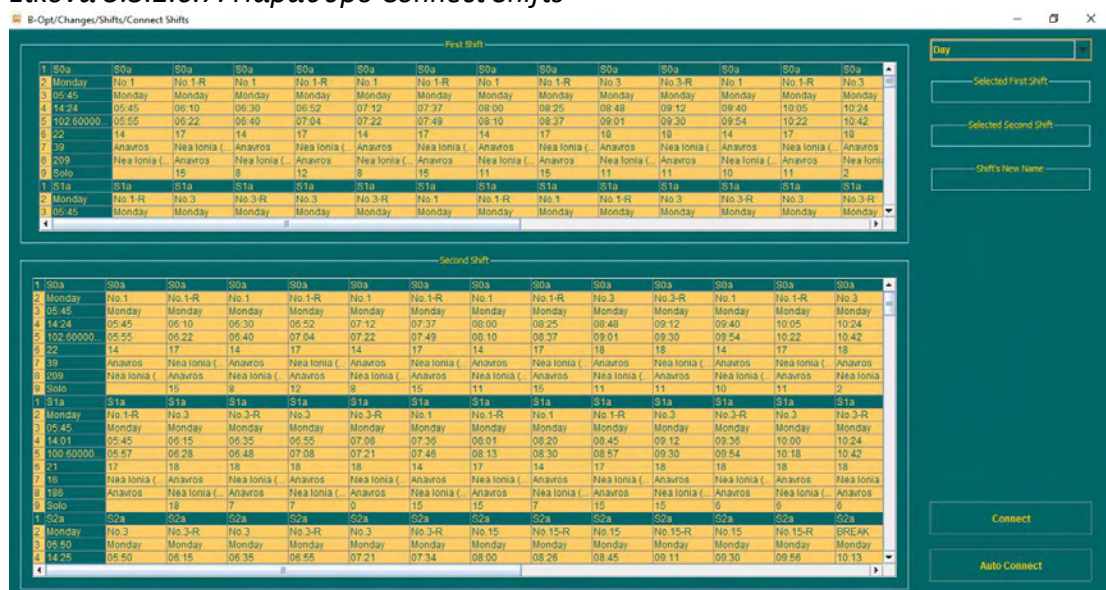
**Peak periods \*1,2:** Οι περίοδοι μέσα στην διάρκεια της ημέρα που θεωρούνται ώρες αιχμής. Παράμετρος που επηρεάζει τον χρόνο ταξιδιού ανάλογα την στιγμή της ημέρας.

**Non Peak mult:** Πολλαπλασιαστής βαρύτητας για τις περιόδους που δεν ανήκουν στις ώρες αιχμής (<1).

**Number of shifts per day (Total & Double):** Επιπλέον παράμετρος που πρέπει να προστεθεί για την επίλυση με βάση τον αλγόριθμο CPLEX, είναι ο συνολικός αριθμός των βαρδιών για κάθε ημέρα της εβδομάδας καθώς και τον αριθμό των διπλών βαρδιών, βάρδιες δηλαδή που θα πραγματοποιηθούν από το ίδιο όχημα αλλά διαφορετικό οδηγό κατά την διάρκεια μίας ημέρας.

**Break points for each line:** Στον πίνακα αυτόν επιλέγεται από τον χρήστη το προτιμότερο σημείο διαλείμματος για κάθε γραμμή. Στην πρώτη στήλη βρίσκεται το όνομα της γραμμής και στην δεύτερη στήλη η αφετηρία, ο προορισμός και η επιλογή No Set (δεν προτιμάτε κάποια τοποθεσία για διάλειμμα).

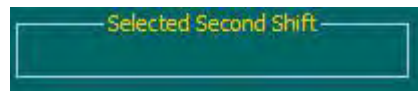
Εικόνα 5.3.2.6.7: Παράθυρο Connect Shifts



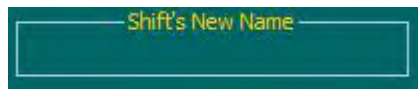
Στο παράθυρο Connect Shifts ο χρήστης έχει την δυνατότητα ένωσης δύο μονών βαρδιών. Στον επάνω πίνακα επιλέγεται η βάρδια που βρίσκεται στην πρωινή ζώνη και έπειτα από έλεγχο εφικτών επιλογών, στον κάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βάρδιες που είναι δυνατό να ενωθούν με την πρώτη. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει εάν γίνει επιλογή βάρδιας από τον κάτω πίνακα.



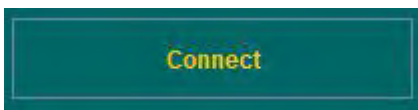
Συμπληρώνεται με την επιλογή μίας βάρδιας από τον πρώτο πίνακα, ή πληκτρολογώντας το όνομα από τον χρήστη.



Συμπληρώνεται με την επιλογή μίας βάρδιας από τον δεύτερο πίνακα, ή πληκτρολογώντας το όνομα από τον χρήστη.



Συμπληρώνεται πληκτρολογώντας ένα νέο όνομα για την ένωση των βαρδιών από τον χρήστη.

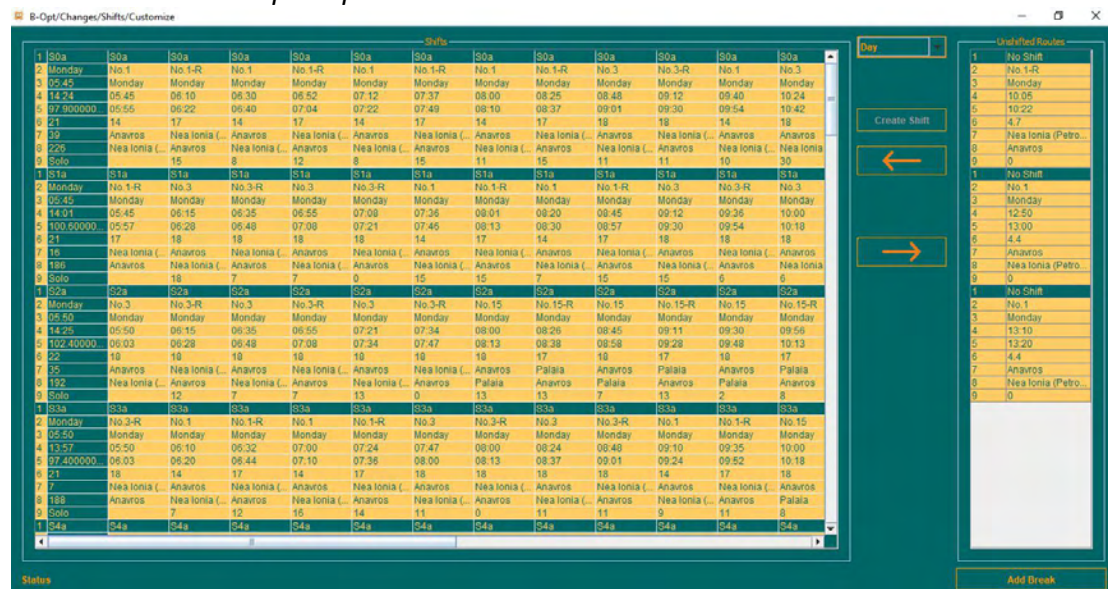


Ένωση των δύο επιλεγμένων βαρδιών



Με το συγκεκριμένο εργαλείο, όσες βάρδιες δεν έχουν ενωθεί και είναι δυνατό να ενωθούν, ενώνονται με την πρώτη σε σειρά επιλογής βάρδια αυτόματα.

Εικόνα 5.3.2.6.8: Παράθυρο Customize



Στο παράθυρο Customize ο χρήστης έχει την δυνατότητα επεξεργασίας δρομολογίων για κάθε βάρδια. Στον αριστερό πίνακα (A) παρουσιάζονται όλες οι βάρδιες με τα δρομολόγια που περιέχουν και στον δεξιό (B) εμφανίζονται τα δρομολόγια που δεν έχουν ανατεθεί σε κάποια βάρδια.

### Πληροφορίες πινάκων

S15a	Όνομα βάρδιας
Monday	Ημέρα που πραγματοποιείται η βάρδια
14:42	Ώρα έναρξης βάρδιας
21:13	Ώρα που τελειώνει η βάρδια
66.6	Συνολικά χιλιόμετρα της βάρδιας
15	Αριθμός δρομολογίων βάρδιας
-89	Χρόνος υπερωρίας (σε σχέση με το shift work time των Settings)
169	Νεκρός χρόνος βάρδιας
Solo	Κατάσταση βάρδιας (Solo/Connected ~Μονή/Διπλή)

S1a	Όνομα βάρδιας που έχει ανατεθεί το δρομολόγιο
No.1-R	Γραμμή δρομολογίου
Monday	Ημέρα δρομολογίου
08:45	Ώρα έναρξης δρομολογίου
08:57	Ώρα που τελειώνει το δρομολόγιο
4.7	Χιλιόμετρα δρομολογίου
Nea Ionia (...)	Αφετηρία δρομολογίου
Απαντος	Προορισμός δρομολογίου
15	Νεκρός χρόνος με το προηγούμενο δρομολόγιο

### Ενέργειες χρήση



Εργαλείο που ενεργοποιείται με την επιλογή δρομολογίου του πίνακα B.

Δημιουργεί καινούρια βάρδια και προσθέτει επιλεγμένο δρομολόγιο σε αυτή

Το επιλεγμένο δρομολόγιο του πίνακα B προστίθεται στην επιλεγμένα βάρδια του πίνακα A.



Add Break

Το επιλεγμένο δρομολόγιο του πίνακα Α αφαιρείται από την βάρδια και προστίθεται στον πίνακα Β. Με το ίδιο εργαλείο γίνεται αφαίρεση διαλειμμάτων. Προσθήκη διαλείμματος αμέσως μετά το επιλεγμένο δρομολόγιο βάρδιας του πίνακα Α, εάν επιτρέπεται.

Εικόνα 5.3.2.6.9: Παράθυρο Scoring & Statistics

Summary Statistics:

- Total Routes Duration (mins): 7470
- Total Routes Distance (kms): 2048
- Total Number Of Routes: 443
- Total Shifts Duration (mins): 19968
- Total Shifts Overtime (mins): 1932
- Total Shifts Dead Time (mins): 4642

Shift	Start	End	Duration (mins)	Overtime (mins)	Number Of Trips	Dead Time (mins)	Distance (kms)
Average	-	-	421	-58	17	174	74
S10a	05:45	14:24	519 (-23%)	59 (-8%)	22 (-29%)	209 (-20%)	103 (-39%)
S11a	05:45	14:01	499 (-17%)	16 (-3%)	21 (-22%)	189 (-8%)	101 (-36%)
S2a	05:50	14:25	515 (-22%)	35 (-7%)	22 (-29%)	192 (-10%)	102 (-37%)
S3a	05:50	13:57	487 (-15%)	7 (-1%)	21 (-23%)	188 (-8%)	97 (-31%)
S4a	06:30	14:37	487 (-15%)	7 (-1%)	20 (-17%)	192 (-10%)	91 (-22%)
S5a	06:30	14:47	497 (-18%)	17 (-3%)	21 (-23%)	200 (-14%)	95 (-28%)
S6a	06:45	15:28	523 (-24%)	43 (-8%)	22 (-29%)	197 (-13%)	105 (-41%)
S7a	07:00	15:01	481 (-14%)	1 (0%)	20 (-17%)	193 (-10%)	91 (-22%)
S8a	07:08	15:23	495 (-17%)	15 (-3%)	20 (-17%)	197 (-13%)	93 (-25%)
S9a	07:41	15:38	477 (-13%)	-3 (0%)	19 (-11%)	192 (-10%)	88 (-18%)
S10a	08:12	17:33	561 (-33%)	81 (-16%)	19 (-11%)	276 (-58%)	87 (-17%)
S11a	08:40	17:18	518 (-22%)	38 (-7%)	22 (-29%)	184 (-5%)	104 (-40%)
S12a	11:00	19:08	488 (-15%)	8 (-1%)	18 (-5%)	223 (-29%)	90 (-8%)
S13a	11:30	19:58	508 (-20%)	28 (-5%)	20 (-17%)	204 (-17%)	95 (-28%)
S14a	14:30	22:02	452 (-7%)	28 (5%)	18 (-5%)	199 (-14%)	80 (-8%)
S15a	14:42	21:13	391 (7%)	-89 (-18%)	15 (11%)	169 (2%)	67 (9%)
S16a	14:52	22:50	478 (-13%)	-2 (0%)	19 (-11%)	213 (-22%)	87 (-17%)
S17a	15:30	22:43	433 (-2%)	-47 (9%)	16 (5%)	189 (-13%)	74 (0%)
S18a	15:45	22:23	398 (5%)	-82 (-17%)	17 (0%)	151 (13%)	79 (-5%)
S19a	15:45	22:43	418 (0%)	-82 (-12%)	17 (0%)	176 (-1%)	79 (-5%)
S20a	16:54	22:17	323 (23%)	-157 (32%)	14 (17%)	116 (33%)	66 (10%)
S21a	17:20	22:37	317 (24%)	-163 (33%)	12 (29%)	145 (16%)	56 (24%)
S22a	17:42	22:18	276 (24%)	-204 (42%)	11 (35%)	140 (19%)	49 (23%)
S23a	19:18	22:52	214 (49%)	-266 (55%)	9 (47%)	97 (44%)	42 (43%)
S24a	19:45	21:32	107 (74%)	-373 (77%)	4 (76%)	60 (55%)	18 (75%)
S25a	20:18	21:47	89 (78%)	-391 (81%)	4 (76%)	45 (74%)	18 (75%)

Στο παράθυρο Scoring & Statistics ο χρήστης έχει την δυνατότητα να συγκρίνει και να μελετήσει υπολογισμένα στατιστικά στοιχεία των βαρδιών που έχουν δημιουργηθεί. Στο συγκεκριμένο παράθυρο, ο χρήστης, δεν έχει κάποια δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων και αποτελεσμάτων.

**Total Routes Duration (mins):** Ο συνολικός χρόνος που διανύουν τα δρομολόγια σε λεπτά. Ο χρόνος αυτός δεν περιλαμβάνει τις μειώσεις των ωρών αιχμής.

**Total Routes Distance (kms):** Η συνολική απόσταση που διανύουν τα δρομολόγια σε χιλιόμετρα.

**Total Number Of Routes:** Ο συνολικός αριθμός των δρομολογίων.

**Total Shifts Duration (mins):** Ο συνολικός χρόνος που διανύουν οι βάρδιες. Περιέχονται νεκροί χρόνοι, διαλείμματα και υπερωρίες.



**Total Shifts Overtime (mins):** Ο συνολικός χρόνος υπερωρίας. Οι χρόνοι υπερωρίας βασίζονται στην χρονική διαφορά της βάρδιας με το προαποφασισμένο χρόνο βάρδιας που έχει αποφασιστεί από τον χρήστη στην σελίδα Shift's Settings.

**Total Shifts Dead Time (mins):** Ο συνολικός νεκρός χρόνος όλων των βαρδιών. Ως νεκρός χρόνος ορίζουμε τον χρόνο εντός του ωραρίου της βάρδιας, όπου δεν πραγματοποιείται κάποιο γεγονός (δρομολόγιο ή διάλειμμα).

**Στήλη Shift:** Το όνομα της βάρδιας.

**Στήλη Start:** Η ώρα εκκίνησης της βάρδιας

**Στήλη End:** Η ώρα που τελειώνει η βάρδια

**Στήλη Duration (mins):** Η διάρκεια της βάρδιας (στις παρενθέσεις αναγράφονται οι διαφορές % από τον μέσο όρο).

**Στήλη Overtime (mins):** Ο χρόνος υπερωρίας της βάρδιας (στις παρενθέσεις αναγράφονται οι διαφορές % από τον ορισμένο χρόνο βάρδιας στο παράθυρο Shift's Settings).

**Στήλη Number Of Trips:** Ο αριθμός δρομολογίων κάθε βάρδιας (στις παρενθέσεις αναγράφονται οι διαφορές % από τον μέσο όρο).

**Στήλη Dead Time (mins):** Ο νεκρός χρόνος της βάρδιας (στις παρενθέσεις αναγράφονται οι διαφορές % από τον μέσο όρο).

**Στήλη Distance (kms):** Η χιλιομετρική απόσταση που διανύει ένα όχημα όταν πραγματοποιεί την συγκεκριμένη βάρδια (στις παρενθέσεις αναγράφονται οι διαφορές % από τον μέσο όρο)

Στην πρώτη γραμμή του πίνακα υπολογίζονται οι τιμές του μέσου όρου για τις παραπάνω στήλες.

Το **Status** αναφέρει την κατάσταση των επιλογών. Εάν υπάρχει κάποιο σφάλμα ή όλα βαίνουν καλώς.

### 5.3.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ DATABASES

Στην κατηγορία αυτή βρίσκεται η βάση δεδομένων των πινάκων που χρησιμοποιούνται στην επίλυση ή οι αλλαγές που έχουν γίνει στο παρελθόν στα δεδομένα και τις ρυθμίσεις του προγράμματος . Περιέχονται οι βάσεις δεδομένων: γραμμών, δρομολογίων, λεωφορείων, αλλαγών, ιστορικό δρομολογίων, βαρδιών.

### 5.3.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ SOLUTION

Στην κατηγορία αυτή γίνεται παρουσίαση της λύσης στην αρχική σελίδα με διάφορους τρόπους καθώς επίσης ρυθμίζονται και βασικές παράμετροι για την επίλυση του προβλήματος.

#### 5.3.4.1 Υποκατηγορία Solution

Με την επιλογή της υποκατηγορίας solution επιστρέφουμε στην αρχική σελίδα όπου γίνεται παρουσίαση όλων των δρομολογίων (που έχουν πραγματοποιηθεί ή θα πραγματοποιηθούν)

Εικόνα 5.3.4.1: Πίνακας Solution



The screenshot shows the 'B-Optimization' software interface. The main window displays a table with the following columns: Date, Day, Time, BusNo, Route, From, To, Duration, Distance, and Shift. The table contains 20 rows of data for the date 06/03/2020 (Wednesday). Below the table, there is a search bar and a section for 'On going changes' with a table for tracking changes. On the right side, there are controls for the current date (20/05/2020) and time (00:20), checkboxes for 'Trips' and 'Shifts', an 'Optimize' button, a progress bar at 100%, and the user's name 'Tsipouras Antonios'.

Date	Day	Time	BusNo	Route	From	To	Duration	Distance	Shift
06/03/2020	Wednesday	13:48	B.2	No.4	OAED	Aidonofolies	12	5.5	Shift132a
06/03/2020	Wednesday	13:50	B.40	No.1	Anavros	Nea Ionia (Pet...	14	4.4	Shift138a
06/03/2020	Wednesday	13:50	B.39	No.2-R	Ampelokipoi/...	Afetria	17	4.9	Shift130a
06/03/2020	Wednesday	13:54	B.8	No.4-R	Aidonofolies	OAED	12	5.5	Shift129a
06/03/2020	Wednesday	13:55	B.31	No.1-R	Nea Ionia (Pet...	Anavros	17	4.7	Shift119a
06/03/2020	Wednesday	13:55	B.15	No.5-R	Platanidia	Afetria	34	15.2	Shift126a
06/03/2020	Wednesday	13:57	B.47	No.15-R	Palaia	Anavros	17	4.4	Shift136a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.50	No.1	Anavros	Nea Ionia (Pet...	14	4.4	Shift125a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.11	No.2	Afetria	Ampelokipoi/P...	17	4.9	Shift134a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.49	No.3	Anavros	Nea Ionia (ME...	18	4.9	Shift137a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.44	No.3-R	Nea Ionia (ME...	Anavros	18	4.9	Shift119a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.5	No.4	OAED	Aidonofolies	12	5.5	Shift117a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.18	No.5	Afetria	Platanidia	34	15.2	Shift110a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.6	No.7	K.Afet-Analips...	Alli Meria	15	3.5	Shift131a
06/03/2020	Wednesday	14:00	B.46	No.15	Anavros	Palaia	18	4.4	Shift135a
06/03/2020	Wednesday	14:02	B.53	No.2-R	Ampelokipoi/...	Afetria	17	4.9	Shift111a
06/03/2020	Wednesday	14:05	B.40	No.1-R	Nea Ionia (Pet...	Anavros	17	4.7	Shift138a
06/03/2020	Wednesday	14:05	B.10	No.6	OAED	Alikes/Agios S...	18	4.2	Shift112a
06/03/2020	Wednesday	14:05	B.4	No.49	Afetria	Agia Praskevi	19	5.1	Shift123a
06/03/2020	Wednesday	14:06	B.2	No.4-R	Aidonofolies	OAED	12	5.5	Shift132a
06/03/2020	Wednesday	14:09	B.16	No.2-R	Ampelokipoi/...	Afetria	17	4.9	Shift140a
06/03/2020	Wednesday	14:10	B.38	No.1	Anavros	Nea Ionia (Pet...	14	4.4	Shift124a

Με την χρήση της αναζήτησης ο χρήστης μπορεί να βρει εύκολα το δρομολόγιο, ημερομηνία, λεωφορείο που τον ενδιαφέρει. Παρόλα αυτά είναι δύσκολο να κρατήσει στοιχεία για το κάθε λεωφορείο ή για το κάθε δρομολόγιο για αυτό και σχεδιάστηκε η υποκατηγορία schedule.

### 5.3.4.2 Υποκατηγορία Schedule

Η υποκατηγορία Schedule αφορά τον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων (διαδρομών που έχουν ανατεθεί) με διάφορους τρόπους.

Ετήσιος τρόπος παρουσίασης

Εικόνα 5.3.4.2.1: Πίνακας Schedule Ετήσιος

Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
B.1	396	422	415	420	443	425	499	420	470	426	449	441
B.2	493	433	529	453	510	415	491	415	492	365	373	491
B.3	492	372	459	409	512	430	464	467	410	530	460	505
B.4	440	382	425	490	494	475	483	490	405	471	405	484
B.5	491	445	436	451	382	426	521	420	403	477	445	491
B.6	501	411	427	402	455	476	509	493	510	445	429	390
B.7	499	374	437	410	451	427	488	473	429	501	420	492
B.8	470	479	453	459	396	438	420	385	435	454	451	425
B.9	475	470	542	411	529	503	458	400	523	424	443	424
B.10	473	412	517	513	455	470	429	425	380	489	442	379
B.11	496	397	404	447	468	452	458	446	493	474	428	439
B.12	483	450	405	488	475	428	408	434	410	475	387	472
B.13	421	417	479	460	432	436	418	461	445	477	459	442
B.14	454	435	444	420	451	467	420	470	455	491	413	489
B.15	423	433	521	480	470	419	447	438	417	472	447	520
B.16	446	426	423	525	429	451	544	492	443	412	450	450
B.17	523	433	469	511	459	483	325	453	432	405	486	438
B.18	490	426	454	370	445	489	423	409	405	468	408	446
B.19	478	400	449	420	489	454	493	425	452	433	541	504

Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται ο συνολικός αριθμός δρομολογίων και έξτρα διαδρομών που έχει ή θα πραγματοποιήσει ένα λεωφορείο για κάθε μήνα.

Βάση των επιλογών του, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μήνα, μέρα και λεωφορείο



Σε κάθε περίπτωση το αποτέλεσμα που προβάλετε στην οθόνη είναι διαφορετικό. Έστω λοιπόν ότι επιλεγεί μόνο μήνας ενώ η μέρα και το λεωφορείο μείνουν ως έχουν.

Μηνιαία παρουσίαση

Εικόνα 5.3.4.2.2: Πίνακας Schedule Μηνιαίος

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
B.1	23	1	24	11	3	24	18	24	23	0	14	5	12	7	24	23	0	13	16	13	4	23	22	0	15	22	20	22	23	0	14
B.2	26	3	9	21	19	22	19	16	23	0	16	19	14	14	24	0	25	18	23	23	24	13	0	11	24	24	22	22	22	0	24
B.3	24	5	25	18	23	22	21	11	0	25	16	17	24	14	3	33	0	10	19	24	24	17	23	0	14	15	23	16	23	24	0
B.4	8	0	17	24	15	0	23	14	0	21	13	3	13	23	25	24	0	23	24	21	13	0	11	0	19	21	11	0	13	0	13
B.5	24	11	0	23	20	10	15	7	22	5	18	24	24	12	0	12	0	10	3	22	12	0	7	23	17	18	12	3	15	0	12
B.6	14	0	15	21	14	10	13	15	24	0	24	21	15	0	10	0	33	0	24	23	31	0	22	1	23	19	13	13	24	4	23
B.7	14	23	0	13	19	19	19	23	15	0	17	12	0	23	23	11	0	16	16	24	23	21	1	25	31	0	24	23	11	0	4
B.8	24	7	9	24	10	13	9	3	14	0	22	18	14	4	24	12	0	12	23	11	13	15	2	14	6	18	23	13	6	33	0
B.9	18	20	0	13	6	23	24	24	15	0	14	18	20	23	22	8	21	15	23	24	24	24	0	23	24	31	0	23	16	32	0
B.10	23	23	0	23	12	4	20	20	0	15	19	23	20	19	16	0	7	32	0	32	3	22	6	25	20	20	14	1	24	12	0
B.11	14	0	33	0	22	15	18	24	30	0	16	15	0	23	24	23	0	17	13	4	23	23	4	14	1	13	6	12	6	13	0
B.12	24	22	0	25	23	24	15	0	21	4	13	23	19	16	11	23	0	24	21	24	14	0	24	1	11	12	16	24	23	19	0
B.13	24	12	0	7	22	17	15	5	23	3	24	16	5	23	31	0	5	23	21	22	20	21	7	0	18	14	12	25	7	19	0
B.14	6	31	0	31	0	23	24	20	5	0	24	23	14	3	24	23	0	24	24	13	2	23	23	2	13	12	24	16	2	22	0
B.15	17	0	23	19	11	15	17	22	9	23	0	12	12	14	14	6	1	25	22	23	24	21	5	22	19	0	22	23	23	19	13
B.16	12	0	9	24	24	15	2	14	0	11	0	15	15	20	10	23	0	14	22	19	22	32	0	9	17	7	17	20	23	1	23
B.17	22	0	23	19	10	16	15	0	14	0	21	21	20	24	10	11	0	20	17	23	24	23	1	23	24	22	23	11	0	23	6
B.18	16	24	5	21	33	0	24	14	0	9	23	20	14	12	12	0	11	24	18	24	12	24	15	2	24	14	0	14	12	0	24
B.19	13	0	23	13	24	15	24	13	26	0	13	5	22	15	17	0	23	17	12	0	23	23	24	0	23	24	24	23	20	5	5

Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται ο συνολικός αριθμός δρομολογίων και έξτρα διαδρομών που έχει ή θα πραγματοποιήσει ένα λεωφορείο για κάθε μέρα του μήνα. Είναι ένας εύκολο τρόπος σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών ημερών για συγκεκριμένο λεωφορείο, αλλά και σύγκριση μεταξύ διαφορετικών οχημάτων στον ίδιο χρόνο.

Παρουσίαση μέρας συγκεκριμένου μήνα

Με την επιλογή μήνα και μέρας

Εικόνα 5.3.4.2.3: Πίνακας Schedule Μήνα-Μέρα

	No.1	No.1-R	No.2	No.2-R	No.3	No.3-R	No.4	No.4-R	No.5	No.5-R	No.6	No.7	No.7-R	No.8	No.9	No.9-R	No.11	No.11-R	No.15	No.15-R	No.49	No.49-R
B.1	0	0	0	0	0	0	3	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.2	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3	1	1	0	0	2	2	1	1	0	0	1	0
B.3	0	0	0	0	0	0	6	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.4	0	0	0	0	0	0	17	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.5	0	2	0	0	1	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
B.6	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
B.7	0	0	0	10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
B.8	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
B.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.10	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.11	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0
B.12	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B.13	4	3	0	0	0	0	3	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0
B.14	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
B.15	4	6	1	1	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	
B.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0
B.17	0	0	10	10	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B.18	4	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0
B.19	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται ο αριθμός δρομολογίων ανά γραμμή και εξτρά διαδρομών που έχει να πραγματοποιήσει ένα λεωφορείο για συγκεκριμένη μέρα του μήνα

Παρουσίαση μήνα συγκεκριμένου λεωφορείου

Με την επιλογή μήνα και λεωφορείου

Εικόνα 5.3.4.2.4: Πίνακας Schedule Μήνα-Λεωφορείο

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
No.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
No.1-R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
No.2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0	6	14	0	0	
No.2-R	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	7	12	0	0	
No.3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
No.3-R	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.4	0	0	8	0	0	1	4	0	0	14	0	0	0	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	14	0	
No.4-R	0	0	9	0	0	1	4	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	15	0	
No.5	2	0	0	5	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
No.5-R	3	0	0	5	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	2	4	1	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
No.6	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	1	0	
No.7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
No.7-R	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
No.8	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.9-R	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
No.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	4	0	0	0	

Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται ο αριθμός δρομολογίων και εξτρά διαδρομών ανά γραμμή και ανά ημέρα του μήνα.

Αναλυτική παρουσίαση

Με την επιλογή μήνα, μέρα και λεωφορείο

Εικόνα 5.3.4.2.5: Πίνακας Schedule Μήνα-Μέρα-Λεωφορείο

Time	Line	From	To
07:12	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
07:37	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
08:00	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
08:25	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
08:45	No.15	Anavros	Palaio
09:11	No.15-R	Palaio	Anavros
09:30	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
09:45	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
10:10	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
10:25	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
10:45	No.15	Anavros	Palaio
11:13	No.15-R	Palaio	Anavros
11:36	No.3	Anavros	Nea Ionia (METKA)
12:00	No.3-R	Nea Ionia (METKA)	Anavros
12:20	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
12:25	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
13:00	No.1	Anavros	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)
13:15	No.1-R	Nea Ionia (Petroi kai Paulou)	Anavros
13:36	No.3	Anavros	Nea Ionia (METKA)

Σε αυτόν τον πίνακα αναγράφονται όλα τα δρομολόγια που έχει ή θα πραγματοποιήσει ένα λεωφορείο, τη συγκεκριμένη μέρα του μήνα.

### 5.3.4.3 Υποκατηγορία Statistics

Εικόνα 5.3.4.3: Πίνακας Στατιστικών

Bus No	KM	Nu Of trips	Mins Of work	Double shifts	% Km differ...	% NoT diffe...	% MoW diffe...	% ds diffe...
B.1	20533.700...	3462	62784	235	-0.1976265...	0.4735620...	-1.1452774...	16.202022...
B.2	20394.900...	3475	61657	217	0.4796713...	0.0998348...	0.6703241...	22.620591...
B.3	21758.200...	3490	63959	229	-5.1727792...	-0.3313889...	-3.0382071...	18.341545...
B.4	19599.000...	3451	59905	516	4.3633985...	0.7897928...	3.4928032...	-83.998962...
B.5	20566.400...	3505	61867	375	-0.3571916...	-0.7626126...	0.3320132...	-33.720176...
B.6	20211.300...	3478	61349	508	1.3755782...	0.0135900...	1.1665133...	-81.146265...
B.7	20566.600...	3489	62864	295	-0.3581675...	-0.3026406...	-1.2741577...	-5.1932053...
B.8	20133.100...	3434	60829	283	1.7571682...	1.2785130...	2.0042354...	-0.9141597...
B.9	20714.600...	3499	62194	216	-1.0803583...	-0.5901231...	-0.1947850...	22.977178...
B.10	20445.200...	3487	62007	299	0.2342240...	0.3298208...	0.1064727...	-6.6195339...
B.11	21160.900...	3479	63000	299	-3.2581539...	-0.0151581...	-1.4932542...	-6.6195339...
B.12	20383.000...	3490	61899	334	0.5377393...	-0.3313889...	0.2804611...	-19.100103...
B.13	20357.300...	3444	61698	301	0.6631467...	0.9910305...	0.6042729...	-7.3327282...
B.14	20057.300...	3430	60832	368	2.1270470...	1.3935060...	1.9994024...	-31.224066...
B.15	21233.300...	3511	64241	91	-3.6114418...	-0.9351021...	-3.6536106...	67.550570...
B.16	21263.800...	3524	64460	70	-3.7502716...	-1.3088293...	-3.8453201...	75.038900...
B.17	20968.600...	3504	64471	231	-2.3197938...	-0.7338643...	-3.8630412...	17.628371...
B.18	20804.100...	3456	62239	376	-1.5170885...	0.6460515...	-0.2672802...	-34.076763...
B.19	20422.100...	3519	61159	313	0.3469443...	-1.1650881...	1.4726041...	-11.611773...
B.20	20205.000...	3469	60798	306	1.4063201...	0.2723243...	2.0541766...	-9.1156639...
B.21	20751.800...	3448	62371	188	-1.2618819...	0.8760375...	-0.4799327...	32.961618...
B.22	20084.800...	3458	61161	244	1.9928561...	0.5895550...	1.4693021...	12.992738...

Σε αυτήν την σελίδα ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει τις διαφορές ανάμεσα στα λεωφορεία είτε αριθμητικά είτε ποσοστιαία. Τα συνολικά χιλιόμετρα που έχουν πραγματοποιήσει ή θα πραγματοποιήσει το λεωφορείο, των αριθμό των διαδρομών, τις ώρες εργασίας καθώς και τον αριθμό των διπλών βαρδιών (Κυριακών και αργιών)

Επιπλέον υπάρχει και δεύτερος πίνακας με τον αριθμό των δρομολογίων ανά μήνα.

#### 5.3.4.4 Παράθυρο Settings

Βασικές παράμετροι και σταθερές πρέπει να προστεθούν από τον χρήστη για να μπορέσουν να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Αυτές βρίσκονται στο παράθυρο ρυθμίσεων στην κατηγορία Επίλυση.

Εικόνα 5.3.4.4: Παράθυρο Ρυθμίσεων

The screenshot shows a software window titled "B-Opt/Solution/Settings" with a dark green background. It is divided into three main sections:

- Trip Solver Settings:** Includes "Max Work time per day:" with a text box containing "480", "Break Duration:" with a text box containing "15", and "Continuous timetable:" with radio buttons for "Yes" (selected) and "No". Below this is a "Break Locations" section with an empty white rectangular area.
- General Settings:** Includes "Sunday & Holidays multiplier: km" with a text box containing "1" and "time" with a text box containing "1", "Get previous data:" with radio buttons for "Database" (selected) and "Calculate", and "Work days per week:" with a text box containing "5".
- Shift's Settings:** Includes "Allow shifted buses do extras:" with radio buttons for "Yes" and "No" (selected). Below this are two empty rectangular boxes labeled "Shifts" and "Settings / Options".

Το παράθυρο των ρυθμίσεων χωρίζεται σε τρία τμήματα. Στο πρώτο τμήμα (αριστερά), γίνεται επεξεργασία των δεδομένων όσων αφορούν την επίλυση προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε λεωφορεία. Στο δεύτερο τμήμα (πάνω δεξιά), γίνεται επεξεργασία των δεδομένων όσων αφορούν την επίλυση και των δύο προβλημάτων, ενώ στο τρίτο τμήμα (κάτω δεξιά) ο χρήστης έχει πρόσβαση σε ρυθμίσεις σχετικά με το πρόβλημα ανάθεσης βαρδιών σε λεωφορεία.

**Max Work time per day:** Η διάρκεια του ωραρίου

**Break Duration:** Η διάρκεια των διαλειμμάτων

**Continuous timetable (YES/NO):** Εάν το ωράριο πρέπει να είναι συνεχόμενο ή επιτρέπονται οι σπαστές βάρδιες.

**Break Locations:** Οι τοποθεσίες διαλειμμάτων ανά γραμμή

**Sunday & Holidays multiplier (km & time):** Ο πολλαπλασιαστής βαρύτητας που συμβάλει στην επίλυση των προβλημάτων για τα δρομολόγια των Κυριακών και Αργιών. Κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων δεν χρησιμοποιείται ο συντελεστής παρά μόνο στους υπολογισμούς.

**Get previous data (Database/Calculate):** Ο τρόπος εισαγωγής των προηγούμενων δεδομένων για τα λεωφορεία, με την επιλογή του Database χρησιμοποιείται ο πίνακας που βρίσκεται στο παράθυρο Buses ενώ στη επιλογή Calculate υπολογίζονται από την λύση που έχει εισαχθεί.

**Work days per week:** Ο αριθμός των ημερών μέσα στην εβδομάδα ( $\leq 7$ ) όπου πρέπει να δουλεύει κάθε λεωφορείο. Η συγκεκριμένη προϋπόθεση δεν είναι απόλυτος περιορισμός αλλά αυστηρή συνθήκη.

**Allow shifted buses do extras(YES/NO):** Παράμετρος που συμβάλει στην ανάθεση εκτάκτων δρομολογίων σε λεωφορεία. Εάν επιτρέπεται ή όχι να ανατίθενται σε λεωφορεία που σκοπεύεται να πραγματοποιήσουν βάρδια για την συγκεκριμένη ημερομηνία.

**Shifts Button:** Άνοιγμα παραθύρου βαρδιών

**Settings / Options:** Άνοιγμα παραθύρου ρυθμίσεων βαρδιών

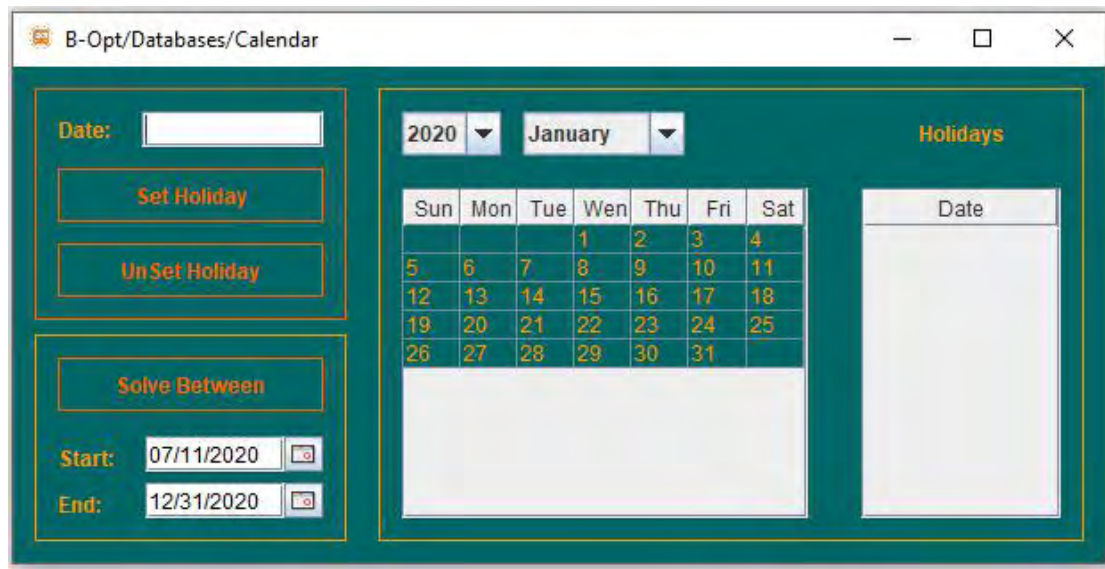
#### 5.3.4.5 Παράθυρο Calendar

Στο παράθυρο Calendar ο χρήστης έχει πρόσβαση σε δύο βασικές παραμέτρους για την επίλυση των προβλημάτων.

- 1) Ποιο χρονικό διάστημα αφορά η επίλυση,
- 2) Ποιες ημέρες θεωρούνται και υπολογίζονται ως Αργίες.



Εικόνα 5.3.4.5: Παράθυρο Calendar



## 5.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Το B-Opt επιτρέπει την επίλυση προβλημάτων μετατρέποντας το μαθηματικό μοντέλο σε αλγόριθμο επίλυσης μέσω του κώδικα. Τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι:

- 1) δημιουργία βαρδιών
  - 1.1) B-Opt Algorithm
  - 1.2) CPLEX Algorithm
- 2) ανάθεση βαρδιών σε λεωφορεία με B-Opt Algorithm και
- 3) ανάθεση δρομολογίων σε λεωφορεία με B-Opt Algorithm

Βασικό στοιχείο των αλγορίθμων B-Opt είναι ο συντελεστής opt που ορίζει ποια επιλογή είναι προτιμότερη

### 5.4.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ

#### 5.4.1.1 Αλγόριθμος B-Opt

Ο ευρετικός αλγόριθμος του B-Opt για την ανάθεση δρομολογίων σε βάρδιες στοχεύει στην βέλτιστη ανάθεση του επόμενου γεγονότος. Για τον λόγο αυτό όλοι οι πίνακες είναι κατανομημένοι με χρονολογική σειρά όσο αφορά την έναρξη του γεγονότος (και όχι την λήξη του).

Για την δημιουργία του αλγορίθμου, πρέπει αρχικά να οριστούν βασικές σταθερές και μεταβλητές. Οι μεταβλητές του προβλήματος καθώς και όλων των προβλημάτων που επιλύει το πρόγραμμα είναι στοιχεία πινάκων. Το παραπάνω βοηθάει στην δυναμική αλλαγή παραμέτρων καθώς και την ευκολία επεξεργασίας αυτών

#### Σταθερές

<code>int wt</code>	Σταθερός ακέραιος αριθμός που ισούται με τα μέγιστα επιτρεπόμενα λεπτά εργασίας κάθε βάρδιας. Προστίθεται από τον χρήστη
<code>int bt</code>	Σταθερός ακέραιος αριθμός που ισούται με τον χρόνο διαλείμματος. Προστίθεται από τον χρήστη.

<b>boolean</b> elastic	Τιμές true ή false. Επιλέγεται από τον χρήστη, επηρεάζει την προσθήκη ή όχι δρομολογίου που μπορεί να ξεπεράσει το wt της βάρδιας
<b>Time</b> Peak period (1/2)	Οι περίοδοι κατά την διάρκεια της ημέρας που θεωρούνται ώρες αιχμής. Το τέλος της πρώτης περιόδου είναι πριν την έναρξη της δεύτερης περιόδου
<b>double</b> Non peak mult	Πολλαπλασιαστές βαρύτητας για τις περιόδους όπου δεν είναι ώρες αιχμής (<1)

### Πίνακες

Όνομα Πίνακα	Στήλες Πίνακα							
<b>Shifts1model</b>	LineNo	From	To	Day	Start	Dur	Dist	Shift
<b>Shifts2model</b>	Shift	Day	Start	Km	End	NuOfTrips	LastDest	
<b>Shifts3model</b>	Shift	From	To	Start	End	Duration		
<b>Shifts4model</b>	RouteID	From	To	Day	Start	End	Duration	
<b>BreakLocations</b>	Line No				Break Location			

Ο **Shifts1model** περιέχει όλα τα στοιχεία δρομολογίων για κάθε γραμμή. Ο τρόπος δημιουργίας του πίνακα είναι είτε αυτόματος χρησιμοποιώντας τον πίνακα των δρομολογίων και προστίθεται μία επιπλέον στήλη είτε εισάγοντας τον ξεχωριστά από τον χρήστη.

<b>String</b> LineNo	Σταθερά που ισούται με την γραμμή του κάθε δρομολογίου
<b>String</b> From	Σταθερά που ισούται με το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου
<b>String</b> To	Σταθερά που ισούται με το σημείο άφιξης του δρομολογίου
<b>String</b> Day	Σταθερά που ισούται με την ημέρα πραγματοποίησης του δρομολογίου
<b>Time</b> Start	Σταθερά που ισούται με την ώρα εκκίνησης του δρομολογίου
<b>int</b> Dur	Ακέραια σταθερά που ισούται με την διάρκεια του δρομολογίου σε λεπτά

<b>double</b> Dist	Σταθερά που ισούται με την απόσταση του δρομολογίου σε χιλιόμετρα
<b>String</b> Shift	Χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα για ταυτοποίηση του δρομολογίου και στο τέλος της λύσης ισούται με το όνομα της βάρδιας που έχει οριστεί το δρομολόγιο

Ο **Shifts2model** περιέχει όλες τις βάρδιες που δημιουργούνται είτε από τους αλγόριθμους βελτιστοποίησης είτε από τον χρήστη. Δημιουργείτε μετά την επίλυση.

<b>String</b> Shift	Σταθερά που ισούται με το όνομα της βάρδιας
<b>String</b> Day	Σταθερά που ισούται με την ημέρα πραγματοποίησης της βάρδιας
<b>Time</b> Start	Σταθερά που ισούται με την ώρα εκκίνησης της βάρδιας
<b>double</b> Km	Μεταβλητή που ισούται με τα χιλιόμετρα που κάνει η βάρδια
<b>Time</b> End	Μεταβλητή που ισούται με την ώρα άφιξης του τελευταίου ορισμένου στην βάρδια δρομολογίου
<b>int</b> NuOfTrips	Μεταβλητή που ισούται με τον αριθμό των δρομολογίων που αποτελούν την βάρδια
<b>String</b> Situation	Κατάσταση βάρδιας, εάν είναι μονή ή διπλή βάρδια. Παίρνει τις τιμές "Solo" & "Connected"

Ο **Shifts3model** περιέχει όλα τα διαλείμματα που έχουν δημιουργηθεί για κάθε βάρδια. Δημιουργείται μετά την επίλυση

<b>String</b> Shift	Ισούται με την βάρδια στην οποία ανήκει το διάλειμμα
<b>String</b> From	Σημείο διαλείμματος
<b>String</b> To	"BREAK"
<b>Time</b> Start	Ώρα εκκίνησης διαλείμματος
<b>Time</b> End	Ώρα ολοκλήρωσης διαλείμματος
<b>int</b> Duration	Διάρκεια διαλείμματος σε λεπτά

Ο **Shifts4model** περιέχει τα δρομολόγια προς επίλυση. Εμπεριέχονται συζευγμένα δρομολόγια και μη. Με την δημιουργία αυτού του πίνακα μειώνεται σημαντικά η υπολογιστική ισχύς και ο χρόνος που απαιτείται για την επίλυση. Δημιουργείται στο πρώτο σκέλος της επίλυσης.

<b>int</b> RoutelD	Στήλη που συγκρατεί τις ταυτότητες των δρομολογίων
<b>String</b> From	Σημείο εκκίνησης του ~συγχρονισμένου~ δρομολογίου
<b>String</b> To	Σημείο άφιξης του ~συγχρονισμένου~ δρομολογίου
<b>String</b> Day	Ημέρα που πραγματοποιείται το δρομολόγιο
<b>Time</b> Start	Ώρα εκκίνησης ~συγχρονισμένου~ δρομολογίου
<b>Time</b> End	Ώρα άφιξης ~συγχρονισμένου~ δρομολογίου
<b>String</b> Shift	Ισούται με την βάρδια που ορίζεται το συγχρονισμένο δρομολόγιο
Τα From & To ισούται μεταξύ τους στην περίπτωση συγχρονισμένου δρομολογίου, ενώ είναι διαφορετικά σε αντίθετη περίπτωση	

Ο **BreakLocations** περιέχει όλες τις γραμμές και τις τοποθεσίες που τις αφορούν. Ο χρήστης στον πίνακα αυτόν έχει την δυνατότητα επιλογής μεταξύ των σημείων διαλειμμάτων ή και την μη επιλογή σημείου.

<b>String</b> LineNo	Ταυτότητα γραμμής
<b>ComboBox</b> Break Location	Επιλογή σημείου διαλείμματος

### Λίστες

<b>FixedShifts</b>	Shift									
<b>RoutesLists</b>	Shift	Line	Day	Start	End	Distance	From	To	DeadTime	
<b>ShiftsLists</b>	Shift	Day	Start	End	TotalKm	NuOf Trips	Over time	Dead Time	Status	

Η λίστα **FixedShifts** περιέχει τις βάρδιες που δεν επιθυμεί ο χρήστης να κάνει κάποια αλλαγή. Τα δρομολόγια των βαρδιών που βρίσκονται στην λίστα καθώς και οι ίδιες οι βάρδιες δεν παίρνουν μέρος στην επίλυση του προβλήματος.

Οι λίστες **RoutesLists** περιέχουν όλα τα στοιχεία για κάθε δρομολόγιο και χρησιμοποιούνται στην παρουσίαση και επεξεργασία των βάρδιών στα παράθυρα **Customize Shifts** και **Connect Shifts**.

Οι λίστες **ShiftsLists** περιέχουν όλα τα στοιχεία για κάθε βάρδια και χρησιμοποιούνται στην παρουσίαση και επεξεργασία των βάρδιών στα παράθυρα **Customize Shifts** και **Connect Shifts**.

Πρώτο σκέλος του αλγορίθμου είναι η δημιουργία συγχρονισμένων δρομολογίων. Για να πραγματοποιηθεί αυτό γίνεται διπλή επανάληψη στον πίνακα **Shifts1model**, ώστε να γίνει σύγκριση δύο δρομολογίων και ένωση τους με γνώμονα τα σημεία διαλειμμάτων του πίνακα **BreakLocations**.

#### *Προϋποθέσεις συγχρονισμού*

Για τον συγχρονισμό δύο δρομολογίων θα πρέπει:

Να πραγματοποιούνται την ίδια ημέρα	(1)
Να μην έχουν συγχρονιστεί με κάποιο άλλο δρομολόγιο	(2)
Τα σημεία εκκίνησης και άφιξης του ενός να είναι ίδια με τα σημεία άφιξης και εκκίνησης του άλλου δρομολογίου αντίστοιχα, καθώς και ίδια με το ορισμένο breaklocation της γραμμής	(3)
Η ώρα εκκίνησης του δεύτερου δρομολογίου να είναι μετά αλλά όχι πολύ αργότερα της ώρας άφιξης του πρώτου.	(4)
Τα δρομολόγια δεν έχουν ανατεθεί σε βάρδια της λίστας <b>FixedShifts</b>	(5)

Για την πραγματοποίηση της προϋπόθεσης (4) η διάρκεια των δρομολογίων που είναι προγραμματισμένα να πραγματοποιηθούν εκτός των διαρκειών αιχμής που έχει ορίσει ο χρήστης πολλαπλασιάζεται με έναν πολλαπλασιαστή βαρύτητας <1. Αυτό συμβαίνει γιατί λόγω λιγότερης κίνησης και επιβατών στα λεωφορεία η διάρκεια του δρομολογίου είναι μικρότερη της αναγραφόμενης στον πίνακα γραμμών. Εάν ο πολλαπλασιαστής αυτός διαφέρει από γραμμή σε γραμμή ή και δρομολόγιο σε δρομολόγιο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αλλάξει την διάρκεια

κάθε δρομολογίου ξεχωριστά στον πίνακα δρομολογίων στο παράθυρο Changes/Routes .

Τα δρομολόγια που δεν ικανοποιούν τον περιορισμό (5) δεν λαμβάνονται υπόψη σε κανένα βήμα του αλγορίθμου και δεν προστίθενται στον πίνακα συγχρονισμένων δρομολογίων.

Μόλις τελειώσει η δημιουργία του πίνακα **Shifts4model** συνεχίζεται η ανάθεση των συγχρονισμένων πλέων δρομολογίων σε βάρδιες. Αρχικά μηδενίζεται ο πίνακας που περιέχει τις βάρδιες και προστίθεται μία και μόνο μία βάρδια έχοντας όλα τα στοιχεία ίσον με το μηδέν (0). Τέτοιου είδους βάρδιες αναφέρονται στον αλγόριθμο ως Μη ορισμένες βάρδιες ή κενές. Δημιουργούνται όταν καμία από τις υπάρχουσες βάρδιες δεν υπακούει στους περιορισμούς και προϋποθέσεις που έχουν οριστεί.

### **Περιορισμοί και προϋποθέσεις**

#### *Γενικά*

Η βάρδια να μην ξεπερνάει την διάρκεια που έχει οριστεί από τον χρήστη wt	(1)
Κάθε βάρδια που διαρκεί περισσότερο από wt/4 να περιέχει ακριβώς ένα διάλειμμα	(2)
Το διάλειμμα να μην είναι αργότερα του $3*wt/4$ της βάρδιας	(3)
Τα δρομολόγια της βάρδιας πραγματοποιούνται την ίδια μέρα	(4)
<b>Εάν:</b> Το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου είναι ίδιο με αυτό του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας <b>Τότε:</b> Η ώρα εκκίνησης του δρομολογίου να είναι μετά την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας	(5)
<b>Εάν:</b> Το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου δεν είναι ίδιο με αυτό του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας <b>Τότε:</b> Η ώρα εκκίνησης του δρομολογίου να είναι μετά την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας προσθέτοντας έναν χρόνο ασφαλείας (25)	(6)

Το κάθε δρομολόγιο ανατίθεται σε μία και μόνο μία βάρδια	(7)
--	-----

### **Αλγόριθμος**

Τα δρομολόγια του πίνακα με τα συγχρονισμένα γεγονότα μελετούνται με χρονολογική σειρά όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, επομένως η λύση είναι προοδευτική. Ως *θέση* του αλγορίθμου θα αναφέρεται από εδώ και στο εξής ως το σημείο έναρξης του δρομολογίου που μελετάται.

Ελέγχοντας κάθε δρομολόγιο γίνονται τρεις βασική έλεγχοι. Ο πρώτος έλεγχος αφορά την ημέρα πραγματοποίησης του δρομολογίου, ο δεύτερος έλεγχος αφορά την δημιουργία διαλείμματος στην βάρδια, και ο τρίτος την εφικτότητα ανάθεσης δρομολογίου στην βάρδια. Όσες βάρδιες πραγματοποιούνται την ίδια ημέρα με το δρομολόγιο, συνεχίζουν στους ελέγχους, οι υπόλοιπες απορρίπτονται.

#### *Έλεγχος διαλείμματος*

Για την συνέχιση του ελέγχου θα πρέπει να ικανοποιούνται τα εξής βάση της θέσης του αλγορίθμου:

Η θέση να βρίσκεται μετά το $w_t/4$ της βάρδιας	(α)
Η θέση να βρίσκεται πριν το $3w_t/4$ της βάρδιας	(β)
Η βάρδια να μην περιέχει διάλειμμα	(γ)
Η θέση να βρίσκεται μετά το τελευταίο δρομολόγιο της βάρδιας	(δ)

Για όσες βάρδιες ικανοποιούνται τα (α),(γ),(δ) και όχι το (β) τότε γίνεται ανάθεση διαλείμματος στο σημείο διαλείμματος της γραμμής του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας χωρίς επιπλέον ελέγχους.

Επιπλέον παράμετροι που καθορίζουν την δημιουργία διαλείμματος είναι ο προορισμός και η ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας και η αφετηρία του δρομολογίου.



### Περίπτωση 1:

Εάν ο προορισμός του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας είναι ίδιος με την αφετηρία του δρομολογίου καθώς και είναι ένα από τα επιτρεπτά σημεία διαλείμματος, η ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας διαφέρει κατά τουλάχιστον break duration από την θέση του αλγορίθμου, τότε δημιουργείται διάλειμμα την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας.

Εικόνα 5.4.1.1.1: Περίπτωση 1<sup>1</sup>, δημιουργία διαλείμματος

S1a	S1a	S1a
No.3-R	BREAK	No.3
Monday	Monday	Monday
11:12	11:30	11:48
11:30	11:45	12:06
4.9	0	4.9
Nea Ionia (...)	Anavros	Anavros
Anavros	Anavros	Nea Ionia (...)
6	0	3

### Περίπτωση 2:

Εάν ο προορισμός του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας δεν είναι ίδιος με την αφετηρία του δρομολογίου ή με ένα από τα επιτρεπτά σημεία διαλείμματος, η ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας διαφέρει κατά break duration + TimeParameter (ελάχιστη διάρκεια μεταβίβασης από έναν σταθμό σε άλλον, εδώ 25 mins) από την θέση του αλγορίθμου, τότε δημιουργείται διάλειμμα την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας με την προσθήκη χρόνου ίσου με TimeParameter στο σημείο διαλείμματος της γραμμής του δρομολογίου που μελετάται.

Εικόνα 5.4.1.1.2: Περίπτωση 2<sup>2</sup>, δημιουργία διαλείμματος

S10a	S10a	S10a
No.1-R	BREAK	No.15-R
Monday	Monday	Monday
12:55	13:32	13:57
13:07	13:47	14:09
4.7	0	4.4
Nea Ionia (...)	Palaia	Palaia
Anavros	Palaia	Anavros
5	25	10

<sup>1</sup> Οι παράμετροι του παραδείγματος είναι: 15 λεπτά χρόνος διαλείμματος, Anavros τοποθεσία διαλείμματος γραμμής 3

<sup>2</sup> Οι παράμετροι του παραδείγματος είναι: 15 λεπτά χρόνος διαλείμματος, Palaia τοποθεσία διαλείμματος γραμμής 15, Anavros τοποθεσία διαλείμματος γραμμής 1

### Έλεγχος εφικτότητας

Για την συνέχιση του ελέγχου θα πρέπει να ικανοποιούνται τα εξής βάσει της θέσης του αλγορίθμου:

Η θέση του αλγορίθμου να βρίσκεται πριν την πραγματοποίηση wt της βάρδιας	Ελαστικός έλεγχος
Το τέλος του δρομολογίου που μελετάται να βρίσκεται πριν την πραγματοποίηση wt της βάρδιας	Αυστηρός Έλεγχος
<b>Εάν:</b> Το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου είναι ίδιο με αυτό του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας <b>Τότε:</b> Η ώρα εκκίνησης του δρομολογίου να είναι μετά την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας	
<b>Εάν:</b> Το σημείο εκκίνησης του δρομολογίου δεν είναι ίδιο με αυτό του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας <b>Τότε:</b> Η ώρα εκκίνησης του δρομολογίου να είναι μετά την ώρα άφιξης του τελευταίου δρομολογίου της βάρδιας προσθέτοντας έναν χρόνο ασφαλείας (25)	

Όταν καμία εκ των βαρδιών που έχουν δημιουργηθεί δεν ικανοποιεί όλες τις προϋποθέσεις και περιορισμούς, τότε δημιουργείται μία κενή βάρδια.

### Συντελεστής ορτ

Στον υπολογισμό του συντελεστή ορτ λαμβάνονται υπόψη δύο καταστάσεις. Η πρώτη κατάσταση έχει να κάνει με την χρονική διαφορά μεταξύ θέσης αλγορίθμου και το τέλος του τελευταίου δρομολογίου βάρδιας, και η δεύτερη με την ύπαρξη ή όχι διαλείμματος. Επιλέγεται η βάρδια με τον μεγαλύτερο συντελεστή ορτ. Αρχικά ορίζεται συντελεστής ορτ = 200 για κάθε αποδεκτή βάρδια και ορτ = 0 και κάθε μη αποδεκτή. Έπειτα αφαιρείται από τον συντελεστή η χρονική διαφορά μεταξύ βάρδιας και δρομολογίου. Τέλος εάν η βάρδια δεν περιέχει διάλειμμα, αφαιρείται επιπλέον ορτ - 10 από τον συντελεστή. Με αυτόν τον τρόπο προτεραιότητα έχουν οι βάρδιες που έχουν πραγματοποιήσει διάλειμμα. Η κενή βάρδια έχει συντελεστή ορτ = 50.

Πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ διαφορετικών τιμών που αφορούν την μείωση του συντελεστή λόγο μη ύπαρξης διαλείμματος και επιλέχθηκε η τιμή με τα πιο “λογικά” αποτελέσματα.

#### 5.4.1.2 Αλγόριθμος CPLEX

Το IBM ILOG CPLEX Optimizer είναι ένα εργαλείο εύρεσης λύσεων σε προβλήματα ακέραιου προγραμματισμού, ή μεγάλα γραμμικά προβλήματα. Χρησιμοποιεί πρωτογενείς είτε διπλές παραλλαγές της μεθόδου simplex ή τη μέθοδο εσωτερικού σημείου φραγμού. Για την χρήση του εργαλείου, πρέπει να γίνει μετασχηματισμός του μαθηματικού μοντέλου σε μία από τις συμβατές γλώσσες, στη συγκεκριμένη περίπτωση Java, και έπειτα με την χρήση της κατάλληλης βιβλιοθήκης και εντολών να πραγματοποιηθεί η χρήση του αλγορίθμου.

Η επιλογή χρήσης του αλγορίθμου CPLEX, είναι αποτέλεσμα της ανάγκης εύρεσης της βέλτιστης δυνατής λύσης του προβλήματος ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες. Η συγκεκριμένη μέθοδος διαρκεί σημαντικά περισσότερο χρόνο σε σχέση με την χρήση του ευρετικού αλγορίθμου, υπάρχει η πιθανότητα μη ύπαρξης εφικτής λύσης σύμφωνα με τις παραμέτρους που ορίζει ο χρήστης και είναι αναγκαίος ο ορισμός επιπλέον δύο παραμέτρων για την επίλυση του προβλήματος. Οι παράμετροι αυτοί είναι ο συνολικός αριθμός βαρδιών και ο συνολικός αριθμός διπλών βαρδιών για κάθε ημέρα του υπολογισμού προβλήματος.

Όμοια με τον αλγόριθμο B-Opt, αρχικά γίνεται συγχρονισμός δρομολογίων και για την επίλυση του προβλήματος ανατίθενται τα δρομολόγια του πίνακα **Shifts4model**. Η διαδικασία δημιουργίας του πίνακα είναι ίδια με προηγουμένως. Μετά την δημιουργία του πίνακα γίνεται πολλαπλή χρήση του αλγορίθμου για κάθε ημέρα της εβδομάδας και τις αργίες. Αρχικές παράμετροι που εισάγονται είναι, η αρχή και το τέλος των δρομολογίων της κάθε ημέρας (αριθμός γραμμής του πίνακα **Shifts4model**, τέλος-αρχή = συνολικός αριθμός συγχρονισμένων δρομολογίων της ημέρας) και αριθμός διπλών και συνολικών βαρδιών της ημέρας.

Για κάθε συγχρονισμένο δρομολόγιο δημιουργείται διάλειμμα στο τέλος του δρομολογίου με διάρκεια αυτή που έχει επιλέξει ο χρήστης στο παράθυρο Shift's Settings και τοποθεσία διαλείμματος το σημείο άφιξης του δρομολογίου. Στην συνέχεια δημιουργούνται όλες οι παράμετροι και τα δεδομένα βάση των πινάκων δρομολογίων και ρυθμίσεων που έχει επιλέξει ο χρήστης. Έπειτα προστίθενται οι μεταβλητές, περιορισμοί και αντικειμενική συνάρτηση για την επίλυση του προβλήματος. Τέλος μετά την επίλυση του προβλήματος, γίνεται συσχέτιση της λύσης με τα δεδομένα των πινάκων της παρουσίασης και προστίθενται οι βάρδιες που δημιουργήθηκαν.

#### 5.4.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

Για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιούνται κάποιες σταθερές και δεδομένα επιλεγμένα από τον χρήστη. Οι μεταβλητές του προβλήματος βρίσκονται σε κελιά πινάκων.

##### Πίνακες

Όνομα Πίνακα	Στήλες Πίνακα									
<b>busmodel</b>	BusID	Km Completed			DaysOff		ContDays		Km Planned	
<b>Shifts2model</b>	Shift	Day	Start	ShiftKm	End	NuOfTrips		Status		
<b>Solutionmodel</b>	Date	Day	Time	BusID	Line	From	To	Dur	Dis	Shifts
<b>Shiftsolution</b>	Date		Day		Shift			BusID		
<b>Extrasmodel</b>	From		To	Date	Time	ExtraKm		Busid		
<b>DayOffmodel</b>	BusID		Start Date		End Date		Reason			

Ο **busmodel** περιέχει όλα τα λεωφορεία και πληροφορίες αυτών.

<b>int</b> BusID	Σταθερά που ισούται με την ταυτότητα του λεωφορείου
<b>double</b> Km Completed	Σταθερά που ισούται με τα χιλιόμετρα που έχει πραγματοποιήσει το λεωφορείο
<b>int</b> DaysOff	Μεταβλητή που ισούται με -1 εάν το λεωφορείο έχει άδεια, -2 εάν του έχει ανατεθεί εξτρά διαδρομή και 0 εάν τίποτα από τα προηγούμενα
<b>int</b> ContDays	Μεταβλητή που ισούται με τον αριθμό των συνεχόμενων ημερών εργασίας του λεωφορείου

<b>double</b> Km Planned	Μεταβλητή που ισούται με τα χιλιόμετρα που θα πρέπει να διανύσει το λεωφορείο
--------------------------	---

Ο **shifts2model** περιέχει όλες τις βάρδιες και πληροφορίες αυτών.

<b>String</b> Shift	Σταθερά που ισούται με το όνομα της βάρδιας
<b>String</b> Day	Σταθερά που ισούται με την ημέρα πραγματοποίησης της βάρδιας
<b>Time</b> Start	Σταθερά που ισούται με την ώρα έναρξης της βάρδιας
<b>double</b> ShiftKm	Σταθερά που ισούται με τα χιλιόμετρα της βάρδιας
<b>Time</b> End	Σταθερά που ισούται με την ώρα που τελειώνει η βάρδια
<b>int</b> NuOfTrips	Σταθερά που ισούται με τον αριθμό των δρομολογίων της βάρδιας
<b>String</b> Status	Σταθερά που ισούται με την κατάσταση της βάρδιας (μονή ή διπλή)

Ο **Solutionmodel** περιέχει όλα τα δρομολόγια και τις εξτρά διαδρομές που πρέπει να πραγματοποιηθούν στην προγραμματισμένη διάρκεια του προβλήματος.

<b>Date</b> Date	Σταθερά που ισούται με την ημερομηνία του δρομολογίου
<b>String</b> Day	Σταθερά που ισούται με την ημέρα του δρομολογίου
<b>Time</b> Time	Σταθερά που ισούται με την ώρα εκκίνησης του δρομολογίου
<b>String</b> BusID	Ζητούμενο.(Σε περιπτώσεις εξτρά διαδρομών ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει το λεωφορείο που θα πραγματοποιήσει την διαδρομή)
<b>String</b> Line	Η γραμμή του δρομολογίου (=Extra όταν πρόκειται για εξτρά διαδρομή)
<b>String</b> From	Σταθερά που ισούται με το σημείο εκκίνησης της διαδρομής
<b>String</b> To	Σταθερά που ισούται με το σημείο άφιξης της διαδρομής
<b>int</b> Dur	Σταθερά που ισούται με την διάρκεια της διαδρομής
<b>double</b> Dis	Σταθερά που ισούται με την απόσταση της διαδρομής

<b>String</b> Shift	Σταθερά που ισούται με την βάρδια που ανήκει το δρομολόγιο
---------------------	--

Ο **ShiftSolution** περιέχει όλες τις βάρδιες που πρέπει να πραγματοποιηθούν στην προγραμματισμένη διάρκεια του προβλήματος.

<b>Date</b> Date	Σταθερά που ισούται με την ημερομηνία της βάρδιας
<b>String</b> Day	Σταθερά που ισούται με την ημέρα της βάρδιας
<b>String</b> Shift	Σταθερά που ισούται με την βάρδια
<b>String</b> BusId	Ζητούμενο, η ταυτότητα του λεωφορείου

Ο **Extrasmodel** περιέχει όλες τις έξτρα διαδρομές που έχουν προγραμματιστεί να πραγματοποιηθούν.

<b>String</b> From	Σταθερά που ισούται με την τοποθεσία εκκίνησης της διαδρομής
<b>String</b> To	Σταθερά που ισούται με την τοποθεσία άφιξης της διαδρομής
<b>Date</b> Date	Σταθερά που ισούται με την ημερομηνία της διαδρομής
<b>Time</b> Time	Σταθερά που ισούται με την ώρα εκκίνησης της διαδρομής
<b>double</b> Km	Σταθερά που ισούται με τα χιλιόμετρα της διαδρομής
<b>String</b> BusID	Σταθερά που ισούται με το λεωφορείο που θα πραγματοποιήσει την διαδρομή ("Any" εαν το υπολογίσει το πρόγραμμα)

Ο **DayOffsmodel** περιέχει όλες τις άδειες για τα λεωφορεία που έχουν προστεθεί από τον χρήστη.

<b>String</b> BusID	Σταθερά που ισούται με την ταυτότητα του λεωφορείου που έχει άδεια
<b>Date</b> Start Date	Σταθερά που ισούται με την ημερομηνία που ξεκινάει η άδεια
<b>Date</b> End Date	Σταθερά που ισούται με την ημερομηνία που τελειώνει η άδεια

Αρχικά θα πρέπει να δημιουργηθεί ο πίνακας **shiftsolution**. Γίνεται έλεγχος της ημέρας κάθε βάρδιας με την ημέρα της κάθε ημερομηνίας και προστίθενται οι

βάρδιες που αντιστοιχούν σε αυτές τις ημέρες. Ο πίνακας αυτός δεν περιέχει τις εξτρά διαδρομές.

Για την ανάθεση όλων των βαρδιών και εξτρά διαδρομές της προγραμματισμένης διάρκειας σε λεωφορεία λαμβάνονται υπόψιν οι εξής περιορισμοί και προϋποθέσεις.

#### **Περιορισμοί και προϋποθέσεις**

Η κάθε βάρδια θα ανατεθεί σε ένα και μόνο ένα λεωφορείο	(1)
Το λεωφορείο δεν πρέπει να βρίσκεται σε άδεια	(2)
Το λεωφορείο δεν πρέπει να κάνει εξτρά διαδρομές	(3)
Το κάθε λεωφορείο δεν μπορεί να ξεπεράσει τον μέγιστο αριθμό ημερών εργασίας	(4)
Το ίδιο λεωφορείο δεν μπορεί να κάνει περισσότερες από μία βάρδιες	(5)
Οι εξτρά διαδρομή πρέπει να πραγματοποιείται πριν την βάρδια ή μετά την βάρδια για δυνατότητα ανάθεσης του ίδιου λεωφορείου	(6)

Οι προϋποθέσεις (1), (2) (5) είναι απόλυτες και δεν μπορούν να ανατεθούν λεωφορεία σε βάρδιες που δεν τις ικανοποιούν. Η προϋπόθεση (4) είναι αυστηρή αλλά όχι απόλυτη, έτσι ώστε αν δεν υπάρχει (δεν ικανοποιεί τους (1),(2),(5)) λεωφορείο να χρησιμοποιείται κάποιο και ας ξεπεράσει τις ημέρες εργασίας. Η περίπτωση αυτή είναι σπάνια αλλά πιθανή. Ο περιορισμός (3) είναι σε ισχύ μόνο εάν έχει επιλεγεί από τις ρυθμίσεις του προγράμματος σε αντίθετη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη ο περιορισμός (6).

#### **Αλγόριθμος**

Ο αλγόριθμος που δημιουργήθηκε για την επίλυση του προβλήματος ανάθεσης βαρδιών σε λεωφορεία είναι ευρετικός και προοδευτικός. Μελετάται κάθε ημέρα της προγραμματισμένης διάρκειας ξεχωριστά και οι βάρδιες ανατίθενται με σειρά προτεραιότητας χιλιομετρικής απόστασης (πρώτα ανατίθενται οι βάρδιες με τα περισσότερα χιλιόμετρα)

### *Συντελεστής ορτ*

Στον υπολογισμό του συντελεστή λαμβάνονται υπόψη ο αριθμός των συνεχόμενων ημερών εργασίας του λεωφορείου (και αριθμός ρεπών), η χιλιομετρική απόσταση που έχει διανύσει το κάθε λεωφορείο μέχρι τη θέση του αλγορίθμου (ως θέση αναφέρεται η ημέρα της προγραμματισμένης διάρκειας που μελετάται), και εάν ικανοποιούνται οι περιορισμοί. Επιλέγεται το λεωφορείο με τον μικρότερο συντελεστή.

Στην αρχική μορφή του αλγορίθμου ο συντελεστής υπολογιζόταν ως εξής. Στα λεωφορεία που δεν ικανοποιούν τους περιορισμούς (1),(2) και (5) ο συντελεστής ορτ ισούται με  $BigM$  (πολύ μεγάλος αριθμός), ενώ σε αυτά που δεν ικανοποιούν τον (4) ισούται με  $e < BigM$  (έναν αριθμό αρκετά μεγάλο όχι όσο ο  $BigM$ ). Τα λεωφορεία που εργάζονται λιγότερο από τις μέρες εργασίας ανά εβδομάδα έχουν αρχικά συντελεστή ίσον με το 0, ενώ αυτά που δεν έχουν εργαστεί (έχουν κάνει όμως τα ρεπό ανά εβδομάδα που τους αντιστοιχούν, συνήθως δύο ανά εβδομάδα) έχουν συντελεστή 500. Έπειτα προστίθεται στον συντελεστή του κάθε λεωφορείου η ακέραια στρογγυλοποίηση των χιλιομέτρων που έχει διανύσει το λεωφορείο έως την θέση του προβλήματος. Τέλος ανατίθενται τα λεωφορεία με σειρά προτεραιότητας (μικρότερο ορτ προς μεγαλύτερο ορτ) στις υπάρχουσες βάρδιες που είναι ήδη σε μορφή μεγαλύτερη προς μικρότερη βάρδια (στα χιλιόμετρα). Με αυτόν τον τρόπο ο αριθμός που αφορούσε τις συνεχόμενες ημέρες εργασίας στις αρχικές θέσεις του αλγορίθμου είχε μεγάλη επιρροή στην επίλυση του προβλήματος αλλά όσο συνέχιζε σε χρόνο είχε όλο και μικρότερη σημασία (καθώς τα χιλιόμετρα αυξανόταν).

Στην δεύτερη μορφή του αλγορίθμου ο συντελεστής λαμβάνει υπόψη το ποσοστό χιλιομέτρων που έχει διανύσει κάθε λεωφορείο σε σχέση με τα συνολικά χιλιόμετρα που έχουν διανυθεί. Στα λεωφορεία που δεν ικανοποιούν τους περιορισμούς (1),(2) και (5) ο συντελεστής ορτ ισούται με  $BigM$  (πολύ μεγάλος αριθμός), ενώ σε αυτά που δεν ικανοποιούν τον (4) ισούται με  $e < BigM$  (έναν αριθμό αρκετά μεγάλο όχι όσο ο  $BigM$ ). Τα λεωφορεία που εργάζονται λιγότερο από τις μέρες εργασίας ανά εβδομάδα έχουν αρχικά συντελεστή ίσον με το 0, ενώ αυτά που δεν έχουν εργαστεί (έχουν κάνει όμως τα ρεπό ανά εβδομάδα που τους αντιστοιχούν, συνήθως δύο ανά εβδομάδα) έχουν συντελεστή 1. Έπειτα



προστίθεται στον συντελεστή του κάθε λεωφορείου η ακέραια στρογγυλοποίηση των χιλιομέτρων που έχει διανύσει το λεωφορείο ως προς τα συνολικά χιλιόμετρα που έχουν διανυθεί στην θέση του προβλήματος. Τέλος ανατίθενται τα λεωφορεία με σειρά προτεραιότητας (μικρότερο ορτ προς μεγαλύτερο ορτ) στις υπάρχουσες βάρδιες που είναι ήδη σε μορφή μεγαλύτερη προς μικρότερη βάρδια (στα χιλιόμετρα).

Οι έκτακτες διαδρομές, ανάλογα με τις ρυθμίσεις που έχει ορίσει ο χρήστης μπορεί να ανατεθούν σε λεωφορεία που πραγματοποιούν κάποια βάρδια ή όχι. Στην πρώτη περίπτωση μετά τον υπολογισμό ανάθεσης βαρδιών σε λεωφορεία επιλέγεται το λεωφορείο που ικανοποιεί τον περιορισμό (4) και έχει την μικρότερη χρονική διαφορά (η έναρξη της βάρδιας από το τέλος της διαδρομής ή το τέλος της βάρδιας από την έναρξη της διαδρομής), εάν η διάρκεια αυτή ξεπερνάει (για κάθε λεωφορείο που ικανοποιεί το (4) την τιμή 60 (δηλαδή 1 ώρα)), τότε η διαδρομή ανατίθεται στο επόμενο λεωφορείο με τον μικρότερο συντελεστή ορτ (που δεν πραγματοποιεί βάρδια). Στην δεύτερη περίπτωση ανατίθεται απευθείας στο λεωφορείο που έχει τον αμέσως μικρότερο συντελεστή ορτ. Εάν στην έκτακτη διαδρομή έχει ήδη προσδιοριστεί κάποιο λεωφορείο, τότε το επιλεγμένο όχημα επιτρέπεται να ανατεθεί μόνο σε βάρδιες που ικανοποιούν τον περιορισμό (4) με διάρκεια (μεταξύ έναρξης /τέλους ~ εξτρά/βάρδιας) μικρότερη της μίας ώρας.

Η χρήση τέτοιου είδους συντελεστή συντελεί στην εύκολη και γρήγορη τροποποίηση της βαρύτητας της κάθε μεταβλητής καθώς και της προσθήκης επιπλέον μεταβλητών. Οι αρχικές τιμές του συντελεστή επιλέχθηκαν μετά από δοκιμή και σφάλμα και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

#### **5.4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ**

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για την λύση του τρίτου προβλήματος είναι συνδυαστικός των προηγούμενων δύο. Για κάθε ημέρα της προγραμματισμένης διάρκειας δημιουργούνται βάρδιες με τον τρόπο που δημιουργήθηκαν στον αλγόριθμο ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες, με την διαφορά ότι οι εξτρά διαδρομές / έκτακτα δρομολόγια αντιμετωπίζονται σαν κανονικά δρομολόγια

γραμμής. Εάν έχει επιλεγεί συγκεκριμένο λεωφορείο να πραγματοποιήσει το συγκεκριμένο εξτρά δρομολόγιο τότε θα πραγματοποιήσει όλη τη βάρδια. Επομένως εύκολα εννοείται ότι εξτρά δρομολόγια με ορισμένο διαφορετικό λεωφορείο δεν μπορούν να ανήκουν στην ίδια βάρδια. Σε κάθε προορισμό έκτακτου δρομολογίου υπάρχει η δυνατότητα διαλείμματος. Η ανάθεση των βαρδιών αυτών γίνεται βάση του αλγορίθμου ανάθεσης βαρδιών σε λεωφορεία. Λόγο της ομοιότητας των αλγορίθμων οι ημέρες της προγραμματισμένης διάρκειας που δεν περιέχουν κάποιο εξτρά δρομολόγιο δημιουργούν τις ίδιες ακριβώς βάρδιες με αυτές της ανάθεσης δρομολογίων σε βάρδιες.

## 5.5 ΘΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

Ακολουθεί μία γρήγορη ανακεφαλαίωση των υπέρ και κατά των αλγορίθμων, όπου παρατηρήθηκαν κατά τον σχεδιασμό τους και εκ των αποτελεσμάτων τους.

### Αλγόριθμος B-Opt

Θετικά	Αρνητικά
1) Γρήγορη επίλυση προβλημάτων (για μικρά προβλήματα η λύση διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα)	1) Η λύση δεν είναι βέλτιστη
2) Όχι τόσο σημαντική επιρροή των νέων δεδομένων στο πρόγραμμα (καθώς μελετούνται τα γεγονότα σε σειρά προτεραιότητας)	2) Δύσκολος ορισμός βαρύτητας συνθηκών (τι βαρύτητα έχει κάθε συνθήκη στον συντελεστή opt)
3) Ο αλγόριθμος είναι εύκολα επεξεργάσιμος	3) Ανάγκη για πιθανή επεξεργασία των αποτελεσμάτων μετά την επίλυση
4) Εύκολη δοκιμή διαφορετικών ρυθμίσεων και παραμέτρων για έλεγχο της λύσης (αποτελεί αποτέλεσμα του 1)	

## Αλγόριθμος CPLEX

Θετικά	Αρνητικά
1) Η λύση είναι βέλτιστη	1) Μεγάλη διάρκεια επίλυσης (κάποιες ώρες, ίσως και μέρες ανάλογα το μέγεθος του προβλήματος)
2) Δεν χρειάζονται επεξεργασία τα αποτελέσματα μετά την επίλυση	2) Ανάγκη ορισμού δύο νέων παραμέτρων (αριθμός βαρδιών) 3) Δεν είναι επεξεργάσιμος 4) Για την αλλαγή ορισμένων παραμέτρων / μεταβλητών χρειάζεται αλλαγή του μοντέλου ή ανάπτυξη νέου. 5) Δύσκολη δοκιμή διαφορετικών ρυθμίσεων και παραμέτρων για έλεγχο της λύσης (αποτελεί αποτέλεσμα του 1)

## 5.6 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο κεφάλαιο 5 (πέντε) έγινε μία περιγραφή του προγράμματος που σχεδιάστηκε για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα MMM. Η έκδοση του προγράμματος είναι η Beta v1.2.1 την στιγμή που γράφεται η εργασία και υπάρχουν σχέδια ανάπτυξης του. Οι αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν είναι προοδευτικοί και δεν αποσκοπούν στην εύρεση λύσης των προβλημάτων σε μικρά διαστήματα υπολογισμού.

Στα σχέδια του προγράμματος, περιλαμβάνεται η προσθήκη διαφορετικών αλγορίθμων επίλυσης του προβλήματος και η επιλογή τους από τον χρήστη, προσθήκη κατηγοριών στα δρομολόγια και λεωφορεία (π.χ. συγκεκριμένα δρομολόγια να πραγματοποιούνται από mini buses), παράθυρο σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών λύσεων και άλλα.

## 6. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση λύσεων των δύο προβλημάτων και σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών αλγορίθμων που έχουν αναπτυχθεί και της ισχύουσας οργάνωσης. Λόγο της σημαντικής επιρροής που έχουν οι παράμετροι και ρυθμίσεις που ορίζει ο χρήστης, η σύγκριση που ακολουθεί είναι ενδεικτική και όχι απόλυτη και δεν μπορεί να θεωρηθεί οδηγός για χρήση συγκεκριμένου αλγορίθμου για την επίλυση των προβλημάτων.

Την περίοδο που πραγματοποιείται η εργασία, τα ισχύουσα δρομολόγια και βάρδιες του Αστικού ΚΤΕΛ Βόλου, έχουν αναδιαμορφωθεί λόγο του ιού Covid-19 που έχει πλήξει την παγκόσμια κοινότητα. Για τον λόγο αυτό, για την σύγκριση των αποτελεσμάτων με την ισχύουσα οργάνωση χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα δεδομένα δρομολογίων και βαρδιών από την σύγκριση που πραγματοποίησε ο κ.Γαβαλάς στην διπλωματική του εργασία. Υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δεδομένων (διάρκεια δρομολογίου, χιλιόμετρα κ.λπ) μεταξύ των δύο εργασιών και έτσι χρησιμοποιήθηκαν τα παλαιότερα δεδομένα.

### 6.1 ΛΥΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ

Η σύγκριση που ακολουθεί αφορά τις τρεις γραμμές του Άναυρου για την Δευτέρα. Στους υπολογισμούς εμπριέχονται και επιπλέον δρομολόγια από άλλες γραμμές. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι έστω και με μικρή αλλαγή των ρυθμίσεων, ο αριθμός των βαρδιών, η οργάνωση τους καθώς και η ίδια η λύση πιθανώς να διαφέρουν.

#### *Επεξήγηση δρομολογίων*

No.1	Από: Άναυρο	Προς: Νέα Ιωνία Πέτρου και Παύλου
No.1-R	Από: Νέα Ιωνία Πέτρου και Παύλου	Προς: Άναυρο
No.3	Από: Άναυρο	Προς: Νέα Ιωνία ΜΕΤΚΑ
No.3-R	Από: Νέα Ιωνία ΜΕΤΚΑ	Προς: Άναυρο
No.15	Από: Άναυρο	Προς: Παλαιά
No.15-R	Από: Παλαιά	Προς: Άναυρο

Break	Διάλειμμα στην τοποθεσία του διαλείμματος
No.##	Δρομολόγια γραμμών που δεν μελετούνται στην παρούσα σύγκριση

### 6.1.1 Λύση B-Opt

#### Ρυθμίσεις για B-Opt

Max work time of the shift	480
Break Duration	10~20
Elastic Solution	Yes
Break Point No.1	No Set
Break Point No.3	No Set
Break Point No.15	No set

#### Αποτελέσματα Αλγορίθμου B-Opt

Πίνακας 6.1.1: Βάρδια 1 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S0a
Εκκίνηση	5:45
Άφιξη	22:05
Διάρκεια (λεπτά)	980
Υπερωρία (λεπτά)	20
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	87

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.15	No.15-R	No.3
5:45	6:10	6:45	7:10	7:48	8:13	8:45	9:11	9:48
6:05	6:40	7:05	7:40	8:10	8:43	9:11	9:45	10:24
-	5	5	5	8	3	2	0	3

No.3-R	Break	No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.3
10:24	11:00	11:15	11:43	12:20	12:45	13:20	13:45	14:24
11	11:15	11:41	12:17	12:45	13:15	13:45	14:15	15:00
0	0	5	2	3	0	5	0	9

No.3-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
15:00	15:35	15:45	16:08	16:42	17:05	17:42	18:05	18:42
15:35	15:45	16:08	16:38	17:05	17:35	18:05	18:35	19:05
0	0	0	0	4	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.15
19:05	19:42	20:05	20:42	21:05	21:40
19:35	20:05	20:35	21:05	21:35	22:05
0	7	0	7	0	5

Πίνακας 6.1.2: Βάρδια 2 Άναυρου με Β-Ορτ, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S1a
Εκκίνηση	5:45
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	1035
Υπερωρία (λεπτά)	75
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	118

No.1-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	Break	No.3
5:45	6:30	7:10	7:45	8:11	8:48	9:24	10:00	10:12
6:15	6:56	7:44	8:11	8:45	9:24	10:00	10:12	10:48
-	15	14	1	0	3	0	0	0

No.3-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
10:48	11:30	11:58	12:36	13:12	13:50	14:15	14:52	15:17
11:24	11:56	12:32	13:12	13:48	14:15	14:45	15:15	15:47
0	6	2	4	0	2	0	7	2

No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.15	Break	No.15-R	No.1	No.1-R
15:50	16:30	17:06	17:29	18:00	18:26	18:41	19:18	19:41
16:25	17:05	17:29	17:59	18:26	18:41	19:15	19:41	20:11
3	5	1	0	1	0	0	3	0

No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
20:15	20:56	21:35	22:30
20:41	21:30	22:05	23
4	15	5	25

Πίνακας 6.1.3: Βάρδια 3 Άναυρου με Β-Ορτ, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S2a
Εκκίνηση	5:50
Άφιξη	22:20
Διάρκεια (λεπτά)	990
Υπερωρία (λεπτά)	30
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	71

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	Break
5:50	6:15	6:55	7:34	8:12	8:48	9:30	9:56	10:30
6:15	6:45	7:25	8:10	8:48	9:24	9:56	10:30	10:45
-	0	10	9	2	0	6	0	0

No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
10:45	11:13	11:48	12:24	13:10	13:35	14:10	14:35	15:06
11:11	11:47	12:24	13:00	13:35	14:05	14:35	15:05	15:29
0	2	1	0	10	0	5	0	1

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R
15:29	16:00	16:23	16:54	17:17	17:50	18:30	19:06	19:29
15:59	16:23	16:53	17:17	17:47	18:25	19:05	19:29	19:59
0	1	0	1	0	3	5	1	0

No.15	Break	No.15-R	No.1	No.1-R
20:00	20:26	20:41	21:18	21:50
20:26	20:41	21:15	21:40	22:20
1	0	0	3	10

Πίνακας 6.1.4: Βάρδια 4 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S3a
Εκκίνηση	5:50
Άφιξη	22:39
Διάρκεια (λεπτά)	1009
Υπερωρία (λεπτά)	49
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	188

No.3-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
5:50	6:30	6:52	7:24	7:49	8:20	8:45	9:20	9:45
6:20	6:50	7:22	7:46	8:19	8:45	9:15	9:45	10:15
-	10	2	2	3	1	0	5	0

No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.15	No.15-R
10:20	10:45	11:15	11:30	11:55	12:30	12:55	13:30	13:57
10:45	11:15	11:30	11:55	12:25	12:55	13:25	13:56	14:31
5	0	0	0	0	5	0	5	1

No.15	No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R
14:45	15:11	15:45	17:00	17:26	18:05	18:45	19:30	20:11
15:11	15:45	16:15	17:26	18:00	18:40	19:20	19:56	20:45
14	0	0	45	0	5	5	10	15

No.15	No.15-R
21:20	22:05
21:45	22:39
35	20

Πίνακας 6.1.5: Βάρδια 5 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S4a
Εκκίνηση	6:10
Άφιξη	22:20
Διάρκεια (λεπτά)	970
Υπερωρία (λεπτά)	10
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	104

No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1
6:10	6:32	7:21	8:00	8:40	9:05	9:36	10:12	10:50
6:30	7:02	7:57	8:36	9:05	9:35	10:12	10:48	11:15
-	2	19	3	4	0	1	0	2

No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.15
11:45	11:45	12:00	12:25	13:00	13:25	14:00	14:36	15:15
11:55	12:00	12:25	12:55	13:25	13:55	14:36	15:12	15:41
0	0	5	0	5	0	5	0	3

No.15-R	No.3	No.3-R	No.15	Break	No.15-R	No.3	No.3-R	No.15
15:41	16:20	17:00	17:45	18:11	18:26	19:05	19:45	20:30
16:15	16:55	17:35	18:11	18:26	19:00	19:40	20:20	20:56
0	5	5	10	0	15	5	5	10

No.15-R	No.3
21:11	21:50
21:45	22:20
15	5

Πίνακας 6.1.6: Βάρδια 6 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S5a
Εκκίνηση	6:15
Άφιξη	23:10
Διάρκεια (λεπτά)	1015
Υπερωρία (λεπτά)	55
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	117

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	Break
6:15	6:55	7:34	8:12	8:50	9:15	10:00	10:36	11:12
6:40	7:25	8:10	8:48	9:15	9:45	10:36	11:12	11:24
-	15	9	2	2	0	15	0	0

No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.15
11:24	12:00	12:40	13:05	13:36	14:12	14:50	15:30	16:15
12:00	12:36	13:05	13:35	14:12	14:48	15:25	16:05	16:41
0	0	4	0	1	0	2	5	10

No.15-R	No.1	No.1-R	No.15	Break	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1
16:41	17:18	17:41	18:15	18:41	18:56	19:35	20:15	20:54
17:15	17:41	18:11	18:41	18:56	19:30	20:10	20:50	21:17
0	3	0	4	0	0	5	5	4



No.1-R	No.1	No.1-R
21:20	22:00	22:40
21:50	22:22	23:10
3	10	18

Πίνακας 6.1.7: Βάρδια 7 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S6a
Εκκίνηση	6:30
Άφιξη	22:52
Διάρκεια (λεπτά)	982
Υπερωρία (λεπτά)	22
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	145

N.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
6:30	7:12	7:37	8:10	8:35	9:10	9:35	10:10	10:35
7:04	7:34	8:07	8:35	9:05	9:35	10:05	10:35	11:05
-	8	3	3	0	5	0	5	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R
11:10	11:35	12:10	12:35	13:05	13:12	13:48	14:30	14:56
11:35	12:05	12:35	13:05	13:12	13:48	14:24	14:56	15:30
5	0	5	0	0	0	0	6	0

No.3	No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
15:35	16:15	16:50	17:05	17:45	18:30	19:11	20:20	21:00
16:10	16:50	17:05	17:40	18:20	18:56	19:45	20:55	21:35
5	5	0	0	5	10	15	35	5

No.1	No.1-R
21:45	22:22
22:07	22:52
10	15

Πίνακας 6.1.8: Βάρδια 8 Άναυρου με B-Opt, Μονή

Όνομα βάρδιας	S7a
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	14:00
Διάρκεια (λεπτά)	445
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	30

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	Break
6:35	7:08	7:47	8:24	9:12	9:48	10:30	10:58	11:32
7:05	7:44	8:23	9:00	9:48	10:24	10:56	11:32	11:45
-	3	3	1	12	0	6	2	0

No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
11:45	12:13	12:48	13:24
12:11	12:47	13:24	14:00
0	2	1	0

Πίνακας 6.1.9: Βάρδια 9 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S8a
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	21:50
Διάρκεια (λεπτά)	915
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	48

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R
6:35	7:08	7:47	8:24	9:00	9:40	10:05	10:36	11:12
7:05	7:44	8:23	9:00	9:36	10:05	10:35	11:12	11:48
-	3	3	1	0	4	0	1	0

No.1	No.1-R	Break	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.1	No.1-R
11:50	12:15	12:45	13:00	13:36	14:15	14:41	15:18	15:41
12:15	12:45	13:00	13:36	14:12	14:41	15:15	15:41	16:11
2	0	0	0	0	3	0	3	0

No.1	No.1-R	No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.15	Break	No.15-R
16:15	16:38	17:15	17:41	18:18	18:41	19:15	19:41	19:56
16:38	17:08	17:41	18:15	18:41	19:11	19:41	19:56	20:30
4	0	7	0	3	0	4	0	0

No.3	No.3-R
20:35	21:15
21:10	21:50
5	5

Πίνακας 6.1.10: Βάρδια 10 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S9a
Εκκίνηση	6:45
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	955
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	95

No.15	N.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
6:45	7:25	8:00	8:25	9:00	9:25	10:00	10:25	11:00
7:11	7:59	8:25	8:55	9:25	9:55	10:25	10:55	11:25
-	14	1	0	5	0	5	0	5

No.1-R	No.3	No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.15
11:25	12:00	12:36	13:12	13:24	14:00	14:42	15:05	15:45
11:55	12:36	13:12	13:24	14:00	14:36	15:05	15:35	16:11
0	5	0	0	0	0	6	0	10

N.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.15	Break	No.15-R	No.1
16:11	16:50	17:30	18:06	18:29	19:00	19:26	19:41	20:18
16:45	17:25	18:05	18:29	18:59	19:26	19:41	20:15	20:41
0	5	5	1	0	1	0	0	3

No.1-R	No.3	No.3-R
20:41	21:20	22:10
21:11	21:50	22:40
0	9	20

Πίνακας 6.1.11: Βάρδια 11 Άναυρου με Β-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S10a
Εκκίνηση	6:55
Άφιξη	22:30
Διάρκεια (λεπτά)	935
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	137

No.15-R	N.15	No.15-R	Break	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.1
6:55	7:30	7:56	8:30	9:00	9:36	10:15	10:43	11:20
7:29	7:56	8:30	8:50	9:36	10:12	10:41	11:17	11:45
-	1	0	0	10	0	3	2	3

No.1-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
11:45	12:24	13:00	13:45	14:12	15:00	15:26	16:05	16:45
12:15	13:00	13:36	14:11	14:46	15:26	16:00	16:40	17:20
0	9	0	9	1	4	0	5	5

No.15	No.15-R	Break	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.15
17:30	18:11	18:45	19:20	20:00	20:45	21:26	22:05
17:56	18:45	19:05	19:55	20:35	21:11	22:00	22:30
10	15	0	15	5	10	15	5

Πίνακας 6.1.12: Βάρδια 12 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S11a
Εκκίνηση	7:00
Άφιξη	22:00
Διάρκεια (λεπτά)	900
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	89

No.1	No.1-R	No.15	No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
7:00	7:24	8:00	8:26	9:00	10:00	10:27	11:12	11:48
7:22	7:54	8:26	9:00	10:00	10:26	11:01	11:48	12:24
-	2	6	0	0	0	1	11	0

No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	Break
12:30	12:58	13:40	14:05	14:36	15:15	16:00	16:26	17:00
12:56	13:32	14:05	14:35	15:11	15:50	16:26	17:00	17:15
6	2	8	0	1	4	10	0	0

No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R
17:15	17:56	18:35	19:15	19:54	20:17	20:50	21:30
17:41	18:30	19:10	19:50	20:17	20:47	21:25	22:00
0	15	5	5	4	0	3	5

Πίνακας 6.1.13: Βάρδια 13 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S12a
Εκκίνηση	7:00
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	940
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	89

No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
7:00	7:41	8:30	8:55	9:30	9:55	10:30	10:55	11:25
7:26	8:15	8:55	9:25	9:55	10:25	10:55	11:25	11:36
-	15	15	0	5	0	5	0	0

No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	Break	No.15	No.15-R
11:36	12:12	12:50	13:15	13:48	15:45	16:20	16:30	16:56
12:12	12:48	13:15	13:45	14:24	16:20	16:30	16:56	17:30
0	0	2	0	3	5	0	0	0

No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3
17:35	18:15	18:54	19:17	19:50	20:30	21:06	21:35	22:10
18:10	18:50	19:17	19:47	20:25	21:05	21:29	22:05	22:40
5	5	4	0	3	5	1	6	5

Πίνακας 6.1.14: Βάρδια 14 Άναυρου με Β-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S13a
Εκκίνηση	7:21
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	919
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	69

No.3-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R
7:21	8:00	8:36	9:15	9:41	10:24	11:00	11:40	12:05
7:57	8:36	9:12	9:41	10:15	11:00	11:36	12:05	12:35
-	3	0	3	0	9	0	4	0

Break	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R
12:35	13:00	13:28	14:12	14:48	15:30	15:56	16:35	17:15
12:55	13:26	14:02	14:48	15:24	15:56	16:30	17:10	17:50
0	5	2	10	0	6	0	5	5

No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.15	Break	No.15-R
17:54	18:17	18:50	19:30	20:06	20:29	21:00	21:26	21:43
18:17	18:47	19:25	20:05	20:29	20:59	21:26	21:43	22:17
4	0	3	5	1	0	1	0	0

No.1
22:20
22:40
3

Πίνακας 6.1.15: Βάρδια 15 Άναυρου με Β-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S14a
Εκκίνηση	7:36
Άφιξη	21:20
Διάρκεια (λεπτά)	824
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	74

No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	Break
7:36	8:01	8:36	9:12	9:50	10:15	10:48	11:24	12:00
7:58	8:31	9:12	9:48	10:15	10:45	11:24	12:00	12:12
-	3	5	0	2	0	3	0	0

No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	N.AF	No.3	N.3-R	No.15	Break
12:12	12:48	14:00	14:26	15:00	17:20	18:00	18:45	19:11
12:48	13:24	14:26	15:00	17:20	17:55	18:35	19:11	19:26
0	0	36	0	0	0	5	10	0

No.15-R	No.3	No.3-R
19:26	20:05	20:45
20:00	20:40	21:20
0	5	5

Πίνακας 6.1.16: Βάρδια 16 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S15a
Εκκίνηση	8:15
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	885
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	133

No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.1	No.1-R	Break	No.15	No.15-R
8:15	8:41	9:24	10:00	10:40	11:05	11:35	12:00	12:28
8:41	9:15	10:00	10:36	11:05	11:35	11:55	12:26	13:02
-	0	9	0	4	0	0	5	2

No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	Break
13:15	13:43	14:20	14:45	15:20	16:00	16:45	17:11	17:45
13:41	14:17	14:45	15:15	15:55	16:35	17:11	17:45	18:05
13	2	3	0	5	5	10	0	0

No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.3
18:20	19:00	19:45	20:26	21:05	21:50	22:30
18:55	19:35	20:11	21:00	21:35	22:20	23:00
15	5	10	15	5	15	10

Πίνακας 6.1.17: Βάρδια 17 Άναυρου με B-Opt, Διπλή

Όνομα βάρδιας	S16a
Εκκίνηση	8:30
Άφιξη	23:02
Διάρκεια (λεπτά)	872
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	92

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.3	No.3-R	No.15	No.15-R	Break
8:30	8:56	9:45	10:11	11:00	11:36	12:15	12:43	13:17
8:56	9:30	10:11	10:45	11:36	12:12	12:41	13:17	13:30
-	0	15	0	15	0	3	2	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
13:30	13:55	14:30	14:55	15:30	15:53	16:30	16:53	17:30
13:55	14:25	14:55	15:25	15:53	16:23	16:53	17:23	17:53
0	0	5	0	5	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	Break
17:53	18:30	18:53	19:30	19:53	20:30	20:53	21:30	21:52
18:23	18:53	19:23	19:53	20:23	20:53	21:23	21:52	22:05
0	7	0	7	0	7	0	7	0

No.1-R	No.1
22:05	22:40
22:35	23:02
0	5

Πίνακας 6.1.18: Βάρδια 18 Άναυρου με B-Opt, Μονή-μισή

Όνομα βάρδιας	S17a
Εκκίνηση	9:00
Άφιξη	14:55
Διάρκεια (λεπτά)	355
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	50

No.15	No.15-R	N.AF	No.15	N.15-R	No.15	N.15-R	Break	No.1
9:00	9:26	10:00	11:00	11:28	12:45	13:13	13:47	14:00
9:26	10:00	11:00	11:26	12:02	13:11	13:47	13:57	14:25
-	0	0	0	2	43	2	0	3

No.1-R	
14:25	
14:55	
0	

\*Στην λύση της συγκεκριμένης βάρδιας, μετά το τελευταίο δρομολόγιο, υπάρχουν δρομολόγια που δεν ανήκουν σε μία εκ των τριών γραμμών για τον λόγο αυτό δεν προστέθηκαν στον πίνακα

### Λύση B-Opt

Αριθμός βαρδιών (χωρίς την ένωση):	32
Αριθμός διπλών βαρδιών:	15
Συνολικός χρόνος υπερωριών:	261 λεπτά
Συνολικός νεκρός χρόνος:	1.976 λεπτά
Χρόνος επίλυσης:	10" (δέκα δευτερόλεπτα)

## 6.1.2 Λύση CPLEX

### Ρυθμίσεις για CPLEX

Max work time of the shift	480
Break Duration	10~30
Break Point No.1	No Set
Break Point No.3	No Set
Break Point No.15	No Set
Number of shifts Monday	Total:35 Double:15

### Αποτελέσματα Αλγορίθμου CPLEX

Πίνακας 6.1.19: Βάρδια 1 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~0
Εκκίνηση	5:25
Άφιξη	21:50
Διάρκεια (λεπτά)	985
Υπερωρία (λεπτά)	25
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	150

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
5:45	6:10	6:45	7:10	7:48	8:13	8:43	9:10	9:35
6:05	6:40	7:05	7:40	8:10	8:43	9:03	9:35	10:05
-	5	5	5	8	0	0	7	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
10:10	10:35	11:20	11:45	12:20	12:45	14:10	14:35	15:06
10:35	11:05	11:45	12:15	12:45	13:15	14:35	15:05	15:29
5	0	15	0	5	0	55	0	1

No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
15:29	15:59	16:30	16:53	17:30	17:53	19:30	19:53	20:30
15:59	16:19	16:53	17:23	17:53	18:23	19:53	20:23	20:53
0	0	11	0	7	0	7	0	7

No.1-R	No.1
20:53	21:30
21:23	21:50
0	7



Πίνακας 6.1.20: Βάρδια 2 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~1
Εκκίνηση	6:30
Άφιξη	22:52
Διάρκεια (λεπτά)	982
Υπερωρία (λεπτά)	22
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	152

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
6:30	6:52	7:24	7:49	8:40	9:05	9:35	10:00	10:25
6:50	7:22	7:46	8:19	9:05	9:35	9:55	10:25	10:55
0	2	2	3	21	0	0	5	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
11:10	11:35	12:10	12:35	13:10	13:35	14:42	15:05	15:45
11:35	12:05	12:35	13:05	13:35	14:05	15:05	15:35	16:08
15	0	5	0	5	0	37	0	10

No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
16:08	16:42	17:05	17:35	18:06	18:29	19:06	19:29	20:06
16:38	17:05	17:35	17:55	18:29	18:59	19:29	19:59	20:29
0	4	0	0	11	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
20:29	21:06	21:35	22:00	22:22
20:59	21:29	22:00	22:22	22:52
0	7	6	0	0

Πίνακας 6.1.21: Βάρδια 3 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~2
Εκκίνηση	7:00
Άφιξη	22:35
Διάρκεια (λεπτά)	935
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	152

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
7:00	7:24	8:10	8:35	9:05	9:40	10:05	10:40	11:05
7:22	7:54	8:35	9:05	9:25	10:05	10:35	11:05	11:35
-	2	16	0	0	15	0	5	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
11:40	12:05	12:50	13:15	13:50	14:15	14:54	15:17	16:00
12:05	12:35	13:15	14:45	14:15	14:45	15:17	15:45	16:23
5	0	15	0	5	0	9	0	15

No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
16:23	16:53	17:42	18:05	18:54	19:17	19:54	20:17	20:54
16:53	17:13	18:05	18:35	19:17	19:47	20:17	20:47	21:17
0	0	29	0	19	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R
21:20	21:45	22:05
21:45	22:05	22:35
3	0	0

Πίνακας 6.1.22: Βάρδια 4 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~3
Εκκίνηση	7:36
Άφιξη	23:02
Διάρκεια (λεπτά)	926
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	159

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
7:36	8:01	8:50	9:15	9:50	10:15	11:00	11:25	11:55
7:58	8:30	9:15	9:45	10:15	10:45	11:25	11:55	12:15
-	3	20	0	5	0	15	0	0
No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
12:30	12:55	13:30	13:55	14:30	14:55	15:30	15:53	17:06
12:55	13:25	13:55	14:25	14:55	15:25	15:53	16:23	17:29
15	0	5	0	5	0	5	0	43

No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
17:29	17:59	18:42	19:05	19:42	20:05	20:42	21:05	21:40
17:59	18:19	19:05	19:35	20:05	20:35	21:05	21:35	22:05
0	0	23	0	7	0	7	0	5

No.1-R	No.1
22:05	22:40
22:39	23:02
0	1

Πίνακας 6.1.23: Βάρδια 5 Άναυρου με CPLEX, Μονή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~4
Εκκίνηση	5:45
Άφιξη	12:55
Διάρκεια (λεπτά)	430
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	63

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
5:45	6:10	6:32	7:12	7:37	8:20	8:45	9:20	9:45
6:10	6:30	7:02	7:34	8:07	8:45	9:15	9:45	10:15
-	0	2	10	3	13	0	5	0

No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
10:20	10:45	11:15	12:00	12:25
10:45	11:15	11:35	12:25	12:55
5	0	0	25	0

Πίνακας 6.1.24: Βάρδια 6 Άναυρου με CPLEX, Μονή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~5
Εκκίνηση	11:50
Άφιξη	19:11
Διάρκεια (λεπτά)	441
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	46

No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
11:50	12:15	12:45	13:20	13:45	14:20	14:45	15:18	15:41
12:15	12:45	13:05	13:45	14:15	14:45	15:15	15:41	16:11
-	0	0	15	0	5	0	3	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
16:15	16:38	17:18	17:41	18:18	18:41
16:38	17:06	17:41	18:11	18:41	19:11
4	0	12	0	7	0

Πίνακας 6.1.25: Βάρδια 7 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~6
Εκκίνηση	7:30
Άφιξη	23:10
Διάρκεια (λεπτά)	940
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	157

N.MG	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
7:30	8:30	8:55	9:30	9:55	10:30	10:55	11:30	11:55
8:10	8:55	9:25	9:55	10:25	10:55	11:25	11:55	12:25
0	20	0	5	0	5	0	5	0

Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.15	No.15-R	No.1	No.1-R
12:25	13:00	13:25	14:00	14:25	15:45	16:10	16:54	17:17
12:45	13:25	13:55	14:25	14:55	16:10	16:44	17:17	17:47
0	15	0	5	0	50	0	10	0

No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
17:54	18:17	18:47	19:18	19:41	20:18	20:41	20:18	21:50
18:17	18:47	19:07	19:41	20:11	20:41	20:11	20:40	22:20
7	0	0	11	0	7	0	7	10

No.1	No.1-R
22:20	22:40
22:40	23:10
0	0

Πίνακας 6.1.26: Βάρδια 8 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~7
Εκκίνηση	7:00
Άφιξη	14:35
Διάρκεια (λεπτά)	455
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	101

No.15	No.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
7:00	7:25	8:00	8:25	9:00	9:25	10:50	11:15	11:45
7:25	7:59	8:25	8:55	9:25	9:55	11:15	11:45	12:05
-	0	1	0	5	0	55	0	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
12:40	13:05	13:40	14:05
13:05	13:35	14:05	14:35
35	0	5	0

Πίνακας 6.1.27: Βάρδια 9 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~8
Εκκίνηση	6:15
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	988
Υπερωρία (λεπτά)	28
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	123

No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.4
6:15	6:40	6:55	7:34	8:12	8:48	9:36	10:12	10:48
6:40	6:55	7:25	8:10	8:48	9:24	10:12	10:48	11:12
-	0	0	9	2	0	12	0	0

No.4-R	No.3	No.3-R	No.31	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
11:12	11:48	12:24	13:15	13:48	14:24	15:30	16:05	16:45
11:36	12:24	13:00	13:40	14:24	15:00	16:05	16:40	17:20
0	12	0	15	8	0	30	0	5

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	Break	No.3
17:20	18:00	18:35	19:15	19:50	20:30	21:05	21:35	22:10
17:55	18:35	19:10	19:50	20:25	21:05	21:35	21:55	22:40
0	5	0	5	0	5	0	0	15

Πίνακας 6.1.28: Βάρδια 10 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~9
Εκκίνηση	6:50
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	970
Υπερωρία (λεπτά)	10
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	93

No.3-R	No.3	No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
5:50	6:15	6:55	7:25	8:36	9:12	10:00	10:36	11:12
6:15	6:45	7:25	7:55	9:12	9:48	10:36	11:12	11:48
-	0	10	0	41	0	12	0	0

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3
11:48	12:24	13:00	13:36	14:12	14:48	15:20	15:45	16:20
12:24	13:00	13:36	14:12	14:48	15:20	15:45	16:20	16:55
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
17:00	17:35	18:15	18:50	19:30	20:05	20:45	21:20	21:50
17:35	18:10	18:50	19:25	20:05	20:40	21:20	21:50	22:20
5	0	5	0	5	0	5	0	0

No.3
22:30
23:00
10

Πίνακας 6.1.29: Βάρδια 11 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~10
Εκκίνηση	7:08
Άφιξη	22:20
Διάρκεια (λεπτά)	912
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	26

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
7:08	7:47	8:24	9:00	9:36	10:12	10:48	11:24	12:00
7:44	8:23	9:00	9:36	10:12	10:48	11:24	12:00	12:36
-	3	1	0	0	0	0	0	0

No.3	No.3-R	Break	No.AF	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
12:36	13:12	13:48	14:05	14:36	15:20	16:00	16:35	17:15
13:12	13:48	14:05	14:35	15:12	15:55	16:35	17:10	17:50
0	0	0	0	1	8	5	0	5

No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
17:50	18:25	18:45	19:20	20:00	20:35	21:15	21:50
18:25	18:45	19:20	19:55	20:35	21:10	21:50	22:20
0	0	0	0	5	0	5	0

Πίνακας 6.1.30: Βάρδια 12 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~11
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	985
Υπερωρία (λεπτά)	25
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	97

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
6:35	7:21	8:00	8:36	9:12	9:24	10:00	10:36	11:12
7:05	7:57	8:36	9:12	9:24	10:00	10:36	11:12	11:48
-	16	0	0	0	0	0	0	0

No.41	No.41-R	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3	No.3-R	No.3
12:00	12:23	12:48	12:24	14:00	14:36	15:15	15:50	16:30
12:23	12:46	13:24	14:00	14:36	15:11	15:50	16:25	17:05
12	0	2	0	0	0	4	0	5

No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
17:05	17:40	18:30	19:05	19:45	20:20	21:00	21:35	22:30
17:40	18:10	19:05	19:40	20:20	20:55	21:35	22:05	23:00
0	0	20	0	5	0	5	0	25

Πίνακας 6.1.31: Βάρδια 13 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~12
Εκκίνηση	7:08
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	932
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	58

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
7:08	7:47	8:24	9:00	9:36	9:48	10:24	11:00	11:36
7:44	8:23	9:00	9:36	9:48	10:24	11:00	11:36	12:12
-	3	1	0	0	0	0	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	Break
12:12	12:48	13:24	14:00	15:00	15:35	16:15	16:50	17:25
12:48	13:24	14:00	14:36	15:35	16:10	16:50	17:25	17:45
0	0	0	0	24	0	5	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
17:45	18:20	19:00	19:35	20:15	20:50	21:30	22:10
18:20	18:55	19:35	20:10	20:50	21:25	22:00	22:40
0	0	5	0	5	0	5	10

Πίνακας 6.1.32: Βάρδια 14 Άναυρου με CPLEX, Μονή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~13
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	15:10
Διάρκεια (λεπτά)	515
Υπερωρία (λεπτά)	35
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	55

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R
6:35	7:21	8:00	9:12	9:48	10:24	10:48	11:24	12:00
7:05	7:57	8:36	9:48	10:24	10:48	11:24	12:00	12:36
-	16	3	36	0	0	0	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
12:36	13:12	13:48	14:24
13:12	13:48	14:24	15:00
0	0	0	0

Πίνακας 6.1.33: Βάρδια 15 Άναυρου με CPLEX,Μονή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~14
Εκκίνηση	7:34
Άφιξη	15:25
Διάρκεια (λεπτά)	501
Υπερωρία (λεπτά)	21
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	16

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
7:34	8:12	8:48	9:24	10:00	10:24	11:00	11:36	12:12
8:10	8:48	9:24	10:00	10:24	11:00	11:36	12:12	12:48
-	2	0	0	0	0	0	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
13:00	13:36	14:12	14:50
13:36	14:12	14:48	15:25
12	0	0	2

Πίνακας 6.1.34: Βάρδια 16 Άναυρου με CPLEX,Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~15
Εκκίνηση	7:15
Άφιξη	22:17
Διάρκεια (λεπτά)	902
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	39

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	Break
7:15	7:41	8:15	8:41	9:15	9:41	10:15	10:43	11:17
7:41	8:15	8:41	9:15	9:41	10:15	10:41	11:17	11:30
-	0	0	0	0	0	0	2	0

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	Break
11:30	11:58	12:45	13:13	14:00	14:26	15:00	15:26	16:00
11:56	12:32	13:11	13:47	14:25	15:00	15:25	16:00	16:15
0	2	13	2	13	1	0	1	0

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
16:15	16:41	17:15	17:41	18:15	18:41	19:15	19:41	20:15
16:41	17:15	17:41	18:15	18:41	19:15	19:41	20:15	20:41
0	0	0	0	0	0	0	0	0
No.15-R	No.15	No.15-R						



20:41	21:20	21:43
21:15	21:43	22:17
0	5	0

Πίνακας 6.1.35: Βάρδια 17 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~16
Εκκίνηση	6:30
Άφιξη	21:30
Διάρκεια (λεπτά)	900
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	47

No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
6:30	7:04	7:30	7:56	8:30	8:56	9:30	9:56	10:30
7:04	7:30	7:56	8:30	8:56	9:30	9:56	10:30	10:56
-	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	N.15-R
10:58	11:45	12:13	13:00	13:28	14:15	14:41	15:15	15:41
11:32	12:11	12:47	13:26	14:02	14:40	15:15	15:40	16:15
2	13	2	13	2	13	1	0	1

Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
16:15	16:30	16:56	17:30	17:56	18:30	18:56	19:30	19:56
16:30	16:56	17:30	17:56	18:30	18:56	19:30	19:56	20:30
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15	No.15-R
20:30	20:56
20:56	21:30
0	0

Πίνακας 6.1.36: Βάρδια 18 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~17
Εκκίνηση	6:10
Άφιξη	21:45
Διάρκεια (λεπτά)	935
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	48

No.15	No.15-R	Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
6:30	6:55	7:29	7:45	8:11	8:45	9:11	9:45	10:11
6:55	7:29	7:45	8:11	8:45	9:11	9:45	10:11	10:45
0	0	0	0	0	0	0	0	0
No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	N.15-R	No.15

11:00	11:28	12:15	12:43	13:30	13:57	14:30	14:56	15:30
11:26	12:02	12:41	13:17	13:55	14:30	14:55	15:30	15:56
15	2	13	2	13	2	0	1	0

No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15
15:56	16:30	16:45	17:11	17:45	18:11	18:45	19:11	19:45
16:30	16:45	17:11	17:45	18:11	18:45	19:11	19:45	20:11
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15-R	No.15	No.15-R
20:11	20:45	21:11
20:45	21:11	21:45
0	0	0

Πίνακας 6.1.37: Βάρδια 19 Άναυρου με CPLEX, Διπλή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~18
Εκκίνηση	6:45
Άφιξη	22:30
Διάρκεια (λεπτά)	945
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	55

No.15	No.15-R	Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
6:45	7:10	7:44	8:00	8:26	9:00	9:26	10:00	10:28
7:10	7:44	7:59	8:26	9:00	9:26	10:00	10:26	11:02
-	0	0	1	0	0	0	0	2

No.15	No.15-R	N.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	Break
11:15	11:43	12:30	12:58	13:45	14:13	14:45	15:11	15:45
11:41	12:17	12:56	13:32	14:10	14:45	15:10	15:45	16:00
13	2	13	2	13	3	0	1	0

No.15	No.15-R	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	15-R	No.15
16:00	16:26	17:00	17:26	18:00	18:26	19:00	19:26	20:00
16:26	17:00	17:26	18:00	18:26	19:00	19:26	20:00	20:26
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
20:26	21:00	21:26	22:05
21:00	21:26	22:00	22:30
0	0	0	5

Πίνακας 6.1.38: Βάρδια 20 Άναυρου με CPLEX, Μονή

Όνομα βάρδιας	CPLEX~19
Εκκίνηση	7:34
Άφιξη	15:10
Διάρκεια (λεπτά)	456
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	86

No.AF	No.21	No.2-R	No.2	Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R
7:34	7:52	8:26	9:00	9:34	10:45	11:13	12:00	12:28
7:52	8:26	9:00	9:34	10:04	11:11	11:47	12:26	13:02
-	0	0	0	0	41	2	13	2

No.15	No.15-R	No.30
13:15	13:43	14:30
13:41	14:17	15:10
13	2	13

### Λύση CPLEX

Αριθμός βαρδιών (χωρίς την ένωση):	35
Αριθμός διπλών βαρδιών:	15
Συνολικός χρόνος υπερωριών:	166 λεπτά
Συνολικός νεκρός χρόνος:	1.723 λεπτά
Χρόνος επίλυσης:	150 λεπτά (2,5 ώρες)

### 6.1.3 Οργάνωση Α.Κ.

#### Ισχύουσα Οργάνωση

Πίνακας 6.1.39: Βάρδια 1 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-0
Εκκίνηση	5:25
Άφιξη	21:40
Διάρκεια (λεπτά)	975
Υπερωρία (λεπτά)	15
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	143

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
5:45	6:10	6:45	7:10	7:48	8:13	8:43	9:20	9:45
6:05	6:40	7:05	7:40	8:10	8:43	9:03	9:45	10:15
-	5	5	5	8	3	0	17	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
10:30	10:55	11:40	12:05	12:50	13:15	14:10	14:35	15:06
10:55	11:25	12:05	12:35	13:15	13:45	14:35	15:05	15:29
15	0	15	0	15	0	25	0	1
No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
15:29	16:00	16:23	16:53	17:18	17:41	18:18	18:41	19:18
15:59	16:23	16:53	17:18	17:41	18:11	18:41	19:11	19:41
0	1	0	0	0	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
19:41	20:18	20:41	21:18
20:11	20:41	21:11	21:40
0	7	0	7

Πίνακας 6.1.40: Βάρδια 2 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-1
Εκκίνηση	6:30
Άφιξη	21:35
Διάρκεια (λεπτά)	905
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	113

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
6:30	6:52	7:24	7:49	8:19	8:40	9:05	9:40	10:05
6:50	7:22	7:46	8:19	8:39	9:05	9:35	10:05	10:35
-	2	3	0	0	1	0	5	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
10:50	11:15	12:00	12:25	13:10	13:35	14:20	14:45	15:15
11:15	11:45	12:25	12:55	13:35	14:05	14:45	15:15	15:35
15	0	15	0	15	0	15	0	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
15:45	16:08	16:42	17:05	17:42	18:05	18:42	19:05	19:42
16:08	16:38	17:05	17:35	18:05	18:35	19:05	19:35	20:05
10	0	4	0	7	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R
20:05	20:42	21:05
20:35	21:05	21:35
0	7	0

Πίνακας 6.1.41: Βάρδια 3 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας		B-2						
Εκκίνηση		7:12						
Άφιξη		23:10						
Διάρκεια (λεπτά)		958						
Υπερωρία (λεπτά)		0						
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)		136						
No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
7:12	7:37	8:07	8:20	8:45	9:30	9:55	10:40	11:05
7:34	8:07	8:20	8:45	9:15	9:55	10:25	11:05	11:35
-	3	0	0	0	15	0	15	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
11:50	12:15	13:00	13:25	14:00	14:25	15:18	15:41	16:11
12:15	12:45	13:25	13:55	14:25	14:55	15:41	16:11	16:30
15	0	15	0	5	0	23	0	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
16:30	16:53	17:30	17:53	18:30	18:53	19:30	19:53	20:30
16:53	17:23	17:53	18:23	18:53	19:23	19:53	20:23	20:53
0	0	7	0	7	0	7	0	7

No.1	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
20:53	21:30	21:50	22:20	22:40
21:23	21:50	22:20	22:40	23:10
0	7	0	0	0

Πίνακας 6.1.42: Βάρδια 4 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας		B-3	
Εκκίνηση		7:00	
Άφιξη		22:52	
Διάρκεια (λεπτά)		952	
Υπερωρία (λεπτά)		0	
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)		169	

No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
7:00	7:24	7:54	8:50	9:15	10:00	10:25	11:10	11:35
7:22	7:54	8:14	9:15	9:45	10:25	10:55	11:35	12:05
-	2	0	36	0	15	0	15	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
12:20	12:45	13:30	13:55	14:42	15:05	15:35	16:15	16:38
12:45	13:15	13:55	14:25	15:05	15:35	15:55	16:38	17:06
15	0	15	0	17	0	0	20	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
17:06	17:29	18:06	18:29	19:06	19:29	20:06	20:29	21:06
17:29	17:59	18:29	18:59	19:29	19:59	20:29	20:59	21:29
0	0	7	0	7	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R
21:35	22:00	22:22
22:00	22:22	22:52
6	0	0

Πίνακας 6.1.43: Βάρδια 5 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-4
Εκκίνηση	5:45
Άφιξη	23:02
Διάρκεια (λεπτά)	1037
Υπερωρία (λεπτά)	77
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	381

No.1-R	No.1	No.1-R	Break	MS	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
5:45	6:10	6:32	7:02	7:30	8:10	8:35	9:10	9:35
6:10	6:30	7:02	7:22	8:10	8:35	9:05	9:35	10:05
-	0	2	0	8	0	0	5	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
10:20	10:45	11:30	11:55	12:40	13:05	13:50	14:15	14:54
10:45	11:15	11:55	12:25	13:05	13:35	14:15	14:45	15:17
15	0	15	0	15	0	15	0	9

No.1-R	No.15	No.15-R	Stop Break	No.15	No.15-R	No.1
15:17	15:45	16:10		21:40	22:05	22:40
15:45	16:10	16:44		22:05	22:39	23:02
0	0	0		296	0	1

Πίνακας 6.1.44: Βάρδια 6 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-5
Εκκίνηση	7:36
Άφιξη	22:35
Διάρκεια (λεπτά)	899
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	115

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
7:36	8:01	8:30	8:55	9:25	9:50	10:15	11:00	11:25
7:58	8:30	8:55	9:25	9:45	10:15	10:45	11:25	11:55
-	3	0	0	0	5	0	15	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break
12:10	12:35	13:20	13:45	14:30	14:55	15:30	15:53	16:23
12:35	13:05	13:45	14:15	14:55	15:25	15:53	16:23	16:43
15	0	15	0	15	0	5	0	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1
16:54	17:17	17:54	18:17	18:54	19:17	19:54	20:17	20:54
17:17	17:47	18:17	18:47	19:17	19:47	20:17	20:47	21:17
11	0	7	0	7	0	7	0	7

No.1-R	No.1	No.1-R
21:20	21:45	22:05
21:45	22:05	22:35
3	0	0

Πίνακας 6.1.45: Βάρδια 7 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Μονή

Όνομα βάρδιας	B-6
Εκκίνηση	7:00
Άφιξη	14:35
Διάρκεια (λεπτά)	455
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	46

No.15	N.15-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	Break	No.1	No.1-R
7:00	7:25	8:00	8:25	9:00	9:25	9:55	10:10	10:35
7:25	7:59	8:25	8:55	9:25	9:55	10:10	10:35	11:05
-	0	1	0	5	0	0	0	0

No.1	No.1-R	No.1	No.1-R	No.1	No.1-R
11:20	11:45	12:30	12:55	13:40	14:05
11:45	12:15	12:55	13:25	14:05	14:35
15	0	15	0	15	0

Πίνακας 6.1.46: Βάρδια 8 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-7
Εκκίνηση	5:30
Άφιξη	21:35
Διάρκεια (λεπτά)	965
Υπερωρία (λεπτά)	5
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	44

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R
5:50	6:15	6:55	7:34	8:12	8:48	9:24	10:00	10:24
6:15	6:45	7:25	8:10	8:48	9:24	10:00	10:20	11:00
-	0	10	9	2	0	0	0	4

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
11:00	11:36	12:12	12:48	13:24	14:00	14:36	15:15	15:50
11:36	12:12	12:48	13:24	14:00	14:36	15:11	15:50	16:25
0	0	0	0	0	0	0	4	0
No.3-R	No.3	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
16:30	17:05	17:40	18:00	18:35	19:15	19:50	20:30	21:05
17:05	17:40	18:00	18:35	19:10	19:50	20:25	21:05	21:35
5	0	0	0	0	5	0	5	0

Πίνακας 6.1.47: Βάρδια 9 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-8
Εκκίνηση	6:15
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	985
Υπερωρία (λεπτά)	25
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	79

No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
6:15	7:21	8:00	8:36	9:00	9:36	10:12	10:48	11:24
6:40	7:57	8:36	8:56	9:36	10:12	10:48	11:24	12:00
-	41	3	0	4	0	0	0	0

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
12:00	12:36	13:12	13:48	14:24	15:00	15:35	16:15	16:50
12:36	13:12	13:48	14:24	15:00	15:35	16:10	16:50	17:25
0	0	0	0	0	0	0	5	0

Break	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
17:25	17:45	18:20	19:00	19:35	20:15	20:50	21:30	22:10
17:45	18:20	18:55	19:35	20:10	20:50	21:25	22:00	22:40
0	0	0	5	0	5	0	5	10

Πίνακας 6.1.48: Βάρδια 10 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή



Όνομα βάρδιας	B-9
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	985
Υπερωρία (λεπτά)	15
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	41

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R
6:35	7:08	7:47	8:24	9:00	9:36	10:00	10:36	11:12
7:05	7:44	8:23	9:00	9:36	9:56	10:36	11:12	11:48
-	3	3	1	0	0	4	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
11:48	12:24	13:00	13:36	14:12	14:48	15:20	16:00	16:35
12:24	13:00	13:36	14:12	14:48	15:20	15:55	16:35	17:10
0	0	0	0	0	0	0	5	0
No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
17:15	17:50	18:25	18:45	19:20	20:00	20:35	21:15	21:50
17:50	18:25	18:45	19:20	19:55	20:35	21:10	21:50	22:20
5	0	0	0	0	5	0	5	0

No.3-R
22:30
23:00
10

Πίνακας 6.1.49: Βάρδια 11 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-10
Εκκίνηση	7:08
Άφιξη	23:00
Διάρκεια (λεπτά)	952
Υπερωρία (λεπτά)	12
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	38

No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
7:08	7:47	8:24	9:00	9:12	9:48	10:36	11:12	11:48
7:44	8:23	9:00	9:12	9:48	10:24	11:12	11:48	12:24
-	3	1	0	0	0	12	0	0

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
12:24	13:00	13:36	14:12	14:50	15:30	16:05	16:45	17:20
13:00	13:36	14:12	14:48	15:25	16:05	16:40	17:20	17:55
0	0	0	0	2	5	0	5	0

Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
17:55	18:15	18:50	19:30	20:05	20:45	21:20	21:50	22:30
18:15	18:50	19:25	20:05	20:40	21:20	21:50	22:20	23:00
0	0	0	5	0	5	0	0	10

Πίνακας 6.1.50: Βάρδια 12 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-11
Εκκίνηση	7:21
Άφιξη	22:40
Διάρκεια (λεπτά)	919
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	37

No.3	No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
7:21	8:00	8:36	9:12	9:36	10:12	10:48	11:24	12:00
7:57	8:36	9:12	9:32	10:12	10:48	11:24	12:00	12:36
-	3	0	0	4	0	0	0	0
No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
12:36	13:12	13:48	14:24	15:05	15:45	16:20	17:00	17:35
13:12	13:48	14:24	15:00	15:40	16:20	16:55	17:35	18:10
0	0	0	0	5	5	0	5	0

Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
18:10	18:30	19:05	19:45	20:20	21:00	21:35	22:10
18:30	19:05	19:40	20:20	20:55	21:35	22:05	22:40
0	0	0	5	0	5	0	5

Πίνακας 6.1.51: Βάρδια 13 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Μονή

Όνομα βάρδιας	B-12
Εκκίνηση	6:55
Άφιξη	15:12
Διάρκεια (λεπτά)	497
Υπερωρία (λεπτά)	17
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	15

No.3-R	No.3	Break	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3
6:55	7:34	8:10	8:36	9:12	9:48	10:24	11:00	11:36
7:25	8:10	8:30	9:12	9:48	10:24	11:00	11:36	12:12
-	9	0	6	0	0	0	0	0

No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.3-R
12:12	12:48	13:24	14:00	14:36
12:48	13:24	14:00	14:36	15:12
0	0	0	0	0

Πίνακας 6.1.52: Βάρδια 14 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ.,Μονή

Όνομα βάρδιας	B-13
Εκκίνηση	7:30
Άφιξη	15:30
Διάρκεια (λεπτά)	480
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	112

No.3	No.3-R	No.3	No.3-R	No.3	No.4	No.4-R	No.41	N.41-R
7:30	8:12	8:48	9:24	10:00	10:48	11:12	12:00	12:23
7:55	8:48	9:24	10:00	10:36	11:12	11:36	12:23	12:46
-	17	0	0	0	12	0	24	0

No.31	Break	No.AF	No.32
13:15	13:40	14:05	15:00
13:40	14:00	14:35	15:30
29	0	5	25

Πίνακας 6.1.53: Βάρδια 15 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ.,Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-14
Εκκίνηση	6:35
Άφιξη	21:30
Διάρκεια (λεπτά)	895
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	57

No.3-R	Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
6:35	7:05	7:30	7:56	8:30	8:56	9:30	9:56	10:30
7:05	7:20	7:56	8:30	8:56	9:30	9:56	10:30	10:56
-	0	10	0	0	0	0	0	0

No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
10:58	11:45	12:13	13:00	13:28	14:15	14:41	15:15	15:41
11:32	12:11	12:47	13:26	14:02	14:40	15:15	15:40	16:15
2	13	2	13	2	13	1	0	1

Break	No.15	No.15-R	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
16:15	16:30	16:56	17:30	17:56	18:30	18:56	19:30	19:56
26:30	16:56	17:30	17:56	18:30	18:56	19:30	19:56	20:30
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15	No.15-R
20:30	20:56
20:56	21:30
0	0

Πίνακας 6.1.54: Βάρδια 16 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Διπλή

Όνομα βάρδιας	B-15
Εκκίνηση	6:30
Άφιξη	22:17
Διάρκεια (λεπτά)	947
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	48

No.15	No.15-R	Break	No.15	N.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
6:30	6:55	7:29	7:45	8:11	8:45	9:11	9:45	10:11
6:55	7:29	7:44	8:11	8:45	9:11	9:45	10:11	10:45
-	0	0	1	0	0	0	0	0

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	N.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
11:00	11:28	12:15	12:43	13:30	13:57	14:31	14:56	15:30
11:26	12:02	12:41	13:17	13:56	14:31	14:55	15:30	15:56
15	2	13	2	13	1	0	1	0

No.15-R	Break	No.15	No.15-R	N.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
15:56	16:30	16:45	17:11	17:45	18:11	18:45	19:11	19:45
16:30	16:45	17:11	17:45	18:11	18:45	19:11	19:45	20:11
0	0	0	0	0	0	0	0	0

No.15-R	No.15	N.15-R
20:11	20:45	21:11
20:45	21:11	21:45
0	0	0

Πίνακας 6.1.55: Βάρδια 17 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ., Μονή

Όνομα βάρδιας	B-16
Εκκίνηση	6:45
Άφιξη	14:57
Διάρκεια (λεπτά)	492
Υπερωρία (λεπτά)	12
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	49

No.15	No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
6:45	7:10	7:44	8:00	8:26	9:00	9:26	10:00	10:28
7:10	7:44	7:59	8:26	9:00	9:26	10:00	10:26	11:02
-	0	0	1	0	0	0	0	2

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
11:15	11:43	12:30	12:58	13:45	14:13
11:41	12:17	12:56	13:32	14:10	14:47
13	2	13	2	13	3

Πίνακας 6.1.56: Βάρδια 18 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ.,Μονή

Όνομα βάρδιας	B-17
Εκκίνηση	14:45
Άφιξη	22:50
Διάρκεια (λεπτά)	485
Υπερωρία (λεπτά)	5
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	6

No.15	No.15-R	Break	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
14:45	15:11	15:45	16:00	16:26	17:00	17:26	18:00	18:26
15:10	15:45	16:00	16:26	17:00	17:26	18:00	18:26	19:00
-	1	0	0	0	0	0	0	0

No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R	No.15
19:00	19:26	20:00	20:26	21:00	21:26	22:05
19:26	20:00	20:26	21:00	21:26	22:00	22:30
0	0	0	0	0	0	5

Πίνακας 6.1.57: Βάρδια 19 Άναυρου με Οργάνωση των Α.Κ.,Μονή

Όνομα βάρδιας	B-18
Εκκίνηση	7:34
Άφιξη	15:10
Διάρκεια (λεπτά)	456
Υπερωρία (λεπτά)	0
Νεκρός Χρόνος (λεπτά)	101

No.6-R	No.21	No.2-R	No.2	Break	No.15	No.15-R	No.15	No.15-R
7:34	7:52	8:26	9:00	9:34	10:45	11:13	12:00	12:28
7:52	8:26	9:00	9:34	9:49	11:11	11:47	12:26	13:02
-	0	0	0	0	56	2	13	2

No.15	No.15-R	No.30
13:15	13:43	14:30
13:41	14:17	15:10
13	2	13

### Λύση Ισχύουσας Οργάνωσης

Αριθμός βαρδιών (χωρίς την ένωση):	32
Αριθμός διπλών βαρδιών:	13
Συνολικός χρόνος υπερωριών:	183 λεπτά
Συνολικός νεκρός χρόνος:	1730 λεπτά
Χρόνος επίλυσης:	-*

\*Ο χρόνος που χρειάστηκε να επιλυθεί το πρόβλημα δεν είναι γνωστός.

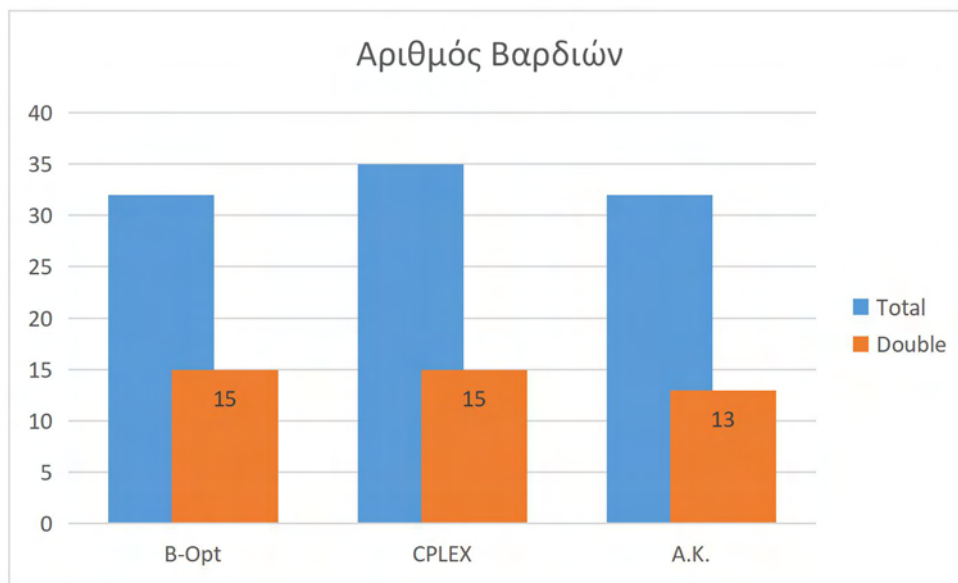
## 6.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ

Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αντικειμενική σύγκριση των παραπάνω αποτελεσμάτων. Ο αλγόριθμος B-Opt χρησιμοποιήθηκε μόνο με εισαγόμενα δρομολόγια αυτά του Άναυρου, και προστέθηκαν έπειτα τα επιπλέον δρομολόγια όπου μπορούσαν να εισαχθούν, ο αλγόριθμος CPLEX χρησιμοποίησε εισαγόμενα επιλεγμένα εξτρά δρομολόγια γραμμών και ψευδογραμμών εκτός των τριών βασικών, ενώ στην περίπτωση της οργάνωσης από τα Α.Κ. αλλά και στη CPLEX παρατηρείται μειωμένος αριθμός δρομολογίων (αυτό συμβαίνει διότι μερικά δρομολόγια των τριών γραμμών, χρησιμοποιούνται ως εξτρά διαδρομές σε βάρδιες άλλων γραμμών) . Επιπλέον, όσο αφορά τους δύο αλγορίθμους, οι συνθήκες και παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν δεν είναι απαραίτητα οι βέλτιστοι για τον καθέναν, και με την χρήση διαφορετικών ρυθμίσεων τα αποτελέσματα πιθανώς να διέφεραν.

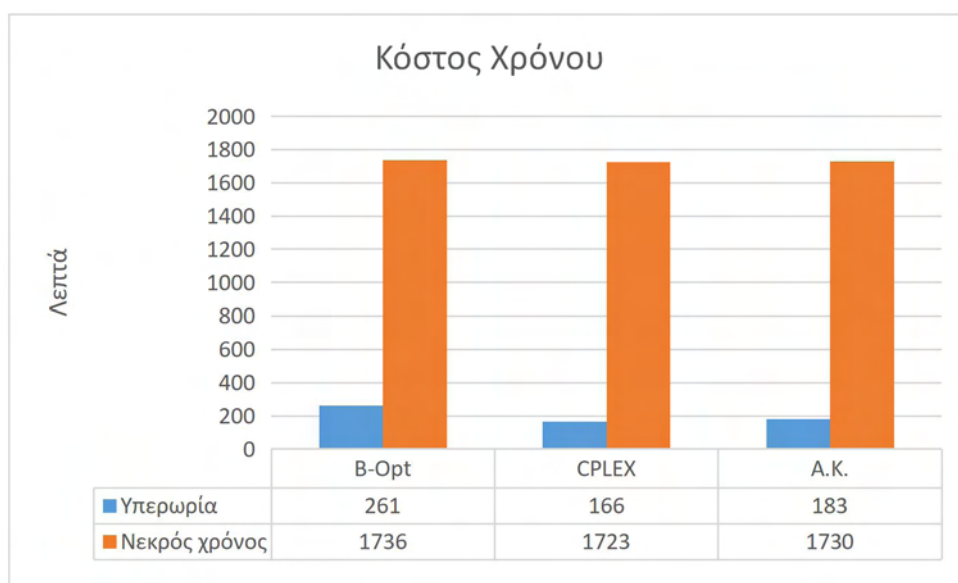
Εικόνα 6.2.1:Αριθμός δρομολογίων στην λύση



Εικόνα 6.2.2:Αριθμός βαρδιών στην λύση



Εικόνα 6.2.3:Κόστος χρόνου



**Παρατηρήσεις:**

- 1) Ο αλγόριθμος B-Opt παρόλο που χρησιμοποίησε όλα τα δρομολόγια των τριών γραμμών, δημιούργησε και τις λιγότερες βάρδιες.
- 2) Υπάρχουν πολλές ομοιότητες σε διάφορες βάρδιες μεταξύ των δύο αλγορίθμων (ακόμα και στην πρώτη βάρδια S0a & CPLEX~0 παρατηρούνται πολλά κοινά δρομολόγια)

- 3) Τα δρομολόγια που έχει δημιουργήσει το A.K. Βόλου είναι καλά οργανωμένα, αυτό παρατηρήθηκε από την μη ύπαρξη περιπτώσεων μεταφοράς από ένα σημείο σε ένα άλλο χωρίς την πραγματοποίηση δρομολογίου, και στους δύο αλγόριθμους.
- 4) Ο αλγόριθμος B-Opt παρόλο που έχει την ελάχιστη δυνατή διάρκεια υπολογισμού, προσέφερε μία αρκετά καλή λύση.

*Συμπεράσματα:*

- 1) Παρόλο την απλότητα του, ο αλγόριθμος του B-Opt, είναι ένα ισχυρό εργαλείο εύρεσης των κύριων παραμέτρων για την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου.
- 2) Ο χρόνος υπολογισμού της λύσης μέσω του αλγορίθμου, δίνει την δυνατότητα σύγκρισης ποικίλων παραμέτρων, δεδομένων ακόμη και μεταβλητών.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι ο χρόνος λύσης του αλγορίθμου CPLEX ορίστηκε εξ αρχής ,μέσω των εσωτερικών ρυθμίσεων του αλγορίθμου, στα 150 λεπτά και σε Gap = 5%. Επομένως η λύση που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο πιθανώς να μην είναι η βέλτιστη, αλλά η καλύτερη μέχρι την πραγματοποίηση του χρόνου υπολογισμού. Δυστυχώς σε τέτοιου είδους προβλήματα είναι δύσκολο να οριστούν οι απαραίτητοι χρόνοι που χρειάζεται για να λυθούν, και σε μερικές περιπτώσεις η επίλυση μπορεί να διαρκέσει ημέρες.



### 6.3 ΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

Όπως και στο προηγούμενο πρόβλημα, έτσι και σε αυτό η λύση επηρεάζεται σημαντικά από τις παραμέτρους που ορίζει ο χρήστης, αλλά και από τα δεδομένα: Πόσες βάρδιες έχουν δημιουργηθεί, πόσα και τι έκτακτα δρομολόγια έχουν προγραμματιστεί να πραγματοποιηθούν, πόσες ημέρες και πόσα χιλιόμετρα έχει διανύσει το κάθε λεωφορείο μέχρι την έναρξη της καταμετρημένης διάρκειας, πότε και ποια λεωφορεία έχουν άδεια / ρεπό και ποιες ημέρες θεωρούνται αργίες.

Στο υπο-κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί μία ενδεικτική λύση του προβλήματος και ανάλυση των αποτελεσμάτων στο διάστημα 16/07/2020 με 31/12/2020. Δεν ορίστηκαν αργίες, και τα λεωφορεία θεωρήθηκαν ότι ξεκίνησαν από την ίδια κατάσταση (0 ημέρες εργασίας, 1 χιλιόμετρο έχουν διανύσει). Οι βάρδιες μεσοβδόμαδα αριθμούν τις 37, τις Κυριακές / αργίες 18 και τα Σάββατα 25 και δημιουργήθηκαν μέσω του αλγορίθμου B-Opt για οκτώωρες και δεκαεξάωρες βάρδιες, με μέσο όρο χιλιομετρική απόσταση 450 km. Δεν δημιουργήθηκαν έκτακτα δρομολόγια και ο αριθμός των λεωφορείων είναι 55.

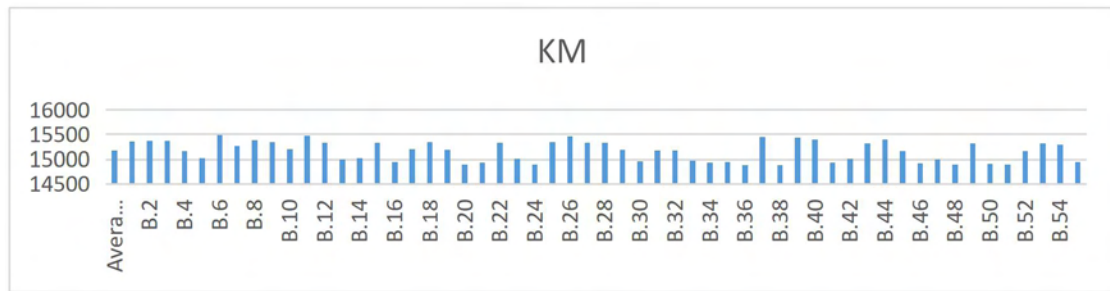
#### Παράμετροι και ρυθμίσεις

Sunday & Holidays multiplier	Km:1 time:1
Get previous data	Database
Work days per week	5

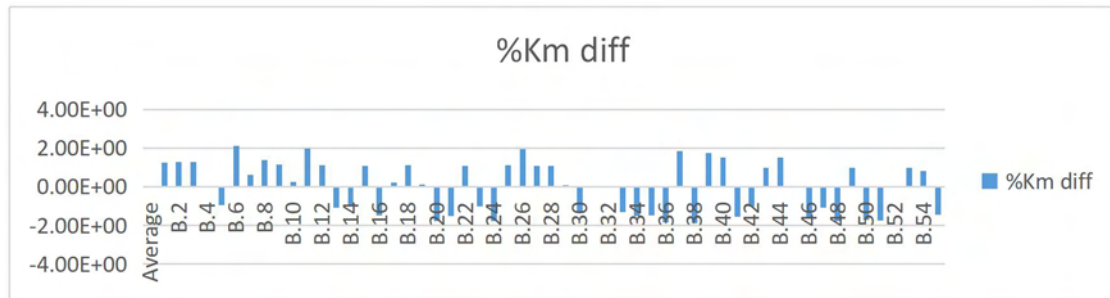
Εικόνα 6.3.1: Πίνακας στατιστικών μεταξύ των δρομολογίων

Bus No	KM	Nu Of trips	Miss Of work	Double shifts	% Km difference	% Not difference	% MoW difference	% ds difference
Average	15168.8	2574.0	45944.0	210.0	-3.06E-4	-0.0018	0.0	0.013
B.1	15359.0	2254	44716	140	1.2539	-12.0574	-2.5745	-33.4284
B.2	15364.199999999999	2239	45033	147	1.2882	-13.0384	-1.9846	-30.0999
B.3	15364.1	2367	45329	207	1.2875	-8.097	-1.3403	-1.5692
B.4	15161.199999999999	2370	44924	169	-0.0501	7.9504	-2.2218	-19.6388
B.5	15627.0	2288	43497	176	-0.9348	-11.1363	-6.3277	-16.31
B.6	15490.699999999999	2570	46469	191	2.2221	-0.1826	1.1409	-9.1774
B.7	15261.9	2436	45400	198	0.6138	-5.387	-1.1858	-5.8488
B.8	15376.8	2542	46317	217	1.3712	-1.2701	0.8101	3.1859
B.9	15343.2	2562	45511	204	1.1497	-0.4933	-0.7285	-2.9957
B.10	15205.3	2568	45889	234	0.2406	-0.2802	-0.1215	11.2699
B.11	15471.400000000001	2561	46339	196	1.9949	-0.5321	0.859	-6.7989
B.12	15336.3	2634	46943	189	1.1042	2.3032	2.1726	-10.1284
B.13	15007.2	2566	46250	265	-1.0653	-0.3379	-1.5122	26.0105
B.14	15027.5	2732	46914	215	-0.9315	6.1094	1.6918	2.2349
B.15	15331.5	2470	46188	96	1.0726	-4.0665	-1.6472	-64.3609
B.16	14846.0	2578	44805	160	-1.4784	0.9505	2.4808	-23.9182
B.17	15199.4	2506	45711	199	0.2017	-2.6683	-0.5089	-6.3733
B.18	15340.3	2604	46414	209	1.1306	1.138	1.0212	-0.6182
B.19	15180.5	2676	46620	184	0.1299	3.9344	1.4696	-12.5059
B.20	14901.1	2519	45478	178	-1.7648	-2.1634	-1.016	-15.359
B.21	14939.8	2560	45631	222	-1.5097	-0.8709	-0.683	5.5635

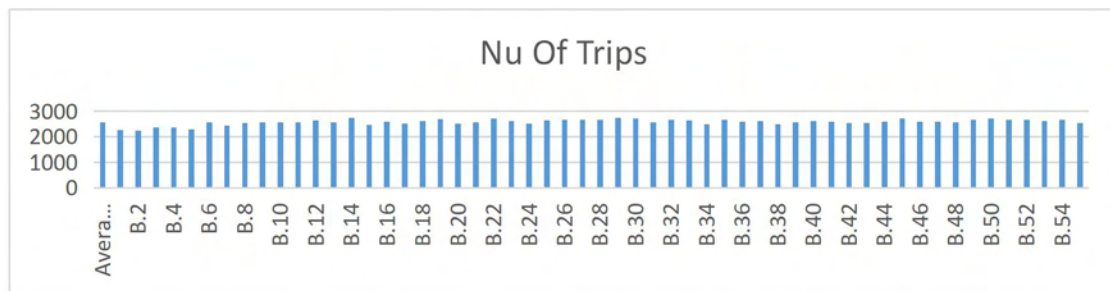
Εικόνα 6.3.2: Χιλιόμετρα που θα έχει διανύσει κάθε όχημα



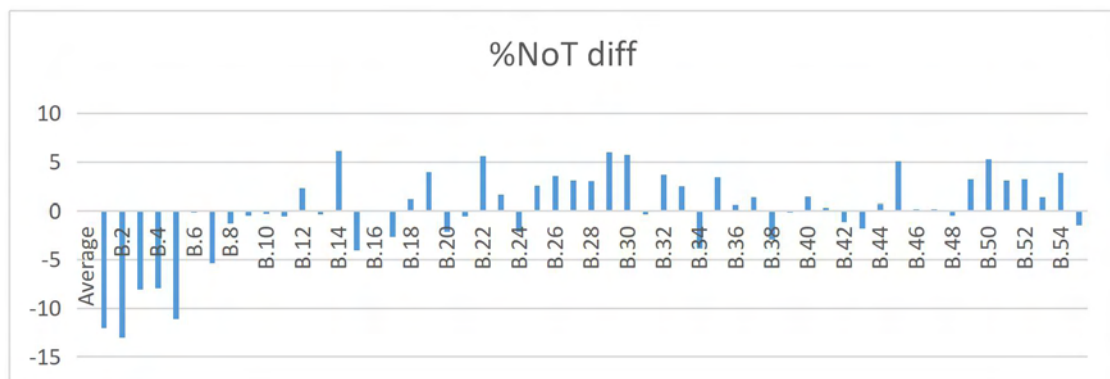
Εικόνα 6.3.3: Ποσοστιαία διαφορά χιλιομέτρων από τον μέσο όρο



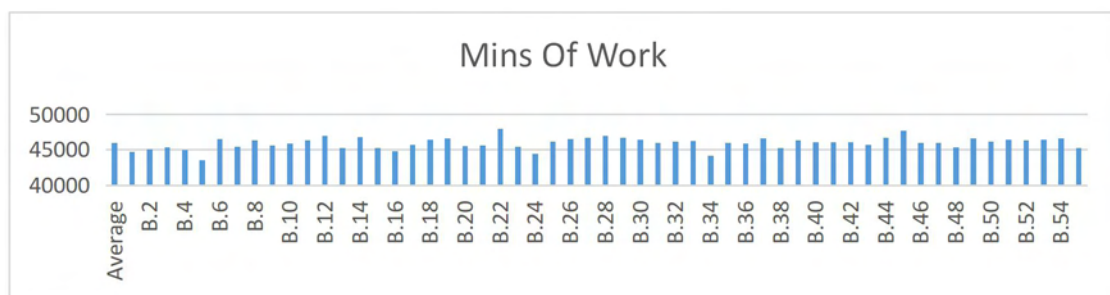
Εικόνα 6.3.4: Αριθμός δρομολογίων που έχουν ανατεθεί σε λεωφορείο



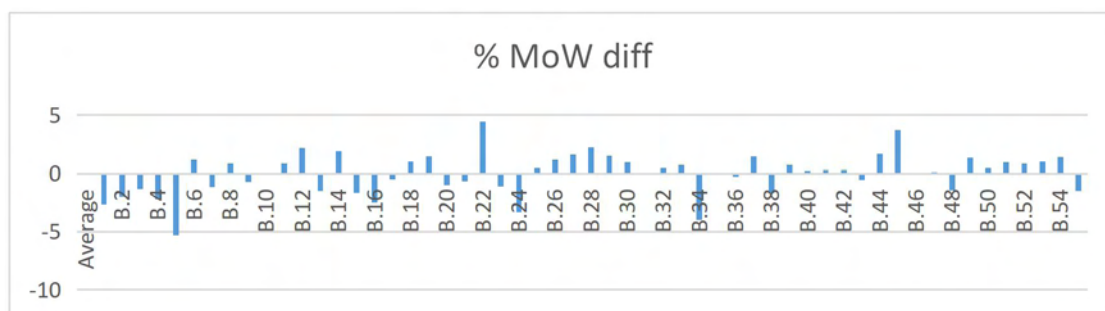
Εικόνα 6.3.5: Ποσοστιαία διαφορά δρομολογίων που έχουν ανατεθεί



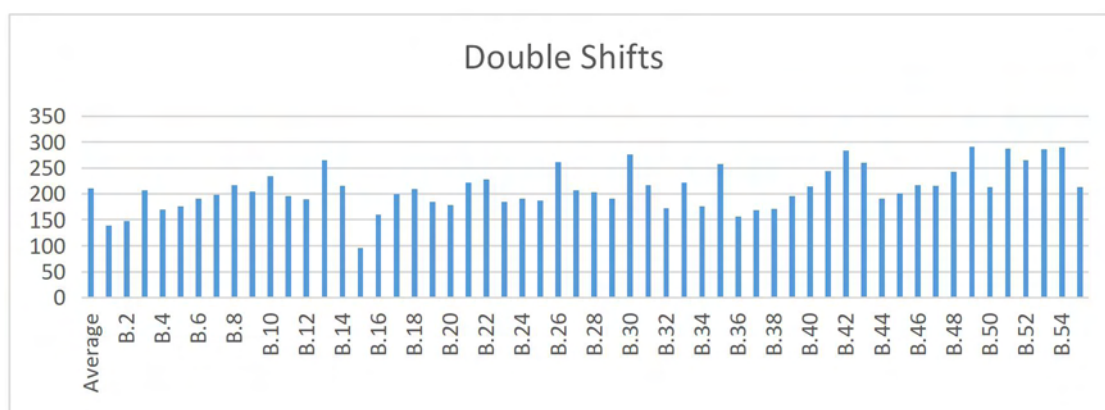
Εικόνα 6.3.6: Χρόνος εργασίας



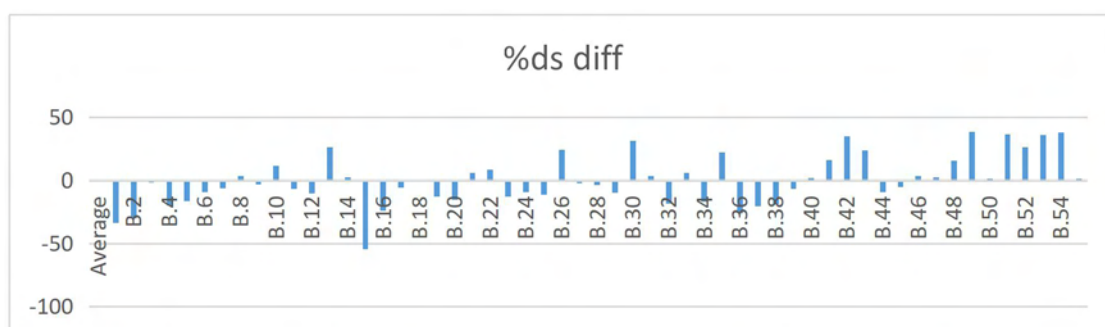
Εικόνα 6.3.7: Ποσοστιαία διαφορά χρόνου εργασίας μεταξύ λεωφορείων



Εικόνα 6.3.8: Διπλές βάρδιες ανά λεωφορείο (Κυριακές και Αργίες)



Εικόνα 6.3.8: Ποσοστιαία διαφορά διπλών βαρδιών από τον μέσο όρο



#### Παρατηρήσεις:

- 1) Πολύ καλή λύση στο τέλος της καταμετρημένης διάρκειας, με μέγιστη διαφορά από τον μέσο όρο στα 2% ή 1000 χλμ (= περίπου 2 βάρδιες).
- 2) Μεγάλη διαφορά στον ορισμό διπλών βαρδιών. Αυτό συνέβη διότι στις ρυθμίσεις της λύσης θεωρήθηκε η βαρύτητα των διπλών βαρδιών ίσον με 1, και επίσης δεν προστέθηκαν Αργίες στην λύση.
- 3) Ο χρόνος επίλυσης διήρκεσε περίπου έξι με επτά λεπτά.


*Συμπεράσματα:*

- 1) Το B-Ort προσφέρει έναν αποτελεσματικό, γρήγορο και αξιόπιστο εναλλακτικό τρόπο επίλυσης του προβλήματος χρονοπρογραμματισμού.
- 2) Η οργάνωση των βαρδιών παίζει σημαντικό ρόλο στην επίλυση του προβλήματος της ανάθεσης τους.

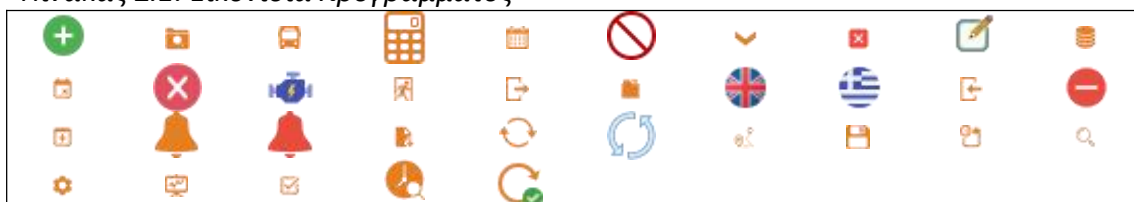
## **6.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Στο κεφάλαιο 6 πραγματοποιήθηκε αρχικά μία σύγκριση του αλγορίθμου οργάνωσης βαρδιών του B-Ort με την επίλυση του μαθηματικού μοντέλου με CPLEX και τις βάρδιες που ήταν οργανωμένες το 2019, και έπειτα μία ενδεικτική λύση του αλγορίθμου ανάθεσης βαρδιών. Και στις δύο περιπτώσεις, σε σχέση με τον χρόνο επίλυσης με βάση τους αλγορίθμους, τα αποτελέσματα είναι θετικά.

## 7. ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

	Τα λογότυπα του προγράμματος και του προγραμματιστή, σχεδιάστηκαν στο πρόγραμμα Krita .
---	---

Πίνακας Ζ.1: Εικονίδια προγράμματος



Πηγή: <https://icons8.com>

Για τις βάσεις δρομολογίων και γραμμών το πρόγραμμα προσφέρει τρόπους δημιουργίας αυτών από το μηδέν ή την εισαγωγή τους από υπάρχων αρχείο. Για τον έλεγχο των αλγορίθμων και του UI χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των γραμμών που είναι αναρτημένα στο διαδίκτυο, και βρίσκονταν σε ισχύ την στιγμή που δημιουργήθηκαν τα αρχεία των βάσεων δεδομένων του προγράμματος.

Πηγές δεδομένων γραμμών:

\*<http://www.astikovolou.gr/>

Δρομολόγια ανά ημέρα και ανά γραμμή, στάσεις, αριθμός λεωφορείων

\*<https://moovitapp.com/>

Πληροφορίες και χάρτες γραμμών

*Για μερικές γραμμές οι πληροφορίες που υπήρχαν στο διαδίκτυο δεν επαρκούσαν για την δημιουργία των απαραίτητων πινάκων, επομένως σχεδιάστηκαν στο google maps για να ληφθούν τα απαραίτητα στοιχεία.*

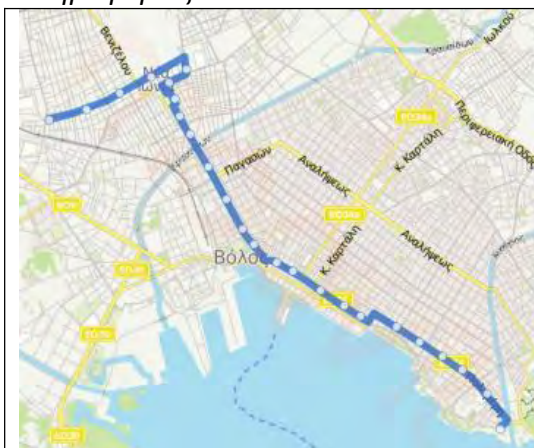
Όσο αφορά τις γραμμές αλλά και τα δρομολόγια ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί δεδομένα αυτών μέσα στο πρόγραμμα στα παράθυρα της καρτέλας Changes/Αλλαγές.

Πίνακας Ζ.2: Γραμμή 1 Άναυρο-Ν.Ιωνία(Πέτρου & Παύλου)

1		από ΑΝΑΥΡΟ ➔ Ν. ΙΩΝΙΑ (ΠΕΤΡΟΥ & ΠΑΥΛΟΥ)		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																					
ΠΟΛΥΜΕΡΗ - ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ - 2ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ - ΕΙΡΗΝΗΣ - ΕΘΝ. ΑΓΩΝΩΝ																									
λειτουργία από : 9/9/2019																									
Λιμνιός	Ποσειδωνία	Στρατηγική Στρατήγη	Πολύτασι Ιωάννου	Βλαχάβια	Καροαμβύτη	Μοιροκοφάτσι	Κοιμηνοπόλιος	Γαπέλι	Παύλου Μελέ	Ελευσας	Δυμωσία	Βασίλειος	Καποδιστριαύ	Κ. Παναγιώτμου	Σέμα	Γαβρομαίο	Ευαγγελία	Δυμωσία	Κασιζ ΟΤΕ	Τραπεζαείο	Πάρκο Λιμενική	Μόνιμος Τυφλοί	Πέτρου & Παύλου		
05	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ					ΣΑΒΒΑΤΟ					ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΓΙΗΣ					05									
06	10	30	45																				06		
07	00	12	24	36	48	00	15	30	45	00	20	40											07		
08	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											08
09	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											09
10	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											10
11	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											11
12	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											12
13	00	10	20	30	40	50	00	12	24	36	48	00	20	40											13
14	00	10	20	30	42	54	00	15	30	45	00	20	40											14	
15	06	18	30	45																				15	
16	00	15	30	42	54	00	20	40	55	00	20	40											16		
17	06	18	30	42	54	10	25	40	55	00	20	40											17		
18	06	18	30	42	54	10	25	40	55	00	20	40											18		
19	06	18	30	42	54	10	25	40	55	00	20	40											19		
20	06	18	30	42	54	10	25	40	55	00	20	40											20		
21	06	18	30	45																				21	
22	00	20	40																				22		
23																								23	
24																								24	

Χρήση των εισιτηρίων Α΄ Στάσης

Πληροφορίες:



**Στάσεις: 24**  
**Διάρκεια ταξιδιού: 14 λεπτά**

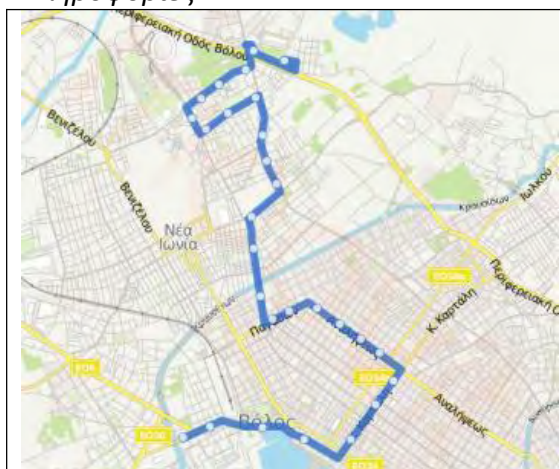


Πίνακας Ζ.4: Γραμμή 2 Κ.Αφετηρία-Αμπελόκηποι/Πανεπιστήμιο

2		από Κ. ΑΦΕΤΗΡΙΑ ➔ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ/ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ					ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																				
ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΙΑΣΟΝΟΣ - Κ.ΚΑΡΤΑΛΗ - ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ - ΠΑΓΑΣΩΝ - ΑΝΑΠΛΥΣΕΩΣ - ΦΥΤΟΚΟΥ																											
ήρκει από : 9/9/2021																											
Αφετηρία	Πολιάδ	Διμάρχειο	Στάσιος	Ερμού	Κυριακοντί	Νεραχτα	Κοιτηρέλια	Αθ. Δάσκα	Μεταρνασις	Οδύσσει	Μαγνησιαν	Κυριακοντί	Μεταρνασιου	Πασιφης	Κοιτηρέλια	Παρασκευασθίου	Ευκροά	Μεταρνασιου	Αγ. Νικολάου	Εφερησι	Πασιφης	Πολυπόδια	Σταβίου	Εργασιαις κατοικιαις	Φυτοκου	Πανεπιστημιου	Πόρτες Τέρμα
ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ											ΣΑΒΒΑΤΟ			ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ			ΩΡΑ									
05																		05									
06	40																	06									
07	00	15	32	40	48	52												00	25	45	35	07					
08	00	09	18	27	36	48												05	25	45	35	08					
09	00	12	24	36	48												05	25	45	35	09						
10	00	12	24	36	48												05	25	45	05	35	10					
11	00	12	24	36	48												05	25	45	05	35	11					
12	00	12	24	36	48												05	25	45	05	35	12					
13	00	12	24	36	48												05	25	45	05	35	13					
14	00	12	24	36	48												05	25	45	05	35	14					
15	00	15	30	45												00	30	05	35	15							
16	01	17	33	49												00	30	05	35	16							
17	05	20	35	50												00	30	05	35	17							
18	05	20	35	50												00	30	05	35	18							
19	05	20	35	50												00	30	05	35	19							
20	05	20	35	50												00	30	05	35	20							
21	05	20	35	50												00	30	00	30	21							
22	10	30												00	30	00	30	22									
23																		23									
24																		24									

Χρήση των εισιτηρίων Α' Ζώνης

Πληροφορίες:



**Στάσεις: 28**  
**Διάρκεια ταξιδιού: 17 λεπτά**

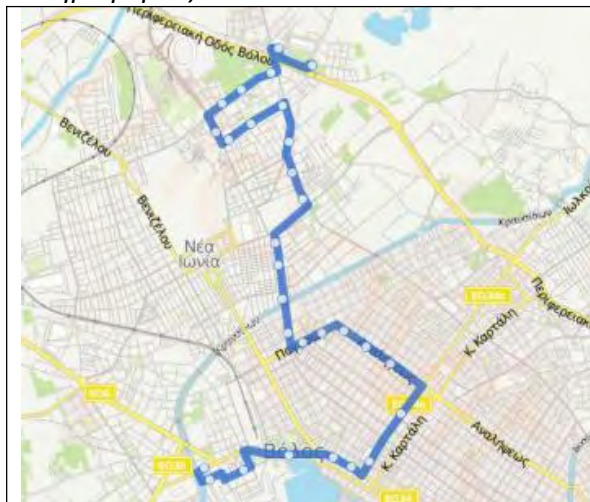


Πίνακας Ζ.5: Γραμμή 2 Αμπελόκηποι-Κ.Αφιετηρία

2		απο ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ ➔ Κ. ΑΦΙΕΤΗΡΙΑ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																										
ΦΥΤΟΚΟΥ - ΑΝΑΠΑΣΣΕΩΣ - ΠΑΓΑΣΩΝ - ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ - ΚΩΛΚΟΥ - ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ																														
(σύνολο από : 9/9/2019)																														
	Πύργος Τέρμα	Παισατεριόμα	Φυτόκου	Εργολογία Κόστακιες	Εταίοι	Πολυκαλιδικό	Ευαγγελίνας	Εφραίμ	Αγ. Γεωργίου	Μικροβλάσι	Βουσιού	Παρασκευαστράου	Λουλά	Παπιδόου	Ματταίοις	Αγ. Μιλτιάδης	Κουκουτά	Μιγνήλιου	Όσυχνης	Μαμαλιόσι	Αγ. Δούλη	Νουμαρίας	Πύργος Φαρμακίου	Γέμου	Παύλου Μιλιά	Σόλωνος	Απομαρτίου	Παύλου	Υπεροπικό ΚΤΕΑ	Αφιετηρία
ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ											ΣΑΒΒΑΤΟ			ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ			ΩΡΑ												
05																		05												
06	40																	06												
07	00	14	27	40	49												00	25	50	05	07									
08	02	14	26	38	50												10	30	50	05	08									
09	02	14	26	38	50												10	30	50	05	09									
10	02	14	26	38	50												10	30	50	05	35	10								
11	02	14	26	38	50												10	30	50	05	35	11								
12	02	14	26	38	50												10	30	50	05	35	12								
13	02	14	26	38	50												10	30	50	05	35	13								
14	02	09	22	35	48												10	30	45	05	35	14								
15	01	15	30	45												00	30		05	35	15									
16	00	15	30	45												00	30		05	35	16									
17	00	15	30	45												00	30		05	35	17									
18	00	15	30	45												00	30		05	35	18									
19	00	15	30	45												00	30		05	35	19									
20	00	15	30	45												00	30		05	35	20									
21	00	20	40												00	30		05	30	21										
22	05	30												00			00		22											
23																		23												
24																		24												

Χρήση των εισιτηρίων Α: Ζώνες

Πληροφορίες:



**Στάσεις: 29**

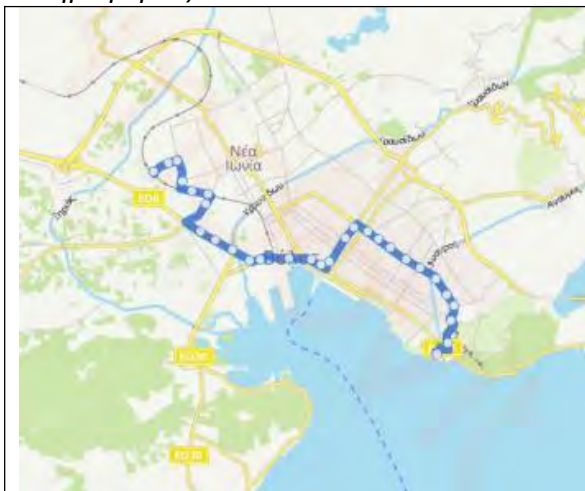
**Διάρκεια ταξιδιού: 17 λεπτά**

Πίνακας Ζ.6: Γραμμή 3 Άναυρο-Ν.Ιωνία(ΜΕΤΚΑ)

3		απο ΑΝΑΥΡΟ ➔ ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ (ΜΕΤΚΑ)		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																									
ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ-ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ-ΙΩΛΚΟΥ-ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ-ΛΑΜΠΡΑΚΗ-ΛΑΡΙΣΗΣ-ΜΠΟΤΣΑΡΗ-ΒΥΖΑΝΤΙΟΥ																													
Σημει από : 5/9/2021																													
Αναυρος	Εταύου	Κοιμητήριο	Σταύου	Αγ. Δημήτριος	Θεοφανίου	Παραβίου	Κοσμάκης	Μουραγιόπου	Αναλήψε	Αγ. Σπυρίδων	Μοραχιά	Ρίγη Φαραλά	Ερμού	Παύλου Μελά	Σόλωνος	Αρμασίου	Παύλου	ΚΤΕΛ	ΔΕΚ	Παυλοπού	Παυλοπού	Καταναυτή	Σολύγγου	Παύλου	Συβότιος	Παυλου & Παύλου	Καρόλου	Νοσοκίου	ΜΕΤΚΑ
ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ							ΣΑΒΒΑΤΟ			ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ			ΩΡΑ															
05	50													05															
06	15	35	55				45						06																
07	08	21	34	47				10	30	47	15	45	07																
08	00	12	24	36	48				03	19	35	50	15	45	08														
09	00	12	24	36	48				05	20	35	50	15	40	09														
10	00	12	24	36	48				05	20	35	50	00	20	40	10													
11	00	12	24	36	48				05	20	35	50	00	20	40	11													
12	00	12	24	36	48				05	20	35	50	00	20	40	12													
13	00	12	24	36	48				05	20	35	50	00	20	40	13													
14	00	12	24	36	50				05	20	35	47	00	20	40	14													
15	05	20	35	50				02	23	45	00	20	45	15	05	15													
16	05	20	35	50				05	25	45	15	40	16																
17	05	20	35	50				05	25	45	00	20	40	17															
18	05	20	35	50				05	25	45	00	20	40	18															
19	05	20	35	50				05	25	45	00	20	40	19															
20	05	20	35	50				05	25	45	00	20	40	20															
21	05	20	35	50				05	22	40	00	30	21																
22	10	30				00	15	30	00	30	22																		
23														23															
24														24															

Χρήση των εισιτηρίων Α' Ζώνης

Πληροφορίες:



Στάσεις: 29

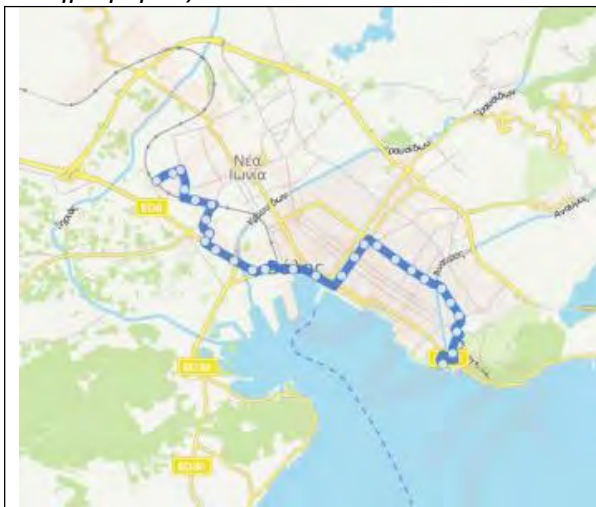
Διάρκεια ταξιδιού: 18 λεπτά

Πίνακας Ζ.7: Γραμμή 3 Ν.Ιωνία(ΜΕΤΚΑ)-Άναυρο

3		απο Ν. ΙΩΝΙΑ (ΜΕΤΚΑ) ➔ ΑΝΑΥΡΟΣ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																							
ΒΥΖΑΝΤΙΟΥ-ΜΠΟΤΣΑΡΗ-ΛΑΡΙΣΗΣ-ΛΑΜΠΡΑΚΗ-ΙΑΣΟΝΟΣ-Κ.ΚΑΡΤΑΛΗ-ΑΝΑΛΗΨΕΩΣ-ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ																											
(αρχειο από : 9/9/2019)																											
ΜΕΤΚΑ	Κουφοπέδι	Κυρβόλι	Πέτρος & Παύλου	Ευφύσις	Παύλωση	Μπακαλογγισο	Αγ. Ανδρέας	Παναγιώτα	Ταξιάρχια	ΙΣΗ	ΜΕΤΚΑ	Πέτακι	Διμορφία	Πόταμος	Γέφυρα	Κουστοκιά	Νομαρχία	Γέφυρα	Μικροπερίεση	Κασσέβητη	Πατριάρχου	Πατριάρχου	Αγ. Δημήτριος	Σταθία	Πολυμήτρου	Σταθία	Αναυρος
ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ					ΣΑΒΒΑΤΟ					ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ					ΩΡΑ											
05	50															05											
06	15	35	55						45										06								
07	08	21	34	47						10	30	45						15	45	07							
08	00	12	24	36	48						00	15	30	45						15	45	08					
09	00	12	24	36	48						00	15	30	45						15	45	09					
10	00	12	24	36	48						00	15	30	45	10	30	45						10				
11	00	12	24	36	48						00	15	30	45	10	30	45						11				
12	00	12	24	36	48						00	15	30	45	10	30	45						12				
13	00	12	24	36	48						00	15	30	45	10	30	45						13				
14	00	12	24	36	48						00	15	30	45	10	30	45						14				
15	00	15	30	45						00	15	30	50	15	45						15						
16	00	15	30	45						10	30	50	10	30	50						16						
17	00	15	30	45						10	30	50	10	30	50						17						
18	00	15	30	45						10	30	50	10	30	50						18						
19	00	15	30	45						10	30	50	10	30	50						19						
20	00	15	30	45						10	30	50	10	30	55						20						
21	00	15	30	50						10	30	50	20	45						21							
22	10	30						10	30						05	30						22					
23																					23						
24																					24						

Χάρτη των εσωτερικών Α΄ Δίπλων

Πληροφορίες:



**Στάσεις: 28**  
**Διάρκεια ταξιδιού: 18 λεπτά**

Πίνακας Ζ.8: Γραμμή 4 ΟΑΕΔ-Αηδονοφωλιές

4		από ΟΑΕΔ ➔ ΑΗΔΟΝΟΦΩΛΙΕΣ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.														
ΟΑΕΔ - ΝΕΑΠΟΛΕΩΣ - ΛΑΡΙΣΗΣ - ΑΦΕΤΗΡΙΑ ΚΤΕΛ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΙΑΣΟΝΟΣ - Κ.ΚΑΡΤΑΛΗ - Γ. ΔΗΜΟΥ - ΙΩΛΚΟΥ																		
Ισχύει από : 9/9/2019																		
	ΟΑΕΔ	Παλαιά	Παραποταμίο	Σιδωνικός	Ερμού	Κωνσταντίνος	Νομαρχίας	Αγίου Ονούφριου	Λαϊκού	Σκουφιά	Μελισσι	Κολλυμιάς	Αφίσκου	Παναγιώτου	Αγ. Γεωργίου	Κηφισός	Αηδονοφωλιές	
05	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ							ΣΑΒΒΑΤΟ							ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ		05	
06	00	20	35	50					30	50								06
07	03	12*	24*	36	48				10	30*	45			10	40			07
08	00*	12	24	36*	48				00	15	30	45		10	40*			08
09	00	12	24	36	48				00*	15	30	45		10	30	50		09
10	00*	12	24	36	48				00*	15	30	45		10	30	50		10
11	00*	12	24	36	48				00	15	30	45		10	30	50		11
12	00*	12	24	36	48				00*	15	30	45		10*	30	50		12
13	00	12*	24	36	48*				00	15*	30	45*		10	30	50		13
14	00*	12	24	36	48*				00*	15	30	45*		10	30			14
15	00	15	30	45*					08	24	45			00	30			15
16	00	15	30	45*					05	25	45*			00	30*			16
17	00	15	30	45					05	25*	45			00	30	50		17
18	00*	15	30	45					05*	25	45			10*	30	50		18
19	00*	15	30	45					05	25*	45			10	30	50		19
20	00*	13	26	39	52				05	25*	45			10*	30	50		20
21	05*	20	35	53					05	25	45			10	30	50		21
22	10	30							05	30				10	30			22
23																		23
24																		24

\* Άγιος Ονούφριος (Γάρφυρα)  
\* Άγιος Ονούφριος (Γάκκεια)

Κρήση των καταστάσεων Α: Σύνολο

Πληροφορίες:

	<p><b>Αηδονοφωλιές</b>  <b>Στάσεις: 17</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 12 λεπτά</b></p>
	<p><b>Άγιος Ονούφριος</b>  <b>Στάσεις: 19</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 13 λεπτά</b></p>

Πίνακας Ζ.9: Γραμμή 4 Αηδονοφωλιές-ΟΑΕΔ

4		απο ΑΗΔΟΝΟΦΩΛΙΕΣ ➔ ΟΑΕΔ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.	
ΙΩΛΚΟΥ - ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΑΦΕΤΗΡΙΑ ΚΤΕΛ - ΛΑΡΙΣΗΣ - ΝΕΑΠΟΛΕΩΣ - ΟΑΕΔ					
Ισχύει από : 9/9/2019					
Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές
Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές	Αηδονοφωλιές
05	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ			ΣΑΒΒΑΤΟ	
06	10	32	50		
07	05	21	36	45 <sup>Α</sup>	
08	00*	12	24	36*	48
09	00	10 <sup>Α</sup>	24	36	48
10	00	12	24	34 <sup>Α</sup>	48
11	00	12	24	34 <sup>Α</sup>	48
12	00	12	24	34 <sup>Α</sup>	48 58
13	08	18	30	42 <sup>Α</sup>	54
14	06	18*	30*	42	55
15	08	18*	32	47	
16	02	15*	32	47	
17	02	15*	32	47	
18	02	17	30*	47	
19	02	17	30*	47	
20	02	17	30*	46	58
21	08	24	38*	50	
22	05	17	35	55	
23					
24					
* Άγιος Ονούφριος (Γέφυρα)					
<sup>Α</sup> Άγιος Ονούφριος (Πλατεία)					
Χάρτες των σταθμών Α' Στάσης					

Πληροφορίες:

	<p><b>Αηδονοφωλιές</b>  <b>Στάσεις: 18</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 12 λεπτά</b></p>
	<p><b>Άγιος Ονούφριος</b>  <b>Στάσεις: 21</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 14 λεπτά</b></p>

Πίνακας Ζ.10: Γραμμή 4 Αφεταιρία-Κατηχώρι/Σταγιάτες

Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
6:40	6:40	6:40	6:40	6:40	7:45	-
8:00	8:00	8:00	8:00	8:00	12:45	-
11:25*	11:25*	11:25*	11:25*	11:25*	-	-
14:25*	14:25*	14:25*	14:25*	14:25*	-	-
15:45*	15:45*	15:45*	15:45*	15:45*	-	-
17:40*	17:40*	17:40*	17:40*	17:40*	-	-

\*Τα δρομολόγια αυτά αναχωρούν από Αηδονοφωλιές

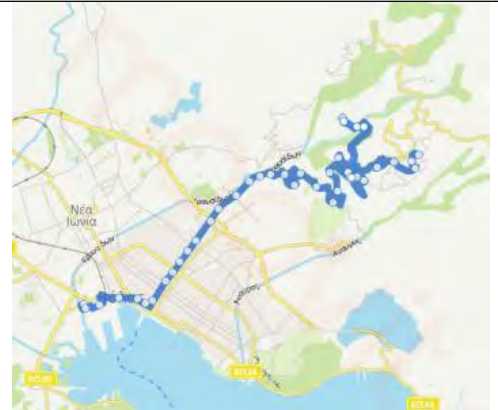
Πληροφορίες:

	<b>Αφεταιρία</b> Στάσεις: 33 Διάρκεια ταξιδιού: 24 λεπτά
	<b>Αηδονοφωλιές</b> Στάσεις: 15 Διάρκεια ταξιδιού: 12 λεπτά

Πίνακας Ζ.11: Γραμμή 4 Κατηχώρι/Σταγιάτες-Αφεταιρία

Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο
7:10/7:20	7:10/7:20	7:10/7:20	7:10/7:20	7:10/7:20	8:05/8:15
8:15/8:25	8:15/8:25	8:15/8:25	8:15/8:25	8:15/8:25	13:15/13:25
11:45/11:55	11:45/11:55	11:45/11:55	11:45/11:55	11:45/11:55	-
14:45/14:55	14:45/14:55	14:45/14:55	14:45/14:55	14:45/14:55	-
16:05/16:15	16:05/16:15	16:05/16:15	16:05/16:15	16:05/16:15	-
18:00/18:10	18:00/18:10	18:00/18:10	18:00/18:10	18:00/18:10	-

Πληροφορίες:

	<b>Αφεταιρία</b> Στάσεις: 44 Διάρκεια ταξιδιού: 33 λεπτά

Πίνακας Ζ.12: Γραμμή 5 Αφεταιρία-Τέρμα Λεχώνια/Πλατανίδια

5		από Κ. ΑΦΕΤΗΡΙΑ ➔ ΤΕΡΜΑ ΛΕΧΩΝΙΑ/ ΠΛΑΤΑΝΙΔΙΑ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΦΡΟΝΙΣΕΙΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.																																
ΛΑΜΠΡΑΧΗ - ΙΑΣΩΝΟΣ - ΠΟΛΥΜΕΡΗ - ΑΓΡΙΑ - ΚΑΤΩ ΛΕΧΩΝΙΑ - ΑΝΩ ΛΕΧΩΝΙΑ																																				
ημερί από : 8/9/2018																																				
Αφεταιρία	Πλάσι	Αγιοσταθίου	Ελάσσας	Παράση	Καμνήνη	Μαμάρα	Αελλογούνη	Βιλαρβία	Ολύμπου Ιωνίου	Ποσειδέα	ΝΟΒ	Ταμάλια	Αγ. Αράβης	Λατρώα	Παλάραλη	Καθ'Ημερεύον	Μησακός	Σουφου	Αγιοσταθίου	Αγ. Γεωργίου	Κέντρα Αγίας	ΕΟΛ	Μυτιλή Ανωκός	Αίλινα	Πέλας	Μυτιλή Κάτω Αγκυριών	Τέρμα	Απταμιά	Κάτω Λεχώνια	Αγ. Γεωργίου	Αγρία	Ορφανού	Πλατανός	Αφεταιρία	Αγ. Αθανάσιος	Τέρμα Λεχώνια
ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ																ΣΑΒΒΑΤΟ		ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΓΙΟΣ		ΩΡΑ															
05	20																				05															
06	00	30*	50*													05*	30			06																
07	05	20*	40													00*	30	00*	40	07																
08	00*	20	40													00*	30	20	08																	
09	00*	20	40													00*	30	00*	40	09																
10	00*	20	40													00*	30	20	10																	
11	00*	20	40													00*	30	00*	30	11																
12	00*	20	40													00*	30	00	30	12																
13	00*	20*	40													00*	30	00*	30	13																
14	00*	20	40													00*	30	00	30	14																
15	00*	25	50													00*	30	00*	30	15																
16	15*	40														00*	30	00	30	16																
17	00*	20	40													00*	30	00*	30	17																
18	00*	20	40													00*	30	00	30	18																
19	00*	20	40													00*	30	00*	30	19																
20	00*	20	40													00*	30	00	30	20																
21	05*	30														00*	30	00*	30	21																
22	00*	30*														00*	30*	00*	30*	22																
23																	23																			
24																	24																			

Το δρομολόγιο με (\*) παρακάτω αν στο Πλατανίδια

Εργασιές/εργασίες Α Τέρμα από Αφεταιρία έως ΝΟΒ και Β Τέρμα από Ταμάλια έως Τέρμα Λεχώνια. Όταν υπάρχει κτύπος από Δευτ. αρχίζει το δρομολόγιο Α Τέρμα.

Πληροφορίες:

	<p><b>Τέρμα Λεχώνια</b>  <b>Στάσεις: 38</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 35 λεπτά</b></p>
	<p><b>*Πλατανίδια</b>  <b>Στάσεις: 38</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 34 λεπτά</b></p>



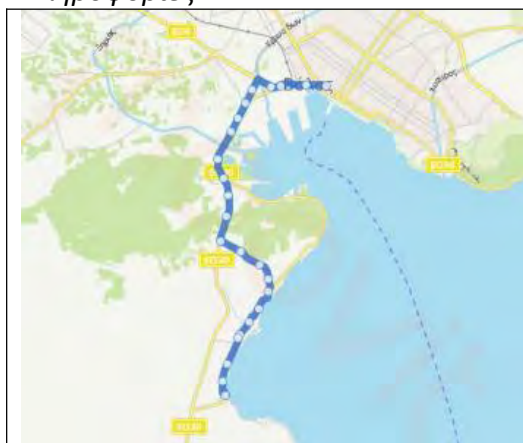


Πίνακας Ζ.14: Γραμμή 6 ΟΑΕΔ-Αλυκές/Άγιος Στέφανος

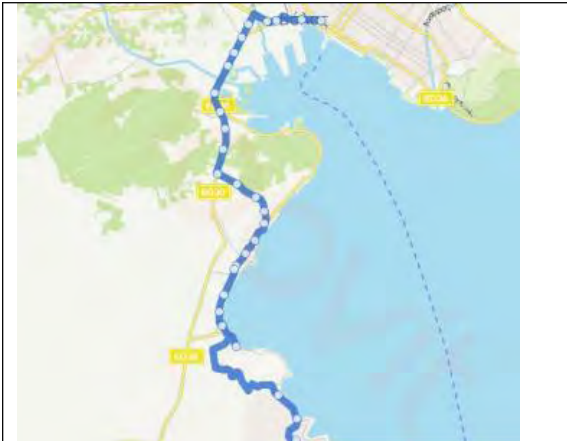
Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
		6:30			7:00	8:10
		7:05*/7:10			8:00	9:00
		7:45			9:00	10:00
		8:30			10:00	11:00
		9:00			10:40	12:00
		9:30			11:20	13:00
		10:00			12:00	14:00
		10:30			12:40	15:00
		11:00			13:20	16:00
		11:30			14:00	17:00
		12:00			14:30	18:00
		12:30			15:00	19:00
		13:00			16:00	20:00
		13:30			17:00	21:00
		14:05/14:10*			18:00	22:00
		14:30			19:00	-
		15:00			20:00	-
		15:40			21:00	-
		16:20			22:00	-
		17:00			-	-
		17:30			-	-
		18:00			-	-
		18:30			-	-
		19:00			-	-
		19:30			-	-
		20:00			-	-
		20:30			-	-
		21:00			-	-
		21:30			-	-
		22:05			-	-

\*Προς Άγιο Στέφανο

Πληροφορίες:



**Αλυκές**  
**Στάσεις: 24**  
**Διάρκεια ταξιδιού: 18 λεπτά**

	<p><b>Άγιος Στέφανος</b>  <b>Στάσεις: 28</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 23 λεπτά</b></p>
---	--

Πίνακας Ζ.15: Γραμμή 6 Αλυκές/Άγιος Στέφανος- ΟΑΕΔ

Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	Σάββατο	Κυριακή
		6:48			7:18	8:28
		7:28*			8:18	9:18
		8:03			9:18	10:18
		8:48			10:18	11:18
		9:18			10:58	12:18
		9:48			11:38	13:18
		10:18			12:18	14:18
		10:48			12:58	15:18
		11:18			13:38	16:18
		11:48			14:18	17:18
		12:18			14:48	18:18
		12:48			15:18	19:18
		13:18			16:18	20:18
		13:48			17:18	21:18
		14:28*			18:18	22:18
		14:48			19:18	-
		15:18			20:18	-
		15:58			21:18	-
		16:38			22:18	-
		17:18			-	-
		17:48			-	-
		18:18			-	-
		18:48			-	-
		19:18			-	-
		19:48			-	-
		20:18			-	-
		20:48			-	-
		21:18			-	-
		21:48			-	-
		22:23			-	-

\*Από Άγιο Στέφανο

Πληροφορίες:

	<p><b>Αλυκές</b>  <b>Στάσεις: 20</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 19 λεπτά</b></p>
	<p><b>Άγιος Στέφανος</b>  <b>Στάσεις: 23</b>  <b>Διάρκεια ταξιδιού: 20 λεπτά</b></p>

Πίνακας Ζ.16: Γραμμή 7 Προς-Από Άλλη Μεριά

<b>Καθημερινές</b>				
<b>Αναχώρηση</b>		<b>Επιστροφή</b>		<b>Διάρκεια</b>
7:40	Αηδονοφωλιές	7:47	Άλλη Μεριά(ΚΥΠ)	7
8:50	Αφετηρία(ΚΥΠΡΟΥ)	9:30/9:40	Αλ.Μερ/Αγ.Τριάδα	40/50
10:30	Αηδονοφωλιές	10:45/10:55	Αλ.Μερ/Πρ.Ηλιας	15/25
11:20	Αφετηρία(ΚΥΠΡΟΥ)	11:45	Άλλη Μεριά(ΚΥΠ)	25
12:30	Αηδονοφωλιές	12:45/12:55	Αλ.Μερ/Αγ.Τριάδα	15/25
14:00	Αφετ-Αναλ-Δημ-Περιφ	14:30	Άλλη Μεριά(ΚΥΠ)	30
16:40	Αηδονοφωλιές	16:55/17:05	Αλ.Μερ/Πρ.Ηλιας	15/25
21:15	Αφετηρία(ΚΥΠΡΟΥ)	21:35/21:45	Αλ.Μερ/Πρ.Ηλιας	20/30
<b>Σάββατο</b>				
<b>Αναχώρηση</b>		<b>Επιστροφή</b>		<b>Διάρκεια</b>
8:55	Αηδονοφωλιές	9:10/9:20	Αλ.Μερ/Αγ.Τριάδα	15/25
14:40	Αφετηρία(Ανακασιά)	15:05	Άλλη Μεριά(ΚΥΠ)	25

Πίνακας Ζ.17: Γραμμή 8 ΟΑΕΔ-ΔΙΜΗΝΙ

8

από ΟΑΕΔ ➔ ΔΙΜΗΝΙ

ΟΑΕΔ - ΝΕΑΠΟΛΕΩΣ - ΦΙΛΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ - ΣΑΜΟΥΣ - ΔΕΡΒΕΝΑΚΙΩΝ - ΔΙΜΗΝΙΟΥ - ΔΙΜΗΝΙ

ΑΣΤΙΣΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.

Ισχύει από : 9/9/2019

α/α	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΤΙΣΣ	α/α
05				05
06				06
07	30	35		07
08				08
09	30	30		09
10				10
11	10		25	11
12	30	30		12
13				13
14	23	20	30	14
15				15
16	20			16
17	45			17
18		35		18
19	30			19
20				20
21	35	35		21
22				22
23				23
24				24

Κύρια του Κελεσιόπουλου Α. Ζαφειρ

Πληροφορίες:

**Στάσεις: 7**

**Διάρκεια ταξιδιού: 12 λεπτά**

Πίνακας Ζ.18: Γραμμή 9 Αφεταιρία-Χιλιαδού-Αλιβέρι-Μελισ/τικά

**9** από Κ. ΑΦΕΤΗΡΙΑ - ΧΙΛΙΑΔΟΥ-ΑΛΙΒΕΡΙ - ΜΕΛΙΣ/ΤΙΚΑ

ΑΙΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.

ΑΜΠΙΡΑΒΗ - Ε. ΚΑΡΤΑΜΗ - ΚΡΑΝΗΡΕΣΣΗ - ΝΕΓΚΙΟΦΟΡΟΣΣΙΔΟΣ - Γ. ΣΙΜΩΝ - ΠΑΡΑΚΕΙΦΟΤΙΔΩΝΟΥ - ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ - ΔΟΣΟΠΟΛΕΩΣ - ΕΛ ΒΕΝΕΖΕΛΟΥ - ΜΕΛΙΣΣΑΤΙΚΑ

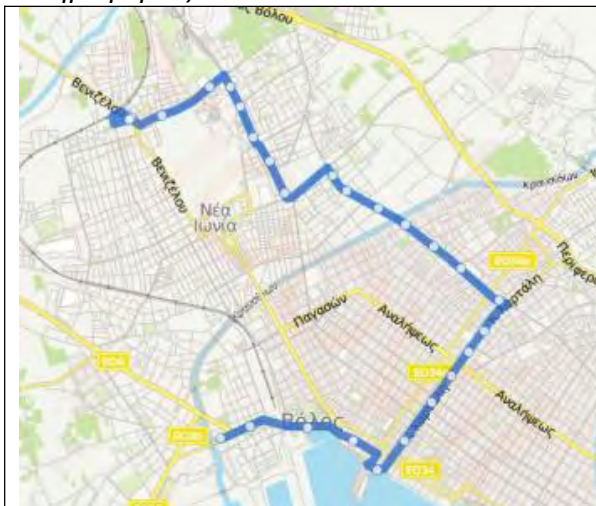
Γενικά από : 9/9/2019

ΩΡΑ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ	ΩΡΑ
05				05
06				06
07	05*	35*		07
08	05			08
09	05*	05		09
10	05	35*		10
11	05*			11
12	05	05		12
13	10*	05*		13
14	10*	35		14
15	05			15
16	35*	35*		16
17				17
18	05*	05		18
19	35	35		19
20				20
21	20*	20*		21
22				22
23				23
24				24

ΤΑ ΣΠΟΝΔΙΟΛΟΓΙΑ ΜΕ \* ΜΕΛΙΣΣΑΤΙΚΑ

Ολική εστιασμένη Α΄ ζώνη από Αφεταιρία έως ΝΟΒ και Β΄ ζώνη από Παράκειφωτοςσίδωσ έως Αλιβέρι. Δεν εκτελεί από τους ζώνες υπηρεσία τα εστιασμένα Α΄ ζώνη.

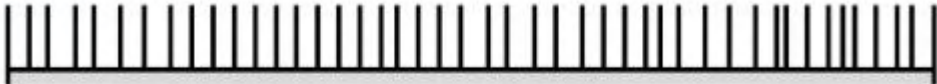

Πληροφορίες:



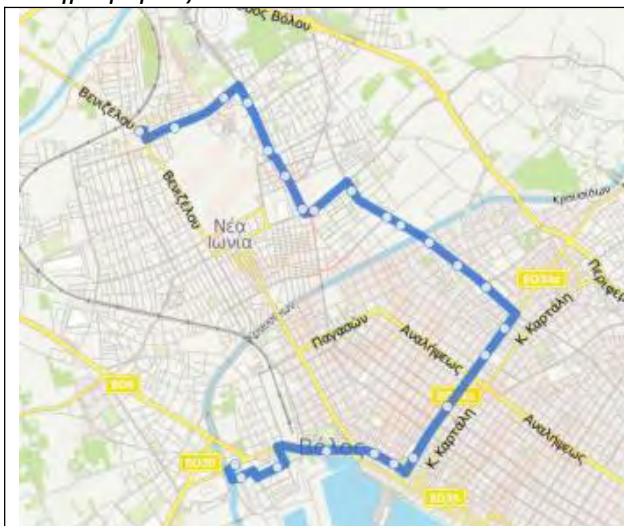
**Στάσεις: 26**

**Διάρκεια ταξιδιού: 16 λεπτά**

Πίνακας Ζ.19: Γραμμή 9 Μελισ/τικάΑλιβέρι-Χιλιαδού-Αφετηρία

9		από ΜΕΛΙΣ/ΚΑ - ΑΛΙΒΕΡΙ-ΧΙΛΙΑΔΟΥ ☞ Κ. ΑΦΕΤΗΡΙΑ	ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.	
ΜΕΝΔΑΣΣΑ ΕΛ ΜΑΞΙΜΟ - ΜΟΣΧΟΡΑΚΙ - ΑΓ ΝΙΚΟΛΑΟΣ - ΠΑΡΑΚΕΤΟΠΟΛΙΟΥ - Γ. ΕΜΜΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ/ΕΚΔΑΡΜΕΣ - ΚΑΛΥΨΟ - ΔΗΜΗΤΡΑΚΙΣ - ΛΥΜΠΡΑΚ				
Αρχική υπεύθ: 8/9/2018				
				
α/α	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΤΙΕΣ	α/α
05				05
06				06
07	40*			07
08	40	10*		08
09	40*	40		09
10	40			10
11	40*	10*		11
12	40	40		12
13	45*	40*		13
14	45*			14
15	40	10		15
16				16
17	10*	10*		17
18	40*	40		18
19				19
20	10	10		20
21	55*	55*		21
22				22
23				23
24				24
ΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ * ΜΕΛΙΣΣΑΤΙΚΑ				
				

Πληροφορίες:



Στάσεις: 24

Διάρκεια ταξιδιού: 17 λεπτά

## Πίνακας Z.20: Γραμμή 11 Αφεταιρία-Νέο Κοιμητήριο

11		από ΑΦΕΤΗΡΙΑ ➔ ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ	ΑΕΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.
Ισχύει από : 5/9/2019			
05	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ
06			
07			
08			
09	30*	30*	30*
10	30*	30*	30*
11	30*	30*	30*
12			
13			
14			
15	30**	30**	30**
16	50*	50*	50*
17			
18			
19			
20			

**[\*] ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Τα δρομολόγια 08:30, 09:30, 10:30 & 18:30 έχουν μετατόπιση από την ΑΦΕΤΗΡΙΑ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΛΑΡΙΣΣΗ - ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ

**[\*\*] ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το δρομολόγιο 17:30 έχει μετατόπιση από την ΑΦΕΤΗΡΙΑ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΙΑΣΩΝΙΣ - ΦΙΛΕΛΛΗΝΩΝ - ΠΟΛΥΜΕΡΗ - ΣΤΑΔΙΟΥ - ΘΗΣΙΣΣ - ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ - ΑΝΑΛΗΨΙΣΣ - ΠΑΓΑΣΩΝ - 7 ΠΛΑΤΑΝΩΝ - ΑΝΑΨΥΞΙΣΣ - ΜΑΥΡΑΔΡΟΥ - ΙΚΑΡΩΝ - ΕΘΝΙΚΩΝ ΑΓΩΝΩΝ - ΚΟΡΣΕΛΙΟΥ - ΠΑΠΑΡΗΓΑ - ΜΠΟΤΣΑΡΗ - ΛΑΡΙΣΣΗ - ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ

Κρήνη των εισιτηρίων Β' Στάσης

## Πίνακας Z.21: Γραμμή 11 Νέο Κοιμητήριο-Αφεταιρία

11		από ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ ➔ ΑΦΕΤΗΡΙΑ	ΑΕΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.
Ισχύει από : 9/9/2019			
05	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ
06			
07			
08			
09	45*	45*	45*
10	45*	45*	45*
11	45*	45*	45*
12			
13			
14			
15			
16	15*	15*	15*
17	10**	10**	10**
18			
19			
20			

**[\*] ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Τα δρομολόγια 08:45, 09:45, 10:45 & 18:30 έχουν επιστροφή από το ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ - ΛΑΡΙΣΣΗ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΑΦΕΤΗΡΙΑ

**[\*\*] ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Το δρομολόγιο 18:20 έχει επιστροφή από το ΝΕΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ - ΛΑΡΙΣΣΗ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΑΦΕΤΗΡΙΑ - ΜΠΟΤΣΑΡΗ - ΠΑΠΑΡΗΓΑ - ΚΟΡΣΕΛΙΟΥ -

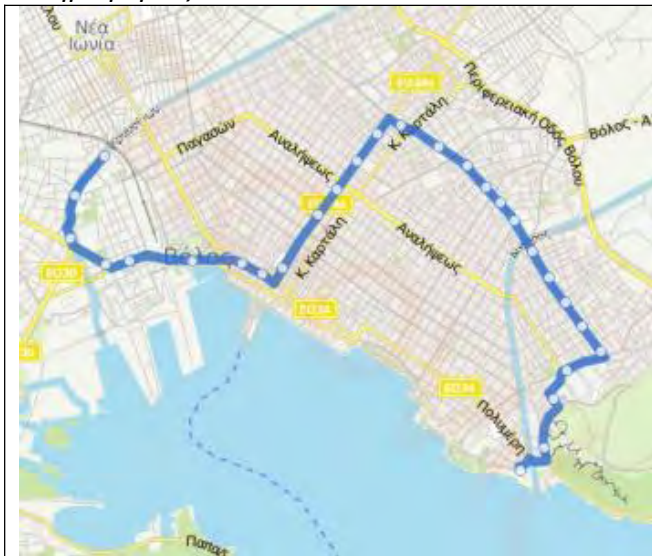
Κρήνη των εισιτηρίων Β' Στάσης

Πίνακας Ζ.22: Γραμμή 15 Άναυρο-Παλαιά

15		από ΑΝΑΥΡΟ ➔ ΠΑΛΑΙΑ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.	
ΟΡΜΙΝΙΟΥ - Γ. ΔΗΜΟΥ - ΙΩΛΚΟΥ - ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ - ΛΑΜΠΡΑΧΗ - ΖΑΧΟΥ					
Αρχειο από : 9/9/2019					
Αναυρος	Επιβίβαση	Αναυρος	Επιβίβαση	Παλαιά	Καταβίβαση
05	05	06	06	07	07
06	30 45	07	00 15 30 45	08	00 15 30 45
07	00 15 30 45	08	00 15 30 45	09	00 15 30 45
08	00 15 30 45	09	00 15 30 45	10	00 15 30 45
09	00 15 30 45	10	00 15 30 45	11	00 15 30 45
10	00 15 30 45	11	00 15 30 45	12	00 15 30 45
11	00 15 30 45	12	00 15 30 45	13	00 15 30 45
12	00 15 30 45	13	00 15 30 45	14	00 15 30 45
13	00 15 30 45	14	00 15 30 45	15	00 15 30 45
14	00 15 30 45	15	00 15 30 45	16	00 15 30 45
15	00 15 30 45	16	00 15 30 45	17	00 15 30 45
16	00 15 30 45	17	00 15 30 45	18	00 15 30 45
17	00 15 30 45	18	00 15 30 45	19	00 15 30 45
18	00 15 30 45	19	00 15 30 45	20	00 15 30 45
19	00 15 30 45	20	00 15 30 45	21	00 15 30 45
20	00 15 30 45	21	00 15 30 45	22	05
21	00 20 40	22	05	23	23
22	05	23	23	24	24
23		24			
24					

Χρήση των εισιτηρίων Α΄ Ζώνης.

Πληροφορίες:



Στάσεις: 28

Διάρκεια ταξιδιού: 18 λεπτά

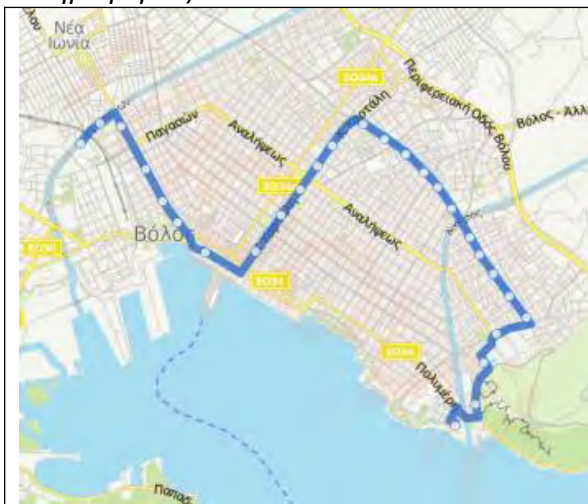


Πίνακας Ζ.23: Γραμμή 15 Παλαιά-Αναυρο

15		απο ΠΑΛΑΙΑ ➔ ΑΝΑΥΡΟ		ΑΣΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΣΙΜΕΣ ΕΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.									
ΖΑΧΟΥ - 2ας ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ - ΙΑΣΩΝΟΣ - Κ.ΚΑΡΤΑΛΗ - Γ. ΔΗΜΟΥ - ΟΡΜΙΝΙΟΥ													
έκδοση από : 9/9/2019													
04	ΔΕΥΤΕΡΑ - ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ				ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ	04						
05							05						
06	30	55			50		06						
07	10	25	41	56	10	25	46	30	55	07			
08	11	25	41	56	06	25	41	56	00	25	55	08	
09	11	26	41	56	11	26	41	56	25	55	09		
10	11	27	43	58	11	26	41	56	25	55	10		
11	13	28	43	58	11	26	41	56	25	55	11		
12	13	28	43	58	11	26	41	56	25	55	12		
13	13	28	43	57	11	26	41	56	25	55	13		
14	12	26	41	56	11	26	41	56	25	55	14		
15	11	26	41	56	11	26	46		25	55	15		
16	11	26	41	56	06	26	46		25	55	16		
17	11	26	41	56	06	26	46		25	55	17		
18	11	26	41	56	06	26	46		25	55	18		
19	11	26	41	56	06	26	46		25	55	19		
20	11	26	41	56	06	26	46		25	55	20		
21	11	26	43		06	26	46		25		21		
22	05				05				00			22	
23													23
24													24

Χρέως των εισιτηρίων Α. Σάκης

Πληροφορίες:



Στάσεις: 27

Διάρκεια ταξιδιού: 17 λεπτά

Πίνακας Z.24: Γραμμή 49 Αφεταιρία-Αγ.Παρασκευή

**49** από ΑΦΕΤΗΡΙΑ ➔ ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΙΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.  
 ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΙΑΣΩΝΟΣ Κ.ΚΑΡΤΑΛΗ - Γ.ΔΗΜΟΥ - ΙΩΑΚΟΥ - ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΣ - ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ - ΑΓ. ΚΥΡΙΑΚΗ  
 Ισχύει από : 9/9/2019

σημ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ	σημ
05				05
06				06
07	20	40		07
08	25			08
09				09
10				10
11	00	30		11
12				12
13				13
14	05	10		14
15				15
16	20			16
17				17
18	20			18
19				19
20				20
21	10			21
22				22
23				23
24				24

Χρήση των εκπομπών Α΄ Ζώνης.

Πίνακας Z.25: Γραμμή 49 Αγ.Παρασκευή-Αφεταιρία

**49** από ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ➔ ΑΦΕΤΗΡΙΑ ΑΙΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΤΕΛ ΒΟΛΟΥ Α.Ε.  
 ΑΓ. ΚΥΡΙΑΚΗ - ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ - ΠΑΝΤΑΖΟΠΟΥΛΟΣ - ΙΩΑΚΟΥ - ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΣ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ - ΑΦΕΤΗΡΙΑ  
 Ισχύει από : 9/9/2019

σημ	ΔΕΥΤΕΡΑ έως ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ/ ΑΡΓΙΕΣ	σημ
05				05
06				06
07	40			07
08	50	05		08
09				09
10				10
11	25	55		11
12				12
13				13
14	30	35		14
15				15
16	45			16
17				17
18	45			18
19				19
20				20
21	25			21
22				22
23				23
24				24

Χρήση των εκπομπών Α΄ Ζώνης.

Πίνακας Ζ.26: Πίνακας γραμμών

Line No	From	To	Duration	Distance
No.1	Anavros	Nea Ionia (Petrou kai Paulou)	14	4,4
No.1-R	Nea Ionia (Petrou kai Paulou)	Anavros	17	4,7
No.2	K.Afetiria	Ampelokipoi/Panepistimio	17	4,9
No.2-R	Ampelokipoi/Panepistimio	K.Afetiria	17	4,9
No.3	Anavros	Nea Ionia (METKA)	18	4,9
No.3-R	Nea Ionia (METKA)	Anavros	18	4,9
No.4*	OAED	Aidonofolies	12	5,5
No.4-R*	Aidonofolies	OAED	12	5,5
No.5	k.Afetiria	Terma Lexonia/Platanidia	34	15,2
No.5-R	Terma Lexonia/Platanidia	k.Afetiria	34	15,2
No.6	OAED	Alukes/AgiosStefanos	18	4,2
No.7	K.Afetiria/Aidonofolies	Alli Meria	15	3,5
No.7-R	Alli Meria	K.Afetiria/Aidonofolies	15	3,5
No.8	OAED	Dimini	13	4,2
No.9	Afetiria	Aliveri	16	5,5
No.9-R	Aliveri	Afetiria	17	5,5
No.11	Afetiria	Neo Kimitirio	10	2,5
No.11-R	Neo Kimitirio	Afetiria	10	2,5
No.15	Anavros	Palaia	18	4,4
No.15-R	Palaia	Anavros	17	4,4
No.49	Afetiria	Agia Praskevi	19	5,1
No.49-R	Agia Paraskevi	Afetiria	19	5,1

\*Οι αποστάσεις μετρήθηκαν μετά την χαρτογράφηση των γραμμών στο google maps

## 8. ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΕ Java

### 8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα έκδοση, κατά την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας, το B-Opt αριθμεί περισσότερες από 25.000 γραμμές κώδικα εκ των οποίων πολλές αφορούν την δημιουργία και σχεδιασμό του UI, την δημιουργία και κατανομή πινάκων, βασικές λογικές εντολές, μεταφράσεις και ορισμοί μεταβλητών. Για αυτόν τον λόγο στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν μόνο οι κώδικες που αφορούν τους αλγόριθμους επίλυσης των προβλημάτων.

#### 8.2.1 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΕΝΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ

```
//Prwto bhma tis epilisis einai na dimioyrgisoume sugxrnismena dromologia
//Gia na ginei auto tha prepei na lambanoume upopsi tis topothesies pou ethese o xristis
gia dialleima
```

```
//Gia na sugxrnistous duo dromologia tha prepei.idia mera, epitrepti wra, proorismoι
idioi kai eπisis idioi me breakpoint,maximum dyo arithmoi
//Gia na ta petuxoume auta orizoume megisto arithmo sugxrnismenwn =2
```

```
int f = -1;
optimize.shifts4model.setRowCount(0);
for (int i = 0; i < optimize.shifts1model.getRowCount(); i++) {

    Shifts.jProgressBar1.setMinimum(0);
    Shifts.jProgressBar1.setMaximum(optimize.shifts1model.getRowCount());
    Shifts.jProgressBar1.setValue(i);
    Shifts.jLabelStatus.setText("Stage 1/4");
    //eelgxos na min exoun prosdioristei
    if (optimize.shifts1model.getValueAt(i, 7).toString().equals("")) {
        f = f + 1;
        optimize.shifts1model.setValueAt(f, i, 7);
        LocalDateTime timei = LocalDateTime.parse(optimize.shifts1model.getValueAt(i,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        LocalDateTime firsttimeparameter =
LocalTime.parse(ShiftsSettings.jTextFieldPeak11.getText().toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        LocalDateTime secondtimeparameter =
LocalTime.parse(ShiftsSettings.jTextFieldPeak12.getText().toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        LocalDateTime thirtimeparameter =
LocalTime.parse(ShiftsSettings.jTextFieldPeak21.getText().toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        LocalDateTime fourthtimeparameter =
LocalTime.parse(ShiftsSettings.jTextFieldPeak22.getText().toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
```

```

        double mult =
Double.valueOf(ShiftsSettings.jTextFieldmult.getText().toString());

        int duri = Integer.valueOf(optimize.shifts1model.getValueAt(i,
5).toString());
        if (timei.isBefore(firsttimeparameter) ||
(timei.isAfter(secondtimeparameter) && timei.isBefore(thirdtimeparameter)) ||
timei.isAfter(fourthtimeparameter)) {
            duri = (int) Math.round(duri * mult);
        }

optimize.shifts4model.addRow(new Object[] {f,
optimize.shifts1model.getValueAt(i, 1),
optimize.shifts1model.getValueAt(i, 2),
optimize.shifts1model.getValueAt(i, 3),
optimize.shifts1model.getValueAt(i, 4),
timei.plusMinutes(duri).toString(),
""});

for (int j = 0; j < optimize.shifts1model.getRowCount(); j++) {
    if (optimize.shifts1model.getValueAt(j, 7).toString().equals("")) {
        //elegxos imeras

            if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
3).toString().equals(optimize.shifts1model.getValueAt(j, 3).toString())) {
                //elegxos afetirias kai proorismou kai grammis
                String line = null;
                if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
1).toString().equals(optimize.shifts1model.getValueAt(j, 2).toString())
&& optimize.shifts1model.getValueAt(i,
2).toString().equals(optimize.shifts1model.getValueAt(j, 1).toString())) {
                    if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
0).toString().endsWith("-R")) {
                        ine = optimize.shifts1model.getValueAt(j,
0).toString();
                    } else if (optimize.shifts1model.getValueAt(j,
0).toString().endsWith("-R")) {
                        line = optimize.shifts1model.getValueAt(i,
0).toString();
                    }
                }

                //poio einai to setarismeno breaklocation
                String breaklocation = null;
                for (int k = 0; k <
ShiftsSettings.breaklocationmodel.getRowCount(); k++) {
                    if
(line.equals(ShiftsSettings.breaklocationmodel.getValueAt(k, 0).toString())) {
                        breaklocation =
ShiftsSettings.breaklocationmodel.getValueAt(k, 1).toString();
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```



## 8.2.2 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Β-ΟΡΤ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ

```
void epilusiproblimatosanathesisbardiwn () {
    // optimize.shifts3model.setRowCount(0);
    // optimize.shifts2model.setRowCount(0);
    optimize.shifts2model.addRow(new Object[]{"S" +
optimize.shifts2model.getRowCount() + "a",
    optimize.shifts4model.getValueAt(0, 3),
    optimize.shifts4model.getValueAt(0, 4),
    "0",
    optimize.shifts4model.getValueAt(0, 5),
    "1",
    optimize.shifts4model.getValueAt(0, 2)});

optimize.shifts4model.setValueAt(optimize.shifts2model.getValueAt(optimize.shifts2m
odel.getRowCount() - 1, 0), 0, 6);

    comparemodel = new DefaultTableModel(0, 2);

    //Auto pou theloume na ftiaksoume einai na dimourgisoume ta pithana senaria gia
kathe dromologio
    //Prwta tha prepei na periorisoume tis epiloges mas
    for (int i4 = 1; i4 < optimize.shifts4model.getRowCount(); i4++) {
        Shifts.jProgressBar1.setMinimum(0);
        Shifts.jProgressBar1.setMaximum(optimize.shifts4model.getRowCount());
        Shifts.jProgressBar1.setValue(i4);
        Shifts.jLabelStatus.setText("Stage 2/4");
        comparemodel.setRowCount(0);
        comparemodel.addRow(new Object[]{optimize.shifts2model.getRowCount(),
            "20"});
        for (int i2 = Shifts.excludedshifts.size(); i2 <
optimize.shifts2model.getRowCount(); i2++) {
            //analusi pithanotitas dialimatos
            if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 3).toString().equals("0"))
{
                breakanalysis(i2, i4);
            }
            //basikoi elegxoi gia na einai apodekti h bardia
            //elegxos meras
            if (optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
3).toString().equals(optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 1).toString())) {

                //elegxoswrariou
                if (ShiftsSettings.jCheckBox1.isSelected()) {

                    elastixoselegxoswras(i2, i4);
                } else {

                    austiroselegxoswras(i2, i4);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    sugkrisiepilogn(i4);
}

//prosthiki sto shifts1
for (int i = 0; i < optimize.shifts1model.getRowCount(); i++) {
    Shifts.jProgressBar1.setMinimum(0);
    Shifts.jProgressBar1.setMaximum(optimize.shifts1model.getRowCount());
    Shifts.jProgressBar1.setValue(i);
    Shifts.jLabelStatus.setText("Stage 3/4");
    for (int j = 0; j < optimize.shifts4model.getRowCount(); j++) {

        if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
7).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(j, 0).toString())) {
optimize.shifts1model.setValueAt(optimize.shifts4model.getValueAt(j, 6), i, 7);
        }
    }
}

//midenismos olwn
for (int d = 0; d < optimize.shifts2model.getRowCount(); d++) {
    optimize.shifts2model.setValueAt("0", d, 3);
    optimize.shifts2model.setValueAt("0", d, 5);
}

//ypologismos km kai number of trips
for (int i = 0; i < optimize.shifts1model.getRowCount(); i++) {
    Shifts.jProgressBar1.setMinimum(0);
    Shifts.jProgressBar1.setMaximum(optimize.shifts1model.getRowCount());
    Shifts.jProgressBar1.setValue(i);
    Shifts.jLabelStatus.setText("Stage 4/4");
    for (int j = 0; j < optimize.shifts2model.getRowCount(); j++) {

        if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
7).toString().equals(optimize.shifts2model.getValueAt(j, 0).toString())) {
            double kms1 = Double.valueOf(optimize.shifts1model.getValueAt(i,
6).toString());
            double kms2 = Double.valueOf(optimize.shifts2model.getValueAt(j,
3).toString());
            int not = Integer.valueOf(optimize.shifts2model.getValueAt(j,
5).toString());

optimize.shifts2model.setValueAt(String.valueOf(Math.round((kms1 + kms2) * 10.0) /
10.0), j, 3);
            optimize.shifts2model.setValueAt(String.valueOf(not + 1), j, 5);
        }
    }
}

for (int j = 0; j < optimize.shifts2model.getRowCount(); j++) {
    int not = Integer.valueOf(optimize.shifts2model.getValueAt(j,
5).toString());
    optimize.shifts2model.setValueAt(String.valueOf(not - 1), j, 5);
    optimize.shifts2model.setValueAt("Solo", j, 6);
}

```



```

    }
}

private void elastixoselegxoswras(int i2, int i4) {

    LocalTime starttime = LocalTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
2).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalTime endtime = LocalTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalTime s4time = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalTime es4time = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
5).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));

    long diff = java.time.Duration.between(starttime, endtime).toMinutes();
    long diff2 = java.time.Duration.between(endtime, s4time).toMinutes();
    String firstpoint = "a";
    double dur = 0;
    for (int u = 0; u < optimize.shifts1model.getRowCount(); u++) {
        if (optimize.shifts1model.getValueAt(u,
7).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 0).toString())) {
            firstpoint = optimize.shifts1model.getValueAt(u, 2).toString();
            dur = Double.valueOf(optimize.shifts1model.getValueAt(u,
5).toString()) *
Double.valueOf(ShiftsSettings.jTextFieldmult.getText().toString());

            break;
        }
    }
    if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
6).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 1).toString())) {

    } else if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
6).toString().equals(firstpoint)) {

        diff2 = (long) (diff2 - dur);
    } else {
        diff2 = diff2 - 25;
    }
    if (diff <= Integer.valueOf(ShiftsSettings.jTextField1.getText().toString())
&& endtime.isBefore(s4time) && diff2 >= 0) {

        prosthikistoncompare(i2, i4);

    }
}

private void austiroselegxoswras(int i2, int i4) {

    LocalTime starttime = LocalTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
2).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalTime endtime = LocalTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));

```

```

        LocalTime s4time = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        LocalTime s4endtime = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
5).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
        long diff = java.time.Duration.between(starttime, s4endtime).toMinutes();
        long diff2 = java.time.Duration.between(endtime, s4time).toMinutes();

        if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
6).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 1).toString())) {

            } else {
                diff2 = diff2 - 25;
            }
            if (diff <= Integer.valueOf(ShiftsSettings.jTextField1.getText().toString())
&& endtime.isBefore(s4time) && diff2 >= 0) {
                prosthikistoncompare(i2, i4);

            }

        }

private void prosthikistoncompare(int i2, int i4) {
    comparemodel.addRow(new Object[]{i2,
        "200"});
}

private void sugkrisiepilogn(int i4) {
    //ypologizoume ton suntelesti gia kathe bardia
    for (int comp = 0; comp < comparemodel.getRowCount(); comp++) {
        int sh = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(comp, 0).toString());
        int opt = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(comp, 1).toString());
        if (comp > 0) {
            LocalTime endtime =
LocalTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(sh, 4).toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
            LocalTime s4time =
LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 4).toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
            long diff = java.time.Duration.between(endtime, s4time).toMinutes();
            opt = Math.round(opt - diff);
            if (optimize.shifts2model.getValueAt(sh, 3).equals("0")) {
                opt = opt - 10;
            }
            if (optimize.shifts2model.getValueAt(sh,
6).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 1).toString())) {

                } else {
                    //opt=opt-25;
                }
            }
            comparemodel.setValueAt(String.valueOf(opt), comp, 1);
        }
}

```

```

//epilogi beltistis bardias
int s1 = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(0, 0).toString());
int op = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(0, 1).toString());
for (int i = 0; i < comparemodel.getRowCount(); i++) {
    int sh = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(i, 0).toString());
    int opt = Integer.valueOf(comparemodel.getValueAt(i, 1).toString());
    if (opt > op) {
        op = opt;
        s1 = sh;
    }
}

if (s1 == optimize.shifts2model.getRowCount()) {
    optimize.shifts2model.addRow(new Object[]{"S" +
optimize.shifts2model.getRowCount() + "a",
    optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 3),
    optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 4),
    "0",
    optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 5),
    "1",
    optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 2)});
} else {
    optimize.shifts2model.setValueAt(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
5), s1, 4);

    optimize.shifts2model.setValueAt(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
2), s1, 6);
}
//prosthiki dromologiou stin bardia
optimize.shifts4model.setValueAt(optimize.shifts2model.getValueAt(s1, 0),
i4, 6);

}

private void breakanalysis(int i2, int i4) {
    //treis periptwsis analogos ton xrono ergasias
    int wt = Integer.valueOf(ShiftsSettings.jTextField1.getText().toString());
    int bt = Integer.valueOf(ShiftsSettings.jTextField2.getText().toString());
    LocalDateTime starttime = LocalDateTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
2).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalDateTime endtime = LocalDateTime.parse(optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalDateTime s4time = LocalDateTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalDateTime s4endtime = LocalDateTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
5).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    long wd = java.time.Duration.between(starttime, endtime).toMinutes();
    long td = java.time.Duration.between(endtime, s4time).toMinutes();
    //prepei na brw poio einai to brakelocation tou simeiou
    String line = null;
    for (int i = 0; i < optimize.shifts1model.getRowCount(); i++) {
        if (optimize.shifts1model.getValueAt(i,
7).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 0).toString())) {

```

```

        line = optimize.shifts1model.getValueAt(i, 0).toString();
    }
}
if (line.endsWith("-R")) {
    line = line.replace("-R", "").trim();
}
String breaklocation = null;
for (int i = 0; i < ShiftsSettings.breaklocationmodel.getRowCount(); i++) {
    if (line.equals(ShiftsSettings.breaklocationmodel.getValueAt(i, 0))) {
        breaklocation = ShiftsSettings.breaklocationmodel.getValueAt(i,
1).toString();
    }
}
if (wd <= wt / 4) {

} else if (wd > wt / 4 && wd < wt * 5 / 8) {
    if (td < bt) {

    } else {
        if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
6).toString().equals(breaklocation) || breaklocation.equals("Not set")) {
            optimize.shifts2model.setValueAt("1", i2, 3);
            optimize.shifts2model.setValueAt(endtime.plusMinutes(bt), i2,
4);

            optimize.shifts3model.addRow(new
Object[]{optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 0),
            breaklocation,
            "BREAK",
            endtime.toString(),
            endtime.plusMinutes(bt).toString(),
            bt});
        } else {
            if (td > 25 + bt) {
                optimize.shifts2model.setValueAt("1", i2, 3);
                optimize.shifts2model.setValueAt(endtime.plusMinutes(25 +
bt), i2, 4);

                optimize.shifts2model.setValueAt(breaklocation, i2, 6);
                optimize.shifts3model.addRow(new
Object[]{optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 0),
                breaklocation,
                "BREAK",
                endtime.plusMinutes(25).toString(),
                endtime.plusMinutes(25 + bt).toString(),
                bt});
            }
        }
    }

} else if (wd >= wt * 5 / 8) {
    //prosthiki oposdipote dialeimatos
    optimize.shifts2model.setValueAt("1", i2, 3);
    if (optimize.shifts2model.getValueAt(i2,
6).toString().equals(breaklocation) || breaklocation.equals("Not set")) {

```

```

        optimize.shifts2model.setValueAt(endtime.plusMinutes(bt), i2, 4);
        optimize.shifts3model.addRow(new
Object[] {optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 0),
        breaklocation,
        "BREAK",
        endtime.toString(),
        endtime.plusMinutes(bt).toString(),
        bt});
    } else {
        optimize.shifts2model.setValueAt(endtime.plusMinutes(25 + bt), i2,
4);
        optimize.shifts2model.setValueAt(breaklocation, i2, 6);
        optimize.shifts3model.addRow(new
Object[] {optimize.shifts2model.getValueAt(i2, 0),
        breaklocation,
        "BREAK",
        endtime.plusMinutes(25).toString(),
        endtime.plusMinutes(25 + bt).toString(),
        bt});
    }
}
}
}

```

### 8.2.3 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ CPLEX ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΣΕ ΒΑΡΔΙΕΣ

```

public void solver(int I1, int I2, int J, int Jhalf) {
    //metatropi tw n wrwn se lepta
    LocalDateTime time1 = LocalDateTime.parse("05:00",
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalDateTime time2 = LocalDateTime.parse("23:40",
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    LocalDateTime time3 = LocalDateTime.parse("00:00",
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
    float v = java.time.Duration.between(time3, time1).toMinutes();
    int T1 = Math.round(v);
    float f = java.time.Duration.between(time3, time2).toMinutes();
    int T2 = Math.round(f);

    int H2 = I2;
    int H1 = I1;
    //Arxika orizoume ta dedomena mas
    float[] DepartureTrip_i = new float[I2 - I1 + 1];
    float[] DestinationTrip_i = new float[I2 - I1 + 1];
    double[] DurationTrip_i = new double[I2 - I1 + 1];
    double[] DepartTime_i = new double[I2 - I1 + 1];
    int TimeParameter = 25;
    double[][] TimeSequenceBreak_ht = new double[H2 - H1 + 1][T2 - T1 + 1];
    double[][] TimeSequence_it = new double[I2 - I1 + 1][T2 - T1];
}

```

```

        double AverageTripDuration = 0;
        double MaxDuration =
Double.valueOf(ShiftsSettings.jTextField1.getText().toString());
        double BreakDuration =
Double.valueOf(ShiftsSettings.jTextField2.getText().toString());
        double DoubleMaxDuration = 2 * MaxDuration;
        double BigM = 10000;
        float[] StartTimeBreak_h = new float[H2 - H1 + 1];
        float[] PlaceofBreak_h = new float[H2 - H1 + 1];

        //afou ta orisame twra prepei na ta eisagoume
        //o optimize.shifts4model periexei ta sugxronismena dromologia
        int ni = I2 - I1 + 1;
        int nh = H2 - H1 + 1;
        int nj = J;
        int njhalf = Jhalf;
        int nt = T2 - T1;
        AverageTripDuration = MaxDuration / 4;
        for (int i = 0; i < ni; i++) {
            DepartureTrip_i[i] = optimize.shifts4model.getValueAt(I1 + i,
1).toString().hashCode();
            DestinationTrip_i[i] = optimize.shifts4model.getValueAt(I1 + i,
2).toString().hashCode();
            System.out.println(DestinationTrip_i[i]);
            LocalTime t1 = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(I1 + i,
4).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
            LocalTime t2 = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(I1 + i,
5).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
            DurationTrip_i[i] = java.time.Duration.between(t1, t2).toMinutes();
            DepartTime_i[i] = java.time.Duration.between(time3, t1).toMinutes();

        }

        for (int h = 0; h < nh; h++) {
            PlaceofBreak_h[h] = optimize.shifts4model.getValueAt(H1 + h,
2).toString().hashCode();
            LocalTime t2 = LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(H1 + h,
5).toString(), DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm"));
            StartTimeBreak_h[h] = java.time.Duration.between(time3, t2).toMinutes();
        }
        for (int i = 0; i < ni; i++) {
            for (int t = T1; t < T2; t++) {
                if (DepartTime_i[i] <= t && DepartTime_i[i] + DurationTrip_i[i] >= t)
{
                    TimeSequence_it[i][t - T1] = 1;
                } else {
                    TimeSequence_it[i][t - T1] = 0;
                }
            }
        }
        for (int h = 0; h < nh; h++) {
            for (int t = T1; t < T2; t++) {
                if (StartTimeBreak_h[h] <= t && StartTimeBreak_h[h] + BreakDuration >=

```

```

t) {
    TimeSequenceBreak_ht[h][t - T1] = 1;
    } else {
        TimeSequenceBreak_ht[h][t - T1] = 0;
    }
}
}

//dimiouyrgithikan ola ta dedomena mas
//model
try {
    IloCplex cplex = new IloCplex();
    //variables
    //ton xij
    IloNumVar[][] x = new IloNumVar[ni][];
    for (int i = 0; i < ni; i++) {
        x[i] = cplex.boolVarArray(nj);
    }
    //to Overtimej
    IloNumVar[] Overtime = cplex.numVarArray(nj, 0, Double.MAX_VALUE);

    //ton ArrivalTimeShiftj
    IloNumVar[] ArrivalTimeShift = cplex.numVarArray(nj, 0,
Double.MAX_VALUE);

    //ton DepartTimeShiftj
    IloNumVar[] DepartTimeShift = cplex.numVarArray(nj, 0, Double.MAX_VALUE);

    //ton bhj
    IloNumVar[][] b = new IloNumVar[nh][];
    for (int h = 0; h < nh; h++) {
        b[h] = cplex.boolVarArray(nj);
    }

    //Objective
    IloLinearNumExpr obj = cplex.linearNumExpr();

    for (int j = 0; j < nj; j++) {
        obj.addTerm(1.0, Overtime[j]);
    }
    cplex.addMinimize(obj);

    //constraints
    //periorismos 1
    for (int i = 0; i < ni; i++) {
        IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
        for (int j = 0; j < nj; j++) {
            expr.addTerm(1.0, x[i][j]);
        }
        cplex.addEq(expr, 1.0);
    }
    //periorismos 2

```

```

for (int j = 0; j < njhalf; j++) {
    IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
    for (int h = 0; h < nh; h++) {
        expr.addTerm(1.0, b[h][j]);
    }
    cplex.addEq(expr, 1.0);
}

//periorismos 3
for (int j = njhalf; j < nj; j++) {
    IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
    for (int h = 0; h < nh; h++) {
        expr.addTerm(1.0, b[h][j]);
    }
    cplex.addEq(expr, 2.0);
}

//periorismos 4
for (int j = njhalf; j < nj; j++) {
    for (int h1 = 0; h1 < nh; h1++) {
        for (int h2 = 0; h2 < nh; h2++) {
            if (StartTimeBreak_h[h2] > StartTimeBreak_h[h1]) {
                if (StartTimeBreak_h[h2] - StartTimeBreak_h[h1] <=
MaxDuration) {
                    IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
                    expr.addTerm(1.0, b[h1][j]);
                    expr.addTerm(1.0, b[h2][j]);
                    cplex.addLe(expr, 1);
                }
            }
        }
    }
}

//periorismos 5
for (int j = 0; j < nj; j++) {
    for (int t = T1; t < T2; t++) {
        IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
        for (int i = 0; i < ni; i++) {
            expr.addTerm(TimeSequence_it[i][t - T1], x[i][j]);
        }
        for (int h = 0; h < nh; h++) {
            expr.addTerm(TimeSequenceBreak_ht[h][t - T1], b[h][j]);
        }
        cplex.addLe(expr, 1.0);
    }
}

//periorismos 6
for (int j = 0; j < nj; j++) {
    for (int i1 = 0; i1 < ni - 1; i1++) {
        for (int i2 = 0; i2 < ni; i2++) {

```



```

        if (i1 != i2) {
            if (DepartureTrip_i[i2] != DestinationTrip_i[i1]
                && DepartTime_i[i1] + DurationTrip_i[i1] <=
DepartTime_i[i2]
                && DepartTime_i[i2] <= DepartTime_i[i1] +
DurationTrip_i[i1] + TimeParameter) {
                IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
                expr.addTerm(1.0, x[i1][j]);
                expr.addTerm(1.0, x[i2][j]);
                cplex.addLe(expr, 1.0);
            }
        }
    }
}

//periorismos 7
for (int j = 0; j < nj; j++) {
    for (int i = 0; i < ni; i++) {
        for (int h = 0; h < nh; h++) {
            if (PlaceofBreak_h[h] != DestinationTrip_i[i]
                && DepartTime_i[i] + DurationTrip_i[i] <=
StartTimeBreak_h[h]
                && StartTimeBreak_h[h] <= DepartTime_i[i] +
DurationTrip_i[i] + TimeParameter) {
                IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
                expr.addTerm(1.0, x[i][j]);
                expr.addTerm(1.0, b[h][j]);
                cplex.addLe(expr, 1.0);
            }
        }
    }
}

//periorismos 8
for (int j = 0; j < nj; j++) {
    for (int i = 0; i < ni; i++) {
        for (int h = 0; h < nh; h++) {
            if (PlaceofBreak_h[h] != DepartureTrip_i[i]
                && StartTimeBreak_h[h] + BreakDuration <=
DepartTime_i[i]
                && DepartTime_i[i] <= StartTimeBreak_h[h] +
BreakDuration + TimeParameter) {
                IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
                expr.addTerm(1.0, x[i][j]);
                expr.addTerm(1.0, b[h][j]);
                cplex.addLe(expr, 1.0);
            }
        }
    }
}

//periorismos 9

```

```

for (int i = 0; i < ni; i++) {
    for (int j = 0; j < nj; j++) {
        IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
        expr.addTerm(x[i][j], DepartTime_i[i]);
        expr.addTerm(x[i][j], DurationTrip_i[i]);
        cplex.addLe(expr, ArrivalTimeShift[j]);
    }
}

//periorismos10
for (int i = 0; i < ni; i++) {
    for (int j = 0; j < nj; j++) {
        IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
        expr.addTerm(x[i][j], -DepartTime_i[i]);
        expr.addTerm(DepartTimeShift[j], 1.0);
        expr.addTerm(x[i][j], BigM);
        cplex.addLe(expr, BigM);
    }
}

//periorismos 11
for (int j = 0; j < nj; j++) {
    for (int h = 0; h < nh; h++) {
        IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
        expr.addTerm(DepartTimeShift[j], 1);
        expr.addTerm(b[h][j], BigM);
        cplex.addLe(expr, StartTimeBreak_h[h] + BigM -
AverageTripDuration);
    }
}

//periorismos 12
for (int j = 0; j < njhalf; j++) {
    IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
    expr.addTerm(ArrivalTimeShift[j], 1);
    expr.addTerm(DepartTimeShift[j], -1);
    expr.addTerm(Overtime[j], -1);
    cplex.addLe(expr, MaxDuration);
}

//periorismos 13
for (int j = njhalf; j < nj; j++) {
    IloLinearNumExpr expr = cplex.linearNumExpr();
    expr.addTerm(ArrivalTimeShift[j], 1);
    expr.addTerm(DepartTimeShift[j], -1);
    expr.addTerm(Overtime[j], -1);
    cplex.addLe(expr, DoubleMaxDuration);
}

//solve model
cplex.setParam(IloCplex.Param.MIP.Tolerances.MIPGap, 0.05);

```

```

    if (cplex.solve()) {
        System.out.println("1");
        for (int i = 0; i < ni; i++) {
            for (int j = 0; j < nj; j++) {

                if (cplex.getValue(x[i][j]) == 1.0) {

                    optimize.shifts4model.setValueAt("CPLEX~" +
String.valueOf(j), i, 6);
                }

                if (cplex.getValue(b[i][j]) == 1.0) {
                    LocalTime endtime =
LocalTime.parse(optimize.shifts4model.getValueAt(i, 5).toString(),
DateTimeFormatter.ofPattern("HH:mm")).plusMinutes(Math.round(BreakDuration));

                    optimize.shifts3model.addRow(new Object[]{"CPLEX~" +
String.valueOf(j),
                        optimize.shifts4model.getValueAt(i, 2).toString(),
                        "BREAK",
                        optimize.shifts4model.getValueAt(i, 5).toString(),
                        String.valueOf(endtime),
                        String.valueOf(Math.round(BreakDuration))});
                }
            }
        }
        for (int i1 = 0; i1 < optimize.shifts1model.getRowCount(); i1++) {
            for (int i4 = 0; i4 < optimize.shifts4model.getRowCount(); i4++)
            {
                if (optimize.shifts1model.getValueAt(i1,
7).toString().equals(optimize.shifts4model.getValueAt(i4, 0).toString())) {
                    optimize.shifts1model.setValueAt(optimize.shifts4model.getValueAt(i4,
6).toString(), i1, 7);
                }
            }
        }
        //end
        cplex.end();

    } catch (IloException ex) {
        Logger.getLogger(CPLEXShifts.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
ex);
    }
}

```

## 8.2.4 ΚΩΔΙΚΑΣ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ Β-ΟΡΤ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΒΑΡΔΙΩΝ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ

```
void shiftssolver() {
    //exoun dimiourgithei ola ta models wra na to lusoume
    //arxika tha prepei na broume ta epitreptomena lewforeia gia kathe mera
    //Twra egine o pinakas pros epilusi opote arkei na prosthesoume
    //Tha xrisimopoihsoume tin thesi 6 ston pinaka busmodel gia na elegxoume an
    kapoio lewforeio exei bardia
    double
multkm=Double.valueOf(Settings(jTextFieldmultkm.getText().toString()));
    double
multtime=Double.valueOf(Settings(jTextFieldmulttime.getText().toString()));
    int
workdays=Integer.valueOf(Settings(jTextFieldwdpw.getText().toString()));

    Date dnow=new Date();
    try {
        for(int d=0;d<datemodel.getRowCount();d++){

                progressBar1.setMinimum(0);
                progressBar1.setMaximum(datemodel.getRowCount());
                progressBar1.setValue(d);
                Date date=new
SimpleDateFormat("MM/dd/yyyy").parse(datemodel.getValueAt(d,0).toString());
                if(date.after(dnow)) {
                    for(int i=0;i<optimize.busmodel.getRowCount();i++){
                        busesstats.setValueAt("0", i, 4);
                        busesstats.setValueAt("0", i, 2);
                        busesstats.setValueAt("0", i, 5);
                    }

                    elegxosdayoffs(d);
                    elegxosgiaextra(d);
                    int difference=-1;

                int end=-1;
                int start=-1;

                    for(int ss=0;ss<shiftssolution.getRowCount();ss++){

if(datemodel.getValueAt(d,0).toString().equals(shiftssolution.getValueAt(ss,0).toS
tring())) {

                        difference=difference+1;
                        end=ss;

                        start=end-difference;
                    }
                }

                    elegxosmegaliterisbardias(start, end);

                }

        }
    }
}
```

```

    }catch (ParseException ex) {
        Logger.getLogger(optimize.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
ex);
    }
}

private void elegxosdayoffs(int d) throws ParseException {
    String tripdat=datamodel.getValueAt(d,0).toString();
    Date tripdate=new
SimpleDateFormat("MM/dd/yyyy").parse(tripdat);
    if(optimize.dayoffsmodel.getRowCount()>0){
        for(int
doff=0;doff<optimize.dayoffsmodel.getRowCount();doff++){

            String
doffstart=optimize.dayoffsmodel.getValueAt(doff,1).toString() ;
            String
doffend=optimize.dayoffsmodel.getValueAt(doff,2).toString();
            Date startdoff = new
SimpleDateFormat("MM/dd/yyyy").parse(doffstart);
            Date enddoff=new
SimpleDateFormat("MM/dd/yyyy").parse(doffend);
            if(tripdat.equals(doffstart) ||
tripdat.equals(doffend) || (tripdate.after(startdoff) && tripdate.before(enddoff))){
                for(int b=0;b<busesstats.getRowCount();b++){

if(optimize.dayoffsmodel.getValueAt(doff,0).toString().equals(busesstats.getValueA
t(b,0).toString())){

                    busesstats.setValueAt("1", b,2);
                }
            }
        }
    }
}

private void elegxosgiaextra(int d) {
    if(extramodel.getRowCount()>0){
        for(int e=0;e<extramodel.getRowCount();e++){

if(extramodel.getValueAt(e,2).toString().equals(datamodel.getValueAt(d,0).toString
())){

                for(int
b=0;b<busesstats.getRowCount();b++){

if(busesstats.getValueAt(b,0).equals(extramodel.getValueAt(e,5))){
                    busesstats.setValueAt("E", b,4);
                }
            }
        }
    }
}

```

```

double
km=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b,1).toString());
double
extrakm=Double.valueOf(extramodel.getValueAt(e,4).toString());

busesstats.setValueAt(String.valueOf(km+extrakm), b, 1);
    }
    }
    }
}

private void elegxosmegaliterisbardias(int start, int end) {
    int
    daysofwork=Integer.valueOf(Settings.jTextFieldwdpw.getText().toString())-1;
    for(int ss=start;ss<=end;ss++){
        if(shiftssolution.getValueAt(ss,3).toString().equals("")){
            //anthesi tw n bardiw n me ta perissotera xiliometra
            int ssl=ss;
            for(int ss2=start;ss2<=end;ss2++){
                if(shiftssolution.getValueAt(ss2,3).toString().equals("")){
                    double
                    km1=Double.valueOf(shiftssolution.getValueAt(ssl,4).toString());
                    double
                    km2=Double.valueOf(shiftssolution.getValueAt(ss2,4).toString());
                    if(km2>km1){
                        ssl=ss2;
                    }
                }
            }

            int BigM;
            BigM = 2000000000;
            double totalkm=1;
            for (int b2=0;b2<busesstats.getRowCount();b2++){

totalkm=totalkm+Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b2,1).toString());
            }
            for(int b2=0;b2<busesstats.getRowCount();b2++){
                if(busesstats.getValueAt(b2,2).toString().equals("1")){
                    busesstats.setValueAt(BigM,b2,5);
                }else{
                    if(Settings.jCheckBoxAllowNo.isSelected()){
                        if(busesstats.getValueAt(b2,4).toString().equals("E") ||
busesstats.getValueAt(b2,4).toString().equals("Y")){
                            busesstats.setValueAt(BigM,b2,5);
                        }else{

if(Integer.valueOf(busesstats.getValueAt(b2,3).toString())<daysofwork ){

```

```

if(Integer.valueOf(busesstats.getValueAt(b2, 3). toString())>0) {
    busesstats.setValueAt("0", b2, 5);
} else{
    busesstats.setValueAt("1", b2, 5);
}
double
buskm=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b2, 1). toString())/totalkm;
double
opt=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b2, 5). toString());

busesstats.setValueAt(String.valueOf(opt+buskm), b2, 5);
} else
if(Integer.valueOf(busesstats.getValueAt(b2, 3). toString())>daysofwork) {
    double
buskm=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b2, 1). toString())/totalkm;
    busesstats.setValueAt(BigM-10000+buskm, b2, 5);
}
}
} else{
    //thadoume meta
}
}
}
//anathetoume to leoforeio me to mikrotero opt stin bardia
int b1=0;
for(int b=0;b<busesstats.getRowCount();b++){
    double
opt1=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b1, 5). toString());
double
opt2=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b, 5). toString());
    if(opt2<opt1) {
        b1=b;
    }
}

shiftsolution.setValueAt(busesstats.getValueAt(b1, 0). toString(), ss1, 3);

    busesstats.setValueAt("Y", b1, 4);
    double kmbus=Double.valueOf(busesstats.getValueAt(b1, 1). toString());
    double
kmbshift=Double.valueOf(shiftsolution.getValueAt(ss1, 4). toString());
    busesstats.setValueAt(String.valueOf(kmbus+kmbshift), b1, 1);
    ss=ss-1;
}
}

//diorthwsi pinaka lewforeiwn
for(int b=0;b<busesstats.getRowCount();b++) {
    if(busesstats.getValueAt(b, 4). toString(). equals("Y") ||
busesstats.getValueAt(b, 4). toString(). equals("E")) {

```

```

        int dof=Integer.valueOf(busesstats.getValueAt(b,3).toString());
        busesstats.setValueAt(String.valueOf(dof+1),b,3);
    }else{
        int dof=Integer.valueOf(busesstats.getValueAt(b,3).toString());
        if(dof>daysofwork){
            if(dof+1>7){
                busesstats.setValueAt("0",b,3);
            }else{
                busesstats.setValueAt(String.valueOf(dof+1),b,3);
            }
        }else{
            if(dof==0){

            }else{
                busesstats.setValueAt(String.valueOf(daysofwork+1),b,3);
            }
        }
    }
}

void assing(){
    for(int ss=0;ss<shiftssolution.getRowCount();ss++){
        jProgressBar1.setMinimum(0);
        jProgressBar1.setMaximum(shiftssolution.getRowCount());
        jProgressBar1.setValue(ss);
        for(int s=0;s<solutionmodel.getRowCount();s++){

            if(shiftssolution.getValueAt(ss,0).toString().equals(solutionmodel.getValueAt(s,0)
            .toString())){

                if(solutionmodel.getValueAt(s,9).toString().equals(shiftssolution.getValueAt(ss,2)
                .toString())){

                    if(shiftssolution.getValueAt(ss,2).toString().equals("Extra")){

                        if(shiftssolution.getValueAt(ss,4).toString().equals(solutionmodel.getValueAt(s,8)
                        .toString())){

                            solutionmodel.setValueAt(shiftssolution.getValueAt(ss,3),s,3);
                                }
                            }else{

                                solutionmodel.setValueAt(shiftssolution.getValueAt(ss,3),s,3);
                                    }}
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Rousseau, J.-M. and Blais, J.-Y. *HASTUS: An Interactive System for Buses and Crew Scheduling, Computer Scheduling of Public Transport 2*, J.-M. Rousseau (editor), NorthHolland, pp. 45-60, 1985.

Wren, A. and Rousseau, J.M. *Bus Driver Scheduling- An Overview*, University of Leeds Report 93.31, 1993, *Computer-Aided Transit Scheduling*, pp. 173-187, 1995.

"Transit Scheduling: Basic and Advanced Manuals". TCRP Report 30. Transit Cooperative Research Program. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC. 1998.

Fores, S. and Proll, L. *Driver Scheduling by Integer Linear Programming- The TRACS II Approach*, University of Leeds Report 98.01, 1998.

Banihashemi, Mohamadreza and Ali Haghani. "*Optimization Model for Large-Scale Bus Transit Scheduling Problems*". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1733. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC. 2000.

Lourenço, Helena R., José P. Paixão, and Rita Portugal. "*Multiobjective Metaheuristics for the Bus Driver Scheduling Problem*". *Transportation Science*. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). Volume 35, No. 3, August 2001.

Fischetti, Matteo, et al. "*A Polyhedral Approach to Simplified Crew Scheduling and Vehicle Scheduling Problems*". *Management Science*. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). Volume 47, No. 6, June 2001.

Haase, Knut et al. "*Simultaneous Vehicle and Crew Scheduling in Urban Mass Transit Systems*". *Transportation Science*. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). Volume 35, No. 3, August 2001.

Abbink, Erwin, et al. "*Reinventing Crew Scheduling at Netherlands Railways*". *Interfaces*. The Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS). Volume 35, No. 5. September-October 2005.

Fulton, D. (2006). Trapeze Group, E-mail Correspondence, 28 November 2006.

Rodrigues, M.M., de Sousa, C.C. and Moura, A.V. (2006). Vehicle and crew scheduling for urban bus lines. *European Journal of Operational Research*, 170(3),844-862

Kristen Torrance, Ashley R. Haire and Randy B.Machemehl, (2009). Vehicle and Driver Scheduling for Public Transit. University of Texas

Amberg, B., Amberg, B. and Kliewer, N. (2011). Increasing delay-tolerance of vehicle and crew schedules in public transport by sequential, partial-integrated and integrated approaches.

*Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20, 292–301.

Chen, M. and Niu, H. (2012). Research on the scheduling problem of urban bus crew based on impartiality.

*Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 43, 503–511.

Θ.Γαβαλάς, (2019). Διπλωματική Εργασία: Βελτιστοποίηση βαρδιών οδηγών και μέσων στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς με χρήση μαθηματικού προγραμματισμού. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας