

Οπτικοποίηση και Ανάλυση Δεδομένων για τα Αστικά ΚΤΕΛ

Ιωαννίνων

Αθανασία-Δανάη Τσαούση

ΑΜ: 3349

Πηνελόπη Ελευθεριάδη

ΑΜ: 3221

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων: Νίκος Μαμουλής

Ιωάννινα, 2023



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & ENGINEERING
UNIVERSITY OF IOANNINA**

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε πολύ τον κύριο Νικόλαο Μαμουλή, για την καθοδήγηση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την οικογένειά μας και τους φίλους μας για την στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της.

Μάρτιος, 2023

Πηνελόπη Ελευθεριάδη, Αθανασία-Δανάη Τσαούση

Περίληψη

Στην σημερινή εποχή η δημόσια συγκοινωνία είναι μέρος της καθημερινότητας των περισσότερων πολιτών μιας πόλης. Αποτελεί ένα βολικό και αποτελεσματικό τρόπο μετακίνησης, ενώ ταυτόχρονα ωφελεί το περιβάλλον, προάγει την κοινότητα και παρέχει πλεονεκτήματα για την υγεία και την ασφάλεια. Ωστόσο, τα αργοπορημένα δρομολόγια, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα ασφυκτικά γεμάτα λεωφορεία καθιστούν την χρήση τους αρκετά δύσκολη και κουραστική.

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας web εφαρμογής, η οποία θα αποτελεί ένα εργαλείο για την εταιρία Αστικά ΚΤΕΛ Ιωαννίνων. Η εφαρμογή αυτή παρέχει συνεχή οπτικοποίηση των δρομολογίων με τις αντίστοιχες στάσεις στον χάρτη. Επεξεργάζεται και αναλύει τα δεδομένα για εντοπισμό καθυστερήσεων, δρομολογίων με μεγάλο πλήθος επιβατών και κατ' επέκταση λάθος κατανομή οχημάτων. Επίσης, προτείνει αλλαγές για τα πρόγραμμα και την συχνότητα δρομολογίων αναλογικά με τη ζήτηση τους. Η εφαρμογή έχει τη δυνατότητα να αναπαριστά τα αποτελέσματα σε διάφορους τύπους διαγραμμάτων. Αυτό καθιστά πιο εύκολο για τον χρήστη, τον εντοπισμό των αδύναμων σημείων του υπάρχοντος συστήματος που χρήζουν βελτίωσης. Συνεπώς, θα μπορεί να προτείνει λύσεις για τη βελτίωση τους και να αξιολογήσει έπειτα το πιθανό αντίκτυπο αυτών των λύσεων.

Λέξεις Κλειδιά: Δημόσιες Συγκοινωνίες, Αστικά ΚΤΕΛ Ιωαννίνων, Καθυστέρηση δρομολογίου, web εφαρμογή, React, Mapbox, JavaScript

Abstract

Today, public transport is part of the daily lives of most citizens of a city. It is a convenient and effective way of moving, while at the same time benefiting the environment, promoting the community and provides health and safety advantages. However, delays, traffic congestion and crowded buses make their use quite difficult and tiring.

The aim for this thesis is the development of a web application, which will be a helpful tool for the Urban Bus Company of Ioannina. This application provides a continuous visualization of the routes with the corresponding stops on the map. It processes and analyses the data to identify delays, routes with many passengers and consequently incorrect vehicle allocation. It also proposes changes to the timetable and frequency of routes according to demand. In addition, this app can represent the results in various types of diagrams. This makes it easier for the user to identify weak points in the existing system that need improvement. Therefore, the user will be able to propose solutions to improve them and then assess the potential impact of these solutions.

Keywords: Public Transport, Ioannina Urban Buses, Route Delay, Web application, React, Mapbox, JavaScript

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	13
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής.....	13
1.2 Στόχοι Διπλωματικής.....	14
1.2.1 Οπτικοποίηση.....	14
1.2.2 Παρατήρηση και Επίλυση Προβληματικών Καταστάσεων.....	15
1.3 Οργάνωση του τόμου.....	16
Κεφάλαιο 2. Περιγραφή Θέματος.....	17
2.1 Σχετικές εφαρμογές.....	17
2.1.1 Moovit.....	17
2.1.2 Αστικές συγκοινωνίες Ιωαννίνων – Δρομολόγια.....	19
2.1.3 RRAMEN.....	21
2.2 Εργαλεία Ανάπτυξης.....	22
2.2.1 JavaScript.....	22
2.2.2 Node JS.....	22
2.2.3 React JS.....	22
2.2.4 Mapbox GL JS.....	23
2.2.5 Map Matching Mapbox API.....	23
2.2.6 Papa Parse.....	23
2.2.7 Bootstrap.....	23
2.2.8 Chart JS.....	24
2.3 Ανάλυση απαιτήσεων.....	24
2.3.1 Use Cases.....	25
2.3.1.1 Use Case 1.....	25
2.3.1.2 Use Case 2.....	26
2.3.1.3 Use Case 3.....	27
2.3.1.4 Use Case 4.....	28
2.3.1.5 Use Case 5.....	28
2.3.1.6 Use Case 6.....	29
Κεφάλαιο 3. Σχεδίαση & Υλοποίηση.....	31
3.1 Σχεδίαση και αρχιτεκτονική λογισμικού.....	31

3.2	Δοθείσα Βάση Δεδομένων	31
3.2.1	<i>Lines.csv</i>	32
3.2.2	<i>Route.csv</i>	32
3.2.3	<i>Route_stop.csv</i>	33
3.2.4	<i>Stop.csv</i>	33
3.2.5	<i>Stop.json</i>	33
3.2.1	<i>Schedule.csv</i>	34
3.2.2	<i>Live.csv</i>	34
3.2.1	<i>Trips.csv</i>	34
3.3	Αρχιτεκτονική εφαρμογής	35
3.4	Επεξεργασία αρχείων.....	38
3.4.1	<i>Python Scripts</i>	39
3.4.1.1	<i>Trips</i>	39
3.4.1.2	<i>Schedule</i>	40
3.4.1.3	Ώρα εκκίνησης και τερματισμού ανά δρομολόγιο	40
3.4.2	<i>Javascript Scripts</i>	41
3.4.2.1	<i>createStopCoords.js</i>	41
3.5	Τελικά αρχεία δεδομένων.....	41
3.5.1	Συντεταγμένες όλων τα στάσεων κάθε δρομολογίου	41
3.5.2	Κωδικοί Οχημάτων.....	42
3.5.3	Αρχική και τελική στάση ανά δρομολόγιο.....	42
3.5.4	Χρώματα δρομολογίων στον χάρτη.....	43
3.5.5	Κωδικοί δρομολογίων ανά γραμμή.....	43
3.5.6	Ονόματα και κωδικοί διαδρομών / γραμμών	44
3.5.7	Συντεταγμένες στάσεων.....	44
3.5.8	Πραγματικοί χρόνοι άφιξη ανά χρονική περίοδο	45
3.5.9	Αντιστοιχία ώρας και δρομολογίου με την αντίστοιχη στάση.....	45
3.4.10	Χρόνος ολοκλήρωσης δρομολογίου.....	46
3.6	Υλοποίηση.....	46
3.6.1	Δημιουργία Εφαρμογής.....	46
3.6.2	Αναπαράσταση χάρτη.....	46
3.6.2.1	Αναπαράσταση στάσεων στον χάρτη	47

3.6.2.2	Αναπαράσταση δρομολογίων στον χάρτη.....	48
3.6.3	<i>Γραφικό Περιβάλλον.....</i>	<i>49</i>
3.6.3.1	Side menu επιλογής γραμμής και δρομολογίου.....	49
3.6.3.2	Box για το πρόγραμμα δρομολογίων.....	50
3.6.3.3	Χάρτης Ιωαννίνων.....	51
3.6.3.4	Box ανάλυσης δρομολογίου.....	53
3.6.3.5	Chart Menu.....	56
Κεφάλαιο 4.	Πειραματική Αξιολόγηση.....	57
4.1	Αναλυτική παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	57
4.2	Use cases – Εικόνες.....	57
4.3	Αναλυτική παρουσίαση διαγραμμάτων.....	62
4.3.1	Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης όλων των γραμμών.....	64
4.3.2	Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης όλων των δρομολογίων.....	65
4.3.3	Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά δρομολόγιο για την γραμμή που έχει επιλεχθεί.....	66
4.3.4	Διάγραμμα Μέσου Χρόνου ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της γραμμής που έχει επιλεχθεί.....	68
4.3.5	Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά στάση για το δρομολόγιο που έχει επιλεχθεί.....	69
4.3.6	Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά είδους μέρας για το δρομολόγιο που έχει επιλεχθεί.....	70
4.3.7	Διάγραμμα Μέσου πλήθους επιβατών ανά στάση δρομολογίου.....	72
4.3.8	Διάγραμμα χρόνου μετακίνησης από στάση σε στάση.....	73
Κεφάλαιο 5.	Επίλογος.....	75
5.1	Συμπεράσματα.....	75
5.2	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	76
Κεφάλαιο 6.	Βιβλιογραφία.....	77

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 2-1 Η διεπαφή της εφαρμογής Moovit.....	17
Εικόνα 2-2 Επιλογή διαδρομής και εμφάνιση της στην εφαρμογή Moovit.....	18
Εικόνα 2-3 Στάσεις του δρομολογίου που επιλέχθηκε στην εφαρμογή Moovit.....	18
Εικόνα 2-4 Η διεπαφή της εφαρμογής Αστικό ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.....	19
Εικόνα 2-5 Επιλογή γραμμής και δρομολογίου στην εφαρμογή Αστικό ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.	20
Εικόνα 2-6 Εμφάνιση του προγράμματος του δρομολογίου που επιλέχτηκε από τον χρήστη.....	20
Εικόνα 2-7 Η διεπαφή της εφαρμογής RRAMEN.....	21
Εικόνα 3-1 Βάση Δεδομένων και δομή αρχείων.....	31
Εικόνα 3-2 Διάγραμμα UML πακέτων της εφαρμογής IoanninaBusRoutes.....	35
Εικόνα 3-3 Διάγραμμα UML κλάσεων της εφαρμογής IoanninaBusRoutes.....	36
Εικόνα 3-4 Διάγραμμα σύνδεσης βάσης, αρχείων επεξεργασίας και τελικών αρχείων.....	38
Εικόνα 3-5 Γενικός Αλγόριθμος χρήσης της βιβλιοθήκης ParaParse για δημιουργία αρχείων.....	39
Εικόνα 3-6 Αναπαράσταση στάσεων στον χάρτη.....	47
Εικόνα 3-7 Ετικέτα πληροφοριών σε στάση.....	48
Εικόνα 3-8 Side menu επιλογής γραμμής και διαδρομής.....	49
Εικόνα 3-9 Timetable με ώρες εκκίνησης της διαδρομής.....	50
Εικόνα 3-10 Χάρτης Ιωαννίνων στην εφαρμογή IoanninaBusRoutes.....	51
Εικόνα 3-11 Χάρτης Ιωαννίνων στην εφαρμογή IoanninaBusRoutes μετά την επιλογή διαδρομής.....	52
Εικόνα 3-12 Box επιλογής και στατιστικών για το δρομολόγιο που επιλέχτηκε.....	53
Εικόνα 3-13 Εμφάνιση Στατιστικών για το δρομολόγιο Πέραμα-Πανεπιστήμιο για τον Ιανουάριο ,σε καθημερινή στις 06:43.....	54
Εικόνα 3-14 Εμφάνιση λεωφορείου πάνω στο χάρτη και χρωματισμός διαδρομής λόγω καθυστερήσης στην άφιξη.....	55
Εικόνα 3-15 Box επιλογής και αφαίρεσης διαγραμμάτων.....	56
Εικόνα 4-1 User Interface της εφαρμογής Ioannina Bus Routes.....	57
Εικόνα 4-2 Dropdown menus για την επιλογή γραμμής και δρομολογίου.....	58
Εικόνα 4-3 Timetable με τις ώρες έναρξης του δρομολογίου που επιλέχθηκε.....	59
Εικόνα 4-4 Παράμετροι εισόδου από τον χρήστη.....	60

Εικόνα 4-5 Στατιστικά του δρομολογίου που επιλέχθηκε και των επιλογών της εικόνας 4-4.....	60
Εικόνα 4-6 Μήνυμα λάθους στην περίπτωση επιλογής ώρας ή είδους μέρας όπου δεν εκτελείται το δρομολόγιο που επέλεξε ο χρήστης.....	61
Εικόνα 4-7 Μήνυμα λάθους στην περίπτωση επιλογής ώρας ή είδους μέρας χωρίς να έχει επιλέξει πρώτα δρομολόγιο ο χρήστης.	61
Εικόνα 4-8 Πρόταση βελτίωσης του δρομολογίου όσον αφορά την χρήση back up λεωφορείου στο Suggestions box.....	61
Εικόνα 4-9 Πρόταση βελτίωσης του δρομολογίου όσον αφορά την συχνότητα του δρομολογίου στο Suggestions box.	62
Εικόνα 4-10 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης των γραμμών του Αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.....	64
Εικόνα 4-11 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης των δρομολογίων όλων των γραμμών..	65
Εικόνα 4-12 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά δρομολόγιο της γραμμής λεωφορείων που έχει επιλέξει ο χρήστης.....	66
Εικόνα 4-13 Διάγραμμα Μέσου χρόνου ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της επιλεγμένης γραμμής σε πραγματικό και προγραμματισμένο χρόνο.	68
Εικόνα 4-14 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά στάση του δρομολογίου που έχει επιλέξει ο χρήστης.....	69
Εικόνα 4-15 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά είδος μέρας του δρομολογίου που έχει επιλέξει ο χρήστης.....	70
Εικόνα 4-16 Διάγραμμα μέσου πλήθους επιβατών κάθε στάσης του δρομολογίου που έχει επιλεχτεί.....	72
Εικόνα 4-17 Διάγραμμα χρόνου μετακίνησης από στάση σε στάση.....	73

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζει το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας και το γενικότερο επιστημονικό αντικείμενο στο οποίο εντάσσεται.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Η αστική συγκοινωνία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι κάθε πόλης. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο μέσος επιβάτης των αστικών λεωφορείων σε οποιαδήποτε μεγάλη ή μικρή πόλη είναι γνωστά και επαναλαμβανόμενα. Η αργοπορία, η εμφάνιση και αναχώρηση λεωφορείων πιο νωρίς από την στάση, η υπερκάλυψη των λεωφορείων με επιβάτες είναι κάποια από τα πιο προφανή προβλήματα που υπάρχουν και καθιστούν την χρήση των λεωφορείων δυσβάστακτη. Κύρια αιτία είναι το μη ρεαλιστικό πρόγραμμα δρομολογίων, το οποίο δεν λαμβάνει υπόψιν τις πραγματικές ανάγκες της πόλης.

Στην σύγχρονη εποχή, η αξιολόγηση και βελτίωση της απόδοσης μιας εταιρίας επεκτείνεται πέρα από τις γνωστές μεθόδους στην χρήση εργαλείων αξιολόγησης απόδοσης. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι το KPI [1] (Key Performance Indicator), το οποίο είναι μια μετρήσιμη τιμή που χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί πόσο κοντά στον στόχο του είναι ένας οργανισμός. Στις επιχειρήσεις, οι βασικοί δείκτες απόδοσης μπορεί να είναι είτε υψηλού επιπέδου είτε να αφορούν συγκεκριμένο τμήμα. Οι KPI υψηλού επιπέδου εξετάζουν συνήθως την απόδοση της επιχείρησής στο σύνολό της, όπως η επίτευξη συγκεκριμένου κέρδους στο συγκεκριμένο οικονομικό έτος. Όταν πρόκειται για διαδικασίες που αφορούν συγκεκριμένα τμήματα, ομάδες ή μεμονωμένα άτομα, αυτές είναι KPI χαμηλού επιπέδου.

Με την αύξηση του επιβατικού κοινού, όπως παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στα Ιωάννινα, ολοένα και περισσότερο εντείνεται η ανάγκη για καθορισμό κάποιων διαδικασιών της εταιρείας που χρήζουν αξιολόγησης ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα εξυπηρέτησης. Μια τέτοια εφαρμογή θα μπορέσει να αντιπροσωπεύσει ένα γρήγορο και αξιόπιστο εργαλείο αξιολόγησης υψηλού επιπέδου των δρομολογίων του αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων. Με την ανάλυση καταγεγραμμένων δεδομένων ο αποδέκτης/υπάλληλος της εταιρείας μπορεί να καταλήξει σε ρεαλιστικά και μετρήσιμα συμπεράσματα για τις αλλαγές που πρέπει να υλοποιηθούν. Όπως ακόμα και να αξιολογήσει κατά πόσο ήταν

επικερδείς οι αποφάσεις του, ανανεώνοντας τα δεδομένα και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα.

Με την χρήση της Web εφαρμογής και την ενημέρωση της με νέα δεδομένα θα είναι εφικτή η δημιουργία καλύτερης κατανομής δρομολογίων ανά ώρα, εξυπηρετώντας και διευκολύνοντας τις ζωές των φοιτητών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Επιπλέον, η εταιρία, με τα συμπεράσματα που προσφέρει η εφαρμογή, θα μπορεί να πάρει αποφάσεις για την εκτέλεση των δρομολογίων της ώστε να αποφευχθούν επιζήμιες καταστάσεις. Για παράδειγμα, η ύπαρξη δρομολογίου που δεν εξυπηρετεί λογικό ποσοστό επιβατών, η εκτέλεση κάποιου δρομολογίου με υπερβολικά μεγάλο πλήθος επιβατών, όπου επιβαρύνει το όχημα με το ενδεχόμενο να προκληθεί φθορά ή και βλάβη.

Συγκεκριμένα, η εφαρμογή προσφέρει οπτικοποίηση των δρομολογίων της εταιρίας Αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων πάνω στον χάρτη των Ιωαννίνων και εμφάνιση στατιστικών και διαγραμμάτων που αφορούν τις γραμμές, τα δρομολόγια και τους χρόνους αναχώρησης και άφιξης τους. Επιπροσθέτως, προτείνει στοχευμένες αλλαγές και σημειώνει τις σωστές επιλογές σχετικά με το σύστημα.

Η λειτουργικότητα που προσφέρει στον χρήστη η εφαρμογή είναι η δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένης γραμμής και δρομολογίου, η επιλογή συγκεκριμένης ώρας και είδος μέρας (καθημερινή, σαββατοκύριακο κτλ.), η εμφάνιση αργοπορημένων διάδρομων με συγκεκριμένο χρώμα πάνω στον χάρτη και η εμφάνιση πληροφοριών και στατιστικών για το συγκεκριμένο δρομολόγιο όπως και διαγραμμάτων, ώστε να μπορούν να κατανοηθούν καλύτερα οι προβληματικές καταστάσεις του δρομολογίου.

1.2 Στόχοι Διπλωματικής

1.2.1 Οπτικοποίηση

Η οπτικοποίηση αφορά την αναπαράσταση δρομολογίων των λεωφορείων στον χάρτη της πόλης των Ιωαννίνων προκειμένου να γίνονται αντιληπτά από τον αποδέκτη/υπάλληλο, ώστε να μπορεί έπειτα να επιλέξει ποιο δρομολόγιο θέλει να αναπαραστήσει και να το αναλύσει μεμονωμένα. Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα να επεξεργαστεί παραπάνω τα δεδομένα για το δρομολόγιο που επέλεξε ώστε να καταστεί ένα εύχρηστο εργαλείο για τη δουλειά του.

1.2.2 Παρατήρηση και Επίλυση Προβληματικών Καταστάσεων

Με την ανάλυση των δεδομένων από την εφαρμογή μπορούν να γίνουν στοχευμένες αλλαγές σε δρομολόγια στις παρακάτω περιπτώσεις :

- Σε δρομολόγια με καθυστερημένη ή και πρόωρη άφιξη (χρωματισμένα με κόκκινο/κίτρινο στην εφαρμογή μας).
- Δρομολόγια τα οποία δε χρησιμοποιούνται (πχ κενό όχημα που εκτελεί δρομολόγιο).
- Δρομολόγια τα οποία δεν εκτελούνται με το σωστό επιβατικό όχημα. Συγκεκριμένα , η αλλαγή προτείνεται όταν το μέγιστο μέγεθος επιβατών υπερβαίνει αρκετά την χωρητικότητα του λεωφορείου. Κάτι τέτοιο συμβαίνει σε δρομολόγια με υψηλή ζήτηση και ανεπαρκή συχνότητα εκτέλεσης.
- Δρομολόγια τα οποία δε μπορούν να εξυπηρετήσουν όλους όσους περιμένουν στη στάση λόγω περιορισμένης χωρητικότητας.

Ο καθορισμός των προβληματικών δρομολογίων ανάμεσα στο σύνολο των δρομολογίων θα γίνει με την επεξεργασία δεδομένων και αποσκοπεί αντιστοίχως στη βελτίωση των παρακάτω παραμέτρων:

- Να αποφευχθούν μεγάλες καθυστερήσεις και να δημιουργούνται έκτακτα δρομολόγια σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους υψηλής ζήτησης.
- Να μειωθούν δρομολόγια που εκτελούνται χωρίς σχεδόν καθόλου επιβατικό κοινό για την εξοικονόμηση χρημάτων, καυσίμων και την σωστή οργάνωση προγράμματος εργασίας οδηγών.
- Η σωστή επιλογή οχήματος βάσει πληρότητας ανά δρομολόγιο.
- Χρήση εφεδρικών λεωφορείων και οδηγών σε αναμονή σε μεμονωμένες περιόδους παρατήρησης αυξημένης χρήσης δρομολογίου.

1.3 Οργάνωση του τόμου

Η δομή που έχει η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία είναι η εξής:

Το Κεφάλαιο 1 αποτελεί μια πρώτη επαφή με το αντικείμενο της και το γενικότερο επιστημονικό αντικείμενο το οποίο αφορά.

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύονται εκτενώς τα προβλήματα που επιλύει η χρήση της εφαρμογής που κατασκευάσαμε και παρουσιάζονται οι λειτουργικές απαιτήσεις της με την χρήση Use cases.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται η αρχιτεκτονική της εφαρμογής και της σύνδεσης των κλάσεων. Επίσης, παρουσιάζεται η μορφή του λογισμικού με τη χρήση διαγραμμάτων UML.

Το Κεφάλαιο 4 αναλύει την πειραματική αξιολόγηση. Εμφανίζονται τα use cases σε πραγματικό επίπεδο και αξιολογούμε την ευχρηστία της εφαρμογής, αν είναι σωστή η σύνδεση και επεξεργασία των δεδομένων όπως και επιβεβαιώνουμε ότι παρέχουμε τα σωστά μηνύματα alert προς τον χρήστη.

Στο κεφάλαιο 5 συνοψίζουμε τη συνεισφορά και τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας και παραθέτουμε σκέψεις για μελλοντικές επεκτάσεις της και εμβάθυνσης των δυνατοτήτων της.

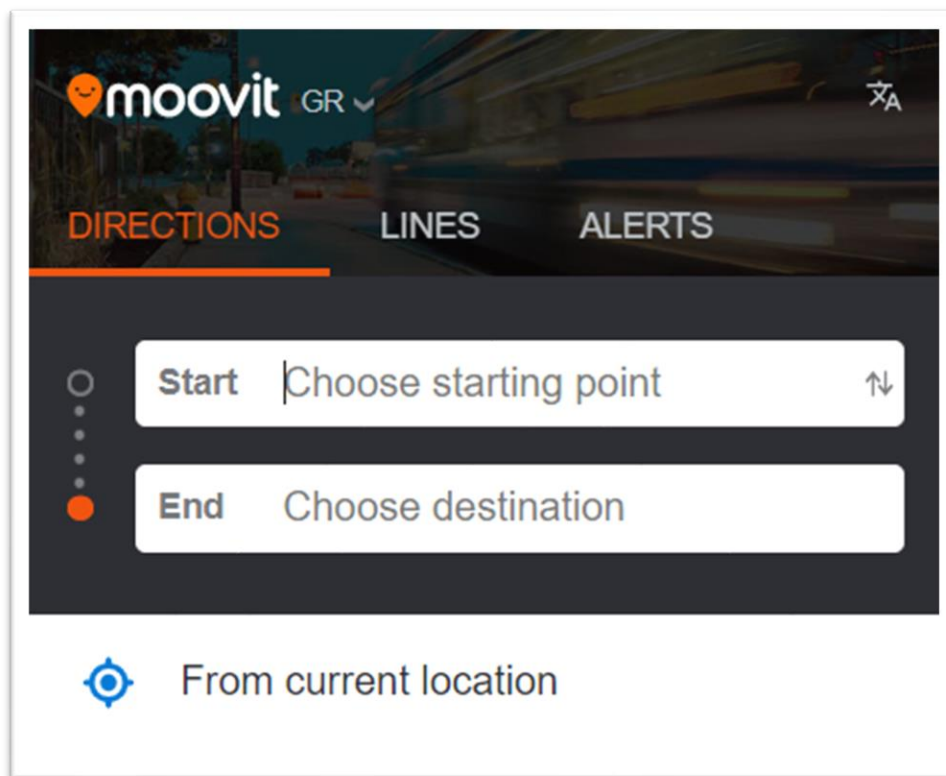
Κεφάλαιο 2. Περιγραφή Θέματος

2.1 Σχετικές εφαρμογές

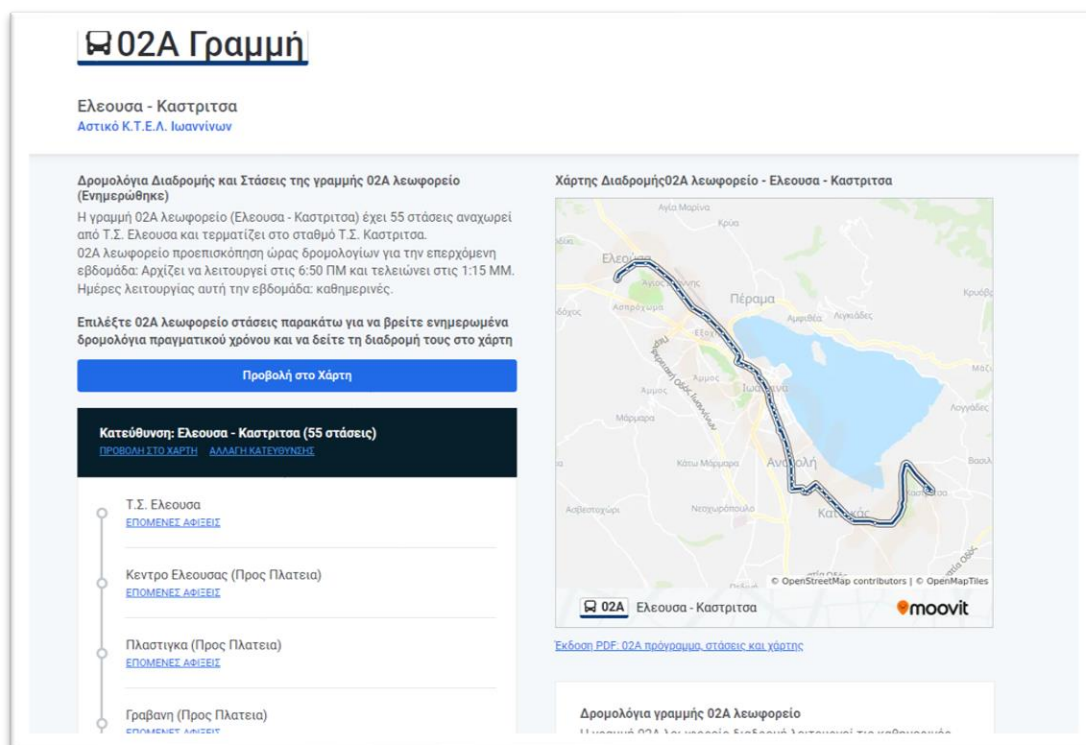
Η συγκεκριμένη ενότητα αναλύει κάποιες εφαρμογές σχετικές με την δημόσια συγκοινωνία μιας πόλης και την ενημέρωση για αυτήν προς τους επιβάτες. Η οπτικοποίηση και ανάλυση δεδομένων είναι ένα θέμα που αφορά πολλούς κλάδους τεχνολογίας και μη. Επιτρέπει την εξέλιξη οποιαδήποτε εταιρίας, οργανισμού ή ακόμα και ατόμου. Επικαλύπτει την ανάγκη εύρεσης “τυφλών σημείων” και επιδιόρθωσής τους με γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο.

Όσον αφορά τον κομμάτι των μετακινήσεων, είναι ένα ευρέως διαδεδομένο εργαλείο για να βελτιωθούν τα ΜΜΜ όπως και η ποιότητας ζωής των επιβατών. Πολλές εταιρίες έχουν αναπτύξει εφαρμογές που κυρίως αφορούν την ενημέρωση των επιβατών για το πρόγραμμα των αστικών λεωφορείων, όπως και μετάδοση της θέσης του λεωφορείου σε πραγματικό χρόνο.

2.1.1 Moovit

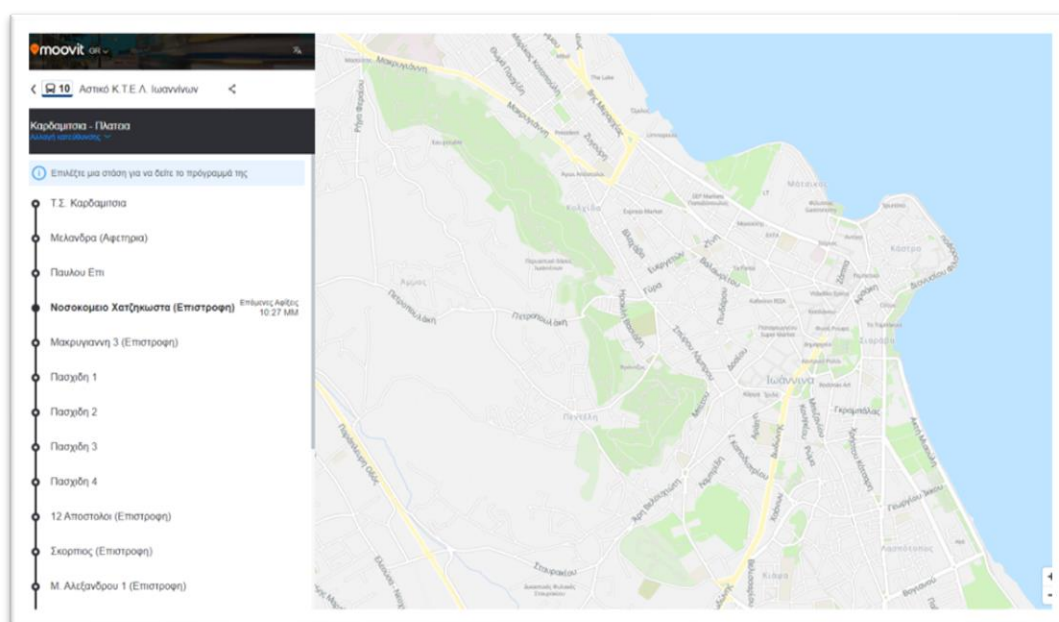


Εικόνα 2-1 Η διεπαφή της εφαρμογής Moovit.



Εικόνα 2-2 Επιλογή διαδρομής και εμφάνισης της στην εφαρμογή Moovit

Το **Moovit** [2] προσφέρει οδηγίες για διαδρομές του Αστικού Κ.Τ.Ε.Λ. Ιωαννίνων και παρέχει βήμα-βήμα την πλοήγηση. Σχεδόν, όλες οι γραμμές και τα δρομολόγια στα Ιωάννινα μπορούν να βρεθούν στην Εφαρμογή Moovit. Επιλέγοντας κάποια διαδρομή, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 2-2, εμφανίζεται στον χάρτη και επιλέγοντας λεωφορείο εμφανίζει σε πραγματικό χρόνο την τοποθεσία του. Ωστόσο, αυτή η εφαρμογή δεν



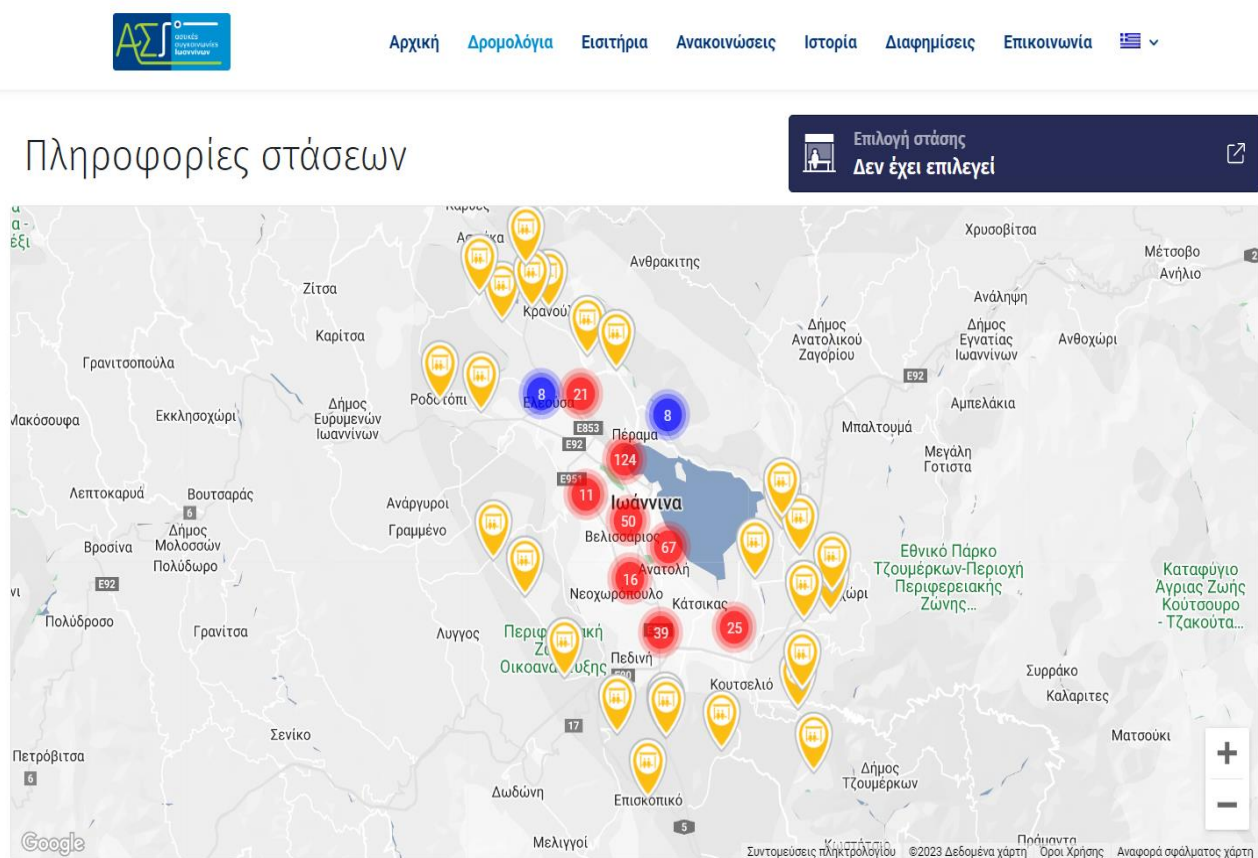
Εικόνα 2-3 Στάσεις του δρομολογίου που επιλέχθηκε στην εφαρμογή Moovit.

παρέχει καμία πληροφορία για την βελτίωση των δρομολογίων, παρά μόνο τα δρομολόγια σε πραγματικό χρόνο. (Αντίστοιχα χρωματισμένα με κόκκινο/κίτρινο στην εφαρμογή μας)

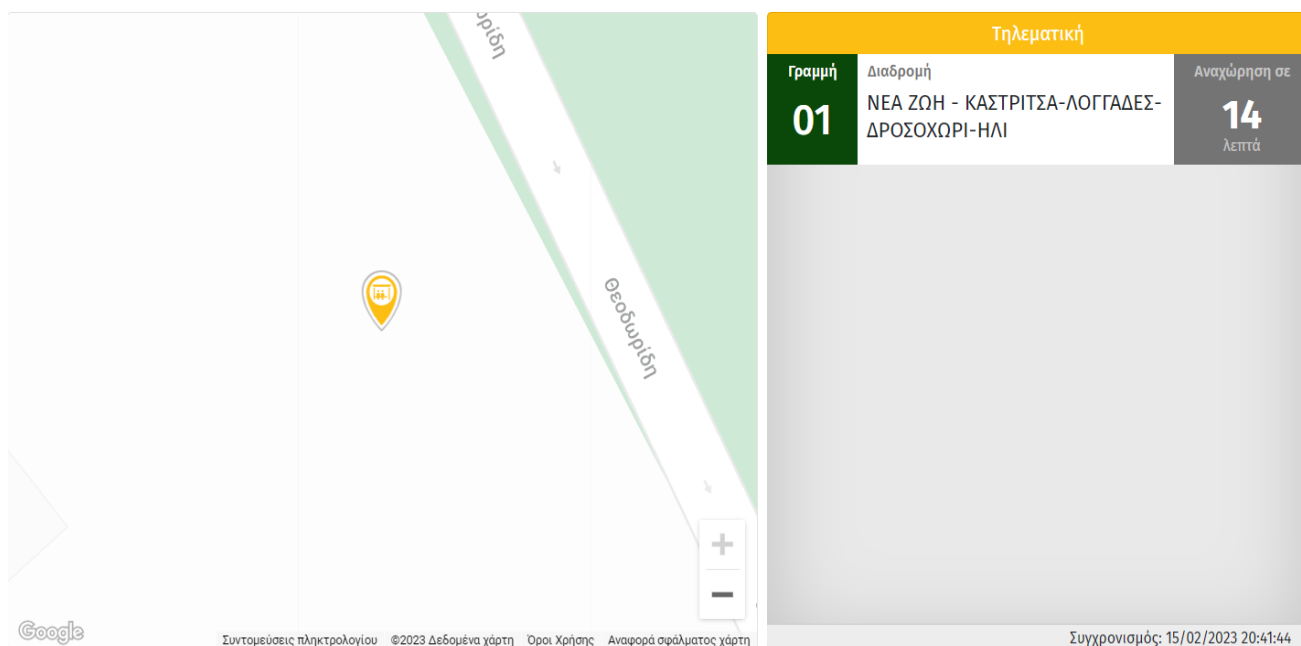
2.1.2 Αστικές συγκοινωνίες Ιωαννίνων – Δρομολόγια

Η ιστοσελίδα του **Αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων** [3] παρέχει την επιλογή «Δρομολόγια» στο navigation bar. Όπως βλέπουμε στις εικόνες Εικόνα 2-4,

Εικόνα 2-5 και Εικόνα 2-6, η εφαρμογή αυτή περιέχει πληροφορίες σχετικά με διαδρομές, δρομολόγια και στάσεις για τις αστικές συγκοινωνίες στον χρήστη. Εντούτοις, δεν περιέχει καμία πληροφορία για το χρόνο εκτέλεσης του δρομολογίου, τις καθυστερήσεις ή οτιδήποτε μπορεί να εξυπηρετήσει έναν υπάλληλο του ΚΤΕΛ Ιωαννίνων ώστε να δημιουργήσει ένα καλύτερα διαμορφωμένο πρόγραμμα δρομολογίων. Αυτό το κομμάτι καλύπτει η παρούσα διπλωματική εργασία.



Εικόνα 2-4 Η διεπαφή της εφαρμογής Αστικό ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.



Εικόνα 2-5 Επιλογή γραμμής και δρομολογίου στην εφαρμογής Αστικό ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.

Δευτέρα

Τρίτη

Τετάρτη

Πέμπτη

Παρασκευή

Σάββατο

Κυριακή

Φίλτρα:

Επιλογή γραμμών

Όλες οι γραμμές

Επιλογή διαδρομών

Όλες οι διαδρομές

5⁰⁰

02

05:55

ΠΛΑΤΕΙΑ – ΚΑΤΣΙΚΑΣ

6⁰⁰

03

06:05

ΠΛΑΤΕΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ ΚΟΥΤΣΕΛΙΟ

03

06:35

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΗΛΙΟΚΑΛΗ

07

06:10

ΠΛΑΤΕΙΑ – ΑΝΑΤΟΛΗ

15

06:45

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΕΛΛΗΝΙΚΟ

05

06:20

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΚΑΙΣΑΡΕΙΑ

01

06:50

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΛΟΓΓΑΔΕΣ

06

06:30

ΕΛΕΟΥΣΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΝΤΣΙΚΑ

02

06:55

ΠΛΑΤΕΙΑ – ΚΑΤΣΙΚΑΣ

7⁰⁰

10

07:09

ΚΑΡΔΑΜΗΤΣΙΑ ΔΕΣΜΟΣ ΠΛΑΤΕΙΑ

10

07:22

ΚΑΡΔΑΜΗΤΣΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ

17

07:55

ΒΟΥΝΟΠΛΑΓΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

08

07:09

ΕΛΕΟΥΣΑ ΑΝΑΤΟΛΗ

02

07:33

ΕΛΕΟΥΣΑ ΚΑΤΣΙΚΑ

17

07:10

ΠΛΑΤΕΙΑ- ΑΝΑΤΟΛΗ- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

05

07:40

ΙΩΑΝΝΙΝΑ ΜΠΑΦΡΑ ΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟ

07

07:15

ΠΛΑΤΕΙΑ – ΑΝΑΤΟΛΗ

10

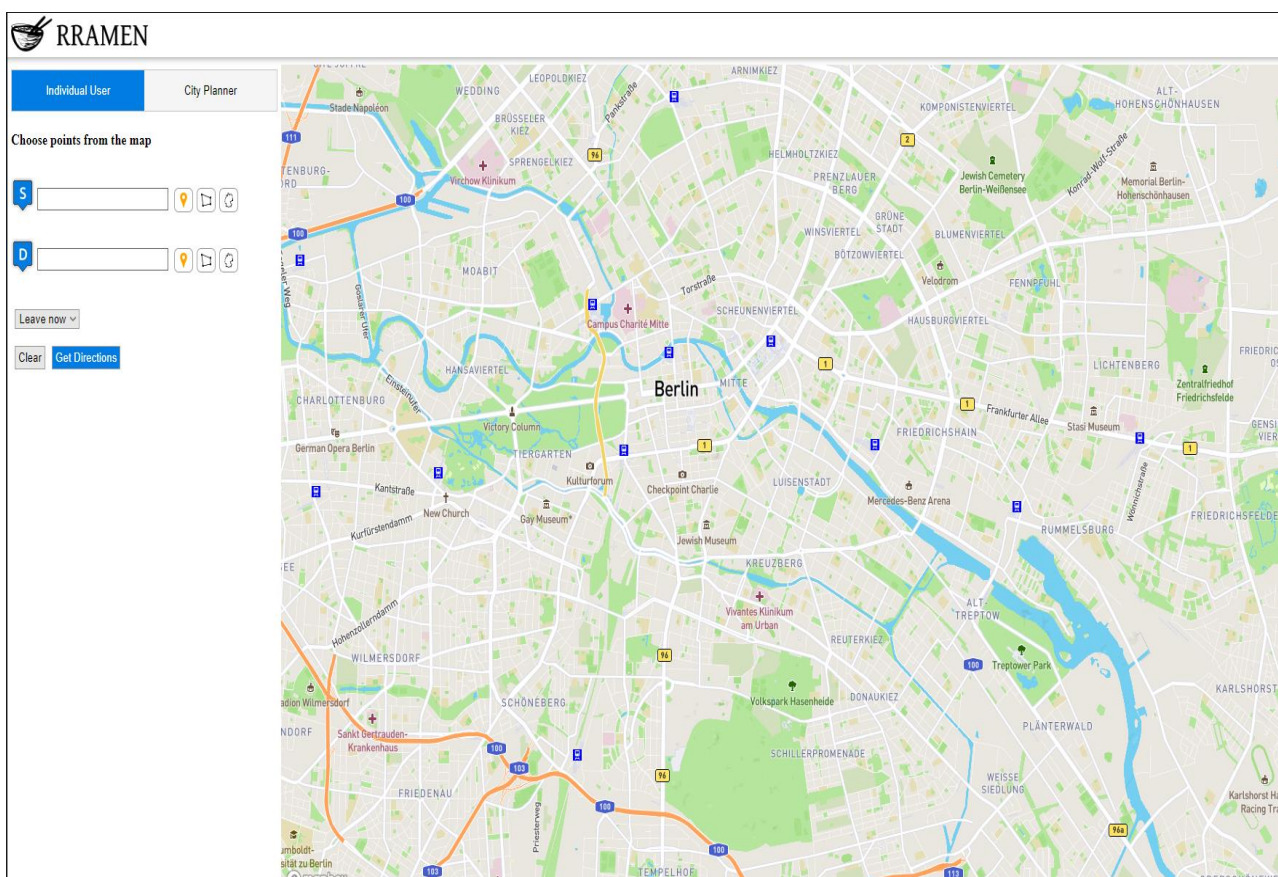
07:52

ΚΑΡΔΑΜΗΤΣΙΑ ΑΝΑΤΟΛΗ

Εικόνα 2-6 Εμφάνιση του προγράμματος του δρομολογίου που επιλέχτηκε από τον χρήστη.

2.1.3 RRAMEN

Το RRAMEN [4] είναι ένα διαδραστικό εργαλείο που υποστηρίζει ερωτήματα που σχετίζονται με την κινητικότητα σε κλίμακα πόλης από διαφορετικούς τύπους χρηστών με διαφορετικές ανάγκες. Βασίζεται στην έννοια της Σχετικής Προσβασιμότητας (RR), η οποία καθορίζει τον τρόπο μεταφοράς που ελαχιστοποιεί τον χρόνο άφιξης σε μια δεδομένη τοποθεσία προορισμού. Ο κύριος στόχος της RRAMEN εφαρμογής είναι να βοηθήσει μεμονωμένους χρήστες και πολεοδόμους να κάνουν συνειδητές επιλογές και να αξιολογούν τις αλλαγές στο συγκοινωνιακό δίκτυο μιας πόλης.



Εικόνα 2-7 Η διεπαφή της εφαρμογής RRAMEN.

2.2 Εργαλεία Ανάπτυξης

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα αναλύσουμε τα εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε για την δημιουργία της εφαρμογής.

2.2.1 JavaScript

Πρόκειται για μια interpreted-script γλώσσα [5]. Χρησιμοποιείται ευρέως για το client-side scripting ώστε να υπάρχει διεπαφή με τον χρήστη και δυναμική τροποποίηση στην εφαρμογή. Λόγω της δυναμικότητας ο χρήστης δε χρειάζεται να ανανεώνει σε κάθε του κίνηση την εφαρμογή ώστε να λάβει ανταπόκριση στο αίτημα του και αυτό επιτυγχάνεται με την ανταλλαγή δεδομένων από το server-side στο client-side. Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει συνεχόμενη διάδραση και γι' αυτό κατατάσσεται στις ερμηνευμένες γλώσσες. Πρακτικά εκτελείται χωρίς να προηγηθεί μεταγλώττιση του κώδικα.

2.2.2 Node JS

Το Node JS [6] είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού που βασίζεται σε Javascript. Παρέχει ένα περιβάλλον για το client app της εφαρμογής με την εκτέλεση κώδικα Javascript από την πλευρά του διακομιστή. Είναι εύχρηστο για εφαρμογές που απαιτούν διαχείριση μεγάλων όγκων δεδομένων [7] με αρκετές διασυνδέσεις μεταξύ τους. Κατ' επέκταση είναι ιδανικό για εφαρμογές με αλληλεπίδραση και αλλαγές σε πραγματικό χρόνο. Σκοπός του Node JS είναι να παρέχει μια απλή λύση στη δημιουργία επεκτάσιμων εφαρμογών ιστού. Εγκαταστήσαμε τη πλατφόρμα και χρησιμοποιήσαμε το ενσωματωμένο Node Package Manager (npm) για τη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής μας.

2.2.3 React JS

Επιλέξαμε για την ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής τη βιβλιοθήκη της React JS [6]. Είναι μία βιβλιοθήκη της Javascript και έχει ως σκοπό την διευκόλυνση δημιουργίας διεπαφών για τον χρήστη, τόσο σε θέμα εργασίας, όσο και σε θέμα επεκτασιμότητας, ευελιξίας και κλιμάκωσης της εφαρμογής [8].

2.2.4 Mapbox GL JS

Για την εμφάνιση και την διάδραση με τον χάρτη των Ιωαννίνων χρησιμοποιήσαμε μια open-source βιβλιοθήκη Javascript ,την Mapbox GL JS [9].Διαθέτει μια σύγχρονη τεχνολογία χαρτογράφησης ώστε να εμφανίζει χάρτες με συγκεκριμένες συντεταγμένες σε Web browser. Η απόδοση των χαρτών γίνεται δυναμικά με συνδυασμό διανυσματικών tiles [10] στο πρόγραμμα περιήγησης και όχι σε server με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η αλλαγή του στυλ και του περιεχομένου του χάρτη για να αλληλοεπιδρά με τον χρήστη. Κάποια από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι διατίθεται για όλες τις χώρες παγκοσμίως και υποστηρίζεται από τα περισσότερα προγράμματα περιήγησης.

2.2.5 Map Matching Mapbox API

Το Map Matching API [11] είναι ένα από τα αρκετά API που συμπεριλαμβάνονται στην δυνατότητα πλοήγησης του Mapbox. Ανάμεσα στις διάφορες υπηρεσίες που παρέχει ,κάποιες που χρησιμοποιήθηκαν παρατίθενται παρακάτω:

- Υπολογισμός βέλτιστων διαδρομών υπολογισμένων πάνω στα όρια των δρόμων ακόμα και αν οι δοσμένες συντεταγμένες είναι εκτός ορίων.
- Λαμβάνει υπόψιν όλα τα όρια ταχύτητας ,τη δομή του οδικού δικτύου και τα πιθανά δυστυχήματα /εργασίες σε πραγματικό χρόνο.

2.2.6 Papa Parse

Η βιβλιοθήκη PapaParse [12] αποτελεί τον ταχύτερο τρόπο προσπέλασης αρχείων (csv) σε πραγματικό χρόνο χρήσης μιας εφαρμογής. Παρέχει δυνατότητες όπως αυτόματο εντοπισμό διαχωριστή λέξεων-πεδίων σε αρχεία. Ένα βασικό πλεονέκτημα είναι ότι χρησιμοποιεί worker threads ώστε να μην επιβαρύνει και μειώνει την ταχύτητα ανταπόκρισης της εφαρμογής πάνω στην οποία εκτελείται.

2.2.7 Bootstrap

Το Bootstrap [13] είναι μια συλλογή εργαλείων ανοιχτού κώδικα για δυναμική και εύχρηστη εμπειρία χρήσης που χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη του front-end. Υποστηρίζει όλους τους γνωστούς περιηγητές και σχεδόν όλες τις εκδόσεις τους. Βασίζεται σε πρότυπα σχεδίασης CSS , HTML και JavaScript. Βοηθάει στη δημιουργία

ταχύτατων ιστοσελίδων παρέχοντας επιλογές διαφορετικού στυλ και δομής ανάμεσα σε φόρμες, κουμπιά, πλοήγηση και άλλα στοιχεία διεπαφής.

2.2.8 Chart JS

Είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript [14] που χρησιμοποιεί ένα από τα στοιχεία της HTML, το canvas, για σχεδίαση γραφημάτων. Επίσης, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο οπτικοποίησης δεδομένων σε εντυπωσιακά και διαδραστικά γραφήματα και απεικονίσεις. Δεν περιέχει εξαρτήσεις και το μέγεθος της προσαρμόζεται ανάλογα με το πόσους τύπους γραφημάτων από τους 6 που παρέχει χρησιμοποιούνται.

2.3 Ανάλυση απαιτήσεων

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε την περιγραφή απαιτήσεων και λειτουργιών του συστήματος. Περιληπτικά, η κύρια ροή της εφαρμογής και οι λειτουργίες της είναι οι εξής:

1. Επιλογή γραμμής λεωφορείου
2. Επιλογή διαδρομής που ανήκει σε αυτή την γραμμή
3. Εμφάνιση των χρόνων εκκίνησης της διαδρομής
4. Επιλογή ώρας, λεπτών, είδους μέρας και μήνα
5. Εμφάνιση πληροφοριών και στατιστικών για αυτή την διαδρομή
6. Επιλογή διαγραμμάτων για όλες τις γραμμές και τα δρομολόγια
7. Επιλογή διαγραμμάτων για την συγκεκριμένη διαδρομή
8. Διαγραφή διαγραμμάτων

2.3.1 Use Cases

2.3.1.1 Use Case 1

Use Case ID	Άνοιγμα εφαρμογής
Actors	Χρήστης
Pre conditions	Σύνδεση στο διαδίκτυο
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none">1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή και εμφανίζεται ο χάρτης των Ιωαννίνων με όλα τα δρομολόγια και τις στάσεις. Κάθε δρομολόγιο έχει το δικό του μοναδικό χρώμα.2. Στα αριστερά του χάρτη υπάρχει ένα side menu το οποίο χρησιμεύει στην επιλογή γραμμής(line) και έπειτα δρομολογίου(route).3. Στα δεξιά του χάρτη υπάρχει ένα box, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις ώρες και τα λεπτά του δρομολογίου που θέλει να δει, όπως και το είδος της μέρας ενός συγκεκριμένου μήνα.4. Στο κάτω μέρος της σελίδας υπάρχει ένα box που αφορά την εμφάνιση διαγραμμάτων. Σε αυτό το στάδιο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα δύο πρώτα διαγράμματα. Το πρώτο περιέχει τις συνολικές καθυστερήσεις ανά γραμμή λεωφορείων, και το δεύτερο τις συνολικές καθυστερήσεις ανά δρομολόγιο.

2.3.1.2 Use Case 2

Use Case ID	Επιλογή Γραμμής και Δρομολογίου
Actors	Χρήστης
Pre conditions	Σύνδεση στο διαδίκτυο.
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none">1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης πατήσει στο πρώτο dropdown menu με όνομα «Lines» , όπου και εμφανίζονται όλες οι υπάρχουσες γραμμές με την ονομασία τους στα ελληνικά.2. Ο χρήστης επιλέγει την γραμμή που επιθυμεί και πλέον το dropdown menu περιέχει το όνομα της.3. Αφού επιλεγθεί η γραμμή, το dropdown menu με όνομα «Routes» γεμίζει με τα δρομολόγια αυτής της γραμμής.4. Ο χρήστης επιλέγει το δρομολόγιο που θέλει από αυτό το menu .5. Στον χάρτη των Ιωαννίνων εξαφανίζονται όλες οι διαδρομές και παραμένει η διαδρομή που επιλέχθηκε.
Alternative flow	Αν ο χρήστης προσπαθήσει να επιλέξει διαδρομή χωρίς να μην να έχει επιλέξει πρώτα γραμμή δεν θα μπορεί να επιλέξει τίποτα, αφού το menu είναι κενό.
Post conditions	Εμφάνιση προγραμματισμένων ωρών που ξεκινάει το επιλεγθέν δρομολόγιο μέσα στην μέρα στο Timetable Box.

2.3.1.3 Use Case 3

Use Case ID	Επιλογή ώρας και είδος μέρας
Actors	Χρήστης
Pre conditions	Σύνδεση στο διαδίκτυο, επιλογή γραμμής και δρομολογίου
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης επιλέξει ώρα, λεπτά, μήνα και είδος μέρας από το info-box. Για την επιλογή ωρών ο χρήστης μπορεί να συμβουλευτεί το Timetable box, το οποίο του παρέχει τους χρόνους εκκίνησης του δρομολογίου μέσα στην μέρα. 2. Πατώντας το button «Statistics» εμφανίζονται κάτω από αυτό τα στατιστικά μέσα στα αντίστοιχα text boxes. 3. Επίσης εμφανίζεται το λεωφορείο στην στάση που βρίσκεται την συγκεκριμένη ώρα γι' αυτό το δρομολόγιο. 4. Το χρώμα της διαδρομής αλλάζει ανάλογα με την κατάσταση της διαδρομής για τις συγκεκριμένες ώρες που έχουν επιλεγεί. Εάν δεν υπάρχει συνολική καθυστέρηση στη διαδρομή εμφανίζεται το χρώμα πράσινο, αν υπάρχει χρωματίζεται με το χρώμα κόκκινο κι αν εκτελείται το δρομολόγιο σε λιγότερο χρόνο από ότι το πρόγραμμα εμφανίζεται το κίτρινο χρώμα. 5. Στα text boxes εμφανίζεται: <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Ο κωδικός της στάσης που βρίσκεται το λεωφορείο την επιλεγμένη ώρα. 5.2. Η προγραμματισμένη ώρα άφιξης στην επόμενη στάση. 5.3. Η ώρα που επέλεξε ο χρήστης. 5.4. Ο πραγματικός χρόνος άφιξης σε αυτή την στάση. 5.5. Η καθυστέρηση του δρομολογίου σε αυτή τη στάση. 5.6. Ο συνολικός μέσος χρόνος ολοκλήρωσης δρομολογίου σύμφωνα με το πρόγραμμα του ΚΤΕΛ Ιωαννίνων. 5.7. Ο συνολικός μέσος χρόνος ολοκλήρωσης δρομολογίου σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα. 5.8. Το μέσο πλήθος επιβατών για το συγκεκριμένο δρομολόγιο.
Alternative flow	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εμφάνιση alert box όταν ο χρήστης δεν έχει επιλέξει ήδη γραμμή και δρομολόγιο. 2. Εμφάνιση alert box όταν δεν πραγματοποιείται αυτό το δρομολόγιο τις ώρες που επέλεξε ο χρήστης. 3. Εμφάνιση alert box όταν δεν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα για το δρομολόγιο τις ώρες που επέλεξε ο χρήστης.
Post conditions	Εμφάνιση λεωφορείου, αλλαγή χρώματος γραμμής ,εμφάνιση στατιστικών, εμφάνιση προτάσεων αλλαγής στο Suggestions box.

2.3.1.4 Use Case 4

Use Case ID	Κλικ στο εικονίδιο του λεωφορείου
Actors	Χρήστης
Pre conditions	1.Ο χρήστης επιλέγει χρόνο και είδος μέρας 2.Έχει πατηθεί ήδη το button «Statistics».
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none">1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης πατήσει πάνω στο εικονίδιο του λεωφορείου.2. Εμφανίζεται ένα pop up παράθυρο με πληροφορίες που αφορούν το λεωφορείου. Συγκεκριμένα :<ol style="list-style-type: none">2.1. Η γραμμή που έχει επιλεγεί.2.2. Το δρομολόγιο που έχει επιλεγεί.2.3 Ο κωδικός στάσης που βρίσκεται το λεωφορείο.24. Ο κωδικός του λεωφορείου.

2.3.1.5 Use Case 5

Use Case ID	Κλικ στο εικονίδιο της στάσης
Actors	Χρήστης
Pre conditions	Σύνδεση στο διαδίκτυο.
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none">1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης πατήσει πάνω στο εικονίδιο της στάσης.2. Εμφανίζεται ένα pop up παράθυρο με πληροφορίες που αφορούν τη στάση. Συγκεκριμένα :<ol style="list-style-type: none">2.1. Το όνομα της στάσης.2.2 Οι κωδικοί λεωφορείου που διέρχονται από την συγκεκριμένη στάση.

2.3.1.6 Use Case 6

Use Case ID	Εμφάνιση Διαγραμμάτων
Actors	Χρήστης
Pre conditions	1.Σύνδεση στο διαδίκτυο. 2.Υπαρξη στατιστικών.
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none"> 1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης επιλέξει κάποιο από τα buttons που αφορούν τα charts στο menu «Charts». 2. Τα charts είναι χωρισμένα σε δύο κατηγορίες , τα γενικά και τα ειδικά. Τα γενικά διαγράμματα βοηθάνε τον χρήστη στην επιλογή γραμμής και διαδρομής που θέλει να αναλύσει. 3. Οι επιλογές των γενικών charts είναι : <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Καθυστέρηση ανά γραμμή, για όλες τις γραμμές. 3.2 Καθυστέρηση ανά δρομολόγιο, για όλα τα δρομολόγια. 4. Μετά την επιλογή γραμμής και δρομολογίου, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δει κάποιο από τα ειδικά δρομολόγια. 5. Οι επιλογές των ειδικών charts είναι : <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Καθυστέρηση ανά δρομολόγιο για την γραμμή που έχει επιλεγθεί. 5.2 Προγραμματισμένος και πραγματικός χρόνος ολοκλήρωσης των δρομολογίων της γραμμής που έχει επιλεγθεί. 5.3 Pie chart όπου εμφανίζει τη καθυστέρηση του δρομολογίου συγκριτικά με το είδος μέρας (Weekday/ Weekend/ Holidays). 5.4 Καθυστέρηση ανά στάση για το δρομολόγιο που επιλέχθηκε. 5.5 Μέσο πλήθος επιβατών ανά στάση του δρομολογίου. 5.6 Λεπτά που χρειάζεται το λεωφορείο για να φτάσει στην επόμενη στάση του δρομολογίου. 6. Κάθε διάγραμμα θα έχει από κάτω την μέγιστη τιμή του.
Alternative flow	Εμφάνιση κενών διαγραμμάτων στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει ειδικά διαγράμματα πριν επιλέξει γραμμή και διαδρομή.
Post conditions	Εμφάνιση διαγραμμάτων στο κάτω μέρος της σελίδας.

2.4.1.7 Use Case 7

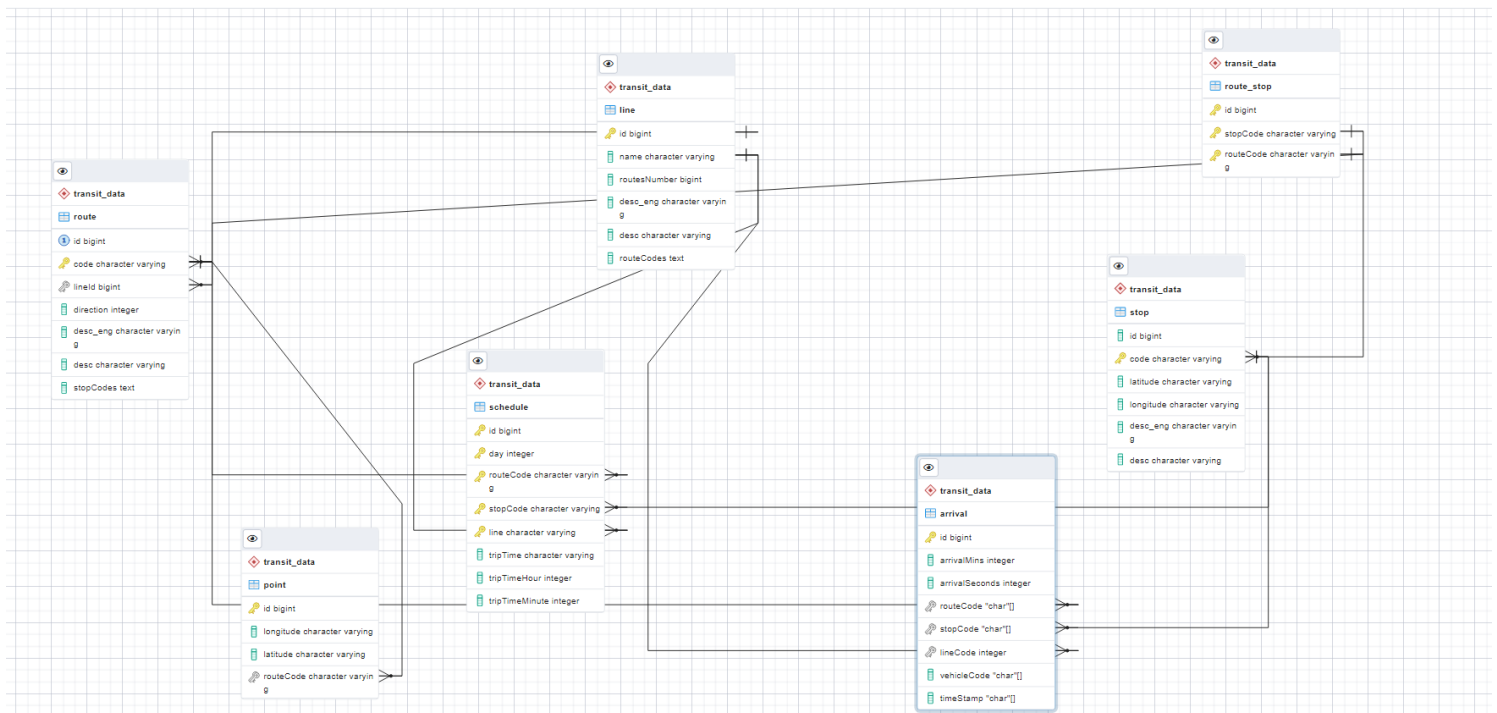
Use Case ID	Διαγραφή Διαγραμμάτων
Actors	Χρήστης
Pre conditions	1.Σύνδεση στο διαδίκτυο. 2.Υπαρξη στατιστικών. 3. Υπαρξη διαγραμμάτων.
Main flow of events	<ol style="list-style-type: none">1. Το use case ξεκινά όταν ο χρήστης επιλέξει κάποιο από τα Erase buttons που αφορούν τα charts στο menu «Remove Charts».2. Υπάρχουν τόσα buttons όσα είναι και τα charts. Ο χρήστης ανάλογα το chart που θέλει να αφαιρέσει επιλέγει το αντίστοιχο button.3. Με το button «Erase All» αφαιρούνται όλα τα διαγράμματα μαζί.

Κεφάλαιο 3. Σχεδίαση & Υλοποίηση

3.1 Σχεδίαση και αρχιτεκτονική λογισμικού

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο πραγματεύεται την διαδικασία που ακολουθήσαμε για την παραγωγή δεδομένων, απαραίτητων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να επαναλαμβάνεται σε περίπτωση που ο χρήστης έχει κάποια νέα ανανεωμένη βάση δεδομένων στο μέλλον.

3.2 Δοθείσα Βάση Δεδομένων



Εικόνα 3-1 Βάση Δεδομένων και δομή αρχείων.

Τα πρότυπα αρχεία που παρέχουν πληροφορίες για τα αστικά ΚΤΕΛ αποτελούν μέρος μιας βάσης δεδομένων (Εικόνα 3-1) οργανωμένης έτσι ώστε να υπάρχει σύνδεση μεταξύ των πληροφοριών. Συνολικά, αυτά τα σύνολα δεδομένων συνδέονται μεταξύ τους μέσω διαφόρων στηλών, όπως routeCode, stopCode, lineId και code, επιτρέποντάς μας να αναζητήσουμε και να αναλύσουμε διάφορες πτυχές του συστήματος δημόσιων μεταφορών για την επεξεργασία αρχείων (Ενότητα 3.4). Παρακάτω ακολουθεί μια λίστα με τα ονόματα των csv αρχείων που μας δόθηκαν ως βάση δεδομένων μαζί με μια σύντομη περιγραφή τους και τις συνδέσεις μεταξύ τους.

3.2.1 Lines.csv

Το συγκεκριμένο αρχείο αποτελείται από πληροφορίες που αφορούν τις γραμμές των αστικών ΚΤΕΛ Ιωαννίνων. Συγκεκριμένα, περιέχει :

- τον κωδικό της γραμμής, ο οποίος είναι το id του και αποτελεί το μέσο σύνδεσης με την υπόλοιπη βάση
- τον αριθμό που χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη γραμμή, παραδείγματος χάριν ο αριθμός 16 για την γραμμή που αφορά το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Το όνομα της γραμμής στα ελληνικά και στα αγγλικά
- Τους κωδικούς διαδρομών που ανήκουν σε αυτή την γραμμή

Διαθέτει την ακόλουθη μορφή:

id	name	routesNumber	desc_eng	desc	routeCodes
----	------	--------------	----------	------	------------

Η στήλη routeCodes συνδέεται με το σύνολο δεδομένων '**route.csv**'.

3.2.2 Route.csv

Περιέχει πληροφορίες για όλες τις διαδρομές των λεωφορείων, Αποτελείται από:

- Τον κωδικό της διαδρομής, ο οποίος αποτελεί το μέσο σύνδεσης με την υπόλοιπη βάση
- Τον κωδικό της γραμμής που ανήκει αυτή η διαδρομή
- Το όνομα της στα ελληνικά και στα αγγλικά
- Του κωδικούς στάσεων όπου περνάει το λεωφορείο σε αυτή τη διαδρομή, με σειρά προσέλευσης

Διαθέτει την ακόλουθη μορφή:

id	code	lineId	direction	desc_eng	desc	stopCodes
----	------	--------	-----------	----------	------	-----------

Η στήλη lineId συνδέεται με το σύνολο δεδομένων '**lines.csv**' και η στήλη stopCodes συνδέεται με το σύνολο δεδομένων '**stop.csv**'.

3.2.3 Route_stop.csv

Το αρχείο αυτό αποτελεί την σύνδεση των διαδρομών με τους κωδικούς στάσεων.

Συγκεκριμένα, περιέχει :

- τον κωδικό της διαδρομής
- τον κωδικό της στάσης που περνά η διαδρομή

Διαθέτει την ακόλουθη μορφή:

id	stopCode	routeCode
----	----------	-----------

Οι στήλες stopCode και routeCode συνδέονται με τα σύνολα δεδομένων '**stop.csv**' και '**route.csv**', αντίστοιχα.

3.2.4 Stop.csv

Στο stop.csv παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τις στάσεις λεωφορείων στην πόλη των Ιωαννίνων. Συγκεκριμένα, περιέχει :

- τον κωδικό της στάσης, που αποτελεί το μέσο σύνδεσης με την υπόλοιπη βάση
- Τις συντεταγμένες που βρίσκεται η στάση
- Το όνομα της στα ελληνικά και στα αγγλικά

Διαθέτει την ακόλουθη μορφή:

id	code	latitude	longitude	desc_eng	desc
----	------	----------	-----------	----------	------

Η στήλη code συνδέεται με τα σύνολα δεδομένων '**route_stop.csv**' και '**points.csv**'.

3.2.5 Stop.json

Το αρχείο αυτό παρέχει παρόμοιες πληροφορίες με το παραπάνω, με πρόσθετες τις γραμμές που διέρχονται από κάθε στάση.

3.2.1 Schedule.csv

Το schedule αποτελεί το αρχείο που μας παρέχει το πρόγραμμα εκτέλεσης των δρομολογίων. Αποτελείται από :

- Τον κωδικό ημέρας, όπου η μέρα 0 είναι η Δευτέρα και η μέρα το Σάββατο.
- Τον κωδικό διαδρομής που αφορούν οι υπόλοιπες πληροφορίες
- Την γραμμή της διαδρομής
- Την στάση που βρίσκεται το λεωφορείο
- Την **ώρα** που βρίσκεται σε αυτή την στάση την συγκεκριμένη μέρα αυτό το δρομολόγιο

Διαθέτει την παρακάτω μορφή:

id	day	routeCode	stopCode	line	tripTime	tripTimeHour	tripTimeMinute
----	-----	-----------	----------	------	----------	--------------	----------------

Οι στήλες routeCode και stopCode συνδέονται με το σύνολο δεδομένων '**route_stop.csv**'.

3.2.2 Live.csv

Αυτό το αρχείο χρησιμεύει στην σύνδεση των διαδρομών με τους κωδικούς οχημάτων.

3.2.1 Trips.csv

Το αρχείο αυτό αποτελείται από εγγραφές διαδρομών σε πραγματικό χρόνο. Συγκεκριμένα, αποτελείται από :

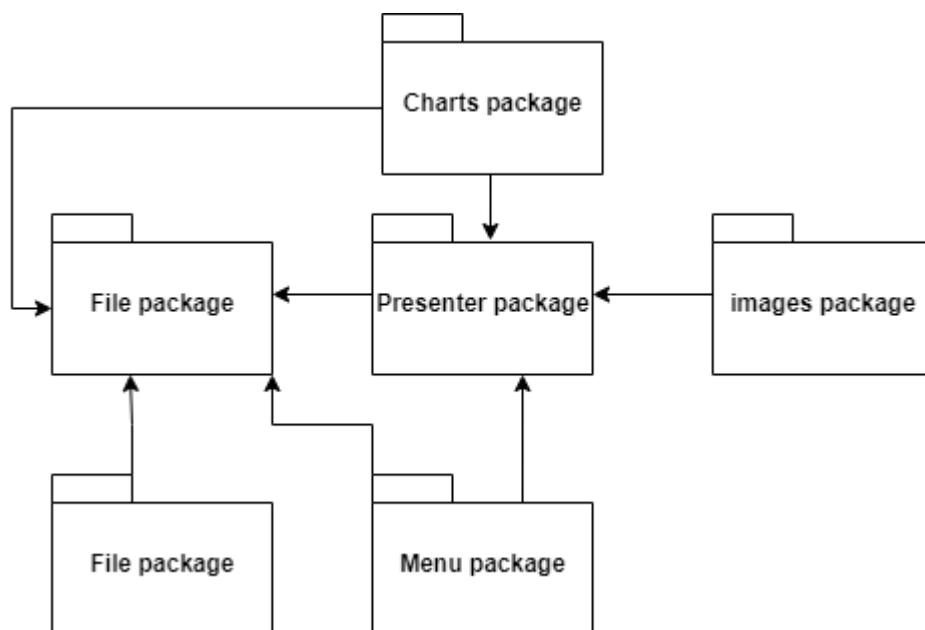
- Τον κωδικό διαδρομής
- Την στάση όπου βρίσκεται το λεωφορείο
- Την ώρα που καταγράφηκε ότι βρισκόταν στην συγκεκριμένη στάση της διαδρομής.

Διαθέτει την παρακάτω μορφή:

id	trip_id	occupied	totalSeats	stopCode	line	embarkation	debarkation	id	route	time
----	---------	----------	------------	----------	------	-------------	-------------	----	-------	------

Οι στήλες routeCode και stopCode συνδέονται με το σύνολο δεδομένων '**route_stop.csv**'.

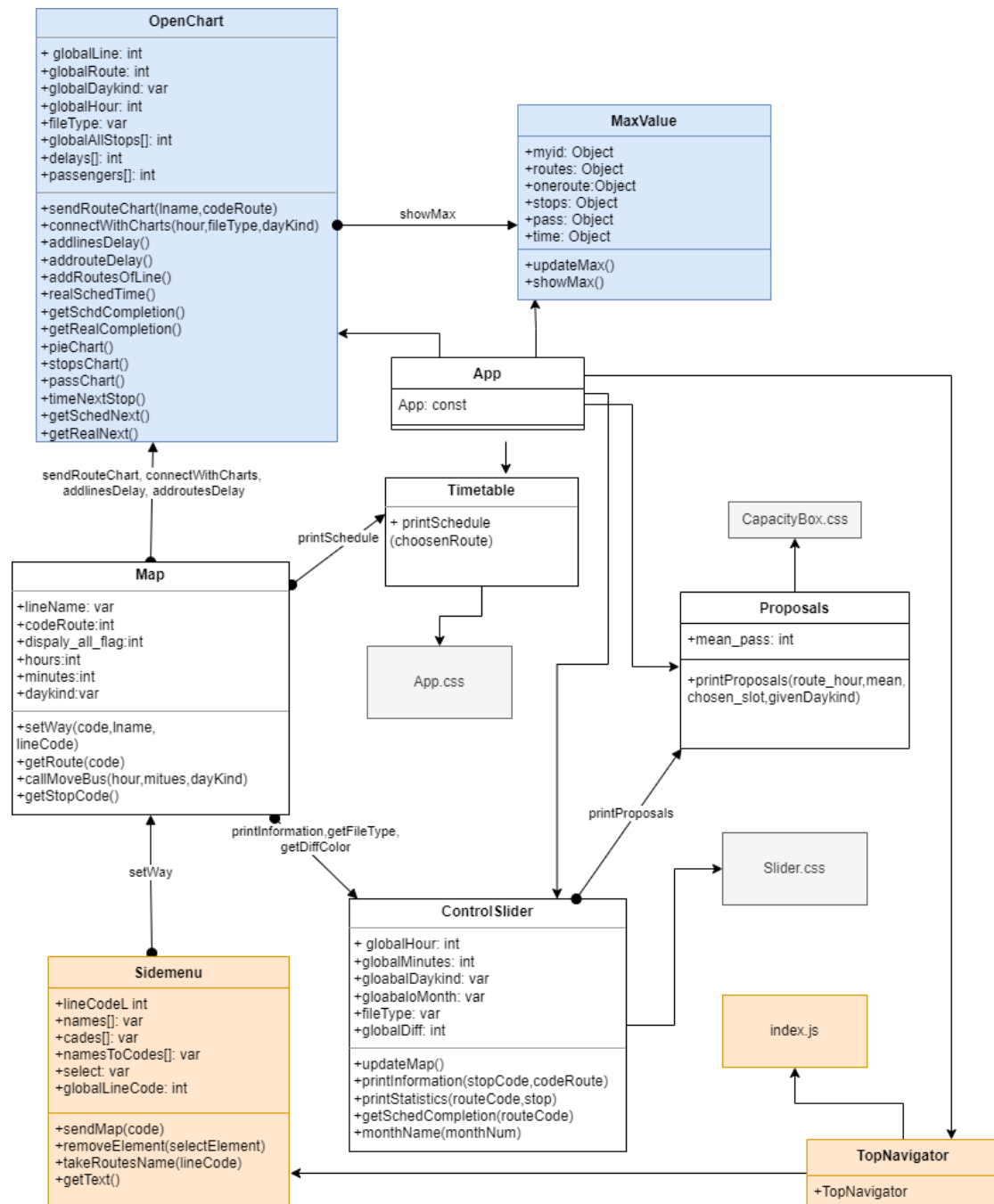
3.3 Αρχιτεκτονική εφαρμογής



Εικόνα 3-2 Διάγραμμα UML πακέτων της εφαρμογής IoanninaBusRoutes.

Η υλοποίηση της εφαρμογής βασίζεται στην ξεκάθαρη ανάθεση εργασιών και αρμοδιοτήτων σε κάθε πακέτο της εφαρμογής. Συγκεκριμένα:

- Το πακέτο images περιέχει όλες τις εικόνες που χρησιμοποιεί η εφαρμογή.
- Το πακέτο File_Processors περιέχει όλο τον κώδικα επεξεργασίας των αρχείων της βάσης και της παραγωγής των τελικών αρχείων.
- Το πακέτο Files περιέχει όλα τα νέα αρχεία δεδομένων που χρησιμοποιεί άμεσα η εφαρμογή.
- Το πακέτο Charts είναι υπεύθυνο για την δημιουργία των διαγραμμάτων και του μενού τους.
- Το πακέτο Menu αφορά την εμφάνιση του Top menu της εφαρμογής και του Sidemenu.
- Το πακέτο Presenter αποτελεί την κύρια σύνδεση των υπόλοιπων πακέτων όπως και περιέχει την κύρια λειτουργία της εφαρμογής.



Εικόνα 3-3 Διάγραμμα UML κλάσεων της εφαρμογής IoanninaBusRoutes.

Στην Εικόνα 3-3 βλέπουμε την επικοινωνία των κλάσεων της εφαρμογής. Με λευκό χρώμα είναι οι κλάσεις του πακέτου Presenter, με πορτοκαλί του Menu και με μπλε του Charts. Όπως βλέπουμε εδώ αναλυτικά, οι κλάσεις που αποτελούν τον *Presenter* διαχειρίζονται:

- Το component του χάρτη στο Map.js
- Το Timetable, το οποίο παρέχει τις ώρες εκκίνησης του δρομολογίου για διευκόλυνση του χρήστη.

- Το *ControlSlider*, που παρέχει τα *sliders*, για την επιλογή ώρας, λεπτών, μήνα και είδους ημέρας, τις πληροφορίες για το δρομολόγιο και τα στατιστικά.
- Το *Proposals*, που δίνει προτάσεις για το δρομολόγιο όσον αφορά την συχνότητα και το μέγεθος λεωφορείου που χρησιμοποιεί.

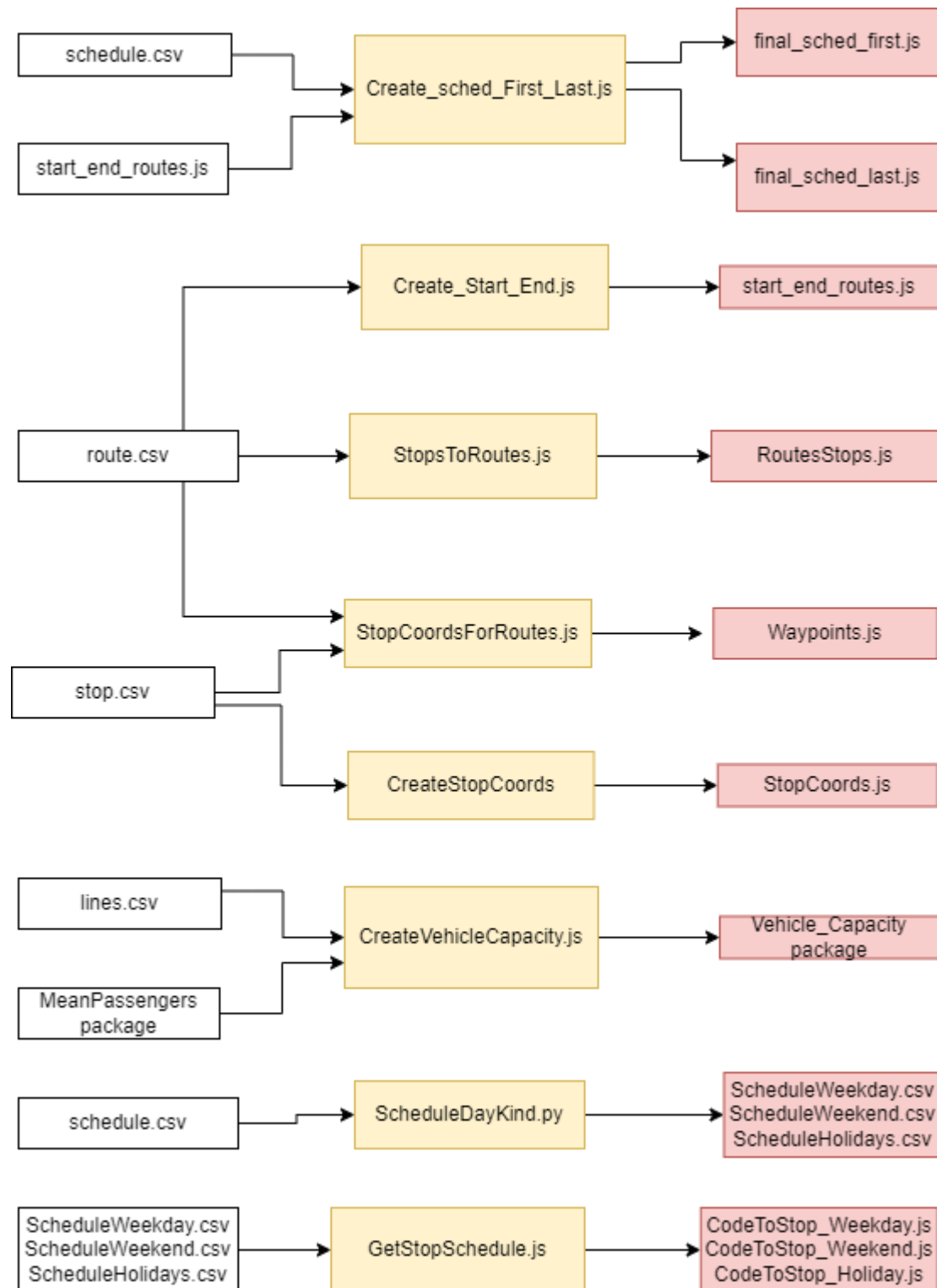
Έπειτα, οι κλάσεις που αποτελούν το *Menu* διαχειρίζονται:

- Το *top menu* της εφαρμογής και το button «Home» και «Sign in»
- Το *sidemenu* της εφαρμογής, στο οποίο υπάρχουν τα *dropdown menus* με τις γραμμές και τα δρομολόγια ώστε να επιλέξει ο χρήστης.

Τέλος, το *Charts* πακέτο αποτελούν οι κλάσεις:

- *OpenChart.js*, η οποία δημιουργεί το *Chart menu*, από όπου ο χρήστης επιλέγει το διάγραμμα που θέλει να μελετήσει, και δημιουργεί όλα τα διαγράμματα της εφαρμογής.
- *MaxValues.js*, η οποία διαχειρίζεται τον υπολογισμό της μέγιστης τιμής του διαγράμματος και εμφανίζει είτε αυτή είτε το *label* που αφορά.

3.4 Επεξεργασία αρχείων



Εικόνα 3-4 Διάγραμμα σύνδεσης βάσης, αρχείων επεξεργασίας και τελικών αρχείων.

Για την άμεση και γρήγορη πρόσβαση των δεδομένων από την εφαρμογή ήταν απαραίτητη η επεξεργασία των βασικών αρχείων που περιγράφονται παραπάνω και η δημιουργία Javascript αρχείων. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 3-4, τα αρχεία της βάσης χρησιμοποιούνται από τα αρχεία επεξεργασίας, που απεικονίζονται με κίτρινο χρώμα, και τελικά παράγονται τα αρχεία που έχει άμεση πρόσβαση η εφαρμογή, τα οποία απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα. Για την δημιουργία αυτών των αρχείων χρησιμοποιήθηκε τόσο Javascript κώδικας όσο και Python. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για τη διαχείριση των δεδομένων των αρχείων είναι η βασική συνάρτηση για προσπέλαση τοπικών “csv” αρχείων της βιβλιοθήκης Papa Parse [16]. Η μέθοδος Papaparse δέχεται ως είσοδο ένα αρχείο csv και επιστρέφει ένα object με διάφορες ιδιότητες, μία από τις οποίες είναι το data, που περιέχει τα δεδομένα του αρχείου csv σε μορφή πίνακα πινάκων. Αυτά τα αρχεία αποτελούν και το κομμάτι της εφαρμογής που θα μπορεί να τροφοδοτείται με νέα δεδομένα και να παράγει καινούργια αρχεία για την εφαρμογή.

Ο γενικός αλγόριθμος χρήσης της μεθόδου Papa Parse που χρησιμοποιήθηκε και επεκτάθηκε ανάλογα τον σκοπό που θέλαμε να πετύχουμε είναι ο παρακάτω:

Γενικός Αλγόριθμος
1: Αποθήκευση στηλών αρχείου σε πολυδιάστατο πίνακα με την μέθοδο φόρτωσης.
2: Κλήση μεθόδου επεξεργασίας τους.
3: Συνδυασμός συγκεχυμένων/όλων των διαστάσεων του πίνακα ανάλογα με το είδος αρχείου που δημιουργεί.

Εικόνα 3-5 Γενικός Αλγόριθμος χρήσης της βιβλιοθήκης PapaParse για δημιουργία αρχείων.

3.4.1 Python Scripts

3.4.1.1 Trips

Όπως αναφέραμε, το αρχείο trips.csv παρέχει τον πραγματικό χρόνο εκτέλεσης των δρομολογίων. Στο αρχείο αυτό έπρεπε να γίνουν οι εξής αλλαγές :

- Προσθήκη ημερών στο αρχείο συγκρίνοντας το με το schedule.csv
- Υπολογισμός μέσου χρόνου άφιξης σε κάθε στάση του δρομολογίου
- Δημιουργία τριών νέων αρχείων csv τα οποία περιέχουν τα δεδομένα χωρισμένα σύμφωνα με το είδος της μέρας που ανήκουν. Τα αρχεία ονομάζονται realAvgHolidays.csv, realAvgWeekday.csv, realAvgWeekend.csv.

Οι παραπάνω αλλαγές πραγματοποιήθηκαν με την δημιουργία Python κώδικα στο αρχείο editTrips.py.

Τέλος, στο αρχείο createJSFileReal.py μεταφέρουμε τα δεδομένα των αρχείων realAvgHolidays.csv, realAvgWeekday.csv, realAvgWeekend.csv σε αρχείο Javascript και στην μορφή ενός πίνακα κλειδιού-τιμής όπου το κλειδί έχει τη μορφή “Stopcode_Routecode_Hour” και η τιμή που αντιστοιχεί σε αυτό το κλειδί είναι ο μέσος χρόνος άφιξης.

3.4.1.2 Schedule

3.4.1.3 Ώρα εκκίνησης και τερματισμού ανά δρομολόγιο

Πίνακας κλειδιού-τιμής	Departures
Κλειδί	Δρομολογίο_Μέρα_Ώρα
Τιμή	Ώρα αναχώρησης από την αρχική στάση του συγκεκριμένου δρομολογίου για τον συγκεκριμένο κωδικό δρομολογίου, την συγκεκριμένη ημέρα ώρα.

Πίνακας κλειδιού-τιμής	Arrivals
Κλειδί	Δρομολογίο_Μέρα_Ώρα
Τιμή	Ώρα άφιξης στην τελική στάση του συγκεκριμένου δρομολογίου για τον συγκεκριμένο κωδικό δρομολογίου, την συγκεκριμένη ημέρα ώρα.

Για κάθε κλειδί-κωδικό δρομολογίου στον πίνακα που δημιουργήσαμε στο προηγούμενο αρχείο ,το οποίο αντιστοιχεί σε τιμή ίση με την αρχική και τελική στάση χωρισμένες με κόμμα σε συμβολοσειρά εξάγουμε σε δύο μεταβλητές τις στάσεις ξεχωριστά και για κάθε εγγραφή στο αρχείο schedule δημιουργούμε δυο νέους πίνακες με τα ίδια κλειδιά-κωδικούς δρομολογίων. Όμως αυτή τη φορά στην τιμή του κάθε κλειδιού αποθηκεύουμε

την αντίστοιχη προγραμματισμένη ώρα όπου το λεωφορείο θα βρίσκεται στην αρχική και τελική στάση του εκάστοτε δρομολογίου.

Η λήψη των τελικών αρχείων με ονόματα Sched_First.js, Sched_Last.js γίνεται αφού καλέσουμε στην App.js την getSchedule(setSchedule) με όρισμα την setSchedule.

3.4.2 Javascript Scripts

3.4.2.1 createStopCoords.js

Εδώ γίνεται η επεξεργασία του αρχείου stop.csvn ώστε να παραχθεί το StopCoords.js, το οποίο αποτελεί έναν πίνακα κλειδιού-τιμής όπου το κλειδί έχει τη μορφή “stop code” και η τιμή που αντιστοιχεί σε αυτό το κλειδί είναι οι συντεταγμένες αυτής της στάσης.

3.5 Τελικά αρχεία δεδομένων

Με το τέλος της επεξεργασίας των αρχείων υπάρχουν πλέον τα απαραίτητα αρχεία Javascript σε μορφή πίνακα κλειδιού-τιμής, από τα οποία μπορεί η εφαρμογή μας να έχει άμεση πρόσβαση. Η χρήση της συγκεκριμένης μορφής των δεδομένων είναι μια αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα καθυστέρησης που δημιουργεί η προσπέλαση αρχείων csv κατά τη χρήση της εφαρμογής.

3.5.1 Συντεταγμένες όλων τα στάσεων κάθε δρομολογίου

Πίνακας κλειδιού-τιμής	Waypoints
Κλειδί	Κωδικός Δρομολογίου
Τιμή	Συμβολοσειρά με τις συντεταγμένες της διαδρομής(κλειδί) χωρισμένες με κόμμα.

Το αρχείο αυτό αποτελείται από συμβολοσειρές διαμορφωμένες κατάλληλα ώστε να δίνονται κατευθείαν ως όρισμα στα queries που δημιουργούμε στο Map Matching API της Mapbox και να μην χρειάζεται κάθε φορά που πρέπει να σχηματιστεί στο χάρτη μια νέα διαδρομή να ξαναδημιουργείται. Το κλειδί του πίνακα αποτελεί τον κωδικό της διαδρομής και τιμή που επιστρέφει είναι οι συντεταγμένες του δρομολογίου με την σωστή σειρά.

3.5.2 Κωδικοί Οχημάτων

Πίνακας κλειδιού-τιμής	VehicleCodes
Κλειδί	Κωδικός Δρομολογίου
Τιμή	Κωδικός οχήματος που εκτελεί το συγκεκριμένο δρομολόγιο(κλειδί)

Μέσω του αρχείου live.csv δημιουργήθηκε το αρχείο αυτό, όπου περιέχει την σύνδεση των κωδικών δρομολογίων και των κωδικών των οχημάτων που εκτελούν αυτό το δρομολόγιο. Τις πληροφορίες αυτές τις χρειαζόμαστε για την εμφάνιση των πληροφοριών του λεωφορείου όταν πατήσει ο χρήστης το εικονίδιο του λεωφορείου, όσο και για μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής.

3.5.3 Αρχική και τελική στάση ανά δρομολόγιο

Πίνακας κλειδιού-τιμής	Start_end_routes
Κλειδί	Κωδικός Δρομολογίου
Τιμή	Συμβολοσειρά της μορφής «αρχική στάση , τελική στάση» για το συγκεκριμένο δρομολόγιο – κλειδί.

Το συγκεκριμένο αρχείο παρέχει για κάθε κωδικό διαδρομής την αρχική και τελική στάση της διαδρομής σε μορφή string. Αυτό είναι ένα ενδιάμεσο αρχείο το οποίο χρησιμοποιείται για την καταγραφή των χρόνων εκκίνησης και τερματισμού των δρομολογίων.

3.5.4 Χρώματα δρομολογίων στον χάρτη

Πίνακας κλειδιού-τιμής	Colorlines
Κλειδί	Κωδικός Δρομολογίου
Τιμή	Κωδικός χρώματος για το κάθε δρομολόγιο-κλειδί

Το αρχείο αυτό χρησιμοποιείται από το κομμάτι της εφαρμογής που οπτικοποιεί τις διαδρομές πάνω στον χάρτη των Ιωαννίνων. Κάθε διαδρομή εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα, οπότε υπάρχει η σύνδεση του κωδικού διαδρομής με το χρώμα της.

3.5.5 Κωδικοί δρομολογίων ανά γραμμή

Πίνακας κλειδιού-τιμής	LineRoutes
Κλειδί	Κωδικός Γραμμής
Τιμή	Συμβολοσειρά με τους κωδικούς δρομολογίων χωρισμένων με κόμμα για την συγκεκριμένη γραμμή-κλειδί

Μέσω του αρχείου lines.csv δημιουργήθηκε το αρχείο σύνδεσης των κωδικών γραμμών με τους κωδικούς διαδρομών που ανήκουν σε αυτές. Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτή η εμφάνιση αποκλειστικά των διαδρομών που ανήκουν σε αυτή τη γραμμή στο sidemenu.

3.5.6 Ονόματα και κωδικοί διαδρομών / γραμμών

Πίνακας κλειδιού-τιμής	LineNames
Κλειδί	Κωδικός Γραμμής στη Βάση Δεδομένων
Τιμή	Πραγματικός κωδικός γραμμής για τον επιβάτη.

Το LineNames.js παρέχει την σύνδεση των κωδικών των γραμμών και του ονόματος.

Πίνακας κλειδιού-τιμής	RouteNames
Κλειδί	Κωδικός Δρομολογίου
Τιμή	Συμβολοσειρά με το όνομα του δρομολογίου-κλειδί στην πραγματικότητα.

Το RouteNames.js παρέχει την σύνδεση των κωδικών των διαδρομών και του ονόματος τους στα ελληνικά, για την εμφάνιση των πληροφοριών του λεωφορείου όταν πατήσει ο χρήστης το εικονίδιο του λεωφορείου, όσο και για μελλοντικές επεκτάσεις της εφαρμογής.

3.5.7 Συντεταγμένες στάσεων

Πίνακας κλειδιού-τιμής	StopCoords
Κλειδί	Κωδικός Στάσης
Τιμή	Συμβολοσειρά με τις συντεταγμένες της στάσης-κλειδί χωρισμένες με κόμμα.

Το αρχείο αυτό αποτελεί την σύνδεση των κωδικών στάσεων και των συντεταγμένων τους. Χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση του εικονιδίου του λεωφορείου στον χάρτη και την μετακίνηση του με την αλλαγή χρόνου από τον χρήστη στην σωστή στάση σύμφωνα με το πρόγραμμα δρομολογίων.

3.5.8 Πραγματικοί χρόνοι άφιξη ανά χρονική περίοδο

Πίνακας κλειδιού-τιμής	RealTime
Κλειδί	Δρομολόγιο_Στάση_Ώρα
Τιμή	Πραγματική ώρα άφιξης στη συγκεκριμενη στάση, στο συγκεκριμένο δρομολόγιο την συγκεκριμένη ώρα.

Τα αρχεία αυτά περιέχουν τον μέσο χρόνο άφιξης σε κάθε στάση σύμφωνα με το αρχείο trip.csv, δηλαδή το αρχείο με τον πραγματικό χρόνο, ανά είδος ημέρας. Το κλειδί αυτών των πινάκων είναι ο συνδυασμός «κωδικός δρομολογίου _ κωδικός στάσης _ ώρα». Αυτά τα αρχεία ανατρέχει η εφαρμογή αφού ο χρήστης κάνει τις επιλογές διαδρομής, ώρας, λεπτών και είδους μέρας, ώστε να εμφανίσει τον πραγματικό χρόνο όσο και να χρησιμοποιήσει αυτόν τον χρόνο για να υπολογίσει τη μέση καθυστέρηση του λεωφορείου σε αυτή τη στάση.

3.5.9 Αντιστοιχία ώρας και δρομολογίου με την αντίστοιχη στάση

Πίνακας κλειδιού-τιμής	CodeToStop
Κλειδί	Δρομολόγιο_Ώρα_Λεπτά
Τιμή	Κωδικό στάσης στην οποία βρίσκεται αυτό το δρομολόγιο την συγκεκριμένη ώρα.

Σε αυτή την ομάδα αρχείων γίνεται πρόσβαση με το κλειδί «κωδικός δρομολογίου _ώρα_λεπτά» και επιστρέφεται η τιμή της στάσης όπου βρίσκεται το λεωφορείο σύμφωνα με το πρόγραμμα (schedule.csv). Ο συνδυασμός αυτός είναι απαραίτητος για την άμεση ενημέρωση της εφαρμογής όταν ο χρήστης επιλέξει δρομολόγιο, ώρα και λεπτά.

3.4.10 Χρόνος ολοκλήρωσης δρομολογίου

Πίνακας κλειδιού-τιμής	CompletionTime
Κλειδί	Δρομολόγιο_Ώρα
Τιμή	Χρόνος ολοκλήρωσης για αυτό το δρομολόγιο την συγκεκριμένη ώρα.

Έχουν κατασκευαστεί με την χρήση του αρχείου schedule.csv και περιέχει τον συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης του δρομολογίου σύμφωνα με το πρόγραμμα του αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων. Πρόσβαση στον πίνακα έχουμε με το κλειδί «κωδικός δρομολογίου _ κωδικός στάσης εκκίνησης _ κωδικός ημέρας _ ώρα εκκίνησης» και επιστρέφει τον συνολικό χρόνο σε λεπτά.

3.6 Υλοποίηση

3.6.1 Δημιουργία Εφαρμογής

Δημιουργήσαμε την εφαρμογή [16] με την χρήση της εντολής:

Εντολή	<code>npx create-react-app project</code>
---------------	---

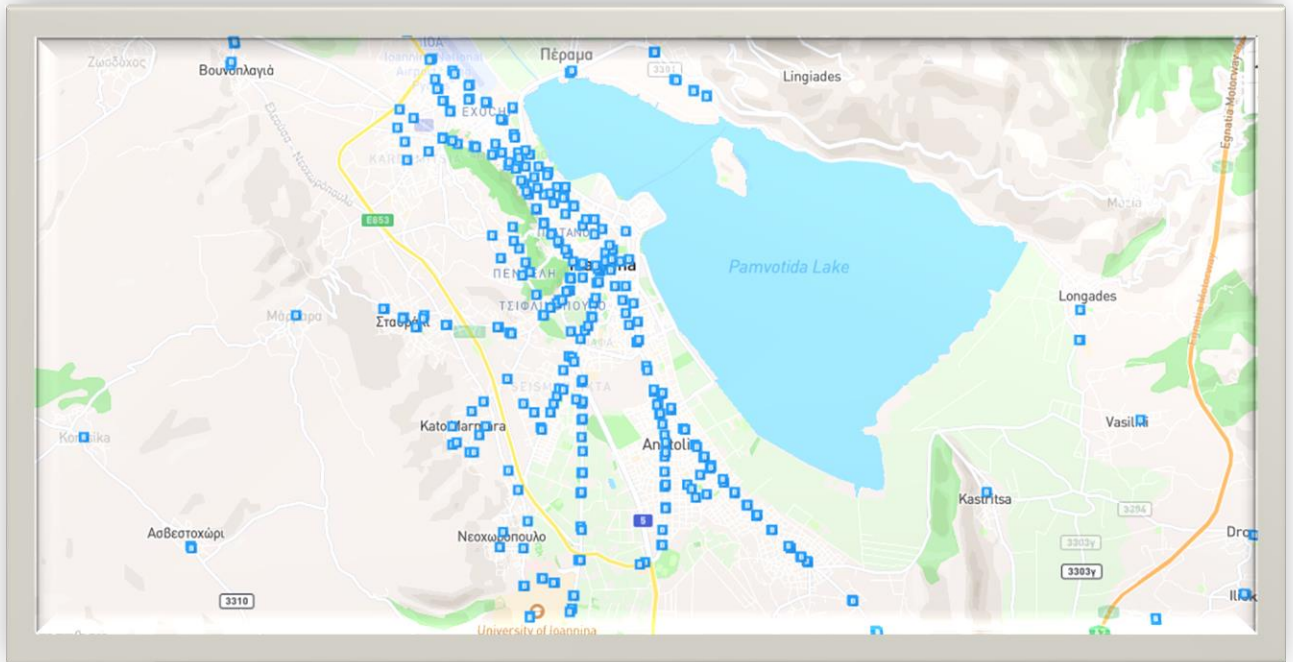
Έπειτα για να τρέξουμε την εφαρμογή και να τρέξει η ιστοσελίδα μας στον περιηγητή χρησιμοποιήσαμε την εντολή :

Εντολή	<code>npm start</code>
---------------	------------------------

3.6.2 Αναπαράσταση χάρτη

Με την χρήση της κλάσης mapbox-gl.Map προσθέσαμε το component του χάρτη στην ιστοσελίδα [18].

3.6.2.1 Αναπαράσταση στάσεων στον χάρτη

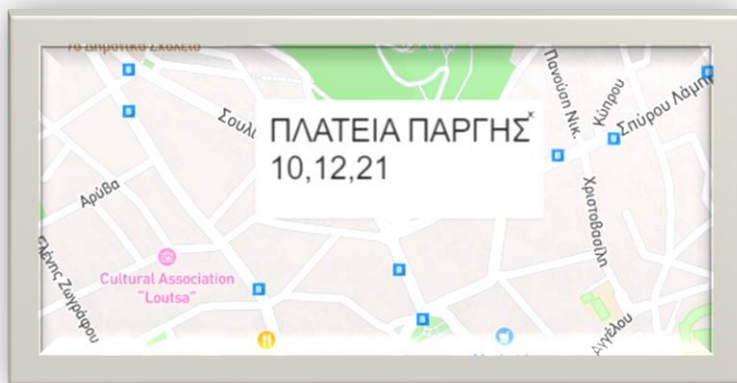


Εικόνα 3-6 Αναπαράσταση στάσεων στον χάρτη.

Για να αναπαραστήσουμε τις στάσεις στο χάρτη κάναμε import το json αρχείο με τις στάσεις αντικείμενα το οποίο περιελάμβανε όνομα στάσης , συντεταγμένες στάσεις , γραμμές οι οποίες διέρχονται από κάθε στάση. Συμπεριλάβαμε και το custom σύμβολο B (**Bus Station**) ως png [18] και δημιουργήσαμε και κάποια marker [19] σε κάθε στάση.

Έτσι όταν φορτώνεται ο χάρτης φορτώνει κατευθείαν όλες τις στάσεις , όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-6.

Ένα ο χρήστης θέλει να μάθει πληροφορίες για το όνομα της στάσης και τις γραμμές που διέρχονται αυτή μπορεί να κάνει κλικ με το ποντίκι και να εμφανίζεται ετικέτα [20] με τα δεδομένα αυτά όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-7.



Εικόνα 3-7 Ετικέτα πληροφοριών σε στάση.

3.6.2.2 Αναπαράσταση δρομολογίων στον χάρτη

Επεξεργαστήκαμε τα δεδομένα των στάσεων, τα οποία μας παραδόθηκαν με μόνη παρέμβαση τη διόρθωση των σημείων που βρίσκονται οι στάσεις ώστε να βρίσκουμε τις συντεταγμένες του σημείου κάθετα στον αντίστοιχο δρόμο. Αυτό γίνεται επειδή αν απεικονίζαμε απευθείας τις συντεταγμένες των στάσεων θα γίνονταν αναπαράσταση της συντομότερης διαδρομής από στάση σε στάση διαπερνώντας μέσα από μπλοκ κτιρίων χωρίς η διαδρομή να ακολουθεί τα όρια του δρόμου. Χάρη στο Mapbox Matching Api [11], [21] απεικονίζεται σωστά η διαδρομή δίνοντας κάποιες λογικές παραμέτρους για την απεικόνιση. Παρέχει Open Database άδεια και χρησιμοποιεί δεδομένα απο την υπηρεσία OpenStreetMap.

Το API για map matching της Mapbox προσεγγίζει τις ανακριβείς μετρήσεις του gpx εκτός δρόμου και χρησιμοποιεί το οδικό δίκτυο του directions API. Οι μόνοι περιορισμοί είναι ότι δέχεται 60 αιτήσεις ανά λεπτό, και μετατροπή 100 συντεταγμένων ανά αίτηση. Επιλέξαμε το map matching έναντι του directions επειδή δεν μπορούσαμε να μη ξεπεράσουμε τον περιορισμό των 25 συντεταγμένων ανά διαδρομή που έχει το 2^ο api.

Μορφή request	Περιγραφή
profile	Driving-traffic/driving/walking/cycling
coordinates	Μία λίστα από γεωγραφικές συντεταγμένες που αποτελούν τη διαδρομή, χωρισμένες μεταξύ τους με κόμμα (,) και ανα ζεύγος με ερωτηματικό (;). Η σειρά τους καθορίζει τη σειρά επίσκεψης. Το Αρι δέχεται από 2 έως και 100 συντεταγμένες.
radiuses	Απόσταση από την πραγματική τοποθεσία μέχρι να φτάσει στον κοντινότερο δρόμο.

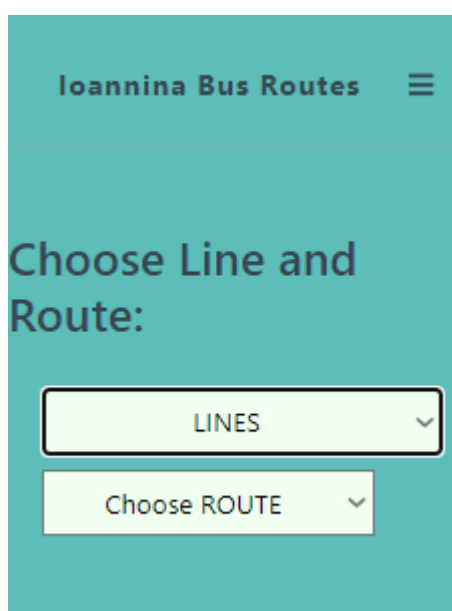
Το Mapbox Directions routing profile ID [12] στην περίπτωση μας είναι το mapbox/driving.

Απάντηση request	Περιγραφή
json.matchings[0]	Έναν πίνακα με τις συντεταγμένες πάνω στα όρια του οδικού δικτύου.

3.6.3 Γραφικό Περιβάλλον

Στο αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής IoanninaBusRoutes, με το οποίο έχει αλληλεπίδραση ο χρήστης.

3.6.3.1 Side menu επιλογής γραμμής και δρομολογίου



Εικόνα 3-8 Side menu επιλογής γραμμής και διαδρομής.

Με την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται ένα alert box ,το οποίο κατευθύνει προς το sidemenu της εικόνας. Η πρώτη ενέργεια που καλείται να εκτελέσει ο χρήστης είναι η επιλογή γραμμής των λεωφορείων που επιθυμεί. Μόνο αφού επιλέξει την γραμμή μπορεί να επιλέξει την διαδρομή που συμπεριλαμβάνεται σε αυτή την γραμμή, αφού σε διαφορετική περίπτωση το dropdown button με ονομασία «Route» δεν έχει περιεχόμενα. Όταν ο χρήστης επιλέξει μια νέα γραμμή, η λίστα αυτή ανανεώνεται με τις νέες διαδρομές που ανήκουν σε αυτή τη γραμμή.

Τη διαδικασία αυτή χειρίζεται η κλάση Sidemenu.js του Menu, η οποία είναι υπεύθυνη για την συμπλήρωση του dropdown «Lines» και την διαχείριση του dropdown «Routes», σε συνεργασία με κάποια από τα js αρχεία που περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 2. Συγκεκριμένα, με το LinesRoutes.js περιορίσαμε τις διαδρομές σε αυτές της γραμμής που επιλέχτηκε, με το RouteNames εμφανίσαμε τα ονόματα αυτών των διαδρομών στην εφαρμογή και με το LineNames.js ενημερώσαμε την κλάση Map.js για το όνομα της γραμμής, όπως και τον κωδικό της διαδρομής που επιλέχτηκε.

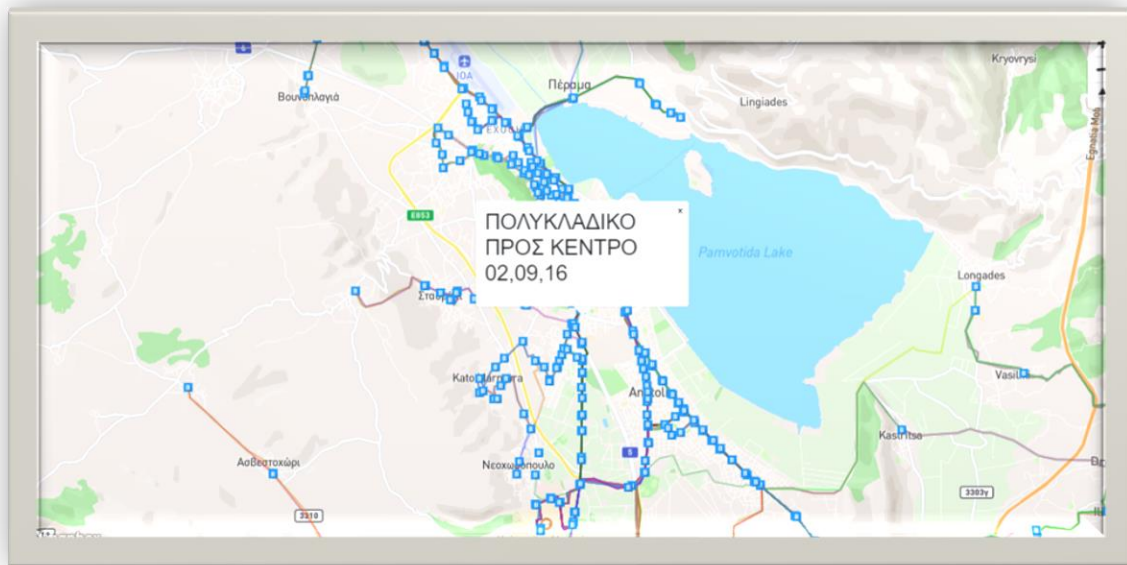
3.6.3.2 Box για το πρόγραμμα δρομολογίων

TimeTable	
MONDAY:	7:50,8:48,9:56,10:48,11:56,12:49,13:57,14:32,15:40,16:57,1
TUESDAY:	7:50,8:48,9:56,10:48,11:56,12:49,13:57,14:32,15:40,16:57,1
WEDNESDAY:	7:50,8:48,9:56,10:48,11:56,12:49,13:57,14:32,15:40,16:57,1
THURSDAY:	7:50,8:48,9:56,10:48,11:56,12:49,13:57,14:32,15:40,16:57,1
FRIDAY:	7:50,8:48,9:56,10:48,11:56,12:49,13:57,14:32,15:40,16:57,1
SATURDAY:	7:53,8:22,9:33,10:53,11:27,12:36,13:8,14:23
SUNDAY:	No Routes Available

Εικόνα 3-9 Timetable με ώρες εκκίνησης της διαδρομής

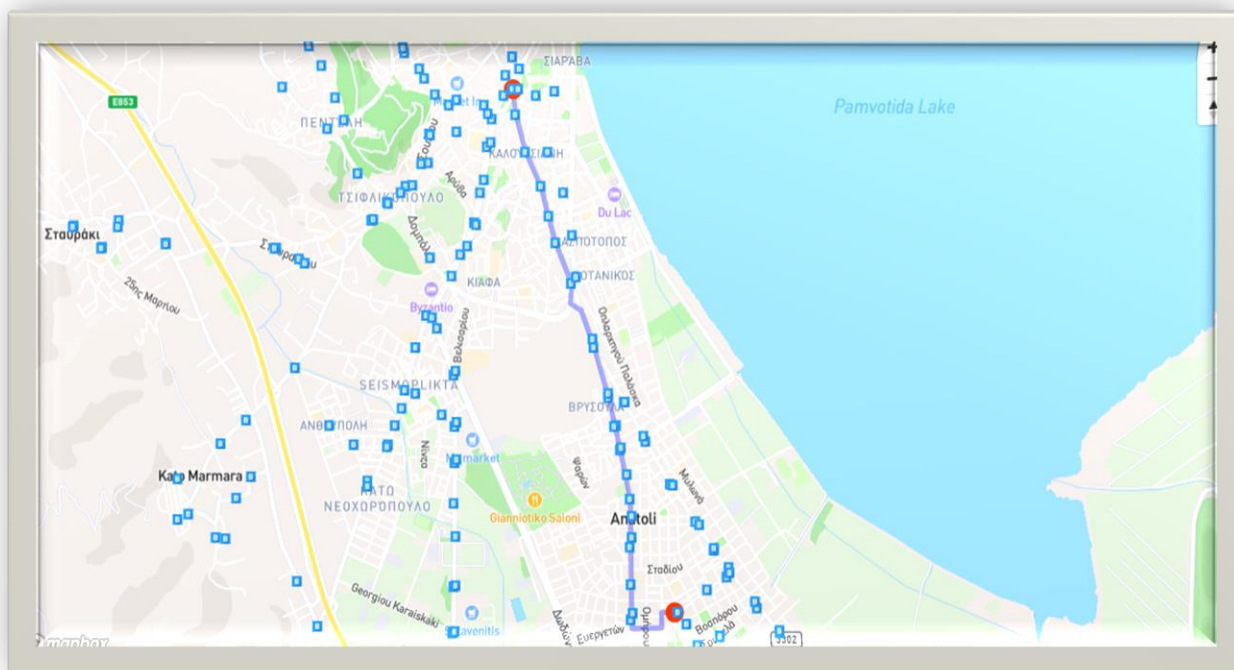
Με την επιλογή της διαδρομής η εφαρμογή εμφανίζει τις ώρες εκκίνησης του δρομολογίου για κάθε μέρα της εβδομάδας, όταν αυτό εκτελείται. Την διαδικασία αυτή την εκπληρώνει η κλάση Timetable.js του Presenter, η οποία παρέχει τους χρόνους εκκίνησης με την χρήση του αρχείου final_sched_first.js. Το box αυτό είναι απαραίτητο για την ενημέρωση του χρήστη ώστε να μπορέσει να επιλέξει τις κατάλληλες ώρες, λεπτά και είδος ημέρας για την ανάλυση του δρομολογίου.

3.6.3.3 Χάρτης Ιωαννίνων



Εικόνα 3-10 Χάρτης Ιωαννίνων στην εφαρμογή IoanninaBusRoutes

Ο χάρτης των Ιωαννίνων κατά την εκκίνηση της εφαρμογής έχει την μορφή που βλέπουμε στην Εικόνα 3-10 Χάρτης Ιωαννίνων στην εφαρμογή IoanninaBusRoutes. Περιέχει όλες τις διαδρομές με διαφορετικό χρώμα και τις στάσεις των λεωφορείων, τις οποίες όταν πατήσει ο χρήστης μπορεί να δει όνομα όπως και τις γραμμές που διέρχονται από αυτή.



Εικόνα 3-11 Χάρτης Ιωαννίνων στην εφαρμογή IoanninaBusRoutes μετά την επιλογή διαδρομής

Μετά την επιλογή διαδρομής από τον χρήστη, ο χάρτης αλλάζει μορφή και εμφανίζει πλέον μόνο την διαδρομή που έχει επιλέξει με το ξεχωριστό χρώμα της, και οι στάσεις εκκίνησης και τερματισμού ξεχωρίζουν με κόκκινα bullets.

Οι παραπάνω ενέργειες, όπως και άλλες που θα προσθέσουμε παρακάτω, υλοποιούνται στην κλάση Map.js του Presenter. Η κλάση αυτή έχει διττό ρόλο, από την μία είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση και τροποποίηση του χάρτη της εφαρμογής και από την άλλη αποτελεί διαμεσολαβητής για πολλές κλάσεις της εφαρμογής, αφού κρατάει την ανανεωμένη τιμή βασικών μεταβλητών, όπως της τιμής του δρομολογίου και γραμμής ή του χρόνου.

3.6.3.4 Box ανάλυσης δρομολογίου

Traffic Data

Hour: 9

Minutes: 25

Minutes: January

Day of the week

☒ Weekday ☐ Weekend

☐ Holidays

Statistics

Delay in route

Stop that bus is:

Bus arrives at next stop at:

Scheduled Arrival Time:

Real Arrival Time:

Delay of current route:

Scheduled Mean time of completion:

Real Mean time of completion:

Difference in mean time:

Mean number of passengers:

Εικόνα 3-12 Box επιλογής και στατιστικών για το δρομολόγιο που επιλέχτηκε.

Ο χρήστης πλέον μπορεί να επιλέξει την ώρα και λεπτά που θέλει να αναλύσει με την χρήση των sliders του box [21]. Επίσης μπορεί να επιλέξει τον μήνα και το είδος μέρας. Πατώντας το κουμπί “Statistics” Εμφανίζεται στο κάτω μέρος του:

- Ο κωδικός της στάσης που βρίσκεται το λεωφορείο σύμφωνα με το πρόγραμμα του αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.
- Ο προγραμματισμένος χρόνος άφιξης στην ακριβώς επόμενη στάση , αν υπάρχει.
- Ο χρόνος που έχει επιλέξει ο χρήστης
- Ο πραγματικός χρόνος που βρίσκεται το λεωφορείο της διαδρομής σε αυτή την στάση
- Η καθυστέρηση που έχει το λεωφορείο
- Ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης του δρομολογίου σύμφωνα με το πρόγραμμα
- Ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης του δρομολογίου σύμφωνα με τα πραγματικά δεδομένα
- Η διαφορά των παραπάνω χρόνων, δηλαδή η συνολική μέση καθυστέρηση ολοκλήρωσης του δρομολογίου
- Ο μέσος αριθμός επιβατών του δρομολογίου.

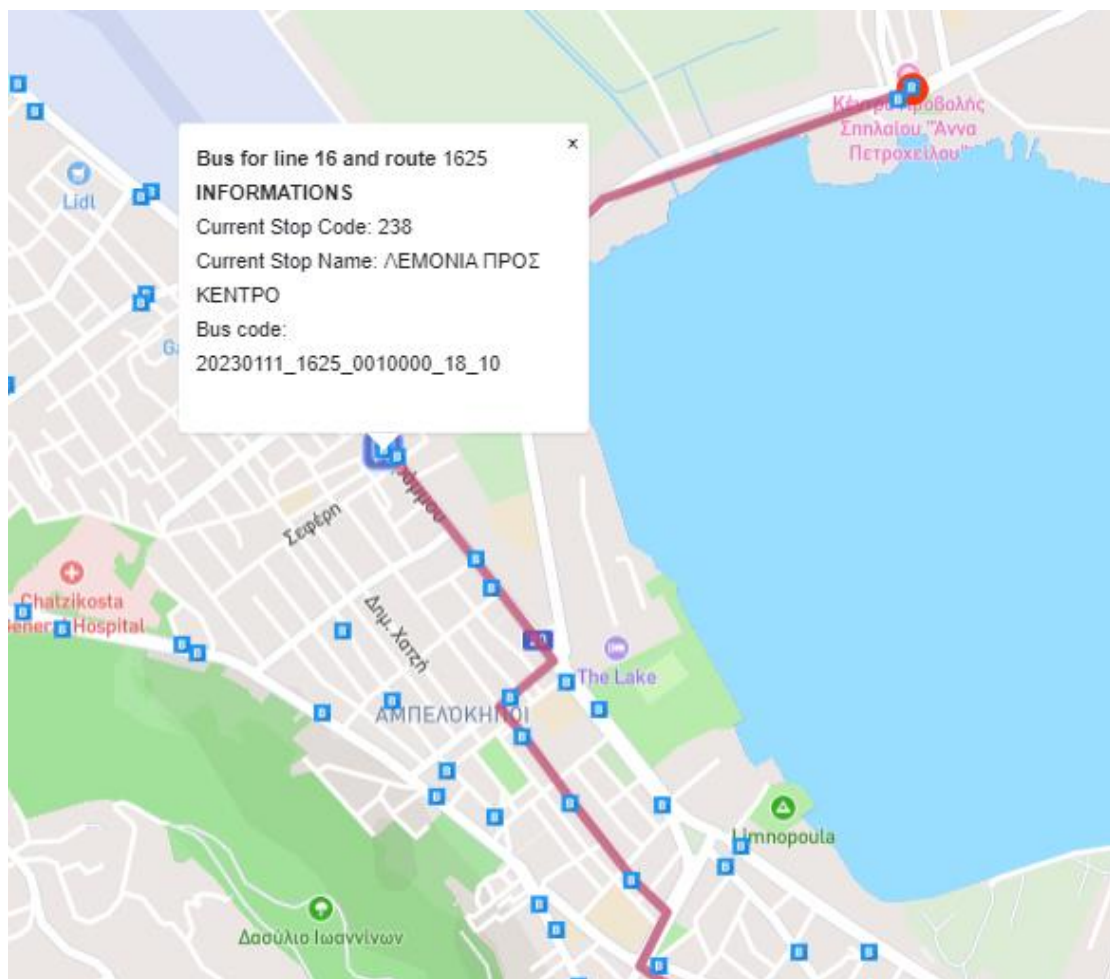
Τα παραπάνω πραγματοποιούνται στην κλάση ControlSlider.js , η οποία με την ενεργοποίηση του κουμπιού “Statistics” ενημερώνει την Map.js για τις επιλογές του χρήστη.

Stop that bus is:	238
Bus arrives at next stop at:	6:45
Scheduled Arrival Time:	6:43
Real Arrival Time:	6:45
Delay of current route:	2
Scheduled Mean time of completion:	74
Real Mean time of completion:	76
Difference in mean time:	2
Mean number of passengers:	64

Εικόνα 3-13 Εμφάνιση Στατιστικών για το δρομολόγιο Πέραμα-Πανεπιστήμιο για τον Ιανουάριο ,σε καθημερινή στις 06:43

Όσον αφορά το οπτικό κομμάτι, ο χάρτης συμπληρώνεται με την εμφάνιση του λεωφορείου [18] στην στάση που βρίσκεται σύμφωνα με το πρόγραμμα και το χρώμα της διαδρομής αλλάζει χρώμα ανάλογα την διαφορά του χρόνου ολοκλήρωσης του δρομολογίου σύμφωνα με το πρόγραμμα και τον πραγματικό χρόνο.

Πατώντας πάνω στο εικονίδιο του λεωφορείου μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες που αφορούν αυτό όπως και την γραμμή- δρομολόγιο όπου βρίσκεται. Το λεωφορείο αλλάζοντας τον χρόνο μετακινείται [22]πάνω στην διαδρομή από στάση σε στάση. (Use Case 4)



Εικόνα 3-14 Εμφάνιση λεωφορείου πάνω στο χάρτη και χρωματισμός διαδρομής λόγω καθυστέρησης στην άφιξη.

Το χρώμα μπορεί να είναι πράσινο άμα η συνολική καθυστέρηση είναι μηδέν, κόκκινη όταν η καθυστέρηση είναι από 1 λεπτό και πάνω , και κίτρινη όταν το λεωφορείο εκτέλεσε το δρομολόγιο σε μικρότερο χρόνο από τον προγραμματισμένο χρόνο ολοκλήρωσης.

3.6.3.5 Chart Menu



Εικόνα 3-15 Box επιλογής και αφαίρεσης διαγραμμάτων.

Με την χρήση των διαγραμμάτων παρέχουμε μια εύκολη παρουσίαση των δεδομένων με στόχο την κατανόηση των ιδιοτήτων τους και κατεύθυνσης του αποδέκτη στις αλλαγές που χρειάζεται το πρόγραμμα των αστικών λεωφορείων.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση διαγραμμάτων στο κάτω μέρος της σελίδας της εφαρμογής. Τα δύο πρώτα αποτελούν τα γενικού είδους διαγράμματα, τα οποία δεν απαιτούν την επιλογή γραμμής και δρομολογίου πριν την εμφάνιση τους, αντίθετα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βοήθεια για την επιλογή τους από τον χρήστη, αφού παρουσιάζουν την μέση καθυστέρηση όλων των γραμμών και των δρομολογίων και παρέχονται σε text boxes [23] οι μέγιστες και ελάχιστες καθυστερήσεις.

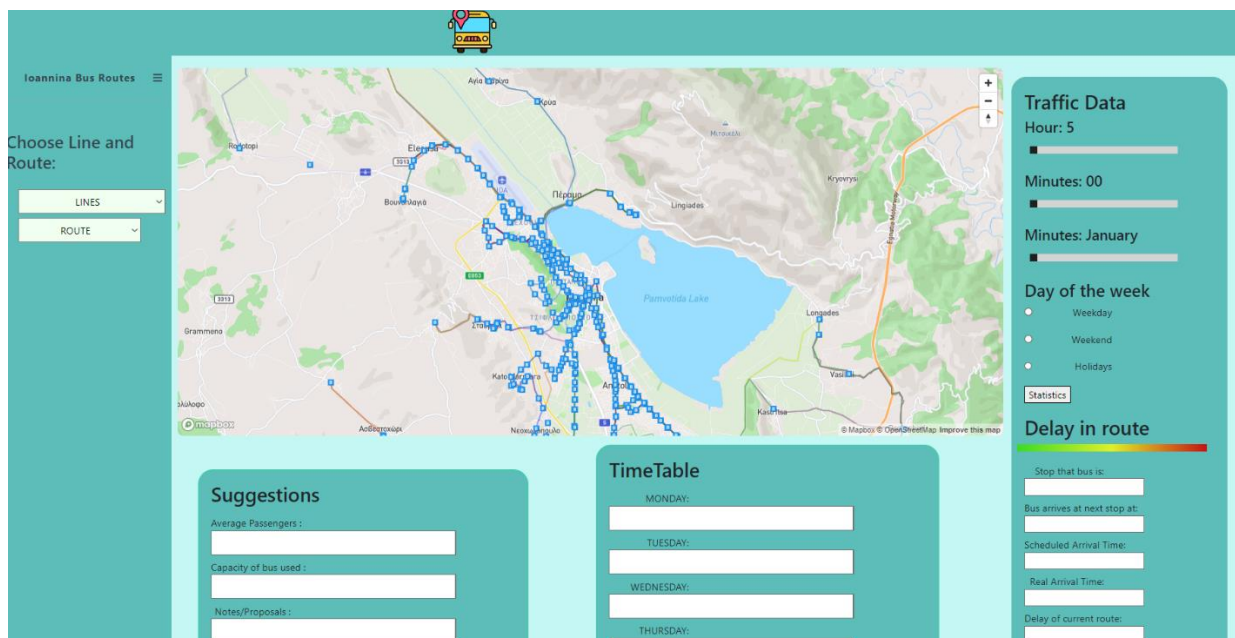
Κεφάλαιο 4. Πειραματική Αξιολόγηση

4.1 Αναλυτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε αναλυτικά την πειραματική αξιολόγηση της εφαρμογής.

4.2 Use cases – Εικόνες

Use case1 : Άνοιγμα εφαρμογής



Εικόνα 4-1 User Interface της εφαρμογής Ioannina Bus Routes.

Στην Εικόνα 4-1 User Interface της εφαρμογής Ioannina Bus Routes, βλέπουμε την υλοποίηση του use case 1, δηλαδή το user interface της εφαρμογής όπως είναι όταν ανοίγει ο χρήστης την εφαρμογή. Αριστερά βλέπουμε το sidemenu για την επιλογή των γραμμών και των δρομολογίων, στην μέση τον χάρτη των Ιωαννίνων με όλα τα δρομολόγια χρωματισμένα με διαφορετικό χρώμα και δεξιά του χάρτη το box όπου επιλέγει ο χρήστης την ώρα, τα λεπτά, τον μήνα και το είδος μέρας που επιθυμεί για να αναλύσει το δρομολόγιο. Κάτω από τον χάρτη υπάρχει το box με το timetable και το box με τις προτάσεις βελτίωσης του δρομολογίου που επιλέχθηκε για ανάλυση.

Use case 2 : Επιλογή Γραμμής και Δρομολογίου

Choose Line and Route:

08:ΑΝΑΤΟΛΗ-ΚΑΤΣΙΚΑ ▾

Choose ROUTE ▾

Choose ROUTE

- ΑΝΑΤΟΛΗ ΠΕΡΑΜΑ
- ΚΟΥΤΣΕΛΙΟ ΠΕΡΑΜΑ
- ΚΑΤΣΙΚΑΣ ΠΕΡΑΜΑ
- ΠΕΡΑΜΑ ΑΝΑΤΟΛΗ
- ΠΕΡΑΜΑ ΚΟΥΤΣΕΛΙΟ
- ΑΝΑΤΟΛΗ ΕΛΕΟΥΣΑ
- ΕΛΕΟΥΣΑ ΑΝΑΤΟΛΗ
- ΠΕΡΑΜΑ ΚΑΤΣΙΚΑΣ

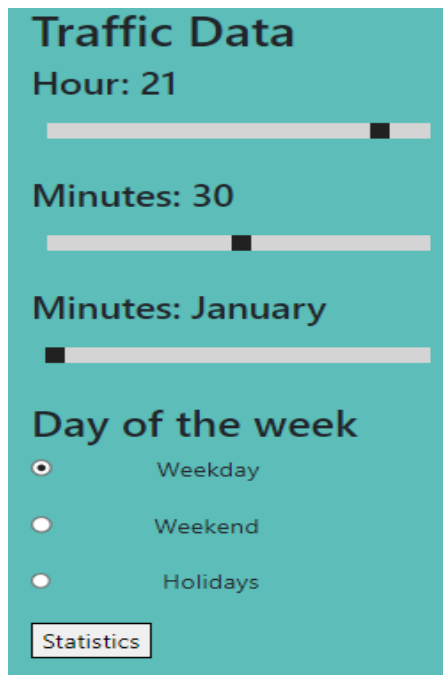
Εικόνα 4-2 Dropdown menus για την επιλογή γραμμής και δρομολογίου.

TimeTable	
MONDAY:	21:30,22:0
TUESDAY:	21:30,22:0
WEDNESDAY:	21:30,22:0
THURSDAY:	21:30,22:0
FRIDAY:	21:30,22:0
SATURDAY:	16:5,17:5,18:5,19:5,20:5,21:55
SUNDAY:	8:15,9:5,10:1,11:5,12:5,13:5,14:5,17:5,18:5,19:5,20:5,21:55

Εικόνα 4-3 Timetable με τις ώρες έναρξης του δρομολογίου που επιλέχθηκε.

Αφού επιλεγθεί η γραμμή και το δρομολόγιο που επιθυμεί να αναλύσει το χρήστης στο sidemenu της Εικόνα 4-2 Dropdown menus για την επιλογή γραμμής και δρομολογίου., εμφανίζονται οι ώρες έναρξης του δρομολογίου στο timetable, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 4-3 Timetable με τις ώρες έναρξης του δρομολογίου που επιλέχθηκε.

Use case 3: Επιλογή ώρας και είδος μέρας



Traffic Data

Hour: 21

Minutes: 30

Minutes: January

Day of the week

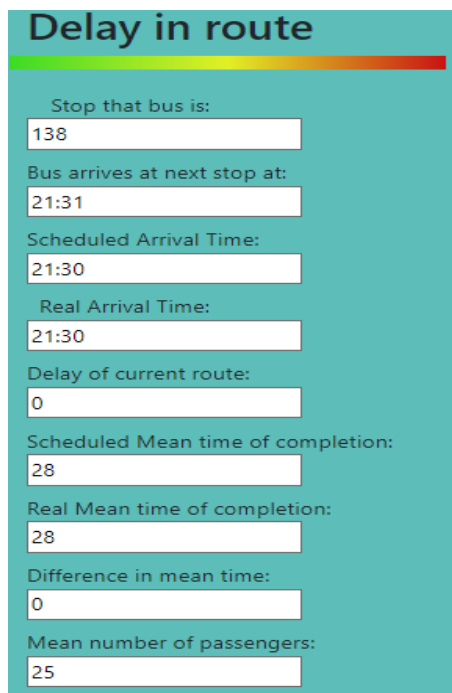
☒ Weekday

☐ Weekend

☐ Holidays

Statistics

Εικόνα 4-4 Παράμετροι εισόδου από τον χρήστη.



Delay in route

Stop that bus is:
138

Bus arrives at next stop at:
21:31

Scheduled Arrival Time:
21:30

Real Arrival Time:
21:30

Delay of current route:
0

Scheduled Mean time of completion:
28

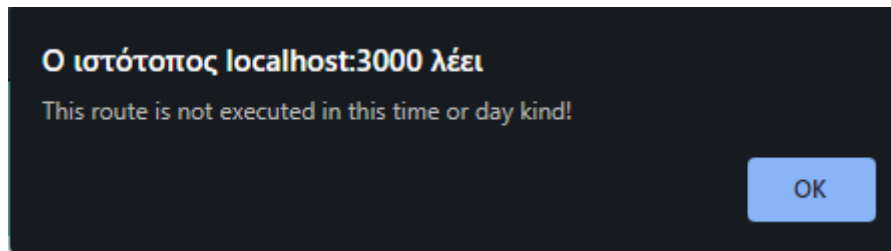
Real Mean time of completion:
28

Difference in mean time:
0

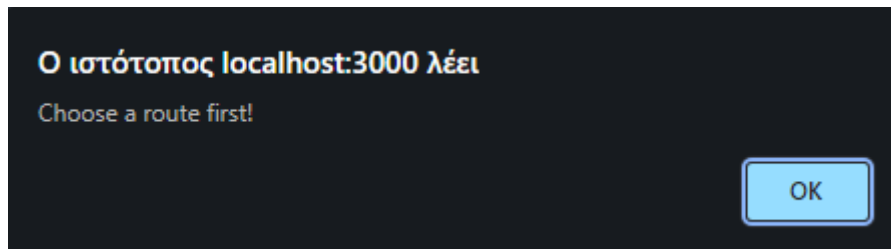
Mean number of passengers:
25

Εικόνα 4-5 Στατιστικά του δρομολογίου που επιλέχθηκε και των επιλογών της εικόνας 4-4.

Στο Use Case 3 ο χρήστης επιλέγει την ώρα, τα λεπτά, τον μήνα και το είδος της μέρας που επιθυμεί. Πατώντας το button «Statistics» εμφανίζονται τα στατιστικά του δρομολογίου, όπως βλέπουμε στο παράδειγμα της εικόνας 4-5.



Εικόνα 4-6 Μήνυμα λάθους στην περίπτωση επιλογής ώρας ή είδους μέρας όπου δεν εκτελείται το δρομολόγιο που επέλεξε ο χρήστης.



Εικόνα 4-7 Μήνυμα λάθους στην περίπτωση επιλογής ώρας ή είδους μέρας χωρίς να έχει επιλέξει πρώτα δρομολόγιο ο χρήστης.

Όπως βλέπουμε στις εικόνες Εικόνα 4-6 και Εικόνα 4-7, όταν ο χρήστης προσπαθήσει να αναλύσει κάποιο δρομολόγιο χωρίς να έχει επιλέξει πρώτα γραμμή και δρομολόγιο ή επιλέξει χρόνο, είδος μέρας ή μήνα που δεν εκτελείται το δρομολόγιο που έχει επιλέξει, εμφανίζεται alert μήνυμα λάθους.

Suggestions

Average Passengers :
125

Capacity of bus used :
100

Notes/Proposals :
Consider using a backup bus for this route.

Εικόνα 4-8 Πρόταση βελτίωσης του δρομολογίου όσον αφορά την χρήση back up λεωφορείου στο Suggestions box.

Suggestions

Average Passengers :

149

Capacity of bus used :

100

Notes/Proposals :

Consider increasing the frequency of this route.

Εικόνα 4-9 Πρόταση βελτίωσης του δρομολογίου όσον αφορά την συχνότητα του δρομολογίου στο Suggestions box.

Τέλος, εμφανίζονται οι προτάσεις βελτίωσης του δρομολογίου στο Suggestions box όπως βλέπουμε στις εικόνες Εικόνα 4-8 και Εικόνα 4-9. Το δρομολόγιο μπορεί να απαιτεί τη χρήση εφεδρικού λεωφορείου λόγω του αυξημένου πλήθους επιβατών ή στην περίπτωση που ξεπερνάει το μέγεθος του λεωφορείου την αύξηση της συχνότητας του δρομολογίου.

4.3 Αναλυτική παρουσίαση διαγραμμάτων

Με την χρήση των διαγραμμάτων [22] παρέχουμε μια εύκολη παρουσίαση των δεδομένων με στόχο την κατανόηση των ιδιοτήτων τους και την κατεύθυνση του αποδέκτη στις αλλαγές που χρειάζεται το πρόγραμμα των αστικών λεωφορείων. Η σειρά επιλογής των διαγραμμάτων οδηγεί τον χρήστη στην ανίχνευση των προβληματικών καταστάσεων γενικά και έπειτα ειδικά.

Συγκεκριμένα, με τα πρώτα δύο διαγράμματα ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει τις καθυστερήσεις ανά γραμμή και ανά δρομολόγιο αντίστοιχα. Έτσι, βλέποντας τις μέγιστες καθυστερήσεις μπορεί να αποφασίσει ποιους συνδυασμούς γραμμών – διαδρομών θα επιλέξει να εξετάσει παρακάτω.

Με την επιλογή γραμμής μπορούμε να επιλέξουμε το chart για την εμφάνιση της μέσης καθυστέρησης για τα δρομολόγια που συμπεριλαμβάνονται σε αυτή την γραμμή. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να κατευθυνθεί στα δρομολόγια που εμφανίζουν αποκλίσεις. Επιλέγοντας την γραμμή και το δρομολόγιο που επιθυμεί να δει αναλυτικά από το sidemenu , μπορεί τώρα να επιλέξει τα διαγράμματα ειδικού τύπου.

Για το συγκεκριμένο δρομολόγιο για το οποίο θέλει να λάβει πληροφορίες μπορεί να επιλέξει το διάγραμμα με την μέση καθυστέρηση ανά στάση για να καταλήξει σε ποιες στάσεις δημιουργείται συμφόρηση, το διάγραμμα με την μέσο χρόνο άφιξης ανά στάση σύμφωνα με το πρόγραμμα του αστικού ΚΤΕΛ και τον πραγματικό μέσο χρόνο και το διάγραμμα με την μέση καθυστέρηση ανά είδος μέρας, ώστε να αποφασίσει σε ποιες μέρες θα πρέπει να γίνουν οι αλλαγές του προγράμματος.

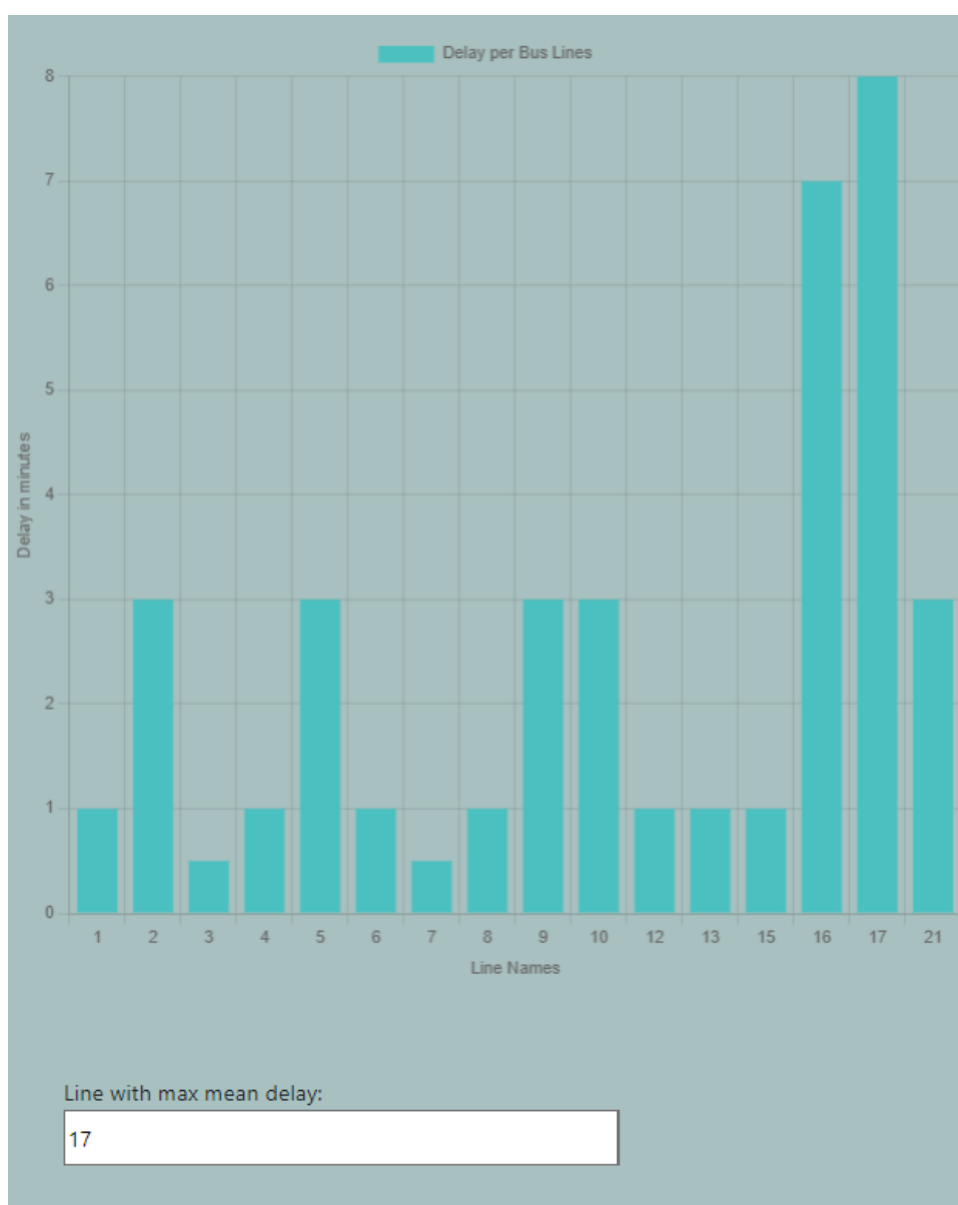
Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε μορφή διαγραμμάτων χρησιμοποιούμε τη μέση τιμή των δεδομένων. Η μέση τιμή εκμεταλλεύεται όλα τα δεδομένα του δείγματος, αλλά επηρεάζεται αν οι τιμές έχουν τεράστια διαφορά μεταξύ τους. Στα δεδομένα που χρησιμοποιούμε, οι καθυστερήσεις που συμβαίνουν δεν έχουν τεράστια απόκλιση μεταξύ τους, καθώς τα καταγεγραμμένα δεδομένα έχουν χωριστεί σε 4 περιόδους:

- Υψηλής χρήσης
- Μέτριας προς υψηλής χρήσης
- Χαμηλής προς μέτριας χρήσης
- Χαμηλής χρήσης

Γίνεται κατανοητό ότι δεν θα επηρεαστεί κατά πολύ η μέση τιμή για κάθε περίοδο χρήσης ξεχωριστά, αφού θα συμβαίνουν παρόμοιες καθυστερήσεις.

Επίσης, επιλέξαμε τον υπολογισμό μέσων χρόνων για να αξιοποιήσουμε όλους τους χρόνους άφιξης που καταγράφηκαν στη βάση δεδομένων και να καταλήξουμε σε πιο ολοκληρωμένο συμπέρασμα για το δείγμα.

4.3.1 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης όλων των γραμμών

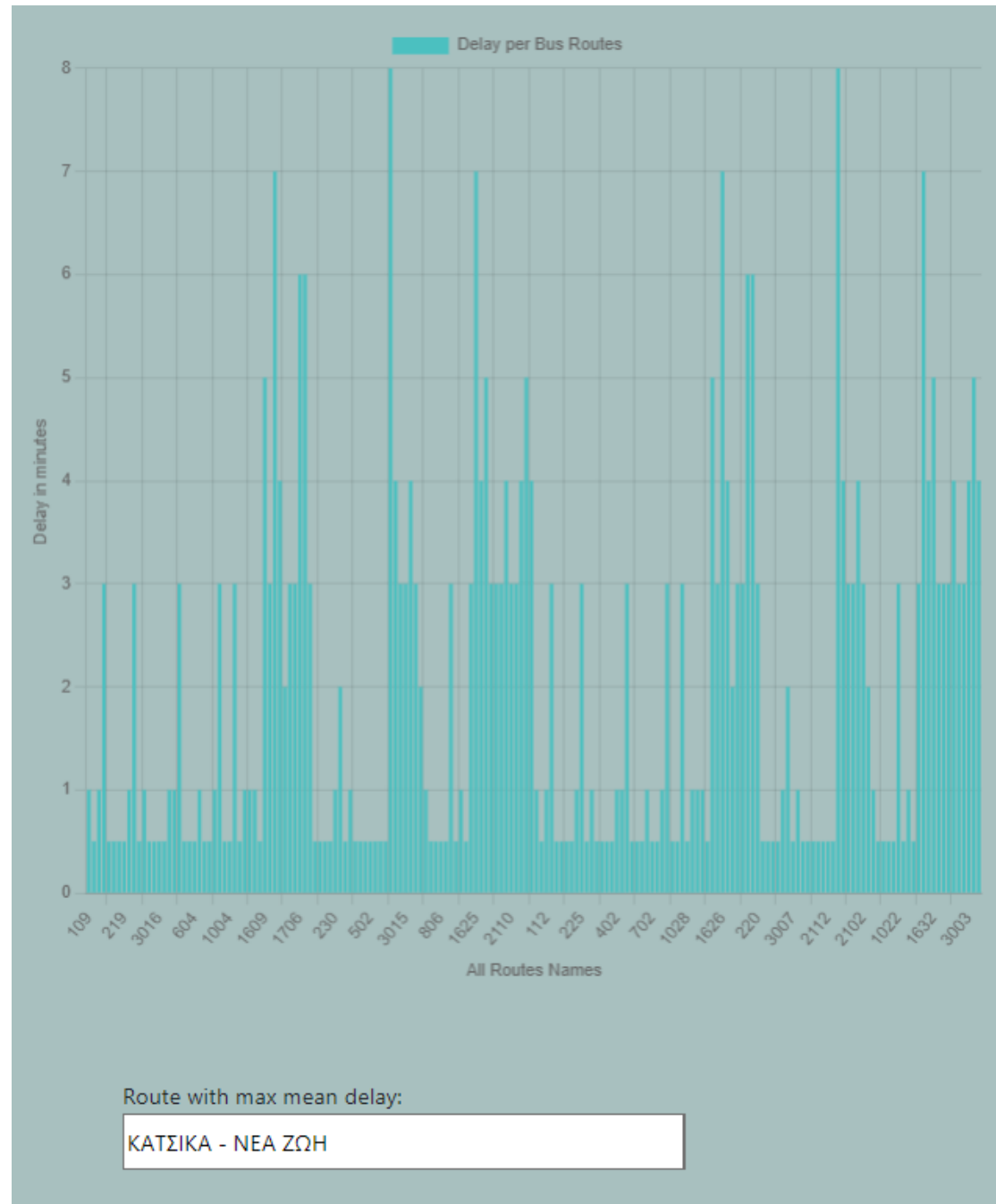


Εικόνα 4-10 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης των γραμμών του Αστικού ΚΤΕΛ Ιωαννίνων.

Τα δυο πρώτα διαγράμματα που προσφέρονται στον χρήστη ανήκουν στην κατηγορία διαγραμμάτων γενικού τύπου, τα οποία είναι βοηθητικά και διευκολύνουν στην επιλογή γραμμής και δρομολογίου. Στην Εικόνα 4-10 βλέπουμε την συνολική μέση καθυστέρηση σε λεπτά όλων των γραμμών των αστικών λεωφορείων. Πρακτικά, αποτελεί τον μέσο όρο των μέσων καθυστερήσεων όλων των διαδρομών που ανήκουν στην κάθε γραμμή. Παρατηρώντας τις συνολικές καθυστερήσεις συμπεραίνουμε που υπάρχουν οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις και μπορεί ο χρήστης να επιλέξει την γραμμή με την μέγιστη καθυστέρηση για να ξεκινήσει την ανάλυση του. Για λόγους διευκόλυνσης παρέχουμε την γραμμή με την μέγιστη καθυστέρηση σε text box. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα της

Εικόνας 4-10, την μέγιστη καθυστέρηση την έχει η γραμμή 17 με 8 λεπτά καθυστέρηση κατά μέσο όρο, οπότε μια λογική επιλογή για περαιτέρω μελέτη είναι αυτή.

4.3.2 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης όλων των δρομολογίων



Εικόνα 4-11 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης των δρομολογίων όλων των γραμμών.

Το διάγραμμα της εικόνας 4-11 αποτελεί την συνέχεια του διαγράμματος της εικόνας 4-10, δηλαδή αποτελεί το επόμενο βήμα για τον χρήστη ώστε να αποφασίσει σε ποιες

συγκεκριμένες διαδρομές θα περιοριστεί. Εμφανίζει την μέση καθυστέρηση όλων των δρομολογίων όλων των γραμμών και με την αξιολόγηση του μπορούμε να συμπεράνουμε σε ποιες διαδρομές υπάρχει μεγαλύτερη καθυστέρηση και να κατευθυνθούμε σε αυτές μέσω του sidemenu. Και πάλι εδώ δίνεται το όνομα του δρομολογίου με τη μέγιστη μέση καθυστέρηση, το οποίο είναι το «ΚΑΤΣΙΚΑ-ΝΕΑ ΖΩΗ».

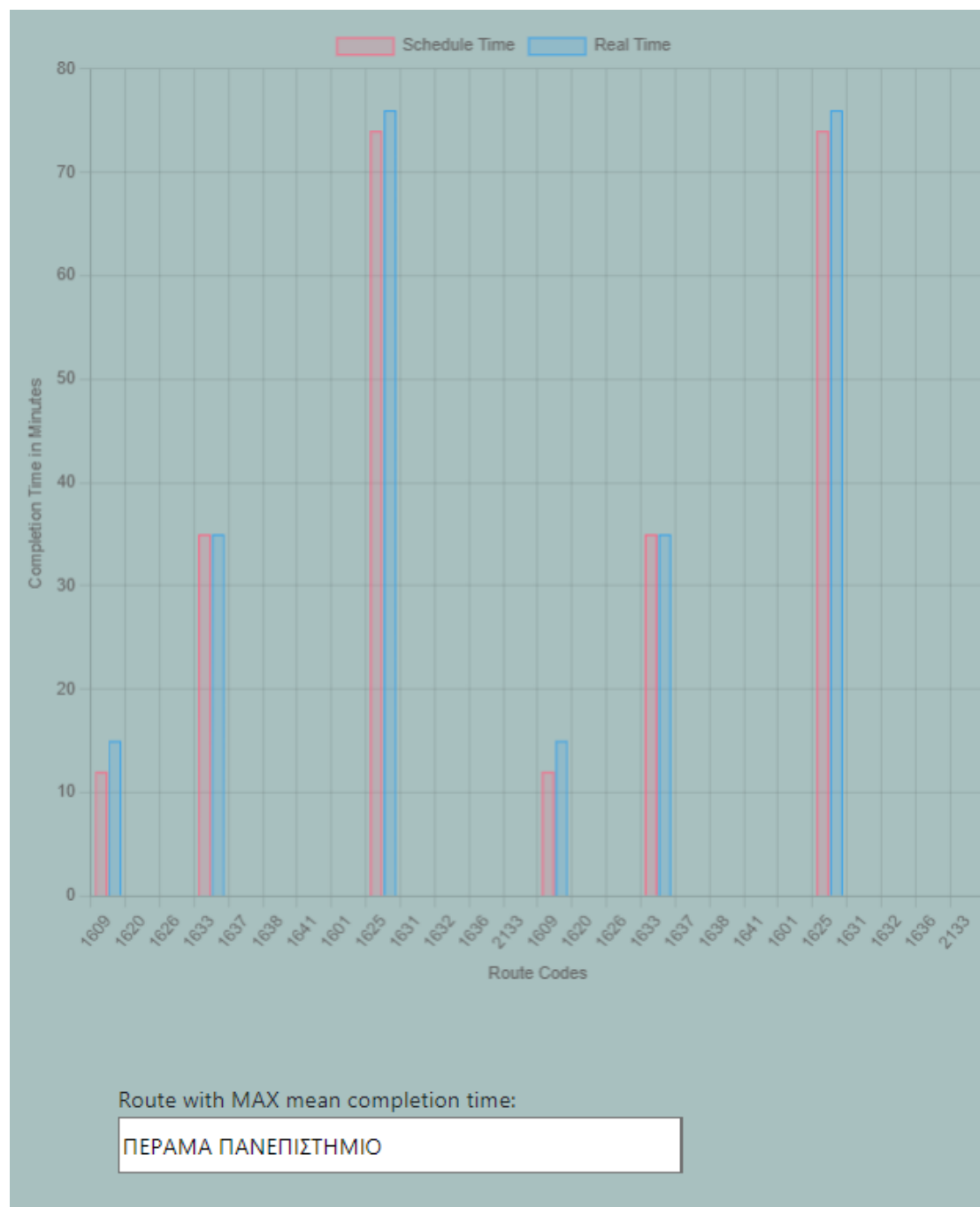
4.3.3 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά δρομολόγιο για την γραμμή που έχει επιλεχθεί.



Εικόνα 4-12 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά δρομολόγιο της γραμμής λεωφορείων που έχει επιλέξει ο χρήστης.

Με το διάγραμμα στην Εικόνα 4-12 ξεκινάμε την περιγραφή των ειδικών διαγραμμάτων, τα οποία αφορούν την γραμμή, το δρομολόγιο και τις επιλογές χρόνου, μέρας και μήνα που έχει επιλέξει ο χρήστης. Το συγκεκριμένο διάγραμμα εμφανίζει την μέση καθυστέρηση σε λεπτά για κάθε δρομολόγιο της γραμμής. Παρατηρώντας το μπορούμε να επικεντρωθούμε στα δρομολόγια που υπάρχουν οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις και μπορούμε να περιοριστούμε στα προβληματικά δρομολόγια και να προβούμε στις κατάλληλες αλλαγές στο πρόγραμμα αστικών λεωφορείων. Στο στιγμιότυπο της Εικόνα 4-12 ο χρήστης έχει επιλέξει την γραμμή 16 και του παρουσιάζονται οι μέσες καθυστερήσεις των δρομολογίων που ανήκουν σε αυτή, όπως και το όνομα με την μέγιστη καθυστέρηση, το οποίο είναι το «ΑΜΦΙΘΕΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ».

4.3.4 Διάγραμμα Μέσου Χρόνου ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της γραμμής που έχει επιλεχθεί



Εικόνα 4-13 Διάγραμμα Μέσου χρόνου ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της επιλεγμένης γραμμής σε πραγματικό και προγραμματισμένο χρόνο.

Το διάγραμμα της Εικόνα 4-13 μας δίνει τον μέσο χρόνο ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της γραμμής που επέλεξε ο χρήστης σε πραγματικό και προγραμματισμένο χρόνο, σε μορφή δύο μπαρών ανά δρομολόγιο ώστε να είναι εύκολη η σύγκριση τους. Όπως βλέπουμε, με ροζ χρώμα εμφανίζεται ο χρόνος ολοκλήρωσης σύμφωνα με το πρόγραμμα και με μπλε ο πραγματικός. Παρατηρούμε ότι οι αποκλίσεις είναι αρκετά έντονες και ότι για την γραμμή που έχει επιλέξει ο χρήστης, εδώ 16, η διαδρομή με τον μεγαλύτερο χρόνο

ολοκλήρωσης δρομολογίου είναι το «ΠΕΡΑΜΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ», οπότε συνιστάται η κατεύθυνση σε αυτό.

4.3.5 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά στάση για το δρομολόγιο που έχει επιλεχθεί.

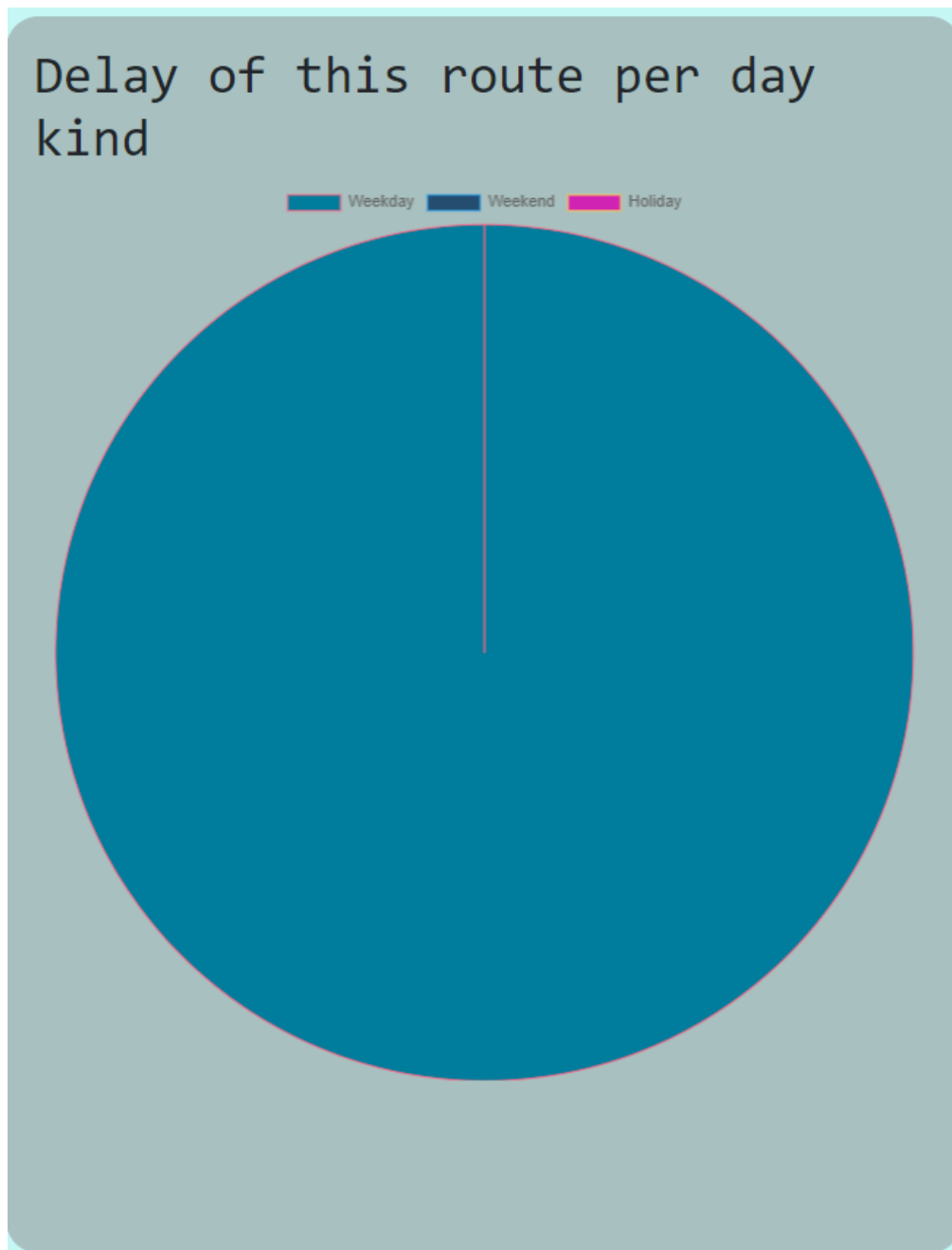


Εικόνα 4-14 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά στάση του δρομολογίου που έχει επιλέξει ο χρήστης.

Το διάγραμμα αυτό εμφανίζει την μέση καθυστέρηση σε λεπτά ανά στάση του δρομολογίου που επέλεξε ο χρήστης. Ακολουθώντας την μελέτη των παραπάνω διαγραμμάτων κατευθυνθήκαμε στο δρομολόγιο «ΠΕΡΑΜΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, το οποίο απεικονίζεται στην Εικόνα 4-14. Δίνεται η πληροφορία του κωδικού στάσης με την

μέγιστη καθυστέρηση, που σε αυτή την περίπτωση είναι η 417, και έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις κατάλληλες ώρες και λεπτά για να μελετήσει την συγκεκριμένη στάση και να συμπεράνει ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το δρομολόγιο και ποιες αλλαγές πρέπει να πραγματοποιηθούν με τις πληροφορίες που του δίνει το «Traffic data menu».

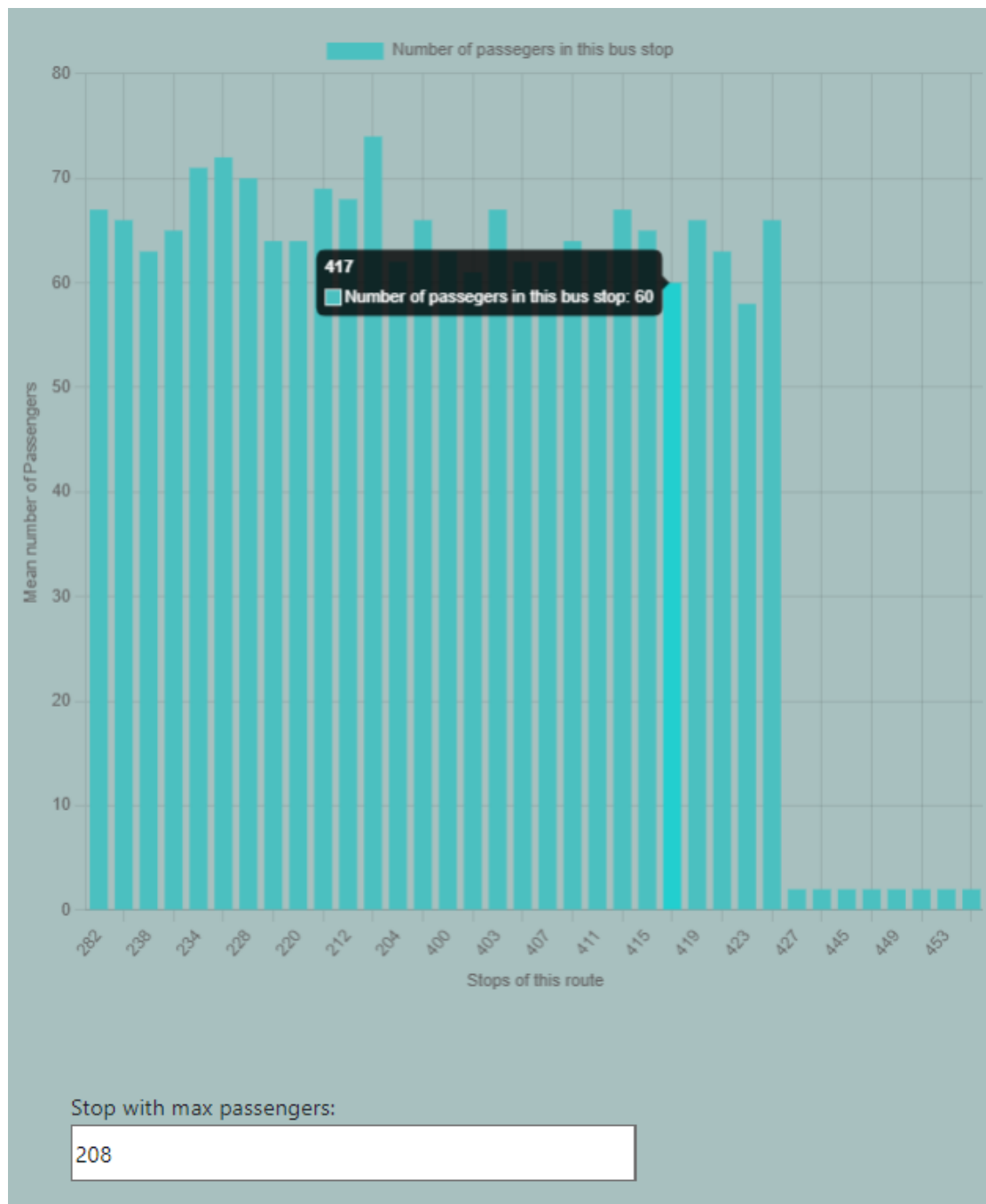
4.3.6 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά είδους μέρας για το δρομολόγιο που έχει επιλεχθεί.



Εικόνα 4-15 Διάγραμμα Μέσης καθυστέρησης ανά είδος μέρας του δρομολογίου που έχει επιλέξει ο χρήστης.

Το είδος της ημέρας που εκτελείται το δρομολόγιο επηρεάζει άμεσα τόσο τον χρόνο εκτέλεσης του όσο και το πλήθος των επιβατών που το χρησιμοποιούν. Γι' αυτόν τον λόγο υπάρχει η διάκριση του είδους την ημέρας σε καθημερινή, σαββατοκύριακο και αργία. Στο διάγραμμα της εικόνας 4-15 μπορούμε να συμπεράνουμε κατά πόσο επηρεάζει το είδος ημέρας τον χρόνο ολοκλήρωσης του δρομολογίου που επιλέχτηκε από τον χρήστη. Το παρόν στιγμιότυπο αφορά το δρομολόγιο «ΠΕΡΑΜΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ» και παρατηρώντας το, συμπεραίνουμε ότι η καθυστέρηση του δρομολογίου τις καθημερινές σε σχέση με τα σαββατοκύριακα ή τις αργίες είναι σαφώς αυξημένη, οπότε σε αυτό το είδος ημερών θα πρέπει να επικεντρωθεί και η ανάλυση του δρομολογίου που επιλέχτηκε.

4.3.7 Διάγραμμα Μέσου πλήθους επιβατών ανά στάση δρομολογίου



Εικόνα 4-16 Διάγραμμα μέσου πλήθους επιβατών κάθε στάσης του δρομολογίου που έχει επιλεχτεί.

Μέσω του διαγράμματος της Εικόνα 4-16 μπορούμε να δούμε το μέσο μέγιστο πλήθος επιβατών σε κάθε στάση του δρομολογίου και έτσι να συμπεράνουμε άμα το δρομολόγιο θέλει αλλαγή του είδους οχήματος που χρησιμοποιεί (διπλό ή μονό). Σε συνδυασμό με το διάγραμμα καθυστέρησης ανά στάση μπορούμε να συμπεράνουμε την συσχέτιση του μεγάλου αριθμού επιβατών με την καθυστέρηση των δρομολογίων. Το δρομολόγιο στο

παράδειγμα μας είναι το «ΠΕΡΑΜΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ», το οποίο στην Εικόνα 4-14 βλέπουμε ότι έχει μέγιστη καθυστέρηση στην στάση 417, και ενώ στο διάγραμμα της Εικόνα 4-16 βλέπουμε ότι η στάση με μέγιστο πλήθος επιβατών είναι η 208, εύκολα μπορούμε να δούμε ότι και η στάση 417 έχει αυξημένο πλήθος, οπότε είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει το δρομολόγιο και πρέπει να ληφθεί υπόψιν.

4.3.8 Διάγραμμα χρόνου μετακίνησης από στάση σε στάση



Εικόνα 4-17 Διάγραμμα χρόνου μετακίνησης από στάση σε στάση.

Τέλος, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση του διαγράμματος της Εικόνα 4-17. Σε αυτό παρατηρούμε τον χρόνο που έκανε το λεωφορείο να μετακινηθεί από στάση σε στάση στο δρομολόγιο που έχουμε επιλέξει και μπορούμε να βγάλουμε διάφορα συμπεράσματα, όπως την πιθανή κυκλοφοριακή συμφόρηση σε αυτό το σημείο της διαδρομής. Σκοπός είναι ο χρήστης να συμβουλευτεί αυτό το διάγραμμα και να συμπεριλάβει τις πιθανές καθυστερήσεις στο πρόγραμμα του δρομολογίου, ώστε να εξαλείψει τις καθυστερήσεις. Έτσι πλέον το αστικού ΚΤΕΛ θα παρέχει ένα ρεαλιστικό πρόγραμμα στο κοινό με μικρές αποκλείσεις οι οποίες δεν θα είναι πια επαναλαμβανόμενες. Στο στιγμιότυπο της Εικόνα 4-17 βλέπουμε ο μέγιστος χρόνος άφιξης αφορά την στάση 284.

Κεφάλαιο 5. Επίλογος

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας, όπως και προτάσεις για χρήσιμες μελλοντικές επεκτάσεις.

5.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια web εφαρμογή, η οποία αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τα Αστικά ΚΤΕΛ Ιωαννίνων, από το οποίο εντοπίζονται οι προβληματικές καταστάσεις των δρομολογίων και προτείνονται τρόποι επίλυσης τους. Επίσης, σε μακροχρόνια χρήση της, εξελίσσεται σε KPI εργαλείο, δηλαδή, μέτρο αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των αλλαγών. Συγκεκριμένα, υλοποιήσαμε την οπτικοποίηση των δρομολογίων του αστικού ΚΤΕΛ πάνω στον χάρτη των Ιωαννίνων και προσφέραμε δυνατότητα αλληλεπίδρασης με αυτόν. Παρέχουμε στον χρήστη διαγράμματα γενικού τύπου, από τα οποία θα κατευθυνθεί με παρατήρηση των προβληματικών γραμμών και δρομολογίων στην ανάλυση τους. Ξεκινώντας την ανάλυση συγκεκριμένου δρομολογίου, εμφανίσαμε τα αντίστοιχα στατιστικά και πληροφορίες για το επιλεγθέν δρομολόγιο με κριτήριο τον χρόνο, το είδος της ημέρας και τον μήνα, τόσο με μορφή κειμένου όσο και πάνω στον χάρτη, με τον χρωματισμό της γραμμής ανάλογα με το είδος της καθυστέρησης του λεωφορείου. Δημιουργήσαμε διαγράμματα που κατευθύνουν τον αποδέκτη στις απαραίτητες αλλαγές στο πρόγραμμα του αστικού, δίνοντας πληροφορίες για την επιλεγμένη γραμμή, μέσω των διαγραμμάτων της μέσης καθυστέρηση ανά δρομολόγιο και του χρόνου ολοκλήρωσης κάθε δρομολογίου της γραμμής, και για το επιλεγμένο δρομολόγιο με τα διαγράμματα μέσης καθυστέρησης του δρομολογίου ανά είδος μέρας όπως και τα διαγράμματα που αφορούν τις στάσεις του δρομολογίου, όπως το διάγραμμα χρόνου μετακίνησης από στάση σε στάση. Τέλος, παρέχουμε προτάσεις αλλαγής για το μέγεθος του λεωφορείου και για την συχνότητα του λεωφορείου.

Με την χρήση της εφαρμογής συμπεράναμε κάποιες βασικές προβληματικές γραμμές και δρομολόγια. Παρατηρήσαμε τις διαφορές στις καθυστερήσεις ανάλογα την ώρα, το είδος της ημέρας και το μήνα. Επίσης, αλλάζοντας τον μήνα συμπεράναμε πως μήνες με συγκεκριμένα γεγονότα στην πόλη (π.χ. εξεταστική περίοδος) επηρεάζουν την ζήτηση και κατ'επέκταση την καθυστέρηση των δρομολογίων που παρατηρήσαμε στην μελέτη μας.

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το βασικότερο πλεονέκτημα αυτού του web app είναι η δυνατότητα βελτίωσης και ανάπτυξης του στο μέλλον. Όσο μεγαλύτερη είναι η βάση δεδομένων με την οποία συσχετίζεται κάθε φορά τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια δίνει σε συγκρίσεις και μετρικές, κάτι το οποίο συνεπάγεται και πιο αποτελεσματική λήψη αποφάσεων μεταγενέστερα. Ακόμα σε περίπτωση που εγκατασταθούν αισθητήρες για καταμέτρηση επιβατών στα λεωφορεία και μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στη βάση όλων των δεδομένων μαζί θα μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν οι λειτουργίες ώστε να ενημερώνουν τις μετρικές ανά ημέρα για παράδειγμα.

Κεφάλαιο 6. Βιβλιογραφία

- [1] Key Perfomance Indicator, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.kpi.org/kpi-basics/>.
- [2] Moovit, [Ηλεκτρονικό]. Available: https://moovitapp.com/athens_αθηνα-1822/poi/en.
- [3] Αστικά ΚΤΕΛ Ιωαννίνων, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://astiko-ioannina.gr>.
- [4] RRamen Web App, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://rramen.zdv.uni-mainz.de>.
- [5] Wikipedia, «JavaScript», [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/JavaScript>.
- [6] Node JS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://nodejs.org/en/>.
- [7] Cristiano L. Fontana , 24 Ιούλιος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://opensource.com/article/20/6/data-science-nodejs>.
- [8] React JS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://reactjs.org>.
- [9] Create web maps with GL JS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.mapbox.com/mapbox-gljs>.
- [10] Wikipedia, «Vector tiles», [Ηλεκτρονικό]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Vector_tiles.
- [11] Map Matching, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/api/navigation/map-matching/>.
- [12] Papa Parse, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.papaparse.com>.
- [13] Bootstrap, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://getbootstrap.com>.
- [14] Chart JS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.chartjs.org/docs/latest/>.
- [15] Documentation - Parse Local Files, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.papaparse.com/docs#local-files>.
- [16] Create a New React App, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://reactjs.org/docs/create-a-new-react-app.html>.

- [17] Display a map on a webpage, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/simple-map/>.
- [18] Add custom icons with Markers, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/custom-marker-icons/>.
- [19] Work with markers in Mapbox.js, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/markers-js/>.
- [20] Display a popup on click, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/popup-on-click/>.
- [21] Get started with the Map Matching API, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/get-started-map-matching-api/>.
- [22] Animate a point along a route, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/animate-point-along-route/>.
- [23] C. Maduabuchi, «Using Chart.js in React,» 4 Νοέμβριος 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://blog.logrocket.com/using-chart-js-react/>.
- [24] React (JavaScript library), [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/React_\(JavaScript_library\)](https://en.wikipedia.org/wiki/React_(JavaScript_library)).
- [25] Δ. Λεμονάκη, «Text Box in HTML – The Input Field HTML Tag,» 10 Ιανουάριος 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.freecodecamp.org/news/text-box-in-html-the-input-field-html-tag/>.
- [26] Show changes over time with Mapbox GL JS, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/help/tutorials/show-changes-over-time/>.
- [27] Add live realtime data, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/live-geojson/>.