



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση των επιπτώσεων των Πινακίδων Μεταβλητών
Μηνυμάτων στην κυκλοφορία με χρήση προσομοίωσης**

Λάσκαρης Γεώργιος
Επίβλεψη: Σπυροπούλου Ιωάννα, Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2013



NATIONAL TECHNICAL UNIVERISTY OF ATHENS
School of Rural & Surveying Engineering
Laboratory of Transportation Engineering

Diploma Thesis

Investigation of the impact of the variable message signs using traffic simulation

Laskaris Georgios

Supervision: Spyropoulou Ioanna, Lecturer NTUA

Athens, July 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κυρία Ιωάννα Σπυροπούλου, λέκτορα στη σχολή αγρονόμων τοπογράφων μηχανικών και επιβλέπουσα της παρούσας διπλωματικής πρώτα για την άμογη συνεργασία, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας όπως επίσης για την συμβολή της στο να εισέλθω σε ένα ακόμα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας του τομέα των συγκοινωνιακών μελετών.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κύριο Δημήτρη Σερμπή, Συγκοινωνιολόγο του Κέντρου Διαχείρισης Κυκλοφορίας της περιφέρειας Αττικής για την πολύτιμη βοήθειά του τόσο στην παροχή υλικού για το οδικό δίκτυο της Αθήνας όσο και για τις συμβουλές του όσον αφορά τη προσομοίωση του δικτύου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη που παρείχαν σε όλα μου τα μαθητικά και φοιτητικά χρόνια και σε οποιαδήποτε σημαντική απόφαση της ζωής μου αλλά και την αδελφή μου Αργυρώ Λάσκαρη για την βοήθεια και την υποστήριξή της. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου που ήταν δίπλα μου και με υποστήριζαν σε κάθε στάδιο της εργασίας.

*Γεώργιος Λάσκαρης
Αθήνα, Ιούλιος 2013*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής αποτελεί η διερεύνηση των επιπτώσεων των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στην κυκλοφορία μέσω προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά επιλέχθηκε μία πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και αφού αναλύθηκαν τα έκτακτα μηνύματα που προβλήθηκαν από αυτή επιλέχθηκαν τα συμβάντα τα οποία θα προσομοιώνονταν. Η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων που επιλέχθηκε βρίσκεται στη λεωφόρο Μεσογείων και αντίστοιχα σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας VISSIM, τμήμα του οδικού δικτύου των Αθηνών που περιλαμβάνει τη λεωφόρο Μεσογείων, τη λεωφόρο Κηφισίας, τη λεωφόρο Κατεχάκη και ορισμένες οδούς των περιοχών του Κάτω Χαλανδρίου και του Νέου Ψυχικού και έγινε καταμερισμός φόρτων στο δίκτυο βάσει δοσμένων στοιχείων από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Αθήνας. Στη συνέχεια, ορίστηκαν εναλλακτικές διαδρομές που είναι πιθανό να ακολουθήσουν οι οδηγοί σε περίπτωση έκτακτου συμβάντος και τοποθετήθηκαν τα αντίστοιχα σημεία απόφασης για διαδρομή στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για τη λειτουργία του δικτύου υπό κανονικές συνθήκες, για την περίπτωση συμβάντος για το οποίο οι οδηγοί δεν έλαβαν πληροφόρηση, και για σενάρια για τα οποία οι οδηγοί είχαν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και ακολούθησαν πιθανές εναλλακτικές διαδρομές. Παρατηρήθηκε ότι η πληροφόρηση που παρέχεται στους οδηγούς και οι αλλαγές διαδρομών που πραγματοποιούν βοηθούν στη γρηγορότερη επαναφορά της λεωφόρου Μεσογείων με μικρότερες επιπτώσεις στο υπόλοιπο οδικό δίκτυο. Ταυτόχρονα, ο περιορισμένος αριθμός των εναλλακτικών διαδρομών προκαλούσε συμφόρηση σε υπερβολικό βαθμό σε σημεία των υπαρχόντων εναλλακτικών διαδρομών. Επίσης παρατηρήθηκαν αδυναμίες του προγράμματος προσομοίωσης σε οδικά τμήματα με μικρό μήκος και πολλές εμπλεκόμενες κινήσεις.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to study the impact of variable message signs on traffic through simulation. First, the variable message sign was selected for investigation and all incidents transmitted were analysed; following specific procedures events were finally selected to be simulated using a traffic simulation program. From the analysis performed, the variable message sign located on Mesogion avenue was selected for investigation and part of the road network in Athens including Mesogion avenue, Kifisias avenue, Katehaki avenue and certain roads in the areas of the municipalities of Chalandri and Psychiko was designed with the traffic simulation program VISSIM. Volumes extracted from data provided by the Athens traffic management centre were inserted into the appropriate network links. In addition, the potential alternative routes to be followed by drivers in the case of an incident were set up, and their respective decision points for each route were defined in the simulation program. Simulations were made for the operation of the network under normal circumstances, under the occurrence of an incident for which the drivers had not received any information, and scenarios for which drivers were informed of the incident through the variable message sign and as a consequence followed various alternative routes. It was observed that the information provided to drivers and the subsequent route changes resulted in smaller times to reach network equilibrium especially concerning the Mesogion avenue. At the same time, the limited number of alternative routes had caused congestion on locations of the existing alternative routes. Also certain weaknesses of the simulation program were observed on road sections with short length and many merging movements.

Key-words: Traffic Simulation, Variable Message Signs, Incident, Driver's response

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2.ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	5
2.1. Κυκλοφοριακή Τεχνική	5
2.1.1. Μεγέθη Κυκλοφοριακής Ροής	5
2.1.2. Βασικές έννοιες κυκλοφοριακής ικανότητας.....	8
2.1.3. Διασταυρώσεις κινήσεων.....	10
2.2. Προσομοίωση Κυκλοφορίας	14
2.2.1. Γενικά περί προσομοίωσης κυκλοφορίας.....	14
2.2.2. Μικροσκοπικά πρότυπα κίνησης οχημάτων	15
2.2.3. Μεσοσκοπικά πρότυπα κίνησης οχημάτων	22
2.2.4. Μακροσκοπική πρότυπα κίνησης οχημάτων	26
2.3. Το πρόγραμμα VISSIM	29
2.3.2. Το μοντέλο του Wiedermann.....	29
2.3. Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων	44
2.3.1. Γενικά περί πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων	44
2.3.2. Κατασκευαστικά στοιχεία πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων	44
2.3.3. Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων	46
2.3.4. Σχεδιασμός Μηνυμάτων	48
2.3.5. Απόκριση των οδηγών στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων	50
3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	53
3.1. Συλλογή Μηνυμάτων	53
3.2. Επιλογή Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων	54
3.3. Ανάλυση Έκτακτων Μηνυμάτων της Εξεταζόμενης Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων	55
3.3.1. Ανάλυση έκτακτων μηνυμάτων.....	55
3.3.2. Συνολική ανάλυση έκτακτων μηνυμάτων	61
3.4. Επιλογή Γεγονότων	63
3.5.1. Επιλογή περιοχής μελέτης	81
3.5.2. Συλλογή υποβάθρων	83
3.5.3. Σχεδιασμός οδικού δικτύου	84
3.5.4. Εισαγωγή κανόνων προτεραιότητας.....	89
3.5.5. Εισαγωγή σηματοδότησης	90
3.5.6. Εισαγωγή φορατών	92
3.5.7. Σύνθεση κυκλοφορίας και ρύθμιση οδηγικής συμπεριφοράς	92
3.5.8. Εισαγωγή σημείων μέτρησης κυκλοφοριακών μεγεθών	93
3.6.1. Έλεγχος υψομέτρων.....	96
3.6.2. Έλεγχος ροής κορεσμού	96
3.6.3. Έλεγχος της παραμέτρου του πλάτους λωρίδας	99
3.6.4. Έλεγχος της παραμέτρου της κλίσης οδού	100
3.6.5. Έλεγχος παράγοντα αναλογίας βαρέων οχημάτων.....	102
3.7. Καταμερισμός Φόρτων στο Δίκτυο	105
3.8. Εναλλακτικές Διαδρομές	110
3.8.1. Αποδεκτές διαδρομές.....	110
3.8.2. Απορριφθείσες διαδρομές.....	115
3.9. Μεθοδολογία για Αλλαγή Διαδρομής.....	117

3.9.1. Δημιουργία διαδρομών για προσομοίωση κανονικών συνθηκών	118
3.9.2. Δημιουργία διαδρομών για τον προσδιορισμό της επιρροής συμβάντος στο δίκτυο	120
3.9.3. Διαδρομές για την προσομοίωση εναλλακτικών σεναρίων	120
3.10. Πραγματοποίηση Προσομοίωσης.....	121
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	123
4.1. Λειτουργία Δικτύου υπό Κανονικές Συνθήκες.....	123
4.1.1. Κυκλοφοριακός Φόρτος.....	123
4.1.2. Μετρήσεις μήκους ουρών	125
4.1.3. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης	127
4.1.4. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής	127
4.1.5. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης	128
4.2. Μηδενικό Σενάριο.....	131
4.2.1. Περιγραφή μηδενικού σεναρίου	131
4.2.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων	132
4.2.3. Μετρήσεις μήκους ουρών	133
4.2.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης	135
4.2.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής	137
4.2.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης	137
4.3. Πρώτο Σενάριο.....	139
4.3.1. Περιγραφή σεναρίου	139
4.3.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων	140
4.3.3. Μετρήσεις μήκους ουρών	140
4.3.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης	143
4.3.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής	145
4.3.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης	145
4.4. Δεύτερο Σενάριο.....	147
4.4.1. Περιγραφή σεναρίου	147
4.4.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων	147
4.4.3. Μετρήσεις μήκους ουρών	148
4.4.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης	151
4.4.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής	153
4.4.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης	153
4.5. Τρίτο Σενάριο.....	155
4.5.1. Περιγραφή σεναρίου	155
4.5.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων	155
4.5.3. Μετρήσεις μήκους ουρών	157
4.5.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης	159
4.5.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής	161
4.5.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης	161
4.6. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων.....	163
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	167
5.1. Σύνοψη Συμπερασμάτων.....	167
5.2. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα.....	169

6.ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	171
6.1. Διεθνείς Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	171
6.2. Ελληνικές Βιβλιογραφικές Αναφορές	172

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 1: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2005 πινακίδας 17	55
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 2: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2006 πινακίδας 17.....	56
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 3: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2007 πινακίδας 17	57
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 4: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2008 πινακίδας 17	58
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 5: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2009 πινακίδας 17	59
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 6: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2010 πινακίδας 17	59
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 7: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2011 πινακίδας 17	60
Σχήμα Σφάλμα! Δεν υπάρχει κείμενο καθορισμένου στυλ στο έγγραφο. 8: Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2012 πινακίδας 17	60
Σχήμα 3.9: Διάγραμμα έκτακτων μηνυμάτων 2005-2012.....	61
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα ποσοστών έκτακτων μηνυμάτων πινακίδας 17	62
Σχήμα 3.11: Αριθμός έκτακτων μηνυμάτων ανά μήνα της πινακίδας 17.....	62
Σχήμα 3.12: Έλεγχος ροής κορεσμού	98
Σχήμα 3.13: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς το πλάτος λωρίδας.....	100
Σχήμα 3.14.: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την κλίση της οδού	101
Σχήμα 3.15: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων οχημάτων	102
Σχήμα 3.16: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία λεωφορείων.....	103
Σχήμα 3.17: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία λεωφορείων προς τα βαρέα οχήματα.....	104
Σχήμα 4.1: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές	126
Σχήμα 4.2: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο μηδενικό σενάριο	134
Σχήμα 4.3: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο πρώτο σενάριο ...	142
Σχήμα 4.4: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο δεύτερο σενάριο.	150
Σχήμα 4.5: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο τρίτο σενάριο	158

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Ωριαία Διακύμανση Φόρτου	6
Εικόνα 2.2: Πρόγραμμα σηματοδότησης σταθερού χρόνου κόμβου Λ. Κηφισίας με οδό Κοκκώνη-Πηγή: Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής.....	12
Εικόνα 2.3: Σχηματική απόδοση διαδικασίας που ακολουθείται στο πρότυπο NaSc - Πηγή: Held και Bittihn, 2011.....	21
Εικόνα 2.4: Γραφική αναπαράσταση των οριακών τιμών, ταχυτήτων και αποστάσεων -Πηγή: Wiedermann, 1974.....	31
Εικόνα 2.5: Συνήθειες διατάξεις οθόνης πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων-Πηγή: Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003	45
Εικόνα 2.6: Σταθερή πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων.....	46
Εικόνα 2.7: Φορητή πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων.....	47
Εικόνα 3.1: Έκτακτο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων 17 για το συμβάν 30377	65

Εικόνα 3.2: Θέση που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων στο συμβάν 30377-Πηγή Google Earth	65
Εικόνα 3.3: Έκτακτο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων 17 για το συμβάν 30827.....	74
Εικόνα 3.4: Θέση που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων στο συμβάν 30827-Πηγή Google Earth	74
Εικόνα 3.5: Σκαρίφημα του υπό μελέτη δικτύου.....	82
Εικόνες 3.6 και 3.7: Απόσπασμα από το Google Earth (αριστερά) και από το Κτηματολόγιο (δεξιά)	83
Εικόνα 3.8: Κάτοψη κόμβου Μεσογείων-Ξενοπούλου, Πηγή: ΚΔΚ Αττικής.....	84
Εικόνα 3.9: Οριζοντιογραφία κόμβου Αγίας Παρασκευής-Δουκ.Πλακεντίας-Παλαιολόγου- Πηγή Κ.Δ.Κ. Αττικής	87
Εικόνα 3.10: Απεικόνιση του κόμβου Αγίας Παρασκευής-Δουκ.Πλακεντίας-Παλαιολόγου στο πρόγραμμα VISSIM	87
Εικόνα 3.11: Το υπό μελέτη δίκτυο ολοκληρωμένο στο περιβάλλον του προγράμματος VISSIM.....	89
Εικόνα 3.12: Τοποθέτηση περιοχών συγκρούσεων και κανόνων προτεραιότητας	90
Εικόνα 3.13: Εισαγωγή προγραμμάτων σηματοδότησης στο πρόγραμμα VISSIM... ..	91
Εικόνα 3.14: Εναλλακτική διαδρομή 1	111
Εικόνα 3.15: Εναλλακτική διαδρομή 1 με έξοδο προς τη λεωφόρο Κηφισίας	111
Εικόνα 3.16: Εναλλακτική διαδρομή 2	112
Εικόνα 3.17: Εναλλακτική διαδρομή 3	113
Εικόνα 3.18: Εναλλακτική διαδρομή 4	113
Εικόνα 3.19: Εναλλακτική διαδρομή 5	114
Εικόνα 3.20: Εναλλακτική διαδρομή 5 με έξοδο προς τη λεωφόρο Κηφισίας	115
Εικόνα 3.21: Απορριφθείσα διαδρομή.....	116
Εικόνα 3.22: Απορριφθείσα διαδρομή.....	116
Εικόνα 4.1: Ταχύτητες στο τέταρτο 1800-2700.....	129
Εικόνα 4.2: Ταχύτητες στο τέταρτο 2700-3600.....	130
Εικόνα 4.3: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος.....	138
Εικόνα 4.4: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου	138
Εικόνα 4.5: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος.....	146
Εικόνα 4.6: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου	146
Εικόνα 4.7: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος.....	154
Εικόνα 4.8: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου	154
Εικόνα 4.9: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος.....	162
Εικόνα 4.10: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου	162

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 452 στις 4/10/2012	64
Πίνακας 3.2: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 453 στις 4/10/2012	64
Πίνακας 3.3: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 449 στις 4/10/2012	66
Πίνακας 3.4: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 456 στις 4/10/2012	67
Πίνακας 3.5: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 441 στις 4/10/2012	68
Πίνακας 3.6: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 459 στις 4/10/2012	69
Πίνακας 3.7: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 481 στις 4/10/2012	69
Πίνακας 3.8: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 476 στις 4/10/2012	70
Πίνακας 3.9: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 286 στις 4/10/2012	71
Πίνακας 3.10: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 278 στις 4/10/2012	72

Πίνακας 3.11: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 273 στις 4/10/2012	73
Πίνακας 3.12: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 463 στις 4/10/2012	73
Πίνακας 3.13: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 452 στις 9/11/2012	75
Πίνακας 3.14: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 453 στις 9/11/2012	75
Πίνακας 3.15: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 456 στις 9/11/2012	76
Πίνακας 3.16: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 449 στις 9/11/2012	76
Πίνακας 3.17: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 459 στις 9/11/2012	77
Πίνακας 3.18: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 481 στις 9/11/2012	77
Πίνακας 3.19: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 476 στις 9/11/2012	78
Πίνακας 3.20: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 286 στις 9/11/2012	78
Πίνακας 3.21: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 278 στις 9/11/2012	79
Πίνακας 3.22: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 273 στις 9/11/2012	79
Πίνακας 3.23: Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 263 στις 9/11/2012	80
Πίνακας 3.24: Σύνθεση κυκλοφορίας βασικών οδών.....	92
Πίνακας 3.25: Σύνθεση κυκλοφορίας δευτερευουσών οδών	93
Πίνακας 3.26: Θέσεις Ανιχνευτών του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας στο παρόν δίκτυο	94
Πίνακας 3.27: Προκαθορισμένη από το πρόγραμμα σύνθεση κυκλοφορίας	97
Πίνακας 3.28: Αποτελέσματα ελέγχου ροής κορεσμού	98
Πίνακας 3.29: Αποτελέσματα επιρροής πλάτους λωρίδας στην κυκλοφοριακή ικανότητα	99
Πίνακας 3.30: Αποτελέσματα επιρροής κλίσης της οδού στην ροή κορεσμού.....	101
Πίνακας 3.31: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων	102
Πίνακας 3.32: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων	103
Πίνακας 3.33: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων	103
Πίνακας 3.34: Θέση ανιχνευτών στο δίκτυο	105
Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα μετρήσεων φόρτου υπό κανονικές συνθήκες.....	123
Πίνακας 4.2: Καθυστερήσεις υπό κανονικές συνθήκες	127
Πίνακας 4.3: Διαδρομές.....	128
Πίνακας 4.4: Χρόνοι διαδρομών	128
Πίνακας 4.5: Υπόμνημα Ταχυτήτων	129
Πίνακας 4.6: Μετρήσεις φόρτων κατά το μηδενικό σενάριο	133
Πίνακας 4.7: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το μηδενικό σενάριο.....	136
Πίνακας 4.8: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το μηδενικό σενάριο.....	137
Πίνακας 4.9: Μετρήσεις φόρτων κατά το πρώτο σενάριο	140
Πίνακας 4.10: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το πρώτο σενάριο	144
Πίνακας 4.11: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το πρώτο σενάριο	145
Πίνακας 4.12: Μετρήσεις φόρτων κατά το δεύτερο σενάριο	148
Πίνακας 4.13: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το δεύτερο σενάριο	152
Πίνακας 4.14: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το δεύτερο σενάριο	153
Πίνακας 4.15: Μετρήσεις φόρτων κατά το τρίτο σενάριο	156
Πίνακας 4.16: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το τρίτο σενάριο	160
Πίνακας 4.17: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το τρίτο σενάριο	161

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας έχουν εισαχθεί σε δίκτυα αρκετών μεγάλων πόλεων όπως και η Αθήνα, πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Οι πινακίδες αυτές έχουν εγκατασταθεί με σκοπό την έγκαιρη πληροφόρηση των χρηστών των δικτύων για χρόνους διαδρομής αλλά και για έκτακτα συμβάντα που αναμένεται να επηρεάσουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες που συνήθως επικρατούν. Τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων τις διαχειρίζονται κατάλληλοι φορείς και για την περίπτωση της Αθήνας αρμόδιος φορέας είναι το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Αττικής.

Η εγκατάσταση των πινακίδων έγινε με αφορμή τη διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων το 2004. Συγκεκριμένα εγκαταστάθηκαν 24 πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων σε κομβικά σημεία του μητροπολιτικού οδικού δικτύου της πόλης των Αθηνών. Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων του Αθηναϊκού οδικού δικτύου μεταδίδουν μηνύματα σχετικά με χρόνους διαδρομής, με έκτακτα γεγονότα που συμβαίνουν αλλά και μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος όπως μηνύματα για την οδική ασφάλεια.

Με την εγκατάσταση των πινακίδων προέκυψε το ερώτημα, για την απόκριση των οδηγών στα μηνύματα που προβάλλουν και για το κατά πόσο αυτά μπορούν να συμβάλλουν στην αρμονική και ομαλή λειτουργία του οδικού δικτύου μίας πόλης. Έτσι διεξήχθησαν έρευνες με ερωτηματολόγια όπως των Chatterjee et al. το 2002, αλλά και από φορείς που είναι υπεύθυνοι για την λειτουργία των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων όπως το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Αθήνας (Σερμπής, 2006). Οι έρευνες έδειξαν υψηλό δείκτη απόκρισης στα προβαλλόμενα μηνύματα και στην έρευνα του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας της Αθήνας το ποσοστό αυτό έφτασε και το 60% των οδηγών στην περιοχή που εξετάστηκε. Παράλληλα με δεδομένα που προέκυψαν είτε από ερωτηματολόγια είτε από μετρημένα κυκλοφοριακά μεγέθη, διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων με χρήση προσομοίωσης της κυκλοφορίας διαφόρων τμημάτων ή του συνόλου του οδικού δικτύου περιοχών. Παραδείγματα τέτοιων ερευνών είναι η πόλη του Μάαστριχτ στην Ολλανδία (Cohn et al.,2004) και μια συνοικία της πόλης του Πεκίνου στην Κίνα που πραγματοποιήθηκε από τους Chenet al. το 2008 όπου με χρήση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων παρουσιάστηκαν βελτιωμένα αποτελέσματα στις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούσαν στο δίκτυο.

Με βάση τα παραπάνω, η τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων έχει ως βασικό στόχο τη διαχείριση της κυκλοφορίας έτσι ώστε να βελτιώνονται οι επικρατούσες κυκλοφοριακές συνθήκες σε ένα οδικό δίκτυο. Ταυτόχρονα, η χρήση τους και η αποδοτικότητά τους εξαρτάται από πλήθος μεταβλητών όπως χαρακτηριστικά οδηγού, μετακίνησης, μηνύματος κ.α. Η αποτύπωση της απόκρισης στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων δύναται να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο "οδηγών" με βάση ερωτηματολόγια και σε επίπεδο "κυκλοφοριακού φόρτου" με βάση μετρήσεις στο οδικό δίκτυο. Το πρόγραμμα προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα να προσομοιωθούν τόσο πραγματικά όσο και υποθετικά σενάρια και να αξιολογηθεί η λειτουργία των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος - σε διαφορετικές συνθήκες πληροφόρησης και απόκρισης των οδηγών (πχ. δυναμική πληροφόρηση, συνεχής πληροφόρηση, μη ύπαρξη πληροφόρησης κ.α.).

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στις κυκλοφοριακές συνθήκες του οδικού δικτύου της Αττικής όταν συμβαίνει κάποιο έκτακτο γεγονός που αναμένεται να έχει σημαντικές κυκλοφοριακές επιπτώσεις στο δίκτυο. Για το σκοπό αυτό, είναι αναγκαία η χρήση προγράμματος προσομοίωσης, και το πρόγραμμα προσομοίωσης που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί είναι το VISSIM. Το πρόγραμμα VISSIM είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας το οποίο αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Karlsruhe, στη Γερμανία στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Η γερμανική εταιρία PTV Transworld AG ξεκίνησε την εμπορική διάθεση του προγράμματος από το 1993. Πρόκειται για ένα μικροσκοπικό πρόγραμμα κυκλοφορίας. Ακολουθεί έναν συνδυασμό του προτύπου του Wiedermann-74 και του Wiedermann-99. Είναι κατάλληλο για προσομοίωση τόσο αυτοκινητοδρόμων όσο και αστικών δικτύων.

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρακάτω:

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την απόκτηση του κατάλληλου επιστημονικού υποβάθρου για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά σε βασικές έννοιες της κυκλοφοριακής τεχνικής και τη λειτουργία του οδικού δικτύου σε επίπεδο κόμβων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ορισμός της προσομοίωσης και γίνεται ανάλυση των τριών κατηγοριών προτύπων προσομοίωσης που προκύπτουν με βάση το επίπεδο λεπτομέρειάς τους. Για κάθε κατηγορία παρουσιάζεται τουλάχιστον ένα χαρακτηριστικό πρότυπο προσομοίωσης και αναλυτικά το πρότυπο του Wiedermann στο οποίο βασίζεται το πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται προγράμματα που προσομοιώνουν την κυκλοφορία ανά κατηγορία καθώς και το μικροσκοπικό πρόγραμμα VISSIM το οποίο χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική. Τέλος, γίνεται αναφορά στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, τις προδιαγραφές που ακολουθούν για την κατασκευή, την εγκατάσταση και τον σχεδιασμό των μηνυμάτων που προβάλλουν αλλά και έρευνες που έχουν διεξαχθεί για τον έλεγχο της απόκρισης των οδηγών σε αυτές.

Το **τρίτο κεφάλαιο** αποτελεί την περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Αρχικά περιγράφονται η διαδικασία επιλογής της εξεταζόμενης πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων και η επεξεργασία των μηνυμάτων που προβάλλονται από αυτή για να ακολουθήσει η επιλογή των συμβάντων που θα προσομοιωθούν. Στη συνέχεια, περιγράφεται ο σχεδιασμός του δικτύου στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Επίσης αναλύονται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν για την αξιοπιστία τους προγράμματος προσομοίωσης. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της διαδικασίας του καταμερισμού στο δίκτυο, των εναλλακτικών διαδρομών που επιλέχθηκαν για τους χρήστες συμφώνα με τα συμβάντα που επιλέχθηκαν, της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για την προσομοίωση των συμβάντων. Στο τέλος του κεφαλαίου περιγράφονται οι συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση για τον προσδιορισμό του χρόνου προσομοίωσης, της επιρροής ενός συμβάντος στο δίκτυο και τέλος για τις προσομοιώσεις των συμβάντων και των διαφόρων εναλλακτικών που επιλέχθηκαν.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση του κάθε συμβάντος. Γίνεται παρουσίαση των επιπτώσεων στο δίκτυο κάθε φόρα για κάθε σενάριο που προσομοιώθηκε, σχετικά με την απόδοση του

δικτύου ανάλογα με τις επιλογές που μπορεί να κάνει ένας οδηγός στην περίπτωση ενός συμβάντος στη λεωφόρο Μεσογείων.

Στο **πέμπτο** κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής, παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε. Επίσης, γίνεται αναφορά σε προτάσεις για μελλοντική έρευνα με αντικείμενο την προσομοίωση και τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων.

2.ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρατίθενται οι βασικές έννοιες της κυκλοφοριακής τεχνικής καθώς και των προτύπων προσομοίωσης κυκλοφορίας. Αφού αναλυθούν τα βασικά μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής και οι βασικές έννοιες της κυκλοφοριακής ικανότητας τόσο σε σηματοδοτούμενους κόμβους όσο και σε κόμβους με προτεραιότητα, θα παρουσιαστούν τα πρότυπα προσομοίωσης κυκλοφορίας και θα αναλυθεί το μικροσκοπικό πρότυπο του Wiederman. Επιπρόσθετα θα γίνει παρουσίαση προγραμμάτων προσομοίωσης και ξεχωριστά του προγράμματος VISSIM. Στη συνέχεια, θα περιγραφεί της χρήσης των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων με έμφαση στην εφαρμογή τους στην κυκλοφορία και την εγκατάστασή τους σε διαφορετικούς τύπους οδών. Τέλος, θα παρουσιαστούν στοιχεία που αφορούν στο περιεχόμενο των μηνυμάτων και στην απόκριση των οδηγών στα μηνύματα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

2.1. Κυκλοφοριακή Τεχνική

2.1.1. Μεγέθη Κυκλοφοριακής Ροής

Κυκλοφοριακός Φόρτος

Ο κυκλοφοριακός φόρτος (traffic volume) είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που διέρχεται από ένα σημείο ή μια διατομή στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε οχήματα ανά μονάδα χρόνου. Μαθηματικά ως φόρτος (q) ορίζεται ως εξής:

$$q = \frac{n(x)}{T} \quad [2.1]$$

Όπου

$n(x)$ ο αριθμός των οχημάτων που περνούν από μία διατομή στη θέση x
 T το χρονικό διάστημα

Οι κυκλοφοριακοί φόρτοι, ανάλογα με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο μελετώνται, καθώς και με τον τύπο οδού και την περιοχή μελέτης, παρουσιάζουν διακύμανση στον τρόπο που κατανέμονται στο χρόνο και στο χώρο. Η διακύμανση αυτή επηρεάζει σημαντικά τη μελέτη και το σχεδιασμό των συγκοινωνιακών υποδομών.

Αν ο κυκλοφοριακός φόρτος αναφέρεται στον συνολικό αριθμό οχημάτων που διέρχονται από ένα σημείο ή μια διατομή κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου μικρότερης της ώρας, ανηγμένος στην ώρα, τότε ορίζεται ως ρυθμός ροής (flow rate). Ο ρυθμός ροής εκφράζεται σε οχήματα ανά ώρα και η περίοδος μέτρησης στην οποία αναφέρεται είναι συνήθως 15 λεπτά, καθώς θεωρείται σε αυτό ότι αυτό είναι το ικανό χρονικό διάστημα στο οποίο ο φόρτος θα παρουσιάζεται σταθερός υπό κανονικές συνθήκες.

Η ζήτηση είναι το κύριο μέτρο κυκλοφορίας και αναφέρεται στα οχήματα που θέλουν να εξυπηρετηθούν από ένα οδικό τμήμα. Απεναντίας ο φόρτος αναφέρεται στα

οχήματα που διέρχονται από τη συγκεκριμένη διατομή του οδικού τμήματος. Αν δεν υπάρχει σχηματισμός ουράς τότε η ζήτηση ισοδυναμεί με το φόρτο.

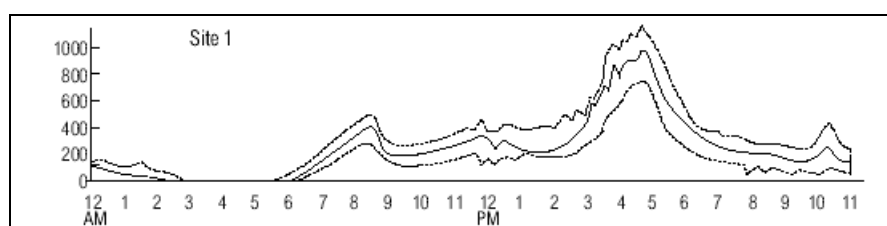
Η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) (Annual Daily Traffic-ADT) ισούται με τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που περνούν από ένα δεδομένο σημείο ή διατομή οδού σε μια χρονική περίοδο ορισμένων ημερών προς τον αριθμό των ημερών της προς εξέταση χρονικής περιόδου. Ο μήνας χρησιμοποιείται συνήθως ως χρονική περίοδος.

$$ΕΜΗΚ = \frac{\text{Συνολικός Κυκλοφοριακός Φόρτος ανά Έτος}}{\text{Αριθμός Ημερών Έτους}} \quad [2.2]$$

Ο κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει τρεις κύκλους διακύμανσης, από τους οποίους προκύπτουν και οι ανάλογες διακυμάνσεις:

- ◆ Η μηνιαία ή εποχιακή διακύμανση (monthly or seasonal variation)
- ◆ Η ημερήσια διακύμανση του φόρτου
- ◆ Η ωριαία διακύμανση του φόρτου

Ο κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο τύπος της οδού ως προς τις ωριαίες διακυμάνσεις αντικατοπτρίζουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις μετακινήσεις που εξυπηρετούνται.



Εικόνα 2 2. Ωριαία Διακύμανση Φόρτου,

Υψηλές τιμές κυκλοφοριακού φόρτου παρουσιάζονται ως επί το πλείστον κατά τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες, όπου οι χρήστες πραγματοποιούν μετακινήσεις με σκοπό την εργασία. Η ώρα στην οποία ο κυκλοφοριακός φόρτος παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή του ορίζεται ως ώρα αιχμής (peak hour). Η διακύμανση του φόρτου κατά την ώρα αιχμής είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό και την λειτουργία συγκοινωνιακών υποδομών. Η ώρα αιχμής σχετίζεται με διάφορες παραμέτρους όπως η μέρα, η περιοχή κ.α..

Σύνθεση Κυκλοφορίας

Ως σύνθεση κυκλοφορίας ορίζεται η ποσοστιαία κατανομή του φόρτου κατά είδος οχήματος. Ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία σύνθεσης κυκλοφορίας και το αν οι μετρήσεις γίνονται σε αστικές ή υπεραστικές οδούς διακρίνονται διάφορες κατηγορίες οχημάτων.

Για αστικές οδούς χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω κατηγορίες:

- ◆ Επιβατικά οχήματα
- ◆ Λεωφορεία, πούλμαν, φορτηγά
- ◆ Μεγάλα φορτηγά αυτοκίνητα
- ◆ Μοτοσικλέτες, μοτοποδήλατα
- ◆ Ποδήλατα

Η σύνθεση κυκλοφορίας μπορεί να διαφέρει από πόλη σε πόλη, αλλά και ανά περιοχή ανάλογα με τις συγκεντρωμένες στη περιοχή δραστηριότητες. Επιπρόσθετα υπάρχει διαφοροποίηση της σύνθεσης κυκλοφορίας και ανά κατεύθυνση σε ένα οδικό τμήμα, όπως επίσης υπάρχει και χρονική διαφοροποίηση, καθώς μπορεί να υπάρχει διαφορετική σύνθεση κυκλοφορίας σε διάφορες ώρες της μέρας.

Ταχύτητα

Ένα από τα πλέον βασικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας είναι η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα οχήματα σε ένα οδικό δίκτυο. Η ταχύτητα έχει οριστεί ποικιλοτρόπως στην κυκλοφοριακή τεχνική. Βασικούς ορισμούς για την ταχύτητα αποτελούν οι παρακάτω:

Ως μέση ταχύτητα ορίζεται ο σταθμισμένος μέσος όρος των ταχυτήτων μελέτης των επιμέρους τμημάτων μιας οδού.

Ταχύτητα ελεύθερης ροής είναι η ταχύτητα λειτουργίας σε ένα οδικό τμήμα, όταν τα οχήματα κινούνται σε συνθήκες ελεύθερης ροής, δηλαδή ο φόρτος είναι χαμηλός.

Ταχύτητα πορείας είναι η μέση ταχύτητα κίνησης ενός οχήματος σε μια συγκεκριμένη διαδρομή. Ορίζεται ως το πηλίκο της διανυμένης απόστασης προς τον χρόνο διαδρομής χωρίς να υπολογίζονται σε αυτόν καθυστερήσεις από στάσεις.

Ως γραμμική ταχύτητα κίνησης ορίζεται ο λόγος της κατ' ευθείαν γραμμικής απόστασης μεταξύ των άκρων της διαδρομής ενός οχήματος προς το χρόνο που χρειάζεται το όχημα για να πραγματοποιήσει τη διαδρομή στο οδικό δίκτυο υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες.

Πυκνότητα

Η πυκνότητα κυκλοφορίας ορίζεται ως ο αριθμός των οχημάτων που κινούνται σε μία δεδομένη χρονική στιγμή στη μονάδα μήκους του οδικού τμήματος. Η πυκνότητα κυκλοφορίας είναι ένα μακροσκοπικό μέγεθος, γιατί χαρακτηρίζει την ένταση της κυκλοφορίας στη μη διακοπτόμενη ροή. Η πυκνότητα $k(t)$ δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$k(t) = \frac{n(t)}{L} \quad [2.3]$$

Όπου

- $n(t)$ ο αριθμός των οχημάτων που βρίσκονται σε ένα οδικό τμήμα μήκους L τη χρονική στιγμή t
 L το μήκος του οδικού τμήματος

Χρονικός και χωρικός διαχωρισμός

Διαχωρισμός σε μία λωρίδα κυκλοφορίας είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών οχημάτων ως προς ένα σταθερό σημείο αναφοράς τους. Όταν η απόσταση αυτή μετριέται με μονάδες μήκους ορίζεται ως χωρικός διαχωρισμός. Αν $d_j(t)$ είναι ο χωρικός διαχωρισμός του οχήματος j από το προπορευόμενο όχημα κατά τη χρονική στιγμή t , στο οδικό τμήμα μήκους L , τότε ο μέσος χωρικός διαχωρισμός $\bar{d}(t)$ στο τμήμα αυτό κατά τη χρονική στιγμή t δίνεται από τη σχέση:

$$\bar{d}(t) = \frac{\sum_{j=1}^{n(t)} d_j(t)}{n(t)} \quad [2.4]$$

Όταν η απόσταση αυτή μετριέται με μονάδες χρόνου τότε ονομάζεται χρονικός διαχωρισμός.

2.1.2. Βασικές έννοιες κυκλοφοριακής ικανότητας

Ροή κορεσμού

Ως ροή κορεσμού ορίζεται ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος που μπορεί να διέλθει από μία διατομή ή ομάδα λωρίδων που εξυπηρετούν από κοινού μια κατεύθυνση υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες (με την παραδοχή 100% χρησιμοποιούμενου χρόνου πράσινης ένδειξης).

Η ροή κορεσμού επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- ◆ Τις οδικές συνθήκες
- ◆ Τις κυκλοφοριακές συνθήκες
- ◆ Τις νέες τεχνολογίες

Στις οδικές συνθήκες περιλαμβάνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Αυτά είναι γενικότερα σταθερά και μεταβάλλονται μόνο σε περίπτωση κατασκευής νέου οδικού έργου ή βελτίωσης του υπάρχοντος. Παράγοντες που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι ο αριθμός και το πλάτος των λωρίδων, ο τύπος της οδού, τα πλάτη των ερεισμάτων και η απόσταση που βρίσκονται τα παράπλευρα της οδού εμπόδια, η ταχύτητα μελέτης, η οριζόντια και η κατακόρυφη χάραξη και η ύπαρξη αποκλειστικών λωρίδων στροφής σε διασταυρώσεις.

Οι κυκλοφοριακές συνθήκες εξαρτώνται από τη φύση της κυκλοφορίας σε ένα υπό μελέτη οδικό δίκτυο και μεταβάλλονται χρονικά. Πιο συγκεκριμένα ένα οδικό τμήμα μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικές κυκλοφοριακές συνθήκες σε διαφορετικές ώρες της ημέρας. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν η σύνθεση κυκλοφορίας αλλά και η κατανομή της κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και λωρίδα. Όσον αφορά τη σύνθεση κυκλοφορίας σημαντική είναι η ύπαρξη βαρέων οχημάτων καθώς είναι μεγαλύτερα και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο οδοστρώματος και έχουν χαμηλότερες επιδόσεις σχετικά με την επιτάχυνση και την επιβράδυνση και την ικανότητά τους να διατηρούν την ταχύτητά τους στις ανωφέρειες.

Η ροή κορεσμού επηρεάζεται επίσης από την εισαγωγή νέων τεχνολογιών όπως για παράδειγμα τα συστήματα ελέγχου πορείας (Adaptive Cruise Control (ACC)) που διαθέτουν οχήματα και με τη βοήθεια αισθητήρων επιταχύνουν ή επιβραδύνουν για να διατηρήσουν ένα επιθυμητό χρονικό διαχωρισμό, μια επιθυμητή ταχύτητα ή να αποφύγουν σύγκρουση (Kesting et al,2007).

Κυκλοφοριακή ικανότητα

Ως κυκλοφοριακή ικανότητα ορίζεται ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος που μπορεί να διέλθει από μία διατομή ή ομάδα λωρίδων που εξυπηρετούν από κοινού μια κατεύθυνση υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες, και συνθήκες σηματοδότησης.

Η κυκλοφοριακή ικανότητα επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- ◆ Τις οδικές συνθήκες
- ◆ Τις κυκλοφοριακές συνθήκες
- ◆ Τις συνθήκες έλεγχου
- ◆ Τις νέες τεχνολογίες

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, όπως το πλάτος της οδού, ο αριθμός των λωρίδων, η ύπαρξη ερεισμάτων κ.α., όπως και οι κυκλοφοριακές συνθήκες επηρεάζουν πρώτα την ροή κορεσμού και κατά συνέπεια την κυκλοφοριακή ικανότητα

Οι συνθήκες έλεγχου αναφέρονται στη ρύθμιση της κυκλοφορίας με κατάλληλες συσκευές και σημάσεις όπως και στους κείμενους κανόνες κυκλοφορίας. Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι φωτεινοί σηματοδότες αλλά και οι λωρίδες αποκλειστικής κυκλοφορίας δημόσιας συγκοινωνίας, οι λωρίδες εναλλασσόμενης φοράς, οι μονοδρομήσεις, οι κανόνες προτεραιότητας κλπ.

Η τελευταία κατηγορία παραγόντων που επηρεάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα ενός οδικού τμήματος είναι οι νέες τεχνολογίες. Τα ευφυή συστήματα μεταφορών έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια με σκοπό τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας αλλά και την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας. Παράδειγμα νέας τεχνολογίας που επηρεάζει θετικά την κυκλοφοριακή ικανότητα είναι η επενεργούμενη από την κυκλοφορία σηματοδότηση που ανάλογα με τον φόρτο που υπάρχει σε έναν κόμβο, υπολογίζεται συνεχώς ο βέλτιστος κύκλος.

Ουρά

Όταν η ζήτηση ξεπερνά την κυκλοφοριακή ικανότητα για κάποια χρονική περίοδο ή ο ρυθμός αύξησης οχημάτων είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό εξυπηρέτησης σε κάποια διατομή του συγκοινωνιακού δικτύου, τότε δημιουργείται ουρά. Ακόμα και σε περιπτώσεις που η δυναμικότητα του συστήματος φαινομενικά καλύπτει τη ζήτηση, υπάρχει η τάση να διαμορφώνονται ουρές αναμονής λόγω της μεταβλητότητας που υπάρχει στις διαδικασίες άφιξης και εξυπηρέτησης των μονάδων του συστήματος. Οι ουρές είναι σημαντικές για το σχεδιασμό και τη λειτουργία συγκοινωνιακών δικτύων.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων ουράς είναι οι σταθμοί διοδίων και οι σηματοδοτούμενες αρτηρίες ή κόμβοι.

Στάθμη εξυπηρέτησης

Βασική έννοια κατά τον υπολογισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας αποτελεί η στάθμη εξυπηρέτησης. Η στάθμη εξυπηρέτησης είναι ένα ποιοτικό μέγεθος που εκφράζει τις συνθήκες λειτουργίας ενός ρεύματος κυκλοφορίας ή μίας πρόσβασης. Από τη συνεχιζόμενη διερεύνηση που διεξάγονται στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής έχουν καθοριστεί έξι στάθμες εξυπηρέτησης που περιγράφουν κάθε δυνατή κατάσταση λειτουργίας. Οι καλύτερες συνθήκες είναι οι συνθήκες ελεύθερης ροής ενώ η χειρότερη είναι η κατάσταση κορεσμού.

Ο ρυθμός ροής εξυπηρέτησης για μία στάθμη εξυπηρέτησης αποτελεί το μέγιστο ωριαίο ρυθμό ροής οχημάτων που μπορούν να διέλθουν από οδικό τμήμα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο ώστε οι συνθήκες λειτουργίας να διατηρούνται σε αυτή τη στάθμη εξυπηρέτησης.

Καθυστέρηση

Ως καθυστέρηση ορίζεται η διαφορά του πραγματικού χρόνου διάνυσης ενός οδικού τμήματος με τον χρόνο διάνυσης του ίδιου οδικού τμήματος εάν εξέλειπε ο λόγος που συμβάλει στη μη απρόσκοπτη κίνηση ενός οχήματος. Ως μέση καθυστέρηση ορίζεται ο αριθμητικός μέσος της καθυστέρησης των οχημάτων που βρίσκονται στο υπό-εξέταση σύστημα. Υπάρχουν πολλές επιμέρους καθυστερήσεις, εξαιτίας διαφόρων αιτιών που συμβάλουν στη μη απρόσκοπτη κίνηση ενός οχήματος:

- ◆ καθυστέρηση λόγω γεωμετρίας
- ◆ καθυστέρηση λόγω κίνησης άλλων οχημάτων
- ◆ καθυστέρηση λόγω ύπαρξης φωτεινού σηματοδότη
- ◆ καθυστέρηση λόγω στάσης (επιβράδυνση, επιτάχυνση)

2.1.3. Διασταυρώσεις κινήσεων

Μη σηματοδοτούμενοι κόμβοι

Κατηγορίες μη σηματοδοτούμενων κόμβων

Διακρίνονται δύο κατηγορίες μη σηματοδοτούμενων κόμβων

- ◆ Κόμβοι με έλεγχο προσβάσεων
- ◆ Κόμβοι χωρίς έλεγχο προσβάσεων

Οι κόμβοι με έλεγχο προσβάσεων διαιρούνται σε δυο κατηγορίες: στους κόμβους με σήμα STOP στη δευτερεύουσα οδό και στους κόμβους με έλεγχο όλων των προσβάσεων. Στην πρώτη υποκατηγορία, οι οδηγοί που βρίσκονται επί της δευτερεύουσας οδού φτάνοντας σε έναν κόμβο προκειμένου να πραγματοποιήσουν ελιγμό για τη συνέχεια της κίνησής τους όταν βρεθεί κατάλληλο διάκενο μεταξύ των εμπλεκόμενων κινήσεων που έχουν προτεραιότητα έναντι της συγκεκριμένης κίνησης. Στην δεύτερη υποκατηγορία, οι οδηγοί από κάθε κλάδο του κόμβου οφείλουν να

σταματήσουν και να ελέγξουν για κατάλληλα διάκενα κατά την άφιξή τους στον κόμβο.

Στους κόμβους χωρίς έλεγχο προσβάσεων, οι οδηγοί κινούνται σύμφωνα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες των άλλων προσβάσεων και με τον κείμενο κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα προτεραιότητα έχει ο οδηγός που έρχεται από δεξιά ή κινείται σε κυκλικό κόμβο.

Βασικές έννοιες

Το κρίσιμο διάκενο είναι ο διάμεσος των χρονικών διάκενων μεταξύ δύο διαδοχικών οχημάτων στον πρωτεύοντα δρόμο που γίνονται αποδεκτά από τους οδηγούς που εκτελούν τον υπό εξέταση ελιγμό (διασταύρωση ή συμβολή). Εξαρτάται από:

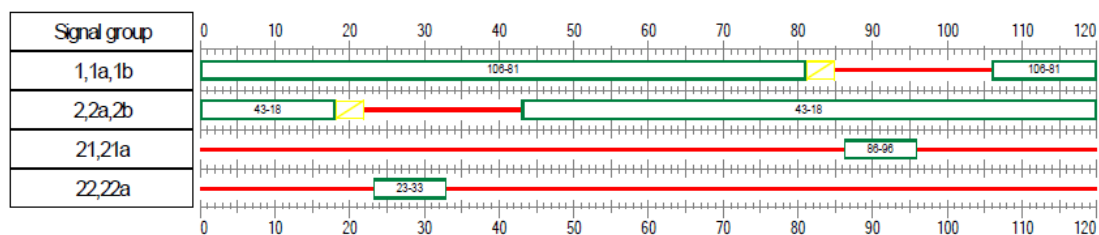
- ◆ τον τύπο του ελιγμού
- ◆ το σύστημα προτεραιότητας (STOP ή προτεραιότητα από δεξιά)
- ◆ τη μέση ταχύτητα στον πρωτεύοντα δρόμο
- ◆ τον αριθμό λωρίδων στον πρωτεύοντα
- ◆ τη γεωμετρία του κόμβου
- ◆ τις συνθήκες περιβάλλοντος

Σηματοδοτούμενοι κόμβοι

Βασικές έννοιες

Η σηματοδότηση σταθερού χρόνου αναφέρεται σε προγράμματα σηματοδότησης, των οποίων οι χρόνοι των ενδείξεων και η διαδοχή τους επαναλαμβάνεται ανεξάρτητα από τις όποιες μεταβολές παρουσιάζονται ως προς τον κυκλοφοριακό φόρτο και τις στρέφουσες κινήσεις. Βασίζεται σε καταγεγραμμένο ιστορικό μετρήσεων κυκλοφοριακού φόρτου. Η σηματοδότηση σταθερού χρόνου χρησιμοποιείται σε κόμβους που παρουσιάζουν μικρή μεταβλητότητα φόρτου και πολλές φορές εφαρμόζεται διαφορετικό πρόγραμμα σηματοδότησης σταθερού χρόνου για διαφορετικές ώρες της μέρας. Πιο συγκεκριμένα διαφορετικό πρόγραμμα μπορεί να εφαρμόζεται για τις ώρες πρωινής αιχμής και διαφορετικό για τις βραδινές ώρες. Με αυτόν τον τρόπο ορίζεται και ο εβδομαδιαίος αυτόματος, που αποτελείται από τέσσερα έως έξι προγράμματα σηματοδότησης τα οποία εναλλάσσονται ανάλογα με την μέρα, την ώρα της ημέρας ή τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Προγράμματα φωτεινής σηματοδότησης τα οποία μπορεί να εναλλάσσονται είναι:

- ◆ είσοδος στην πόλη
- ◆ έξοδος από την πόλη
- ◆ ισορροπία
- ◆ νυχτερινό (μικρή περίοδος)
- ◆ μεγαλύτερης περιόδου για να ευνοηθεί η κύρια αρτηρία



Εικόνα 2.2 Πρόγραμμα σηματοδότησης σταθερού χρόνου κόμβου Λ. Κηφισίας με οδό Κοκκώνη-Πηγής: Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας Αττικής

Αντίθετα όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι σε έναν κόμβο δεν παρουσιάζουν συνέχεια και ομοιομορφία χρήζεται σκόπιμη η εγκατάσταση φωτεινής σηματοδότησης που η λειτουργία της καθοδηγείται με την επενέργεια της κυκλοφορίας. Η κατάλληλη σηματοδότηση ρυθμίζεται βάσει των φόρτων που καταγράφονται από ειδικές συσκευές, τους φορατές, οι οποίοι τοποθετούνται στις προσβάσεις των κόμβων. Υπάρχουν κόμβοι που καταγράφεται η κυκλοφορία σε κάθε πρόσβαση (πλήρως επενεργούμενη σηματοδότηση) και κόμβοι που καταγράφεται η κυκλοφορία κυρίως στις προσβάσεις με μικρότερη κυκλοφορία ώστε να διεξάγεται αρμονικά η κυκλοφορία. Παράδειγμα αποτελεί η έξοδος προς τη λεωφόρο Κανελοπούλου από την Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Περίοδος ή κύκλος φωτεινής σηματοδότησης είναι η χρονική διάρκεια που απαιτείται για μια πλήρη διαδοχή όλων των ενδείξεων των σηματοδοτών. Κατά τη μελέτη σηματοδότησης ενός κόμβου επιλέγεται η μικρότερη δυνατή περίοδος που μπορεί να εξυπηρετήσει την τρέχουσα κυκλοφορία ώστε να προκύψουν οι μικρότερες δυνατές καθυστερήσεις. Σε κόμβους με μικρή κυκλοφορία επιλέγονται περίοδοι που κυμαίνονται από 50 μέχρι 90 δευτερόλεπτα, ενώ σε οδούς με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους επιλέγονται περίοδοι 120 ή περισσότερων δευτερολέπτων.

Η φάση (phase) φωτεινής σηματοδότησης αναφέρεται σε ομάδα ενός ή περισσότερων ρευμάτων κυκλοφορίας τα οποία λαμβάνουν τις ίδιες ενδείξεις φωτεινού σηματοδότη

Στάδιο φωτεινής σηματοδότησης (stage) ορίζεται ένα τμήμα του κύκλου σηματοδότησης που κατανέμεται σε μια κίνηση κυκλοφορίας ή σε ένα συνδυασμό κινήσεων που έχουν το δικαίωμα να διέλθουν από τον κόμβο ταυτόχρονα. Το στάδιο φωτεινής σηματοδότησης αναφέρεται σε ομάδα μίας ή περισσότερων φάσεων που λαμβάνουν πράσινη ένδειξη για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ουσιαστικά το στάδιο καθορίζεται από τις εναλλαγές των ενδείξεων του φωτεινού σηματοδότη.

Η πράσινη ένδειξη ενός φωτεινού σηματοδότη επιτρέπει την πραγματοποίηση κίνησης διερχόμενη από έναν κόμβο. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού του χρόνου πράσινης ένδειξης ανάλογα με τον αριθμό των οχημάτων που πρόκειται να εξυπηρετήσει και το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης. Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι η καθυστέρηση εκκίνησης, κυμαίνεται γύρω στα 2.5 δλ., ενώ ο χρονικός διαχωρισμός μεταξύ οχημάτων κυμαίνεται γύρω στα 2.0 δλ., που ισοδυναμεί με κυκλοφοριακό φόρτο 1800ΜΕΑ/ώρα πρασίνου. Το ελάχιστο χρονικό διάστημα πράσινης ένδειξης μιας όψης σηματοδότηση λαμβάνεται ίσο τουλάχιστον με 5 δλ για τους πεζούς και 7 δλ. για τα οχήματα.

Η κίτρινη ένδειξη ενός φωτεινού σηματοδότη χρησιμοποιείται για να ειδοποιήσει τους οδηγούς ότι η πράσινη ένδειξη τελειώνει και οι οδηγοί καλούνται να

επιβραδύνουν προκειμένου να σταματήσουν ομαλά. Επίσης επιτρέπει στα οχήματα τα οποία πραγματοποιούν κίνηση εντός του κόμβου, να προλάβουν να ολοκληρώσουν την κίνηση και να απομακρυνθούν από την περιοχή των πιθανών συγκρούσεων πριν ξεκινήσουν κινήσεις άλλης φάσης σηματοδότησης. Ο χρόνος κίτρινης ένδειξης κυμαίνεται από τρία έως πέντε δευτερόλεπτα, όπως προέκυψε βάσει μέσων τιμών χρόνων αντίληψης και αντίδρασης των οδηγών και της επιβράδυνσης των οχημάτων και εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα ελεύθερης ροής των οχημάτων.

Ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ πράσινων ενδείξεων είναι η χρονική περίοδος μεταξύ του τέλους της πράσινης ένδειξης, του σταδίου που τερματίζεται και της αρχής της πράσινης ένδειξης του σταδίου που αρχίζει. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ πράσινων ενδείξεων ισούται με το χρόνο της κίτρινης ένδειξης αλλά σε εκτεταμένους κόμβους ο ενδιάμεσος χρόνος μπορεί να είναι μεγαλύτερος ώστε να υπάρχει αρκετός χρόνος για να εκκενωθεί ο κόμβος από κινήσεις της προηγούμενης φάσης.

Απολυμένος χρόνος ονομάζεται ο χρόνος ενός σταδίου που καταναλώνεται στις εκκινήσεις των οχημάτων, την εκκένωση του κόμβου από τα οχήματα και σε τυχόν περιόδους καθολικής κόκκινης ένδειξης.

2.2. Προσομοίωση Κυκλοφορίας

2.2.1. Γενικά περί προσομοίωσης κυκλοφορίας

Προσομοίωση είναι η χρήση ενός μοντέλου που αποτυπώνει μια πραγματική διαδικασία με υπολογιστικές μεθόδους και πλεονεκτεί στο γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση συστημάτων τα οποία είναι αρκετά πολύπλοκα και για τα οποία δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί μια απλή μαθηματική ανάλυση. Οι μέθοδοι προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λεπτομερή διερεύνηση της λειτουργίας οδικών δικτύων εμπεριέχοντας χαρακτηριστικά που αφορούν τη δυναμική τους συμπεριφορά. Ενδεικτικά χρησιμοποιούνται ευρέως για τον σχεδιασμό και αξιολόγηση κυκλοφοριακών ρυθμίσεων, τον σχεδιασμό έργων και την αλλαγή χρήσεων γης.

Όλα τα στάδια της διαδικασίας προσομοίωσης είναι απαραίτητα να συνίστανται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα πριν την δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα απαραίτητα στοιχεία που θα συνθέσουν το πρότυπο με την κατάλληλη λεπτομέρεια. Επίσης μετά το πέρας του σχεδιασμού το πρότυπο θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και να μπορεί να παρακολουθεί και να υπολογίζει τα κατάλληλα κυκλοφοριακά μεγέθη. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα πρέπει να προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό κυκλοφοριακά μεγέθη που προκύπτουν είτε μέσω παρατηρήσεων είτε υπολογιστικά βασισμένα σε μετρήσεις κατάλληλων μεγεθών.

Τα πρότυπα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την περιοχή εφαρμογής (δίκτυο, κόμβοι, αρτηρίες κ.α.) τη μεθοδολογία ανάπτυξης (αναλυτικά, προσομοίωση), το είδος των μεταβλητών (συνεχή, διακριτά ή μεικτά πρότυπα), την αναπαράσταση της κυκλοφορίας (ντετερμινιστικά, στοχαστικά) κ.α. Ο βασικότερος διαχωρισμός γίνεται με βάση το επίπεδο λεπτομέρειας που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της κίνησης των οχημάτων κατά μήκος της οδού, σε κόμβο ή σε δίκτυο. Διακρίνονται τρεις κατηγορίες προγραμμάτων προσομοίωσης με βάση το επίπεδο λεπτομέρειας:

- ◆ μικροσκοπικά
- ◆ μεσοσκοπικά
- ◆ μακροσκοπικά

Τα μοντέλα προσομοίωσης βασίζονται σε πρότυπα προσομοίωσης της κίνησης των οχημάτων. Με βάση το επίπεδο λεπτομέρειας, τα μαθηματικά αυτά πρότυπα διαχωρίζονται σε μακροσκοπικά και μικροσκοπικά. Τα μικροσκοπικά μαθηματικά πρότυπα βασίζονται στην περιγραφή της κίνησης κάθε οχήματος κατά μήκος οδού ξεχωριστά από ένα διάνυσμα το οποίο αποτελείται από συγκεκριμένες συνιστώσες όπως η θέση στο χώρο, η ταχύτητα και η επιτάχυνση. Τα πρότυπα αυτά αποτελούνται από κανόνες ανανέωσης συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των οχημάτων όπως αυτή περιγράφεται από κατάλληλα μεγέθη με βάση την κατάσταση των γειτονικών οχημάτων. Ανάλογα με τη θεώρηση για την εξέλιξη των κυκλοφοριακών μεγεθών με το χρόνο, τα μικροσκοπικά πρότυπα μπορεί να είναι συνεχή σε χώρο και χρόνο (πρότυπα ακολουθούντος οχήματος), διακριτά στο χρόνο, αλλά συνεχή σε χώρο ή διακριτά σε χώρο και χρόνο (Cellular Automata). Τα μεσοσκοπικά πρότυπα βρίσκονται στο μέσο όσον αφορά το επίπεδο λεπτομέρειας, ανάμεσα στα

μικροσκοπικά και στα μακροσκοπικά. Ενώ τα μοντέλα αυτά μπορεί να ακολουθούν τη μακροσκοπική προσέγγιση και να συμπληρώνονται από μία συνάρτηση διόρθωσης, η οποία να αντισταθμίζει το χαμένο επίπεδο λεπτομέρειας του προτύπου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου μοντέλου είναι το TRANSYT. Στα μακροσκοπικά πρότυπα η κυκλοφορία των οχημάτων εξετάζεται συνολικά και στόχος είναι η διερεύνηση του συνολικού συστήματος κυκλοφορίας με βάση τις σχέσεις των βασικών κυκλοφοριακών μεγεθών (φόρτος, ταχύτητα και πυκνότητα). Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής προτύπων είναι τα μακροσκοπικά υδροδυναμικά πρότυπα.

2.2.2. Μικροσκοπικά πρότυπα κίνησης οχημάτων

Η μικροσκοπική προσέγγιση εξετάζει και αναπαριστά μεμονωμένα αντικείμενα ή γεγονότα, η συμπεριφορά των οποίων είναι σαφώς καθορισμένα. Τα εξαγόμενα αποτελέσματα ενός μικροσκοπικού προτύπου τυπικά θα ποικίλουν στοχαστικά μεταξύ μεμονωμένων περιπτώσεων ακόμα και αν έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά. Συνεπώς τα αποτελέσματα χρήζουν στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να εξαχθούν σωστά αποτελέσματα. Καθώς η συγκεκριμένη προσέγγιση πρέπει να αντιπροσωπεύει κατά το δυνατόν περισσότερο τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κατάλληλες μεταβλητές και την επιρροή ειδικών συνθηκών που σχετίζονται με τη κυκλοφορία.

Ως πλεονέκτημα των μικροσκοπικών προτύπων αναδεικνύεται η λεπτομερής αναπαράσταση των ιδιοτήτων των οχημάτων και των δυναμικών τους. Έτσι καθίσταται δυνατό να συμπεριληφθεί ένα μεγάλο εύρος χαρακτηριστικών της κίνησης των οχημάτων, του οδικού δικτύου και των ειδικών συνθηκών που θα προσομοιωθούν.

Από την άλλη πλευρά ο μεγάλος βαθμός της απαιτούμενης λεπτομέρειας για την απεικόνιση της κίνησης των οχημάτων που απαιτείται στη μικροσκοπική προσέγγιση μπορεί να λειτουργήσει και ως μειονέκτημα για τα μικροσκοπικά πρότυπα. Οι μεγάλες απαιτήσεις σε όγκο δεδομένων, η πολυπλοκότητα που απαιτείται για το σχεδιασμό του μοντέλου, τη στατιστική ανάλυση όπως και για τις υπολογιστικές διαδικασίες αποτελούν επίσης μειονεκτήματα αυτής της προσέγγισης, λόγω του μεγάλου κόστους σε χρόνο και σε υπολογιστικούς πόρους.

Πρότυπα ακολουθώντας οχήματος

Βασική προϋπόθεση στο μικροσκοπικό πρότυπο ακολουθώντας οχήματος (car-following model) είναι η συνέχεια της κυκλοφοριακής ροής σε χώρο και χρόνο. Η θεώρηση των συγκεκριμένων προτύπων βασίζεται στη παραδοχή ότι η επιτάχυνση κάθε οχήματος μπορεί να θεωρηθεί ως η απάντηση στο ερέθισμα από κάποιον εξωγενή ή ενδογενή παράγοντα της κυκλοφορίας. Κατά συνέπεια για το i -οστό όχημα ισχύει:

$$[Επιτάχυνση]_i = [Ευαισθησία]_i \times [Ερέθισμα]_i \quad [2.5]$$

Το ερέθισμα είναι συνάρτηση της θέσης και των ταχυτήτων. Έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της αντίδρασης του οδηγού και της σχετικής ταχύτητας ενός οχήματος και του προπορευόμενου του.

Με βάση τη συγκεκριμένη θεώρηση κάθε οδηγός ανταποκρίνεται στις κυκλοφοριακές συνθήκες επιταχύνοντας ή επιβραδύνοντας. Το ερέθισμα προσδιορίζεται από την ταχύτητα του εξεταζόμενου οχήματος u_i , τη διαφορά ταχυτήτων του οχήματος από το προπορευόμενο του Δu_i , την απόσταση ή το χρονικό διαχωρισμό Δx_i , οπότε και για επιτάχυνση x_i ισχύει:

$$\ddot{x}_i = f_{su}(u_i, \Delta x_i, \Delta u_i) \quad [2.6]$$

Όπου f η συνάρτηση που περιγράφει το ερέθισμα από το όχημα i .

Έστω δύο διαδοχικά οχήματα n και $n+1$ σε μια λωρίδα οδού και x_n και x_{n+1} οι θέσεις τους. Σύμφωνα και με τους ορισμούς η γενική μορφή προτύπου ακολουθούστος οχήματος δίνεται από τη σχέση:

$$\ddot{x}_{n+1}(t + \Delta t) = \lambda \left[\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t) \right] \quad [2.7]$$

Ο παράγοντας λ είναι παράγοντας ευαισθησίας του προτύπου και είναι:

$$\lambda = \alpha \frac{\chi_{n+1}(t + \Delta t)^m}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]^l} \quad [2.8]$$

Όπου α η σταθερά ευαισθησίας, m η παράμετρος που ελέγχει την ευαισθησία του προτύπου ως προς την ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος και l η παράμετρος που ελέγχει την ευαισθησία του προτύπου ως προς την απόσταση του οχήματος $n+1$ από το προπορευόμενο του n . Ο παράγοντας ευαισθησίας είναι:

- ◆ Σταθερός όταν $l=m=0$ και το πρότυπο που προκύπτει είναι γραμμικό
- ◆ Εξαρτώμενος από το χωρικό διαχωρισμό τη χρονική στιγμή t , όταν $m=0, l \neq 0$
- ◆ Εξαρτώμενος από την ταχύτητα του οχήματος που ακολουθεί τη χρονική στιγμή $t+T$, όταν $l=0, m \neq 0$

Για τιμές $m=0$ και $l=1$ από τη σχέση [2.7] και την [2.8] προκύπτει:

$$\ddot{x}_{n+1}(t + \Delta t) = \frac{a}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]} \left[\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t) \right] \quad [2.9]$$

Που μπορεί να απλοποιηθεί στη παρακάτω σχέση:

$$\frac{du}{dt} = \frac{a}{s} \frac{ds}{dt} \quad [2.10]$$

Όπου

$$s = x_n - x_{n+1} \quad [2.11]$$

Η σχέση [2.10] είναι παράγωγος της:

$$u = a \ln s + c \quad [2.12]$$

Επειδή $s=1/k$, αν $k=k_j$ τότε $u=0$ και από τη σχέση [2.12] προκύπτει :

$$u = a \ln k_j \quad [2.13]$$

Δηλαδή με βάση τη σχέση [2.12] η σχέση [2.13] γίνεται:

$$u = a \ln \left(\frac{k_j}{k} \right) \quad [2.14]$$

Όπου a η ταχύτητα u_c όταν ο φόρτος παίρνει τη μέγιστή του τιμή. Η σχέση [2.14] αποτελεί το πρότυπο Greenberg. Ομοίως, αν στη σχέση [2.8] οι παράμετροι m και l πάρουν τιμές 0 και 2 αντίστοιχα προκύπτει το μακροσκοπικό πρότυπο Greenshields.

Χαρακτηριστικά πρότυπο ακολουθούντος οχήματος είναι και το πρότυπο του GIPPS.

Το πρότυπο του GIPPS

Το πρότυπο του GIPPS είναι ένα μικροσκοπικό πρότυπο. Συγκεκριμένα είναι ένα μοντέλο ακολουθούντος οχήματος το οποίο χρησιμοποιεί συγκεκριμένες συνθήκες για να υπολογίζει την ασφαλή ταχύτητα κίνησης του υπό εξέταση οχήματος σε σχέση με το προπορευόμενο όχημα. Επίσης η επιλογή της ταχύτητας από τον οδηγό γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτύχει να ακινητοποιηθεί με ασφάλεια σε περίπτωση που το προπορευόμενο όχημα ακινητοποιηθεί ξαφνικά (Gipps, 1981).

Η κύρια χρήση του συγκεκριμένου μοντέλου είναι για την προσομοίωση αυτοκινητοδρόμων. Σαν μοντέλο είναι αρκετά λεπτομερές και πλεονεκτεί σε σχέση με άλλα μοντέλα σε υπολογιστικό χρόνο. Είναι ένα μοντέλο διακριτού χρόνου και συνεχούς χώρου. Σε κάθε χρονικό βήμα επαναυπολογίζονται ορισμένα χαρακτηριστικά των οχημάτων με κύριο χαρακτηριστικό την ταχύτητα (Σπυροπούλου, 2007).

Οι παράμετροι του μοντέλου είναι το χρονικό βήμα, το οποίο εξ ορισμού έχει οριστεί στα 2/3 του δευτερολέπτου, η μέγιστη επιτάχυνση, η μέγιστη επιβράδυνση, το μήκος του οχήματος, επιθυμητή ταχύτητα και μια εκτίμηση για την πέδηση του προπορευόμενου οχήματος. Η μέγιστη επιτάχυνση και η μέγιστη επιβράδυνση ακολουθούν την κανονική κατανομή με την επιτάχυνση να κυμαίνεται από 1.7m/sec^2 μέχρι 0.3 και η επιβράδυνση από -3.4 έως -0.6 αντίστοιχα.

Το ενεργό μήκος ενός οχήματος και η επιθυμητή του ταχύτητα λαμβάνονται αντίστοιχα από τις κανονικές κατανομές $N(6.5,0.30)$ και $N(20.0,0.322)$. Η εκτίμηση για την πέδηση του προπορευόμενου οχήματος είναι ίση με :

$$\min \left\{ -3.0, \left(\frac{b_n - 3.0}{2} \right) \right\} \quad [2.15]$$

Ένα από τα πλεονεκτήματα του μοντέλου είναι ότι κάθε όχημα λαμβάνει τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά βασιζόμενα στις διαφορετικές τιμές των παραμέτρων που ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό στην πραγματικότητα. Κάθε όχημα έχει διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά τα οποία αντιστοιχούν σε διαφορετικές μέγιστες τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Εξάλλου διαφορετικά οχήματα έχουν διαφορετικούς οδηγούς με διαφορετική οδηγική συμπεριφορά. Αυτό ενσωματώνεται επίσης σε διαφορετικές επιθυμητές ταχύτητες, επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις και ενεργά μήκη. Η μέση τιμή των κανονικών κατανομών η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των παραμέτρων μπορεί να αλλάξει ανάλογα με την κατηγορία οχήματος και του οδικού δικτύου. Σύμφωνα με τις ανάγκες για τη χρήση του μοντέλου, ο χρήστης πρέπει να αποφασίσει για τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου. Αυτό μπορεί να κάνει το μοντέλο πιο πολύπλοκο και πιο λεπτομερές και αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας. Παράδειγμα αποτελεί η επιλογή της τιμής για το μέγεθος της μέσης ταχύτητας. Η επαλήθευση του μοντέλου που πραγματοποιήθηκε από τον Gipps χρησιμοποιήθηκε σε προσομοίωση οχημάτων σε αυτοκινητόδρομο.

Οι κύριες συναρτήσεις που χρησιμοποιεί το μοντέλο του Gipps είναι για την ταχύτητα που αποκτά ένα όχημα σε κάθε χρονικό βήμα και για τη θέση του. Οι μεταβλητές αυτές υπολογίζονται πάντα σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του προπορευόμενου οχήματος. Πιο αναλυτικά η ταχύτητα προκύπτει από την εξής σχέση:

$$u_n(t + \tau) = \min \{G_a(t), G_d(t)\} \quad [2.16]$$

Όπως παρατηρείται η ταχύτητα προκύπτει ως η μικρότερη τιμή εκ δύο μερών. Το πρώτο μέρος $G_a(t)$ αφορά την επιτάχυνση του οχήματος και το δεύτερο $G_d(t)$ την επιβράδυνση. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και τα δύο μέρη της εξίσωσης υπολογίζονται προκειμένου να προκύψει η χαμηλότερη τιμή, η οποία θα αποτελέσει και την τιμή της ταχύτητας του οχήματος στο επόμενο χρονικό βήμα.

Η επιτάχυνση ορίζεται ως:

$$G_a(t) = u_n(t) + 2.5a_n \tau (1 - u_n(t)/V_n) \sqrt{0.025 + u_n(t)/V_n} \quad [2.17]$$

Όπου

- $u_n(t)$ η ταχύτητα του οχήματος n τη χρονική στιγμή t
- a_n η μέγιστη επιτάχυνση που επιθυμεί να επιτύχει το όχημα n
- τ ο αναμενόμενος χρόνος αντίδρασης και το συγκεκριμένο μέγεθος είναι σταθερό για όλα τα οχήματα καθώς αντιστοιχεί στο βήμα προσομοίωσης
- V_n η ταχύτητα που επιθυμεί να έχει το όχημα n

Η ταχύτητα από την πρώτη σχέση εκτιμάται λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά στο οχήματος n που προσομοιώνεται – κυρίως το ποσοστό της ταχύτητας που έχει το όχημα την παρούσα στιγμή και την επιθυμητή ταχύτητα $u_n(t)/V_n$ και τη μέγιστη επιτάχυνση a_n . Αυτή είναι η ταχύτητα την οποία ένα όχημα θα μπορεί να αποκτήσει αν η κίνηση του δεν επηρεάζεται από την κίνηση του προπορευόμενου οχήματος και αντιπροσωπεύει τις συνθήκες ελεύθερης ροής.

Αντίστοιχα η επιβράδυνση ορίζεται από την συνάρτηση:

$$G_d(t) = b_n \tau + \sqrt{b_n^2 \tau^2 - b_n \left(2(x_{n-1}(t) - s_{n-1} - x_n(t)) - u_n(t)\tau - u_{n-1}(t)^2 / \hat{b} \right)} \quad [2.18]$$

Όπου

- $u_n(t)$ η ταχύτητα του οχήματος n τη χρονική στιγμή t
- b_n η μεγαλύτερη τιμή πέδησης στην οποία επιθυμεί να προβεί ο οδηγός του οχήματος n
- τ ο αναμενόμενος χρόνος αντίδρασης και το συγκεκριμένο μέγεθος είναι σταθερό για όλα τα οχήματα καθώς αντιστοιχεί στο βήμα προσομοίωσης
- $x_n(t)$ η θέση του προπορευόμενου οχήματος την χρονική στιγμή t
- s_n το ενεργό μήκος οχήματος στο οποίο συμπεριλαμβάνεται το μήκος οχήματος για στάση και το μήκος ασφαλείας για στάση
- \hat{b} η τιμή της μεταβλητής b_{n-1} προσδιορισμένη από τον οδηγό του οχήματος n που δεν μπορεί να γνωρίζει την τιμή αυτή από άμεση παρατήρηση

Όπως παρατηρείται η συνάρτηση για τον προσδιορισμό της ταχύτητας συνίσταται από δύο μέρη: το πρώτο μέρος (σχέση [2.17]) αφορά την επιτάχυνση και το δεύτερο μέρος στην επιβράδυνση (σχέση [2.18]).

Η ταχύτητα από την εξίσωση για την επιβράδυνση λαμβάνει και αυτή υπόψη τα χαρακτηριστικά του προπορευόμενου οχήματος - την ταχύτητα $u_{n-1}(t)$, τη θέση του $x_{n-1}(t)$ και το ενεργό μήκος s_{n-1} για την εκτίμηση του χωρικού διαχωρισμού όπως επίσης και τις ιδιότητες του οχήματος που προσομοιώνεται εμπεριέχοντας τα χαρακτηριστικά της επιβράδυνσης. Σε αυτή τη περίπτωση το όχημα επηρεάζεται από το προπορευόμενο και η ταχύτητά του εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του προπορευόμενου οχήματος.

Αν κίνηση του οχήματος δεν επηρεάζεται από το προπορευόμενο όχημα, η ταχύτητα εκτιμάται από τη σχέση [2.17], είναι μικρότερη από αυτή της σχέσης [2.18] και αποτελεί τη νέα ταχύτητα του οχήματος. Στην αντίθετη περίπτωση η σχέση [2.18] δίνει τη μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με αυτή της σχέσης [2.17] και αποτελεί τη νέα ταχύτητα του οχήματος. Γενικά, αν η κυκλοφοριακή κατάσταση για τα οχήματα που κινούνται σε ένα οδικό τμήμα περιγράφεται από τη σχέση [2.17], υποδεικνύεται ότι η κυκλοφοριακή ροή είναι ελεύθερη, διαφορετικά όταν περιγράφεται με τη σχέση [2.18] περιγράφεται κατάσταση συμφόρησης.

Η θέση του οχήματος n τη χρονική στιγμή t+τ δίνεται από τη σχέση:

$$x_n = x_n(t) + 0.5(u_n(t) + (u_n(t + \tau)))\tau \quad [2.19]$$

Πρότυπο Cellular Automata

Σε αντίθεση με τα πρότυπα ακολουθούστος οχήματος, τα πρότυπα cellular automata (CA) είναι διακριτά σε χώρο και χρόνο. Στα Cellular Automata που εφαρμόστηκαν

για προσομοίωση οχημάτων σε ένα οδικό τμήμα περιγράφεται από μια αλληλουχία μοναδιαίων οδικών τμημάτων συγκεκριμένου μήκους (συνήθως μήκος οχήματος προσαυξημένο με την ελάχιστη απόσταση μεταξύ οχημάτων σε συνθήκες κορεσμού) που ορίζονται ως κελιά (cells). Τα κελιά μπορούν να είναι είτε άδεια είτε να καταλαμβάνονται από ένα ακριβώς όμοιο όχημα. Η κίνηση του οχήματος γίνεται μέσα από τα κελιά. Ο αριθμός σε κάθε κελί περιγράφει την ταχύτητα του οχήματος, που μπορεί να πάρει διακριτές τιμές από 0 έως μία μέγιστη τιμή ταχύτητας u_{\max} .

Η βασικότερη μορφή προτύπου cellular automata είναι το πρότυπο NaSch. Με βάση το πρότυπο αυτό η ταχύτητα και η θέση των οχημάτων που βρίσκονται σε ένα οδικό τμήμα ανανεώνεται παράλληλα σε κάθε χρονική περίοδο t με βάση τέσσερις κανόνες που στόχο έχουν να περιγράψουν: (α) την τάση των οχημάτων να κινούνται με τη μέγιστη ταχύτητα, (β) την αλληλεπίδραση οχημάτων για την αποφυγή συγκρούσεων, (γ) την τυχαιότητα στη συμπεριφορά των οχημάτων σε συνθήκες επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης και (δ) την μετακίνηση των οχημάτων στο εξεταζόμενο τμήμα. Η αλλαγή στη σειρά εκτέλεσης των βημάτων έχει σημαντική επιρροή στις ιδιότητες του προτύπου. Ακόμα, όσο περισσότεροι κανόνες προστίθενται τόσο πιο πολύπλοκο γίνεται το πρότυπο, αλλά τόσο πιο αντιπροσωπευτική είναι η περιγραφή της εξέλιξης της κυκλοφοριακής ροής, ιδιαίτερα σε συνθήκες κορεσμού.

Το βασικό μοντέλο του NaSch είναι στοχαστικό διακριτού χώρου και χρόνου. Αποτελείται από ένα οδικό τμήμα μίας λωρίδας με διακριτές θέσεις, οι οποίες ονομάζονται κελιά (cells). Σε κάθε κύκλο, πρώτα κάθε όχημα ενημερώνει την ταχύτητά του σε σχέση με τη θέση του προπορευόμενου οχήματος και έπειτα κάθε όχημα κινείται ανάλογα με την ταχύτητά του. Η διαδικασία της ενημέρωσης σε κάθε βήμα προσομοίωσης αποτελείται από τέσσερα βήματα:

Επιτάχυνση $u_n \rightarrow \min(u_n + 1, u_{\max})$

Επιβράδυνση $u_n \rightarrow \min(u_n, d_n - 1)$

Τυχαιοποίηση $u_n \rightarrow \min(u_n - 1, 0)$ με πιθανότητα p (με $u_n > 0$)

Κίνηση $x_n \rightarrow x_n + u_n$

Επισημαίνεται ότι το πρότυπο είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μην αποτυπώνονται οι μονάδες των μεγεθών στους τέσσερις κανόνες. Το βήμα της επιτάχυνσης δίνεται από την απόπειρα που πραγματοποιεί ο οδηγός για να κινηθεί όσο το δυνατόν γρηγορότερα με σχέση με το όριο ταχύτητας το u_{\max} και ισούται με 1 (κελί ανά βήμα προσομοίωσης). Κάθε όχημα επιδιώκει να κινείται με u_{\max} . Η επιτάχυνση είναι 1. Το βήμα της επιβράδυνσης είναι τέτοιο ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις, καθώς ένα όχημα δεν θα οδηγήσει ή θα περάσει από θέση ενός οχήματος που προπορεύεται σε απόσταση d_n . Το βήμα της τυχαιοποίησης οδηγεί σε μια επιπλέον επιβράδυνση, τιμής 1 με πιθανότητα p και αντιπροσωπεύει την τυχαιότητα των οδηγικών συμπεριφορών. Ορισμένοι οδηγοί αντιδρούν υπερβολικά κατά τη πέδηση και ακινητοποιούν το όχημά τους σε μία αρκετά μεγάλη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα. Επίσης, όταν η απόσταση d_n αυξάνεται, κάποιος οδηγός πιθανώς να καθυστερήσει να επιταχύνει. Τέλος, σε συνθήκες ελεύθερης ροής, με μέγιστη ταχύτητα και ελεύθερη κίνηση, υπάρχει η πιθανότητα κάποιος οδηγός να προβεί σε πέδηση ξαφνικά λόγω κάποιου απρόοπτου γεγονότος. Η τυχαιοποίηση είναι η βάση για τη δημιουργία κυκλοφοριακής συμφόρησης, διότι σε άλλη περίπτωση κάθε όχημα θα κινούνταν με μία ιδανική ταχύτητα, τη μεγαλύτερη δυνατή,

χωρίς να υπάρχει ενδεχόμενη σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα. Στα τρία πρώτα βήματα, ενημερώνεται η ταχύτητα και στη συνέχεια τα οχήματα κινούνται. Η όλη διαδικασία του μοντέλου παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 2.3: Σχηματική απόδοση διαδικασίας που ακολουθείται στο πρότυπο NaSc -Πηγή: Held και Bittihn, 2011

Μικροσκοπικά προγράμματα προσομοίωσης

Το πρόγραμμα AIMSUN

Το πρόγραμμα AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks) αναπτύχθηκε από τους J. Barcelo και J.L. Ferrer στο πολυτεχνείο της Βαρκελώνης, ως ένα κατάλληλο εργαλείο για την αναπαραγωγή πραγματικών συνθηκών κυκλοφορίας σε ένα αστικό δίκτυο το οποίο μπορεί να περιέχει αυτοκινητοδρόμους και αστικές οδούς. Το πρότυπο κίνησης οχήματος που ακολουθεί είναι το πρότυπο ακολουθώντας οχήματος του Gipps. Η συμπεριφορά κάθε οχήματος προσομοιώνεται συνεχώς σύμφωνα με συγκεκριμένα μοντέλα οδηγικής συμπεριφοράς (ακολουθώντας οχήματος, αλλαγής λωρίδας, αποδοχής χρονικού διάκενου). Το πρόγραμμα αυτό εξάγει λεπτομερή στατιστικά στοιχεία όπως φόρτους, ταχύτητες και χρόνους διαδρομής. Επιπλέον παρέχει μεγάλο βαθμό λεπτομέρειας κατά το σχεδιασμό του οδικού δικτύου προσομοιώνοντας στοιχεία όπως οχήματα, ανιχνευτές, φωτεινούς σηματοδότες και σημεία εισόδου στο δίκτυο. Το πρόγραμμα AIMSUN προσφέρει ένα μεγάλο εύρος τύπων οχημάτων και οδηγών όπως επίσης μπορεί να γίνει διαχείριση πολλών διαφορετικών γεωμετριών οδών και συμβάντων που εξελίσσονται στην οδό. Στα πλαίσια του προγράμματος DGVII, το AIMSUN συνδέθηκε με το σύστημα UK SCOOT UTC. Το AIMSUN2 ξεκίνησε ως ερευνητικό πρόγραμμα και στη συνέχεια διατέθηκε για εμπορική χρήση (Smartest, 1999)

Το πρόγραμμα CORSIM

Το πρόγραμμα CORSIM αναπτύχθηκε από την FHWA. Το πρόγραμμα CORSIM ενσωματώνει τα προγράμματα NETSIM και FRESIM και αποτελεί ένα μικροσκοπικό πρότυπο προσομοίωσης κυκλοφορίας το οποίο μπορεί και αναπαριστά πραγματικές δυναμικές κυκλοφοριακές συνθήκες. Μπορεί να προσομοιώσει τέσσερις διαφορετικούς τύπους μετρήσεων κυκλοφοριακών μεγεθών αυτοκινητοδρόμων και για αυτό το λόγο θεωρείται από τα αξιόπιιστα προγράμματα προσομοίωσης.

Το πρόγραμμα PARAMICS

Το πρόγραμμα προσομοίωσης PARAMICS βασίζεται σε μικροσκοπικό πρότυπο και αναπτύχθηκε από το Computing Center του Εδιμβούργου στη Σκωτία. Πρόκειται για ένα λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση συμφορημένων οδικών δικτύων. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιλαμβάνει ένα εξελιγμένο μοντέλο ακολουθώντας οχήματος και ένα μοντέλο αλλαγής λωρίδας που μπορούν να

προσομοιώσουν οδικά τμήματα με πάνω από 32 λωρίδες Ανάλογα με τη φύση της εφαρμογής και τους διαθέσιμους πόρους μπορεί να προσομοιώσει τη συμπεριφορά μεγάλου αριθμού οχημάτων σε αρκετά ικανοποιητικό χρόνο. Κάθε όχημα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης αναπαριστά έναν τύπο οδηγού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και κατ' εξακολούθηση ευφυή συστήματα όπως πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων και επιλογή διαδρομής μπορούν να προσομοιωθούν. Το πρόγραμμα προσομοίωσης PARAMICS είναι επίσης κατάλληλο για σχεδιασμό και τη διαχείριση κυκλοφορίας, για αξιολόγηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων και για την προσομοίωση συμφόρησης και εκτάκτων συμβάντων.

2.2.3. Μεσοσκοπικά πρότυπα κίνησης οχημάτων

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν πρότυπα, τα οποία βρίσκονται ανάμεσα στα μικροσκοπικά και στα μακροσκοπικά. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου πρέπει να πραγματοποιηθεί μακροσκοπική ανάλυση, στην οποία γίνεται προσαρμογή των αποτελεσμάτων με την εισαγωγή μιας συνάρτησης προσαρμογής (διόρθωσης) για την εξομάλυνση των αποτελεσμάτων. Αποτελούν μια ρεαλιστική προσέγγιση, διαθέτοντας μια απλή περιγραφή και απλοποιημένες δυναμικές μεταβλητές, οι οποίες είναι σαφώς διαχωρισμένες από εκείνες των μακροσκοπικών από την ύπαρξη συνάρτησης προσαρμογής. Τα μεσοσκοπικά πρότυπα ενώ δεν περιγράφουν ένα σύστημα με απόλυτη ακρίβεια μπορούν να παρέχουν αξιολογες προσεγγίσεις εύκολα και με χαμηλό υπολογιστικό κόστος.

Τα μεσοσκοπικά πρότυπα χρησιμοποιούνται ευρέως σε συγκοινωνιακές μελέτες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης τέτοιων μοντέλων είναι η εκτίμηση για τη μέση καθυστέρηση σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση σταθερού χρόνου με τυχαίες αφίξεις.

Το πρότυπο TRANSYT

Το TRANSYT είναι ένα μεσοσκοπικό πρότυπο καθώς περιλαμβάνει δύο μακροσκοπικά πρότυπα. Ο τρόπος που προσομοιώνει ένα δίκτυο είναι μακροσκοπικός καθώς προσομοιώνει την κυκλοφορία σαν σύνολο και όχι μεμονωμένα οχήματα. Είναι ένα πρότυπο διακριτού χρόνου και δεν διαθέτει το στοιχείο του χώρου. Πιο συγκεκριμένα δεν είναι αναγνωρίσιμη η θέση ενός οχήματος σε ένα οδικό τμήμα. Στο συγκεκριμένο πρότυπο βασίζεται και το αντίστοιχο πρόγραμμα. Η προσομοίωση στο πρόγραμμα TRANSYT πραγματοποιείται σε δύο κύκλους: έναν κύκλο προθέρμανσης του δικτύου και έναν που ακολουθεί δεχόμενος τα στοιχεία του πρώτου κύκλου προκειμένου να εξάγει αποτελέσματα.

Το πρόγραμμα TRANSYT χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό και τη διερεύνηση χρόνων σηματοδότησης σε αστικά οδικά δίκτυα. Αποτελείται από δύο στοιχεία, το κυκλοφοριακό μοντέλο και τη διαδικασία βελτιστοποίησης. Η διαδικασία που ακολουθεί είναι η εισαγωγή των προγραμμάτων σηματοδότησης και η χρήση του μοντέλου προκειμένου να προσομοιώσει την κυκλοφορία με κωδικοποιημένους τους κόμβους και τους συνδέσμους προκειμένου να γίνει η επεξεργασία των κυκλοφοριακών δεδομένων.

Οι παράμετροι που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο μοντέλο είναι το χρονικό βήμα (με συνήθεις τιμές μεταξύ 1 και 3 δευτερολέπτων), η ταχύτητα ελεύθερης ροής των

οδικών τμημάτων που προσομοιώνονται και το προφίλ GO το οποίο αντιστοιχεί στη ροή κορεσμού ενός ρεύματος κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια πράσινης ένδειξης και είναι ίσο με μηδέν κατά τη διάρκεια της ενεργής κόκκινης ένδειξης. Παράλληλα υπάρχουν και άλλες δύο έμμεσες παράμετροι, οι παράμετροι α και β που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου διαδρομής t και ένας παράγοντας εξομάλυνσης F , ο οποίος προκύπτει ως αποτέλεσμα μεταβλητών του TRANSYT και επηρεάζει το σχηματισμό φαλάγγων. Οι πρώτες παράμετροι προσδιορίζονται εμπειρικά μετά από βαθμονόμηση του μοντέλου. Οι τιμές α και β έχουν υπολογιστεί εμπειρικά και λαμβάνουν τιμές 0.8 και $\beta=0.35$ αντίστοιχα (Vincent et al,1980)

Το TRANSYT διαθέτει συναρτήσεις για τη ροή των οχημάτων που φτάνουν στη γραμμή STOP μιας πρόσβασης ενός κόμβου (προφίλ IN), για τη ροή των οχημάτων που εξέρχονται από τη πρόσβαση ενός κόμβου (προφίλ OUT) και τέλος για τον υπολογισμό της κατακόρυφης ουράς που σχηματίζεται στη γραμμή STOP της πρόσβασης ενός κόμβου (προφίλ QUEUE).

Πιο αναλυτικά για τον υπολογισμό του προφίλ IN χρησιμοποιείται η σχέση:

$$q_{(k+t)}^1 = Fq_k p + (1 - F)q_{(k+t-1)}^1 \quad [2.20]$$

Όπου

- $q_{(k+t)}^1$ η ροή στο χρονικό βήμα k του προφίλ IN
- q_k η ροή στο χρονικό βήμα k της ροής που εξέρχεται από τον προηγούμενο κόμβο για να εισέλθει στον υπό εξέταση σύνδεσμο
- p το ποσοστό της ροής του προηγούμενου κόμβου που εισέρχεται στον υπό εξέταση σύνδεσμο
- t είναι α φορές η μέση διάρκεια οδήγησης μετρημένη σε βήματα
- F ο παράγοντας εξομάλυνσης, ο οποίος ισούται με $F = \frac{1}{1 + \beta t}$

Ο αριθμός των οχημάτων που συσσωρεύεται στην ουρά στη γραμμή του STOP και αποτελεί την κατακόρυφη ουρά κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος i δίνεται από το προφίλ QUEUE για την ουρά:

$$m_i = \max(0, m_{i-1} + q_i - s_i) \quad [2.21]$$

Όπου

- m_i ο αριθμός των οχημάτων που βρίσκονται στην ουρά σε χρονικό διάστημα i
- q_i^1 ο αριθμός των οχημάτων που εισέρχεται στην ουρά σε χρονικό διάστημα i και δίνεται από το προφίλ IN
- s_i είναι ο μέγιστος αριθμός οχημάτων που επιτρέπεται να φύγει σε ένα χρονικό διάστημα i και δίνεται από το προφίλ GO

Στο πρόγραμμα TRANSYT λόγω της έλλειψης του στοιχείου του χώρου, ακολούθως το μήκος της ουράς στην είσοδο του κόμβου δεν μπορεί να υπολογιστεί. Πιο συγκεκριμένα, ανεξάρτητα από τον αριθμό των οχημάτων που βρίσκονται ήδη στην

ουρά, τα οχήματα που εισέρχονται στο οδικό τμήμα «αγνοούν» την ύπαρξη υφιστάμενης ουράς και επιβραδύνουν μόνο όταν φτάνουν τη γραμμή του STOP. Επίσης τα οχήματα εισέρχονται στο οδικό τμήμα χωρίς να υπάρχει όριο χωρητικότητας για τον υπό εξέταση κόμβο. Με αυτόν τον τρόπο δεν αναπαρίσταται η ουρά με έναν τρόπο που ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και δεν καθίσταται ακριβής ο υπολογισμός των καθυστερήσεων. Για την τοποθέτηση ενός ορίου έχουν προταθεί αρκετές διορθώσεις του αλγορίθμου του προγράμματος (DoT FHWA 1991, Bell ,1980).

Τέλος, ο αριθμός των οχημάτων x_i που αναχωρούν από τη γραμμή STOP κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος i δίνεται από τη συνάρτηση OUT :

$$x_i = m_{i-1} + q_i - m_i \quad [2.22]$$

Σε περίπτωση υπερκορεσμού, όπου ο μέσος όρος των αφίξεων υπερβαίνει το μέσο αριθμό αναχωρήσεων, δημιουργείται μια πρόσθετη καθυστέρηση υπερκορεσμού (oversaturation delay). Το πρόγραμμα TRANSYT διορθώνει την ομοιόμορφη καθυστέρηση χρησιμοποιώντας τη παρακάτω σχέση υπολογισμού των δύο άλλων καθυστερήσεων, της τυχαίας και της καθυστέρησης υπερκορεσμού:

$$D = \frac{T}{4} \left\{ \left[(q - Q)^2 + \frac{4q}{T} \right]^{1/2} + q - Q \right\} \quad [2.23]$$

Όπου

q η μέγιστη ροή αφίξεων στο σύνδεσμο

Q η ροή κορεσμού που μπορεί να φύγει από τον σύνδεσμο

T η διάρκεια των συνθηκών ροής για την οποία εξετάζεται η σηματοδοτική ρύθμιση

Μεσοσκοπικά προγράμματα προσομοίωσης

Το πρόγραμμα DYNAMIT (Moshe Ben Akiva et.al,

Το πρόγραμμα DYNAMIT είναι πρόγραμμα προσομοίωσης πραγματικού χρόνου το οποίο προσφέρει προβλέψεις για τη κυκλοφορία αλλά και καθοδήγηση των οδηγών. Η καθοδήγηση πραγματοποιείται αξιοποιώντας πληροφορίες για τη δημιουργία διαδρομής σύμφωνα με την ώρα αναχώρησης, τον σκοπό του ταξιδιού και την διαδρομή που επιθυμεί να ακολουθήσει ο οδηγός. Οι προτάσεις του προγράμματος για την ώρα αναχώρησης και τον τρόπο μετακίνησης είναι αποτελεσματικές μόνο αν αναζητηθούν πριν την πραγματοποίηση της διαδρομής, παρότι οι πληροφορίες καθοδήγησης μπορούν να είναι χρήσιμες πριν και κατά τη διάρκεια της διαδρομής. Προκειμένου να εγγραφεί την αξιοπιστία του πληροφοριακού του συστήματος, η καθοδήγηση που προσφέρεται από το πρόγραμμα DYNAMIT είναι αξιόπιστη καθώς ανταποκρίνεται στις προβλεπόμενες καταστάσεις κυκλοφορίας που αναμένεται να συναντήσουν οι οδηγοί. Επιπλέον το πρόγραμμα προσφέρει στο χρήστη τη βέλτιστη καθοδήγηση με τη λογική ότι κανένας χρήστης δεν μπορεί να βρει μια διαδρομή που να προτιμά σε σχέση με αυτή που θα επέλεγε ακολουθώντας τα οδηγίες του προγράμματος. Το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο, να δέχεται δεδομένα που έχουν προκύψει από μετρήσεις κυκλοφοριακών μεγεθών πραγματικού χρόνου και να εκτιμάει και να υπολογίζει τον χρόνο

εξαρτημένων ροών προέλευσης προορισμού. Το πρόγραμμα επίσης περιέχει διαφορετικές κατηγορίες οδηγών και την συμπεριφορά αυτών που προσφέρουν δυνατότητες αυτοβαθμονομησης, να υπολογίζουν τις παρούσες καταστάσεις του δικτύου, να προβλέπουν την μελλοντική κατάσταση του δικτύου, συνδυαστικά με τα συστήματα έλεγχου κυκλοφορίας και να δημιουργεί προτεινόμενες διαδρομές ανάλογες των προβλεπόμενων κυκλοφοριακών συνθηκών. Το DYNAMIT αναπτύχθηκε από τους Moshe Ben Akiva et.al. στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT) (www.ivhs.mit.edu/products/simlab).

Το πρόγραμμα DYNEMO

Το πρόγραμμα DYNEMO είναι ένα δυναμικό πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας με την έννοια ότι προσομοιώνει την κυκλοφορία βάσει κυκλοφοριακών συνθηκών πραγματικού χρόνου. Παράδειγμα εφαρμογής του αποτελεί η προσομοίωση δημιουργίας ουράς σε σηματοδοτούμενους κόμβους και σε συμφορημένους αυτοκινητοδρόμους. Λόγω των δυνατοτήτων οπτικοποίησης του προγράμματος τα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν κατανοητά από έμπειρους και άπειρους χρήστες. Το πρόγραμμα DYNEMO συμβάλει στη διαχείριση κυκλοφορίας με τη προσομοίωση κόμβων με φωτεινή σηματοδότηση, κόμβους με σήμανση STOP και πληροφοριακά συστήματα πραγματικού χρόνου. Παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει μητρώα προέλευσης προορισμού από το EMME/2 αλλά και να εξάγει διαδρομές στο πρόγραμμα VISSIM. Με τη δυνατότητα εισαγωγής και εξαγωγής αρχείων και δεδομένων από άλλα λογισμικά προσομοίωσης κυκλοφορίας ελαχιστοποιεί το χρόνο που απαιτείται για τη κωδικοποίηση της απαραίτητης πληροφορίας. Με αυτόν τον τρόπο δεν ελαχιστοποιείται μόνο ο χρόνος και το κόστος αλλά και η περίπτωση σφάλματος του χρήστη κατά τον σχεδιασμό. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιεί ένα μεσοσκοπικό μοντέλο, το οποίο είναι σύνθεση ενός μικροσκοπικού και ενός μακροσκοπικού μοντέλου. Το μικροσκοπικό χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της συμπεριφοράς των οχημάτων στο δίκτυο ενώ το μακροσκοπικό για τη συμπεριφορά των οχημάτων σε ένα οδικό τμήμα συμφωνά με την κατανομή των ταχυτήτων στο οδικό τμήμα αυτό και τη σχέση ταχύτητας πυκνότητας. Ο έλεγχος κυκλοφορίας πραγματοποιείται με εισαγωγή στοιχείων όπως ο κύκλος σηματοδότησης, κανόνες προτεραιότητας, ελάχιστος διαχωρισμός και χωρητικότητα. Σημεία απόφασης για την επιλογή μιας διαδρομής μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε στο δίκτυο. Τα σημεία απόφασης προσφέρουν πληροφορία σχετική με τα οχήματα για επιλογή συγκεκριμένης διαδρομής σύμφωνα με κριτήρια όπως γενικευμένο κόστος, χρόνος, και απόσταση (www.english.ptv.de/produkte/dynemo.asp).

Το πρόγραμμα DYNASMART

Το πρόγραμμα DYNASMART (Dynamic Network Assignment simulation Model for Advanced Road Telematics) δημιουργήθηκε από τον Hani Mahmassani και άλλους στο κέντρο συγκοινωνιακών ερευνών του πανεπιστημίου του Τέξας και πρόκειται για ένα πρόγραμμα για προσομοίωση ευφών συστημάτων κυκλοφορίας. Η ροή κυκλοφορίας προσομοιώνεται μακροσκοπικά βασισμένη σε εξίσωση συνέχειας και τροποποιημένη βάσει των σχέσεων ταχύτητας-πυκνότητας του Greenshields. Το πρόγραμμα μπορεί να προσομοιώσει προγράμματα σηματοδότησης όπως και συμβάντα. Το DYNASMART υπολογίζει τις βέλτιστες διαδρομές βασιζόμενο σε χρόνους διαδρομής και προσομοιώνει τις κινήσεις και τις αποφάσεις για αλλαγή

διαδρομής μεμονωμένων οδηγών που είναι εξοπλισμένοι με σύστημα πληροφόρησης εντός του οχήματος. Το πρόγραμμα DYNASMART έχει χρησιμοποιηθεί για την μελέτη του μητροπολιτικού δικτύου της πόλης του Όστιν στο Τέξας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δεν είναι διαθέσιμο εμπορικά. (www.ccwf.cc.utexas.edu/~kraah/dtautx.com,1999).

Το πρόγραμμα METROPOLIS

Το πρόγραμμα METROPOLIS είναι κατάλληλο για την προσομοίωση κυκλοφορίας σε μεγάλες αστικές περιοχές. Ο πυρήνας του αποτελείται από έναν δυναμικό προσομοιωτή ο οποίος συνδιάζει τις ώρες αναχώρησης των χρηστών του δικτύου και την συμπεριφορά κατά την επιλογή διαδρομής σε μεγάλα οδικά δίκτυα. Το πρότυπο που χρησιμοποιεί είναι μεσοσκοπικό και βασίζεται στη διαδικασία πληροφόρησης των χρηστών ενός δικτύου και της συμπεριφοράς που θα αναπτύξουν σύμφωνα με τη πληροφόρηση που θα λάβουν. Αναπτύχθηκε από τους Andre de Palma et. al και έχει χρησιμοποιηθεί για τη προσομοίωση του οδικού δικτύου της Γενεύης. (www.itepsg1.epfl.ch/~metro/papers/trb97/1999).

2.2.4. Μακροσκοπική πρότυπα κίνησης οχημάτων

Τα μακροσκοπικά πρότυπα παρουσιάζουν τους πληθυσμούς και τις διαδικασίες που τους αφορούν σαν ένα ενιαίο σύνολο. Για τη δημιουργία τέτοιων μοντέλων πολλές φορές προηγείται μια στατιστική ανάλυση μίας συνάρτησης πιθανοτήτων για τη σύνθεση ενός απλοποιημένου μοντέλου που να περιγράφει την ολότητα του συστήματος ή τις δυναμικές του.

Τα πρότυπα αυτά εξάγουν εκτιμήσεις για τις αναμενόμενες τιμές των μετρήσεων προς αξιολόγηση. Τα παρεχόμενα αποτελέσματα δίνονται είτε σε επίπεδο πληθυσμού είτε για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Παράλληλα ανταποκρίνονται σε βασικά διαγράμματα των κυκλοφοριακών μεγεθών.

Γενικά τα μακροσκοπικά πρότυπα είναι χαμηλού κόστους όσον αφορά τους υπολογιστικούς πόρους σε σχέση με τα μικροσκοπικά, αλλά χρειάζονται προκαταρκτική ανάλυση για την εξαγωγή εξισώσεων που θα περιγράφουν τις δυναμικές του συστήματος. Η μειωμένη ακρίβεια και η έλλειψη ευελιξίας μπορούν να συμπεριληφθούν στα μειονεκτήματα των μακροσκοπικών μοντέλων.

Υδροδυναμικά πρότυπα

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας προτύπων αποτελούν τα μακροσκοπικά υδροδυναμικά πρότυπα. Αυτά προσομοιώνουν την κίνηση των οχημάτων βασιζόμενα στη ροή της κίνησης των ρευστών και πιο συγκεκριμένα στην υπόθεση του συνεχούς μέσου (continuum). Για την περιγραφή της κίνησης της κυκλοφοριακής ροής σε χρόνο και χώρο εφαρμόζεται η αρχή της συνέχειας της κλασικής φυσικής. Τα βασικά μεγέθη κυκλοφοριακής ροής που χρησιμοποιούνται είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος q και η πυκνότητα k που, στη θέση x και σε χρόνο t , συνδέονται μεταξύ τους με την παρακάτω σχέση:

$$\frac{\partial k(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial q(x,t)}{\partial x} = 0 \quad [2.24]$$

Η σχέση [2.24] ισχύει για οδικό τμήμα χωρίς εισόδους και εξόδους. Ένα από τα βασικά μακροσκοπικά υδροδυναμικά πρότυπα είναι το πρότυπο LWR (Lighthill-Whitham-Richards). Οι Lighthill και Whitham και αργότερα ο Richards έκαναν την υπόθεση ότι ο ρυθμός ροής $q(x,t)$ σε κάθε σημείο της οδού είναι συνάρτηση της πυκνότητας $k(x,t)$, και με βάση τη θεμελιώδη σχέση $q=ku_s$ η σχέση [2.24] γίνεται:

$$\frac{\partial k(x,t)}{\partial t} + u_g \frac{\partial k(x,t)}{\partial x} = 0 \quad [2.25]$$

Όπου

$$u_g = \frac{dq}{dk} = u(k) + k \frac{du}{dk} \quad [2.26]$$

Η u_g ονομάζεται ταχύτητα κύματος και είναι πάντα μικρότερη της ταχύτητας χώρου, αφού $\frac{du}{dk} \leq 0$ (η μέση ταχύτητα χώρου μειώνεται όσο αυξάνεται η πυκνότητα). Επισημαίνεται ότι, για τιμές φόρτου και πυκνότητας μικρές (κοντά στο μηδέν), η ποσότητα $k \frac{du}{dk}$ τείνει στο μηδέν και η ταχύτητα κύματος είναι περίπου ίση με τη μέση ταχύτητα χώρου. Η λύση της σχέσης [2.26] προκύπτει από τη γραμμική σχέση της μορφής:

$$k(x,t) = f(x - u_g t) \quad [2.27]$$

Η σχέση δίνει για σταθερές τιμές $(x-u_g t)$, σταθερή πυκνότητα k . Η γραμμή αυτή λέγεται κύμα (wave).

Οι σχέσεις [2.25] και [2.26] καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι μέσες τιμές του φόρτου και της πυκνότητας εξελίσσονται στο χώρο και στο χρόνο με βάση τη μακροσκοπική υδροδυναμική θεώρηση της κυκλοφοριακής ροής. Ενδιαφέρον ακόμα παρουσιάζει η διερεύνηση των οριακών κυκλοφοριακών καταστάσεων όταν παρατηρείται απότομη μεταβολή στην πυκνότητα και οι αλλαγές αυτές διαδίδονται κατά μήκος ενός οδικού τμήματος.

Έστω δύο διαδοχικά τμήματα A και B με πυκνότητες k_1 και k_2 ($k_1 > k_2$) και μέσες ταχύτητες χώρου u_1 και u_2 . Η κυκλοφορική ροή μεταβαίνει από την κατάσταση A, που χαρακτηρίζεται από την πυκνότητα k_1 και την ταχύτητα u_1 , στην κατάσταση B, που αντίστοιχα χαρακτηρίζεται από την πυκνότητα k_2 και την ταχύτητα u_2 .

Στην οριακή κατάσταση S εμφανίζεται το κρουστικό κύμα και θεωρείται ότι ο αριθμός των οχημάτων N_2 που εισέρχονται στο τμήμα B είναι ίσος με τον αριθμό των οχημάτων N_1 που εξέρχονται από το τμήμα A. Αν w η γραμμή του κρουστικού κύματος και u_w η ταχύτητά του, οι σχετικές ταχύτητες u_{r1} και u_{r2} για τα δύο τμήματα θα είναι:

$$u_{r1} = (u_1 - u_w) \quad [2.28]$$

$$u_{r2} = (u_2 - u_w) \quad [2.29]$$

Ακόμα, αφού $N_1=N_2$, για κάθε χρονική στιγμή θα ισχύει:

$$\left. \begin{array}{l} N_1 = u_{r1k1t} \\ N_2 = u_{r2k2t} \end{array} \right\} u_2 k_2 - u_1 k_1 = u_w (k_2 - k_1) \xrightarrow{q=ku} u_w = \frac{q_2 - q_1}{k_2 - k_1} \quad [2.30]$$

Από τη σχέση [2.30] προκύπτει ότι η ταχύτητα του κρουστικού κύματος ισούται με το λόγο της αλλαγής στο φόρτο προς την αλλαγή στην πυκνότητα. Επομένως, η ταχύτητα του κρουστικού κύματος είναι η κλίση της γραμμής που ενώνει τα σημεία Α και Β στη σχέση φόρτου-πυκνότητας. Γενικά, ανάλογα με το αν η ταχύτητα κύματος είναι θετική, αρνητική ή μηδέν, το κρουστικό κύμα μεταδίδεται προς την κατεύθυνση της κίνησης, αντίθετα από αυτή ή είναι στάσιμο.

Μακροσκοπικά προγράμματα κυκλοφορίας

Το πρόγραμμα AUTOS

Το πρόγραμμα AUTOS (ATMS Universal Traffic Operation Simulation) είναι ένα μακροσκοπικό πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας που αναπτύχθηκε από το τεχνολογικό ινστιτούτο ερευνών της πολιτείας Georgia των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Έχει τη δυνατότητα για αξιολόγηση των ευφών συστημάτων μεταφορών. (www.gatech.edu).

Το πρόγραμμα TRAF

Το TRAF αναπτύχθηκε για τη μελέτη οδικών δικτύων ή την ανάλυση διαδρομών σε μακροσκοπικό επίπεδο. Βασίζεται στο πρότυπο CORFLO το οποίο είναι συνδυασμός τριών προτύπων: του FREFLO, του NETFLO1, και του NETFLO2. Το FREFLO είναι ένα μακροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης κυκλοφορίας για αυτοκινητοδρόμους. Τα μοντέλα NETFLO1 και NETFLO2 μπορούν να προσομοιώνουν οδικά τμήματα σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας. Το NETFLO1 διαχειρίζεται κάθε όχημα σαν ξεχωριστή οντότητα ενώ το NETFLO2 υιοθετεί το μοντέλο του TRANSYT. Αναπτύχθηκε από την FHWA και είναι διαθέσιμο στο κοινό (McTrans, 1996).

Το πρόγραμμα CONTRAM

Το πρόγραμμα CONTRAM (CONTinuous TRaffic Assignment Model) αναπτύχθηκε από την εταιρία TRL στο τέλος της δεκαετίας του 1970. Από τότε εξελίσσεται συνεχώς και εκδίδονται νέες εκδόσεις του. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι κατάλληλο για την προσομοίωση περιπτώσεων συμφόρησης μεγάλης διάρκειας με πολύπλοκες οδηγικές συμπεριφορές και σημαντικές επιπτώσεις σε παραμέτρους όπως η επιλογή διαδρομής. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα να υπάρχει διακύμανση στις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο σε σχέση με χρόνο. Έχει χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση του αυτοκινητόδρομου της Santa Monica του Λος Άντζελες από την UC Berkeley. Στην έβδομη έκδοση του λογισμικού, το πρόγραμμα βελτιώθηκε σε

μεγάλο βαθμό προσφέροντας ένα πιο εύχρηστο περιβάλλον για το χρήστη (www.TRL.com,1999).

2.3.Το πρόγραμμα VISSIM

2.3.1. Γενικά περί του προγράμματος

Το πρόγραμμα VISSIM είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας το οποίο αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο του Karlsruhe, στη Γερμανία στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Η γερμανική εταιρία PTV Transworld AG ξεκίνησε την εμπορική διάθεση του προγράμματος το 1993 και συνεχίζει να ενημερώνει το λογισμικό μέχρι και σήμερα. Το πρόγραμμα προσομοίωσης κυκλοφορίας αναπτύχθηκε για την προσομοίωση αστικής κυκλοφορίας και για τη διαχείριση λειτουργίας της δημόσιας συγκοινωνίας. Αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: Τον προσομοιωτή κυκλοφορίας και τη γεννήτρια σηματοδότησης (signal state generator). Ο προσομοιωτής κυκλοφορίας είναι υπεύθυνος για την κίνηση των οχημάτων ενώ η γεννήτρια προσομοιώνει την κατάσταση της σηματοδότησης σύμφωνα με πληροφορίες που λαμβάνει από τους ανιχνευτές που έχουν προστεθεί στον προσομοιωτή και μεταβιβάζει την κατάσταση της σηματοδότησης πίσω στον προσομοιωτή (Bloomberg and Dale, 2000). Το μοντέλο του προγράμματος VISSIM μπορεί να παράγει σχεδόν όλες τις μετρήσεις αποτελεσματικότητας ενός δικτύου που πραγματοποιούνται σε έρευνες κοινωνιακής τεχνικής. Επίσης, δύναται να προσομοιώσει διαφορετικούς τύπους οχημάτων τόσο για αυτοκινητόδρομους όσο και για οδικά δίκτυα με διαφορετικές και πολύπλοκες κυκλοφοριακές καταστάσεις (Moen et al, 2000). Η τελευταία διαθέσιμη έκδοση του VISSIM είναι η 6.

2.3.2.. Το μοντέλο του Wiedermann

Το 1974, ο Wiedermann δημιούργησε ένα μοντέλο προκειμένου να περιγράψει και να προσομοιώσει την ανθρώπινη οδηγική συμπεριφορά. Το μοντέλο είναι μικροσκοπικό και περιλαμβάνει ένα πρότυπο ακολουθούντος οχήματος και ένα πρότυπο αλλαγής λωρίδας. Στην αρχική μορφή του μοντέλου προσομοιώθηκαν μόνο οδικά τμήματα, των οποίων τα χαρακτηριστικά ταυτίζονται με υπεραστικούς και αστικούς δρόμους με φυσικό διαχωρισμό μεταξύ των λωρίδων διαφορετικών κατευθύνσεων. Επίσης δεν συμπεριλήφθηκαν οδικά τμήματα αντίθετης κατεύθυνσης και δεν επιχειρήθηκαν σενάρια όπου ελιγμοί για προσπέραση πραγματοποιούνταν με κατάληψη λωρίδας διαφορετικής κατεύθυνσης. Στο μοντέλο, οι βασικές κινήσεις των οχημάτων προσομοιώνονται ξεχωριστά. Όλες οι περιγραφόμενες συναρτήσεις αναλύθηκαν βάσει μετρήσεων κυκλοφοριακών μεγεθών και έρευνων που είχαν προηγηθεί. Το μοντέλο χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα με αναβαθμισμένη μορφή του από προγράμματα προσομοίωσης κυκλοφορίας όπως το πρόγραμμα VISSIM.

Περιγραφή του προτύπου

Στο πρότυπο προσομοίωσης του Wiedermann κάθε όχημα προσομοιώνεται ξεχωριστά ως μονάδα. Σε κάθε χρονικό βήμα η συμπεριφορά της κάθε μονάδας οχήματος μεταβάλλεται ως προς την περιβάλλουσα κυκλοφοριακή κατάσταση που επικρατεί. Τα οχήματα επηρεάζονται από την δική τους κίνηση, την αντίληψη των αποστάσεων όπως επίσης και την διαφορά των ταχυτήτων. Το μοντέλο είναι

βασισμένο σε μετρήσεις και έρευνες πάνω στα χαρακτηριστικά της ανθρώπινης οδήγησης.

Περιγραφή του προτύπου ακολουθούντος οχήματος

Γενικά στα πρότυπα ακολουθούντος οχήματος, η κίνηση των οχημάτων κατά μήκος ενός οδικού επηρεάζεται από οχήματα που προπορεύονται στην ίδια λωρίδα. Ένας οδηγός επηρεάζεται κυρίως από πρώτο προπορευόμενο όχημα αφού το δεύτερο κατάντη όχημα θα έχει περίπου τη διπλάσια απόσταση. Η διαφορά ταχύτητας σε σχέση με το δεύτερο μπροστινό όχημα τότε θα πρέπει να είναι 4 φορές μεγαλύτερη για να είναι αντιληπτή από τον οδηγό με τον ίδιο τρόπο με τη διαφορά ταχυτήτων με το πρώτο προπορευόμενο όχημα. Το μοντέλο επικεντρώνεται στην επιρροή του πρώτου προπορευόμενου οχήματος περιλαμβάνοντας μια επιλογή για να αντιληφθεί τα φώτα πέδησης των μπροστινών οχημάτων.

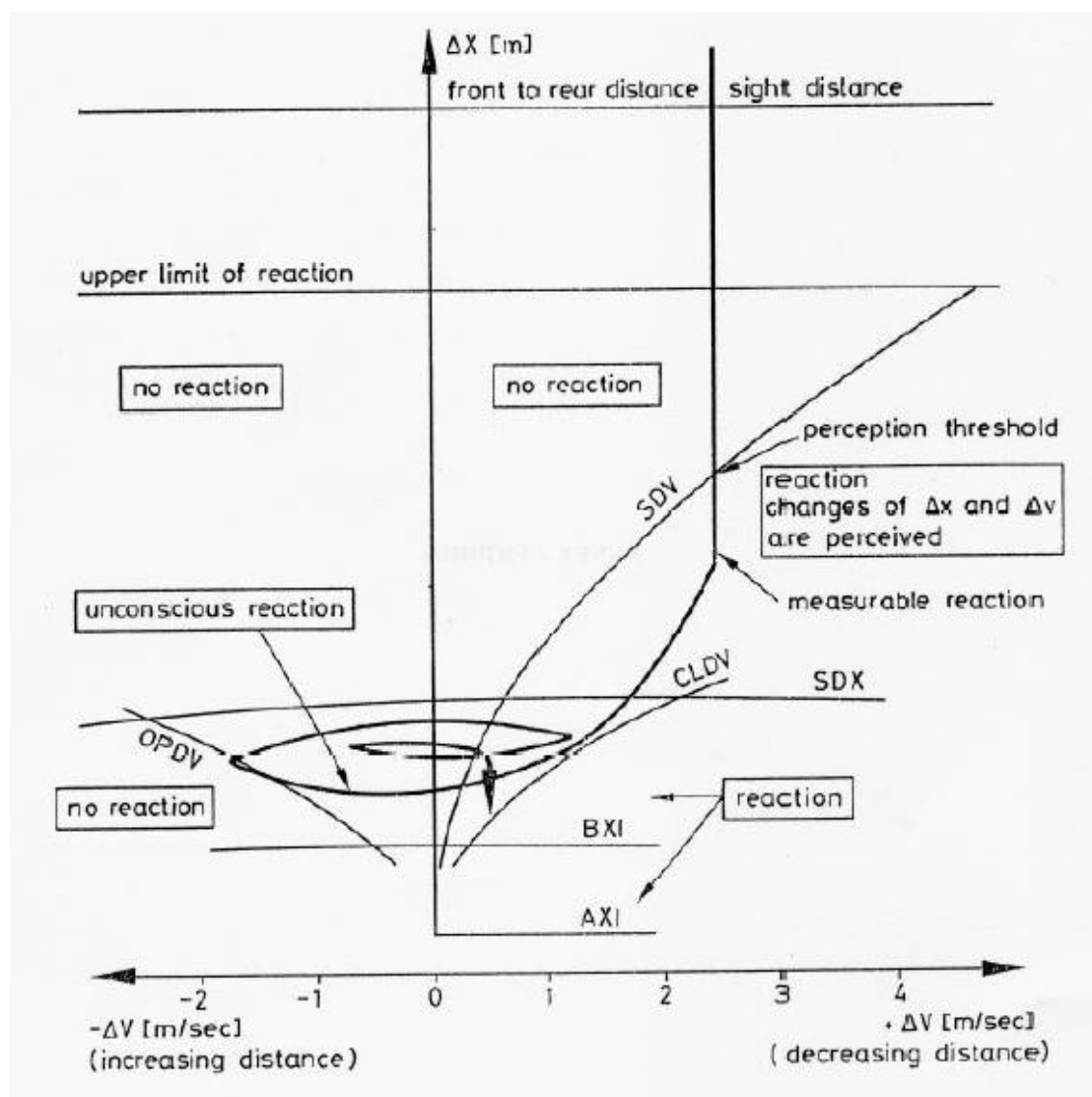
Η κίνηση ενός οχήματος επηρεάζεται από αντίληψη των σχετικών κινήσεων που πραγματοποιεί το προπορευόμενο όχημα, αλλαγές στην απόσταση μεταξύ των οχημάτων και τη διαφορά των ταχυτήτων τους. Οι αλλαγές μπορούν να γίνουν αντιληπτές αν ο φυσικός αντίκτυπος υπερέχει μίας συγκεκριμένης ελάχιστης τιμής, που ορίζεται ως κατώφλι. Σε αυτή τη περίπτωση, ο φυσικός αντίκτυπος είναι το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος. Το ποσοστό της αλλαγής εξαρτάται από το πόσο γρήγορα η εικόνα του προπορευόμενου οχήματος αλλάζει, η οποία θα επηρεάσει και τις συναρτήσεις της ταχύτητας και της απόστασης. Περαιτέρω μετρήσεις και διερευνήσεις που επιχειρήθηκαν από τον Todosiev(1963), και από τους Michaels και Hoefs(1965) είχαν ως στόχο τον προσδιορισμό των ορίων της ανθρώπινης αντίληψης στις διαδικασίες ακολουθίας οχημάτων, το επονομαζόμενο και κατώφλι. Αυτές οι διερευνήσεις διαμορφώνουν την βάση του μοντέλου ακολουθίας οχήματος που αναπτύχθηκε από τον Wiedermann (1974).

Η ανθρώπινη οδηγική συμπεριφορά είναι φυσικά διανεμημένη: διαφορετική οδηγοί έχουν διαφορετικές οδηγικές ικανότητες στην αντίληψη και εκτίμηση, διαφορετικές ανάγκες ασφάλειας, διαφορετικές επιθυμητές ταχύτητες και διαφορετικές μέγιστες τιμές αποδεκτής επιτάχυνσης και επιβράδυνσης που χαρακτηρίζουν και την οδηγική επιθετικότητα. Το ίδιο ισχύει και σε κάποιες παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τις ικανότητες του οχήματος όπως η μέγιστη ταχύτητα και η μέγιστη επιτάχυνση και επιβράδυνση. Αυτό το φυσικό φαινόμενο μπορεί να παρουσιαστεί από κανονικές κατανομές, αφού η ακριβής γνώση σχετικά με τις κατανομές δεν είναι διαθέσιμη. Επίσης, διαφορετικές τυχαίες παράμετροι χρησιμοποιούνται μέσα στο μοντέλο για τον υπολογισμό των οριακών τιμών και για τις οδηγικές λειτουργίες.

Η ανθρώπινη αντίληψη και αντίδραση παρουσιάζεται από μία σειρά από όρια και επιθυμητές αποστάσεις. Αυτά τα όρια οριοθετούν διαφορετικές περιοχές καθορίζοντας διαφορετικές περιπτώσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ του οχήματος και του προπορευόμενου οχήματος:

- ◆ το όχημα δεν επηρεάζεται από κανένα προπορευόμενο όχημα
- ◆ το όχημα επηρεάζεται από ένα πιο αργό προπορευόμενο όχημα
- ◆ το όχημα επηρεάζεται έμμεσα από μια ακολουθία οχημάτων
- ◆ το όχημα είναι σε μια κατάσταση έκτακτης ανάγκης

Τα όρια, χαρακτηριστικές αποστάσεις και σχετικές οδηγικές διαδικασίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.4 για μια μονάδα οχήματος-οδηγού I και ένα πραγματικό επίπεδο ταχύτητας. Ο οριζόντιος άξονας παρουσιάζει τη διαφορά ταχύτητας με θετικές τιμές χαρακτηρίζοντας μια διαδικασία προσέγγισης (ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος I-1 χαμηλότερη από την ταχύτητα του οχήματος), στον κάθετο άξονα η απόσταση με το μπροστινό όχημα I-1.



Εικόνα 2.4: Γραφική αναπαράσταση των οριακών τιμών, ταχυτήτων και αποστάσεων -Πηγή: Wiedermann, 1974

Βάσει αυτού του σχήματος καθορίζονται και τα ακόλουθα κατώφλια:

AX: Η επιθυμητή απόσταση για ακίνητα οχήματα (απόσταση εμπρόσθιου μέρους οχήματος από το εμπρόσθιο μέρος προπορευόμενου οχήματος). Αποτελείται από το μήκος του προπορευόμενου οχήματος L και της απόστασης που επιθυμεί να έχει ο οδηγός του οχήματος I τόσο μπροστά όσο και πίσω. Η επιθυμητή απόσταση είναι κανονικά κατανομημένη και εξαρτάται από την ανάγκη ασφαλείας του οδηγού. Αυτό αναπαρίσταται από μια κανονικά κατανομημένη παράμετρο $RNDI(I) = N(0.5, 0.15)$, έχοντας τιμές μεταξύ 0 και 1, με 0.5 σαν μέση τιμή και μια καθορισμένη απόκλιση της τάξης του 0.15. Επίσης το AX ορίζεται ως:

$$AX = L + AXadd + RND1(I) * AXmult \quad [2.31]$$

Όπου $AXadd$ και $AXmult$ είναι και τα δύο βαθμονομημένες παράμετροι στις οποίες προστίθενται αντίστοιχοι πολλαπλασιαστικοί παράγοντες για το εύρος καθορισμού των επιθυμητών αποστάσεων της μικρότερης δυνατή εμπρόσθιας και οπίσθιας απόστασης.

ABX: Η επιθυμητή μικρότερη απόσταση ακολουθίας σε μικρές διαφορές ταχυτήτων. Αποτελείται από την απόσταση AX και από έναν όρο εξαρτημένο από την ταχύτητα. Μετρήσεις έδειξαν ότι οι αποστάσεις στην πραγματική κυκλοφορία δεν είναι ανάλογες με την ταχύτητα (Todosiev (1963), Hoefs (1972)). Οι οδηγοί τείνουν να υποεκτιμούν τις αποστάσεις ασφαλείας και να οδηγούν πιο επικίνδυνα σε μεγάλες ταχύτητες από ότι σε μικρές. Αυτό αναπαριστάται με μία παραβολική σχέση μεταξύ του BX και της πραγματικής ταχύτητας. Και εδώ η μικρότερη τιμή είναι κανονικά κατανομημένη, ανάλογα με την ανάγκη για ασφάλεια των οδηγών όπως παρουσιάζεται από την παράμετρο $RND1(I)$. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

$$\begin{aligned} ABX &= AX + BX \\ BX &= (BXadd + BXmult * RND1(I) * \sqrt{V} \end{aligned} \quad [2.32]$$

Οι $BXadd$ και $BXmult$ είναι παράγοντες βαθμονόμησης που καθορίζουν το εύρος της διαφοράς. Για διαδικασία προσέγγισης μεταξύ οχημάτων η ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος θεωρείται $v(I-1)$, ενώ κατά τη διαδικασία που δύο οχήματα απομακρύνονται $v(I)$.

SPV: Αντιληπτό κατώφλι της διαφοράς ταχύτητας στις μεγάλες αποστάσεις. Αυτό το κατώφλι υποδεικνύει το σημείο στο οποίο ο οδηγός ενσυνείδητα αντιλαμβάνεται ότι προσεγγίζει ένα πιο αργό όχημα. Αν η αλλαγή λωρίδας είναι αδύνατη, τότε ο οδηγός θα αντιδράσει μειώνοντας τη δική του ταχύτητα στη ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος προσπαθώντας να κρατήσει μια απόσταση μεγαλύτερη από ABX . Αυτή η προσεγγιστική διαδικασία σε μεγάλες αποστάσεις διερευνήθηκε από τον Michaels (1965) και τον Hoefs (1972). Οι μετρήσεις έδειξαν ότι όσο πιο γρήγορα το όχημα πλησιάζει, τόσο μεγαλύτερη η αντιληπτή απόσταση, κινούμενη μεταξύ $25 * \text{SQRT}(DV)$ και $75 * \text{SQRT}(DV)$ για διαφορετικούς οδηγούς. Αυτή η φυσική κατανομή μοντελοποιήθηκε πάλι από κανονικά τις κατανομημένες μεταβλητές $RND1(I)$ και $RND2(I)$ θεωρώντας την ικανότητα εκτίμησης των οδηγών. Η παράμετρος $RND2$ έχει το ίδιο εύρος, μέση τιμή και απόκλιση όπως η $RND1$: $N(0.5, 0.15)$. Το SDV υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} SDV &:= \left(\frac{DX - AX}{CX} \right)^2 \\ CX &:= CXconst * (CXadd + CXmult * (RND1(I) + RND2(r))) \end{aligned} \quad [2.33]$$

Οι $CXconst$, $CXadd$ και $CXmult$ πάλι καθορίζουν το εύρος του κατωφλιού. Ακολουθώντας τις μετρήσεις που διενεργήθηκαν για τη δημιουργία αυτού του μοντέλου, η παράμετρος CX θα πρέπει να εκπροσωπούν ένα εύρος μεταξύ 25 και 75.

SDX: Το αντιληπτό κατώφλι της αυξανόμενης απόστασης σε οχήματα που βρίσκονται σε ακολουθία. Αυτό το κατώφλι περιγράφει ότι ο οδηγός ευσυνείδητα αναγνωρίζει ότι απομακρύνεται από τα οχήματα που βρίσκονται σε ακολουθία όντας σε μεγάλη απόσταση ανάντη του προπορευόμενου όχηματος. Θα αντιδράσει επιταχύνοντας ώστε να επιτύχει τον ιδανικό διαχωρισμό. Μετρήσεις του Todosiev (1963) και του Hoefs (1972) υπέδειξαν διακυμάνσεις του SDX μεταξύ 1.5 και 2.5 φορές η μικρότερη απόσταση ακολουθίας. Αυτή η διακύμανση δεν εξαρτάται μόνο από τον οδηγό. Επιπρόσθετα το κατώφλι SDX κυμαίνεται για έναν οδηγό. Το δεύτερο φαινόμενο μοντελοποιείται από μια ανεξάρτητη τυχαία οδηγική παράμετρο $NRND := N(0.5, 0.15)$. Η SDX υπολογίζεται από:

$$\begin{aligned} SDX &:= AX + EX * BX \\ EX &:= EX_{add} + EX_{mult} * (NRND - RND2(r)) \end{aligned} \quad [2.34]$$

Για οδηγούς με καλές ικανότητες αντίληψης, η παράμετρος RND2(T) παίρνει τιμές κοντά στο 1.0, το στοιχείο EX θα έχει μικρότερη μέση τιμή και ως εκ τούτου η τιμή του SDX θα είναι μικρή. Ο οδηγός αντιλαμβάνεται εγκαίρως ότι εγκαταλείπει την ακολουθιακή διαδικασία. Ως αποτέλεσμα παρουσιάζονται μικρές διακυμάνσεις ταχύτητας.

CLDV: Το αντιληπτό κατώφλι για αναγνώριση μικρών διαφορών ταχυτήτων σε αποστάσεις που μειώνονται. Ακολουθώντας το προπορευόμενο όχημα με μικρές διαφορές ταχύτητας ο οδηγός αντιλαμβάνεται ότι προσεγγίζει το προπορευόμενο όχημα. Έτσι θα πρέπει να επιβραδύνει για να αποφύγει σύγκρουση με προπορευόμενο όχημα. Το κατώφλι CLDV είναι παρόμοια σε φύση με το SDV αλλά έχει ένα μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης. Μετρήσεις του Todosiev (1963) και του Hoefs (1972) είχαν ως αποτέλεσμα το CLDV να είναι περίπου 4 φορές το SDV. Αφού οι ίδιοι παράγοντες επηρεάζουν τα CLDV και τη SDX, το στοιχείο EX μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει το εύρος του CLDV. Ορίζεται ως:

$$CLDV := SDV * EX^2 \quad [2.35]$$

OPDV: Το αντιληπτό κατώφλι για αναγνώριση μικρών διαφορών ταχυτήτων σε μικρές αλλά αυξανόμενες αποστάσεις. Το εύρος της διακύμανσης είναι ακόμα μεγαλύτερο από το εύρος του CLDV. Επιπρόσθετα υπάρχουν περισσότερες παραλλαγές για τον ίδιο οδηγό. Μετρήσεις του Todosiev (1963) και του Hoefs (1972) έδειξαν ότι το OPDV είναι περίπου 1 με 3 φορές μεγαλύτερο από τη CLDV.

$$OPDV := CLDV * (-OPDV_{add} - OPDV_{mult} * NRND) \quad [2.36]$$

Οι OPDV_{add} και OPDV_{mult} και εδώ καθορίζουν το εύρος, ενώ η ανεξάρτητη οδηγική παράμετρος NRND αντιπροσωπεύει παραλλαγές για τον ίδιο οδηγό.

Ένα άνω όριο αντίδρασης περιγράφει τη μέγιστη δυνατή απόσταση για αντίδραση μεταξύ δύο οχημάτων. Διερευνήσεις έδειξαν ότι δεν υπάρχει καμία σημαντική επιρροή μεταξύ δύο οχημάτων σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 150 μέτρων (Highway Capacity Manual(1963)).

Τα περιγραφόμενα κατώφλια οριοθετούν τέσσερις τύπους οδηγικής συμπεριφοράς, την ανεπηρέαστη οδήγηση, την προσέγγιση, την διαδικασία ακολουθίας και την πέδηση εκτάκτου ανάγκης. Κάθε τύπος εκπροσωπείται από διαδικασίες που έχουν βαθμονομηθεί μέσα από τη πραγματική οδηγική συμπεριφορά.

Η BNULL αντιπροσωπεύει τη μικρότερη τιμή της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης. Μετρήσεις των Herman et al. (1959), και των Drew et al (1961) υποδεικνύουν ότι η τιμή έχει μέσο όρο περίπου $0,2\text{m/s}^2$. Καθορίζεται από:

$$BNULL := BNULLmult * (RND4(I) + NRND) \quad [2.37]$$

Η RND4(I) αντιπροσωπεύει την ικανότητα των οδηγών να ελέγχουν την επιτάχυνση. $RND4 := N(0.5, 0.15)$. Η NRND είναι πάλι μια ανεξάρτητη οδηγική παράμετρος που προσομοιώνει παραλλαγές για τον ίδιο οδηγό.

Ανεπηρέαστη οδήγηση

Ο οδηγός οδηγεί στην επιθυμητή για αυτόν ταχύτητα και προσπαθεί να φτάσει την επιθυμητή ταχύτητα. Οι αυξομειώσεις της επιθυμητής ταχύτητας προσομοιώνεται χρησιμοποιώντας επιταχύνσεις με θετικές και αρνητικές τιμές της BNULL. Μια σημαντική τιμή για ανεπηρέαστη οδήγηση είναι η τιμή της μέγιστης επιτάχυνσης. Αυτή η τιμή εξαρτάται από τις δυνατότητες του οχήματος και από τους οδηγούς που θα χρησιμοποιούν τις δυνατότητες αυτές. Η μέγιστη δυνατή επιτάχυνση ενός δεδομένου τύπου οχήματος είναι μία συνάρτηση από την πραγματική ταχύτητα και τη μέγιστη ταχύτητα. Οι οδηγοί δύνανται να χρησιμοποιήσουν την επιτάχυνση που εξαρτάται από την επιθυμητή τους ταχύτητα και τη σχέση μεταξύ της επιθυμητής ταχύτητας και της πραγματικής ταχύτητας. Για βαρέα οχήματα η μέγιστη επιτάχυνση εξαρτάται από τη δύναμη του κινητήρα σε σχέση με το φορτίο. Στο μοντέλο η μέγιστη επιτάχυνση υπολογίζεται:

Για επιβατικά οχήματα:

$$BMAX := BMAXmult * (V_{MAX} - VFaktorV) \quad [2.38]$$

$$FaktorV := \frac{V_{MAX}}{V_{DES} + FAKTORV_{MAX} * (V_{MAX} - V_{DES})}$$

Για βαρέα οχήματα:

$$BMAX := MIN(2.5, \left(\frac{-BMAXadd + BMAXmult * KWperTo}{e^{(-BMAXvadd - AMAXvmultKWperTo)}} \right)) \quad [2.39]$$

Όπου

V_{max}	η μέγιστη ταχύτητα
V_{DES}	η επιθυμητή ταχύτητα
V	η πραγματική ταχύτητα,
$KWperTo$	η δύναμη του κινητήρα σε KW ανά τόνο.

Όλα τα άλλα στοιχεία είναι παράγοντες βαθμονόμησης.

Διαδικασία προσέγγισης

Υπερβαίνοντας το κατώφλι του SDV ο οδηγός ενσυνείδητα αντιλαμβάνεται ότι προσεγγίζει ένα πιο αργό όχημα. Μετά από μια σύντομη καθυστέρηση λόγω φυσικής αντίδρασης θα αρχίσει να επιβραδύνει προσπαθώντας να μειώσει την ταχύτητά του στην ταχύτητα του προπορευόμενου οχήματος πάντα διατηρώντας μια απόσταση μεγαλύτερη από ABX. Η κινηματική εξίσωση για επιβράδυνση σε έναν κινούμενο στόχο είναι:

$$B(r) := \frac{1}{2} \frac{DV^2}{ABX - DX} + B(I-1) \quad [2.40]$$

Όπου

DV την πραγματική διαφορά ταχύτητας

DX την πραγματική απόσταση

ABX την επιθυμητή μικρότερη ταχύτητα

B(I-1) την επιτάχυνση του προπορευόμενου οχήματος

Οι οδηγοί δεν θα συμπεριφερθούν με αυτό το ντετερμινιστικό τρόπο. Η ανθρώπινη συμπεριφορά κατανέμεται φυσικά ανάλογα με την εκτίμηση και τις οδηγικές ικανότητες. Αυτό θα μπορούσε να μοντελοποιηθεί μεταβάλλοντας τις εκτιμώμενες τιμές των DX, DV και B(I-1). Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί μεταβάλλοντας την αντικειμενικά υπολογισμένη τιμή B(I-1). Το σφάλμα της ανθρώπινης εκτίμησης αντιπροσωπεύεται προσθέτοντας έναν μικρό όρο στο B(I).

$$B(I)_{human} := B(I) + \frac{(1 - RND2(I)) * (1 - 2 * NRND)}{R(I)} \quad [2.41]$$

Η ανθρώπινη ικανότητα εκτίμησης αντιπροσωπεύεται από την RDN2(I): όσο καλύτερα ένας οδηγός εκτιμά την σχετική κίνηση του προπορευόμενου οχήματος, τόσο μεγαλύτερη η RND2(I) και τόσο μικρότερος ο προστιθέμενος όρος. Το σφάλμα εκτίμησης μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Αυτό μοντελοποιείται από ένα πολλαπλασιαστικό όρο και την ανεξάρτητη οδηγική παράμετρο NRND. Η R(I) αντιπροσωπεύει μια διαδικασία εκμάθησης κατά τη διάρκεια ενσυνείδητης προσέγγισης: το σφάλμα εκτίμησης εξαρτάται από τη διάρκεια διαδικασίας προσέγγισης. Όσο περισσότερο ο οδηγός επιβραδύνει, τόσο καλύτερα μπορεί να εκτιμήσει τη κίνηση του προπορευόμενου οχήματος. Το R(I) αυξάνει σε κάθε δευτερόλεπτο.

Η μέγιστη δυνατή επιβράδυνση εξαρτάται από τις δυνατότητες του οχήματος, τη θέληση των οδηγών και την κατάσταση του δρόμου. Η συνάρτηση της πραγματικής ταχύτητας υπάρχει και μοντελοποιείται για διαφορετικούς τύπους οχημάτων:

$$BMIN := -BMINadd - BMINmult * RND3(I) + BMINVmultV \quad [2.42]$$

Με RND3(I) να αντιπροσωπεύει τη φυσικά κατανομημένη διακύμανση των δυνατοτήτων των οχημάτων και τη θέληση των οδηγών ή την ικανότητα να τις χρησιμοποιήσουν.

Διαδικασία ακολουθίας

Ο οδηγός ακολουθεί το προπορευόμενο όχημα με περίπου την ίδια ταχύτητα. Δεν αντιδράει ενσυνείδητα στις κινήσεις του προπορευόμενου οχήματος αλλά προσπαθεί να διατηρήσει χαμηλή επιτάχυνση. Αυτό αντιπροσωπεύεται από τη χαμηλή τιμή της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης. Η BNULL χρησιμοποιείται σαν θετική και αρνητική επιτάχυνση και διατηρείται σαν επιτάχυνση σταθερή μέχρι ένα από τα κατώφλια των CLDV, OPDV, ABX ή SDX να ξεπεραστούν.

Πέδηση έκτακτης ανάγκης

Μια ξαφνική επιβράδυνση ενός προπορευόμενου οχήματος μπορεί να προκαλέσει μια επικίνδυνη κατάσταση στο όχημα που ακολουθεί καθώς η μεταξύ τους απόσταση πιθανών να γίνει μικρότερη από την μικρότερη δυνατή απόσταση. Ο οδηγός θα αντιδράσει προσπαθώντας να αποφύγει ένα ατύχημα και θα προσπαθήσει να αποκτήσει πάλι μια απόσταση μεγαλύτερη από τη μικρότερη δυνατή απόσταση. Αυτό μοντελοποιείται υπολογίζοντας την επιβράδυνση ως το άθροισμα των δύο κύριων όρων:

$$B(I) := \frac{1}{2} * \frac{DV^2}{AX - DX} + B(I - 1) + BMIN \frac{ABX - DX}{BX} \quad [2.43]$$

Ο πρώτος όρος αντιπροσωπεύει την κινηματική σχέση για την επιβράδυνση σε έναν κινούμενο στόχο. Αυτός ο στόχος τώρα είναι η απόσταση AX, καθώς η απόσταση ABX έχει ήδη ξεπεραστεί. Ο τελευταίος όρος αντιπροσωπεύει μια τιμή της επιβράδυνσης που εξαρτάται από το πόσο πολύ έχει ξεπεραστεί η επιθυμητή απόσταση. Για πραγματική απόσταση DX ίση με την επιθυμητή μικρότερη απόσταση ABX ο όρος αυτός είναι μηδέν. Αυξάνει γραμμικά σε μέγιστη επιβράδυνση BMIN για απόσταση απόλυτα ίση με τη μικρότερη απόσταση AX. Η ανθρώπινη εκτίμηση θεωρείται με τον ίδιο τρόπο ως μία κανονική κλειστή συμπεριφορά προσθέτοντας έναν όρο στην αντικειμενικά υπολογισμένη B(I) αντιπροσωπεύοντας το σφάλμα εκτίμησης.

Μοντέλο Αλλαγής Λωρίδας

Το μοντέλο ανθρώπινης συμπεριφοράς αλλαγής λωρίδας που εφαρμόστηκε στο MISSION είναι βασισμένο στις έρευνες και μετρήσεις των Willmann(1978) και του Sparmann (1978).

Ο Willmann (1968) ανέπτυξε ένα θεωρητικό πρότυπο που αντιπροσωπεύει τις ανθρώπινες διαδικασίες απόφασης που αφορούν την αλλαγή λωρίδας. Από τη στιγμή που και τα δύο είδη κίνησης οχημάτων βασίζονται σε ανθρώπινες αποφάσεις επηρεαζόμενες από την ανθρώπινη αντίληψη για τα περιβάλλοντα οχήματα, και τα δύο μοντέλα έχουν την ίδια βάση: την αντιπροσώπευση της ανθρώπινης αντίληψης των σχετικών κινήσεων των οχημάτων. Επίσης, το μοντέλο αλλαγής λωρίδας έχει καθοριστεί λαμβάνοντας υπόψη το πρότυπο ακολουθίας οχημάτων. Το μοντέλο επαληθεύτηκε μέσω μακροσκοπικών μετρήσεων.

Εκτεταμένες μετρήσεις διεξήχθησαν από τον Sparmann(1978) με σκοπό να εξεταστεί η ανθρώπινη συμπεριφορά κατά την αλλαγή λωρίδας σε δρόμους μονής κατεύθυνσης

μικροσκοπικά και μακροσκοπικά. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν για τη βελτίωση του μοντέλου, την βαθμονόμηση και την επαλήθευσή του.

Η επιλογή αλλαγής λωρίδας επηρεάζεται από τις επιθυμίες του οδηγού κατά την οδήγηση, για παράδειγμα από την αντίληψη μιας συγκεκριμένης ταχύτητα ταξιδιού που εκφράζεται σαν τη σχετική επιθυμητή ταχύτητα του οδηγού και από τις πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας στις διαφορετικές λωρίδες. Η ανθρώπινη απόφαση για αλλαγή λωρίδας είναι αποτέλεσμα μιας σύνθετης διαδικασίας αποφάσεων. Καθορίζεται σε μοντέλο από ένα ιεραρχικό σχήμα. Κάθε οδηγός «απαντάει» τις ακόλουθες ερωτήσεις για κάθε κατάσταση οδήγησης:

1. Υπάρχει επιθυμία αλλαγής λωρίδας;
2. Είναι ικανοποιητική η κατάσταση κυκλοφορίας στην γειτονική λωρίδα;
3. Είναι δυνατή η κίνηση σε μία διπλανή λωρίδα;
4. Αν όλες οι παραπάνω ερωτήσεις απαντηθούν θετικά τότε θα γίνει αλλαγή λωρίδας.

Η πρώτη ερώτηση αφορά τη διάκριση ανάμεσα στις αλλαγές από μια αργή σε μία γρήγορη λωρίδα και στις αλλαγές από μία γρήγορη σε μια πιο αργή λωρίδα. Η επιθυμία για αλλαγή σε πιο γρήγορη λωρίδα είναι απόρροια οχλήσεων στη λωρίδα κίνησης που προκαλούνται από ένα πιο αργό όχημα που προπορεύεται επηρεάζοντας την κίνηση του εξεταζόμενου οχήματος. Ο βαθμός της όχλησης είναι συνάρτηση της διαφοράς μεταξύ της πραγματικής ταχύτητας του προπορευόμενου οχήματος και της επιθυμητής ταχύτητας του εξεταζόμενου οχήματος. Η επιθυμία για αλλαγή σε λωρίδα χαμηλότερης ταχύτητας από τον γενικό κανόνα για κίνηση στα δεξιά ή από την ανάγκη για κίνηση εκτός οδού έτσι ώστε ένα ταχύτερο όχημα να προσπεράσει.

Η αλλαγή σε γρηγορότερη λωρίδα εκτιμάται να είναι ευνοϊκότερη, αν το όχημα δεν διακόπτεται από ένα νέο προπορευόμενο όχημα σε αυτή τη λωρίδα. Η αλλαγή σε γρηγορότερη λωρίδα εκτιμάται ως επωφελής παρότι ένα όχημα σε αυτή τη λωρίδα διακόπτει την κίνησή του, αν το επίπεδο διακοπής στην παρούσα λωρίδα υπερβαίνει κάποια συγκεκριμένα όρια και αν η ταχύτητα του νέου προπορευόμενου οχήματος είναι θεωρητικά υψηλότερη από τη ταχύτητα του παρόντος προπορευόμενου οχήματος. Η αλλαγή σε πιο αργή λωρίδα είναι αποδεκτή στην περίπτωση που το όχημα είναι ικανό να κινηθεί στην λωρίδα αυτή χωρίς να διακόπτεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό όριο.

Αλλαγές και προς γρήγορες και προς αργές λωρίδες είναι πιθανές μόνο, αν δεν προκύπτει καμία επικίνδυνη κατάσταση από τον ελιγμό. Η ασφάλεια αξιολογείται από την εκτίμηση των αποστάσεων και διαφορών ταχυτήτων των προπορευόμενων και των ακολουθούντων οχημάτων στις αντίστοιχες λωρίδες.

Όπως προαναφέρθηκε, όλες οι ανθρώπινες αποφάσεις βασίζονται στην ανθρώπινη αντίληψη. Ένα ανάλογο μοντέλο αντίληψης χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει την ανθρώπινη εκτίμηση των αποστάσεων και των διαφορών ταχυτήτων κατά τις αποφάσεις για αλλαγή λωρίδας ή ακολουθία οχήματος. Στα μοντέλα ακολουθούντος οχήματος μια επιρροή ενός πιο αργού προπορευόμενου οχήματος καθορίζεται από την απόσταση SDX και το αντιληπτό κατάφλι για διαφορές ταχυτήτων SDV. Για το ανθρώπινο μοντέλο απόφασης αλλαγής λωρίδας αυτού του είδους η επιρροή

ονομάζεται άμεση επιρροή. Ένας οδηγός παρατηρεί τα οχήματα που τον περιβάλλουν συνεχώς, τις αποστάσεις και τις διαφορές ταχυτήτων. Παρατηρεί τις αλλαγές και επίσης είναι ικανός να εκτιμήσει πώς θα εξελιχθούν οι αλλαγές. Μπορεί να θεωρήσει ενδεχόμενες μελλοντικές καταστάσεις για τις αποφάσεις αλλαγής λωρίδας. Αυτό αντιπροσωπεύεται στο μοντέλο καθορίζοντας ένα επιπλέον είδος επιρροής που ονομάζεται ενδεχόμενη επιρροή.

Η ενδεχόμενη επιρροή αντιπροσωπεύει όλες αυτές τις περιπτώσεις που ο οδηγός δεν έχει επηρεαστεί ακόμα από ένα προπορευόμενο όχημα, για παράδειγμα επειδή δεν μπορεί να εκτιμήσει την διαφορά ταχύτητας εκείνη τη στιγμή, αλλά όταν υποθέτει ότι μπορεί να υπάρξει μια επιρροή στο κοντινό μέλλον. Νέα κατώφλια SDXP και SDVP οριοθετούν την περιοχή της ενδεχόμενης επιρροής σαν πολλαπλάσια των κατωφλιών που οριοθετούν την άμεση επιρροή.

$$\begin{aligned} SDXP &:= AX + FX * BX \\ SDVP &:= FV * SDV \end{aligned} \quad [2.44]$$

Η έμμεση επιρροή είναι πιο ευαίσθητη από την άμεση επιρροή. Στις ανθρώπινες αποφάσεις αλλαγής λωρίδας η έμμεση επιρροή χρησιμοποιείται σε σχέση με την άμεση επιρροή.

Οι πολλαπλασιαστικοί παράγοντες FX και FV διαφέρουν, σύμφωνα με το ποιο από τα περιβάλλοντα οχήματα εξετάζεται. Αυτή η διαφορά θεωρεί μια διαφορετική ανθρώπινη εκτίμηση της απόστασης και της διαφοράς ταχύτητας των οχημάτων που προπορεύονται και ακολουθούν. Ο τελευταίος μπορεί να είναι ορατός μόνο από τον καθρέφτη. Επίσης θεωρεί διαφορετική αίσθηση για το επίπεδο διακοπής που προκαλείται από οχήματα σε διαφορετικές λωρίδες.

Ο Sparmann καθόρισε διαφορετικούς τύπους αλλαγών λωρίδας, τέσσερις τύπους αλλαγής από λωρίδες υψηλής ταχύτητας και δύο τύπους αλλαγών προς λωρίδες χαμηλής ταχύτητας χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες παραμέτρους:

Για αλλαγές σε λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας:

TR: Διαχωρισμός αντίδρασης: διάστημα προπορευόμενου οχήματος και ακολουθούντος μεταξύ του οχήματος που αλλάζει λωρίδα και του μπροστινού οχήματος στη λωρίδα που βρίσκεται

LR: Απόσταση αντίδρασης: Χωρικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος και ακολουθούντος μεταξύ του οχήματος που αλλάζει λωρίδα και του μπροστινού οχήματος στη λωρίδα που βρίσκεται

LEAD: Χρονικός διαχωρισμός προπορευόμενου οχήματος και ακολουθούντος μεταξύ του οχήματος που αλλάζει λωρίδα και του μπροστινού οχήματος στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας.

LAG: Χρονικός διαχωρισμός μεταξύ εμπρόσθιων μερών μεταξύ του οχήματος αλλαγής λωρίδας και του οχήματος που ακολουθεί στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας.

GAP: Χρονικός διαχωρισμός μεταξύ εμπρόσθιου και οπίσθιου μέρους μεταξύ του προπορευόμενου οχήματος και του οχήματος που ακολουθεί στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας.

Για αλλαγές σε λωρίδα χαμηλότερης ταχύτητας:

TR: Διαχωρισμός αντίδρασης: Χρονικός διαχωρισμός εμπρόσθιου μέρους του οχήματος που αλλάζει λωρίδα και του οχήματος που ακολουθεί στη λωρίδα χαμηλότερης ταχύτητας.

LR: Απόσταση αντίδρασης: Χωρικός διαχωρισμός εμπρόσθιου μέρους του οχήματος που αλλάζει λωρίδα και του οχήματος που ακολουθεί στη λωρίδα χαμηλότερης ταχύτητας

GAP: Χρονικός διαχωρισμός μεταξύ εμπρόσθιου και οπίσθιου μέρους οχήματος μεταξύ του προπορευόμενου οχήματος και του οχήματος που ακολουθεί στη λωρίδα χαμηλότερης ταχύτητας.

TB: Χρονικός διαχωρισμός μεταξύ των εμπρόσθιων μερών οχημάτων που αλλάζει λωρίδα και που ακολουθεί στην ίδια λωρίδα.

Και για τις δύο περιπτώσεις:

TS: Διάρκεια ελιγμού αλλαγής λωρίδας σε δευτερόλεπτα

LS: Μήκος για πραγματοποίηση ελιγμού αλλαγής λωρίδας σε μέτρα

Οι τέσσερις τύποι αλλαγής λωρίδας σε λωρίδες υψηλότερης ταχύτητας είναι:

Ελεύθερες αλλαγές λωρίδας: Το όχημα που αλλάζει λωρίδα επηρεάζεται μόνο από το μπροστινό όχημα στη λωρίδα που βρίσκεται.

Αλλαγές τύπου LEAD: Το προπορευόμενο όχημα στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας είναι πιο κοντά στο όχημα που αλλάζει λωρίδα απ' ό,τι το προπορευόμενο όχημα στη λωρίδα στην ίδια λωρίδα και το όχημα που ακολουθεί στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας δεν επηρεάζεται.

Αλλαγές τύπου LAG: Το όχημα που ακολουθεί στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας επηρεάζεται από τη πραγματοποίηση ελιγμού και το προπορευόμενο στην ίδια λωρίδα είναι πιο κοντά από ό,τι το προπορευόμενο όχημα στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας.

Αλλαγές τύπου GAP: Το όχημα που ακολουθεί στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας επηρεάζεται μόνο από τον ελιγμό και το προπορευόμενο όχημα στη λωρίδα υψηλότερης ταχύτητας επηρεάζει το όχημα που αλλάζει λωρίδα. Ο τύπος αυτός αποτελεί συνδυασμό των τύπων αλλαγής LEAD και LAG.

Οι τέσσερις τύποι αλλαγής λωρίδας σε λωρίδες χαμηλότερης ταχύτητας είναι:

Ελεύθερες αλλαγές λωρίδας: Ο ελιγμός δεν επηρεάζεται από το όχημα που ακολουθεί στη λωρίδα

Αλλαγή τύπου ACCEL: Το όχημα που ακολουθεί στη λωρίδα επηρεάζει το όχημα που αλλάζει λωρίδα.

2.3.3. Η λογική ακολουθώντας οχήματος του VISSIM

Το πρόγραμμα VISSIM χρησιμοποιεί ένα φυσικό μοντέλο ακολουθώντας οχήματος το οποίο βασίζεται στο μοντέλο που αναπτύχθηκε από τον Wiedermann (1974), το οποίο καθορίζει τα όρια αντίληψης των οδηγών και τα καθεστώτα που ισχύουν βάσει των συγκεκριμένων ορίων. Επίσης υπάρχει το μοντέλο ακολουθώντας οχήματος με την ονομασία Wiedermann-99 στο πρόγραμμα VISSIM, το οποίο παρουσιάζει σε αρκετά σημεία ομοιότητες με το μοντέλο του Wiedermann-74 με τη μόνη διαφορά ότι μερικά όρια στο μοντέλο του 99 καθορίζονται με έναν πιο απλό τρόπο για να προσομοιωθούν ευκολότερα οι συνθήκες ελεύθερης ροής. Επίσης τα περισσότερα όρια του μοντέλου του 99 καθορίζονται με μεγαλύτερη ευκολία από το χρήστη.

2.3.4. Η λογική αλλαγής λωρίδας στο VISSIM

Το μοντέλο αλλαγής λωρίδας που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα VISSIM αναπτύχθηκε από τους Willmann και Sparmann (1978). Στο μοντέλο του Sparmann, η συμπεριφορά για αλλαγή λωρίδας χωρίζεται σε δύο τύπους:

- ◆ Αλλαγή λωρίδας προς ταχύτερη λωρίδα
- ◆ Αλλαγή λωρίδας προς πιο αργή λωρίδα

Για την πραγματοποίηση αλλαγής λωρίδας αξιολογούνται τρεις ερωτήσεις: Αν υπάρχει θέληση από τον οδηγό για πραγματοποίηση αλλαγής λωρίδας, αν η παρούσα οδηγική κατάσταση στην διπλανή λωρίδα είναι καλύτερη και αν η πραγματοποίηση ελιγμού για αλλαγή λωρίδας είναι εφικτή (Kan and Bhan, 2007). Ομοίως στο πρόγραμμα VISSIM, υπάρχουν δύο τύποι αλλαγής λωρίδας: ελεύθερες αλλαγές λωρίδας και υποχρεωτικές αλλαγές λωρίδας. Οι ελεύθερες αλλαγές λωρίδας πραγματοποιούνται όταν ένα όχημα αναζητεί περισσότερο χώρο και υψηλότερη ταχύτητα. Οι υποχρεωτικές αλλαγές λωρίδας πραγματοποιούνται όταν ένα όχημα χρειάζεται να φτάσει στο επόμενο συνδεδημένο οδικό τμήμα ώστε να μεταβεί στον επιθυμητό σύνδεσμο. Ανεξαρτήτως τύπου αλλαγής λωρίδας, το πρώτο βήμα που πραγματοποιούν τα οχήματα στο πρόγραμμα VISSIM είναι η αναζήτηση ενός ικανού χρονικού διαχωρισμού για την πραγματοποίηση ελιγμού (PTV, 2007).

2.3.5. Το λογισμικό του VISSIM

Το μοντέλο ακολουθώντας οχήματος που χρησιμοποιείται στο VISSIM είναι μια τροποποιημένη έκδοση των δύο μοντέλων που αναπτύχθηκαν από τον Wiedermann, τα μοντέλα Wiedermann-74 και Wiedermann-99 και ανήκει σε μία οικογένεια μοντέλων γνωστή μοντέλα σημείου ενέργειας (action-point). Η οικογένεια αυτή των μοντέλων χρησιμοποιεί όρια ή σημεία ενέργειας σε σημεία όπου ο οδηγός αλλάζει την οδηγική του συμπεριφορά. Οι οδηγοί αντιδρούν σε αλλαγές στην απόσταση ή στη σχετική ταχύτητα μόνο όταν υπερβούν τα όρια αυτά. Τα όρια και τα καθεστώτα που διαμορφώνονται παρουσιάζονται σε διαγράμματα σχετικής ταχύτητας-απόστασης για ζεύγη προπορευόμενου και ακολουθώντας οχήματος.

Στο μοντέλο του Wiedermann-74, η επιθυμητή απόσταση είναι ένα διάστημα ($ABX \leq s \leq SDX$) αντί για μία τιμή. Οι αναμενόμενες τιμές των παραμέτρων ABX και SDX υπολογίζονται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$E(AX) = s_j + AX_{add} + AX_{mult} * E(RND1_n) = s_j + 0.5 \approx s_j \quad [2.45]$$

$$E(ABX) = E(AX) + E(BX)\sqrt{u} = s_j + E(BX)\sqrt{u}, u \leq u_{desired} \quad [2.46]$$

$$E(SDX) = s_j + E(BX) * E(EX)\sqrt{u} \quad u \leq u_{desired} \quad [2.47]$$

Όπου

$$BX = BX_{add} + BX_{mult} * RND1_n \quad [2.48] \text{ και}$$

$$EX = EX_{add} + BX_{mult} * (NRND - RND2_n) \quad [2.49]$$

Εδώ οι $RND1_n$ και $RND2_n$ είναι κανονικά κατανομημένες τυχαίες μεταβλητές οι οποίες καθορίζονται από το χρήστη και υπάρχει μια καθορισμένη μέση τιμή στο 0.5 και μια σταθερή διακύμανση της τάξης του 0.15. Η $NRND$ είναι επίσης μια κανονικά κατανομημένη τυχαία μεταβλητή με μέση τιμή της τάξης του 0.5 και διακύμανση της τάξης του 0.15. Η μεταβλητή $E(SDX)$ κυμαίνεται μεταξύ 1.5 και 2.5 φορές η αναμενόμενη τιμή της μεταβλητής ABX ($E(ABX)$), όπου οι παράμετροι βαθμονόμησης BX_{add} , BX_{mult} , EX_{add} , και EX_{mult} καθορίζονται από το χρήστη. Οι εξισώσεις δείχνουν ότι οι παράμετροι ABX και SDX δεν έχουν κάποιο περιορισμό και γι αυτό το λόγο πρέπει να εισαχθεί ένας περιορισμός για τη μέγιστη ταχύτητα ($u \leq u_{desired}$).

Δεδομένου ότι η επιθυμητή ταχύτητα δεν παρουσιάζει βαθμό ευαισθησίας στις κυκλοφοριακές συνθήκες ($u_{desired} = u_c = u_f$), η σταθερή οδηγική συμπεριφορά για περιπτώσεις μη συμφόρησης έχει ένα ανώτατο όριο.

Το λογισμικό του VISSIM διαθέτει επίσης και ένα δεύτερο πρότυπο ακολουθούντος οχήματος, το μοντέλο Wiedemann-99. Το μοντέλο περιγράφεται από τη σχέση :

$$u_n(t + \Delta t) = \min \left\{ \begin{array}{l} u_n(t) + 3.6 \left(CC8 + \frac{CC8 - CC9}{80} u_n(t) \right) \Delta t \\ 3.6 \frac{s_n(t) - CC0 - L_{n-1}}{u_n(t)} \end{array} , u_f \right\} \quad [2.50]$$

Το μοντέλο αυτό υπολογίζει την ταχύτητα του οχήματος ως το ελάχιστο μεταξύ δύο ταχυτήτων: της ταχύτητας που βασίζεται στους περιορισμούς κατά την επιτάχυνση και την ταχύτητα που βασίζεται στις σταθερές συνθήκες του μοντέλου ακολουθούντος οχήματος. Το μοντέλο θεωρεί ένα κινηματικό μοντέλο οχήματος με μια γραμμική σχέση ταχύτητας-επιτάχυνσης όπου $CC8$ είναι η μέγιστη επιτάχυνση του οχήματος για μηδενική ταχύτητα και $CC9$ η μέγιστη επιτάχυνση του οχήματος για ταχύτητα 80km/h.

Το λογισμικό του VISSIM επιτρέπει επίσης στον χρήστη να εισάγει ένα κινηματικό μοντέλο οχήματος το οποίο μπορεί να υπερβαίνει το γραμμικό. Με αυτόν τον τρόπο

δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να τροποποιεί τη σχέση μέγιστης ταχύτητας και επιτάχυνσης.

Το δεύτερο μέρος της εξίσωσης [2.50] υπολογίζει την επιθυμητή ταχύτητα ενός οχήματος χρησιμοποιώντας ένα γραμμικό μοντέλο ακολουθώντας οχήματος και οι σταθερές του μοντέλου CC0 και CC1 υπολογίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις :

$$CC0 = \frac{1000}{k_j} - \bar{L}$$

$$CC1 = 3600 \left(\frac{1}{q_c} - \frac{1}{k_j u_f} \right) \quad [2.51]$$

Όπου

CC0 η απόσταση μεταξύ του εμπρόσθιου προφυλακτήρα του οχήματος και του οπίσθιου προφυλακτήρα του προπορευόμενου οχήματος

CC1 ο παράγοντας οδηγικής ευαισθησίας

Η απόσταση CC0 ισούται με την διαφορά της πυκνότητας κυκλοφορίας από το μέσο μήκος οχήματος. Ο παράγοντας οδηγικής συμπεριφοράς CC1 μπορεί να βαθμονομηθεί χρησιμοποιώντας τρεις μακροσκοπικές παραμέτρους: την κυκλοφοριακή ικανότητα ου οδικού τμήματος, την πυκνότητα και την ταχύτητα ελεύθερης ροής.

2.3.6.Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του προγράμματος

Στα πλεονεκτήματα του προγράμματος VISSIM κατατάσσονται τα εξής (Κουκουτίμπας, 2011):

- ◆ Εύκολη ενσωμάτωση αυτοκινητοδρόμων και αστικών οδών
- ◆ Επιτρέπει την προσομοίωση σηματοδότησης σταθερού χρόνου αλλά και επενεργούμενης από την κυκλοφορία
- ◆ Είναι αρκετά εύχρηστο για τη διαχείριση δικτύων μέσων μαζικής μεταφοράς
- ◆ Επιτρέπει την προσομοίωση σιδηροδρομικών συστημάτων και συστήματα BRT στην κύρια ροή κυκλοφορίας
- ◆ Οι παράμετροι συμπεριφοράς του οδηγού ρυθμίζονται για να παρέχουν ευελιξία στη βαθμονόμηση
- ◆ Παρέχει προβολή τριών διαστάσεων (3D) από οποιαδήποτε θέση και γωνία κατά την προσομοίωση
- ◆ Παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής στοιχείων περιβάλλοντος για πιο ρεαλιστική απόδοση του δικτύου
- ◆ Δεν υπάρχουν περιορισμοί στον αριθμό των κόμβων, των συνδέσμων και των οχημάτων
- ◆ Πραγματοποιείται δυναμικός καταμερισμός της κυκλοφορίας με δυνατότητα χρήσης μητρών προέλευσης-προορισμού
- ◆ Παρέχει τη δυνατότητα για χρήση GIS και ορθοφωτοχαρτών για τη δημιουργία υποβάθρου

- ◆ Παρέχει τη δυνατότητα αυτόματης επίλυσης σηματοδοτούμενου κόμβου

Από την άλλη, στα μειονεκτήματα του προγράμματος κατατάσσονται τα εξής (Κουκουτίμπας, 2011):

- ◆ Δύσκολη εκμάθηση λόγω πολυπλοκότητας των χαρακτηριστικών του δικτύου
- ◆ Δεν δύναται να προσομοιώσει άμεσα κυκλικούς κόμβους
- ◆ Το κόστος αγοράς του λογισμικού είναι υψηλό
- ◆ Η προσομοίωση και η ανάλυση βασίζεται σε θεωρίες αποδοχής διάκενου και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα μπορούν να διαφέρουν από αυτά του Highway Capacity Manual.

2.3. Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων

2.3.1. Γενικά περί πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

Πέραν των συμβατικών πινακίδων για τη σηματοδότηση, τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια εισαγωγής νέων συστημάτων στην διαχείριση των οδικών δικτύων . Πιο συγκεκριμένα, οι συμβατικές πινακίδες , που παρέχουν σταθερή πληροφόρηση για αμετάβλητες συνθήκες που επικρατούν , όπως η κατάσταση του οδικής υποδομής ή κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003), ενισχύονται με συστήματα μεταβλητής σήμανσης. Τέτοια συστήματα είναι και οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, οι οποίες είναι συσκευές μεταβλητής σήμανσης που μπορούν να προγραμματιστούν και τοποθετούνται σε κομβικές θέσεις σε αυτοκινητόδρομους ή σε υπεραστικές οδούς (Lai, 2009). Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων παρέχουν πληροφόρηση , η οποία εναλλάσσεται ανάλογα με σχετικές με γεγονότα που έχουν συμβεί ή μη προβλεπόμενες από τον οδηγό κυκλοφοριακές συνθήκες. Σημαντική είναι η παροχή βοήθειας στους οδηγούς για τον περιορισμό του άγχους κατά την οδήγηση αφού μέσω των μηνυμάτων των πινακίδων μπορεί να επιλεγεί καταλληλότερη διαδρομή μακριά από κυκλοφοριακή συμφόρηση ή κάποιο άλλο συμβάν που μπορεί να παρεμποδίζει την κυκλοφορία.

2.3.2. Κατασκευαστικά στοιχεία πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

Η εγκατάσταση μιας πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων μπορεί να είναι επιτόπια αλλά μπορεί να περιλαμβάνει και εγκαταστάσεις για την εξ αποστάσεως διαχείρισή της. Όντας επιφορτισμένη με την πληροφόρηση των οδηγών, το πιο βασικό μέρος της εξοπλισμού είναι η οθόνη, στην οποία γίνεται και η προβολή των μηνυμάτων (Καραβάς, 2013) . Η οθόνη απεικόνισης τοποθετείται εντός ενός προστατευτικού περιβλήματος, για την προστασία από εξωγενείς παράγοντες, κατασκευασμένο με συγκεκριμένα υλικά για τις διάφορες καιρικές συνθήκες και κατάλληλο σύστημα εξαερισμού για την αποφυγή υπερθέρμανσης (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003).

Όσον αφορά την απεικόνιση των μηνυμάτων στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τεχνολογίες (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003):

- ◆ **Περιστρεφόμενοι δίσκοι (flip disk):** Η σύνθεση του μηνύματος σε αυτή τη τεχνολογία γίνεται με τη χρήση δίσκων διαφόρων σχημάτων με μια αντανακλαστική φωσφορίζουσα επικάλυψη στη μια τους πλευρά. Με την περιστροφή των κατάλληλων δίσκων αναδεικνύεται το κατάλληλο μήνυμα. Βασικό μειονέκτημα είναι η απουσία φωτισμού στο σύστημα και η ανάγκη εγκατάστασης συστήματος φωτισμού παραπλεύρως για τις βραδινές ώρες.
- ◆ **Δίοδοι τύπου LED:** Το μήνυμα σε αυτού του τύπου τις οθόνες δημιουργείται ως αποτέλεσμα σύνθεση μια ή περισσότερων λυχνιών τύπου LED. Οι κατάλληλες λυχνίες για την παραγωγή του μηνύματος διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα να φωτοβολούν. Δίοδοι τέτοιου τύπου χρησιμοποιούνται και από τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων της πόλης της Αθήνας.
- ◆ **Οπτικές ίνες (fiber optics):** Στη συγκεκριμένη τεχνολογία το μήνυμα είναι αποτέλεσμα λαμπτήρων που φωτίζουν ταυτόχρονα πολλά εικονοστοιχεία σε συνδυασμό με το άνοιγμα ή το κλείσιμο των κατάλληλων κλειστρών.

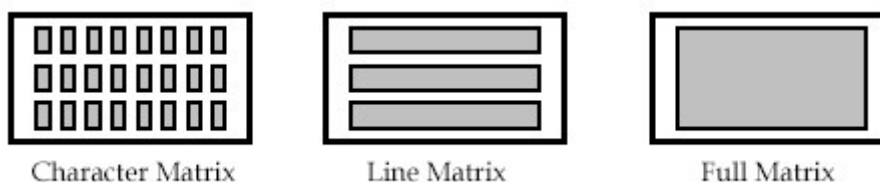
Ανάμεσα σε κάθε εικονοστοιχείο είναι τοποθετημένες δέσμες οπτικών ινών που ελέγχουν και τη φωτοβολία των εικονοστοιχείων.

- ◆ Υβριδικές τεχνολογίες: Η συγκεκριμένη τεχνολογία αποτελεί έναν συνδυασμό των προαναφερθέντων κατηγοριών παρέχοντας ορατά και ευανάγνωστα μηνύματα, αλλά χαρακτηρίζεται και από τα μειονεκτήματα των τεχνολογιών όπως οι αυξημένες απαιτήσεις συντήρησης που έχουν συστήματα με οπτικές ίνες ή ανακλαστικές επιφάνειες που ξεθωριάζουν από τον ήλιο όπως στην τεχνολογία περιστρεφόμενων δίσκων.

Παράλληλα, οι χαρακτήρες του κειμένου του μηνύματος που προβάλλονται σε ορισμένες περιπτώσεις ενισχύονται με τον χρωματισμό τους, στο πίσω μέρος του μηνύματος (φόντο) ή των χαρακτήρων. Σύμφωνα με τον Pastoor (1990) η εισαγωγή χρώματος βελτιώνει την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή αποτελεσματικά και κατ' επέκταση όταν εφαρμόζεται στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων με τον κατάλληλο συνδυασμό μπορεί να βοηθήσει στην πληροφόρηση του οδηγού (Sanders και McCormick, 1993).

Εκτός από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την προβολή των μηνυμάτων στην οθόνη των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων, υπάρχει κατηγοριοποίηση ανάλογα με τη διάταξη του μηνύματος. Οι εφαρμόσιμες διατάξεις είναι οι παρακάτω (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003):

- ◆ Διάταξη χαρακτήρα (character matrix): Σε αυτή τη διάταξη γίνεται ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων ανά εικονιζόμενο χαρακτήρα που μπορεί να είναι είτε κείμενο είτε αριθμοί. Ο μέγιστος αριθμός γραμμών είναι τρεις ενώ σε κάθε γραμμή μπορούν να απεικονιστούν από 8 έως 16 χαρακτήρες. (Εικόνα 2.5, αριστερή εικόνα)
- ◆ Διάταξη γραμμής(line matrix) : Σε αυτή τη διάταξη γίνεται ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων στη κάθε γραμμή της οθόνης. Και σε αυτή τη διάταξη συνήθως ο μέγιστος αριθμός γραμμών είναι 3 (Εικόνα 2.5, μεσαία εικόνα). Η συγκεκριμένη διάταξη γραμμής εφαρμόζεται και στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων του δικτύου της Αθήνας.
- ◆ Διάταξη πλήρους οθόνης (full matrix) : Στις οθόνες αυτού του είδους δεν υπάρχει περιορισμός στην ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων (Εικόνα 2.5, δεξιά εικόνα).



Εικόνα 2.5: Συνήθεις διατάξεις οθόνης πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων-Πηγή: Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003

Το συγκεκριμένο μέρος της εγκατάστασης μιας πινακίδας συμπληρώνεται από ένα σύστημα αυτόματης ρύθμισης της φωτεινότητας (dimming). Αναλυτικότερα υπάρχει ένα σύστημα που ρυθμίζει την φωτεινότητα των χαρακτήρων του μηνύματος με τη βοήθεια αισθητήρων. Με αυτόν τον τρόπο το προβαλλόμενο μήνυμα είναι

ευανάγνωστο από τους χρήστες ενός οδικού δικτύου ανεξαρτήτου καιρικών συνθηκών.

Το κουτί ελέγχου αποτελεί ένα ακόμα μέρος της εγκατάστασης μιας πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων. Ο ρόλος του συγκεκριμένου τμήματος αυτού είναι η συνεχής ρύθμιση του περιεχομένου της οθόνης απεικόνισης της πινακίδας. Σε αυτό μπορούν να υπάρχουν αποθηκευμένα μηνύματα αλλά να παρέχεται και η δυνατότητα σύνθεσης ενός μηνύματος από αρμόδιο προσωπικό με τη χρήση ηλεκτρολογίου. Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της έντασης της φωτεινότητας της οθόνης (dimming). Η συγκεκριμένη λειτουργία μπορεί να γίνει επί τόπου είτε εξ αποστάσεως. Στην περίπτωση που πραγματοποιείται έλεγχος της επικοινωνίας εξ αποστάσεως, γίνεται σύσταση ενός κέντρου διαχείρισης και ενός διαύλου επικοινωνίας που να το συνδέει με τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Το κέντρο διαχείρισης ελέγχει τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν και στη συνέχεια στέλνει τις κατάλληλες εντολές στο κουτί ελέγχου προκειμένου να προβληθεί το κατάλληλο μήνυμα. Ο έλεγχος εξ αποστάσεως αποτελεί την επιθυμητή μέθοδο διαχείρισης των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων.

2.3.3. Τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων

Οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων μπορούν να είναι σταθερές ή φορητές. Οι πρώτες αποτελούν μόνιμες εγκαταστάσεις ενώ οι δεύτερες τοποθετούνται προσωρινά παραπλεύρως της οδού ή σε υπηρεσιακά οχήματα σε μέρη που χρήζεται απαραίτητο, όπως προειδοποίηση για διεξαγωγή έργων στην οδό. Οι εικόνες 2.7 και 2.8 που ακολουθούν αποτελούν παραδείγματα σταθερών και φορητών πινακίδων αντίστοιχα.



Εικόνα 2.6: Σταθερή πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων



Εικόνα 2.7: Φορητή πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων

Οι σταθερές πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων γενικότερα διέπονται από συγκεκριμένες προδιαγραφές για την τοποθέτησή τους σε οδικά τμήματα. Κύριος στόχος είναι έγκαιρη ανάγνωση των μηνυμάτων που προβάλλονται στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων από τους οδηγούς προκειμένου να ενημερωθούν και πιθανώς προβούν σε αλλαγή διαδρομής με ή χωρίς την παροχή καθοδήγησης από το μήνυμα που προβάλλεται από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Μερικές φορές κρίνεται απαραίτητη η ανάγνωση ενός μηνύματος τουλάχιστον δύο φορές από τον οδηγό. Κατά κύριο λόγο η τοποθέτηση γίνεται σε κομβικά σημεία όπου μπορεί να πραγματοποιηθεί αλλαγή διαδρομής έγκαιρα. Η τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων συνίσταται να γίνεται σε ευθύγραμμα τμήματα για να εξασφαλίζεται ορατότητα μεταξύ οδηγού και πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων. Σύμφωνα με τις αμερικάνικες προδιαγραφές, η ορατότητα του μηνύματος θα πρέπει να είναι εφικτή από απόσταση τουλάχιστον 200 μέτρων ενώ σε αυτοκινητοδρόμους η απόσταση αυτή μπορεί να είναι τουλάχιστον 300 μέτρα. Η ύπαρξη της πινακίδας θα πρέπει να είναι αντιληπτή από τον οδηγό σε καλές καιρικές συνθήκες από απόσταση τουλάχιστον 800 μέτρων. Παράλληλα η κλίση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4% ενώ κατά κανόνα προτιμώμενες κλίσεις είναι μικρότερες από 1% (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003).

Σημαντικό στοιχείο κατά την τοποθέτηση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων είναι να μην παρεμποδίζεται η συμβατική σήμανση σε υπεραστικές οδούς και αυτοκινητοδρόμους. Η προτεινόμενη απόσταση για την αρμονική συνύπαρξη πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων και των υπόλοιπων διατάξεων σήμανσης και σηματοδότησης προτείνεται τουλάχιστον στα 250 μέτρα από αυτοκινητοδρόμους και τουλάχιστον στα 120 μέτρα στις υπόλοιπες υπεραστικές οδούς (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003).

Όσον αφορά την τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων ως προς την οδό ακολουθείται διαδικασία παρόμοια με αυτή της τοποθέτησης των συμβατικών πινακίδων. Σύμφωνα με τις αμερικάνικες προδιαγραφές οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων πρέπει να τοποθετούνται πάνω από την οδό με το κατώτατο όριο της διάταξης να είναι στα 5.1 μέτρα. Σε περίπτωση τοποθέτησης της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων παραπλεύρως της οδού, η διάταξη πρέπει να έχει ύψος

τουλάχιστον 2.1 μέτρα ενώ η ελάχιστη εγκάρσια απόσταση από το άκρο του οδοστρώματος να είναι 1.8 μέτρα. (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003).

Στην περίπτωση του οδικού δικτύου της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας, το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Αθήνας συστάθηκε τον Ιούλιο του 2004 για τις ανάγκες των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας το 2004. Ο εξοπλισμός του δικτύου αποτελείται από 500 θέσεις μέτρησης, 208 κάμερες επίβλεψης κυκλοφορίας, 24 πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, το σύστημα Εποπτείας και Παρακολούθησης της Κυκλοφορίας SITRAFFIC CONCERT της εταιρίας Siemens, ρυθμιστές κυκλοφορίας στους σηματοδοτούμενους κόμβους για την επικοινωνία τους με το σύστημα (900 σηματοδοτούμενοι κόμβοι), αίθουσα ελέγχου με 10 θέσεις εργασίας, 1 video-wall, 42 οθόνες για τη λήψη εικόνων από τις κάμερες επίβλεψης κυκλοφορίας, καθώς και τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (Σερμπής, 2006). Οι εγκατεστημένες πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων είναι σταθερές, τύπου «Π» ή τύπου «Γ», και αποτελούνται από 3 γραμμές κειμένου με 22 χαρακτήρες στη κάθε γραμμή. Για την τοποθέτησή τους λήφθηκε υπόψη η απόσταση από τους εγγύς κόμβους, η εξασφάλιση ορατότητας, η αποφυγή παρεμπόδισης της υπάρχουσας σήμανσης και η ευκολία πρόσβασης για συντήρηση της εγκατάστασης. Επισημαίνεται ότι λόγω αδυναμίας μετατόπισης υφιστάμενων δικτύων κοινής ωφέλειας σε ορισμένες περιπτώσεις δεν έγινε τοποθέτηση της εγκατάστασης στην καλύτερη δυνατή θέση (Σερμπής, 2006).

2.3.4. Σχεδιασμός Μηνυμάτων

Τα μηνύματα που προβάλλονται από μια πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων θα πρέπει να είναι άμεσα αντιληπτά αλλά και να επιτυγχάνεται η έγκαιρη ανάγνωσή τους και σε συγκεκριμένες φορές περισσότερες από δύο φορές. Ένα έκτακτο μήνυμα που προβάλλεται από μια πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων λόγω της φύσης του χρειάζεται να είναι τόσο άμεσα αναγνώσιμο, κάτι που εξαρτάται από την τοποθέτηση της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, όσο και κατανοητό από τον οδηγό. Συνεπώς η σύνθεση του μηνύματος γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται κάθε φορά η ανάγνωση και η κατανόηση του μηνύματος.

Όπως η τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων διέπεται από συγκεκριμένες προδιαγραφές, έτσι και η σύνθεση των μηνυμάτων που προβάλλονται ακολουθούν ορισμένες προδιαγραφές. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να υπάρχει ένα συγκεκριμένο ύψος χαρακτήρων ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τις συνθήκες ορατότητας και τις ταχύτητες που επικρατούν (τουλάχιστον 265mm υπό κανονικές συνθήκες και τουλάχιστον 450mm για οδούς με ταχύτητα μεγαλύτερη των 90 χιλιομέτρων την ώρα και για οδούς για συνθήκες περιορισμένης ορατότητας) (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003). Επιπρόσθετα, το προβαλλόμενο κείμενο πρέπει να συντίθεται σε τρεις γραμμές, με στοίχιση στο κέντρο και το κείμενο μορφοποιημένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μη ξεπερνά κάθε γραμμή τους 20 με 24 χαρακτήρες. Η διάρκεια της προβολής του μηνύματος θα πρέπει να είναι ικανή για να πραγματοποιηθεί η ανάγνωση του μηνύματος και τα οπτικά τεχνάσματα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο αν βοηθούν στην ανάγνωση του μηνύματος.

Όσον αφορά στο περιεχόμενο του μηνύματος, το μήνυμα θα πρέπει να είναι σύντομο, σαφές, ακριβές και καιρικό και να μεταδίδεται σε μία φάση. Τα συμβάντα που περιγράφονται θα πρέπει να κατηγοριοποιούνται και να παρουσιάζονται με τυποποιημένες εκφράσεις χωρίς περιττές λέξεις και άρθρα. Ταυτόχρονα χρίζεται

απαραίτητη η χρήση ευνόητων συντομογραφιών και η χρονική αναφορά να γίνεται σε ημέρες και οι ώρες σε δωδεκάωρη (12-ωρη) μορφή. (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003).

Η σύνθεση ενός μηνύματος στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων της Αθήνας γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η ομοιομορφία στα μηνύματα και ακολούθως η καλύτερη δυνατή αναγνωσιμότητα και κατανόηση (Τσανακτσίδης και Τσίτσουλας, 2003):

- ◆ 1^η γραμμή : Περιγραφή γεγονότος (έργα, ατύχημα, βλάβη οχήματος, βλάβη στο οδόστρωμα, συγκεντρώσεις, κλπ.).
- ◆ 2^η γραμμή : Θέση του γεγονότος.
- ◆ 3^η γραμμή : Επιπτώσεις σε οδηγό-χρήστη (καθυστερήσεις, κλειστός δρόμος) ή προτροπή (προσοχή !, οδηγείτε προσεχτικά, κλπ.).

Οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση τριών ειδών μηνυμάτων προς τους οδηγούς-χρήστες (Σερμπής, 2006):

- ◆ μηνύματα αναγγελίας γεγονότων (έκτακτα και προγραμματισμένα),
- ◆ μηνύματα αναγγελίας χρόνων μετακίνησης
- ◆ μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος.

Τα μηνύματα αναγγελίας γεγονότων αναφέρονται είτε σε έκτακτα γεγονότα είτε σε προγραμματισμένα. Συμβάντα στο οδικό δίκτυο τα οποία προκαλούν απότομες αλλαγές στις κυκλοφοριακές συνθήκες και έχουν επιπτώσεις στην ροή της κυκλοφορίας και μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των χρηστών του οδικού δικτύου χαρακτηρίζονται ως έκτακτα. Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συμβάντων αναφέρονται πιθανά ατυχήματα, βλάβες οχημάτων και δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Τα μηνύματα αυτά προβάλλονται καθ' όλη τη διάρκεια του συμβάντος και υπάρχει πιθανότητα αλλαγής τους ώστε το μήνυμα να ακολουθεί τη ροή του συμβάντος. Προγραμματισμένες εκδηλώσεις με αναμενόμενες επιπτώσεις στο οδικό δίκτυο χαρακτηρίζονται ως προγραμματισμένα γεγονότα. Τα μηνύματα αυτά προβάλλονται σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα και παραδείγματα τέτοιων γεγονότων αποτελούν η διεξαγωγή του Μαραθώνιου αγώνα δρόμου που διεξάγεται κάθε χρόνο στην Αθήνα (Σερμπής, 2006).

Η δεύτερη κατηγορία μηνυμάτων, είναι τα μηνύματα που αφορούν χρόνους μετακίνησης. Τον Ιανουάριο του 2006 υπήρχε η δυνατότητα αναγγελίας χρόνων μετακίνησης για 16 διαδρομές στο οδικό δίκτυο της Αθήνας. Η αρχή των διαδρομών είναι στη θέση που βρίσκεται η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και το πέρας αποτελείται από χαρακτηριστικούς προορισμούς των χρηστών του δικτύου που διέρχονται από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Ο υπολογισμός των χρόνων μετακίνησης γίνεται από το σύστημα και επαληθεύονται με χρήση μετρήσεων πραγματικών χρόνων που έχουν πραγματοποιηθεί από τους χειριστές ή από αυτοψίες. Το αποδεκτό σφάλμα στους χρόνους μετακίνησης έχει οριστεί στο 20% αλλά πολλές φορές εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ακρίβεια (Σερμπής, 2006).

Μηνύματα τα οποία δεν παρέχουν στον οδηγό πληροφορίες σχετικές με τις επικρατούσες κυκλοφοριακές ή άλλες συνθήκες χαρακτηρίζονται ως μηνύματα

γενικού ενδιαφέροντος. Τα μηνύματα αυτά αφορούν ευχές του αρμόδιου φορέα κατά την περίοδο εθνικών ή θρησκευτικών εορτών, μηνύματα που αφορούν την οδική ασφάλεια, ενημέρωση σχετικά με κάποιο σημαντικό γεγονός (επιτυχία σε αθλητισμό). Πιο πρόσφατα προστέθηκαν μηνύματα που αφορούν εξαφανίσεις σε μικρών παιδιών και ηλικιωμένων, τα μηνύματα AMBER ALERT και SILVER ALERT αντίστοιχα (Σερμπής, 2006).

2.3.5. Απόκριση των οδηγών στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων

Κατά το σχεδιασμό και την οπτικοποίηση των μηνυμάτων των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητά τους. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται το μέγεθος της πινακίδας και των χαρακτήρων του κειμένου, η θέση της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων (το ύψος και γωνία από την οποία είναι ορατή το μήνυμα), το χρώμα τόσο του υποβάθρου όσο και των χαρακτήρων αλλά και το κείμενο αυτό καθ' αυτό (εκφράσεις και μορφοποίηση κειμένου). Κατάλληλες επιλογές των προαναφερθέντων παραγόντων είναι πολύ σημαντικές. Πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων με ελλιπή σχεδιασμό μπορούν να δημιουργήσουν σύγχυση στους χρήστες της οδού, προερχόμενη από μη έγκαιρη ανάγνωση και κατανόηση του προβαλλόμενου μηνύματος σε σύντομο χρόνο (Wang and Cao, 2003). Συνεπώς οι παραπάνω παράγοντες επηρεάζουν την απόκριση των οδηγών και αποτέλεσαν αντικείμενο έρευνας.

Αρκετές μελέτες διεξήχθησαν αξιολογώντας την αποτελεσματικότητα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (Carden et al., 1998). Το ενδιαφέρον στη χρήση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων σε δρόμους διαφόρων κατηγοριών σε αστικές περιοχές είναι αρκετά υψηλό αυτή τη στιγμή με αρκετές ευρωπαϊκές πόλεις έχουν διεξαχθεί έρευνες που αφορούν τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (Chatterjee et al., 2002). Μελέτες έχουν διεξαχθεί με χρήση ερωτηματολογίων, αξιολογώντας μετρημένα κυκλοφοριακά μεγέθη αλλά και προσομοιώνοντας οδικά δίκτυα.

Η διερεύνηση της απόκρισης των οδηγών με χρήση ερωτηματολογίων έχει διεξαχθεί σε διάφορες πόλεις. Ειδικότερα, στο Ηνωμένο Βασίλειο διεξήχθη έρευνα με ερωτηματολόγια για την απόκριση των οδηγών στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων. Παρότι το ποσοστό που ανταποκρίθηκε στο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων ήταν χαμηλό, καθώς το ένα τρίτο άλλαξε τη διαδρομή του, εξήχθησαν συμπεράσματα για την καταλληλότερη τοποθέτηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων και την πιο συχνή χρήση τους ώστε να υπάρχει εξοικείωση του χρήστη με τα προβαλλόμενα μηνύματα (Chatterjee et al., 2002). Στην Ολλανδία, παρόμοια έρευνα διεξήχθη μέσω ερωτηματολογίων για να εξετάσει την απόκριση στις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων υποδεικνύοντας ότι το 70% των χρηστών μπορεί μερικές φορές να επηρεαστεί από τις προβαλλόμενες πληροφορίες, με τις γυναίκες να δείχνουν μεγαλύτερο βαθμό απόκρισης από τους άντρες και τους τακτικούς χρήστες του δικτύου να μην διατίθενται να αλλάξουν διαδρομή παρά μόνο αν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αργήσουν να φτάσουν στον προορισμό τους (Emmerink et al., 1996). Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, διεξήχθησαν έρευνες τόσο στην Ουάσιγκτον όσο και στο Ουισκόνσιν. Η πλειονότητα των ερωτηθέντων δήλωσε ότι επηρεάζεται από τα προβαλλόμενα μηνύματα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στην Ουάσιγκτον (Benson, 1996). Ομοίως στο Ουισκόνσιν μεγάλο ποσοστό θεώρησε εξαιρετικά χρήσιμες τις πληροφορίες για εναλλακτικές διαδρομές από τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων (Lee et al, 2004).

Στον Καναδά, διεξήχθη έρευνα με ερωτηματολόγια μεταξύ των πόλεων του Έντμοντον και του Κάλγκαρυ δίνοντας ένα σχετικά μικρό ποσοστό απόκρισης στα μηνύματα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (Tay & De Barros ,2010). Στη Σεούλ εξετάστηκε κατά πόσο επηρεάζει η πληροφόρηση των οδηγών από τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων ένα οδικό δίκτυο διεξάγοντας έρευνα με ερωτηματολόγια Διαπιστώθηκε η πιο ομαλή λειτουργία του δικτύου, όταν σε περίπτωση συμφόρησης, οι χρήστες του δικτύου πληροφορήθηκαν για μεγάλο βαθμό συμφόρησης του δικτύου (Lee et al., 2003).

Παράλληλα, υπάρχουν χαρακτηριστικά παραδείγματα αξιολόγησης της απόκρισης των οδηγών με χρήση μετρημένων κυκλοφοριακών μεγεθών. Αναλυτικότερα, σε έρευνα που διεξήχθη στο Όσλο της Νορβηγίας για την καθοδήγηση οχημάτων μέσω εναλλακτικών διαδρομών σε περίπτωση ατυχήματος, διαπιστώθηκαν δείγματα απόκρισης στα μηνύματα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων, με περίπου το 20% των οχημάτων να αλλάζει διαδρομή ακολουθώντας τις προτεινόμενες από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων διαδρομές. Σχεδόν κανένα όχημα δεν συνέχισε τη διαδρομή του προς το κλειστό τμήμα της οδού (Erke et al., 2007). Στην Αθήνα, σε συμβάν που έλαβε χώρα σε λεωφόρο του αθηναϊκού οδικού δικτύου παρατηρήθηκε ότι από έγκαιρη ειδοποίηση από έκτακτο μήνυμα, μεγάλο ποσοστό των οδηγών μετέβαλε τη διαδρομή του όπως παρατηρήθηκε από έρευνα που διεξήγαγε το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας της Αθήνας (Σερμπής κ. α., 2006).

Έλεγχοι της απόκρισης των οδηγών αλλά και της συνολικής συνεισφοράς στη βελτίωση των συνθηκών σε ένα οδικό δίκτυο έχουν γίνει και με προσομοίωση κυκλοφορίας. Στην Ολλανδία, προκειμένου να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων, εισήχθη στο μικροσκοπικό πρόγραμμα προσομοίωσης Paramics επέκταση ώστε να επηρεάζεται η επιλογή διαδρομής ενός οδηγού και να συμπεριφέρεται σαν να έχει λάβει πληροφόρηση από μια πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Στη συνέχεια προσομοιώθηκε το οδικό δίκτυο της πόλης του Μάαστριχτ, στην Ολλανδία. Η προσομοίωση έδωσε καθαρά αποτελέσματα αλλά λόγω του πρώιμου σταδίου της έρευνας χρειαζόταν η ανάγκη περαιτέρω ελέγχων και ανατροφοδότησης (Cohn et al.,2004). Οι Chen et al(2008) προσομοίωσαν ένα τμήμα του οδικού δικτύου του Πεκίνου στην Κίνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης VISSIM προκειμένου να ελέγξουν πόσο συμβάλλουν οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων στη βελτίωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι με χρήση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων γίνεται καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας με αποφυγή των συμφορήσεων και εμφανή τη διάθεση των οδηγών για αλλαγή διαδρομής σε περίπτωση συμφόρησης.

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την προσομοίωση και τη διερεύνηση των επιπτώσεων πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στην κυκλοφορία. Αρχικά, παρατίθεται η επεξεργασία των μηνυμάτων της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, που επιλέχθηκε για διερεύνηση καθώς και η διαδικασία επιλογής των έκτακτων μηνυμάτων και του εξεταζόμενου συμβάντος. Ακολουθεί η περιγραφή του σχεδιασμού του δικτύου στο περιβάλλον του προγράμματος VISSIM και οι έλεγχοι που διεξήχθησαν για να προσδιοριστεί η αξιοπιστία του προγράμματος. Στην συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των εναλλακτικών διαδρομών, ο καταμερισμός του φόρτου στο δίκτυο που δημιουργήθηκε, η περιγραφή της μεθόδου του partial routing καθώς και του τελικού τρόπου προσδιορισμού των εναλλακτικών διαδρομών κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και τέλος οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν.

3.1. Συλλογή Μηνυμάτων

Για την επιλογή των συμβάντων που θα προσομοιωθούν εξετάζεται το μητρώο των έκτακτων μηνυμάτων που προβλήθηκαν από τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων από την αρχή της λειτουργίας των πινακίδων. Τα στοιχεία δόθηκαν από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας του νομού Αττικής, κατά αύξοντα αριθμό μηνύματος με βάση τη χρονολογική καταγραφή τους από τον εκάστοτε αρμόδιο, που συνήθως είναι οι χειριστές που δουλεύουν στο Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας. Τα στοιχεία περιλαμβάνουν το μήνυμα όπως προβλήθηκε σε κάθε σειρά από τις τρεις που διαθέτει η πινακίδα, τον κωδικό αριθμό, ο οποίος καθορίζει τη θέση της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, την ημερομηνία και την ώρα που προβλήθηκε το μήνυμα, καθώς και τη διάρκεια προβολής του μηνύματος. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία επιλέγονται τα καταλληλότερα μηνύματα που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Αρχικά εξετάστηκε από ποια πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων θα γινόταν η συλλογή μηνυμάτων. Η πινακίδα θα έπρεπε να βρίσκεται επί αστικής λεωφόρου και σε θέση που να επιτρέπει στον οδηγό σε περίπτωση σημαντικού μηνύματος (πχ κλειστής οδού) να είναι σε θέση να αλλάξει τη διαδρομή του χρησιμοποιώντας κάποια εναλλακτική αλλά ταυτόχρονα να χρησιμοποιεί άλλες βασικές αρτηρίες ή συλλεκτήριες οδούς του δικτύου ώστε να υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία φόρτων από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας.

Η επεξεργασία αφορά όλα τα έτη λειτουργίας των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων μεταξύ 2005 και 2012, καθώς για το έτος 2004 δεν υπάρχουν πλήρη στοιχεία, δεδομένου ότι οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων τέθηκαν σε λειτουργία τον Οκτώβριο του 2004. Επισημαίνεται ότι αναμένεται να βρεθούν διαφορές μεταξύ των ετών λειτουργίας, καθώς η λειτουργία του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας σε σχέση με τον τρόπο χρήσης των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων εξελισσόταν στην πορεία του χρόνου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το οποίο δεν διαφαίνεται στη παρούσα εργασία αποτελεί η προβολή μηνυμάτων οδικής ασφάλειας η οποία ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2013. Τα έκτακτα μηνύματα ομαδοποιήθηκαν με βάση το είδος του μηνύματος, οι βασικές κατηγορίες ομαδοποίησης των οποίων προσδιορίστηκε πως είναι:

- Πορείες
- Ατυχήματα
- Βλάβες οχημάτων
- Έργα
- Καιρικά φαινόμενα
- Έκτακτα γεγονότα
- Κυκλοφοριακή συμφόρηση
- Μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος

3.2. Επιλογή Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων

Η μεθοδολογία επιλογής της εξεταζόμενης πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων πραγματοποιήθηκε με βάση συγκεκριμένους περιορισμούς που προσδιορίστηκαν ώστε να διαφαίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο η απόκριση των οδηγών σε συγκεκριμένου είδους πληροφόρηση. Η επιλογή πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων είναι σημαντική καθώς βάσει αυτής θα σχεδιαστεί και το δίκτυο που θα προσομοιωθεί.

Ένας πρώτος περιορισμός που τέθηκε για την επιλογή των εξεταζόμενων μηνυμάτων ήταν να έχει προβληθεί σχετικά πρόσφατα και συγκεκριμένα από το 2010 και μετά, ώστε να είναι πιο εύκολη η αναζήτηση και η πρόσβαση σε κυκλοφοριακά μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση. Παράλληλα τα συμβάντα θα πρέπει να έχουν συμβεί σε βασική αστική αρτηρία και σε σημείο που είναι δυνατός ο ορισμός εναλλακτικών διαδρομών. Επιπλέον περιορισμό αποτελούσε η ώρα του συμβάντος. Πιο συγκεκριμένα τα γεγονότα είναι επιθυμητό να έχουν συμβεί όσο το δυνατόν χρονικά πλησιέστερα σε πρωινή ώρα αιχμής και από Δευτέρα μέχρι Παρασκευή ώστε να έχουν σημαντικό άρα και μετρήσιμο αντίκτυπο στην κυκλοφορία. Επίσης προτιμήθηκαν γεγονότα που συνέβησαν σε φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες καθώς κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων εποχών οι φόρτοι είναι πιο περιορισμένοι.

Με βάση τα παραπάνω, εξετάστηκαν τα μηνύματα των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων 17 και 18, που αποτελούν πινακίδες, που βρίσκονται επί της λεωφόρου Μεσογείων. Η πινακίδα με κωδικό αριθμό 17 βρίσκεται επί της λεωφόρου Μεσογείων, στο ύψος της οδού Αγελάου στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής ενώ η πινακίδα με κωδικό αριθμό 18 βρίσκεται στο ύψος της οδού Ξενοπούλου πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Και οι δύο πινακίδες αφορούν στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Μεσογείων. Λόγω της θέσης της η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό 18 πληροφορεί τους χρήστες για την κυκλοφοριακή κατάσταση του κέντρου και όχι της λεωφόρου Μεσογείων και αποκλείστηκε, καθώς η αναζήτηση εναλλακτικών διαδρομών είναι αρκετά σύνθετη. Επιπλέον, το παρόν μήνυμα προβάλλεται ταυτόχρονα σε πολλές πινακίδες και αφορά οχήματα που κινούνται σε διάφορες κεντρικές αρτηρίες κατά συνέπεια η διαδικασία αναζήτησης εναλλακτικών διαδρομών δεν μπορεί να περιοριστεί σε σχετικά μικρό τοπικό επίπεδο.

Συνεπώς εξετάστηκαν τα μηνύματα που προβλήθηκαν στην πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό 17, από την οποία ένας οδηγός μπορεί να πληροφορηθεί έγκαιρα για τις κυκλοφοριακές συνθήκες της λεωφόρου Μεσογείων και σε περίπτωση που το επιθυμεί να αλλάξει την διαδρομή μέσω άλλων οδικών τμημάτων μεταξύ της τοποθεσίας του συμβάντος και της πινακίδας (παράδειγμα αποτελεί παράκαμψη μέσω της οδού Χαλανδρίου).

3.3. Ανάλυση Έκτακτων Μηνυμάτων της Εξεταζόμενης Πινακίδας Μεταβλητών Μηνυμάτων

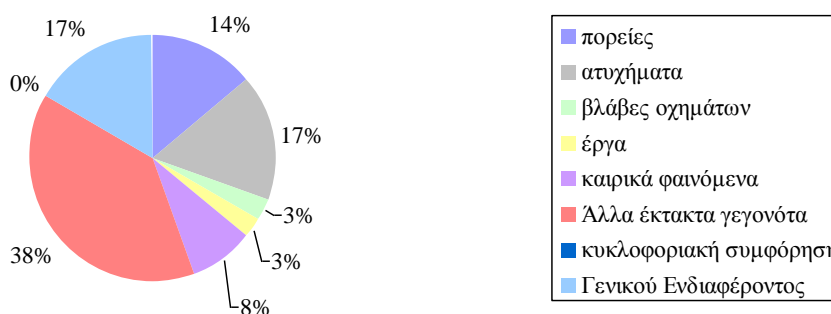
3.3.1. Ανάλυση έκτακτων μηνυμάτων

Από το μητρώο των μηνυμάτων επιλέχθηκαν τα μηνύματα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 και παρατίθενται παρακάτω για κάθε έτος ξεχωριστά από το 2005 έως το 2012.

Έτος 2005

Κατά τη διάρκεια του 2005 προβλήθηκαν από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17, 36 μηνύματα. Τα ποσοστά της κάθε κατηγορίας έκτακτου μηνύματος παρουσιάζονται στο σχήμα 3.1.

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2005 πινακίδας 17



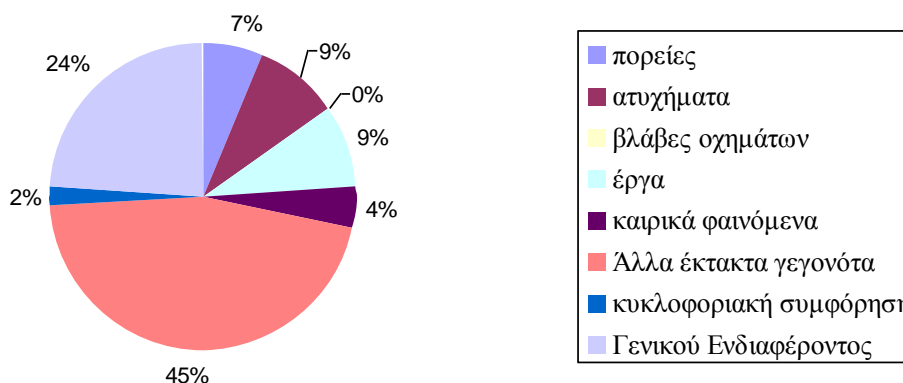
Σχήμα 3.1 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2005 πινακίδας 17

Όπως παρατηρείται από το σχήμα 3.1 περίπου τέσσερα στα δέκα έκτακτα μηνύματα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, αφορούσαν έκτακτα γεγονότα. Σε αυτή την κατηγορία το πιο σύνηθες μήνυμα που προβαλλόταν είναι για κλείσιμο ενός οδικού άξονα της Αθήνας χωρίς να αναφέρεται κάποια αιτία που θα κατάτασσε το μήνυμα σε μια άλλη κατηγορία. Έκτακτα μηνύματα που αφορούσαν ατυχήματα και βλάβες οχημάτων είχαν το ίδιο ποσοστό, 17% επί του συνόλου των μηνυμάτων. Τα μηνύματα που αφορούσαν πορείες και συγκεντρώσεις που πραγματοποιούνταν αποτελούσαν το 14% των έκτακτων μηνυμάτων. Έκτακτα μηνύματα χαμηλότερης συχνότητας ήταν για καιρικά φαινόμενα (8%), για έργα επί της οδού (3%) και βλάβες οχημάτων (3%). Στην πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 δεν εμφανίστηκαν μηνύματα που αφορούσαν κυκλοφοριακή συμφόρηση το 2005.

Έτος 2006

Το 2006 στην εξεταζόμενη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων προβλήθηκαν 46 έκτακτα μηνύματα περίπου 28% αυξημένα σε σχέση με την προηγούμενη χρονιά. Τα ποσοστά της κάθε κατηγορίας έκτακτου μηνύματος της κάθε πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων παρουσιάζονται στο σχήμα 3.2.

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2006 πινακίδας 17

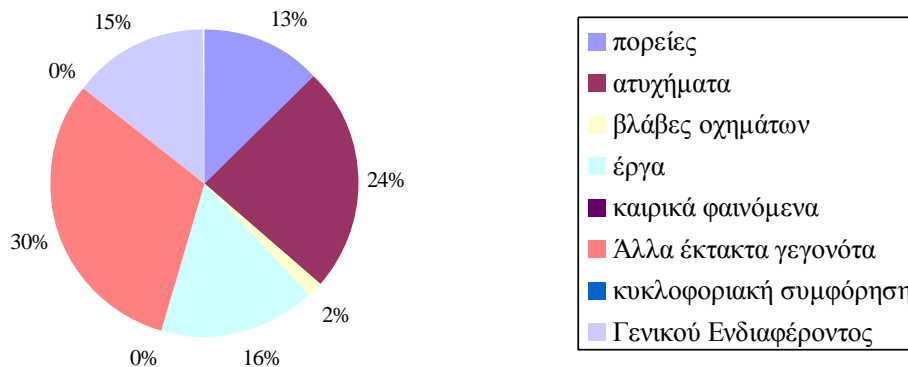


Σχήμα 3.2 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2006 πινακίδας 17

Όπως στο έτος 2005, έτσι και το 2006 το μεγαλύτερο ποσοστό έκτακτων μηνυμάτων που προβλήθηκε στην πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμός 17 άνηκε στη κατηγορία «Άλλα έκτακτα γεγονότα». Πιο συγκεκριμένα το 45% των έκτακτων μηνυμάτων άνηκε στην προαναφερθείσα κατηγορία. Το 24% των μηνυμάτων ήταν μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος και ποσοστό 9% κατείχαν τα έκτακτα μηνύματα για ατυχήματα. Επίσης τα μηνύματα για έργα είχαν ποσοστό 9%. Το 7% των έκτακτων μηνυμάτων αποτελούσαν οι πορείες και τα έκτακτα μηνύματα για καιρικά φαινόμενα και κυκλοφοριακή συμφόρηση αποτελούσαν το 4% και το 2% των έκτακτων μηνυμάτων αντίστοιχα. Το 2006 δεν υπήρξαν έκτακτα μηνύματα που αφορούσαν βλάβες οχημάτων.

Έτος 2007

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2007 πινακίδας 17

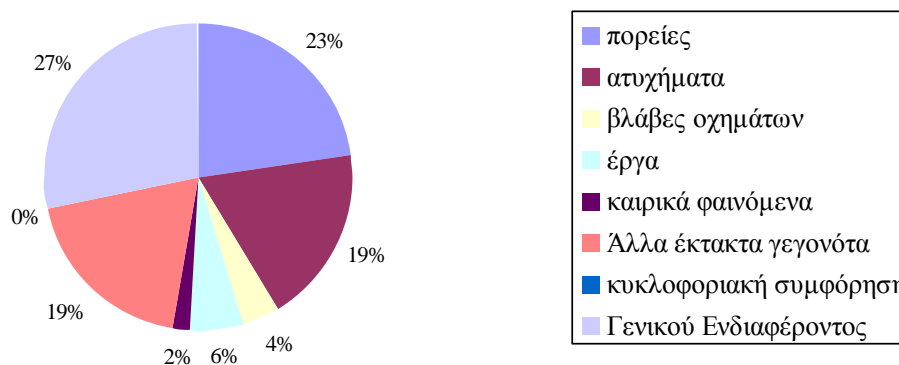


Σχήμα 3.3 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2007 πινακίδας 17

Το 2007, στην εξεταζόμενη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων ο αριθμός των έκτακτων μηνυμάτων που προβλήθηκαν ήταν 55. Τα έκτακτα μηνύματα σε σχέση με το 2006 παρατηρήθηκαν αυξημένα κατά 19.5%. Το 30% των έκτακτων μηνυμάτων αφορούσε άλλα έκτακτα γεγονότα. Το ένα τέταρτο των έκτακτων μηνυμάτων του έτους που προβλήθηκαν ήταν για αναγγελία ατυχήματος. Παρόμοια ποσοστά εμφανίζουν τα έκτακτα μηνύματα για έργα (16%), γενικού ενδιαφέροντος (15%) και πορείες (13%). Τα έκτακτα γεγονότα για βλάβες οχημάτων ήταν μόνο το 2% των συνολικών έκτακτων μηνυμάτων για το έτος 2007. Κατά τη διάρκεια του 2007 δεν υπήρξαν μηνύματα για κυκλοφοριακή συμφόρηση και καιρικά φαινόμενα.

Έτος 2008

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2008 πινακίδας 17



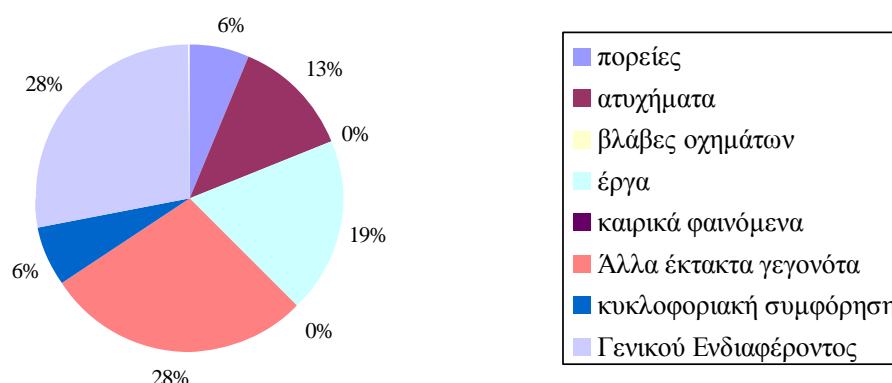
Σχήμα 3.4 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2008 πινακίδας 17

Το 2008, προβλήθηκαν 53 έκτακτα μηνύματα εκ των οποίων το 50% αποτελείται από μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος και μηνύματα για πορείες. Ειδικότερα το 27% των έκτακτων μηνυμάτων που προβλήθηκαν είναι μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος ενώ το 23% είναι μηνύματα που αφορούν πορείες και συγκεντρώσεις. Άλλα έκτακτα γεγονότα και αναγγελίες ατυχημάτων αποτελούσαν και τα δύο το 19% των έκτακτων μηνυμάτων, ακολουθούμενα από τα έκτακτα μηνύματα για έργα με ποσοστό 6%. Με μικρότερα ποσοστά εμφανίζονται έκτακτα μηνύματα για βλάβες οχημάτων (4%) και για καιρικά φαινόμενα (2%).

Έτος 2009

Κατά τη διάρκεια του 2009 προβλήθηκαν από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων, 32 μηνύματα, 21 μηνύματα λιγότερα από την προηγούμενη χρονιά. Τα ποσοστά της κάθε κατηγορίας έκτακτου μηνύματος παρουσιάζονται στο σχήμα 3.5.

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2009 πινακίδας 17

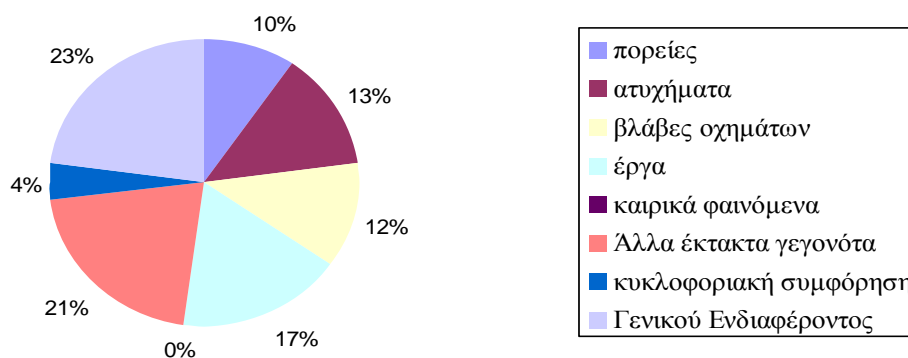


Σχήμα 3.5 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2009 πινακίδας 17

Το 2009, το μεγαλύτερο ποσοστό των έκτακτων μηνυμάτων που προβλήθηκαν από την πινακίδα με κωδικό αριθμό 17 ήταν μηνύματα για άλλα έκτακτα γεγονότα και για πορείες. Κάθε μία από τις δύο κατηγορίες αποτελούν το 28% των μηνυμάτων που προβλήθηκαν. Περίπου το ένα πέμπτο των έκτακτων μηνυμάτων αποτελούν μηνύματα για διεξαγόμενα έργα επί της οδού. Έκτακτα μηνύματα για ατυχήματα αποτελούν το 13% των έκτακτων μηνυμάτων της συγκεκριμένης πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων. Πορείες και κυκλοφοριακή συμφόρηση αποτελούν το 6% των έκτακτων μηνυμάτων. Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του 2009 δεν προβλήθηκαν έκτακτα μηνύματα για βλάβες οχημάτων και καιρικά φαινόμενα.

Έτος 2010

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2010 πινακίδας 17



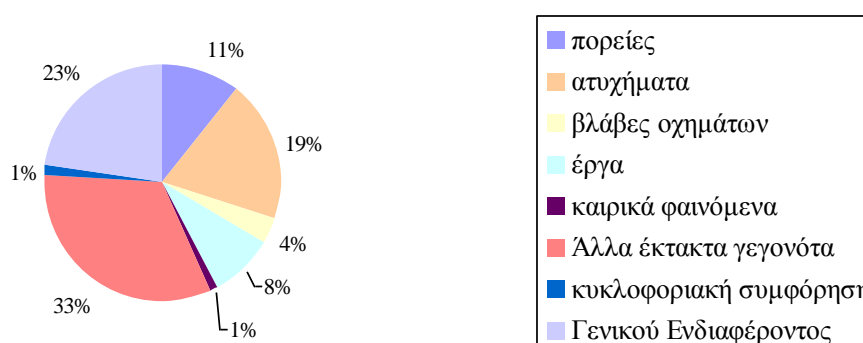
Σχήμα 3.6 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2010 πινακίδας 17

Ενώ ο αριθμός των έκτακτων μηνυμάτων το 2010 ήταν μεγαλύτερος από το 2009 καθώς προβλήθηκαν 52 μηνύματα, τα ποσοστά της κάθε κατηγορίας μηνυμάτων της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 για το 2010 κυμαίνονταν

περίπου στα ίδια επίπεδα με τα ποσοστά του προηγούμενου έτους. Αναλυτικότερα, τα έκτακτα μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος αποτελούν το 23% των έκτακτων μηνυμάτων. Το ένα πέμπτο των έκτακτων μηνυμάτων αποτελείται από έκτακτα μηνύματα για άλλα έκτακτα γεγονότα και το 17% από μηνύματα για έργα. Τα έκτακτα μηνύματα για ατυχήματα αποτελούν το 13% ,ακολουθούμενα από έκτακτα μηνύματα για βλάβες οχημάτων (12%) και πορείες (10%). Τα χαμηλότερα ποσοστά παρουσιάζουν τα μηνύματα για κυκλοφοριακή συμμόρφηση (4%) ενώ δεν υπάρχουν μηνύματα για καιρικά φαινόμενα.

Έτος 2011

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2011 πινακίδας 17

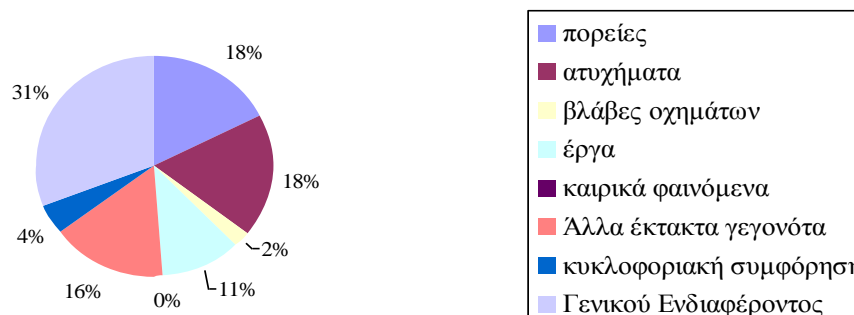


Σχήμα 3.7 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2011 πινακίδας 17

Στη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 προβλήθηκαν 83 έκτακτα μηνύματα, εκ των οποίων το ένα τρίτο αφορούσε άλλα έκτακτα γεγονότα που συνέβησαν και επηρέασαν τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Το 23% των έκτακτων μηνυμάτων αφορούσε μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος. Τα υπόλοιπα μηνύματα αφορούσαν ατυχήματα, πορείες, έργα, και βλάβες οχημάτων, με ποσοστά 19%, 11%, 8% και 4% αντίστοιχα. Επιπρόσθετα έκτακτα μηνύματα που αφορούσαν καιρικά φαινόμενα και κυκλοφοριακή συμμόρφηση παρουσίασαν πολύ μικρά ποσοστά (1%).

Έτος 2012

Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2012 πινακίδας 17

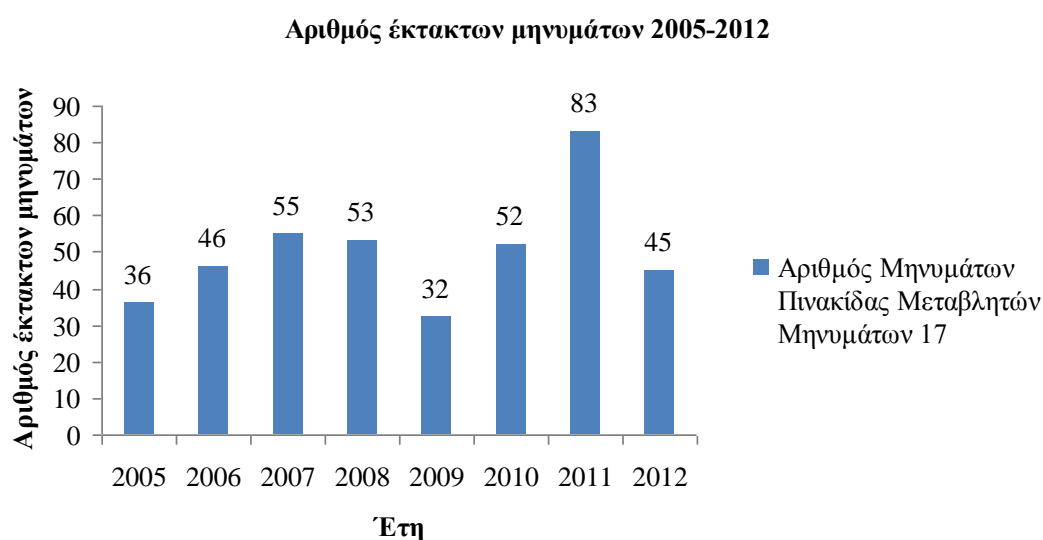


Σχήμα 3.8 Ποσοστά έκτακτων μηνυμάτων 2012 πινακίδας 17

Αναλύοντας τα έκτακτα μηνύματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους προκύπτει ότι για την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων 17, τα περισσότερα μηνύματα ήταν γενικού ενδιαφέροντος. Πιο συγκεκριμένα προβλήθηκαν 45 έκτακτα μηνύματα εκ των οποίων περίπου το ένα τρίτο περιείχε πληροφορίες για αγνοούμενους ηλικιωμένους (μήνυμα SILVER ALERT) ή για αγνοούμενα παιδιά (μήνυμα AMBER ALERT) καθώς και πληροφορίες για την διεξαγωγή των βουλευτικών εκλογών που πραγματοποιήθηκαν τον Μάιο και ευχές της περιφέρειας τις ημέρες των εορτών. Επιπρόσθετα, τα έκτακτα μηνύματα που αφορούσαν πορείες ή ατυχήματα αποτελούσαν εξίσου το 18% των μηνυμάτων της συγκεκριμένης πινακίδας για το 2012. Έργα που διεξήχθησαν κατά το 2012 και άλλα έκτακτα γεγονότα αποτέλεσαν το 11% και το 16% αντίστοιχα των προσβληθέντων μηνυμάτων. Βλάβες οχημάτων ή μηνύματα κυκλοφοριακής συμφόρησης εμφανίστηκαν πιο σπάνια ενώ δεν υπήρξε ειδοποίηση στους οδηγούς για κάποιο έκτακτο καιρικό φαινόμενο.

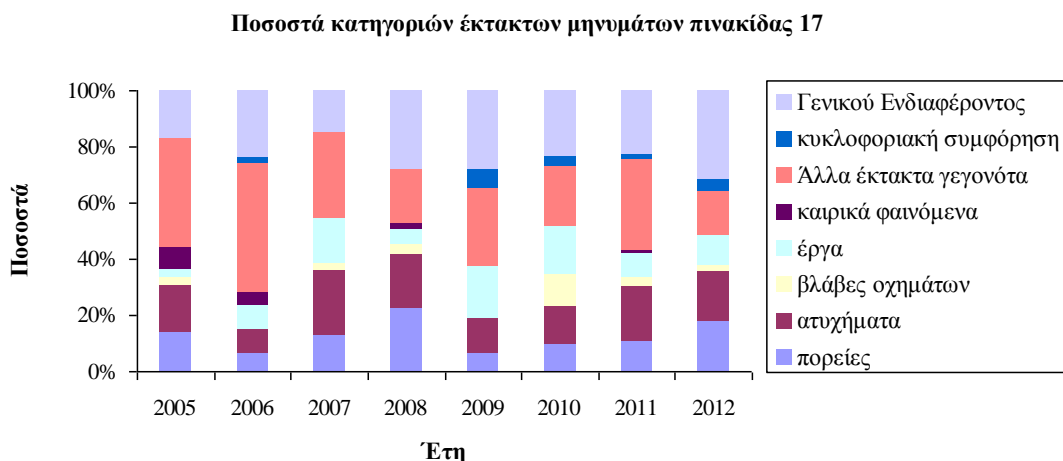
3.3.2. Συνολική ανάλυση έκτακτων μηνυμάτων

Γενικά, η συγκεκριμένη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων παρουσιάζει μικρό αριθμό μηνυμάτων πιθανώς λόγω της θέσης της σε σχέση με άλλες πινακίδες οι οποίες είναι σε πιο κρίσιμα σημεία όπως η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων 18 που είναι τοποθετημένη στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Μεσογείων πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη ή η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 21 στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Κηφισίας ανάντη του ανισόπεδου κόμβου με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Ο μέσος όρος των έκτακτων μηνυμάτων που προβάλλονται είναι 52 έκτακτα μηνύματα ανά έτος όπως παρατηρείται και στο σχήμα 3.9. Τα περισσότερα μηνύματα προβλήθηκαν το 2011, που προβλήθηκαν 83 έκτακτα μηνύματα και τα λιγότερα το 2009, που προβλήθηκαν 32 έκτακτα μηνύματα. Αναλυτικά ο αριθμός των έκτακτων μηνυμάτων ανά έτος παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 3.9 Λιάγραμμα έκτακτων μηνυμάτων 2005-2012

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται τα ποσοστά των κατηγοριών της εξεταζόμενης πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων για κάθε έτος:



Σχήμα 3.10: Διάγραμμα ποσοστών έκτακτων μηνυμάτων πινακίδας 17

Όπως παρατηρείται και στο παραπάνω διάγραμμα, τα μηνύματα με την πάροδο των ετών ισορρόπησαν και από το 2010 μέχρι το 2012 τα ποσοστά κάθε κατηγορίας διαφοροποιούνταν σε πολύ μικρό βαθμό. Η κατηγορία για άλλα έκτακτα γεγονότα, που τα πρώτα έτη της λειτουργίας των πινακίδων στην Αθήνα, περιορίζει σταδιακά το ποσοστό της, καθώς όλο και περισσότερα συμβάντα κατατάσσονται σε κατηγορίες που τα περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η σταθερή εμφάνιση μηνυμάτων κυκλοφοριακής συμφόρησης που απουσιάζουν από τα πρώτα χρόνια. Τα μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος αυξήθηκαν με την προσθήκη μηνυμάτων για εξαφάνιση παιδιών (μήνυμα AMBER ALERT) ή για εξαφάνιση ηλικιωμένων (μήνυμα SILVER ALERT) από το 2010, μαζί με τα μηνύματα ευχών για εθνικές και θρησκευτικές εορτές από την περιφέρεια. Τα μηνύματα για έργα, βλάβες οχημάτων και ατυχήματα σταθεροποιούνται και αυτά τα τελευταία χρόνια. Τα έκτακτα μηνύματα για πορείες ενώ παρουσιάζουν σχετικά χαμηλό ποσοστό, λόγω της θέσης της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων σε σχέση με το κέντρο των Αθηνών, σε μερικά έτη υπάρχει αξιοσημείωτη αύξηση που συνδέεται με τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα σε κάθε χρονική περίοδο.

Επίσης ο αριθμός των έκτακτων μηνυμάτων για το 2012 παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 3.11: Αριθμός έκτακτων μηνυμάτων ανά μήνα της πινακίδας 17

Από το σχήμα 3.11 παρατηρείται ότι κατά μέσο όρο προβάλλονται από την εξεταζόμενη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων 4 έκτακτα μηνύματα. Τα λιγότερα

έκτακτα μηνύματα προβάλλονται τους καλοκαιρινούς μήνες, τον μήνα Δεκέμβριο και τον μήνα Μάρτιο. Ο μικρός αριθμός μηνυμάτων κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων μηνών πιθανώς δικαιολογείται πιθανώς διότι οι συγκεκριμένοι μήνες είναι μήνες διακοπών και θρησκευτικών εορτών.

3.4. Επιλογή Γεγονότων

Τα γεγονότα που επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι δύο γεγονότα που έλαβαν χώρα στη λεωφόρο Μεσογείων κατά τη διάρκεια του 2012. Η ζήτηση προς το κέντρο της Αθήνας μέσω των λεωφόρων Μεσογείων και Κηφισίας εκείνη την ώρα είναι ήδη αυξημένη και το ενδεχόμενο ενός έκτακτου συμβάντος θα έκανε την επικρατούσα κυκλοφοριακή κατάσταση ακόμα πιο περίπλοκη. Σε περίπτωση επιλογής συμβάντων, τα οποία έλαβαν χώρα Σάββατο ή Κυριακή τα γεγονότα θα πρέπει να είναι σημαντικής διάρκειας ώστε να προκύψει συμφόρηση στο υπό εξέταση δίκτυο. Επιπρόσθετα, το συμβάν θα πρέπει να έχει διάρκεια τέτοια ώστε το αντίστοιχο έκτακτο μήνυμα στη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων να διαρκεί για χρονικό διάστημα τέτοιο ώστε να γίνει αντιληπτό από σχετικά μεγάλο αριθμό οδηγών και δεδομένης της διάρκειας του μηνύματος να επηρεαστεί η απόφασή τους για την διαδρομή του θέλουν να ακολουθήσουν με προορισμό το κέντρο των Αθηνών. Η επιλογή συμβάντος επικεντρώνεται σε συγκεκριμένες κατηγορίες έκτακτων γεγονότων που δημιουργήσαν προβλήματα στην κυκλοφορία, τέτοια ώστε να αποκλειστεί ένα οδικό τμήμα του υπό μελέτη δικτύου. Τέτοια συμβάντα σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση που έχει προηγηθεί είναι πορείες και συγκεντρώσεις που βρίσκονται σε εξέλιξη, ατυχήματα, βλάβες οχημάτων και άλλα έκτακτα γεγονότα που όμως στο μήνυμα αναγράφεται το κλείσιμο της οδού. Πέραν του ότι τα συγκεκριμένα συμβάντα μπορούν να έχουν ως συνέπεια την διακοπή κυκλοφορίας σε ένα τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων σύμφωνα και με την ανάλυση των έκτακτων μηνυμάτων που προηγήθηκε, τα συγκεκριμένα έκτακτα μηνύματα παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα στη λεωφόρο Μεσογείων σε σχέση με μηνύματα για καιρικά φαινόμενα, κυκλοφοριακή συμφόρηση και έργα στην οδό. Τα μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος αποκλείστηκαν διότι προφανώς και δεν επηρεάζουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια και την ανάλυση των έκτακτων μηνυμάτων που προηγήθηκε έγινε η επιλογή δύο γεγονότων από το 2012. Είναι δύο γεγονότα τα οποία προβλήθηκαν στην πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 και αφορούν προσωρινό κλείσιμο τμημάτων της λεωφόρου Μεσογείων, λόγω συμβάντων που βρίσκονταν σε εξέλιξη για μεγάλη διάρκεια. Τα γεγονότα συνέβησαν όλα σε φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Και τα δύο γεγονότα που επιλέχθηκαν συνέβησαν κατά τη διάρκεια της εβδομάδας. Τελικά, τα μηνύματα που επιλέχθηκαν προς προσομοίωσης είναι τα παρακάτω:

- ◆ Το μήνυμα με κωδικό 30377
- ◆ Το μήνυμα με κωδικό 30827

Έκτακτο μήνυμα 30377

Το έκτακτο μήνυμα με αύξοντα αριθμό 30377 προβλήθηκε από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17, την Πέμπτη 4 Οκτωβρίου του 2012 στις 10:10πμ. Το συμβάν αναμεταδιδότανε για δύο ώρες και δέκα λεπτά (2h10). Η

τροχαία έκλεισε τη λεωφόρο Μεσογείων στο ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας, πλησίον του υπουργείου Εθνικής Άμυνας.

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ
ΥΨΟΣ ΕΘΝ. ΑΜΥΝΑΣ
ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΚΛΕΙΣΤΗ**

Εικόνα 3.1. Έκτακτο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων 17 για το συμβάν 30377



Εικόνα 3.2. Θέση που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων στο συμβάν 30377-Πηγή Google Earth

Όπως προέκυψε από τους μετρημένους φόρτους ανά τέταρτο της ώρας αλλά και από τις μετρήσεις για ταχύτητα στους ανιχνευτές του δικτύου, η τροχαία είχε διακόψει την κυκλοφορία για μία συγκεκριμένη ώρα στο τμήμα μπροστά στο Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Αργότερα το τμήμα δόθηκε πάλι στη κυκλοφορία για μία συγκεκριμένη ώρα μέχρι να διακοπεί και πάλι. Στον πίνακα 3.1 φαίνεται από τα καταγεγραμμένα μεγέθη του ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 452 στο ρεύμα καθόδου της Μεσογείων πριν τη συμβολή με τη λεωφόρο Δημοκρατίας ότι η ταχύτητα όπως και ο φόρτος στις 10:15 μειώνονται αισθητά σε σχέση με το προηγούμενο και το επόμενο τέταρτο. Δύο ώρες μετά, ενώ ο φόρτος και η ταχύτητα επανέρχονται στα φυσιολογικά επίπεδα, υπάρχει πάλι διακοπή της κυκλοφορίας και χαμηλές ταχύτητες. Οι συνέπειες για τις δύο διακοπές της κυκλοφορίας φαίνονται και στον πίνακα 3.2 όπου δείχνει την εξέλιξη του φόρτου και της ταχύτητας στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 453 ο οποίος βρίσκεται στη λεωφόρο Δημοκρατίας στο ρεύμα προς τη λεωφόρο Μεσογείων.

Πίνακας 3.1. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 452 στις 4/10/2012

Ωρα	Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Ταχύτητα (km/h)
9:15	1711.2	16.5
9:30	1935.3	21.2
9:45	1962.3	43.3
10:00	1013.5	23.1
10:15	730.6	8.1
10:30	1753.4	21.3
10:45	1698.2	43.4
11:00	1698.6	48
11:15	1582.4	41.9
11:30	1537.9	50.1
11:45	1437.5	50.4
12:00	741.5	18.8
12:15	557.4	6.5
12:30	1274.3	16.4
12:45	1453.7	45
13:00	1501.5	50.8
13:15	1546.5	50.9
13:30	1528.1	50.7
13:45	1626.1	50

Πίνακας 3.2. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 453 στις 4/10/2012

Ωρα	Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Ταχύτητα (km/h)
9:15	478.2	48.9
9:30	451.1	48.6
9:45	500.6	48.9
10:00	484	30.8
10:15	467.1	9.9
10:30	398.2	6.5
10:45	458.9	16.3
11:00	444.4	33.6
11:15	467.6	47.2
11:30	475.9	48
11:45	523.2	45.9
12:00	537.2	22.3
12:15	510.9	8.5
12:30	437.7	28.2
12:45	506.2	47.3
13:00	586	45.6
13:15	508.7	47.2
13:30	558.8	47.1
13:45	595.3	45.5

Στον ανιχνευτή 453, αφού έκλεισε πρώτη φορά η λεωφόρος Μεσογείων, ενώ η κίνηση διεξαγόταν κανονικά στη συνέχεια η ταχύτητα μειώθηκε, οπότε πιθανώς στην

κάθοδο της λεωφόρου Μεσογείων δεν υπήρχε ικανός χώρος για να εισέλθουν οχήματα λόγω μεγάλης κατάληψης της λεωφόρου Μεσογείων .

Παράλληλα στον ανιχνευτή 449 που βρίσκεται κατάντη της θέσης του συμβάντος, τα χρονικά διαστήματα που η λεωφόρος ήταν κλειστή, υπήρχαν λίγες διελεύσεις οχημάτων και με μεγάλη ταχύτητα αφού υπήρχε ο κατάλληλος χώρος για να αναπτύξουν οι οδηγοί μεγαλύτερη ταχύτητα.

Πίνακας 3.3. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 449 στις 4/10/2012

Ωρα	Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Ταχύτητα (km/h)
9:15	2275.2	44.7
9:30	2349.9	48.2
9:45	2149.9	52.1
10:00	682.9	58.1
10:15	522.2	56.8
10:30	1890.2	51.3
10:45	1912.3	52.2
11:00	1869.3	55.1
11:15	1655.9	55
11:30	1739.5	51.9
11:45	1519.4	55.9
12:00	261.8	58.3
12:15	302.9	53
12:30	1746.4	50.3
12:45	1693.2	54.6
13:00	1621	52.4
13:15	1787.9	51.5
13:30	1668.8	53.4
13:45	1936.8	55

Η διακοπή της κυκλοφορίας επηρέασε το ρεύμα καθόδου μέχρι το ύψος της οδού Τζαβέλλα αφού όπως φαίνεται και από τον πίνακα 3.4 μειώθηκε η ταχύτητα και ο διερχόμενος φόρτος την ώρα του συμβάντος. Η διαφορά είναι εμφανής από τα στοιχεία για το φόρτο και την ταχύτητα που λήφθηκαν από τον ανιχνευτή 456 που βρίσκεται ακριβώς μετά τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Τζαβέλλα.

Πίνακας 3.4. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 456 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	1714	21.4
9:30	1998.7	42.1
9:45	1847.4	44.6
10:00	1281.1	20.2
10:15	664.9	6.5
10:30	1798.3	28.7
10:45	1623.3	48.7
11:00	1759.1	45.9
11:15	1590.8	49.9
11:30	1503.1	48.6
11:45	1521.3	47.7
12:00	1169.3	23.2
12:15	725.9	6
12:30	1358.1	28.2
12:45	1501.5	51.4
13:00	1628.2	48.8
13:15	1569.1	49.7
13:30	1523.6	47.2
13:45	1692.5	46.8

Αντίστοιχα στο τμήμα της Μεσογείων που δεν εμπλέκεται με τις κινήσεις της Κατεχάκη και της Κανελοπούλου, παρατηρείται κατά το χρονικό διάστημα του συμβάντος μία αύξηση της ταχύτητας με παράλληλα πολύ χαμηλό φόρτο.

Πίνακας 3.5. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 441 στις 4/10/2012

Ωρα	Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Ταχύτητα (km/h)
9:15	1613.8	10.7
9:30	1528	10.8
9:45	1658.1	11.2
10:00	701.6	36.6
10:15	411.4	61.3
10:30	1376.3	59
10:45	1426.6	60.1
11:00	1397.5	61.6
11:15	1207.3	62.5
11:30	1229.6	61
11:45	918.9	61.8
12:00	241.2	61.9
12:15	242.3	61.6
12:30	1034.1	23.4
12:45	1061.4	8
13:00	1382.3	44.5
13:15	1202	60.2
13:30	1098.4	61.3
13:45	1262.3	61

Τέλος υπήρξε ένα ποσοστό οδηγών το οποίο διάβασε το μήνυμα και αποκρίθηκε σε αυτό. Αυτό φαίνεται από τους ανιχνευτές με κωδικούς αριθμούς 459 και 481, που λαμβάνουν μετρήσεις αμέσως μετά τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου. Ειδικότερα παρατηρείται ότι ο φόρτος στη λεωφόρο Μεσογείων (ανιχνευτής με κωδικό 459) μειώνεται κατά τη διάρκεια του συμβάντος και η ταχύτητα παραμένει υψηλή ενώ στον αντίστοιχο ανιχνευτή στην οδό Χαλανδρίου (481) δεν υπάρχει αύξηση στον αριθμό των οχημάτων, αλλά υπάρχει μείωση στην ταχύτητα. Ενδεχομένως ένα ποσοστό των οδηγών άλλαξε τη διαδρομή του βάσει του μηνύματος που προβλήθηκε προς την οδό Χαλανδρίου.

Πίνακας 3.6. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 459 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	1949.7	44.4
9:30	1689.9	45.9
9:45	1763.9	49.9
10:00	1549.7	50.1
10:15	1181.5	53.8
10:30	1690.4	47.2
10:45	1902.9	41.9
11:00	1740	49.5
11:15	1772	47
11:30	1840.4	47.4
11:45	1914	47.7
12:00	1441.2	50.6
12:15	1274.6	50.9
12:30	1743.9	44
12:45	1620.2	34.6
13:00	1626.1	41.1
13:15	1848.1	46.6
13:30	1884.7	47.7
13:45	1883.9	48.1

Πίνακας 3.7. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 481 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	1331.4	30.7
9:30	1276.6	24.9
9:45	1487.45	9.9
10:00	1464.11	17.11
10:15	1371.1	13.5
10:30	1317.8	21.2
10:45	1334.8	35.7
11:00	1364.9	29.3
11:15	1371.1	27.4
11:30	1375.9	29.9
11:45	1412.9	36.5
12:00	1286.6	35.3
12:15	1317.3	32.7
12:30	1425.9	28.7
12:45	1407.4	30.5
13:00	1497	23.1
13:15	1438.5	28.2
13:30	1206.4	37.6
13:45	1393.9	25.9

Οι χρήστες από την οδό Χαλανδρίου συνεχίζουν προς την οδό Παπανικολή όπου ο ανιχνευτής με κωδικό αριθμό 476 στο ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως καταγράφει υψηλούς φόρτους και σταθερά χαμηλές ταχύτητες που αυξάνονται περίπου 45 λεπτά μετά το συμβάν μέχρι τις 12:30 όπου η οδός έχει φορτιστεί και πάλι από όσους άλλαξαν τη διαδρομή τους για να αποφύγουν το κλείσιμο της οδού κατά τη διάρκεια του δεύτερου συμβάντος.

Πίνακας 3.8. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 476 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	1960.3	31.8
9:30	1866.5	22.4
9:45	1901.5	19.45
10:00	1870.89	15.44
10:15	1850.2	17.8
10:30	1835.4	21.1
10:45	1815.9	36.1
11:00	1666.5	44.7
11:15	1744.9	45.4
11:30	1707.9	43.2
11:45	1730.1	47.5
12:00	1426.9	47.9
12:15	1588.3	47.6
12:30	1589.9	34
12:45	1683	37.9
13:00	1656.1	38.7
13:15	1602.5	47.1
13:30	1620.9	45.6
13:45	1532.7	46

Στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 286, στην οδό Παπανικολή πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κηφισίας, δεν παρατηρείται κάποια διαφορά σε φόρτους ή ταχύτητες, οπότε πιθανώς τα επιπλέον οχήματα να επέλεξαν την οδό Εθνικής Αντιστάσεως για να συνεχίσουν τη διαδρομή τους.

Πίνακας 3.9. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 286 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	1542.3	60.6
9:30	1451.1	64.9
9:45	1402.65	66.1
10:00	1476.11	63.56
10:15	1485.3	65.4
10:30	1483.9	61.7
10:45	1476.9	66.6
11:00	1254.1	67.4
11:15	1221.7	66.5
11:30	1319.9	68.1
11:45	1359.6	70.6
12:00	1260.4	68.2
12:15	1239.9	68.8
12:30	1348.9	66.5
12:45	1363.1	68.1
13:00	1406.4	67.4
13:15	1266	68.5
13:30	1359.4	69.2
13:45	1426.1	68.2

Στη λεωφόρο Κηφισίας η κυκλοφορία μόνο στο ύψος τους ανισόπεδου κόμβου με τη λεωφόρο Κατεχάκη παρουσίασε μεταβολή. Οι ανιχνευτές 278 και 273 που βρίσκονται στο ύψος του δήμου Φιλοθέης και στο ύψος του ανισόπεδου κόμβου με την 25^{ης} Μαρτίου και την Δημητρίου Βασιλείου, καταγράφουν αυξομειώσεις που παρατηρούνται και σε μέρες της εβδομάδας που δεν υπάρχει κάποιο συμβάν. Αντίθετα στον ανιχνευτή μετά τον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με τη λεωφόρο Κατεχάκη κατά το χρονικό διάστημα, που η λεωφόρος Μεσογείων έκλεισε για δεύτερη φορά παρατηρείται μείωση του φόρτου κατά 800 οχήματα την ώρα και της ταχύτητας κατά 20km/h. Επομένως κάποιοι πιθανώς χρησιμοποίησαν το δίκτυο της περιοχής του Νέου Ψυχικού για να εισέλθουν στην λεωφόρο Κηφισίας και να υπάρξει συμφόρηση στο δίκτυο.

Πίνακας 3.10. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 278 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	3703.3	42.6
9:30	3466.9	40.8
9:45	3255.8	35.85
10:00	3131.44	37.67
10:15	2994.9	33.6
10:30	2998.5	33.8
10:45	3147.6	35.8
11:00	3009.8	33.5
11:15	2911.9	35.5
11:30	2963.7	30.9
11:45	2986.7	31.4
12:00	2975	36.3
12:15	2862.7	22
12:30	2838.8	25.6
12:45	2950.7	32.9
13:00	2646.9	29
13:15	2645.4	25.3
13:30	2805.5	23.6
13:45	2711	22.6

Πίνακας 3.11. Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 273 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	3123.3	20.1
9:30	2915	19.4
9:45	3108.7	20.9
10:00	3211.7	39.7
10:15	3021.9	44.2
10:30	3107.5	47
10:45	3107.9	44.3
11:00	3065.4	45.7
11:15	3132.2	48.7
11:30	3012.7	45.3
11:45	3196.9	47.4
12:00	2994.1	48.9
12:15	3042.1	49.6
12:30	2993.6	53
12:45	3166.1	50.8
13:00	2669	50.7
13:15	2789.2	43.6
13:30	2835.4	42.6
13:45	2397.1	14.2

Πίνακας 3.12 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 272 στις 4/10/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
9:15	2318.8	15.2
9:30	2397.7	14
9:45	2762.9	16.9
10:00	2481.2	15.5
10:15	2684.4	16.2
10:30	2674.8	17.2
10:45	2437.4	15.4
11:00	2338.1	14.9
11:15	2667.3	16.9
11:30	2626.4	36.6
11:45	2594.1	44.3
12:00	2676	49.8
12:15	2516.4	29.6
12:30	2047.5	14.1
12:45	1834.6	12.8
13:00	1830.5	13
13:15	1491.3	12
13:30	1418.4	11.4
13:45	1698	12.7

Τέλος στην λεωφόρο Κατεχάκη, δεν υπήρξαν μεταβολές στο ρεύμα από τη λεωφόρο Κηφισίας μέχρι τη λεωφόρο Μεσογείων. Οι φόρτοι και οι ταχύτητες παρουσίασαν τις μεταβολές που παρουσιάζονται συνήθως στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα.

Συνοψίζοντας, ενώ από το αρχείο του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας φαίνεται ότι η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων έδειχνε το μήνυμα συνεχόμενα για 2 ώρες και 10 λεπτά, η κυκλοφορία φαίνεται να αντιδράει μόνο για δύο μεμονωμένα χρονικά διαστήματα. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας τα συγκεκριμένο συμβάν θα εξεταστεί σαν να συνέβη μόνο η πρώτη διακοπή της κυκλοφορίας.

Έκτακτο μήνυμα 30377

Το έκτακτο μήνυμα με αύξοντα αριθμό 30827 προβλήθηκε την Παρασκευή 9 Νοεμβρίου του 2012 στις 9:50 πμ και διήρκησε 16 λεπτά. Το συγκεκριμένο έκτακτο μήνυμα, ανήκει στην κατηγορία έκτακτα γεγονότα και πρόκειται για συμβάν που έκλεισε τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων μπροστά από το υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Η τροχαία έκλεισε τη λεωφόρο Μεσογείων στο ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας, πλησίον του υπουργείου Εθνικής Άμυνας.

Λ. ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ
ΥΨΟΣ ΕΘΝ. ΑΜΥΝΑΣ
ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΚΛΕΙΣΤΗ

Εικόνα 3.3. Έκτακτο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων 17 για το συμβάν 30827



Εικόνα 3.4. Θέση που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων στο συμβάν 30827-Πηγή Google Earth

Στον ανιχνευτή με κωδικό 452 πριν τη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την λεωφόρο Δημοκρατίας ενώ η ταχύτητα και οι φόρτοι πρέπει δεδομένης της ώρας να αυξάνονται, αντίθετα την ώρα του συμβάντος μειώνονται για μισή ώρα μέχρι να έλθουν στα φυσιολογικά επίπεδα της οδού για την ώρα αιχμής.

Πίνακας 3.13 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 452 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1192.7	9.3
8:15	698.4	5
8:30	559.2	4.3
8:45	842.6	5.4
9:00	1032.7	6.6
9:15	1046.5	6.8
9:30	829.4	5.8
9:45	434.2	3.4
10:00	548.9	5
10:15	1489.2	13.7
10:30	1677.9	15.7
10:45	1629.1	14.3

Επίσης πρόβλημα παρουσιάζεται και στην λεωφόρο Δημοκρατίας πριν τη συμβολή της με τη λεωφόρο Μεσογείων καθώς η ταχύτητα μειώνεται στο ένα τρίτο της ταχύτητας, που θα πρέπει να έχουν τα οχήματα στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα εκείνη την ώρα.

Πίνακας 3.14 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 453 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	547.9	43.2
8:15	400.9	23.4
8:30	252.5	7.1
8:45	391.6	13.5
9:00	477.6	11.7
9:15	462.6	37.3
9:30	480.9	44.2
9:45	330.5	27.3
10:00	221.7	9.4
10:15	354.4	18.7
10:30	484	35.9
10:45	471.3	45.3

Ο αμέσως ανάντη ανιχνευτής επί της λεωφόρου Μεσογείων που επηρεάζεται βρίσκεται στο ύψος της οδού Υμηττού όπου και εκεί ενώ πρέπει να αυξάνεται ο φόρτος και η ταχύτητα και τα δύο μεγέθη μειώνονται για μισή ώρα μέχρι να φτάσουν τα φυσιολογικά επίπεδα.

Πίνακας 3.15 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 456 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1210.8	7.9
8:15	675.8	3.6
8:30	506	4.4
8:45	878.2	6.3
9:00	941.1	7.7
9:15	942.5	6
9:30	871.1	4.9
9:45	427	3.3
10:00	361.2	4.9
10:15	1529.1	15.5
10:30	1456.3	12.4
10:45	1639.6	14.5

Στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 449 που βρίσκεται μετά το σημείο που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων, για μισή ώρα παρατηρείται εξαιρετικά μειωμένος φόρτος λόγω των οχημάτων που καταφέρνουν να διέλθουν από την περιοχή του συμβάντος και η ταχύτητα διέλευσης διπλασιάζεται υποδεικνύοντας ότι τα οχήματα είχαν χώρο να αναπτύξουν ταχύτητα.

Πίνακας 3.16 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 449 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1429.3	8.5
8:15	1220.2	5.7
8:30	1196.2	8.1
8:45	1660.3	19.1
9:00	1973.9	56.1
9:15	1567.5	41.1
9:30	1232.3	24.3
9:45	166.1	56.4
10:00	467.8	54.7
10:15	2103.2	50.5
10:30	2198.3	36.9
10:45	2158.2	33.2

Παράλληλα, μετά την πλατεία Αγίας Παρασκευής που βρίσκεται το πρώτο σημείο στο οποίο τα οχήματα αφού έχουν λάβει πληροφόρηση να προβούν σε αλλαγή πορείας, ο ανιχνευτής δείχνει πώς για την ώρα προβολής του μηνύματος οι διελεύσεις στη λεωφόρο Μεσογείων μειώνονται κατά 250 οχήματα κατά μέσο όρο για μισή ώρα και αυξάνεται η ταχύτητα στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Στην οδό Χαλανδρίου, ενώ ο αριθμός των οχημάτων παραμένει φυσιολογικός, η ταχύτητα παρουσιάζει μικρή μείωση. Επομένως υπάρχει η πιθανότητα οχήματα να παρέκλιναν της πορείας τους λαμβάνοντας πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 νωρίτερα στη λεωφόρο Μεσογείων.

Πίνακας 3.17 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 459 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1864.1	51.7
8:15	1867.7	51.3
8:30	1791.8	49.4
8:45	2008.3	47.8
9:00	1724.7	46.2
9:15	1748.7	48.9
9:30	1724.8	46.5
9:45	1546.3	50.1
10:00	1485.9	50.7
10:15	1824.1	38.1
10:30	1750.4	39.5
10:45	1827.2	48

Πίνακας 3.18 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 481 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1374.6	8.3
8:15	1324.8	8
8:30	1186.5	9.5
8:45	1290.7	10.4
9:00	1268.3	9.4
9:15	1366.3	13.8
9:30	1378.4	10.5
9:45	1381	10.4
10:00	1305.3	9.7
10:15	1412.3	8.3
10:30	1343.9	10.6
10:45	1411.2	10.1

Τα οχήματα που εισήλθαν στην οδό Χαλανδρίου, συνέχισαν την πορεία τους στην οδό Παπανικολή μέχρι το ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, όπου ο ανιχνευτής με κωδικό 476 κατέγραψε μία πτώση και σταθεροποίηση του φόρτου και της ταχύτητας την ώρα του συμβάντος.

Πίνακας 3.19 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 476 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1102.1	6.9
8:15	1206.2	8.4
8:30	1186.8	9.4
8:45	1565.6	10.6
9:00	1646.9	12.6
9:15	1833.1	14.6
9:30	1924.5	16.1
9:45	1850.3	14.9
10:00	1882.1	14.9
10:15	1899.7	20.6
10:30	1716.6	14.4
10:45	1932	15.5

Ο ανιχνευτής με κωδικό 286, πριν τη συμβολή της οδού Παπανικολή με την λεωφόρο Κηφισίας, κατέγραψε τον φόρτο και τις ταχύτητες που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα για εκείνες τις ώρες, οπότε ίσως και σε αυτή την περίπτωση οι χρήστες χρησιμοποίησαν την οδό Εθνικής Αντιστάσεως.

Πίνακας 3.20 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 286 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	1389.1	9.2
8:15	1629.8	16.2
8:30	1681.7	14.8
8:45	1818.6	21.8
9:00	1610.6	27.1
9:15	1777	25.1
9:30	1656.6	32.1
9:45	1664.2	48.4
10:00	1578.5	51.9
10:15	1743.8	41.6
10:30	1639.5	46.8
10:45	1616.8	54.2

Οι ανιχνευτές της λεωφόρου Κηφισίας από το ύψος του δήμου Φιλοθέης μέχρι τον ανισόπεδο κόμβο με την λεωφόρο Κατεχάκη κατέγραψαν μειωμένο φόρτο και ταχύτητες σε σχέση με αυτές που επικρατούν, οπότε πιθανώς κυρίως από το ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως και μετά να εισήλθαν στη λεωφόρο Κηφισίας για να συνεχίσουν την πορεία τους προς το κέντρο της Αθήνας.

Πίνακας 3.21 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 278 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	3745.3	51.3
8:15	3968.9	48.1
8:30	4116.6	38.6
8:45	3109.3	18.1
9:00	2376.7	12.1
9:15	2787.4	13.9
9:30	2866.8	15
9:45	1408.1	6.1
10:00	1541.2	7.6
10:15	1599.1	8
10:30	2337.9	11.5
10:45	2918.5	19.5

Πίνακας 3.22 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 273 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	3674.3	37.7
8:15	3440	24.6
8:30	3418.2	22.5
8:45	2633.9	17.8
9:00	2052.8	14.8
9:15	2988.4	20.1
9:30	1948.4	13.8
9:45	669.4	7.9
10:00	692.8	6
10:15	1614.2	11.3
10:30	2334	14.3
10:45	2475.4	13.4

Πίνακας 3.23 Καταγραφή φόρτων από τον ανιχνευτή 263 στις 9/11/2012

Ωρα	Οχήματα/ώρα	Ταχύτητα
8:00	3286.5	18.5
8:15	3615	17.6
8:30	2989.4	15.5
8:45	2969.4	16.6
9:00	3126.4	17.6
9:15	2813.5	16.8
9:30	1328.56	10.11
9:45	812.6	8.3
10:00	698.9	9
10:15	2236.9	13.9
10:30	2485.2	15.2
10:45	2112.2	13.4

Τέλος η λεωφόρος Κατεχάκη στο ρεύμα από τη λεωφόρο Κηφισίας μέχρι τη λεωφόρο Μεσογείων δεν παρουσίασε μεταβολές, καθώς οι χρήστες μάλλον για την κίνηση τους προς τα νότια και ανατολικά προάστια της Αθήνας χρησιμοποίησαν άλλη εναλλακτική διαδρομή εκτός του υπό μελέτη δικτύου.

Τα δύο συμβάντα που επιλέχθηκαν, αφού αποφασίστηκε από το πρώτο συμβάν να εξεταστεί μόνο το πρώτο κλείσιμο της οδού, είχαν παρόμοια χαρακτηριστικά. Έτσι προσομοιώθηκε συμβάν στο οποίο για 15 λεπτά έκλεισε τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων στο ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας και εξετάστηκαν οι επιπτώσεις για κάθε σενάριο που πραγματοποιήθηκε.

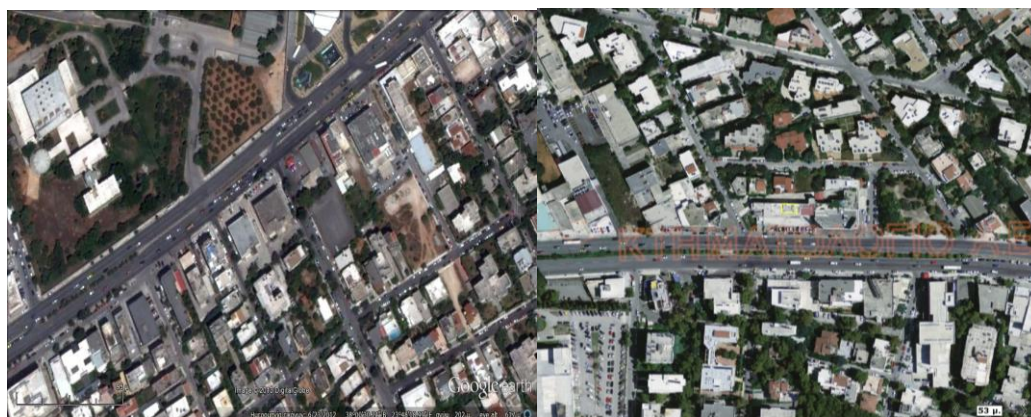
3.5. Σχεδιασμός Δικτύου

3.5.1. Επιλογή περιοχής μελέτης

Το τμήμα του οδικού δικτύου της μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας, που επιλέχτηκε αρχικά να εξεταστεί και με βάση αυτό να σχεδιαστεί το υπό προσομοίωση δίκτυο, είναι η λεωφόρος Μεσογείων από το ύψος της λεωφόρου Κατεχάκη μέχρι την θέση όπου βρίσκεται η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17, περίπου στο ύψος της οδού Αγελάου, ανάποδα με τη φορά κίνησης των οχημάτων. Παράλληλα για να εξεταστούν εναλλακτικές διαδρομές των οχημάτων από τη λεωφόρο Μεσογείων, σε άλλα σημεία του δικτύου, συμπεριλήφθηκαν η λεωφόρος Χαλανδρίου, οι οδοί Παπανικολή και Κωνσταντίνου Παλαιολόγου από την πλατεία Κένεντυ μέχρι την συμβολή τους με την λεωφόρο Κηφισίας, η λεωφόρος Κατεχάκη μέχρι την συμβολή της με την λεωφόρο Κηφισίας, καθώς και το τμήμα της λεωφόρου Κηφισίας μεταξύ των συμβολών αυτών. Τα τμήματα των λεωφόρων αυτών εξυπηρετούν τη σύνδεση πολλών περoχών της Αθήνας με το κέντρο της πόλης ή άλλων περιοχών διαμέσου του κέντρου και δύναται να αποτελέσουν εναλλακτικές διαδρομές σε περίπτωση που η μια εκ των δύο λεωφόρων είναι κλειστή. Ο φόρτος και των δύο λεωφόρων είναι ιδιαίτερα υψηλός ιδιαίτερα τις ώρες αιχμής. Παράλληλα, για τον σχεδιασμό πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα σε ώρα αιχμής με σκοπό να εντοπιστούν πιθανές εναλλακτικές διαδρομές που χρησιμοποιούν καθημερινοί χρήστες του συγκεκριμένου τμήματος του αθηναϊκού δικτύου ή και να αφαιρεθούν από το δίκτυο διαδρομές που αρχικά είχαν προσδιοριστεί, αλλά δεν πραγματοποιούνταν από σημαντικό φόρτο. Αποτέλεσμα των επιτόπιων αυτοπιών ήταν να προστεθούν από το δήμο Χαλανδρίου τμήμα της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, από τις οδούς Παπανικολή και Κωνσταντίνου Παλαιολόγου μέχρι την συμβολή της με τη λεωφόρο Κηφισίας, η οδός Αποστολοπούλου από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως μέχρι την οδό Τζαβέλλα και η οδός 25^{ης} Μαρτίου από την οδό Τζαβέλλα μέχρι τη λεωφόρο Δημοκρατίας στο δήμο Ψυχικού. Επίσης από την περιοχή του Νέου Ψυχικού προστέθηκαν στο δίκτυο η οδός Στρατηγού Μακρυγιάννη, η οδός Δημητρίου Βασιλείου, η οδός Σικελιανού, η οδός Αδριανού, ο κυκλικός κόμβος της πλατείας Αγίας Σοφίας, η οδός Ξενοπούλου και η λεωφόρος Δημοκρατίας από τη λεωφόρο Μεσογείων μέχρι την οδό Στρατηγού Μακρυγιάννη. Ο συνδυασμός αυτών των οδών αποτελεί πιθανές εναλλακτικές διαδρομές που ενδέχεται να ακολουθήσουν χρήστες εξοικειωμένοι με το οδικό δίκτυο της περιοχής. Θεωρείται ότι το ποσοστό τέτοιου είδους χρηστών δύναται να είναι υψηλό καθώς στις ώρες αιχμής το παρόν οδικό δίκτυο χρησιμοποιείται κυρίως από καθημερινούς χρήστες.

3.5.2. Συλλογή υποβάθρων

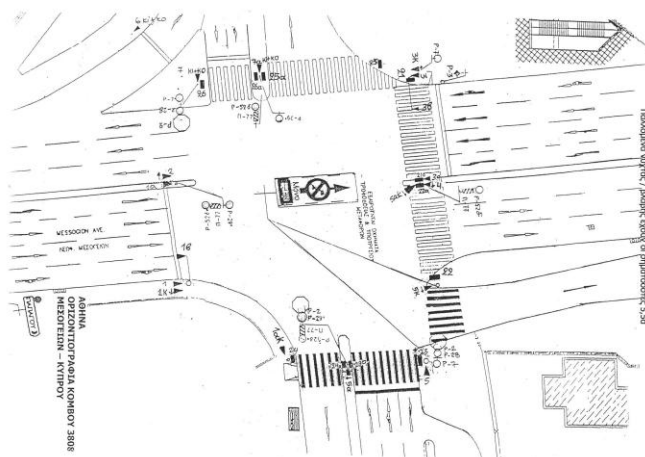
Για το σχεδιασμό του δικτύου ήταν απαραίτητη η χρήση ενός υποβάθρου με ικανή πληροφορία όσον αφορά στο οδικό δίκτυο και στα χαρακτηριστικά του και καλή ευκρίνεια. Ως πηγές εικόνων επιλέχθηκαν το πρόγραμμα της Google, «Google Earth», και η υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών από την Κτηματολόγιο Α.Ε.. Το πρόγραμμα της Google, «Google Earth» επιτρέπει την θέαση από δορυφόρο σημείων του πλανήτη με σχετική ευκρίνεια και αποτελεί παράλληλα μία βάση δεδομένων αρκετών γεωγραφικών στοιχείων που είναι ψηφιοποιημένα πάνω στη σύνθεση των δορυφορικών εικόνων, όπως του οδικού δικτύου. Η ιστοσελίδα της εταιρίας Κτηματολόγιο Α.Ε. παρέχει υπηρεσία θέασης ορθοφωτογραφιών, οι οποίες περιλαμβάνουν συντεταγμένες του κάθε σημείου στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ 87) καθώς και μετρήσεις μηκών και εμβαδών. Οι δύο πηγές εικόνων παρείχαν ικανή πληροφορία, ώστε σε συνδυασμό, να αποτελέσουν ένα εύκολα αναγνώσιμο υπόβαθρο για να κατασκευαστεί με αρκετά καλή ακρίβεια το οδικό δίκτυο. Συγκεντρώθηκαν συνολικά 45 εικόνες από το Google Earth εκ των οποίων οι 16 απεικονίζουν τη λεωφόρο Μεσογείων, 15 την λεωφόρο Κηφισίας, 4 την οδό Κατεχάκη και 10 την Λεωφόρο Χαλανδρίου, συμπεριλαμβανομένων των οδών Αγίας Παρασκευής, Κωνσταντίνου Παλαιολόγου και Παπανικολή. Αντίστοιχα τα αποσπάσματα από το Κτηματολόγιο ήταν 105, με 34 να απεικονίζουν τη λεωφόρο Μεσογείων, 24 τη λεωφόρο Κηφισίας, 4 την οδό Κατεχάκη, 15 τη Λεωφόρο Χαλανδρίου, με την οδό Αγίας Παρασκευής, την οδό Κωνσταντίνου Παλαιολόγου και την οδό Παπανικολή, 10 τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Αποστολοπούλου, 6 την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και 12 για το δίκτυο οδών της περιοχής του Νέου Ψυχικού. Οι εικόνες από το Google Earth αποθηκεύονταν με εμφανή την θέση του βορρά στο πάνω δεξιά τμήμα της εικόνας και την κλίμακα της εικόνας στο κάτω αριστερά τμήμα της. Οι εικόνες του κτηματολογίου αποθηκεύονταν εξ αρχής προσανατολισμένες στο βορρά και η κλίμακα ήταν εμφανής στο κάτω δεξιά τμήμα της εικόνας.



Εικόνες 3.6 και 3.7: Απόσπασμα από το Google Earth (αριστερά) και από το Κτηματολόγιο (δεξιά)

Στοιχεία για την οριζοντιογραφία των κόμβων του οδικού δικτύου αντλήθηκαν από το Κέντρο Διαχείρισης Κυκλοφορίας της Αττικής. Αναλυτικότερα δόθηκαν σκαριφήματα ή τοπογραφικά σχέδια των κόμβων κλίμακας 1:500. Τα σχέδια περιελάμβαναν το όνομα της κάθε οδού που συμβάλλει στον κόμβο, τον αριθμό των λωρίδων, την κατεύθυνση κάθε λωρίδας, τη θέση της σήμανσης και της φωτεινής σηματοδότησης με τον κατάλληλο κωδικό ώστε να συμπίπτει με τον κωδικό αριθμό στο πρόγραμμα σηματοδότησης για τον αντίστοιχο κόμβο καθώς και η θέση των

ανιχνευτών σε κάθε κλάδο. Σε αρκετά σκαριφήματα δίνονταν γεωμετρικά στοιχεία όπως το πλάτος της λωρίδας, η ακτίνα της τροχιάς που διαγράφει ένα όχημα κατά την κίνηση του σε έναν κόμβο, όπως και η απόσταση του κάθε ανιχνευτή από τον κόμβο.



Εικόνα 3.8:Κάτοψη κόμβου Μεσογείων-Ξενοπούλου, Πηγή: ΚΑΚ Αττικής

Στο πρόγραμμα VISSIM το υπόβαθρο και κατά συνέπεια το δίκτυο έχει κατασκευαστεί σε αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Το υπόβαθρο του δικτύου δημιουργήθηκε από ένα μωσαϊκό εικόνων το οποίο συντέθηκε στο περιβάλλον του προγράμματος VISSIM. Αρχικά επιλέχθηκαν οι εικόνες από το Google Earth και από την Κτηματολόγιο Α.Ε.. Σε όλες τις εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν από το Google Earth εμφανίζεται στο κάτω αριστερά μέρος τους η κλίμακα ομοίως και στις ορθοφωτογραφίες του Κτηματολογίου. Η κλίμακα των εικόνων από το Google Earth είναι διαφορετική από αυτή των εικόνων του Κτηματολογίου. Στο Google Earth η πλοήγηση και η εστίαση πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή είναι ελεύθερη, ενώ στο Κτηματολόγιο υπάρχουν συγκεκριμένες κλίμακες στις αεροφωτογραφίες και επιλέγεται η 1:500. Οι επιλεγμένες εικόνες έχουν στο κέντρο τους τα τμήματα του οδικού δικτύου προς προσομοίωση και έχουν ανά ζεύγη μεγάλη επικάλυψη ώστε να είναι όσο το δυνατόν καλύτερη η ένωση μεταξύ των εικόνων. Οι εικόνες τοποθετήθηκαν στο περιβάλλον του VISSIM μία προς μία. Σε κάθε μία γινόταν η κατάλληλη μορφοποίηση της κλίμακας, μετακινούνταν και τοποθετούνταν σε κατάλληλο σημείο ώστε να συμπίπτει με το επικαλυπτόμενο μέρος της προηγούμενης. Αφού πραγματοποιούνταν η διαδικασία αυτή για κάθε εικόνα, η μορφοποίηση που υπέστη κάθε εικόνα αποθηκευόταν από το πρόγραμμα. Με αυτόν τον τρόπο κάθε φορά που γινόταν ανάκληση των εικόνων, οι εικόνες τοποθετούνταν στην ορισμένη θέση και στην κατάλληλη κλίμακα.

3.5.3. Σχεδιασμός οδικού δικτύου

Για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης, το οδικό δίκτυο της υπό μελέτη περιοχής, έπρεπε να κωδικοποιηθεί έτσι ώστε να είναι αναγνώσιμο από το πρόγραμμα, να γίνονται αντιληπτά τα χαρακτηριστικά του δικτύου χωρίς πιθανά προβλήματα που θα προέκυπταν από μη συμβατό σχεδιασμό του δικτύου με τον τρόπο που το «αντιλαμβάνεται» το πρόγραμμα προσομοίωσης VISSIM. Το πρόγραμμα VISSIM αντιλαμβάνεται το δίκτυο σαν μία σειρά συνδέσμων (Links) και συνδετήριων οδικών τμημάτων (Connectors). Οι σύνδεσμοι αποτελούν βασικό στοιχείο του δικτύου στο VISSIM καθώς αναπαριστούν τα οδικά τμήματα μεταξύ των κόμβων. Οι σύνδεσμοι

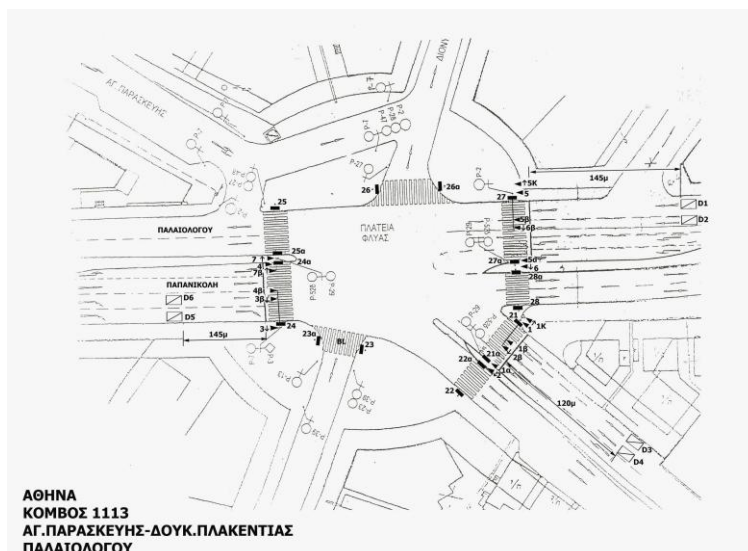
μπορεί να αναπαριστούν οδικό τμήμα μίας ή και παραπάνω λωρίδων. Πάνω σε αυτά τοποθετούνται συσκευές μετρήσεως κυκλοφοριακών μεγεθών, σήμανση και φωτεινοί σηματοδότες. Επίσης στους συνδέσμους που βρίσκονται στα όρια του οδικού δικτύου τοποθετούνται τα σημεία εισαγωγής οχημάτων, σύμφωνα με τη σύνθεση κυκλοφορίας και ορίζονται οι πιθανές διαδρομές που θα μπορούν να ακολουθήσουν τα οχήματα.

Κάθε σύνδεσμος ορίζεται γραφικά από το χρήστη στο περιβάλλον του VISSIM και η δημιουργία καμπύλης γίνεται με τη διαίρεση ενός συνδέσμου σε επιμέρους τμήματα με τη τοποθέτηση σημείου. Οι σύνδεσμοι δημιουργούνται πάνω στο υπόβαθρο στη περιοχή της εικόνας που υπάρχει το οδικό τμήμα. Ο χρήστης αρχικά υποχρεούται να δώσει έναν κωδικό αριθμό στον σύνδεσμο και προαιρετικά μία ονομασία, ώστε να είναι ευκολότερα αναγνώσιμο όποτε το αναζητήσει και αμέσως μετά μπορεί να εισάγει πληροφορίες για τον αριθμό των λωρίδων, τον τύπο του οδικού τμήματος (αστική οδός ή αυτοκινητόδρομος), το πλάτος κάθε λωρίδας, το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται η αρχή και το πέρας του συνδέσμου και την κλίση του. Επιπρόσθετα ο χρήστης δύναται να δώσει εντολή για αποκλεισμό ενός οδικού τμήματος από έναν ή περισσότερους τύπους οχημάτων και να δώσει διαφορετικά πλάτη σε κάθε λωρίδα ενός συνδέσμου. Παρέχεται και η δυνατότητα παραγωγής συνδέσμου αντίθετης κατεύθυνσης, κατά την δημιουργία ενός συνδέσμου με όμοια χαρακτηριστικά. Η συγκεκριμένη δυνατότητα δεν αξιοποιήθηκε καθώς κατά την αυτόματη δημιουργία συνδέσμου αντίθετης κατεύθυνσης, το πρόγραμμα τοποθετεί κωδικό αριθμό στον νέο σύνδεσμο που ακολουθεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία αρίθμησης και για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας οι σύνδεσμοι ακολούθησαν κωδικοποίηση που συμπίπτει με αυτή που έχει δοθεί για τους κόμβους της Αθήνας από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας ώστε να είναι αναγνώσιμο κάθε σημείο του δικτύου και να καθίσταται εύκολος ο εντοπισμός του. Ως αδυναμία του προγράμματος μπορεί να θεωρηθεί, ότι αρκετά γεωμετρικά στοιχεία κάθε οδικού τμήματος, όπως το μήκος του οδικού τμήματος μπορούν να οριστούν μόνο σχεδιαστικά και το υψόμετρο που μπορεί να εισάγει ο χρήστης στην αρχή και στο τέλος ενός συνδέσμου βοηθούν μόνο για την καλύτερη οπτικοποίηση του δικτύου και δεν λαμβάνονται υπόψη.

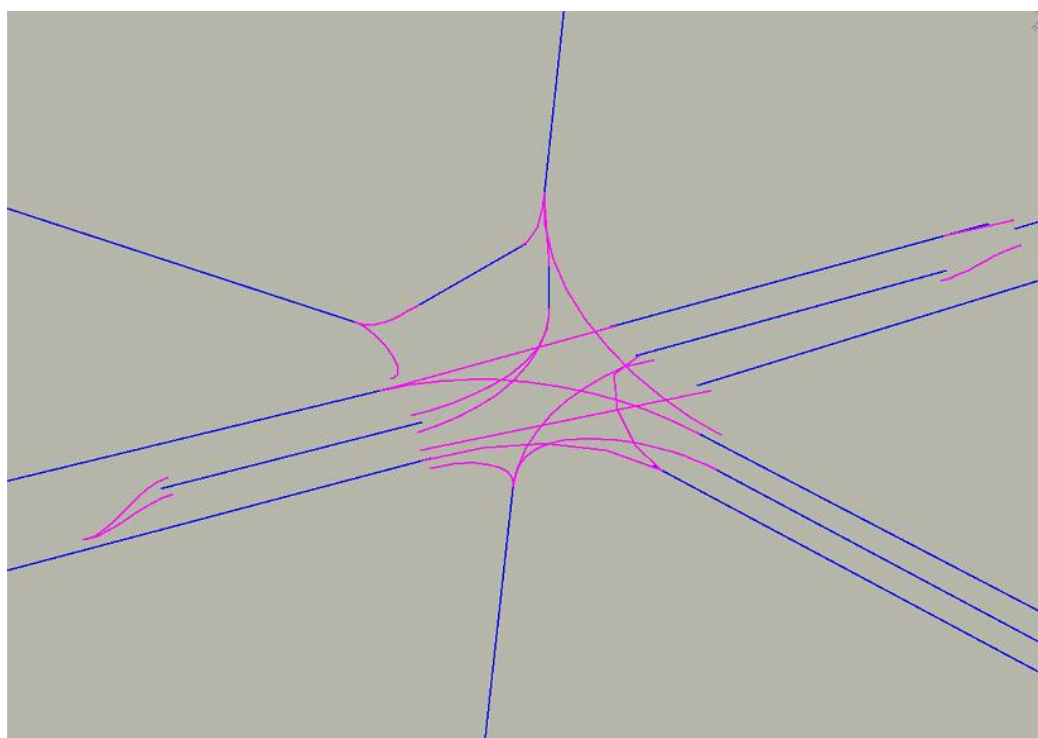
Τα συνδετήρια οδικά τμήματα είναι στοιχεία του δικτύου που υποδεικνύουν τη συνέχεια των συνδέσμων ώστε να είναι δυνατή η μετάβαση των οχημάτων από ένα σύνδεσμο στον επόμενο. Με τη χρήση συνδετήριων οδικών τμημάτων καθίσταται δυνατή η κατασκευή κόμβων στο πρόγραμμα VISSIM, ενώνοντας συνδέσμους ή λωρίδες κυκλοφορίας ενός συνδέσμου, με λωρίδες κυκλοφορίας ενός άλλου δημιουργώντας πολλαπλές επιλογές διαδρομής, τα οποία ουσιαστικά αποτυπώνουν τις κινήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε έναν κόμβο. Κατά τη δημιουργία ενός συνδετήριου οδικού τμήματος, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την απόσταση στον προηγούμενο σύνδεσμο που ένα όχημα θα αλλάξει λωρίδα ώστε να εισέλθει στο συνδετήριο οδικό τμήμα που θα τον οδηγήσει στην επόμενη απόφαση για διαδρομή δηλ. στον επόμενο σύνδεσμο. Στη συμβολή συνδετήριων τμημάτων δημιουργούνται περιοχές εμπλοκής που λειτουργούν μετά από την τοποθέτηση των κανόνων προτεραιότητας που ισχύουν, προκειμένου κάθε κίνηση που πραγματοποιείται να μην εμπλέκεται με άλλη κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Αν δεν τοποθετηθούν κανόνες προτεραιότητας κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης τα οχήματα διέρχονται ταυτόχρονα αγνοώντας την ύπαρξη άλλων οχημάτων που διέρχονται ή πραγματοποιούν ελιγμό μέσα σε ένα κόμβο. Τέλος ορίστηκαν οι κόμβοι σε σημεία που γίνεται σύνδεση των συνδέσμων με συνδετήρια οδικά τμήματα και υπάρχουν

εμπλεκόμενες κινήσεις και επιλέχτηκε η δυνατότητα αξιολόγησης προκειμένου να εξαχθούν αποτελέσματα στη συνέχεια. Ο ορισμός κόμβου στο VISSIM, γίνεται με τη δημιουργία πολυγώνου στην περιοχή του κόμβου και τοποθέτηση ενός κωδικού αριθμού. Ο κωδικός αριθμός που δόθηκε σε κάθε κόμβο είναι ο κωδικός που έχει δοθεί σε κάθε κόμβο από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας.

Στο πρόγραμμα VISSIM κάθε σύνδεσμος και συνδετήριο οδικό τμήμα έχουν έναν δικό τους μοναδικό κωδικό. Σημειώνεται ότι για τον εύκολο εντοπισμό κάθε οδικού τμήματος κατά τη δημιουργία κάθε συνδέσμου εισάγεται και το όνομα της οδού. Λόγω του μεγάλου αριθμού των συνδέσμων, η αρίθμηση έγινε αυτόματα από το πρόγραμμα. Η αυτόματη κωδικοποίηση χρησιμοποιήθηκε σε οδικά τμήματα για τα οποία δεν είχε δοθεί κωδικός αριθμός για τους κόμβους που συνδέουν αφού πρόκειται για μη σηματοδοτούμενους κόμβους που δεν υπήρχαν στα αρχεία του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας. Αντίθετα η κωδικοποίηση των συνδέσμων του δικτύου, που ένωναν κόμβους για τους οποίους υπήρχε κωδικοποίηση από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας, έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να συμβαδίζει με την κωδικοποίηση που έχει δοθεί σε κάθε κόμβο. Πιο συγκεκριμένα η κωδικοποίηση κάθε δεσμού που είχε κατεύθυνση έναν κόμβο αποτελούνταν από τον τετραψήφιο κωδικό του κόμβου και στη συνέχεια έναν τριψήφιο αριθμό από 001 έως 099 ανάλογα με τον αριθμό των συνδέσμων που εισέρχονταν σε έναν κόμβο. Οι σύνδεσμοι που είχαν κατεύθυνση εκτός κόμβου και οδηγούσαν εκτός του υπό μελέτη δικτύου λάμβαναν επταψήφιο κωδικό με τέσσερα πρώτα ψηφία τον τετραψήφιο κωδικό του κόμβου και στη συνέχεια έναν κωδικό αριθμό από το 101 έως 199 για να είναι πιο εύκολος ο διαχωρισμός με τα οδικά τμήματα που έχουν κατεύθυνση προς έναν κόμβο. Ξεχωριστή κωδικοποίηση είχαν οδικά τμήματα, που ενώ υπήρξαν τμήματα τους κατασκευασμένου οδικού δικτύου τα οποία βοηθούν στην ομαλή πραγματοποίηση των απαραίτητων κινήσεων εντός ενός κόμβου, δεν εξυπηρετούσαν κάποια κίνηση προς άλλο κόμβο ή έξοδο του δικτύου. Αναλυτικά υπάρχουν οδικά τμήματα τα οποία δεν οδηγούν σε άλλο κόμβο, ούτε εκτός δικτύου αλλά υποστηρίζουν μια ακολουθία κινήσεων εντός ενός κόμβου ή συνδέουν συνδέσμους οπτικά πιο ομαλά, όπως για παράδειγμα η είσοδος των νοσοκομείων που βρίσκονται επί της λεωφόρου Μεσογείων και τα μικρά οδικά τμήματα γύρω από την πλατεία Κένεντυ στο Χαλάνδρι. Σε αυτές τις περιπτώσεις τον επταψήφιο κωδικό του συνδέσμου αποτελούσαν ο τετραψήφιος κωδικός του κόμβου και ένας τριψήφιος κωδικός από το 201 έως το 299, έτσι ώστε να είναι εμφανής η διαφορά με τους κωδικούς αριθμούς των υπόλοιπων συνδέσμων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της μεθόδου κωδικοποίησης αποτελεί ο κόμβος 1113 που βρίσκεται η πλατεία Κένεντυ. Σε αυτόν τον κόμβο συμβάλλουν οδικά τμήματα, που αποτελούν μέρος του δικτύου, οδικά τμήματα που εισάγουν οχήματα στο δίκτυο, οδικά τμήματα που οδηγούν εκτός δικτύου και οδικά τμήματα που βρίσκονται εντός κόμβου και έχουν πολύ συγκεκριμένο χαρακτήρα που υποστηρίζει τη λειτουργία του συγκεκριμένου κόμβου. Η οριζοντιογραφία του συγκεκριμένου κόμβου δόθηκε από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας.



Εικόνα 3.9: Οριζοντιογραφία κόμβου Αγίας Παρασκευής-Δουκ.Πλακεντίας-Παλαιολόγου- Πηγή Κ.Δ.Κ. Αττικής



Εικόνα 3.10: Απεικόνιση του κόμβου Αγίας Παρασκευής-Δουκ.Πλακεντίας-Παλαιολόγου στο πρόγραμμα VISSIM

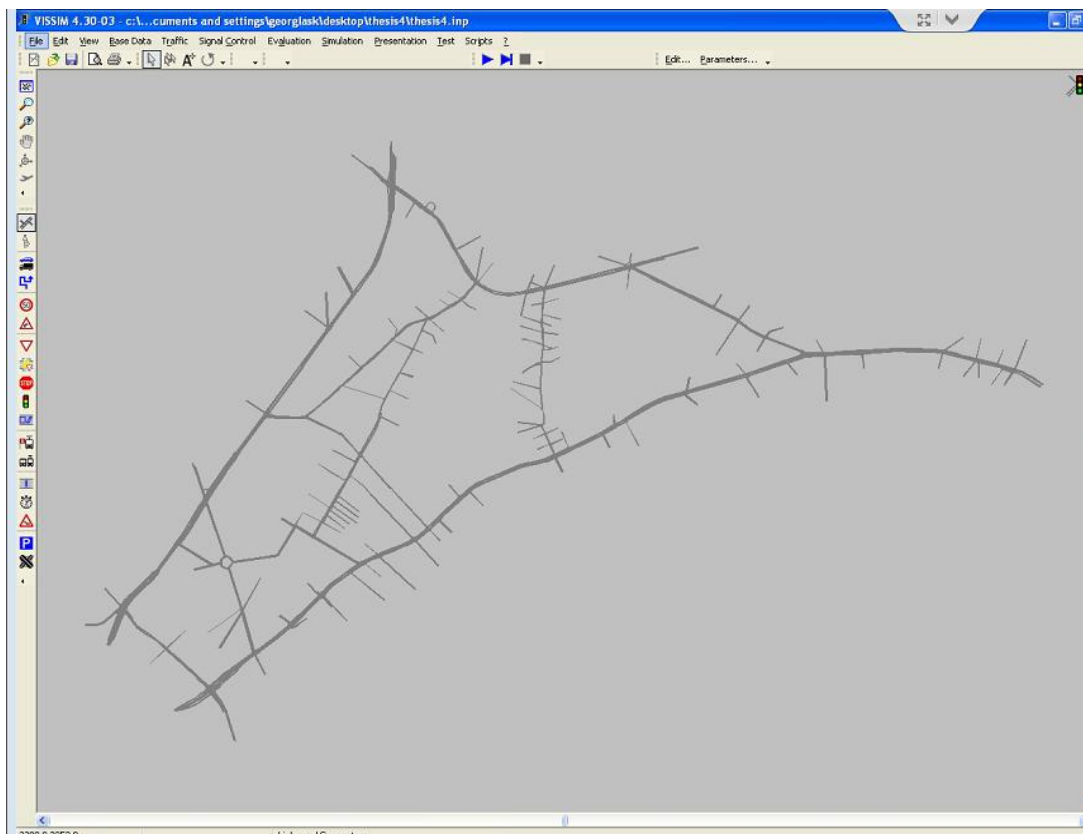
Κατά τη κατασκευή του δικτύου οι αριστερές στροφές, όπου υπήρχαν, αποτελούσαν ξεχωριστό σύνδεσμο που ενώνονταν με το σύνδεσμο προέλευσης με συνδετήριο οδικό τμήμα.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας δεν υπήρξε κανένας αποκλεισμός λωρίδας από κάποιον τύπο οχημάτων, όπως παραδείγματος χάριν για τη δημιουργία λωρίδας λεωφορείων. Γι' αυτό το λόγο η λεωφόρος Μεσογείων σχεδιάστηκε με δύο λωρίδες από το ύψος του Ραδιομεγάρου της ΕΡΤ στον δήμο Αγίας Παρασκευής μέχρι την οδό Ξενοπούλου πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Σε συγκεκριμένα σημεία όπου παρατηρήθηκε ότι τα οχήματα χρησιμοποιούν την λεωφορειολωρίδα για

την πραγματοποίηση δεξιάς στροφής, ο αντίστοιχος σύνδεσμος σχεδιάστηκε με τρεις λωρίδες κυκλοφορίας, όπως ο σύνδεσμος πριν τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Παράλληλα εξαιρέθηκαν της προσομοίωσης κινήσεις πεζών που αποτελούν μέρος της κυκλοφορίας του κόμβου. Τα παραπάνω αποτελούν μία απλούστευση της απεικόνισης της κυκλοφορίας, η οποία κρίθηκε αναγκαία για την πραγματοποίηση της παρούσας διερεύνησης. Αιτίες που συνετέλεσαν στα παραπάνω αποτελούν, εκτός των άλλων, η απουσία ύπαρξης φόρτων πεζών στο δίκτυο και η απουσία καταγραφής της συμπεριφοράς τους(πχ διάσχιση με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη) καθώς και η απουσία στοιχείων κυκλοφοριακού φόρτου στις λεωφορειολωρίδες αλλά και η δυσκολία προσομοίωσης της παραβατικότητας (που αφορά στην κίνησή τους σε αυτές) των οδηγών ΙΧ και ταξί. Επιπλέον, η προσομοίωση πεζών και λεωφορειολωρίδων δεν αναμένεται να αλλοιώσει την προσέγγιση και τα συμπεράσματα της διπλωματικής.

Επίσης εξαιρέθηκε της κατασκευής ο παράδρομος της λεωφόρου Μεσογείων όπως επίσης και η οδός Μαραθωνοδρόμων που είναι παράλληλη της Κηφισίας και αποτελεί μέρος της διαδρομής του κλασσικού Μαραθωνίου των Αθηνών. Αποτελούν οδικά τμήματα τα οποία κινούνται παράλληλα με τις υπό μελέτη αρτηρίες και εξυπηρετούν την κυκλοφορία προς τους παρόδιους δήμους και επιπρόσθετα δεν υπάρχουν στοιχεία για τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα.

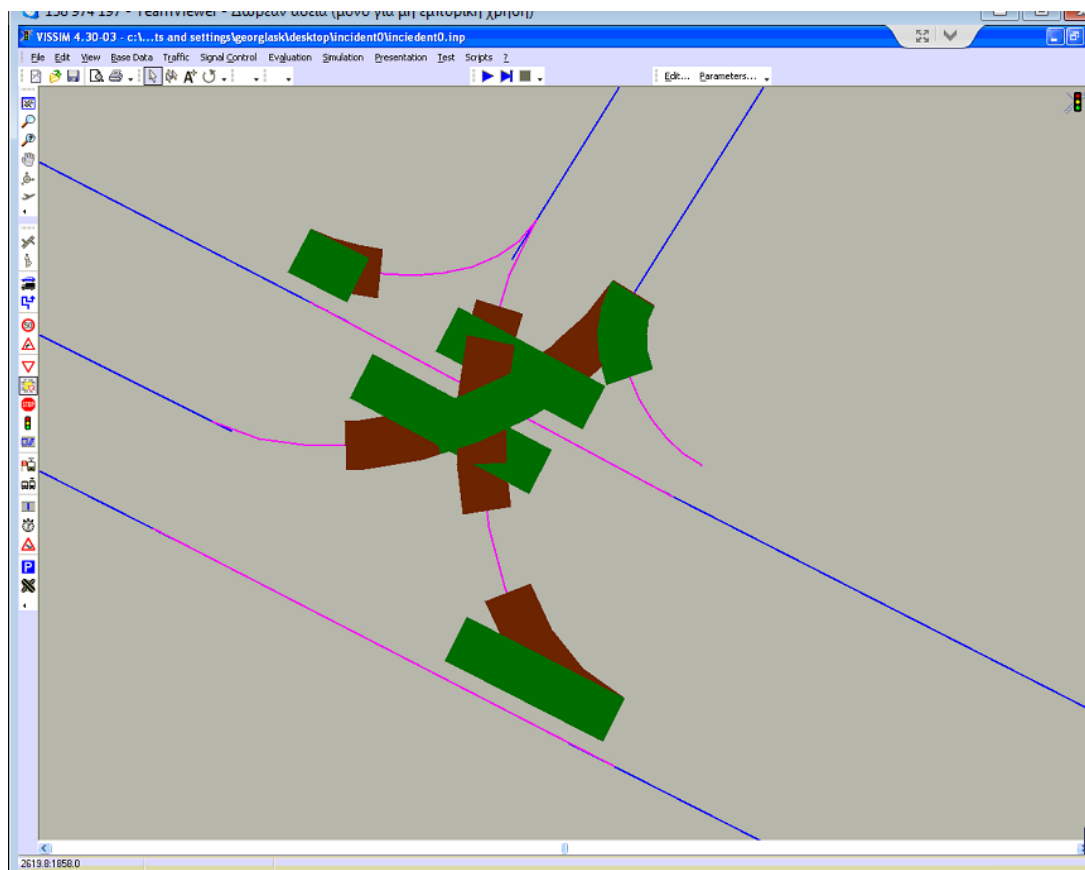
Στη λεωφόρο Κηφισίας όπως και στη λεωφόρο Κατεχάκη παρατηρήθηκε η ύπαρξη ανισόπεδων κόμβων. Λόγω ελλιπών στοιχείων υψομετρίας για τους κόμβους και αφού σύμφωνα με τον οδηγό χρήσης του προγράμματος το ύψος στην αρχή και στο τέλος ενός συνδέσμου δεν επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά και είναι ανεξάρτητα της κλίσης, χρησιμοποιήθηκε μηδενικό υψόμετρο στα σημεία που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους και υψόμετρο -5.5 μέτρων για το κατώτατο σημείο των ανισόπεδων κόμβων, ύψος ικανό για να διέρχεται όχημα οποιουδήποτε μεγέθους. Παρότι το πρόγραμμα VISSIM χρησιμοποιεί το υψόμετρο μόνο για να υπάρχει ένα καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα τα ύψη εισήχθησαν για να υπάρχει καλύτερη σύγκλιση με τη πραγματικότητα.



Εικόνα 3.11: Το υπό μελέτη δίκτυο ολοκληρωμένο στο περιβάλλον του προγράμματος VISSIM

3.5.4. Εισαγωγή κανόνων προτεραιότητας

Στη συνέχεια για την επίτευξη της σωστής λειτουργίας των κόμβων λόγω εμπλεκόμενων κινήσεων ορίστηκαν τα κατάλληλα επίπεδα προτεραιότητας έτσι ώστε να γίνονται αντιληπτά από το πρόγραμμα και να μην αγνοούνται από τα οχήματα κατά την προσομοίωση. Στο πρόγραμμα VISSIM, αρχικά χρειάζεται να οριστούν οι περιοχές σύγκρουσης, οι περιοχές δηλαδή που δεν μπορούν να συνυπάρχουν ταυτόχρονα δύο οχήματα που χρησιμοποιούν την ίδια περιοχή για την πραγματοποίηση ενός ελιγμού εντός του κόμβου. Περιοχές σύγκρουσης οχημάτων υπάρχουν εντός των κόμβων αλλά και σε ράμπες εισόδου και εξόδου αυτοκινητοδρόμων, που οχήματα επιχειρούν να καταλάβουν χώρο όπου πιθανώς καταλαμβάνεται από άλλο όχημα. Στη συνέχεια, ορίζονται οι κινήσεις που θα έχουν προτεραιότητα, ορίζοντας με πράσινο χρώμα την κίνηση που έχει προτεραιότητα και με κόκκινο την κίνηση που έπεται. Αν δεν υπάρχει σαφής ένδειξη για το ποια κίνηση έχει προτεραιότητα, επιλέγεται το κίτρινο χρώμα το οποίο παρέχει και στις δύο εμπλεκόμενες κινήσεις προτεραιότητα. Η έκδοση 4.10, που χρησιμοποιήθηκε, ορίζει αυτόματα την περιοχή σύγκρουσης μεταξύ δύο κινήσεων και στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να ορίσει σε κάθε κόμβο τα επίπεδα προτεραιότητας εξετάζοντας την προτεραιότητα κάθε κίνησης σε σχέση με αυτές που εμπλέκεται ξεχωριστά. Η τοποθέτηση επιπέδων προτεραιότητας πραγματοποιήθηκε μετά την τοποθέτηση φωτεινών σηματοδοτών.



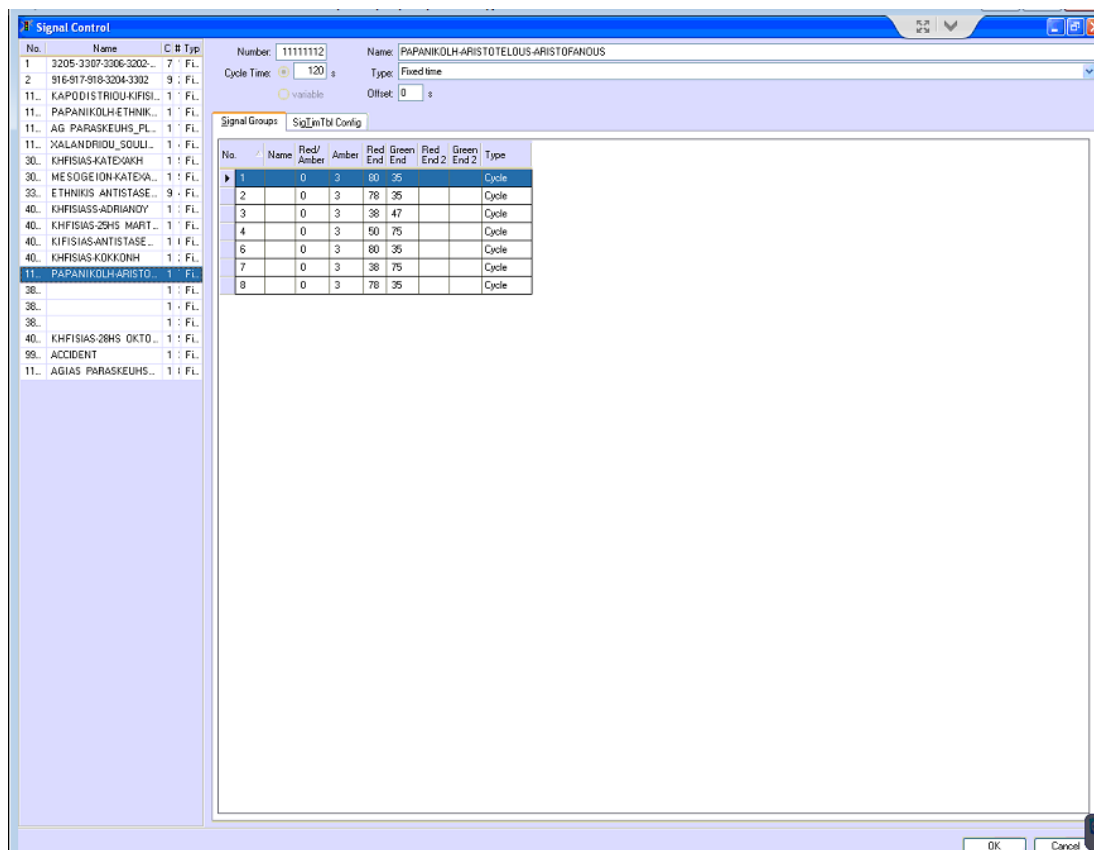
Εικόνα 3.12: Τοποθέτηση περιοχών συγκρούσεων και κανόνων προτεραιότητας

3.5.5. Εισαγωγή σηματοδότησης

Αφού κατασκευάστηκε το δίκτυο, στη συνέχεια προστέθηκαν στοιχεία για την λειτουργία των κόμβων. Ως επί το πλείστον οι κόμβοι του υπό μελέτη δικτύου λειτουργούν με φωτεινή σηματοδότηση. Για να τοποθετηθούν οι φωτεινοί σηματοδότες στο δίκτυο αρχικά πρέπει να έχουν δημιουργηθεί προγράμματα σηματοδότησης ή να έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα. Τα προγράμματα σηματοδότησης, που δόθηκαν από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας, ήταν συνημμένα με την οριζοντιογραφία κάθε κόμβου του οποίου η λειτουργία ρυθμίζεται με φωτεινή σηματοδότηση. Τα δοσμένα αρχεία για τη φωτεινή σηματοδότηση παρείχαν πληροφορίες για όλα τα προγράμματα σηματοδότησης που εναλλάσσονται κατά τη διάρκεια της ημέρας ανάλογα με την ώρα της ημέρας και το φόρτο του δικτύου. Τα προγράμματα που εισήχθησαν ήταν τα προγράμματα σηματοδότησης, τα οποία ισχύουν για το χρονικό διάστημα από τις 10 πμ μέχρι τις 12πμ αφού τα συμβάντα που θα προσομοιώνονταν πραγματοποιήθηκαν εκείνη την ώρα. Κατά την εισαγωγή των προγραμμάτων δίνονταν κωδικός αριθμός ίδιος με αυτόν του κόμβου που είχε το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Επίσης η αρίθμηση των φωτεινών σηματοδοτών ήταν σύμφωνη με αυτή που παρουσιάζεται στην οριζοντιογραφία του κόμβου με τέτοιον τρόπο ώστε να καθίσταται εύκολος ο εντοπισμός ενός προγράμματος και του κόμβου για τον οποίο ισχύει το πρόγραμμα σηματοδότησης. Παράλληλα σε κάθε πρόγραμμα δίνονταν τα ονόματα των οδών που συμβάλλουν για να καθίσταται και εδώ ευκολότερος ο εντοπισμός τους. Οι φωτεινοί σηματοδότες του παράδρομου της λεωφόρου Μεσογείων δεν εισήχθησαν στο πρόγραμμα, όπως επίσης και οι φωτεινοί σηματοδότες που ρυθμίζουν τις κινήσεις των πεζών καθώς

απουσιάζουν από το παρόν οδικό δίκτυο και δεν αποτελούν αντικείμενο της προσομοίωσης.

Η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε υποστήριξε την υποδοχή μόνο 20 προγραμμάτων σηματοδότησης. Οι κόμβοι στους οποίους η κυκλοφορία ρυθμίζεται με φωτεινούς σηματοδότες στο υπό μελέτη δίκτυο και τα προγράμματα σηματοδότησης είναι παραπάνω από αυτά που μπορούσε να δεχτεί η έκδοση του προγράμματος VISSIM που χρησιμοποιήθηκε. Γι' αυτό το λόγο τα προγράμματα σηματοδότησης της λεωφόρου Μεσογείων, στην οποία βρίσκονται και οι περισσότεροι κόμβοι του δικτύου, ομαδοποιήθηκαν σε τρία προγράμματα σηματοδότησης. Αναλυτικότερα τα προγράμματα σηματοδότησης από τον κόμβο με κωδικό 3806, ο κόμβος της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ξενοπούλου, μέχρι τον κόμβο με κωδικό 3820 της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ζαλόγγου και την οδό Ειρήνης αποτέλεσαν ένα ενιαίο πρόγραμμα σηματοδότησης, και τα προγράμματα από τον κόμβο 3821, της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ηρώων Πολυτεχνείου μέχρι τον κόμβο με κωδικό 3831, της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Αγελάου ένα δεύτερο πρόγραμμα σηματοδότησης. Τα δύο προγράμματα που δημιουργήθηκαν κωδικοποιήθηκαν με έναν οκταψήφιο κωδικό, που τα τέσσερα πρώτα ψηφία ήταν του πρώτου κόμβου και στη συνέχεια τα τέσσερα επόμενα του τελευταίου. Ως κωδικοί των φωτεινών σηματοδοτών χρησιμοποιήθηκαν εξαψήφιοι αριθμοί των οποίων τα τέσσερα πρώτα ψηφία ήταν ο τετραψήφιος αριθμός του κόμβου που ανήκουν και τα δύο επόμενα ο κωδικός αριθμός του κάθε φωτεινού σηματοδότη στο πρόγραμμα σηματοδότησης.



Εικόνα 3.13: Εισαγωγή προγραμμάτων σηματοδότησης στο πρόγραμμα VISSIM

Η τοποθέτηση των φωτεινών σηματοδοτών στους κόμβους έγινε σύμφωνα με τη δοσμένη οριζοντιογραφία. Με τη βοήθεια των εντολών του προγράμματος έγινε η

τοποθέτηση των σωστών προγραμμάτων στα κατάλληλα σημεία. Αρχικά επιλέχθηκε η θέση του φωτεινού σηματοδότη πάνω σε ένα σύνδεσμο ή σε ένα συνδεδεμένο οδικό τμήμα, έπειτα εισήχθη αρίθμηση του φωτεινού σηματοδότη και στη συνέχεια έγινε η επιλογή του κατάλληλου προγράμματος σηματοδότησης και του αντίστοιχου σηματοδότη. Τέλος επιλέγονταν το είδος του φωτεινού σηματοδότη ανάλογα με τη κίνηση που ρυθμίζει, δηλαδή κυκλικός, με δεξιό βέλος ή με αριστερό βέλος.

3.5.6. Εισαγωγή φορατών

Το επόμενο στοιχείο που εισήχθη στο δίκτυο ήταν οι φορατές. Τοποθετήθηκαν φορατές στα σημεία που και στην πραγματικότητα έχουν εγκατασταθεί. Οι θέσεις των σημείων βρίσκονταν στις δοσμένες από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας οριζοντιογραφίες των κόμβων. Σε κόμβους που εξυπηρετούν μεγάλους φόρτους υπάρχουν φορατές σε διάφορες αποστάσεις από τη γραμμή STOP του κάθε κλάδου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ανισόπεδος κόμβος της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Κατεχάκη που διαθέτει 33 φορατές. Για την εισαγωγή των φορατών, επιλέγεται ο σύνδεσμος στον οποίο βρίσκεται ο φορατής, του δίνεται ένας ανάλογος κωδικός αριθμός και στη συνέχεια εισάγεται η απόστασή του από το πέρας του συνδέσμου ώστε να συμπίπτει με την πραγματική θέση. Ο κωδικός αριθμός που δίνεται στους φορατές είναι εξαψήφιος και αποτελείται από τα τέσσερα ψηφία του κωδικού του κόμβου και στη συνέχεια τον κωδικό αριθμό του κάθε φορατή. Για παράδειγμα ο φορατής D1 του κόμβου της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Κατεχάκη που έχει κωδικό αριθμό 3003 είναι 300301. Η θέση του φορατή εισάγεται στο πρόγραμμα και αποφεύγεται να γίνει γραφικά για να ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στην πραγματικότητα.

3.5.7. Σύνθεση κυκλοφορίας και ρύθμιση οδηγικής συμπεριφοράς

Για το παρόν δίκτυο δημιουργήθηκαν δύο συνθέσεις κυκλοφορίας, όπου η μία αντιστοιχούσε στη σύνθεση κυκλοφορίας που διέρχεται από τις βασικές οδικές αρτηρίες και η δεύτερη από τις μικρότερες οδούς. Στην πρώτη σύνθεση κυκλοφορίας περιλαμβάνονταν αυτοκίνητα, βαρέα οχήματα και λεωφορεία. Στις δύο συνθέσεις κυκλοφορίας η ταχύτητα των οχημάτων επιλέχθηκε να κυμαίνεται στα 60χλ/ώρα ενώ των λεωφορείων και των φορτηγών στα 40χλ/ώρα. Η χαμηλή αναλογία λεωφορείων δικαιολογείται από την εξαίρεση των λεωφορειολωρίδων από το δίκτυο και επομένως ενός σημαντικού αριθμού λεωφορείων. Η πρώτη σύνθεση κυκλοφορίας που αφορά στις μεγάλες οδούς του δικτύου φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.24: Σύνθεση κυκλοφορίας βασικών οδών

Κατηγορία Οχήματος	Αναλογία
Επιβατικά αυτοκίνητα	91%
Βαρέα οχήματα	3%
Λεωφορεία	2%

Η δεύτερη σύνθεση κυκλοφορίας αφορά μικρότερες οδούς. Συνεπώς δεν υπάρχουν στη σύνθεση κυκλοφορίας λεωφορεία όπως επίσης και το ποσοστό των βαρέων οχημάτων είναι αρκετά χαμηλό. Η σύνθεση κυκλοφορίας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.25: Σύνθεση κυκλοφορίας δευτερευουσών οδών

Κατηγορία Οχήματος	Αναλογία
Επιβατικά αυτοκίνητα	98%
Βαρέα οχήματα	2%
Λεωφορεία	0%

Αφού ορίστηκαν οι συνθέσεις κυκλοφορίας τοποθετήθηκαν σημεία εισαγωγής οχημάτων. Ανάλογα με την οδό τοποθετούνταν και η κατάλληλη σύνθεση κυκλοφορίας. Στις λεωφόρους Κατεχάκη, Κηφισίας, Μεσογείων και στην οδό Δουκίσσης Πλακεντίας τοποθετήθηκε η πρώτη σύνθεση κυκλοφορίας καθώς είναι οι μεγαλύτεροι οδοί στο δίκτυο και διέρχονται όλα τα είδη οχημάτων. Η πρώτη σύνθεση κυκλοφορίας τοποθετήθηκε σε οδούς, όπου διέρχονται όλα τα είδη οχημάτων όπως η οδός Αγίου Ιωάννου στον δήμο Αγίας Παρασκευής και η λεωφόρος Περικλέους στον δήμο Χολαργού-Παπάγου. Στις υπόλοιπες οδούς, οι οποίες είναι μικρότερες σε κυκλοφορία και δεν διέρχονται λεωφορεία, τοποθετήθηκε η δεύτερη σύνθεση οχημάτων. Συνολικά τοποθετήθηκαν 57 σημεία εισαγωγής οχημάτων.

Όσον αφορά τη συμπεριφορά των οδηγών ρυθμίστηκε ο χρόνος αναμονής ενός οχήματος σε ουρά. Ο προκαθορισμένος χρόνος που διαθέτει το πρόγραμμα είναι ένα λεπτό. Εάν ένα όχημα περιμένει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, το πρόγραμμα αφαιρεί το όχημα από το δίκτυο. Ο χρόνος αναμονής σε ουρά που επιλέχτηκε είναι ένα τέταρτο. Επίσης σε ορισμένα σημεία του δικτύου η πέδηση για αλλαγή λωρίδας επιλέχτηκε να γίνεται αρκετά νωρίτερα προς την αρχή του συνδέσμου που εισέρχεται το όχημα και προσπαθεί να αλλάξει λωρίδα ώστε να αποφευχθούν αλλαγές λωρίδας στα τελευταία μέτρα του προηγούμενου συνδέσμου με αποτέλεσμα το δίκτυο να παρουσιάζει μία μη φυσιολογική συμπεριφορά. Οι υπόλοιποι παράμετροι που ορίζονται από το μοντέλο του Wiedermann, όπως ο μικρότερος δυνατός διαχωρισμός και η επιθυμητή επιτάχυνση και επιβράδυνση, παρέμειναν ως έχουν.

3.5.8. Εισαγωγή σημείων μέτρησης κυκλοφοριακών μεγεθών

Σε όλο το δίκτυο τοποθετήθηκαν σημεία μέτρησης των απαραίτητων μεγεθών. Επισημαίνεται ότι κατά τη δημιουργία των συνδέσμων και των κόμβων, επιλεγόταν να γίνεται αξιολόγηση του κάθε συνδέσμου και του κόμβου, ώστε να μπορούν να εξαχθούν αποτελέσματα. Για τον χρόνο διαδρομής, για τη μέτρηση του φόρτου και την μέτρηση ουρών τοποθετήθηκαν ειδικά σημεία μέτρησης. Πιο αναλυτικά, σημεία συλλογής δεδομένων τοποθετήθηκαν σε όλους τους συνδέσμους του δικτύου σε κάθε λωρίδα. Από τα σημεία συλλογής δεδομένων είναι δυνατή και η μέτρηση του διερχόμενου φόρτου. Τα συγκεκριμένα σημεία κωδικοποιήθηκαν βάσει του συνδέσμου που ανήκουν. Για παράδειγμα, τα σημεία συλλογής δεδομένων που βρίσκονται σε κάθε μία από τις τρεις λωρίδες στην κάθοδο πριν τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαριτωνίδου, πήραν κωδικούς αριθμούς 380701 έως 380703 όπου 3807 ο κωδικός του συνδέσμου και 01 έως 03 ο αύξων αριθμός του κάθε σημείου. Πέραν των σημείων συλλογής δεδομένων σε κάθε σύνδεσμο τοποθετήθηκαν επίσης σημεία συλλογής δεδομένων σε σημεία όπου υπάρχουν επαγωγικοί βρόγχοι και γίνεται καταμέτρηση των οχημάτων από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Τα συγκεκριμένα σημεία συλλογής δεδομένων πήραν τον κωδικό αριθμό του επαγωγικού βρόγχου που υπάρχει στο κάθε σημείο. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται και επαλήθευση με τον φόρτο που διέρχεται στην πραγματικότητα κατά

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

τον καταμερισμό στο δίκτυο. Τα σημεία που υπάρχουν συσκευές μέτρησης του φόρτου και στην πραγματικότητα είναι τα παρακάτω:

Πίνακας 3.26: Θέσεις Ανιχνευτών του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας στο παρόν δίκτυο

Κωδικός Συσκευής	Θέση στο δίκτυο
263	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Κατεχάκη
264	Κύριο ρεύμα από Α?κ Κηφισίας-Κατεχάκη
266	Κατεχάκη στο ρεύμα προς Κηφισίας
273	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου
274	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου
278	Κηφισίας πριν την Εθνικής Αντιστάσεως
281	Κηφισίας πριν την 28 ^{ης} Οκτωβρίου
282	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου
283	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου
286	Παπανικολή προς Κηφισίας
287	Καποδιστρίου προς Κηφισίας
291	Ρεύμα καθόδου πριν από Α/Κ Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου
440	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων
441	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων
445	Ράμπα εισόδου στον Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων
446	Κατεχάκη προς Μεσογείων
447	Κατεχάκη προς Μεσογείων
449	Μεσογείων πριν την Ξενοπούλου
450	Ξενοπούλου
452	Μεσογείων πριν τη λ.Δημοκρατίας
453	Λ.Δημοκρατίας προς Μεσογείων
455	Υμηττού
456	Μεσογείων πριν την Υμηττού
458	Μεσογείων πριν την Σόλωνος
459	Μεσογείων πριν την Ζαλόγγου
460	Μεσογείων πριν την Χαλανδρίου
463	Μεσογείων πριν την Αγελάου
476	Χαλανδρίου πριν την πλατεία Κένεντυ
481	Χαλανδρίου πριν την Σουλίου
488	Κατεχάκη προς Μεσογείων

Επίσης ορίστηκαν διαστήματα για τα οποία γίνεται μέτρηση του χρόνου διαδρομής. Πιο συγκεκριμένα σε κάθε σύνδεσμο τοποθετήθηκαν 84 διαστήματα όπου πραγματοποιήθηκε μέτρηση του χρόνου και με την άθροισή τους προέκυπτε ο χρόνος

που χρειάστηκε ένα όχημα για να διανύσει μία συγκεκριμένη απόσταση. Τοποθετήθηκαν 84 τμήματα μέτρησης χρόνου διαδρομής και από το άθροισμα των χρόνων αυτών μπορούν να προκύψουν οι χρόνοι πολλών εναλλακτικών διαδρομών. Σε κάποια σημεία που υπήρχαν δύο εναλλακτικές προς δύο κατευθύνσεις, κυρίως στους ανισόπεδους κόμβους μετρήθηκαν και οι δύο διαδρομές. Οι μετρήσεις που προκύπτουν είναι ο χρόνος διαδρομής σε δευτερόλεπτα και ο αριθμός των οχημάτων που συμμετείχαν ώστε να μετρηθεί ο συγκεκριμένος χρόνος.

Τέλος τοποθετήθηκαν μετρητές ουράς σε κάθε κόμβο του δικτύου. Οι μετρητές ουρών τοποθετήθηκαν στη γραμμή STOP κάθε κόμβου καθώς το πρόγραμμα μετράει τις ουρές από το σημείο που σχηματίζονται και πίσω. Από τους συγκεκριμένους μετρητές προκύπτουν το μήκος ουράς για το χρονικό διάστημα που ορίζει ο χρήστης, η μέγιστη ουρά και ο αριθμός των στάσεων εντός μίας ουράς.

3.6.Έλεγχος Παραμέτρων για τη Χρήση τους στο πρόγραμμα VISSIM

3.6.1.Έλεγχος υψομέτρων

Σύμφωνα με τον οδηγό του προγράμματος VISSIM κατά τη δημιουργία ενός συνδέσμου, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του υψομέτρου στην αρχή και στο πέρας του συνδέσμου καθώς και της κλίσης του. Στο κατασκευασμένο δίκτυο υπάρχουν οι εξής ανισόπεδοι κόμβοι:

- ◆ Ανισόπεδος κόμβος λεωφόρου Κηφισίας-λεωφόρου Καποδιστρίου
- ◆ Ανισόπεδος κόμβος λεωφόρου Κηφισίας-λεωφόρου 25^{ης} Μαρτίου
- ◆ Ανισόπεδος κόμβος λεωφόρου Κηφισίας-λεωφόρου Κατεχάκη
- ◆ Ανισόπεδος κόμβος λεωφόρου Μεσογείων-λεωφόρου Κατεχάκη

Η κατασκευή των ανισόπεδων κόμβων προϋποθέτει την ύπαρξη διαφορετικών οδικών τμημάτων σε διαφορετικά υψόμετρα. Σύμφωνα με τον οδηγό του προγράμματος, η εισαγωγή υψομέτρων δεν επηρεάζει την οδηγική συμπεριφορά και είναι ανεξάρτητη της κλίμακας. Συνεπώς δημιουργήθηκε ένα ξεχωριστό αρχείο δικτύου, στο οποίο πραγματοποιήθηκε έλεγχος προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο ο παράγοντας του υψόμετρου επηρεάζει τη λειτουργία του οδικού δικτύου. Δημιουργήθηκαν δύο σύνδεσμοι, οι οποίοι τέμνονταν αρχικά μεταξύ τους. Στην συνέχεια στον έναν εκ των δύο εισήχθη μηδενικό υψόμετρο στην αρχή και στο πέρας του και στον δεύτερο μηδενικό υψόμετρο στην αρχή και υψόμετρο -1 μέτρο στο πέρας. Με αυτόν τον τρόπο, υπό πραγματικές συνθήκες, θα καθίσταται αδύνατη η διέλευση οποιουδήποτε οχήματος, στον δεύτερο σύνδεσμο. Στην εισαγωγή φόρτων τοποθετήθηκαν ενδεικτικά ορισμένοι φόρτοι και η σύνθεση κυκλοφορίας που χρησιμοποιήθηκε είναι η ορισμένη από το πρόγραμμα, η οποία διαθέτει αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης, βαρέα οχήματα και λεωφορεία.

Κατά την προσομοίωση διαπιστώθηκε ότι τα διερχόμενα οχήματα ανεξαρτήτου τύπου και μεγέθους διέρχονταν κανονικά από τον ανισόπεδο κόμβο, χωρίς να παρατηρείται οποιαδήποτε δυσκολία. Επομένως, η απλή εισαγωγή υψομέτρου σε έναν σύνδεσμο βοηθάει μόνο στην σωστή οπτικοποίηση του δικτύου και δεν είναι απαραίτητη.

3.6.2. Έλεγχος ροής κορεσμού

Ένας από τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν ήταν για την εύρεση της ροής κορεσμού, που προσομοιώνει το πρόγραμμα VISSIM. Η ροή κορεσμού είναι ο μέγιστος δυνατός φόρτος που μπορεί να περάσει από μια διατομή σε συνθήκες που υπάρχει συνεχώς πράσινη ένδειξη από φωτεινό σηματοδότη. Κάθε διατομή, στην πραγματικότητα, έχει συγκεκριμένη ροή κορεσμού που εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων. Ιδανικά θα έπρεπε οι υπολογίσιμες εξ αυτών παράμετροι να καθορίζουν και τη ροή κορεσμού που προσομοιώνει το πρόγραμμα VISSIM. Για τον έλεγχο της ροής κορεσμού που προσομοιώνει το πρόγραμμα VISSIM, δημιουργήθηκε ένα ξεχωριστό οδικό δίκτυο, το οποίο αποτελούσε ένας σύνδεσμος. Ο συγκεκριμένος σύνδεσμος σχεδιάστηκε σε ευθεία, είχε τυχαίο μήκος, πλάτος 3.5 μέτρα, που είναι το προκαθορισμένο πλάτος κατά τη δημιουργία συνδέσμων στο πρόγραμμα VISSIM, αποτελούνταν από μια λωρίδα κυκλοφορίας και δεν είχε κλίση. Στην αρχή του συνδέσμου τοποθετήθηκε διατομή εισαγωγής οχημάτων και η σύνθεση κυκλοφορίας που επιλέχτηκε ήταν η προκαθορισμένη από το πρόγραμμα. Πιο αναλυτικά, η

συγκεκριμένη σύνθεση κυκλοφορίας περιείχε επιβατικά οχήματα, βαρέα οχήματα και λεωφορεία όλα σε ίδια αναλογία. Οι αναλογίες και η σύνθεση κυκλοφορίας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.27: Προκαθορισμένη από το πρόγραμμα σύνθεση κυκλοφορίας

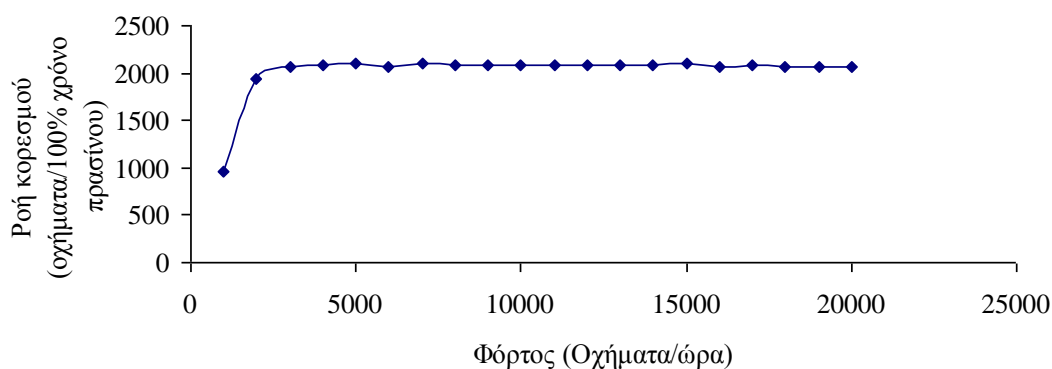
Είδος οχήματος	Αναλογία στη Σύνθεση Κυκλοφορίας
Αυτοκίνητα	33.3%
Βαρέα Οχήματα	33.3%
Λεωφορεία	33.3%

Στο τέλος του συνδέσμου τοποθετήθηκε σημείο συλλογής δεδομένων και επιλέχτηκε από το πρόγραμμα να πραγματοποιείται μέτρηση των οχημάτων που διέρχονται από τη συγκεκριμένη διατομή και κατά συνέπεια αναχωρούν από το συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Στη συνέχεια διενεργήθηκε προσομοίωση για διαφορετικά σενάρια, καθένα από τα οποία προσομοιώνονταν αυξημένος κυκλοφοριακός φόρτος οχημάτων. Ταυτόχρονα γινόταν έλεγχος για το πόσα οχήματα κατάφερναν να διατρέξουν πλήρως το σύνδεσμο και να αποχωρήσουν από αυτόν. Η προσομοίωση διενεργήθηκε για διάρκεια μίας ώρας. Ο αριθμός οχημάτων που κατάφερνε να διασχίσει το σύνδεσμο και να τον εγκαταλείψει αντιστοιχεί στην ροή κορεσμού, σε περίπτωση που ο υπό προσομοίωση φόρτος είναι μεγαλύτερος ή ίσος από τη ροή κορεσμού, διαφορετικά ο αριθμός των καταμετρημένων οχημάτων ισούνται με τη ζήτηση (δηλ. τον υπό προσομοίωση φόρτο). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και στο σχήμα 3.4.

Πίνακας 3.28: :Αποτελέσματα ελέγχου ροής κορεσμού

Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Ροή Κορεσμού (Οχήματα/100% ώρας πρασίνου)
1000	965
2000	1946
3000	2066
4000	2078
5000	2107
6000	2060
7000	2100
8000	2080
9000	2078
10000	2083
11000	2083
12000	2080
13000	2086
14000	2083
15000	2094
16000	2073
17000	2089
18000	2070
19000	2067
20000	2066

Έλεγχος ροής κορεσμού στο πρόγραμμα VISSIM



Σχήμα 3.12: Έλεγχος ροής κορεσμού

Όπως παρατηρείται για φόρτο 7000 οχημάτων/ώρα, η ροή κορεσμού παρουσιάζει μέγιστο, καθώς διέρχονται 2100 οχήματα. Για μικρότερους και για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους υπάρχουν διακυμάνσεις μερικών δεκάδων οχημάτων. Ο μέσος όρος όλων των αποτελεσμάτων που προέκυψαν είναι 2018 οχήματα/ώρα.

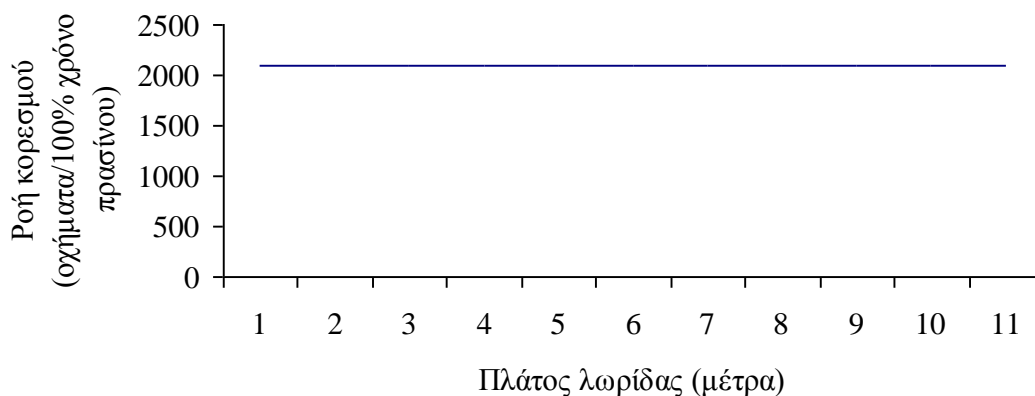
3.6.3.Έλεγχος της παραμέτρου του πλάτους λωρίδας

Ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα μίας οδού είναι το πλάτος λωρίδας. Για να πραγματοποιηθεί έλεγχος για το πλάτος λωρίδας χρησιμοποιήθηκε το δοκιμαστικό δίκτυο για τον έλεγχο της ροής κορεσμού. Το συγκεκριμένο δίκτυο αποτελείται από έναν σύνδεσμο, του οποίου τα χαρακτηριστικά πέραν του πλάτους λωρίδας δεν άλλαξαν. Για την πραγματοποίηση αυτού του ελέγχου χρησιμοποιήθηκε κυκλοφοριακός φόρτος 7000 οχημάτων, που διαπιστώθηκε από τον προηγούμενο έλεγχο ότι παρουσιάζει το μέγιστο φόρτο οχημάτων που αναχώρησαν από τον κόμβο. Η σύνθεση κυκλοφορίας που χρησιμοποιήθηκε είναι η προκαθορισμένη σύνθεση κυκλοφορίας του προγράμματος. Ο σύνδεσμος αποτελούνταν από μία λωρίδα κυκλοφορίας τυχαίου μήκους, η οποία είχε μηδενική κλίση. Αρχικά ορίστηκε το πλάτος λωρίδας ίσο με 7 μέτρα και στη συνέχεια προσομοιώθηκαν 10 σενάρια στο καθένα από τα οποία προσδιοριζόταν νέο μειωμένο πλάτος κατά 1 μέτρο. Από τα 3.5 μέτρα, η μείωση του πλάτους σε κάθε προσομοίωση γινόταν ανά μισό μέτρο. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων έδειξαν ότι ανεξαρτήτου πλάτους λωρίδας, για φόρτο 7000 οχημάτων την ώρα διέρχονταν 2100 οχήματα από τη συγκεκριμένη διατομή. Επομένως για το πρόγραμμα VISSIM το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας δεν αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα μίας οδού. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα και στο διάγραμμα:

Πίνακας 3.29: :Αποτελέσματα επιρροής πλάτους λωρίδας στην κυκλοφοριακή ικανότητα

Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Διερχόμενα Οχήματα (Οχήματα/100% ώρας πρασίνου)	Πλάτος Λωρίδας (Μέτρα)
7000	2100	7
7000	2100	6
7000	2100	5
7000	2100	4
7000	2100	3.5
7000	2100	3
7000	2100	2.5
7000	2100	2
7000	2100	1.5
7000	2100	1
7000	2100	0.5

Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς το πλάτος λωρίδας



Σχήμα 3.13: Έλεγχος ροής κορεσμου ως προς το πλάτος λωρίδας

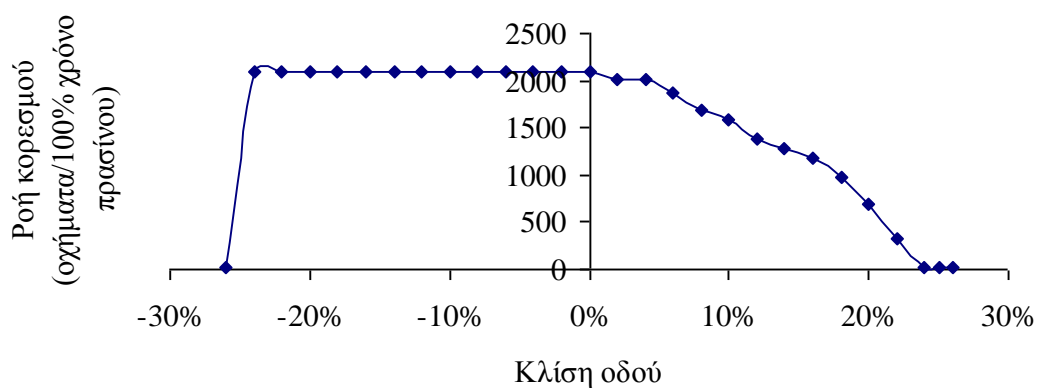
3.6.4. Έλεγχος της παραμέτρου της κλίσης οδού

Μία άλλη παράμετρος που επηρεάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα και εξετάστηκε στο πρόγραμμα VISSIM είναι η κλίση της οδού. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος για ανηφορικές και για κατηφορικές οδούς. Για να ελεγχθεί ο παράγοντας αυτός δημιουργήθηκε ένας σύνδεσμος στο πρόγραμμα VISSIM, ο οποίος είχε τυχαίο μήκος και αποτελούταν από μία λωρίδα κυκλοφορίας, με πλάτος 3.5 μέτρα που είναι και το προκαθορισμένο πλάτος λωρίδας από το πρόγραμμα. Στην αρχή του συνδέσμου τοποθετήθηκε το σημείο εισαγωγής οχημάτων και η σύνθεση κυκλοφορίας που επιλέχτηκε είναι η προκαθορισμένη του προγράμματος με φόρτο 7000 οχήματα την ώρα. Στο σύνδεσμο που δημιουργήθηκε πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις, όπου κάθε φορά η κλίση αύξανε κατά 2%, από -26% έως 26%. Για κλίση 26% και -26% κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, κατά τη διέλευση ενός βαρέως οχήματος, η κυκλοφορία σταματούσε καθώς δεν ήταν ικανό να διατρέξει το σύνδεσμο, συνεπώς οι δύο αυτές τιμές της κλίσης θεωρήθηκαν τα όρια για τις δοκιμές που διεξήχθησαν. Μετά την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων διαπιστώθηκε ότι ενώ για κλίση -26%, υπήρχε διακοπή της κυκλοφορίας κατά τη διέλευση των οχημάτων για κλίσεις από -24% έως -2% δεν υπήρχε καμία επιρροή στην κυκλοφορία και συνεπώς διέρχονταν 2100 οχήματα, όσα διέρχονταν για μηδενική κλίση του συνδέσμου. Αντίθετα για κλίσεις από 2% έως 26% υπήρχε σταδιακή μείωση του φόρτου που διερχόταν από το σύνδεσμο μέχρι το 26%. Επομένως η κλίση είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την κυκλοφοριακή ικανότητα μίας οδού αλλά μόνο για περιπτώσεις ανωφέρειας στην περίπτωση βαρέων οχημάτων. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και στο διάγραμμα 3.6.

Πίνακας 3.30: Αποτελέσματα επιρροής κλίσης της οδού στην ροή κορεσμού

Φόρτος (Οχήματα/ώρα)	Διερχόμενα Οχήματα (Οχήματα/100% ώρας πρασίνου)	Κλίση Οδού
7000	30	-26%
7000	2100	-24%
7000	2100	-22%
7000	2100	-20%
7000	2100	-18%
7000	2100	-16%
7000	2100	-14%
7000	2100	-12%
7000	2100	-10%
7000	2100	-8%
7000	2100	-6%
7000	2100	-4%
7000	2100	-2%
7000	2100	0%
7000	2019	2%
7000	2020	4%
7000	1880	6%
7000	1695	8%
7000	1589	10%
7000	1392	12%
7000	1282	14%
7000	1179	16%
7000	980	18%
7000	692	20%
7000	331	22%
7000	30	24%
7000	30	25%
7000	30	26%

Έλεγχος της ροής κορεσμού ως προς την κλίση της οδού



Σχήμα 3.14.: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την κλίση της οδού

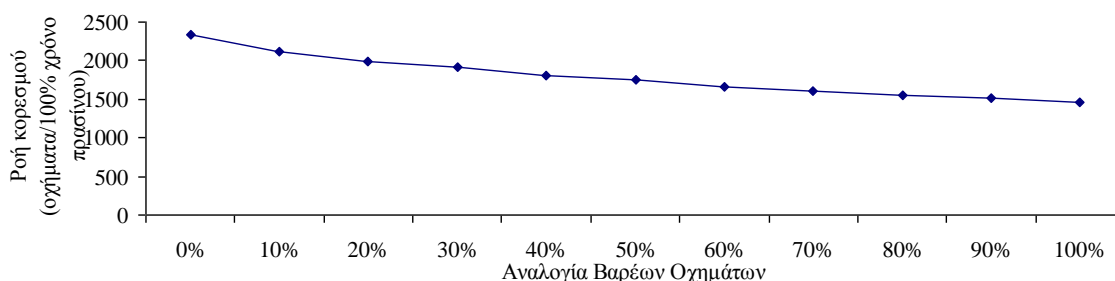
3.6.5. Έλεγχος παράγοντα αναλογίας βαρέων οχημάτων

Ο τελευταίος έλεγχος που πραγματοποιήθηκε για τους παράγοντες που επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα είναι αυτός για την αναλογία βαρέων οχημάτων. Τα οχήματα που εξετάστηκαν είναι αυτά που περιλαμβάνονται στην προκαθορισμένη σύνθεση κυκλοφορίας: τα επιβατικά αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα λεωφορεία. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε σύνδεσμο τυχαίου μήκους, πλάτος 3.5 μέτρων με μία λωρίδα κυκλοφορίας και μηδενική κλίση. Δημιουργήθηκαν τρεις συνθέσεις κυκλοφορίας. Η πρώτη περιελάμβανε μόνο επιβατικά οχήματα και φορτηγά, η δεύτερη επιβατικά και λεωφορεία και η τελευταία φορτηγά και λεωφορεία. Η αναλογία των οχημάτων κάθε σύνθεσης άλλαζε σε κάθε προσομοίωση. Όπως διαπιστώθηκε μεγαλύτερη αναλογία βαρέων οχημάτων ή λεωφορείων ως προς τα επιβατικά αυτοκίνητα καθώς και μεγαλύτερη αναλογία λεωφορείων προς βαρέα οχήματα επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα μειώνοντας τον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται. Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα.

Πίνακας 3.31: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων

Φόρτος (Οχήματα)	Διερχόμενα Οχήματα (Οχήματα/100% χρόνο πρασίνου)	Ποσοστό επιβατικών αυτοκινήτων %	Ποσοστό βαρέων οχημάτων%	Ποσοστό Λεωφορείων%
7000	2336	100%	0%	0%
7000	2125	90%	10%	0%
7000	1986	80%	20%	0%
7000	1909	70%	30%	0%
7000	1812	60%	40%	0%
7000	1749	50%	50%	0%
7000	1667	40%	60%	0%
7000	1605	30%	70%	0%
7000	1552	20%	80%	0%
7000	1513	10%	90%	0%
7000	1456	0%	100%	0%

Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων οχημάτων

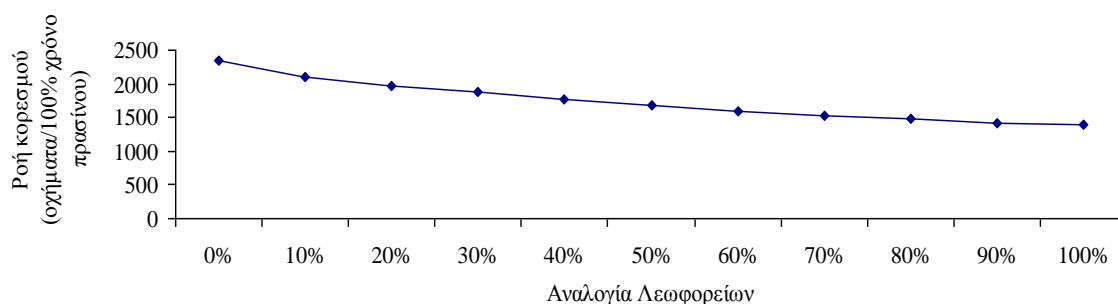


Σχήμα 3.15: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων οχημάτων

Πίνακας 3.32: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων

Φόρτος (Οχήματα)	Διερχόμενα Οχήματα (Οχήματα/100% χρόνο πρασίνου)	Ποσοστό επιβατικών αυτοκινήτων%	Ποσοστό βαρέων οχημάτων%	Ποσοστό Λεωφορείων%
7000	2336	100%	0%	0%
7000	2103	90%	0%	10%
7000	1971	80%	0%	20%
7000	1881	70%	0%	30%
7000	1760	60%	0%	40%
7000	1675	50%	0%	50%
7000	1589	40%	0%	60%
7000	1527	30%	0%	70%
7000	1473	20%	0%	80%
7000	1424	10%	0%	90%
7000	1390	0%	0%	100%

Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία λεωφορείων

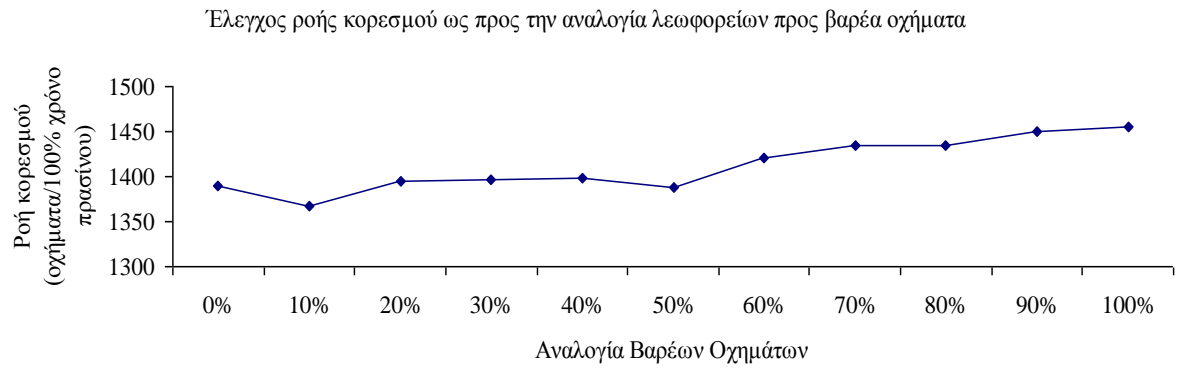


Σχήμα 3.16: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία λεωφορείων

Πίνακας 3.33: Αποτελέσματα επιρροής ροής κορεσμού ως προς την αναλογία βαρέων

Φόρτος (Οχήματα)	Διερχόμενα Οχήματα (Οχήματα/100% χρόνο πρασίνου)	Ποσοστό επιβατικών αυτοκινήτων%	Ποσοστό βαρέων οχημάτων%	Ποσοστό Λεωφορείων%
7000	1390	0%	0%	100%
7000	1367	0%	10%	90%
7000	1395	0%	20%	80%
7000	1397	0%	30%	70%
7000	1399	0%	40%	60%
7000	1388	0%	50%	50%
7000	1421	0%	60%	40%
7000	1434	0%	70%	30%
7000	1434	0%	80%	20%
7000	1450	0%	90%	10%
7000	1456	0%	100%	0%

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ



Σχήμα 3.17: Έλεγχος ροής κορεσμού ως προς την αναλογία λεωφορείων προς τα βαρέα οχήματα

3.7. Καταμερισμός Φόρτων στο Δίκτυο

Με την ολοκλήρωση του δικτύου και την πραγματοποίηση ελέγχων της ροής κορεσμού που προσομοιώνει το πρόγραμμα, έπρεπε να τοποθετηθούν στο δίκτυο φόρτοι σε συγκεκριμένα σημεία του οδικού δικτύου. Αυτά αποτελούν οδικά τμήματα τα οποία είναι στα όρια του δικτύου και σε μικρότερο δρόμο που συμβάλλουν στους κύριους οδικούς άξονες της περιοχής και από τους οποίους έχουμε αφίξεις και αναχωρήσεις από το υπό προσομοίωση οδικό δίκτυο. Δεδομένης της επιλογής των γεγονότων που συνέβησαν το χειμώνα του 2012 και της απόφασης για προσομοίωση συμβάντος με τα χαρακτηριστικά αυτών των γεγονότων επιλέχτηκε μια τυπική μέρα και δόθηκαν οι φόρτοι αυτής από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Οι φόρτοι που δόθηκαν είναι μετρημένοι από τους ανιχνευτές που υπάρχουν σε διάφορα σημεία του δικτύου. Συγκεκριμένα για την περιοχή μελέτης, αξιοποιήθηκαν μετρημένα στοιχεία από τους ανιχνευτές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα μαζί με τη θέση τους στο δίκτυο.

Πίνακας 3.34: Θέση ανιχνευτών στο δίκτυο

Κωδικός Συσκευής	Θέση στο δίκτυο	Οχήματα ανά ώρα
263	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Κατεχάκη	2573
264	Κύριο ρεύμα από Α?κ Κηφισίας-Κατεχάκη	420
266	Κατεχάκη στο ρεύμα προς Κηφισίας	1158
273	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου	3143
274	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου	556
278	Κηφισίας πριν την Εθνικής Αντιστάσεως	3477
281	Κηφισίας πριν την 28 ^{ης} Οκτωβρίου	3262
282	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	3083
283	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	689
286	Παπανικολή προς Κηφισίας	1530
287	Καποδιστρίου προς Κηφισίας	1975
291	Ρεύμα καθόδου πριν από Α/Κ Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	3373
440	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1574
441	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1086
445	Ράμπα εισόδου στον Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1462
446	Κατεχάκη προς	1000

3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

	Μεσογείων	
447	Κατεχάκη προς Μεσογείων	1612
449	Μεσογείων πριν την Ξενοπούλου	1475
450	Ξενοπούλου	298
452	Μεσογείων πριν τη λ.Δημοκρατίας	1696
453	Λ.Δημοκρατίας προς Μεσογείων	481
455	Υμηττού	218
456	Μεσογείων πριν την Υμηττού	1707
458	Μεσογείων πριν την Σόλωνος	1893
459	Μεσογείων πριν την Ζαλόγγου	1807
460	Μεσογείων πριν την Χαλανδρίου	2501
463	Μεσογείων πριν την Αγελάου	2057
476	Χαλανδρίου πριν την πλατεία Κένεντυ	1892
481	Χαλανδρίου πριν την Σουλίου	1400
488	Κατεχάκη προς Μεσογείων	1045

Χρησιμοποιήθηκαν οι φόρτοι που έχουν μετρηθεί ανά τέταρτο για τις 10πμ μέχρι τις 11πμ. Από τους φόρτους αυτούς, υπολογίστηκε ο μέσος όρος και στη συνέχεια οι φόρτοι τοποθετήθηκαν σε οδικά τμήματα που βρίσκονται πριν από τη θέση του ανιχνευτή. Στην περίπτωση παραπάνω του ενός οδικών τμημάτων ο φόρτος μοιράστηκε ανάλογα με τη σπουδαιότητα του κάθε οδικού τμήματος. Πάντα προτεραιότητα και τον μεγαλύτερο φόρτο κατείχαν οι κύριες οδικές αρτηρίες κατά την κάθοδο και ο φόρτος που ήταν απαραίτητο να προστεθεί ή να αφαιρεθεί γινόταν από οδούς που συμβάλλουν πριν από το κάθε σημείο μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα από τη λεωφόρο Μεσογείων υπάρχει μια συνεχής κίνηση στο ρεύμα καθόδου τουλάχιστον 1600 οχημάτων την ώρα και σε συγκεκριμένα σημεία, όπως στο ύψος του Νομισματοκοπείου, καταγράφονται 1800, οπότε από τα προηγούμενα οδικά τμήματα γίνεται η προσθήκη των επιπλέον οχημάτων στο δίκτυο. Όσον αφορά την προσθήκη οχημάτων από μικρότερες οδούς, έγινε και σε αυτές μια σχετική ιεράρχηση για τον αριθμό οχημάτων που προσθέτουν στο δίκτυο. Παραδείγματος χάριν, η οδός Περικλέους στο δήμο Χολαργού-Παπάγου φορτίζει περισσότερο το δίκτυο από την οδό Φανερωμένης, επίσης στο δήμο Χολαργού-Παπάγου.

Αφότου κατανεμήθηκαν οι φόρτοι τοποθετήθηκαν ανά κλάδο και οι κατάλληλες διαδρομές προκειμένου να κινούνται τα οχήματα στο δίκτυο σύμφωνα με τα καταγεγραμμένα από τους ανιχνευτές μεγέθη.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε προσομοίωση και καταγράφηκαν οι φόρτοι σε κάθε σύνδεσμο και στις διατομές που είναι τοποθετημένοι οι ανιχνευτές του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας προκειμένου να εντοπιστούν αποκλίσεις και να διορθωθούν με τη κατάλληλη αυξομείωση του φόρτου. Η αποδεκτή απόκλιση για τον αριθμό των οχημάτων ήταν το 10% του φόρτου που διέρχεται από ένα σύνδεσμο. Σε άλλες περιπτώσεις επαναπροσδιοριζόταν το ποσοστό διότι στο δίκτυο υπήρξε έλλειψη στοιχείων αλλά παρουσιάστηκαν και κάποιες αστοχίες που οφείλονται σε σφάλμα καταγραφής στοιχείων από τους αντίστοιχους ανιχνευτές.

Στη λεωφόρο Μεσογείων, στο ύψος της οδού Αγελάου είναι τοποθετημένη η πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με τον κωδικό αριθμό 17. Από τη συγκεκριμένη διατομή ο μέσος όρος των οχημάτων που διέρχεται μέσα σε μία ώρα είναι 1781 οχήματα, κατά συνέπεια στην είσοδο του δικτύου τοποθετήθηκαν 1800 οχήματα. Ο κατάντη ανιχνευτής με κωδικό 460 βρίσκεται στο ύψος της πλατείας αγίας Παρασκευής και έτσι τοποθετήθηκαν οχήματα στους προηγούμενους κλάδους ώστε με την κατάλληλη τοποθέτηση των διαδρομών να διέρχονται 2501 οχήματα, τα οποία έχουν καταγραφεί από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Διατομή εισόδου για τα περισσότερα οχήματα ανάντη του συγκεκριμένου σημείου τοποθετήθηκε στην οδό Αγίου Ιωάννου καθώς η συγκεκριμένη πρόσβαση εξυπηρετεί κυρίως όσους χρήστες θέλουν να εισέλθουν στην λεωφόρο Μεσογείων από το δήμο Αγίας Παρασκευής. Ο κατάντη ανιχνευτής (ανιχνευτής 459) επί της λεωφόρου Μεσογείων είναι αμέσως μετά τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου και ο μέσος όρος οχημάτων που καταγράφηκε είναι 1807 οχήματα τα οποία προέρχονται από την λεωφόρο Μεσογείων, από την οδό Αγίου Ιωάννου και από την οδό Χαλανδρίου ενώ ποσοστό των οχημάτων συνεχίζουν προς την οδό Χαλανδρίου. Στη συνέχεια, ο ανιχνευτής 458 που βρίσκεται πριν τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Σόλωνος στο ύψος του Νομισματοκοπείου καταγράφει κατά μέσο όρο 1893 οχήματα την ώρα. Έτσι φορτίστηκε κατάλληλα μέσω του κόμβου μεταξύ των ανιχνευτών ώστε να μην υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ καταγεγραμμένων οχημάτων και οχημάτων προσομοίωσης. Ο επόμενος ανιχνευτής βρίσκεται ακριβώς πριν την συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Υμηττού. Ο μέσος όρος οχημάτων είναι 1707 οχήματα την ώρα, μικρότερος από τον μέσο όρο του προηγούμενου ανιχνευτή. Έτσι η φόρτιση στους κόμβους που μεσολαβούν είναι σχετικά χαμηλή και σε συνδυασμό με τις κατάλληλες διαδρομές που σχεδιάστηκαν ένας μικρός αριθμός οχημάτων εξέρχεται από το δίκτυο αλλά ο φόρτος στη λεωφόρο Μεσογείων συνεχίζει να είναι υψηλός. Ο ανιχνευτής με κωδικό 452 βρίσκεται στη κάθοδο της λεωφόρου Μεσογείων πριν τον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, σε διατομή που σε ώρα αιχμής διέρχονται 1696 οχήματα. Ο τελευταίος ανιχνευτής της λεωφόρου Μεσογείων στο ρεύμα καθόδου είναι ο ανιχνευτής με κωδικό αριθμό 449, ο οποίος βρίσκεται πριν τον κόμβο με την οδό Ξενοπούλου. Από αυτή τη διατομή διέρχονται 1495 οχήματα, οπότε από την λεωφόρο Δημοκρατίας, την οδό Αναστάσεως, την λεωφόρο Κύπρου και την οδό Χαριτωνίδου, η λεωφόρος Μεσογείων φορτίζεται με μικρότερο αριθμό οχημάτων.

Στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Κατεχάκη υπάρχουν ανιχνευτές στη ράμπα εισόδου στην κάθοδο από τη λεωφόρο Μεσογείων, στη ράμπα εξόδου από τον ανισόπεδο κόμβο επί της Μεσογείων και τέλος στο κύριο ρεύμα της λεωφόρου Μεσογείων που παρακάμπτει τον κόμβο. Σε εκείνο το σημείο διαπιστώθηκε αδυναμία στα δοσμένα μετρημένα στοιχεία από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας καθώς ο αριθμός των οχημάτων που εισέρχονταν στη ράμπα εισόδου με

τον αριθμό των οχημάτων που συνέχιζαν στο κύριο ρεύμα της λεωφόρου Μεσογείων ήταν πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με την τελευταία καταγραφή οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη στη λεωφόρο Μεσογείων καταγράφονται 1495 οχήματα και από τον ανιχνευτή στην οδό Ξενοπούλου 298 οχήματα, εκ των οποίων δεν συνεχίζουν όλα προς το κέντρο της Αθήνας. Στη ράμπα εισόδου της λεωφόρου Κατεχάκη και στο κύριο ρεύμα της λεωφόρου Μεσογείων καταγράφονται 1462 και 1574 οχήματα αντίστοιχα, αριθμός που σε άθροισμα υπερβαίνει κατά πολύ τον αριθμό των οχημάτων που εισέρχονται από τη λεωφόρο Μεσογείων με κατεύθυνση το κέντρο της Αθήνας. Γι αυτό το λόγο παρατηρήθηκε το ποσοστό των οχημάτων που κινείται προς τη ράμπα εισόδου και το ποσοστό που συνεχίζει από το κύριο ρεύμα. Το ποσοστό των οχημάτων που επιλέγουν κάθε κατεύθυνση είναι περίπου το ίδιο, οπότε θεωρήθηκε σωστή η αναλογία των οχημάτων, αλλά λάθος η καταγραφή των φόρτων. Από τη λεωφόρο Κανελλοπούλου εισέρχονται στον κόμβο 1612 οχήματα την ώρα και από τη λεωφόρο Κατεχάκη 1000 οχήματα την ώρα.

Στη οδό Χαλανδρίου και στην οδό Παπανικολή υπάρχουν συνολικά τρεις ανιχνευτές. Ο πρώτος βρίσκεται στο τέλος της οδού Χαλανδρίου, πριν τη συμβολή της οδού με την πλατεία Κένεντυ. Σε εκείνο το σημείο καταγράφονται 1400 οχήματα την ώρα. Η φόρτιση του συγκεκριμένου τμήματος έγινε κατά κύριο λόγο με οχήματα που εισέρχονται στην οδό Χαλανδρίου από τη λεωφόρο Μεσογείων. Στην οδό Χαλανδρίου, από τις οδούς που την τέμνουν κάθετα, προστέθηκαν μόνο αυτοί που η ρύθμιση της κυκλοφορίας γίνεται με φωτεινή σηματοδότηση. Αυτές οι τρεις οδοί είναι η οδός Σουλίου, η οδός Γαρυττού και η οδός Καζαντζάκη. Στις τρεις αυτές οδούς μοιράστηκε μικρότερος αριθμός οχημάτων που κινείται τόσο προς την πλατεία Κένεντυ όσο και προς τη λεωφόρο Μεσογείων. Ο πρώτος ανιχνευτής στην οδό Παπανικολή βρίσκεται πριν τη συμβολή της με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Σε εκείνο το σημείο καταγράφονται από τον ανιχνευτή 1892 οχήματα την ώρα. Από τη θέση του προηγούμενου ανιχνευτή παρεμβάλλονται η οδός Δουκίσσης Πλακεντίας, η οδός Αριστοτέλους και η οδός Αριστοφάνους. Η μεγαλύτερη προσθήκη φόρτου γίνεται από την οδό Δουκίσσης Πλακεντίας, που πρόκειται για κεντρική οδό που διασχίζει το δήμο Χαλανδρίου και συνδέει την Αττική οδό με το κέντρο του δήμου Χαλανδρίου. Ο δεύτερος και τελευταίος ανιχνευτής της οδού Παπανικολή είναι στην είσοδο του ανισόπεδο κόμβου με τη λεωφόρο Κηφισίας. Εκεί καταγράφονται 1500 οχήματα την ώρα. Τα 392 παραπάνω οχήματα που καταγράφονται από τον προηγούμενο ανιχνευτή εκτρέπονται στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως που είναι και η μόνη οδός που περιλαμβάνεται στο σχεδιασμένο δίκτυο μεταξύ των δύο θέσεων των ανιχνευτών.

Στη λεωφόρο Κηφισίας ο πρώτος ανιχνευτής, που χρησιμοποιήθηκε, είναι ο ανιχνευτής που βρίσκεται πριν τον ανισόπεδο κόμβο με την οδό Παπανικολή και την λεωφόρο Καποδιστρίου. Ο μέσος όρος των διελεύσεων από τον ανιχνευτή αυτόν είναι 3373 οχήματα την ώρα. Επειδή ο συγκεκριμένος ανιχνευτής είναι εκτός δικτύου αλλά χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τον ανιχνευτή 282 που βρίσκεται στο κύριο ρεύμα μετά τον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με την οδό Χαλανδρίου και την λεωφόρο Καποδιστρίου για να προσδιοριστεί ο αριθμός των οχημάτων που χρησιμοποιούν τη ράμπα που βρίσκεται στον ανισόπεδο κόμβο για να εισέλθουν στην οδό Παλαιολόγου και να κινηθούν προς το δήμο Χαλανδρίου. Ειδικότερα αμέσως μετά τον κόμβο καταγράφονται 3082 οχήματα και συνεπώς στο δίκτυο εισέρχονται από τη ράμπα 291 οχήματα και τα υπόλοιπα κινούνται στο ρεύμα καθόδου. Από τη

λεωφόρο Καποδιστρίου εισέρχονται στο δίκτυο 1975 οχήματα την ώρα σύμφωνα με τον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 287 που βρίσκεται στη συγκεκριμένη λεωφόρο. Από τη λεωφόρο Κηφισίας και την οδό Παπανικολή εισέρχονται στη λεωφόρο Κηφισίας 689 οχήματα την ώρα. Επομένως τα ποσοστά διαμορφώθηκαν κατάλληλα ώστε και κατά την διάρκεια της προσομοίωσης να εισέρχεται ο καταγεγραμμένος αριθμός οχημάτων στη λεωφόρο Κηφισίας. Ο κατάντη ανιχνευτής στη λεωφόρο Κηφισίας είναι ο 281, ο οποίος βρίσκεται πριν τη συμβολή της λεωφόρου με την οδό 28^{ης} Οκτωβρίου και από το συγκεκριμένο σημείο διέρχονται 3262 οχήματα την ώρα ενώ ο φόρτος στον αμέσως κατάντη ανιχνευτή (ανιχνευτής με κωδικό 278) που βρίσκεται πριν την συμβολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως είναι 3477 οχήματα την ώρα, επομένως προστέθηκαν στις μεταξύ τους προσβάσεις 200 οχήματα. Η επόμενη καταγραφή φόρτου γίνεται από ανιχνευτές που βρίσκονται κατάντη του ανισόπεδου κόμβου της λεωφόρου Κηφισίας στη συμβολή με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου του δήμου Ψυχικού και την οδό Δημητρίου Βασιλείου. Οι ανιχνευτές είναι τοποθετημένοι στη ράμπα που εισέρχεται στη λεωφόρο Κηφισίας και στο κύριο ρεύμα της λεωφόρου. Από το άθροισμα των διελεύσεων από αυτούς τους ανιχνευτές και σε σχέση με τα καταγεγραμμένα στοιχεία του ανάντη ανιχνευτή προσδιορίστηκε ο αριθμός των οχημάτων που εισέρχονται στο δίκτυο από τον ανισόπεδο κόμβο και ο αριθμός αυτών που συνεχίζουν την διαδρομή τους στη λεωφόρο Κηφισίας από το κύριο ρεύμα παρακάμπτοντας τον ανισόπεδο κόμβο. Οι τελευταίοι ανιχνευτές που χρησιμοποιήθηκαν για τον καταμερισμό στο δίκτυο είναι οι ανιχνευτές που βρίσκονται στον ανισόπεδο κόμβο της Κηφισίας με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Όντας στα όρια του δικτύου υποδείκνυαν και τον αριθμό των οχημάτων που εξέρχονταν από το δίκτυο. Οι ανιχνευτές και σε αυτόν τον κόμβο βρίσκονται στη ράμπα εισόδου στη λεωφόρο κατάντη του κόμβου (ανιχνευτής 264) και στο κύριο ρεύμα κυκλοφορίας (ανιχνευτής 263). Ο αριθμός των οχημάτων που εξέρχονται του δικτύου από τα δύο οδικά τμήματα προσδιορίστηκε και σε αυτόν τον κόμβο βάσει του συνολικού αριθμού οχημάτων που εισέρχεται στον ανισόπεδο κόμβο και αυτού που εξέρχεται κινούμενο προς το κέντρο των Αθηνών και εκτός του υπό μελέτη δικτύου.

Για την οδό Εθνικής Αντιστάσεως, την οδό Τζαβέλλα καθώς και το δίκτυο της περιοχής του Νέου Ψυχικού που περιλαμβάνονται στο δίκτυο που σχεδιάστηκε δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία. Η φόρτιση των συγκεκριμένων οδών έγινε με τη προσθήκη ενός εξαιρετικά μικρού αριθμού οχημάτων, τέτοιο ώστε να μην επηρεάσει τον φόρτο στις βασικές αρτηρίες και με την δημιουργία των κατάλληλων διαδρομών που να διέρχονται από τα τμήματα αυτά. Επισημαίνεται ότι κατά την ώρα αιχμής που προσομοιώνεται (10-11) τα συγκεκριμένα οδικά τμήματα δεν αναμένεται να έχουν υψηλούς φόρτους. Αναλυτικά τα αποτελέσματα του καταμερισμού παρατίθενται στο κεφάλαιο 4 με τον κατάλληλο σχολιασμό των αποτελεσμάτων.

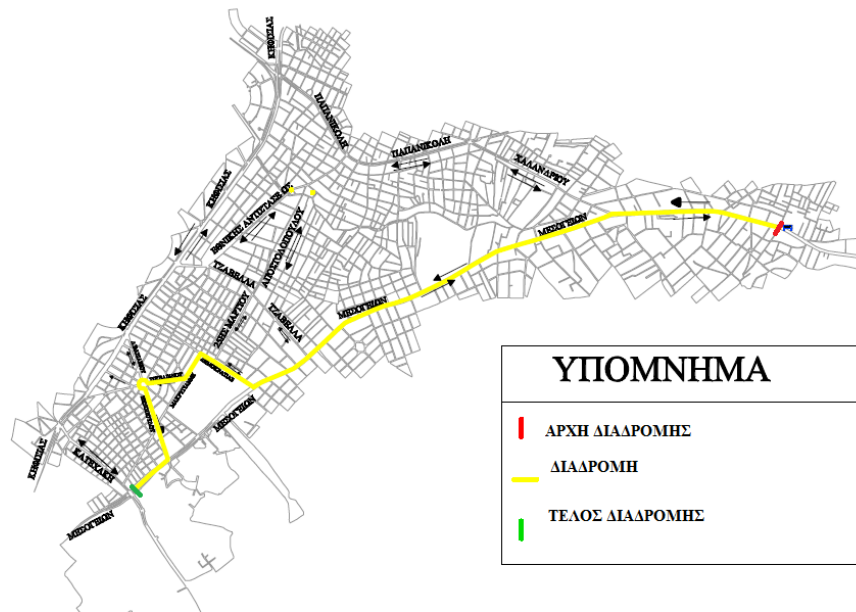
3.8. Εναλλακτικές Διαδρομές

Για να πραγματοποιηθεί η προσομοίωση κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος προσδιορίστηκαν εναλλακτικές διαδρομές που καλούνται να ακολουθήσουν ή μπορούν να ακολουθήσουν τα οχήματα ανάλογα με τη θέση τους την ώρα του συμβάντος. Προσδιορίστηκαν διαδρομές που περιλαμβάνονται στο δίκτυο που σχεδιάστηκε και εξυπηρετούν την κίνηση των οχημάτων σε ενδεχόμενη διακοπή της κυκλοφορίας στη λεωφόρο Μεσογείων στο ρεύμα καθόδου. Επισημαίνεται ότι απουσιάζουν διαδρομές που ενδέχεται να ακολουθήσουν οι οδηγοί μέσω των δήμεων Αγίας Παρασκευής και Χολαργού-Παπάγου κινούμενοι προς την περιφερειακή του Υμηττού ή παράλληλα αυτής κινούμενοι προς τα νότια προάστια της Αθήνας. Το οδικό δίκτυο που δεν συμπεριλήφθηκε στην προσομοίωση δύναται να αποτελέσει εναλλακτικό της λεωφόρου Μεσογείων για μικρότερο σχετικά αριθμό οχημάτων. Το συγκεκριμένο δίκτυο χαρακτηρίζεται κυρίως από κατοικημένες περιοχές με μικρούς δρόμους και μικρό αριθμό αρτηριών που θα μπορούν να θεωρηθούν συλλεκτήριες. Επιπλέον, δεν υπάρχουν ανιχνευτές που να καταγράφουν κυκλοφοριακό φόρτο σε κανένα σημείο του δικτύου οπότε προτιμήθηκε να μην χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διερεύνηση.

3.8.1. Αποδεκτές διαδρομές

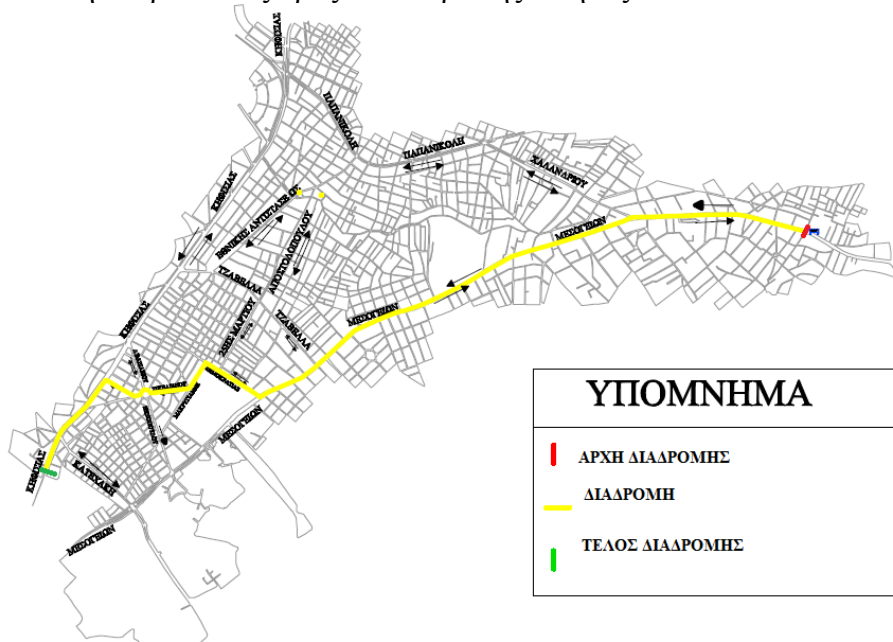
Διαδρομή 1

Η πρώτη διαδρομή αφορά τους χρήστες που είτε δεν λάβανε πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων επειδή την ώρα του συμβάντος είχαν περάσει την θέση της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων, είτε αγνόησαν το μήνυμα και συνέχισαν την πορεία τους στην κάθοδο της λεωφόρου Μεσογείων. Επιπλέον το συγκεκριμένο σενάριο αποτυπώνει και το σενάριο μη ύπαρξης πληροφόρησης. Στο ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας, όντας κλειστή η λεωφόρος Μεσογείων λόγω συμβάντος, οι οδηγοί θα υποχρεωθούν να στρίψουν στην λεωφόρο Δημοκρατίας και στη συνέχεια να κατευθυνθούν στην οδό Στρατηγού Μακρυγιάννη πίσω από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Από εκεί μέσω της οδού Σικελιανού θα εισέλθουν στην πλατεία Αγίας Σοφίας και πραγματοποιώντας τον κύκλο της πλατείας θα εισέλθουν στην οδό Ξενοπούλου που θα τους επαναφέρει στη λεωφόρο Μεσογείων.



Εικόνα 3.14: Εναλλακτική διαδρομή 1

Εναλλακτικά από την πλατεία Αγίας Σοφίας οι οδηγοί μπορούν να κατευθυνθούν στην οδό Αδριανού και να εισέλθουν από εκεί στη λεωφόρο Κηφισίας για να συνεχίσουν την πορεία τους προς το κέντρο της Αθήνας.

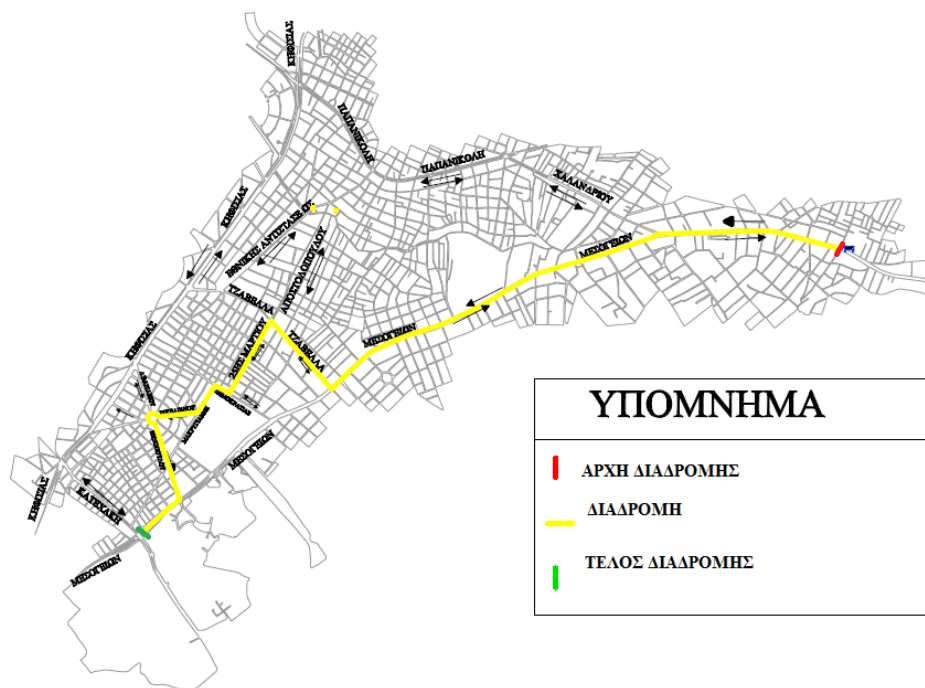


Εικόνα 3.15: Εναλλακτική διαδρομή 1 με έξοδο προς τη λεωφόρο Κηφισίας

Διαδρομή 2

Η δεύτερη διαδρομή αφορά επίσης οδηγούς που δεν λάβανε πληροφόρηση για την ύπαρξη συμβάντος στη λεωφόρο Μεσογείων ή αγνόησαν την πληροφόρηση που τους δόθηκε. Επιπλέον το συγκεκριμένο σενάριο αποτυπώνει και το σενάριο μη ύπαρξης πληροφόρησης. Έτσι συνεχίζοντας την πορεία τους επί της λεωφόρου Μεσογείων διαπιστώνουν την ύπαρξη ουράς και μεγάλο βαθμό συμφόρησης. Προκειμένου να συνεχίσουν την διαδρομή τους στρίβουν από τη λεωφόρο Μεσογείων δεξιά στην οδό Τζαβέλλα και από εκεί εισέρχονται στην οδό 25^{ης} Μαρτίου για να βρεθούν στη λεωφόρο Δημοκρατίας. Από τη λεωφόρο Δημοκρατίας θα κινηθούν προς την οδό

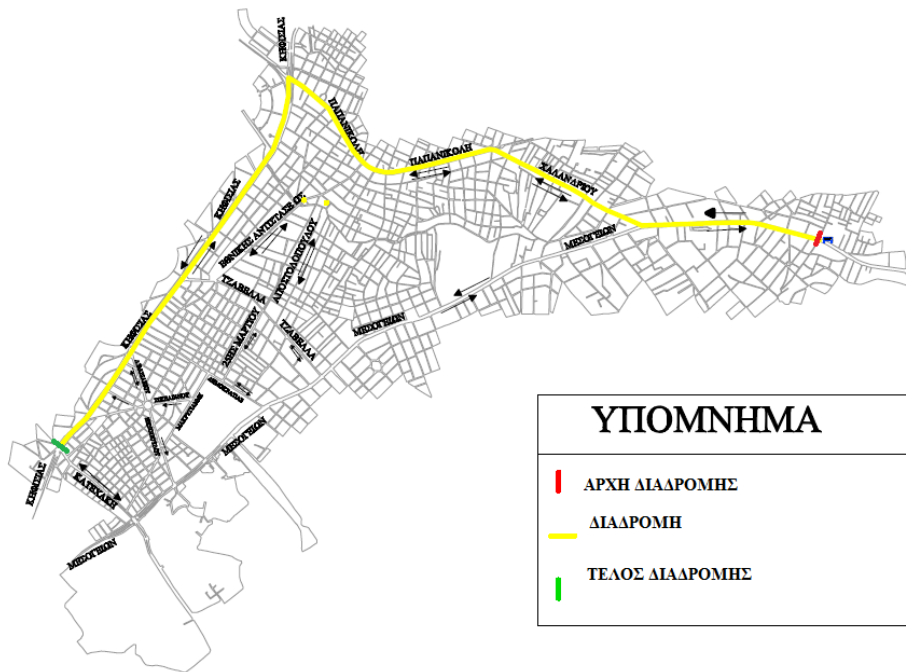
Στρατηγού Μακρυγιάννη για να εισέλθουν στην πλατεία Αγίας Σοφίας και από εκεί μέσω της οδού Ξενοπούλου να επανέλθουν στη λεωφόρο Μεσογείων στο ύψος του ανισόπεδου κόμβου με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Επισημαίνεται ότι και στην συγκεκριμένη διαδρομή οι οδηγοί από την πλατεία Αγίας Σοφίας μπορούν να κατευθυνθούν στη λεωφόρο Κηφισίας για να συνεχίσουν την διαδρομή τους προς το κέντρο της Αθήνας.



Εικόνα 3.16: Εναλλακτική διαδρομή 2

Διαδρομή 3

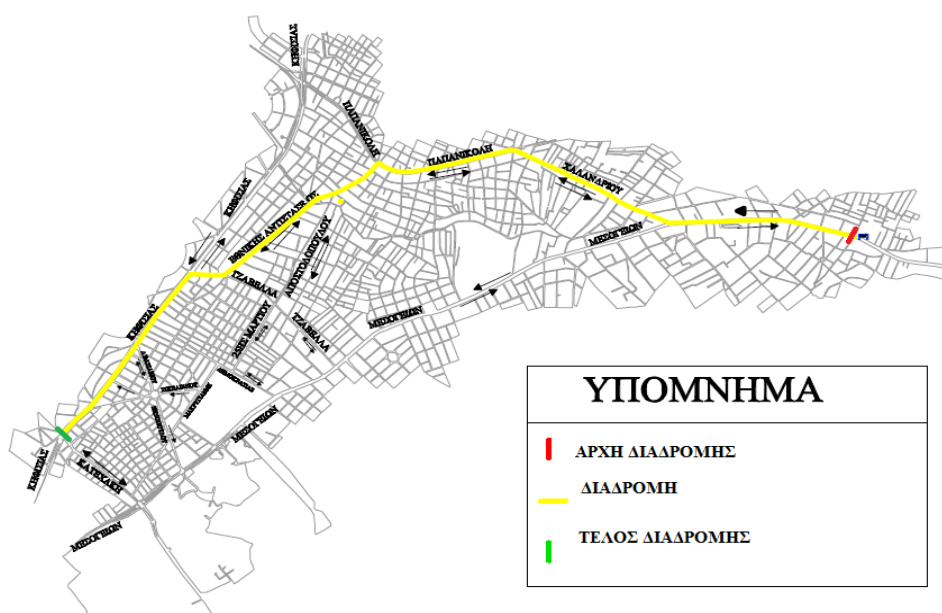
Οι οδηγοί που θα λάβουν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων με κωδικό αριθμό 17 προκειμένου να αποφύγουν το κλειστό τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων μπορούν να την παρακάμψουν κινούμενοι από την οδό Χαλανδρίου και την οδό Παπανικολή προς τη λεωφόρο Κηφισίας και να συνεχίσουν από εκεί την πορεία τους προς το κέντρο.



Εικόνα 3.17: Εναλλακτική διαδρομή 3

Διαδρομή 4

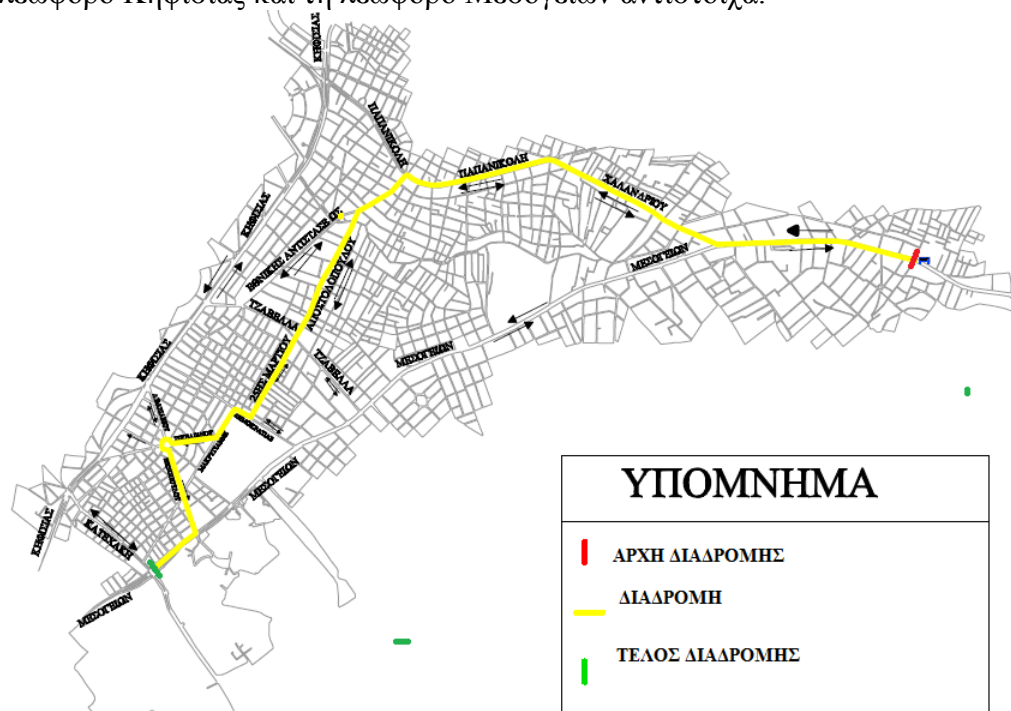
Έχοντας αναγνώσει το έκτακτο μήνυμα που ενημερώνει για κλείσιμο οδού στο ύψος του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας οι οδηγοί που κινούνται προς το κέντρο έχουν ως κύρια εναλλακτική την αλλαγή της διαδρομής του προς τη λεωφόρο Κηφισίας. Είναι γνωστό ότι κατά τη διάρκεια της πρωινής αιχμής η λεωφόρος Κηφισίας παρουσιάζει χαμηλές ταχύτητες και μεγάλη συμφόρηση. Έτσι έχοντας διασχίσει την οδό Χαλανδρίου και όντας επί της οδού Παπανικολή προκειμένου να παρακάμψουν ένα μέρος της λεωφόρου Κηφισίας μέσω της οδού Εθνικής Αντιστάσεως διατρέχοντάς τη μέχρι τη λεωφόρο Κηφισίας.



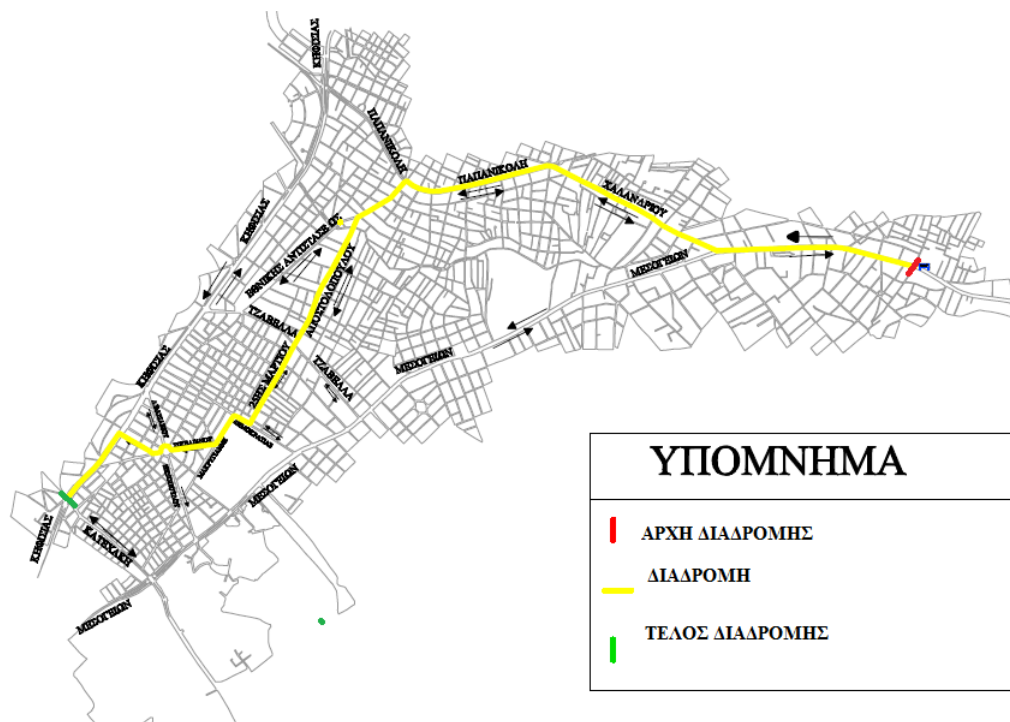
Εικόνα 3.18: Εναλλακτική διαδρομή 4

Διαδρομή 5

Η τελευταία εναλλακτική διαδρομή για τους οδηγούς που λάβανε πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων που βρίσκεται στο ύψος της οδού Αγελάου πριν το ραδιομέγαρο της ΕΡΤ στο δήμο Αγίας Παρασκευής είναι να κινηθούν παράλληλα σε αυτή. Πιο συγκεκριμένα αφού παρακάμψουν τη λεωφόρο Μεσογείων από την οδό Χαλανδρίου, τα οχήματα θα κινηθούν προς την οδό Παπανικολή για να εισέλθουν στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Στην συμβολή της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με την οδό Αποστολοπούλου, θα συνεχίσουν στην οδό Αποστολοπούλου και στη συνέχεια στην οδό 25^{ης} Μαρτίου μέχρι τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Από εκεί θα εισέλθουν στην οδό Στρατηγού Μακρυγιάννη, από εκεί στον κυκλικό κόμβο της πλατείας Αγίας Σοφίας και μέσω των οδών Αδριανού ή Ξενοπούλου θα εισέλθουν στη λεωφόρο Κηφισίας και τη λεωφόρο Μεσογείων αντίστοιχα.



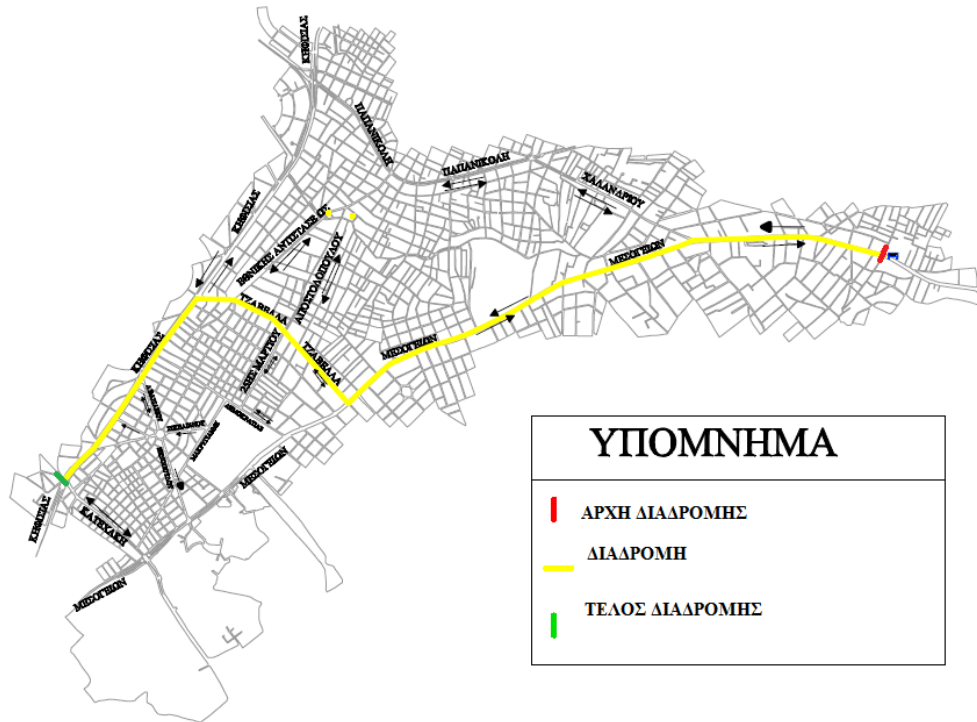
Εικόνα 3.19: Εναλλακτική διαδρομή 5



Εικόνα 3.20: Εναλλακτική διαδρομή 5 με έξοδο προς τη λεωφόρο Κηφισίας

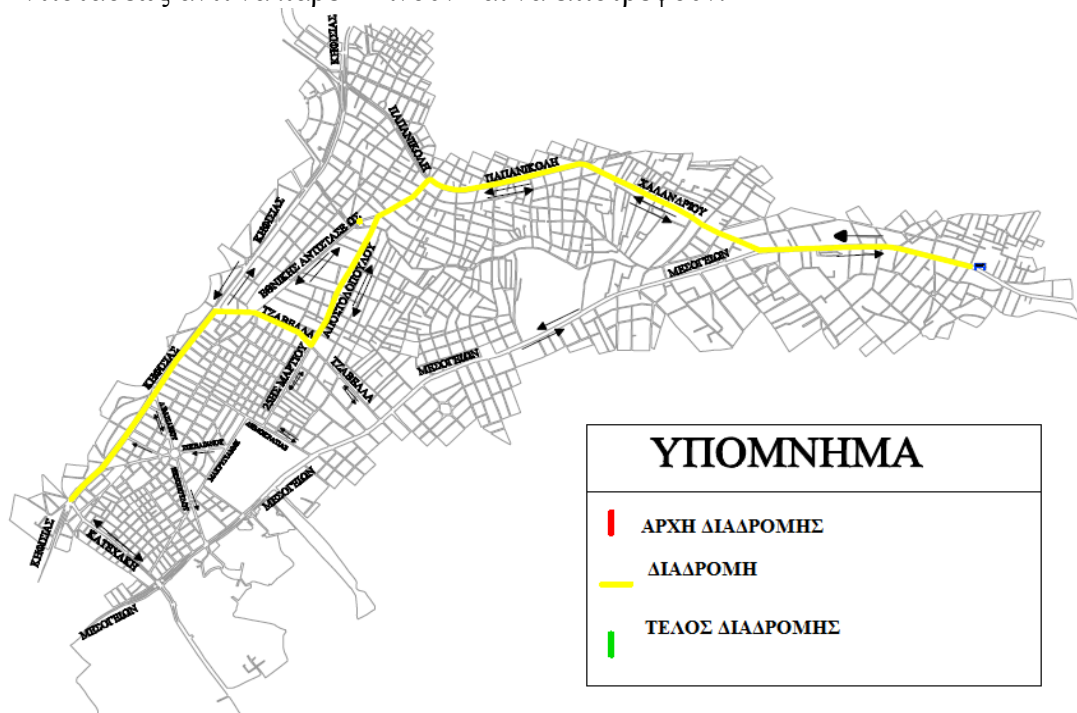
3.8.2. Απορριφθείσες διαδρομές

Κατά τον σχεδιασμό των εναλλακτικών διαδρομών απορρίφθηκαν εναλλακτικές διαδρομές καθώς είναι οι λιγότερο πιθανές που μπορούν να ακολουθήσουν οδηγοί κατά τη κίνησή τους προς το κέντρο της Αθήνας ως πιο χρονοβόρες. Η πρώτη απορριφθείσα διαδρομή αποτελεί συνέχεια της διαδρομής 2 προς την οδό Τζαβέλλα από τη λεωφόρο Μεσογείων αλλά αντί τα οχήματα να κινηθούν προς την περιοχή του Νέου Ψυχικού, να συνεχίσουν προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και από εκεί στην λεωφόρο Κηφισίας. Η διαδρομή αυτή απορρίφθηκε ως εξαιρετικά χρονοβόρα και λόγω μεγάλης πιθανότητας εμπλοκής μεγάλου φόρτου προερχόμενου από τη λεωφόρο Μεσογείων με έναν εξίσου μεγάλο φόρτο, αυτόν της λεωφόρου Κηφισίας.



Εικόνα 3.21: Απορριφθείσα διαδρομή

Η δεύτερη διαδρομή που απορρίφθηκε είναι η εναλλακτική της διαδρομής 5 μέσω της οδού Αποστολοπούλου. Η απορριφθείσα διαδρομή περιλαμβάνει την δεξιά στροφή των οχημάτων στο τέλος της οδού Αποστολοπούλου προς την οδό Τζαβέλλα και μέσω της οδού Εθνικής Αντιστάσεως να εισέλθουν στη λεωφόρο Κηφισίας. Η διαδρομή αυτή απορρίφθηκε αφού όσοι οδηγοί θέλουν να συνεχίσουν προς την λεωφόρο Κηφισίας θα συνεχίσουν την πορεία τους επί της οδού Εθνικής Αντιστάσεως αντί να παρεκκλίνουν και να επιστρέψουν.



Εικόνα 3.22: Απορριφθείσα διαδρομή

3.9. Μεθοδολογία για Αλλαγή Διαδρομής

Για την προσομοίωση ενός συμβάντος και την λήψη οδηγιών από πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων για καθοδήγηση, η δυνατότητα που παρέχει το πρόγραμμα VISSIM είναι το partial routing. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο καθορίζεται ένα τμήμα από μία ή παραπάνω απλές διαδρομές με βάση τις οποίες οι οδηγοί πρέπει να επαναπροσδιορίσουν τη διαδρομή τους. Αφού εξέλθουν από το τμήμα αυτό συνεχίζουν κανονικά να κινούνται προς την προκαθορισμένη διαδρομή τους. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθούν νέες διαδρομές ως αποτέλεσμα πληροφόρησης που παρέχουν οι πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων χωρίς την ανάγκη για αλλαγή κάθε μεμονωμένης διαδρομής που είναι ενεργή. Αντί απλά να εκχωρηθεί μια απόφαση για partial routing με δύο διαδρομές (αν είναι δύο εναλλακτικές διαδρομές διαθέσιμες), επιπλέον μπορούν να καταχωρηθούν τα επιθυμητά ποσοστά της κυκλοφορίας για τις partial routes.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή όμως δεν ήταν διαθέσιμη οπότε οι αποφάσεις για αλλαγή διαδρομής πραγματοποιήθηκαν «χειροκίνητα» με απλές διαδρομές. Στις απλές διαδρομές ο χρήστης καθορίζει στη αρχή ενός συνδέσμου το σημείο απόφασης και στη συνέχεια ορίζει τις εναλλακτικές διαδρομές. Επίσης ο χρήστης ορίζει με βάρη από 0 έως 9999, την αναλογία των οχημάτων που θα ακολουθήσουν μια εναλλακτική διαδρομή. Τα οχήματα που εισέρχονται στο σημείο απόφασης ξεκινούν να διανέμονται στις εναλλακτικές διαδρομές ανάλογα με το βάρος που έχει δοθεί σε κάθε εναλλακτική διαδρομή.

Πέραν των βαρών ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει και το χρονικό διάστημα για το οποίο θα ισχύει η συγκεκριμένη διαδρομή. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιήθηκε και η αλλαγή διαδρομών κατά τη διάρκεια των συμβάντων. Ενώ κατά τη διάρκεια του κύκλου προθέρμανσης ισχύουν οι κανονικές διαδρομές, κατά το χρόνο που διαρκεί το συμβάν ξεκινούν οι αλλαγές διαδρομής από τους οδηγούς προκειμένου να αποφύγουν την συμφόρηση και τις ανάλογες καθυστερήσεις σύμφωνα με την πληροφόρηση που έχουν λάβει. Ο χρόνος λοιπόν που διαρκεί το ατύχημα διαιρέθηκε σε πολλά χρονικά διαστήματα με διαφορετικές διάρκειες. Η διαίρεση του χρόνου σε διαστήματα ισχύει για όλες τις διαδρομές αλλά ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να αλλάξει τα βάρη σε όποιες διαδρομές και σε όποια χρονικά διαστήματα θέλει να ισχύσουν αλλαγές. Η διαίρεση αυτή σε χρονικά διαστήματα χρησιμεύει στο να προστεθούν διαφορετικά βάρη σε εναλλακτικές διαδρομές ανάλογα με το σημείο που βρίσκονται τα οχήματα σε σχέση με το συμβάν. Για παράδειγμα, σε περίπτωση ατυχήματος στο ύψος του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας η ροή της κυκλοφορίας θα διακοπεί σχεδόν ακαριαία στους κόμβους μπροστά στο Υπουργείο αλλά η ουρά των οχημάτων σε κόμβους που βρίσκονται πριν από το σημείο αυτό θα σχηματιστεί σταδιακά και μετά από κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα και ενδεχομένως κάποιοι οδηγοί να θελήσουν να αλλάξουν διαδρομή μόνο όταν δουν μπροστά τους τα ακινητοποιημένα οχήματα. Επομένως στον χρόνο που διαρκεί το συμβάν θα επαναπροσδιοριστούν τα βάρη ορισμένων διαδρομών ανάλογα με τη θέση τους σε σχέση με το ατύχημα και τη δυνατότητα πληροφόρησης που είχαν.

Μετά το πέρας του συμβάντος και αφού το προσομοιωμένο δίκτυο επανέλθει σε κανονικές συνθήκες, επαναφέρονται οι διαδρομές που ισχύουν και στο κύκλο προθέρμανσης και αντιστοιχούν στις διαδρομές που πραγματοποιούν οι χρήστες σε κανονικές συνθήκες.

3.9.1. Δημιουργία διαδρομών για προσομοίωση κανονικών συνθηκών

Οι χρήστες στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Μεσογείων έχουν ως κύριο σκοπό την κίνηση έως τη συμβολή με την Κατεχάκη. Το πρώτο σημαντικό σημείο απόφασης είναι η συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου. Σε εκείνο το σημείο βάσει των μετρημένων φόρτων πριν και μετά από τον συγκεκριμένο κόμβο υπολογίστηκε ότι το 70% των οχημάτων συνεχίζει στη λεωφόρο Μεσογείων ενώ το 30% κατευθύνεται προς την οδό Χαλανδρίου. Οι διαδρομές που ισχύουν υπό κανονικές συνθήκες έχουν ως σκοπό την κίνηση προς το κέντρο. Οι αριστερές στροφές προς τους δήμους που βρίσκονται ανατολικά της λεωφόρου Μεσογείων παρουσιάζουν μικρή σχετικά ζήτηση. Η κύρια κίνηση των οχημάτων που πραγματοποιείται είναι κατά μήκος της λεωφόρου Μεσογείων μέχρι τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη. Σε αυτόν τον κόμβο, υπάρχει διαφοροποίηση των διαδρομών. Υπάρχουν χρήστες που θέλουν να συνεχίσουν προς κέντρο, χρήστες που θέλουν να παρακάμψουν το κέντρο της Αθήνας χρησιμοποιώντας την λεωφόρο Κανελοπούλου για να καταλήξουν στην περιφερειακή του Ύμηττου με κατεύθυνση τα νοτιοανατολικά προάστια της Αθήνας, και οι χρήστες που θέλουν να κατευθυνθούν προς τη λεωφόρο Κηφισίας. Επισημαίνεται ότι καθημερινοί χρήστες του δικτύου πιθανώς να έχουν παρακάμψει τη λεωφόρο Μεσογείων προκειμένου να αποφύγουν την πρωινή της συμφόρηση και να κινηθούν μέσα από τους δήμους Αγίας Παρασκευής και Χολαργού-Παπάγου για να εισέλθουν στην περιφερειακή του Ύμηττου. Τα συγκεκριμένα τμήματα ανήκουν στην περιοχή που προσομοιώθηκε ενώ δεν υπήρξαν στοιχεία για αριστερές στροφές σε σημεία της υπό μελέτη περιοχής που να υποδεικνύουν καθαρά ότι χρήστες αναζήτησαν παράκαμψη μέσα από τους προαναφερθέντες δήμους. Κατ' εξακολούθηση σε κάθε σύνδεσμο, που αντιστοιχεί σε τμήμα μεταξύ δύο κόμβων επί της λεωφόρου Μεσογείων η κίνηση προς το κέντρο είχε ποσοστό από 90% έως 97% ενώ οι στρέφουσες από τη Μεσογείων ποσοστά 3% έως 10%. Σε κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων, από τα οδικά τμήματα που συμβάλλουν επιλέχτηκε το μεγαλύτερο μέρος του φόρτου να επιλέγει την κάθοδο καθώς κατά τη διάρκεια της πρωινής αιχμής η ζήτηση προς το κέντρο είναι μεγαλύτερη. Σε κόμβους της περιοχής του Κάτω Χαλανδρίου και του δήμου Χολαργού-Παπάγου η ζήτηση προς το καθοδικό ρεύμα της Μεσογείων είναι ακόμη μεγαλύτερη σε σχέση με κόμβους του δήμου Αγίας Παρασκευής. Σε οδικά τμήματα με μικρή απόσταση από τον ανισόπεδο κόμβο με την λεωφόρο Κατεχάκη υπάρχουν ανιχνευτές σε διατομές με απόσταση ενός κόμβου μεταξύ τους αλλά και ανιχνευτές σε οδούς που συμβάλλουν στη λεωφόρο Μεσογείων όπως η οδός Ξενοπούλου, η λεωφόρος Δημοκρατίας και η οδός Ξάνθου. Γνωρίζοντας τον φόρτο από τις συγκεκριμένες οδούς καθώς και τον φόρτο αμέσως πριν και σε κοντινή απόσταση μετά τη συμβολή υπολογίστηκε το ποσοστό των οχημάτων που εισέρχονται στην κάθοδο της λεωφόρου Μεσογείων.

Η λεωφόρος Κατεχάκη στο δίκτυο υπάρχει με μόνα σημεία σύνδεσης με το υπόλοιπο δίκτυο τους κόμβους με τις λεωφόρους Κηφισίας και Μεσογείων. Από την κατασκευή του δικτύου εξαιρέθηκαν τα οδικά τμήματα που συμβάλλουν καθώς δεν υπήρχαν στοιχεία για τους χρήστες που εισέρχονται ή εξέρχονται από αυτά. Επιπλέον δεν αναμένεται οι συγκεκριμένοι φόρτοι να είναι υψηλοί ή να επηρεάσουν τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Γι αυτό το λόγο, οι διαδρομές που ορίστηκαν προς τη λεωφόρο Κατεχάκη για να υπάρχει ταύτιση με τα μετρημένα μεγέθη των ανιχνευτών έγιναν με την παραδοχή ότι η φόρτιση και στα δύο ρεύματα γίνεται αποκλειστικά από τους δύο ανισόπεδους κόμβους. Για να δικαιολογηθεί και η παρουσία κινήσεων εντός

της λεωφόρου Κατεχάκη, προστέθηκε μια κάθετη οδός από την οποία στο ρεύμα προς τη λεωφόρο Κηφισίας εξερχόταν το 5% του εισερχόμενου φόρτου ενώ το 95% συνέχιζε προς τη λεωφόρο Κηφισίας. Αντίστοιχα στο ρεύμα προς τη λεωφόρο Μεσογείων εισερχόταν το 95% από τον αντίστοιχο σύνδεσμο. Στους κλάδους της λεωφόρου Κατεχάκη που εισέρχονταν στους ανισόπεδους κόμβους με τις δύο βασικές αρτηρίες του δικτύου οι κινήσεις ρυθμίστηκαν βάσει των μετρημένων φόρτων από τους ανιχνευτές σε συνδυασμό με τα στοιχεία που υπήρχαν για τις υπόλοιπους κλάδους εισόδου στον κόμβο και με τις παραδοχές που γίνανε για κλάδους που δεν υπήρχε γνωστός φόρτος. Πιο αναλυτικά στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κατεχάκη με την λεωφόρο Κηφισίας η μεγαλύτερη ζήτηση θεωρήθηκε ότι είναι στην ευθεία κίνηση προς Ψυχικό και η ζήτηση προς την άνοδο και την κάθοδο της Κηφισίας είναι περίπου ίδια. Αντίστοιχα στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Μεσογείων η μεγαλύτερη ζήτηση θεωρήθηκε ότι είναι προς τη λεωφόρο Κανελοπούλου αλλά και προς το κέντρο της Αθήνας.

Στη λεωφόρο Κηφισίας, όπως και στη λεωφόρο Μεσογείων, η κύρια ζήτηση είναι προς το κέντρο της Αθήνας. Οι ανιχνευτές στο ρεύμα καθόδου δείχνουν συνεχώς αυξημένη ροή και κατά συνέπεια όσοι οδοί συμβάλλουν, διοχετεύουν παραπάνω οχήματα στη λεωφόρο Κηφισίας από όσο εξέρχονται. Όπως και στη λεωφόρο Μεσογείων έτσι και στη λεωφόρο Κηφισίας, οι διαδρομές ορίστηκαν με το μεγαλύτερο ποσοστό οχημάτων να κατευθύνεται προς το κέντρο. Στους ανισόπεδους κόμβους που υπήρχαν βάση του μετρημένου φόρτου που χρησιμοποιούσε το τμήμα της αρτηρίας και δεν εμπλεκόταν σε κόμβους με εμπλεκόμενες κινήσεις υπολογίστηκε το ποσοστό που εξέρχεται από τη λεωφόρο Κηφισίας χρησιμοποιώντας την ράμπα εξόδου του κάθε κόμβου. Τα ποσοστά που εξέρχονται τη λεωφόρο Κηφισίας είναι μεν χαμηλά αλλά αντιστοιχούν σε υψηλούς φόρτους. Ειδικότερα στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με την 25^{ης} Μαρτίου στο Ψυχικό το 75% συνεχίζει προς το κέντρο της Αθήνας ενώ το 25% εγκαταλείπει την λεωφόρο Κηφισίας. Αντίστοιχα πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη το 80% συνεχίζει ευθεία προς το κέντρο της Αθήνας ενώ το 20% εγκαταλείπει τη λεωφόρο Κηφισίας με σκοπό να κινηθεί προς τη λεωφόρο Κατεχάκη ή προς το δήμο Ψυχικού.

Στην οδό Χαλανδρίου εισέρχονται οχήματα από τη λεωφόρο Μεσογείων. Από τα κάθετα σε αυτή οδικά τμήματα εισέρχονται οχήματα που επιλέγουν περισσότερο να κινηθούν προς την πλατεία Κένεντυ και από εκεί προς τη λεωφόρο Κηφισίας λόγω της αυξημένης συμφόρησης που παρατηρείται τις πρωινές ώρες και των πολλών εμπλεκόμενων κινήσεων σε σχέση με το διαθέσιμο χώρο μπροστά από τη πλατεία της Αγίας Παρασκευής. Στο ύψος της πλατείας Κένεντυ με δεδομένο τον αυξημένο αριθμό οχημάτων που έχουν καταγραφεί από τον ανιχνευτή που βρίσκεται πριν τη συμβολή των οδών Παπανικολή και Εθνικής Αντιστάσεως θεωρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των οχημάτων κινείται προς εκείνη την κατεύθυνση. Στη συνέχεια λόγω της διαφοράς των οχημάτων που υπάρχει μεταξύ των ανιχνευτών που βρίσκονται στην οδό Παπανικολή πριν την συμβολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και πριν τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κηφισίας υπολογίστηκε ότι περίπου το 15% των οχημάτων στρίβει προς την Εθνικής Αντιστάσεως και τα υπόλοιπα οχήματα συνεχίζουν προς τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κηφισίας. Στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως στην περιοχή του κάτω Χαλανδρίου δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα στοιχεία. Επομένως θεωρήθηκε ότι όσοι επιλέγουν την συγκεκριμένη οδό τη διατρέχουν μέχρι την λεωφόρο Κηφισίας ώστε να εισέλθουν σε αυτή παρακάμπτοντας τους προηγούμενους κόμβους που έχουν ήδη μεγάλη ροή.

Μόνο στη συμβολή της οδού με την οδό Αποστολοπούλου θεωρήθηκε ότι ένα 20% κινείται προς την οδό Αποστολοπούλου έτσι ώστε μέσω της οδού 25^{ης} Μαρτίου να φτάσει στη λεωφόρο Δημοκρατίας και στη συνέχεια είτε να εισέλθει στη λεωφόρο Μεσογείων, είτε μέσω της πλατείας Αγίας Σοφίας και της οδού Δημητρίου Βασιλείου ή της Αδριανού να εισέλθει στην Κηφισίας.

Τέλος, για τα εισερχόμενα οχήματα στην πλατεία Αγίας Σοφίας στην περιοχή του Νέου Ψυχικού δεν υπήρχαν επίσης στοιχεία οπότε θεωρήθηκε ότι ανάλογα με το σημείο εισόδου τους στον κυκλικό κόμβο αναζητούν την επόμενη οδό του θα τους οδηγήσει σε μια εκ των δύο λεωφόρων, την Κηφισίας ή τη Μεσογείων, ανάλογα με το από που έρχονται.

3.9.2. Δημιουργία διαδρομών για τον προσδιορισμό της επιρροής συμβάντος στο δίκτυο

Πριν την προσομοίωση των σεναρίων, πραγματοποιήθηκε μια σειρά προσομοιώσεων προκειμένου να προσδιοριστεί η επιρροή ενός συμβάντος στο δίκτυο. Το συμβάν έλαβε χώρα μπροστά από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας, οπότε και η κυκλοφορία διακόπηκε ξαφνικά στο ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας. Σε εκείνο το σημείο και για χρόνο ενός τετάρτου αυξήθηκε το ποσοστό των οχημάτων που στρίβουν στην Λεωφόρο Δημοκρατίας κατά 90%, θεωρώντας ότι ακολούθησαν τις υποδείξεις της τροχαίας. Από τη λεωφόρο Δημοκρατίας τα οχήματα συνεχίζουν προς την πλατεία Αγίας Σοφίας και μέσω της οδού Ξενοπούλου εισέρχονται πίσω στη λεωφόρο Μεσογείων με τη διαμόρφωση των βαρών των κατάλληλων διαδρομών στα συγκεκριμένα οδικά τμήματα. Στη συνέχεια διαπιστώθηκε ότι η ουρά έφτανε στο ύψος της οδού Τζαβέλλα μετά από 5 περίπου λεπτά. Έτσι από το 2100^ο δευτερόλεπτο της προσομοίωσης επιλέχθηκε ένα 30% να προστίθεται στο ποσοστό αυτών που στρίβουν στην οδό Τζαβέλλα. Στη συνέχεια περίπου ο ίδιος αριθμός κινείται προς την οδό 25^{ης} Μαρτίου για να βγει στην περιοχή του Νέου Ψυχικού και στη λεωφόρο Δημοκρατίας για να επιστρέψει στη λεωφόρο Μεσογείων μέσω της οδού Ξενοπούλου ή να καταλήξει στην Κηφισίας μέσω της οδού Αδριανού.

3.9.3. Διαδρομές για την προσομοίωση εναλλακτικών σεναρίων

Για την πραγματοποίηση των διάφορων σεναρίων έγιναν υποθέσεις για το ποσοστό του φόρτου που προτίθεται να αλλάξει την πορεία του βάσει της πληροφόρησης που λαμβάνει. Σε σημεία του δικτύου που ένα όχημα δύναται να αλλάξει πορεία για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που οι χρήστες έλαβαν πληροφόρηση τα βάρη των επιμέρους διαδρομών διαμορφώθηκαν ανάλογα με το σενάριο ώστε να διοχετευθεί ο φόρτος στην κατάλληλη κάθε φορά εναλλακτική διαδρομή. Βασική προϋπόθεση είναι η ζήτηση σε κάθε κόμβο στις εξόδους του δικτύου να μην μεταβληθεί και μετά το συμβάν να εξέλθουν από κάθε έξοδο ο ίδιος αριθμός οχημάτων που θα εξερχόταν και υπό κανονικές συνθήκες. Αναλυτικά το κάθε σενάριο και τα αποτελέσματα που προκύψανε περιγράφονται στο κεφάλαιο 4.

3.10. Πραγματοποίηση Προσομοίωσης

Με ολοκληρωμένο το δίκτυο, με τον κατάλληλο καταμερισμό του φόρτου και ορισμό των διαδρομών σε κάθε σύνδεσμο, στην αρχή πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις σε συνθήκες προκειμένου να προσδιοριστεί ο χρόνος που χρειάζεται το δίκτυο για να προθερμανθεί. Ο χρόνος αυτός ονομάζεται κύκλος προθέρμανσης και είναι ο χρόνος που απαιτείται για να εισέλθουν τα οχήματα στο δίκτυο και με το πέρας του χρόνου αυτού η συμπεριφορά του δικτύου να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο στις πραγματικές συνθήκες του δικτύου. Ο προσδιορισμός του κύκλου προθέρμανσης έγινε με την πραγματοποίηση 10 προσομοιώσεων για το βασικό σενάριο (base scenario), στο οποίο το δίκτυο λειτουργεί με την συνήθη φόρτιση χωρίς να υπάρχει κάποιο έκτακτο συμβάν. Επισημαίνεται ότι για κάθε προσομοίωση το random seed άλλαζε. Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε για χρόνο μίας ώρας. Από παρατήρηση του δικτύου και εξαγωγή αποτελεσμάτων για τον φόρτο, χρόνους διαδρομής ανά τέταρτο και δημιουργία ουρών επίσης ανά τέταρτο διαπιστώθηκε ότι ο κύκλος προθέρμανσης διαρκεί μισή ώρα. Από εκείνο το χρονικό σημείο και έπειτα εξάγονται αποτελέσματα που ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες του δικτύου.

Στη συνέχεια αφού προσδιορίστηκε ο χρόνος που αντιστοιχεί στον κύκλο προθέρμανσης πραγματοποιήθηκαν 5 προσομοιώσεις σε συνθήκες έκτακτου συμβάντος και χωρίς να υπάρχει κάποια αναγγελία από πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων για να διαπιστωθεί το χρονικό διάστημα για το οποίο επηρεάζεται το δίκτυο και το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να επανέλθει μετά το πέρας του συμβάντος. Με βάση το χρονικό αυτό διάστημα προσδιορίστηκε ο χρόνος προσομοίωσης. Ο χρόνος αυτός για το VISSIM είναι 9999 σε χρόνο προσομοίωσης. Αυτός ο χρόνος αντιστοιχεί σε δύο ώρες και 46 λεπτά. Οι συνθήκες ατυχήματος που προσομοιώθηκαν αντιστοιχούσαν στις συνθήκες των έκτακτων συμβάντων που επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν. Πιο συγκεκριμένα, το σημείο στο οποίο δημιουργήθηκαν οι συνθήκες ατυχήματος είναι μπροστά από το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας. Υπό πραγματικές συνθήκες η τροχαία διακόπτει την κυκλοφορία στη λεωφόρο Μεσογείων πριν τον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας και εκτρέπει τον φόρτο μέσα από την περιοχή του Νέου Ψυχικού και από την κάθοδο της λεωφόρου Δημοκρατίας σταματάει απλά η κυκλοφορία και κάποιοι συνεχίζουν στρίβοντας στη Μεσογείων με κατεύθυνση προς τα Μεσόγεια. Για να δημιουργηθούν οι συνθήκες ατυχήματος στους κόμβους, που βρίσκονται πριν από εκείνο το σημείο, τοποθετήθηκαν δύο σηματοδότες οι οποίοι ρυθμίστηκαν κατάλληλα ώστε με την ολοκλήρωση του κύκλου προθέρμανσης να έχουν για ένα τέταρτο (τον χρόνο που διήρκεσαν τα συμβάντα) κόκκινη ένδειξη και πράσινη ένδειξη για τις κατευθύνσεις που υπό κανονικές συνθήκες θα υποδείκνυε η τροχαία. Παράλληλα τα βάρη των διαδρομών αλλάζουν ανάλογα σε εκείνα τα σημεία όπου οι οδηγοί θα πρέπει να αλλάξουν πορεία καθ' υπόδειξη της τροχαίας για την ώρα που διαρκεί το ατύχημα. Μετά το πέρας του χρόνου του συμβάντος, ο φωτεινός σηματοδότης θα επανερχόταν σε κανονική λειτουργία και από εκείνο το σημείο και έπειτα θα προσδιοριστεί ο χρόνος που απαιτείται για να επανέλθει το δίκτυο στις κανονικές συνθήκες.

Με την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων για την επιρροή ενός συμβάντος χωρίς πληροφόρηση στο δίκτυο, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για εναλλακτικά σενάρια για τον χρόνο για τον οποίο το δίκτυο βρίσκεται σε συνθήκες «ατυχήματος» αλλά και για το χρόνο επαναφοράς του σε κανονικές συνθήκες. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις, 5 κάθε φορά για διαφορετικό random seed, μία σειρά

προσομοιώσεων για τις συνθήκες που επικράτησαν σύμφωνα με τα στοιχεία που δόθηκαν από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας και μία σειρά προσομοιώσεων για τις διάφορες εναλλακτικές διαδρομές που αποφασίστηκαν με την αλλαγή των αποφάσεων στα κατάλληλα σημεία και στο κατάλληλο χρονικό διάστημα.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη λειτουργία του δικτύου υπό κανονικές συνθήκες και για σενάρια προσομοίωσης τα οποία αφορούν ύπαρξη συμβάντος και διαφορετικές συνθήκες απόκρισης των οδηγών. Αφού περιγράφεται η υπόθεση του κάθε σεναρίου, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τους φόρτους σε συγκεκριμένες διατομές, τον σχηματισμό ουρών, τις καθυστερήσεις, τους χρόνους διαδρομής και τη μέση ταχύτητα διάνυσης.

4.1. Λειτουργία Δικτύου υπό Κανονικές Συνθήκες

Πριν γίνει προσομοίωση για τα σενάρια διοχέτευσης του φόρτου σε περίπτωση που έλαβαν ή όχι πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για να διαπιστωθούν οι αποκλίσεις του δικτύου που δημιουργήθηκε σε σχέση με την πραγματικότητα. Πραγματοποιήθηκαν 5 προσομοιώσεις με διαφορετικό random seed και από τα αποτελέσματα που προέκυψαν υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

4.1.1. Κυκλοφοριακός Φόρτος

Ο φόρτος για την συγκεκριμένη σειρά προσομοιώσεων μετρήθηκε στα σημεία όπου είναι τοποθετημένοι (στην πραγματικότητα) ανιχνευτές και πραγματοποιείται καταμέτρηση οχημάτων – στοιχεία τα οποία δόθηκαν από το κέντρο διαχείρισης κυκλοφορίας. Η μέτρηση του φόρτου έγινε για μία ώρα σε ίδιες συνθήκες με αυτές του συμβάντος (ημέρα, μήνας και ώρα) και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης σε σύγκριση με τις μετρήσεις που έχουν καταγραφεί φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα μετρήσεων φόρτου υπό κανονικές συνθήκες

Κωδικός Συσκευής	Θέση στο δίκτυο	Οχήματα ανά ώρα	Αποτελέσματα Προσομοιώσεων
263	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Κατεχάκη	2573	2662
264	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-Κατεχάκη	420	439
266	Κατεχάκη στο ρεύμα προς Κηφισίας	1158	1086
273	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου	3143	2487
274	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-25 ^{ης} Μαρτίου	556	621
278	Κηφισίας πριν την Εθνικής Αντιστάσεως	3477	3264
281	Κηφισίας πριν την 28 ^{ης} Οκτωβρίου	3262	3301
282	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	3083	2821
283	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	689	657
286	Παπανικολή προς Κηφισίας	1530	1198

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

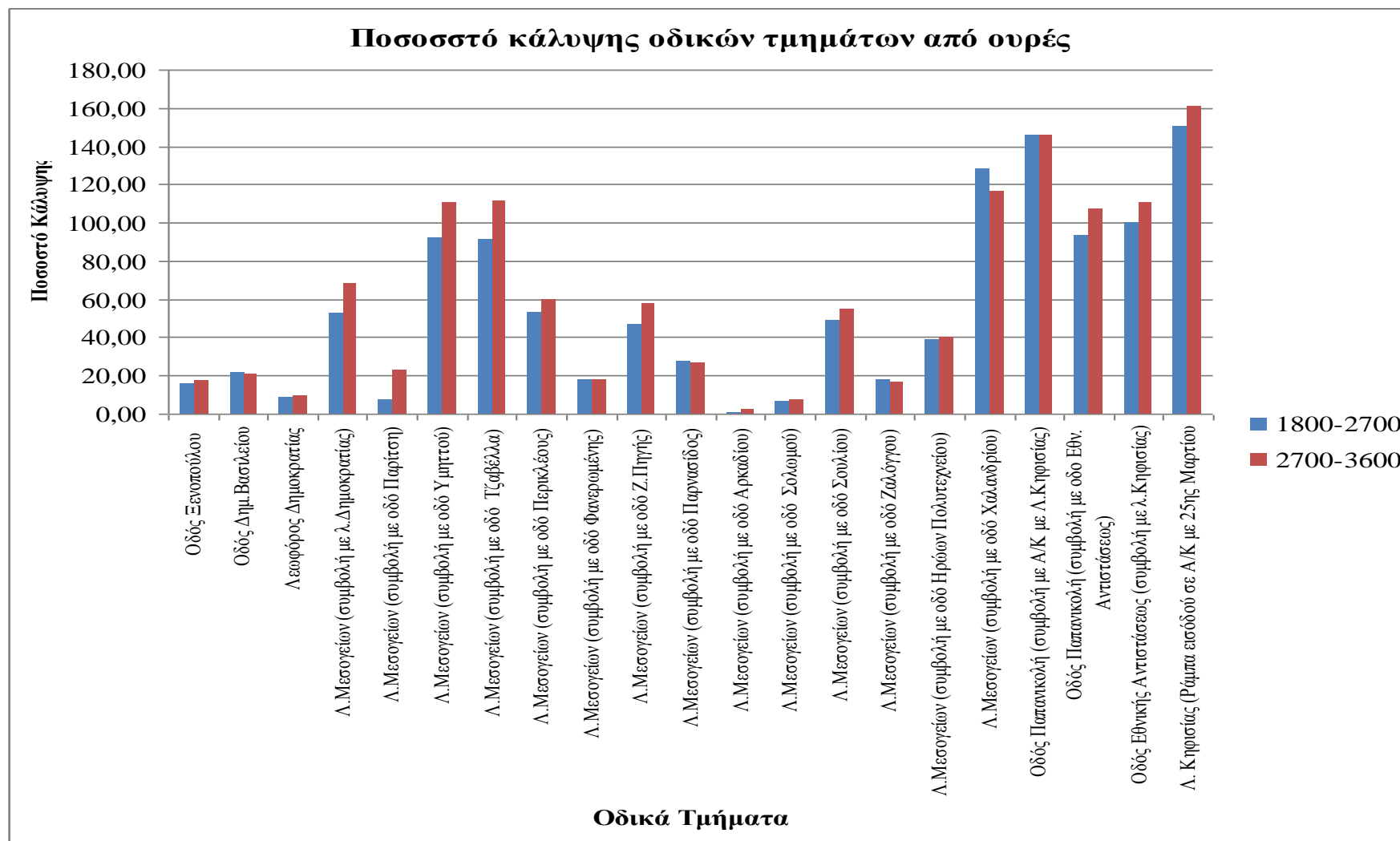
287	Καποδιστρίου προς Κηφισίας	1975	1904
291	Ρεύμα καθόδου πριν από Α/Κ Κηφισίας-Καποδιστρίου	3373	3354
440	Κύριο ρεύμα από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1574	966
441	Ράμπα εξόδου από Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1086	859
445	Ράμπα εισόδου στον Α/Κ Κατεχάκη-Μεσογείων	1462	902
446	Κατεχάκη προς Μεσογείων	1000	914
447	Κατεχάκη προς Μεσογείων	1612	1505
449	Μεσογείων πριν την Ξενοπούλου	1475	1499
450	Ξενοπούλου	298	331
452	Μεσογείων πριν τη λ. Δημοκρατίας	1696	1614
453	Λ. Δημοκρατίας προς Μεσογείων	481	523
455	Υμηττού	218	260
456	Μεσογείων πριν την Υμηττού	1707	1605
458	Μεσογείων πριν την Σόλωνος	1893	1772
459	Μεσογείων πριν την Ζαλόγγου	1807	1635
460	Μεσογείων πριν την Χαλανδρίου	2501	2189
463	Μεσογείων πριν την Αγελάου	2057	1899
476	Χαλανδρίου πριν την πλατεία Κένεντυ	1892	1550
481	Παπανικολή πριν την Εθνικής Αντιστάσεως	1400	1096
488	Κατεχάκη προς Μεσογείων	1045	900

Τα αποτελέσματα για τους καταγεγραμμένους φόρτους θεωρήθηκαν αποδεκτά σε περίπτωση απόκλισης από τις μετρήσεις που έχουν διεξαχθεί με απόκλιση το 10% του μετρημένου φόρτου. Όπως είναι εμφανές από τον πίνακα 4.1 τα περισσότερα αποτελέσματα συμφωνούν με τον περιορισμό που τέθηκε. Υπάρχουν μόνο μερικές εξαιρέσεις που θεωρήθηκαν αποδεκτές. Οι φόρτοι των οδών Χαλανδρίου και Παπανικολή παρότι ήταν εκτός των ορίων που τέθηκαν θεωρήθηκαν αποδεκτοί καθώς δεν υπήρχαν αρκετά στοιχεία για την εισαγωγή οχημάτων στις συγκεκριμένες οδούς και στις οδούς τοποθετήθηκαν για την προσομοίωση μόνο οι κόμβοι που ρυθμίζονται με φωτεινή σηματοδότηση. Επίσης απόπειρες επιπλέον φόρτισης από τη λεωφόρο Μεσογείων δεν έφεραν τα επιθυμητά αποτελέσματα αφού δεν προκαλούσαν αύξηση στο φόρτο και προκαλούσαν αδικαιολόγητες συνθήκες κορεσμού. Επίσης στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Κατεχάκη πιθανώς

υπάρχει λάθος κατά την καταμέτρηση οχημάτων σε κάποιον ανιχνευτή. Τα αποτελέσματα θεωρήθηκαν αποδεκτά καθώς τα αποτελέσματα για τον φόρτο στον τελευταίο ανιχνευτή (ανιχνευτής 449) στη λεωφόρο Μεσογείων συμφωνούν με τον φόρτο που έχει καταγραφεί και με την αναλογία των οχημάτων που κινείται προς τη ράμπα εισόδου και προς το κύριο ρεύμα.

4.1.2. Μετρήσεις μήκους ουρών

Όσον αφορά στον σχηματισμό ουρών, καταγράφηκε ο σχηματισμός ουρών σε σημεία/συνδέσμους οι οποίοι είναι ιδιαίτερης σημασίας στα σενάρια που έπονται. Οι ουρές παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα ως το ποσοστό του μήκους του οδικού τμήματος που καταλαμβάνουν στα χρονικά διαστήματα που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις. Σε ορισμένα σημεία η ουρά υπερβαίνει το μήκος του οδικού τμήματος. Αυτό οφείλεται στον τρόπο που είναι συνδεδεμένοι δύο σύνδεσμοι στο πρόγραμμα αλλά και από τις περιοχές σύγκρουσης που έχουν καθοριστεί σε συνδυασμό με την προτεραιότητα που έχει δοθεί σε μία κίνηση σε σχέση με μία άλλη. Όπως παρατηρείται κατά τη φυσιολογική λειτουργία του δικτύου μεγάλες ουρές παρατηρούνται στη λεωφόρο Μεσογείων μεταξύ των οδών Υμηττού και Τζαβέλλα αλλά και πριν τη συμβολή της με την οδό Χαλανδρίου. Επίσης μεγάλες ουρές σχηματίζονται στην οδό Παπανικολή στο ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως και του ανισόπεδου κόμβου με τη λεωφόρο Κηφισίας, στην λεωφόρο Κηφισίας στον ανισόπεδο κόμβο με την οδό 25^{ης} Μαρτίου και στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως πριν τη συμβολή της με τη λεωφόρο Κηφισίας. Οι ουρές αυτές θεωρούνται αποδεκτές καθώς την ώρα αιχμής λόγω αυξημένου φόρτου ευνοείται ο σχηματισμός ουρών.



Σχήμα 4.1: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1.3. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης

Όπως με τη μέτρηση ουρών για την κανονική λειτουργία του δικτύου έτσι και το μέγεθος της μέσης καθυστέρησης μετρήθηκεσε κρίσιμες προσβάσεις που θα παίξουν σημαντικό ρόλο για την αλλαγή διαδρομών στα σενάρια που θα διερευνηθούν. Για την κανονική λειτουργία του δικτύου οι πιο μεγάλες καθυστερήσεις σημειώθηκαν στις προσβάσεις της οδού Παπανικολή, στη συμβολή της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας αλλά και στη ράμπα εισόδου του ανισόπεδου κόμβου της λεωφόρου Κηφισίας με την οδό 25^{ης} Μαρτίου. Στη λεωφόρο Μεσογείων οι πιο μεγάλες καθυστερήσεις παρατηρούνται στο ύψος της οδού Χαλανδρίου όπου οι οδηγοί καλούνται να επιλέξουν αν θα συνεχίσουν την πορεία τους στη λεωφόρο Μεσογείων ή αν θα στρίψουν στην οδό Χαλανδρίου.

Πίνακας 4.2: Καθυστερήσεις υπό κανονικές συνθήκες

Πρόσβαση	Καθυστέρηση (δλ)	
	1800-2700	2700-3600
Οδός Ξενοπούλου	23.25	27.65
Οδός Δημ.Βασιλείου	39.92	29.37
Λεωφόρος Δημοκρατίας	28.72	26.85
Λ. Μεσογείων (συμβολή με λ. Δημοκρατίας)	7.17	9.04
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρίτη)	1.03	1.63
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Υμηττού)	8.22	7.33
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Τζαβέλλα)	4.62	5.06
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Περικλέους)	8.96	8.93
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Φανερωμένης)	8.42	9.88
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζ. Πηγής)	3.12	3.91
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρνασίδος)	3.84	4.44
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Αρκαδίου)	3.43	2.96
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σολωμού)	1.38	1.81
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σουλίου)	8.31	7.11
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζαλόγγου)	3.60	4.18
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ηρώων Πολυτεχνείου)	3.05	3.11
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Χαλανδρίου)	10.56	10.70
Οδός Παπανικολή (συμβολή με Α/Κ με Λ.Κηφισίας)	60.90	68.12
Οδός Παπανικολή (συμβολή με οδό Εθν. Αντιστάσεως)	34.44	47.22
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με λ.Κηφισίας)	109.94	149.25
Λ. Κηφισίας (Ράμπα εισόδου σε Α/Κ με 25ης Μαρτίου)	71.24	77.01

4.1.4. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Οι χρόνοι διαδρομής που μετρήθηκαν είναι οι χρόνοι των εναλλακτικών διαδρομών που αναμένεται να ακολουθήσουν οι οδηγοί στα σενάρια που θα προσομοιωθούν, έτσι ώστε να υπάρχει σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των διαφόρων σεναρίων με τα αποτελέσματα κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου. Οι διαδρομές που μετρήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3 και οι χρόνοι διαδρομής στον πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.3: Διαδρομές

α/α	Διαδρομή
1	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων
2	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων -Χαλανδρίου-Παπανικολή-Λ. Κηφισίας
3	ΠΜΜ17--Λ. Μεσογείων -Χαλανδρίου-Παπανικολή-Εθνικής Αντιστάσεως-Λ. Κηφισίας
4	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων -Χαλανδρίου-Παπανικολή-Λ. Κηφισίας-Δ. Βασιλείου-Πλ. Αγίας Σοφίας-Ξενοπούλου-Μεσογείων
5	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων-Λ. Δημοκρατίας-Σ. Μακρυγιάννη-Σικελιανού-Πλ. Αγίας Σοφίας-Ξενοπούλου-Μεσογείων
6	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων -Χαλανδρίου-Παπανικολή-Εθνικής Αντιστάσεως-Λ. Κηφισίας-Δ. Βασιλείου-Πλ. Αγίας Σοφίας-Ξενοπούλου-Μεσογείων
7	ΠΜΜ17-Λ. Μεσογείων -Χαλανδρίου-Παπανικολή-Εθνικής Αντιστάσεως-Αποστολοπούλου-25ης Μαρτίου-Δημοκρατίας-Σ. Μακρυγιάννη-Σικελιανού-Πλ. Αγίας Σοφίας-Ξενοπούλου-Μεσογείων

Πίνακας 4.4:Χρόνοι διαδρομών

Διαδρομή	Χρόνος Διαδρομής (λεπτά)	
	1800-2700	2700-3600
1	19	23
2	43	53
3	43	55
4	76	80
5	21	24
6	38	47
7	31	38

Όπως παρατηρείται οι υψηλότεροι χρόνοι διαδρομής παρουσιάζονται στις διαδρομές όπου ένα όχημα με αφετηρία την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων επιλέγει να προσεγγίσει τη λεωφόρο Κατεχάκη μέσω της λεωφόρου Κηφισίας. Οι διαδρομές που περιλαμβάνουν μεγάλο μέρος της λεωφόρου Κηφισίας διαρκούν πάνω από μία ώρα ή κοντά στη μία ώρα, ενώ οι διαδρομές που περιλαμβάνουν τη λεωφόρο Μεσογείων είναι αρκετά μικρότερες σε χρόνο, κατά το χρονικό διάστημα εξέτασης (από τις 9πμ μέχρι τις 10πμ).

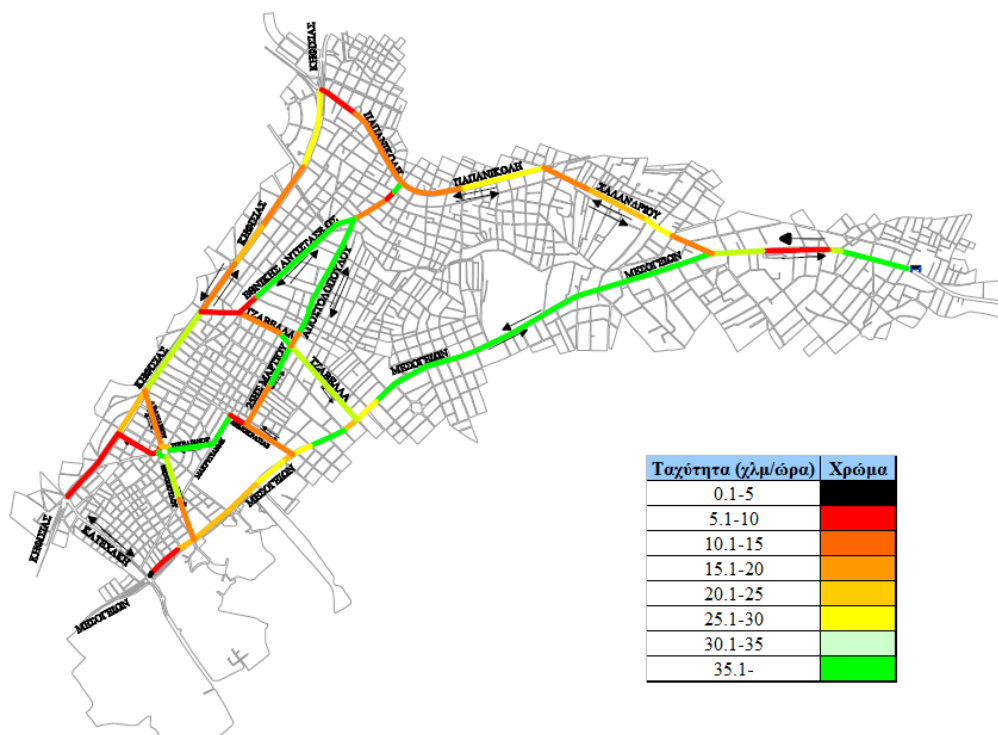
4.1.5. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης

Μετά τον κύκλο προθέρμανσης μετρήθηκε ανά τέταρτο η ταχύτητα των οχημάτων σε κάθε σύνδεσμο. Στη συνέχεια, οι ταχύτητες αυτές ομαδοποιήθηκαν σε διακριτές κατηγορίες ανά 5χλμ/ώρα. Σε κάθε κατηγορία δόθηκε και ένας χρωματισμός, ο οποίος όριζε και τη διαβάθμιση από πολύ χαμηλές ταχύτητες μέχρι πολύ υψηλές. Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.5: Υπόμνημα Ταχυτήτων

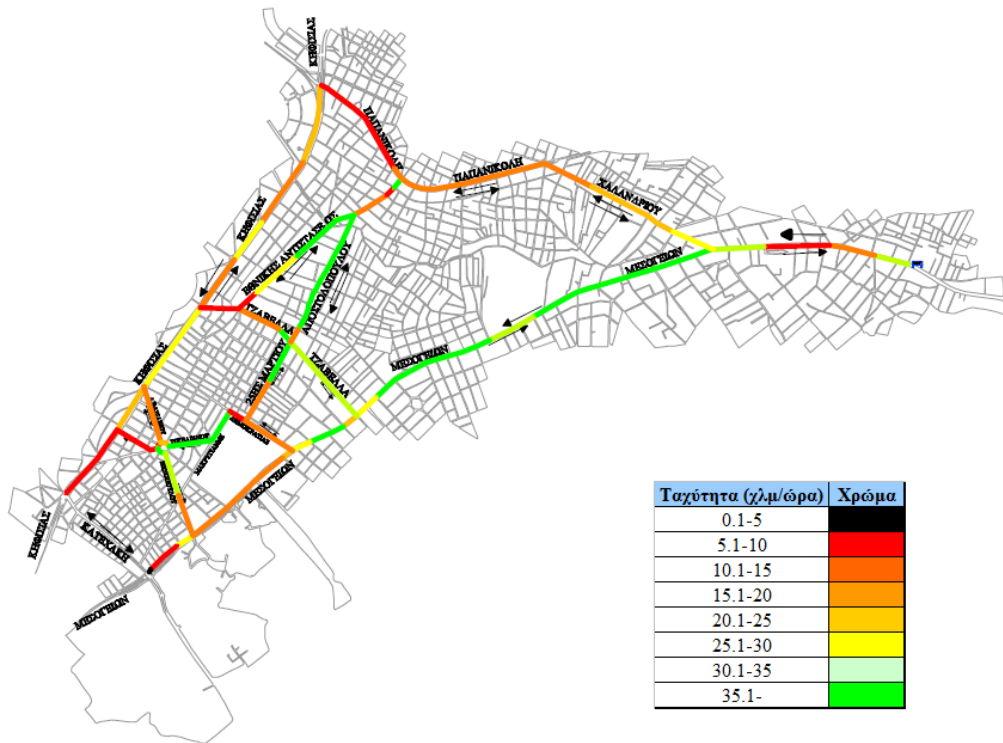
Ταχύτητα (χλμ/ώρα)	Χρώμα
0.1-5	Μαύρο
5.1-10	Κόκκινο
10.1-15	Κόκκινο-Πορτοκάλι
15.1-20	Πορτοκάλι
20.1-25	Κίτρινο
25.1-30	Λίγανο
30.1-35	Λευκό
35.1-	Πράσινο

Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν χάρτες που υποδείκνυαν γραφικά τις ταχύτητες σε κάθε οδικό τμήμα:



Εικόνα 4.1: Ταχύτητες στο τέταρτο 1800-2700

Στο πρώτο τέταρτο (1800 έως 2700) παρατηρούνται γενικά υψηλές ταχύτητες στη λεωφόρο Μεσογείων, την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την οδό Αποστολοπούλου πέραν κάποιων οδικών τμημάτων που εφάπτονται σε κόμβους που παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό στρεφουσών κινήσεων. Αντίθετα πιο χαμηλές ταχύτητες παρατηρούνται στις οδούς Χαλανδρίου και Παπανικολή αλλά και στη λεωφόρο Κηφισίας.



Εικόνα 4.2: Ταχύτητες στο τέταρτο 2700-3600

Στο δεύτερο τέταρτο λιγότερα οδικά τμήματα έχουν μεγάλες ταχύτητες καθώς το δίκτυο έχει φορτιστεί πλήρως και κατά συνέπεια σχηματίζονται σε αρκετά σημεία ουρές σε αρκετά σημεία ουρές και σημειώνονται καθυστερήσεις. Οι ταχύτητες στην λεωφόρο Κηφισίας και στις οδούς Παπανικολή και Χαλανδρίου είναι ακόμα πιο χαμηλές ενώ και στη λεωφόρο Μεσογείων οι μεγάλες ταχύτητες περιορίζονται μεταξύ των οδών Φανερωμένης και Χαλανδρίου.

4.2. Μηδενικό Σενάριο

4.2.1. Περιγραφή μηδενικού σεναρίου

Μετά την πραγματοποίηση προσομοιώσεων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων για το υπό μελέτη δίκτυο υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για περίπτωση έκτακτου συμβάντος στη λεωφόρο Μεσογείων. Το έκτακτο συμβάν που προσομοιώθηκε έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά των έκτακτων μηνυμάτων που επιλέχθηκαν. Ειδικότερα το συμβάν που προσομοιώθηκε έχει ως συνέπεια το κλείσιμο της λεωφόρου Μεσογείων στο ύψος του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας για ένα τέταρτο της ώρας. Η τροχαία κατά τη διάρκεια του συμβάντος υποχρεώνει τους οδηγούς που βρίσκονται στη κάθοδο της Μεσογείων να κινηθούν προς στη λεωφόρο Δημοκρατίας και από εκεί οι οδηγοί αναμένεται να συνεχίσουν μέσω των οδών Στρατηγού Μακρυγιάννη, Σικελιανού και της πλατείας Αγίας Σοφίας να καταλήξουν στην οδό Ξενοπούλου και από εκεί να επιστρέψουν στη λεωφόρο Μεσογείων. Αντίστοιχα τα οχήματα που βρίσκονται στη λεωφόρο Δημοκρατίας διοχετεύονται στο ρεύμα της λεωφόρου Μεσογείων με κατεύθυνση τα Μεσόγεια. Η διακοπή κυκλοφορίας στο πρόγραμμα προσομοίωσης έγινε με αλλαγή των ενδείξεων των φωτεινών σηματοδοτών του κόμβου της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Στον φωτεινό σηματοδότη για την ευθεία κίνηση στη λεωφόρο Μεσογείων για την ώρα του συμβάντος αφαιρέθηκε ο χρόνος κίτρινης ένδειξης και πράσινης ένδειξης έτσι ώστε να έχει σε όλη τη διάρκεια του μόνο κόκκινη ένδειξη και να διακόπτει την κυκλοφορία στη λεωφόρο Μεσογείων. Ομοίως στη λεωφόρο Δημοκρατίας στον φωτεινό σηματοδότη που ρυθμίζει την δεξιά στροφή προς το ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Μεσογείων επιλέχθηκε κόκκινη ένδειξη σε όλη τη διάρκεια του κύκλου. Στον φωτεινό σηματοδότη που βρίσκεται στη λεωφόρο Μεσογείων και ρυθμίζει την κυκλοφορία προς τη λεωφόρο Δημοκρατίας αφαιρέθηκε κίτρινη ένδειξη και δόθηκε αρκετά μεγάλος χρόνος πράσινης ένδειξης ώστε να επιτρέπει σε μεγάλο αριθμό οχημάτων να κινηθεί προς τη λεωφόρο Δημοκρατίας, όπως και στην πραγματικότητα θα υποδείκνυε και η τροχαία.

Σε αυτό το σενάριο εξετάζονται οι επιπτώσεις στο δίκτυο σε περίπτωση απουσίας πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων και πληροφόρησης. Έτσι οι οδηγοί την ώρα του συμβάντος συνεχίζουν τη διαδρομή τους χωρίς να γνωρίζουν ότι υπάρχει διακοπή κυκλοφορίας. Για να προσομοιωθεί το συγκεκριμένο σενάριο πραγματοποιήθηκαν αλλαγές σε βάρη διαδρομών μόνο σε διαδρομές που βρίσκονται κοντά στο σημείο του συμβάντος. Πιο συγκεκριμένα άλλαξαν οι διαδρομές στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Τζαβέλλα, στη λεωφόρο Δημοκρατίας, και στην πλατεία Αγίας Σοφίας. Στη λεωφόρο Μεσογείων, στον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας για το χρόνο του συμβάντος επιλέχθηκε το 90% των οχημάτων να συνεχίζει τη διαδρομή του δεξιά στη λεωφόρο Δημοκρατίας ενώ υπό κανονικές συνθήκες το ίδιο ποσοστό συνεχίζει την πορεία του στη λεωφόρο Μεσογείων. Διαπιστώθηκε ότι όταν η αλλαγή των βαρών πραγματοποιούνταν την ίδια χρονική στιγμή με την αλλαγή των φωτεινών σηματοδοτών υπήρχαν οχήματα των οποίων η πλειοψηφία έλαβε εντολή να κινηθεί ευθεία και καταλαμβάνοντας όλες τις λωρίδες του συγκεκριμένου οδικού τμήματος δεν επέτρεπαν στα υπόλοιπα οχήματα που λάμβαναν στην νέα διαδρομή να κινηθούν προς τη λεωφόρο Δημοκρατίας και κατ' επέκταση υπήρχε δημιουργία μεγάλης ουράς αλλά οφείλονταν μόνο στον εγκλωβισμό των οχημάτων στη λεωφόρο Μεσογείων κατά τη διάρκεια του συμβάντος. Γι αυτό το λόγο η αλλαγή της απόφασης επιλέχθηκε

να πραγματοποιείται 50 δευτερόλεπτα νωρίτερα από τον χρόνο του συμβάντος ώστε να πραγματοποιείται η αλλαγή διαδρομής με την παραδοχή ότι οι οδηγοί αρχίζουν να αντιλαμβάνονται ότι δεν εξελίσσεται ομαλά η κυκλοφορία μετά τον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας και συνεχίζουν την διαδρομή τους από την λεωφόρο Δημοκρατίας. Στη συνέχεια στο ύψος της οδού Τζαβέλλα επιλέχτηκε το 30% των οχημάτων να αλλάζουν την πορεία τους από τη λεωφόρο Μεσογείων προς την οδό Τζαβέλλα ώστε από εκεί μέσω της οδού 25^{ης} Μαρτίου να συνεχίσουν στη λεωφόρο Δημοκρατίας και μέσω των οδών της περιοχής του Νέου Ψυχικού να επιστρέψουν στη λεωφόρο Μεσογείων. Το ποσοστό αυτό των οχημάτων αντιπροσωπεύει έναν αριθμό οδηγών που είναι γνώστες της περιοχής και γνωρίζουν πώς να παρακάμψουν εκείνο το τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων. Η αλλαγή διαδρομής στο συγκεκριμένο σημείο πραγματοποιούνταν μόνο όταν οι οδηγοί διαπίστωναν την ύπαρξη ακινητοποιημένων οχημάτων στη λεωφόρο Μεσογείων μέχρι το ύψος της οδού Τζαβέλλα. Για να προσδιοριστεί το χρονικό σημείο στο οποίο θα γινόταν αλλαγή στο οποίο θα πραγματοποιούνταν αλλαγή βαρών στις διαδρομές εκείνου του οδικού τμήματος, παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης πότε η ουρά των οχημάτων φτάνει στο ύψος της οδού Τζαβέλλα. Διαπιστώθηκε πώς η ουρά φτάνει στην οδό Τζαβέλλα περίπου 8 λεπτά μετά την αρχή του συμβάντος. Επομένως η αλλαγή της αναλογίας των διαδρομών στο οδικό τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων πριν την συμβολή με την οδό Τζαβέλλα από 96% για την ευθεία κίνηση και 4% για την δεξιά στροφή σε 70% και 30% πραγματοποιούνταν 8 λεπτά μετά την αρχή του συμβάντος. Επιπρόσθετα για το χρονικό διάστημα που υπήρχε μεγάλος αριθμός οχημάτων στην παρακαμπτήρια διαδρομή μέσα από την περιοχή του Νέου Ψυχικού ως αποτέλεσμα της εκτροπής κυκλοφορίας από τη λεωφόρο Μεσογείων διαμορφώθηκαν οι διαδρομές κάθε οδικού τμήματος της περιοχής ώστε να διοχετεύουν τα οχήματα μέσω της οδού Ξενοπούλου πίσω στην λεωφόρο Μεσογείων. Ενώ υπήρξε η εναλλακτική της διαφυγής των οχημάτων από την πλατεία Αγίας Σοφίας στην οδό Αδριανού και από εκεί στη λεωφόρο Κηφισίας επειδή ο μεγαλύτερος αριθμός των οχημάτων είχε κατεύθυνση την οδό Ξενοπούλου παρεμποδιζόταν η κίνηση των οχημάτων προς αυτή την εναλλακτική. Η αλλαγή των διαδρομών προκειμένου να ευνοούν την επιστροφή των οχημάτων στη λεωφόρο Μεσογείων διήρκεσε για μία ώρα που περιελάμβανε το χρόνο του συμβάντος (15 λεπτά) και τον χρόνο που χρειάστηκε ώστε να επιστρέψουν τα οχήματα στη λεωφόρο Μεσογείων (45 λεπτά). 45 λεπτά μετά το συμβάν το δίκτυο διαπιστώθηκε ότι είχε επανέλθει στην φυσιολογική του λειτουργία.

4.2.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων

Όπως μετρήθηκε από τον ανιχνευτή 449 που βρίσκεται μετά τη θέση που έκλεισε η λεωφόρος Μεσογείων στο πρώτο τέταρτο (στο χρόνο του συμβάντος) κατάφεραν να διέλθουν μόλις 82 οχήματα. Στη συνέχεια με την επαναφορά της λεωφόρου Μεσογείων στην κανονική της λειτουργία οι διελεύσεις από τον ίδιο ανιχνευτή τετραπλασιάστηκαν και μέχρι το επόμενο τέταρτο συνέχισαν να αυξάνονται και στα σταθεροποιούνται πάνω από τα 500 οχήματα ανά τέταρτο. Αντίστοιχα κατά τη διάρκεια του συμβάντος ένας πολύ μικρός αριθμός οχημάτων καταφέρνει να διέλθει από τον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 452 που βρίσκεται πριν τη συμβολή με τη λεωφόρο Δημοκρατίας κινούμενος λόγω της μετάβασης από ένα οδικό τμήμα τριών λωρίδων σε οδικό τμήμα μίας λωρίδας. Το επόμενο τέταρτο οι διελεύσεις επανήλθαν στα φυσιολογικά επίπεδα. Σε διατομές της λεωφόρου Δημοκρατίας και στην πλατεία Αγίας Σοφίας καταγράφηκαν διελεύσεις διπλάσιου αριθμού οχημάτων από τον

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

κανονικό, οι οποίες σταδιακά και με την παραχώρηση του κλειστού τμήματος της λεωφόρου Μεσογείων στην κυκλοφορία μειώθηκαν μέχρι να επανέλθουν στα φυσιολογικά επίπεδα. Οι μετρήσεις αριθμού οχημάτων στις υπόλοιπες διατομές που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με τη θέση του συμβάντος δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες μεταβολές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6:

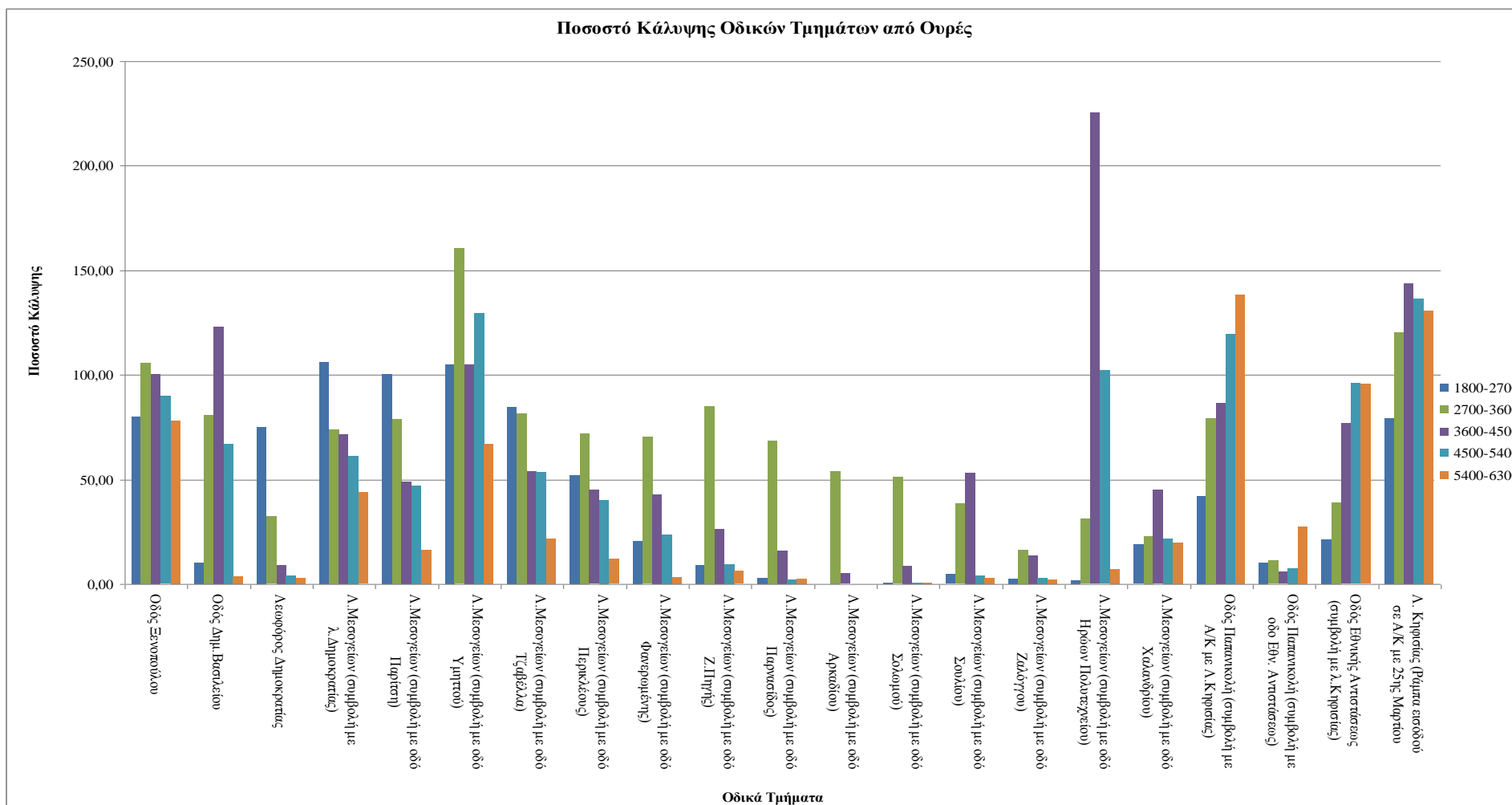
Πίνακας 4.6: Μετρήσεις Φόρτων κατά το μηδενικό σενάριο

Διατομές	Χρονικά Διαστήματα				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Ανιχνευτής 286	312	304	256	241	198
Ανιχνευτής 449	82	363	531	517	524
Ανιχνευτής 450	113	104	103	122	120
Ανιχνευτής 452	166	510	522	533	475
Ανιχνευτής 459	466	405	494	425	467
Ανιχνευτής 460	599	581	597	571	613
Ανιχνευτής 476	445	400	399	396	360
Ανιχνευτής 481	327	286	310	285	303
Λεωφόρος Δημοκρατίας	191	160	104	89	87
Πλατεία Αγ. Σοφίας	172	138	124	90	86
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως	154	142	123	106	111
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με οδό Φιλικής Εταιρείας)	187	186	174	146	150
Οδός Αποστολοπούλου	72	65	62	49	51
Οδός 25ης Μαρτίου	67	72	64	55	56

4.2.3. Μετρήσεις μήκους ουρών

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε διατομές του δικτύου κατά το τέταρτο του συμβάντος σχηματίστηκαν ουρές που υπερέβησαν το μήκος των οδικών τμημάτων όπως παρατηρείται και από το σχήμα 4.2. Πιο συγκεκριμένα εξαιρετικά μεγάλες ουρές σχηματίζονται στη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, με την οδό Παρίτη, την οδό Υμηττού και την οδό Τζαβέλλα. Οι ουρές που δημιουργήθηκαν στα ανάντη οδικά τμήματα ήταν μικρότερες λόγω της κατάληψης τμήματός του από τις ουρές που δημιουργήθηκαν κατάντη. Αμέσως μετά το συμβάν παρατηρείται η δημιουργία κρουστικού κύματος, με τον σχηματισμό ουρών σε κόμβους ανάντη εκείνων που σχημάτισαν ουρές κατά τη διάρκεια του συμβάντος. Αναλυτικότερα ουρές κατά τη διάρκεια του δεύτερου δεκαπεντάλεπτου δημιουργήθηκαν από τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Φανερωμένης μέχρι και την οδό Σολωμού, όπου στο επόμενο τέταρτο θα προκαλέσουν τον σχηματισμό μεγάλων ουρών μέχρι τη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ηρώων Πολυτεχνείου. Κατά τη διάρκεια του προτελευταίου τετάρτου υπάρχει σχηματισμός σημαντικών ουρών στη λεωφόρο Μεσογείων στο ύψος των οδών Υμηττού και Τζαβέλλα. Στο τελευταίο τέταρτο που το δίκτυο έχει επανέλθει στη φυσιολογική του λειτουργία οι ουρές έχουν μειωθεί αισθητά στη λεωφόρο Μεσογείων. Μεγάλες ουρές παρατηρούνται μόνο στους εξεταζόμενους κόμβους της οδού Παπανικολή και της λεωφόρου Κηφισίας.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 4.2: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο μηδενικό σενάριο

4.2.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης

Κατά τη διάρκεια του συμβάντος καθυστερήσεις που υπερβαίνουν το ένα λεπτό παρατηρούνται στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι και τον κόμβο με την οδό Τζαβέλλα. Στο πρώτο τέταρτο μετά το συμβάν μεγάλες καθυστερήσεις σημειώνονται σε κόμβους που βρίσκονται στο ύψος του Νομισματοκοπείου με μεγαλύτερες καθυστερήσεις στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ζωοδόχου Πηγής. Αύξηση της καθυστέρησης καταγράφεται και στην παρακαμπτήρια διαδρομή μέσα από την περιοχή του Νέου Ψυχικού καθώς ο μεγάλος αριθμός των οχημάτων που υποχρεώθηκε να συνεχίσει δια μέσου αυτής της διαδρομής προσπαθεί να επανέλθει στη λεωφόρο Μεσογείων. Οι πιο μεγάλες καθυστερήσεις καταγράφονται στην πλατεία Αγίας Σοφίας στην οδό Δημητρίου Βασιλείου καθώς τα οχήματα που εισέρχονται από τη λεωφόρο Κηφισίας με κατεύθυνση τον κυκλικό κόμβο παρεμποδίζονται από τον μεγάλο αριθμό οχημάτων που κινείται προς την οδό Ξενοπούλου και λόγω ουράς που σχηματίζεται προκαλούνται καθυστερήσεις και στη ράμπα εισόδου στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου. Στο επόμενο χρονικό διάστημα μέχρι το τέλος της προσομοίωσης οι καθυστερήσεις μειώνονται και επανέρχονται στα επίπεδα που ισχύουν και υπό κανονικές συνθήκες. Συνεχή αύξηση όσον αφορά την καθυστέρηση παρουσιάζουν οι κόμβοι της οδού Παπανικολή.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 4.7: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το μηδενικό σενάριο

Πρόσβαση	Καθυστέρηση (δλ)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Οδός Ξενοπούλου	38.16	45.92	35.19	42.09	38.01
Οδός Δημ. Βασιλείου	37.20	668.80	369.04	100.22	30.00
Λεωφόρος Δημοκρατίας	63.65	69.16	76.69	35.15	29.54
Λ. Μεσογείων (συμβολή με λ. Δημοκρατίας)	136.75	64.78	43.77	38.06	29.56
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρίτη)	109.74	47.34	26.89	23.41	12.94
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Υμηττού)	79.40	50.88	24.02	23.82	14.20
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Τζαβέλλα)	63.63	56.12	22.46	24.37	13.30
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Περικλέους)	47.48	64.36	27.16	27.68	14.74
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Φανερωμένης)	25.22	68.73	21.03	21.91	11.48
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζ. Πηγής)	4.64	71.84	12.20	6.88	3.78
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρνασίδος)	3.13	63.44	10.36	2.82	2.83
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Αρκαδίου)	3.08	45.81	5.48	2.97	3.22
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σολωμού)	1.85	38.64	5.63	1.69	1.80
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σουλίου)	8.09	30.69	15.67	7.41	6.81
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζαλόγγου)	3.82	15.84	14.84	4.52	3.34
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ηρώων Πολυτεχνείου)	6.26	9.32	8.82	7.55	5.26
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Χαλανδρίου)	10.56	11.92	15.57	12.23	10.20
Οδός Παπανικολή (συμβολή με Α/Κ με Λ. Κηφισίας)	34.78	50.41	75.84	99.94	121.60
Οδός Παπανικολή (συμβολή με οδό Εθν. Αντιστάσεως)	28.58	23.84	20.43	25.51	49.60
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με λ. Κηφισίας)	79.64	129.28	223.22	313.62	262.40
Λ. Κηφισίας (Ράμπα εισόδου σε Α/Κ με 25ης Μαρτίου)	77.85	110.35	358.57	112.53	88.88

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.2.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Σύμφωνα με τους μετρημένους χρόνους διαδρομής, το δίκτυο επανήλθε μετά από 45 λεπτά αλλά παρουσιάστηκαν μεγάλες αύξεις στους χρόνους λόγω της διακοπής κυκλοφορίας. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να διανυθεί η λεωφόρος Μεσογείων την ώρα του συμβάντος ήταν 27 λεπτά. Ο συγκεκριμένος χρόνος είναι πλασματικός καθώς δεν καταφέρνουν τα οχήματα λόγω του συμβάντος να κινηθούν προς την λεωφόρο Κατεχάκη. Ο χρόνος που χρειάζεται για να διανύσουν τα οχήματα την απόσταση μετά το σημείο του συμβάντος μέχρι τη λεωφόρο Κατεχάκη μετρήθηκε από οχήματα που εισήλθαν στο δίκτυο από άλλες προσβάσεις. Η στη διαδρομή 4 (ΠΜΜ17- Λ. Μεσογείων- Χαλανδρίου- Παπανικολή- Λ. Κηφισίας- Δ. Βασιλείου- Πλ. Αγίας Σοφίας- Ξενοπούλου-Μεσογείων) όπου διέρχεται από τη λεωφόρο Κηφισίας αλλά διέρχεται και από οδικά τμήματα στα οποία βρίσκονται οχήματα τα οποία υπό κανονικές συνθήκες θα χρησιμοποιούσαν τη λεωφόρο Μεσογείων.

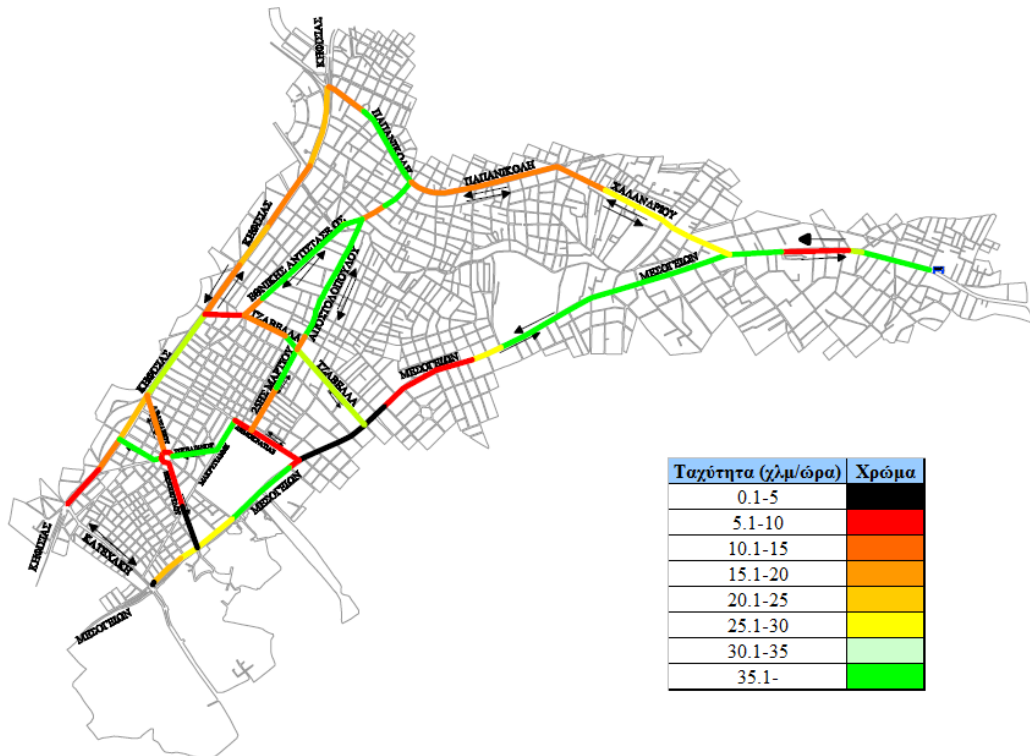
Πίνακας 4.8: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το μηδενικό σενάριο

Διαδρομή	Χρόνος Διαδρομής (λεπτά)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
1	27*	35	30	26	21
2	33	41	60	60	65
3	34	40	60	65	75
4	138	163	179	157	149
5	36	58	44	33	29
6	38	63	83	68	68
7	33	48	49	43	44

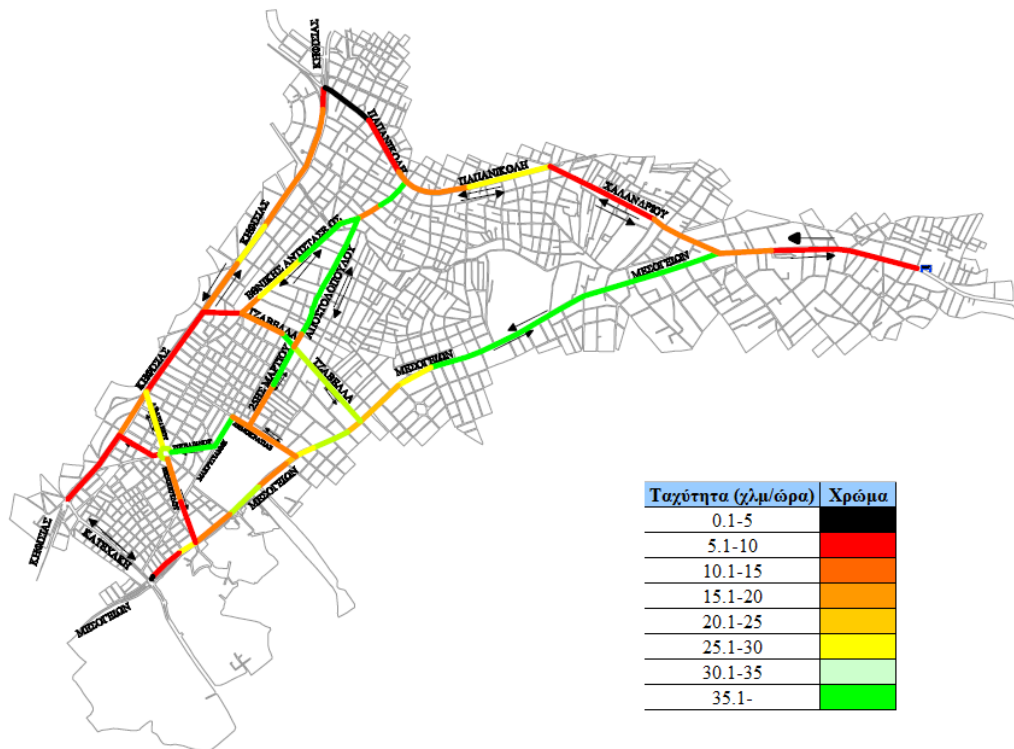
4.2.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης

Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την ταχύτητα σε κάθε οδικό τμήμα κατά τη διάρκεια του συμβάντος και αφού επανήλθε το δίκτυο σε κανονική λειτουργία. Παρατηρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια του συμβάντος υπήρξαν εξαιρετικά χαμηλές ταχύτητες στη λεωφόρο Μεσογείων από τη λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι το Νομισματοκοπείο αλλά και στην οδό Ξενοπούλου. Αφού το δίκτυο επανήλθε οι ταχύτητες ήταν αισθητά υψηλότερες πέραν των σημείων που παρουσίασαν χαμηλές ταχύτητες και σε κανονικές συνθήκες όπως η οδός Χαλανδρίου, η οδός Παπανικολή και η λεωφόρος Κηφισίας.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εικόνα 4.3: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος



Εικόνα 4.4: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου

4.3. Πρώτο Σενάριο

4.3.1. Περιγραφή σεναρίου

Το συγκεκριμένο σενάριο αποτελεί το πρώτο σενάριο κατά το οποίο οι οδηγοί έλαβαν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων για το συμβάν επί της λεωφόρου Μεσογείων. Εξετάστηκε η υπόθεση ότι οι οδηγοί που έλαβαν πληροφόρηση αποφάσισαν να αλλάξουν τη διαδρομή τους σύμφωνα με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από έρευνα του κέντρου διαχείρισης κυκλοφορίας. Κατά τη διάρκεια παρόμοιου συμβάντος υπήρξε ανταπόκριση του 60% των οδηγών οι οποίοι άλλαξαν τη διαδρομή τους κινούμενοι προς την οδό Χαλανδρίου και προς άλλους μικρότερους δρόμους ενώ παρατηρήθηκε μείωση 40% στις διελεύσεις από την λεωφόρο Μεσογείων (Σερμπής, 2006). Λόγω έλλειψης εναλλακτικών διαδρομών που διέρχονται από το δήμο της Αγίας Παρασκευής, εξετάστηκε αν το 60% των οδηγών αποκρινόταν στην πληροφόρηση της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων και άλλαζε τη διαδρομή του και αντί να συνεχίσει στο ρεύμα καθόδου της λεωφόρου Μεσογείων να κινηθεί προς τη λεωφόρο Κηφισίας μέσω των οδών Χαλανδρίου και Παπανικολή. Στο ύψος του ανισόπεδου κόμβου της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου ένας αριθμός οχημάτων που άλλαξε τη διαδρομή του μέσω των οδών Χαλανδρίου και Παπανικολή επειδή έχει ως προορισμό τα νότια και ανατολικά προάστια της Αθήνας επιθυμεί να επιστρέψει στην λεωφόρο Μεσογείων ώστε μέσω του ανισόπεδου κόμβου με τη λεωφόρο Κατεχάκη να μεταβεί στην περιφερειακή του Υμηττού. Παράλληλα υπάρχει ένας αριθμός οχημάτων που δεν πρόλαβε να πληροφορηθεί για το συμβάν όντας κατάντη της πινακίδας την ώρα του μηνύματος και συνέχισε την πορεία του προς τη θέση του συμβάντος και υποχρεώθηκε σε αλλαγή πορείας από την τροχαία.

Για την πραγματοποίηση του σεναρίου αυτού σε περιβάλλον προσομοίωσης αρχικά πραγματοποιήθηκε αλλαγή των διαδρομών για το χρόνο του συμβάντος στην παρακαμπτήρια διαδρομή όπως έγινε και στο μηδενικό σενάριο. Η προσομοίωση του συμβάντος έγινε με αλλαγή των φωτεινών σηματοδοτών στη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Παράλληλα για το τέταρτο που διήρκησε το συμβάν η αναλογία των οχημάτων που κατευθύνονται προς την λεωφόρο Μεσογείων και την οδό Χαλανδρίου από 70%-30% άλλαξε σε 40%-60% αντίστοιχα. Μετά το πέρας του συμβάντος που δεν υπήρχε πια πληροφόρηση αλλά και οι οδηγοί διαπίστωναν μειωμένη κυκλοφορία στη λεωφόρο Μεσογείων επανερχόταν η αρχική αναλογία στις δύο διαδρομές. Στη συνέχεια, διαμορφώθηκαν τα ποσοστά των κινήσεων των οδών Χαλανδρίου και Παπανικολή ώστε να ευνοούν την κίνηση προς τη λεωφόρο Κηφισίας. Στη συμβολή της οδού Παπανικολή με τη λεωφόρο Κηφισίας πραγματοποιήθηκε επίσης αλλαγή στην αναλογία των στρεφουσών κινήσεων ώστε να ευνοείται η αριστερή στροφή προς την κάθοδο της Κηφισίας. Η αλλαγή στην αναλογία των ποσοστών στρεφουσών κινήσεων πραγματοποιήθηκε τη χρονική στιγμή που καταφτάνουν στο συγκεκριμένο σημείο οχήματα από τη λεωφόρο Μεσογείων από τη χρονική στιγμή έναρξης προβολής του μηνύματος και η αρχική αναλογία επανέρχεται μετά από την έλευση των τελευταίων οχημάτων από τη λεωφόρο Μεσογείων που έλαβαν πληροφόρηση. Τέλος, αλλαγές πραγματοποιήθηκαν στην αναλογία των διαδρομών στον ανισόπεδο κόμβο με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου προκειμένου να εισέλθει στην οδό Δημητρίου Βασιλείου ένα ποσοστό οχημάτων από τη λεωφόρο Κηφισίας το οποίο επιθυμεί να επιστρέψει στη λεωφόρο Μεσογείων έχοντας προορισμό τη λεωφόρο Κατεχάκη.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.3.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων

Όπως παρατηρείται από τις μετρήσεις των φόρτων στις επιλεγμένες διατομές, κατά τα 15 λεπτά που διαρκεί το συμβάν παρατηρούνται μειωμένες διελεύσεις τόσο στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 449 που βρίσκεται κατάντη της θέσης του συμβάντος όσο και στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 452 που βρίσκεται ανάντη της θέσης του συμβάντος. Αντίθετα παρατηρούνται αυξημένες διελεύσεις από την λεωφόρο Δημοκρατίας και από την πλατεία Αγίας Σοφίας. Επιπρόσθετα αυξημένος είναι ο αριθμός των οχημάτων που διέρχονται από την οδό Χαλανδρίου (ανιχνευτής 476) που δείχνει και τον αριθμό των οδηγών που έλαβαν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και άλλαξαν την διαδρομή τους προς την οδό Χαλανδρίου αντί να συνεχίσουν προς τη λεωφόρο Μεσογείων που παρουσίασε μειωμένο αριθμό οχημάτων μετά τον κόμβο της λεωφόρου με την οδό Χαλανδρίου (ανιχνευτής 459). Στα επόμενα 15 λεπτά μετά το συμβάν, που το κλειστό τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων δόθηκε πάλι στην κυκλοφορία, οι διελεύσεις στους ανιχνευτές 449 και 452 αυξάνονται σημαντικά, ενώ παράλληλα μειώνεται ο αριθμός των διελεύσεων από την παρακαμπτήρια οδό της περιοχής του Νέου Ψυχικού. Παράλληλα μειώνεται και ο αριθμός των διελεύσεων από τη λεωφόρο Μεσογείων προς την οδό Χαλανδρίου και επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα φόρτισης. Μειωμένες διελεύσεις παρατηρούνται στη συμβολή της οδού Παπανικολή με την λεωφόρο Κηφισίας καθώς λόγω της συσσώρευσης μεγάλου αριθμού οχημάτων παρουσιάστηκε συμφόρηση στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα. Μισή ώρα μετά, από τις μετρήσεις παρατηρείται ότι το δίκτυο επανήλθε σε κανονικές συνθήκες.

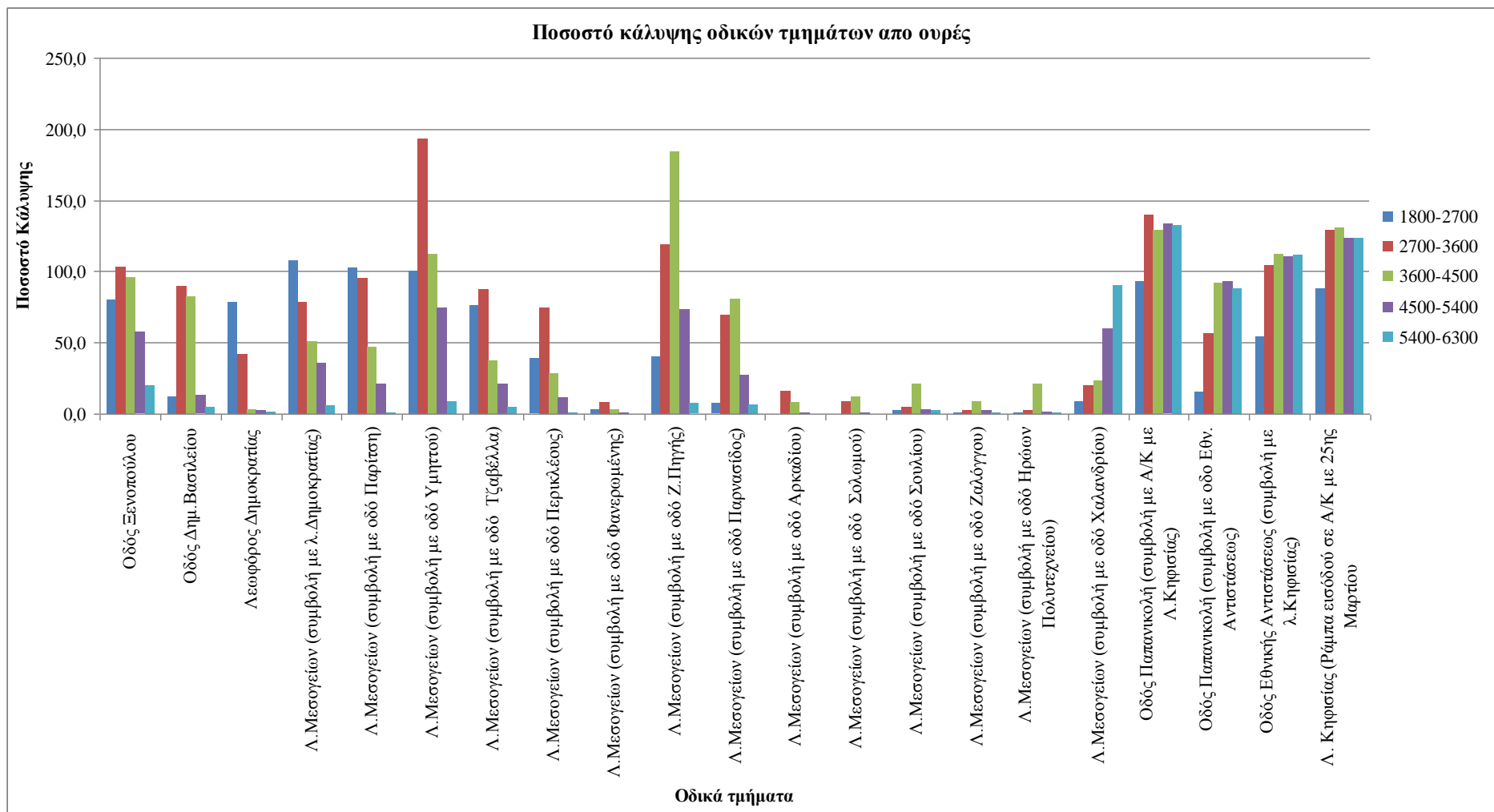
Πίνακας 4.9: Μετρήσεις φόρτων κατά το πρώτο σενάριο

Διατομές	Χρονικά Διαστήματα				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Ανιχνευτής 286	204	168	240	283	264
Ανιχνευτής 449	83	356	538	495	421
Ανιχνευτής 450	111	94	95	109	83
Ανιχνευτής 452	157	482	511	493	329
Ανιχνευτής 459	320	411	452	326	298
Ανιχνευτής 460	527	566	588	418	359
Ανιχνευτής 476	445	348	339	352	372
Ανιχνευτής 481	337	296	278	223	254
Λεωφόρος Δημοκρατίας	125	99	53	48	32
Πλατεία Αγ. Σοφίας	142	110	81	74	68
οδός Εθνικής Αντιστάσεως	182	152	107	123	125
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με οδό Φιλικής Εταιρείας)	215	211	153	134	151
οδός Αποστολοπούλου	64	42	41	48	43
οδός 25ης Μαρτίου	26	13	41	42	42

4.3.3. Μετρήσεις μήκους ουρών

Κατά τη διάρκεια του συμβάντος σχηματισμός ουρών παρατηρήθηκε στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με την λεωφόρο Δημοκρατίας, με την οδό Παρίτη, με την οδό Υμηττού και με την οδό Τζαβέλλα αλλά και στη λεωφόρο Δημοκρατίας και την οδό Ξενοπούλου. Αυξημένη είναι επίσης η ουρά στην οδό Παπανικολή, στη συμβολή

της με την λεωφόρο Κηφισίας. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκε κρουστικό κύμα στη λεωφόρο Μεσογείων και σε 15 λεπτά μετά το συμβάν δημιουργήθηκαν ουρές από τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Υμηττού μέχρι τον κόμβο με την οδό Περικλέους. Σχηματισμός ουρών παρατηρήθηκε και μεταξύ των κόμβων της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ζωοδόχου Πηγής και Παρνασίδος όπου διατηρήθηκαν συνολικά για μισή ώρα. Ταυτόχρονα μεγάλη αύξηση των ουρών παρατηρείται στους κόμβους της οδού Παπανικολή με τη λεωφόρο Κηφισίας και με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως, όπως επίσης και στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας. Ενώ οι ουρές στα υπόλοιπα εξεταζόμενα σημεία μειώνονται, σταθερά μεγάλες ουρές παραμένουν στις οδούς Παπανικόλη και Εθνικής Αντιστάσεως ενώ στη ράμπα εισόδου του ανισόπεδου κόμβου της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου παρατηρήθηκε σχηματισμός ουράς που πραγματοποιείται και υπό κανονικές συνθήκες.



Σχήμα 4.3: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο πρώτο σενάριο

4.3.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης

Στα πρώτα 15 λεπτά , που αντιστοιχούν στη διάρκεια του συμβάντος, οι μεγαλύτερες καθυστερήσεις σημειώνονται στην θέση του συμβάντος. Πιο συγκεκριμένα μεγάλες καθυστερήσεις παρουσιάζονται στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, την οδό Παρίση, την οδό Υμηττού και την οδό Τζαβέλλα. Επιπρόσθετα καθυστερήσεις παρουσιάζονται στον κόμβο της οδού Παπανικολή με λεωφόρο Κηφισίας. Στα επόμενα 15 λεπτά παρατηρούνται καθυστερήσεις στη λεωφόρο Μεσογείων από λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Φανερωμένης και στη συμβολή της οδού Παπανικολή με τη λεωφόρο Κηφισίας αλλά και με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Οι καθυστερήσεις είναι ιδιαίτερα μεγάλες και στην οδό Δημητρίου Βασιλείου και στη ράμπα εισόδου στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου. Μισή ώρα μετά το συμβάν παρατηρούνται σημαντικές καθυστερήσεις στην οδό Δημητρίου Βασιλείου λόγω της συμφόρησης στον κυκλικό κόμβο της πλατείας Αγίας Σοφίας, στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας και στους κόμβους της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και τη λεωφόρο Κηφισίας. Στην τελευταία μισή ώρα που διαρκεί η προσομοίωση οι καθυστερήσεις παραμένουν μεγάλες στον κόμβο της Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας στον οποίο παρατηρήθηκε αύξηση της καθυστέρησης και στους κόμβους της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και τη λεωφόρο Κηφισίας ενώ στο υπόλοιπο δίκτυο παρουσιάζονται οι καθυστερήσεις που παρατηρούνται και κατά τη κανονική λειτουργία του δικτύου.

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 4.10: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το πρώτο σενάριο

Πρόσβαση	Καθυστέρηση (δλ)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Οδός Ξενοπούλου	32.87	31.59	31.00	39.20	29.79
Οδός Δημ. Βασιλείου	57.04	277.56	130.94	56.82	31.50
Λεωφόρος Δημοκρατίας	63.61	82.79	29.65	27.23	26.77
Λ. Μεσογείων (συμβολή με λ.Δημοκρατίας)	134.70	77.69	32.91	23.99	7.20
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρίτη)	114.43	60.40	18.02	12.53	1.0
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Υμηττού)	69.12	77.06	19.34	14.22	7.78
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Τζαβέλλα)	51.50	82.46	17.66	13.10	4.37
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Περικλέους)	35.74	88.36	20.01	14.51	5.98
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Φανερωμένης)	11.11	90.02	18.60	14.11	6.11
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζ. Πηγής)	2.82	45.22	9.56	9.52	3.10
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρνασίδος)	1.69	33.77	7.66	6.53	1.37
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Αρκαδίου)	3.02	12.27	9.10	4.57	3.06
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σολωμού)	2.03	8.07	8.37	4.20	2.22
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σουλίου)	7.75	7.75	14.74	7.00	7.43
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζαλόγγου)	2.38	4.34	10.68	4.72	2.66
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ηρώων Πολυτεχνείου)	8.48	7.18	7.78	9.32	9.86
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Χαλανδρίου)	8.28	11.79	14.54	67.48	77.81
Οδός Παπανικολή (συμβολή με Α/Κ με Λ. Κηφισίας)	75.06	136.15	102.08	81.96	87.77
Οδός Παπανικολή (συμβολή με οδό Εθν. Αντιστάσεως)	29.15	60.60	92.97	75.17	70.74
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με Λ. Κηφισίας)	103.98	181.80	276.06	265.50	235.84
Λ. Κηφισίας (Ράμπα εισόδου σε Α/Κ με 25ης Μαρτίου)	87.53	162.34	100.42	76.66	74.27

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.3.5.Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Από τις μετρήσεις χρόνων για τις επιλεγμένες διαδρομές παρατηρείται ότι οι διαδρομές που διέρχονται από την λεωφόρο Μεσογείων (διαδρομές 1 και 5) παρουσιάζουν αύξηση 15 λεπτά μετά το συμβάν αλλά στη συνέχεια επανέρχονται σε φυσιολογικούς χρόνους. Οι οδοί Χαλανδρίου και Παπανικολή που έχουν αυξημένη ροή και σημειώνονται χαμηλότερες ταχύτητες με την πάροδο του χρόνου έχουν επίπτωση και στις διαδρομές που διέρχονται από αυτές. Ειδικότερα ο χρόνος διαδρομής παραμένει ιδιαίτερα μεγάλος στις διαδρομές 2,3,4,6 και 7. Στις διαδρομές 3 και 6 σημαντική επιρροή έχει και η οδός Εθνικής Αντιστάσεως στην οποία παρουσιάζονται μεγάλες καθυστερήσεις στη συμβολή της με την λεωφόρο Κηφισίας.

Πίνακας 4.11: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το πρώτο σενάριο

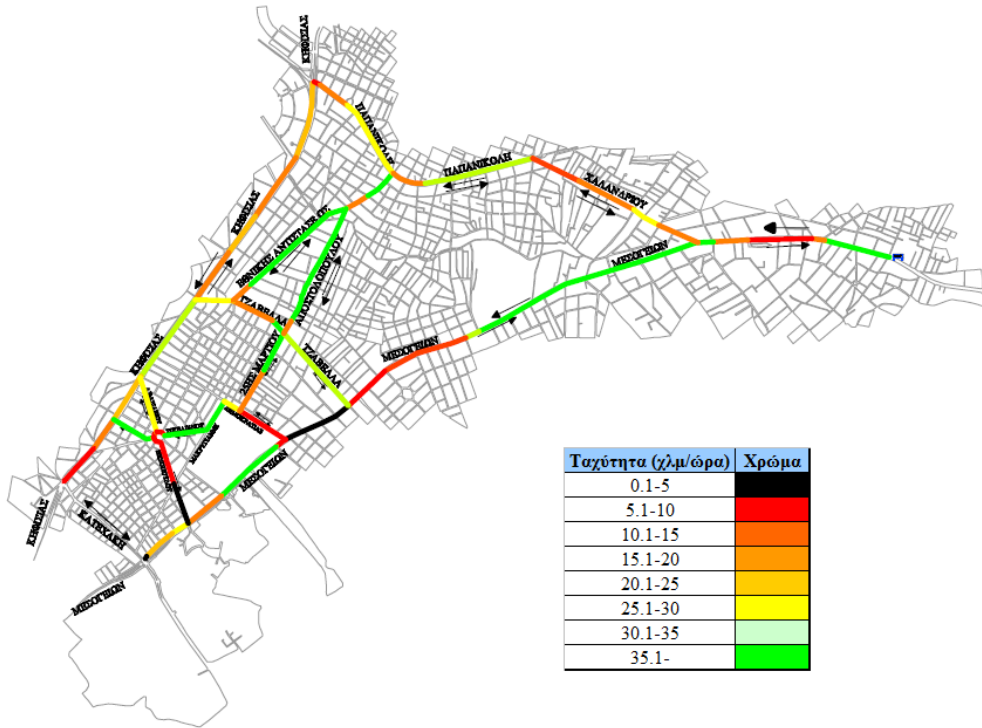
Διαδρομή	Χρόνος Διαδρομής (λεπτά)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
1	29*	35	25	28	27
2	39	64	80	92	88
3	40	67	88	108	106
4	239	262	261	252	248
5	36	55	37	35	30
6	43	72	86	96	92
7	36	52	56	67	62

4.3.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης

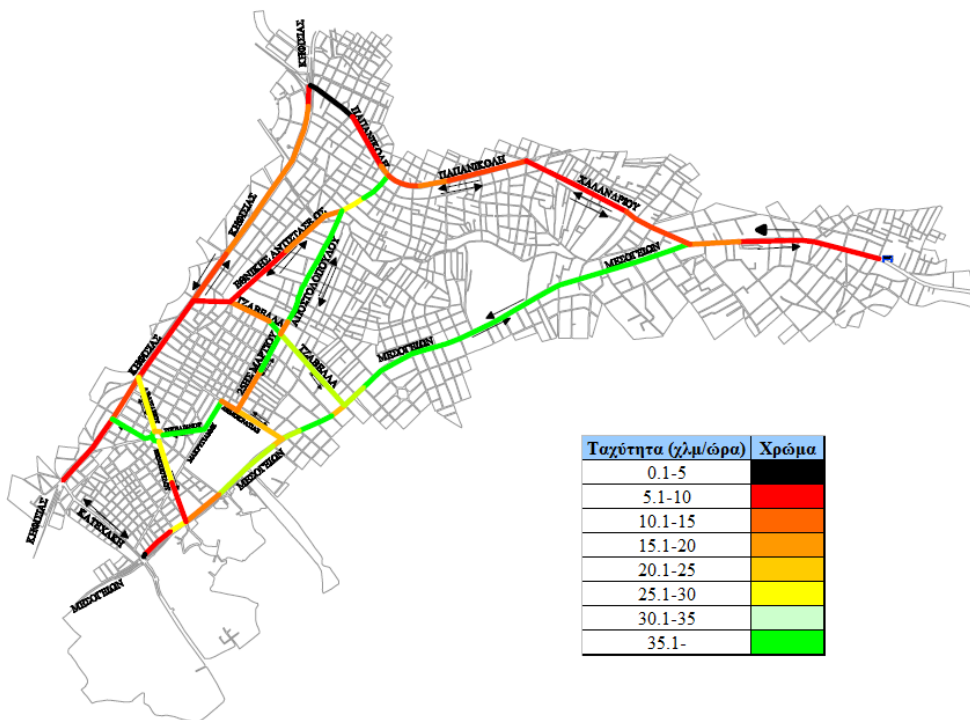
Όσον αφορά τις ταχύτητες κατά τη διάρκεια του συμβάντος, οι πιο χαμηλές ταχύτητες παρατηρούνται στη λεωφόρο Μεσογείων από την λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Τζαβέλλα, και στην οδό Ξενοπούλου. Χαμηλές ταχύτητες σημειώνονται και στην οδό Χαλανδρίου, στην πλατεία Αγίας Σοφίας και σε τμήματα της λεωφόρου Κηφισίας.

Όταν το δίκτυο επανήλθε σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας οι χαμηλότερες ταχύτητες παρουσιάστηκαν στην οδό Χαλανδρίου, στην οδό Παπανικολή, στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την λεωφόρο Κηφισίας όπως και σε οδικά τμήματα της λεωφόρου Μεσογείων κοντά στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη και στο ύψος του ραδιομεγάρου της ΕΡΤ.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εικόνα 4.5: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος



Εικόνα 4.6: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου

4.4. Δεύτερο Σενάριο

4.4.1. Περιγραφή σεναρίου

Το δεύτερο σενάριο αποτελεί επίσης ένα σενάριο κατά το οποίο οι οδηγοί έλαβαν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Σε αυτό το σενάριο πέραν της απόκρισης του 60% των οδηγών στην πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και την αλλαγή της πορείας τους από τη λεωφόρο Μεσογείων στην εναλλακτική διαδρομή, στην οδό Χαλανδρίου, εξετάζεται η παράκαμψη ενός τμήματος της λεωφόρου Κηφισίας από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται αν ο διπλάσιος αριθμός οχημάτων αποφασίσει να κινηθεί από την οδό Παπανικολή στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και αφού τη διατρέξει να εισέλθει στη λεωφόρο Κηφισίας και από εκεί είτε να κινηθεί προς το κέντρο της Αθήνας μέσω της λεωφόρου Κηφισίας είτε να εισέλθει στην οδό Δημητρίου Βασιλείου και μέσω των οδών της περιοχής του Νέου Ψυχικού να επανέλθει στη λεωφόρο Μεσογείων.

Για το συγκεκριμένο σενάριο, η προσομοίωση του συμβάντος έγινε με αλλαγή των φωτεινών σηματοδοτών στον κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με την λεωφόρο Δημοκρατίας και την δημιουργία υποχρεωτικής παρακαμπτήριας διαδρομής μέσα από την περιοχή του Νέου Ψυχικού όπως και στα προηγούμενα σενάρια. Η παρακαμπτήρια διαδρομή χρησιμοποιήθηκε από τους οδηγούς που δεν είχαν πληροφόρηση και συνέχισαν τη διαδρομή τους προς την θέση του συμβάντος. Επίσης στο χρονικό διάστημα που διαρκεί το συμβάν γίνεται αλλαγή της αναλογίας των διαδρομών πριν τη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου με κατεύθυνση τη λεωφόρο Μεσογείων και την οδό Χαλανδρίου από 70-30 σε 40-60, αντιπροσωπεύοντας έτσι το ποσοστό των οδηγών που ενημερώθηκαν από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων για το συμβάν και πραγματοποίησαν αλλαγή διαδρομής. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αλλαγή στην αναλογία των κινήσεων στον κόμβο της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως με διπλασιασμό του βάρους της διαδρομής προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Πιο συγκεκριμένα ενώ υπό κανονικές συνθήκες το 15% των οχημάτων κινείται προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως στο συγκεκριμένο σενάριο επιλέγεται να κινηθεί το 30% για το χρονικό διάστημα από την ώρα που φτάνουν στον κόμβο τα πρώτα οχήματα που έλαβαν πληροφόρηση μέχρι την ώρα που φτάνουν στον κόμβο τα τελευταία οχήματα που έλαβαν πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων. Στην συμβολή της οδού Παπανικολή με τη λεωφόρο Κηφισίας πραγματοποιήθηκαν μικρότερες αλλαγές στην αναλογία στρεφουσών κινήσεων καθώς ένα μεγαλύτερο μέρος του φόρτου εξυπηρετείται από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Τέλος αλλαγές στις αναλογίες των διαδρομών πραγματοποιήθηκαν στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με την οδό 25^{ης} Μαρτίου και την Δημητρίου Βασιλείου ώστε να εξυπηρετηθούν οχήματα προερχόμενα από την οδό Παπανικολή και από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως που επιθυμούν να επανέλθουν στη λεωφόρο Μεσογείων.

4.4.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων

Από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν για τις διελεύσεις οχημάτων από τις υπό μελέτη διατομές παρατηρήθηκε ότι από την υποχρεωτική παρακαμπτήρια διαδρομή από την περιοχή του Νέου Ψυχικού, και συγκεκριμένα στις διατομές της πλατείας Αγίας Σοφίας και της λεωφόρου Δημοκρατίας, μετρήθηκε μικρότερος αριθμός οχημάτων που δικαιολογείται και την επαναφορά στα φυσιολογικά επίπεδα διελεύσεων μόλις

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ένα τέταρτο μετά το συμβάν. Η αλλαγή διαδρομής λόγω της απόκρισης των οδηγών στο μήνυμα της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων φαίνεται κυρίως μετά τα 15 λεπτά του συμβάντος που η διαφορά είναι αισθητή μεταξύ των φόρτων που καταγράφονται από τον ανιχνευτή στην λεωφόρο Μεσογείων μετά τον κόμβο με την οδό Χαλανδρίου (ανιχνευτής 459) και αντίστοιχα από τον ανιχνευτή στη οδό Χαλανδρίου (ανιχνευτής 476). Η διαφορά των φόρτων δεν είναι εμφανής στα πρώτα 15 λεπτά καθώς η επιπλέον φόρτιση της οδού Παπανικολή και της οδού Χαλανδρίου προκάλεσε μείωση των ταχυτήτων, μεγάλες καθυστερήσεις κυρίως στο σημείο όπου ένα μέρος των οδηγών καλούνταν να αλλάξει την διαδρομή του προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Επισημαίνεται ότι η ουρά που δημιουργήθηκε στην λωρίδα της οδού Παπανικολή για την αριστερή στροφή προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως ήταν 360 μέτρα που υποδεικνύει το βαθμό συμφόρησης που δημιουργήθηκε. Αντίστοιχα ιδιαίτερα αυξημένος είναι ο αριθμός των οχημάτων που εισέρχονται στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως κατά την πρώτη μισή ώρα, ενώ στη συνέχεια επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα. Μισή ώρα μετά το συμβάν το δίκτυο έχει επανέλθει πλήρως και από τις διατομές διέρχεται ο αριθμός των οχημάτων που διέρχεται και υπό φυσιολογικές συνθήκες.

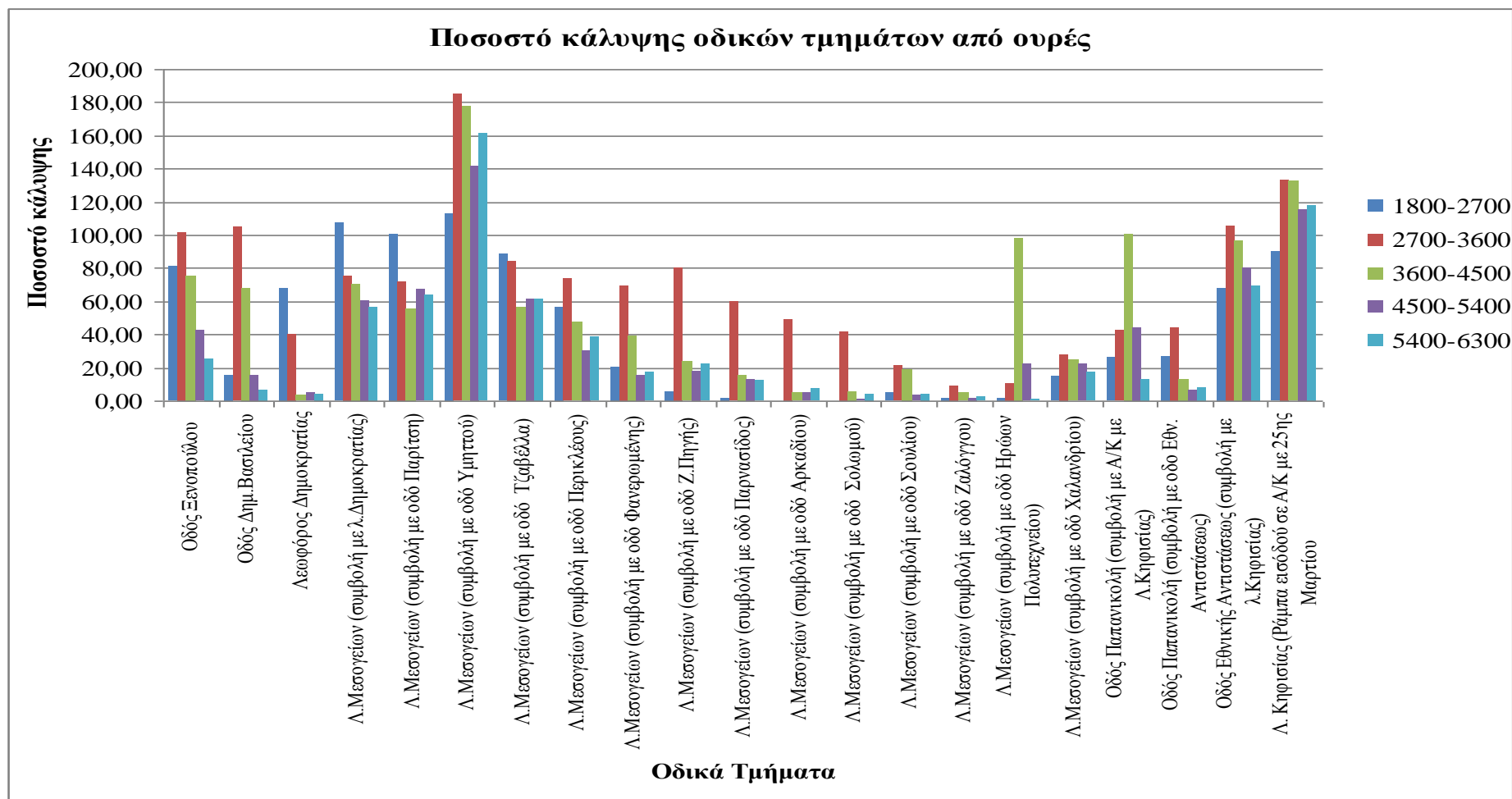
Πίνακας 4.12: Μετρήσεις φόρτων κατά το δεύτερο σενάριο

Διατομές	Χρονικά Διαστήματα				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Ανιχνευτής 286	254	366	351	394	308
Ανιχνευτής 449	104	333	492	459	413
Ανιχνευτής 450	107	105	96	73	64
Ανιχνευτής 452	164	485	519	406	465
Ανιχνευτής 459	419	383	331	425	493
Ανιχνευτής 460	602	478	438	536	629
Ανιχνευτής 476	259	519	426	390	381
Ανιχνευτής 481	303	201	319	290	277
Λεωφόρος Δημοκρατίας	135	101	47	30	44
Πλατεία Αγ.Σοφίας	164	133	94	58	84
οδός Εθνικής Αντιστάσεως	141	142	119	123	142
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με οδό Φιλικής Εταιρείας)	216	213	134	131	160
οδός Αποστολοπούλου	52	50	46	40	67
οδός 25ης Μαρτίου	45	37	59	37	55

4.4.3. Μετρήσεις μήκους ουρών

Ως συνέπεια του συμβάντος και σε αυτό το σενάριο ο σχηματισμός ουρών που παρατηρείται στα 15 λεπτά που διαρκεί το συμβάν εντοπίζεται στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με την λεωφόρο Δημοκρατίας, με την οδό Παρίτη, με την οδό Υμηττού, με την οδό Τζαβέλλα και με την οδό Περικλέους όπως και στη λεωφόρο Δημοκρατίας, την οδό Ξενοπούλου και στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο μικρό μήκος ουράς στον κόμβο της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως οφείλεται στην παρεμπόδιση σχηματισμού ουράς από την ουρά που σχηματίζεται στην αριστερή λωρίδα που έχει κατεύθυνση την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Αναλυτικότερα όπως προαναφέρθηκε η ουρά στην αριστερή λωρίδα είναι 360 μέτρα ενώ το μήκος του συγκεκριμένου οδικού

τμήματος είναι 315 μέτρα και η ουρά των οχημάτων που θέλει να συνεχίσει ευθεία προς τη λεωφόρο Κηφισίας είναι μόλις 84 μέτρα καταλαμβάνοντας το 27% του συγκεκριμένου οδικού τμήματος. Ένα τέταρτο μετά το συμβάν το κρουστικό κύμα στη λεωφόρο Μεσογείων προκαλεί το σχηματισμό ουρών από τον κόμβο της λεωφόρου με την οδό Υμηττού μέχρι τον κόμβο με την οδό Σολωμού. Το ίδιο κρουστικό κύμα θα προκαλέσει τον σχηματισμό ουράς μισή ώρα μετά το ατύχημα στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ηρώων Πολυτεχνείου και στον κόμβο με την οδό Χαλανδρίου. Ταυτόχρονα η ουρά στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας αρχίζει να υποχωρεί. Στην επόμενη μισή ώρα οι σχηματισμένες ουρές είναι αυτές που παρατηρούνται και στην κανονική λειτουργία του δικτύου.



Σχήμα 4.4: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο δεύτερο σενάριο

4.4.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης

Κατά τη διάρκεια του συμβάντος καθυστερήσεις σημειώνονται στην θέση του συμβάντος με τις μεγαλύτερες να είναι στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, την οδό Παρίτη, την οδό Υμηττού, την οδό Τζαβέλλα και την οδό Περικλέους όπως επίσης και στον κόμβο της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας. Στη συνέχεια παρατηρούνται καθυστερήσεις στη λεωφόρο Μεσογείων από την οδό Υμηττού μέχρι την οδό Παρνασίδος 15 λεπτά μετά το πέρας του συμβάντος όπως επίσης και στην οδό Δημητρίου Βασιλείου και στην ράμπα εισόδου στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου. Μισή ώρα μετά το συμβάν παρατηρούνται μεγάλες καθυστερήσεις μόνο στην οδό Δημητρίου Βασιλείου λόγω της συμφόρησης στον κυκλικό κόμβο της πλατείας Αγίας Σοφίας. Σημαντικές καθυστερήσεις σημειώνονται και στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας. Στην τελευταία μισή ώρα που διαρκεί η προσομοίωση μεγάλες καθυστερήσεις παρατηρούνται στον κόμβο της Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας που υπήρχε αύξηση της καθυστέρησης. Κατά την επαναφορά του δικτύου (45 λεπτά μετά το συμβάν) σημειώθηκαν αρκετά μικρές καθυστερήσεις που βρίσκονται σε συμφωνία με αυτές που παρατηρούνται κατά τη κανονική λειτουργία του δικτύου με ελαφρώς αυξημένες τις καθυστερήσεις στους κόμβους της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας και την οδό Παρίτη.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 4.13: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το δεύτερο σενάριο

Πρόσβαση	Καθυστέρηση (δλ)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Οδός Ξενοπούλου	33.22	36.02	34.72	34.20	24.87
Οδός Δημ. Βασιλείου	56.22	261.86	103.92	60.86	34.48
Λεωφόρος Δημοκρατίας	63.66	69.74	33.54	52.07	53.86
Λ. Μεσογείων (συμβολή με λ. Δημοκρατίας)	160.93	63.66	44.74	50.21	53.33
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρίτη)	132.61	43.26	28.25	33.33	33.74
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Υμηττού)	87.84	52.68	27.30	35.02	38.52
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Τζαβέλλα)	70.44	59.31	26.06	35.74	37.60
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Περικλέους)	55.41	64.86	29.29	32.61	38.80
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Φανερωμένης)	25.98	69.41	24.13	15.80	21.94
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζ. Πηγής)	3.94	63.70	13.16	11.22	15.26
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρνασίδος)	2.19	54.32	10.03	9.67	11.20
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Αρκαδίου)	3.43	37.42	6.25	6.40	7.74
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σολωμού)	1.80	29.07	4.91	3.88	4.57
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σουλίου)	8.07	20.59	10.43	6.65	8.05
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζαλόγγου)	3.18	10.24	6.48	3.58	3.16
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ηρώων Πολυτεχνείου)	5.94	8.55	7.18	7.32	5.87
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Χαλανδρίου)	9.45	17.39	33.37	25.81	16.88
Οδός Παπανικολή (συμβολή με Α/Κ με Λ. Κηφισίας)	34.06	27.83	46.02	36.24	21.03
Οδός Παπανικολή (συμβολή με οδό Εθν. Αντιστάσεως)	51.90	36.71	20.98	17.03	22.63
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με λ. Κηφισίας)	143.96	196.12	279.28	209.40	172.94
Λ. Κηφισίας (Ράμπα εισόδου σε Α/Κ με 25ης Μαρτίου)	84.59	245.27	102.97	78.30	76.98

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.4.5. Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Σε αυτό το σενάριο από τους χρόνους των διαδρομών που μετρήθηκαν παρατηρήθηκε ότι για μισή ώρα μετά το συμβάν ο χρόνος κάλυψης των διαδρομών αυξάνονταν πέραν της διαδρομής 5, που δεν δεχόταν τον ίδιο βαθμό φόρτισης και η μείωση στον χρόνο πραγματοποιήθηκε πιο ομαλά. Ο μεγάλος βαθμός συμφόρησης των οδών Παπανικολή και Χαλανδρίου συνέβαλε στο να είναι η διάρκεια των διαδρομών που τις εμπεριέχουν ιδιαίτερα μεγάλος. Επιπρόσθετα οι διαδρομές που περιλαμβάνουν πέραν των οδών Παπανικολή και Χαλανδρίου, την οδό Εθνικής Αντιστάσεως (διαδρομές 3 και 6) κυμάνθηκαν μετά το συμβάν σε χρόνους μεγαλύτερους της μίας ώρας.

Πίνακας 4.14: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το δεύτερο σενάριο

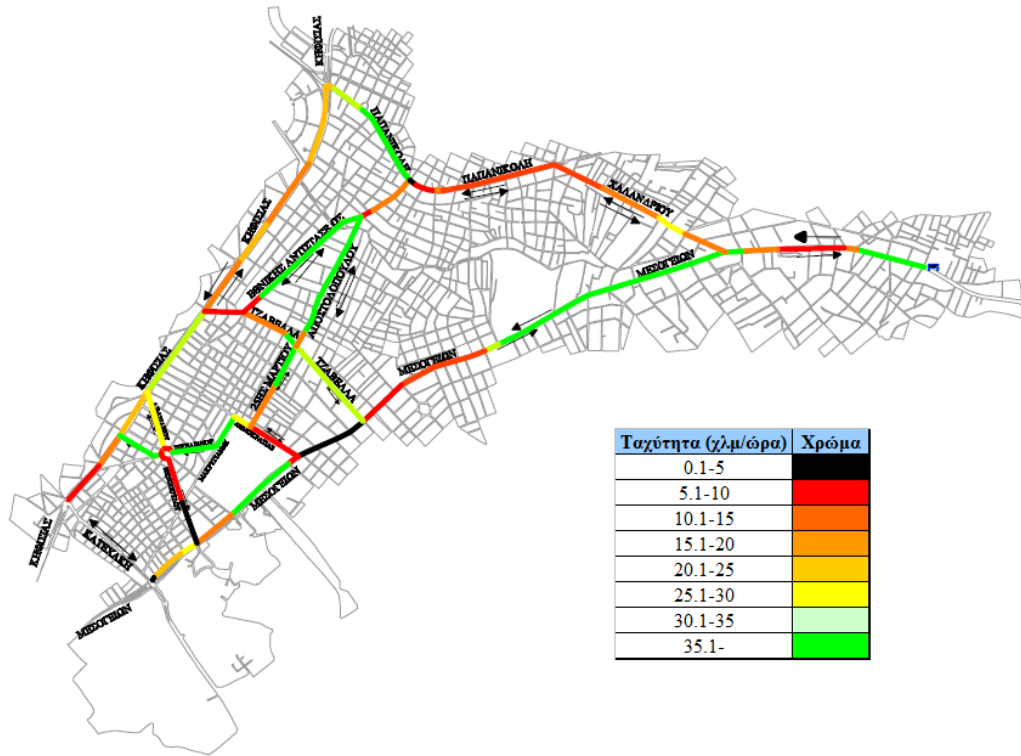
Διαδρομή	Χρόνος Διαδρομής (λεπτά)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
1	28*	35	37	35	28
2	40	67	70	57	48
3	44	75	88	79	70
4	161	186	191	177	167
5	37	54	46	40	32
6	46	92	100	88	77
7	38	67	64	57	50

4.4.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης

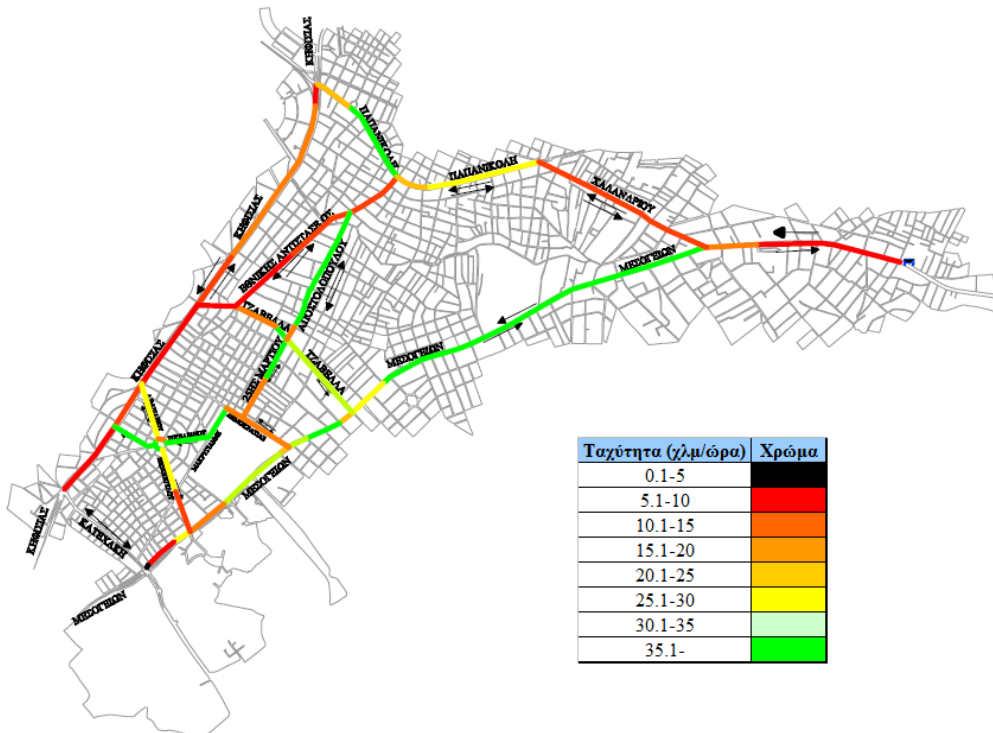
Οι πιο χαμηλές που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια του συμβάντος εντοπίζονται στη λεωφόρο Μεσογείων από την λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Τζαβέλλα, στην οδό Ξενοπούλου και στην οδό Παπανικολή στο ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως. Χαμηλές ταχύτητες παρατηρήθηκαν και στην οδό Χαλανδρίου, στην πλατεία Αγίας Σοφίας και σε τμήματα της λεωφόρου Κηφισίας.

Μετά από 45 λεπτά οι χαμηλότερες ταχύτητες παρουσιάστηκαν στην οδό Χαλανδρίου, στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την λεωφόρο Κηφισίας όπως και σε οδικά τμήματα της λεωφόρου Μεσογείων κοντά στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη και στο ύψος του ραδιομεγάρου της ΕΡΤ.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εικόνα 4.7: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος



Εικόνα 4.8: Ταχύτητες μετά την επαναφορά του δικτύου

4.5. Τρίτο Σενάριο

4.5.1. Περιγραφή σεναρίου

Στο τελευταίο σενάριο που προσομοιώθηκε υπήρχε επίσης πληροφόρηση από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων και πραγματοποιήθηκε περαιτέρω καταμερισμός στις παρεχόμενες εναλλακτικές διαδρομές. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν οι εναλλακτικές διαδρομές των προηγούμενων σεναρίων και επιπλέον διοχετεύθηκε ένα ποσοστό του φόρτου από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως στην οδό Αποστολοπούλου και στη συνέχεια μέσω της οδού 25^{ης} Μαρτίου στη λεωφόρο Δημοκρατίας για να εισέλθει στη λεωφόρο Μεσογείων δια μέσου των οδών Στρατηγού Μακρυγιάννη, Σικελιανού, του κυκλικού κόμβου της πλατείας Αγίας Σοφίας και της οδού Ξενοπούλου.

Για την πραγματοποίηση του σεναρίου αυτού, το συμβάν προσομοιώθηκε όπως και στα προηγούμενα σενάρια με αλλαγή των φωτεινών σηματοδοτών στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι αναλογίες των διαδρομών που χρησιμοποιήθηκαν στα προηγούμενα σενάρια για τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα που ίσχυαν, δηλαδή είτε για το χρόνο του συμβάντος στην περίπτωση της παρακαμπτήριας διαδρομής μέσα από το Νέο Ψυχικό είτε για το χρόνο που χρειάζονται για να φτάσουν σε συγκεκριμένα σημεία απόφασης και τα τελευταία οχήματα που έλαβαν πληροφόρηση. Επιπρόσθετα στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τις οδούς Αποστολοπούλου και Φιλικής Εταιρίας με την άφιξη των οχημάτων από την λεωφόρο Μεσογείων επιλέχτηκε να μοιράζονται ισομερώς προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την οδό Αποστολοπούλου. Στην οδό Αποστολοπούλου οι ορισμένες διαδρομές ευνοούν την κίνηση προς τον κόμβο με την οδό Τζαβέλλα και στη συνέχεια στην οδό 25^{ης} Μαρτίου και γι' αυτό το λόγο δεν πραγματοποιήθηκαν αλλαγές. Ομοίως στην οδό 25^{ης} Μαρτίου δεν πραγματοποιήθηκαν αλλαγές καθώς ευνοείται η κίνηση των οχημάτων προς τον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας. Στον κόμβο με τη λεωφόρο Δημοκρατίας η αναλογία των διαδρομών διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε τα περισσότερα οχήματα να εισέρχονται στη λεωφόρο Δημοκρατίας με κατεύθυνση την οδό Στρατηγού Μακρυγιάννη ώστε να διέλθουν από την παρακαμπτήρια διαδρομή που ορίζουν η οδός Σικελιανού, η πλατεία Αγίας Σοφίας και η οδός Ξενοπούλου μέχρι την έξοδο στη λεωφόρο Κηφισίας.

4.5.2. Μετρήσεις κυκλοφοριακών φόρτων

Από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν για τις διελύσεις των οχημάτων από τις διατομές διαπιστώθηκε ότι ένας σχετικά μικρότερος αριθμός οχημάτων έφτασε μέχρι τη θέση του συμβάντος και είναι εμφανές από τον αριθμό των οχημάτων που πέρασαν από τη διατομή της λεωφόρου Δημοκρατίας αλλά και από τον ταχύτερο ρυθμό που επανήλθε το δίκτυο στη περιοχή του Νέου Ψυχικού αφού μισή ώρα μετά το συμβάν πραγματοποιούνται διελύσεις από τις διατομές που εξετάστηκαν που παρατηρούνται κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου. Αντίθετα κατά τη διάρκεια του δεύτερου δεκαπενταλέπτου δημιουργήθηκε πρόβλημα στην οδό Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Ο συνδυασμός των αναλογιών των διαδρομών που επιλέχτηκαν για την στρέφουσα κίνηση στην συμβολή των οδών Παπανικολή με την Εθνικής Αντιστάσεως (30% στρέφουσα κίνηση και 70% ευθεία κίνηση) και στην συμβολή των οδών Εθνικής αντιστάσεως και Αποστολοπούλου (50%-50%) με την

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

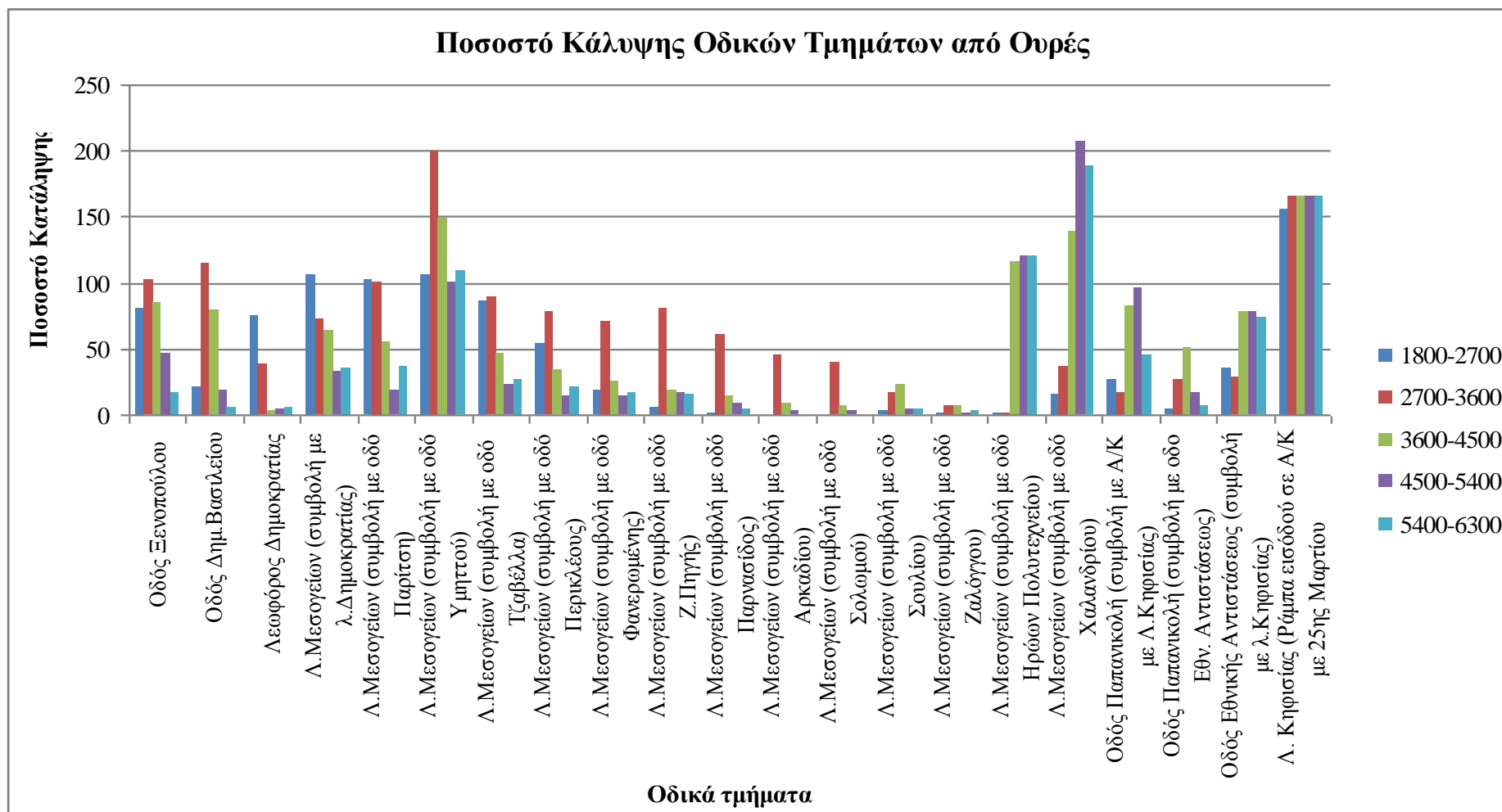
ύπαρξη δύο κόμβων που ρυθμίζονται με φωτεινούς σηματοδότες οι οποίοι έχουν μικρό κύκλο και τον κόμβο της Εθνικής Αντιστάσεως με την οδό Σαλαμίνας να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 250 μέτρων από τον ανάντη κόμβο, της Εθνικής Αντιστάσεως με την οδό Παπανικολή είχε ως συνέπεια με την άφιξη οχημάτων που κινούνται σε φάλαγγα να μην είναι εύκολη η διεξαγωγή ελιγμών για να πραγματοποιηθεί αλλαγή λωρίδας και αλλαγή διαδρομής. Η πραγματοποίηση πέδησης και η αναμονή για αλλαγή λωρίδας προκειμένου να κινηθούν τα οχήματα προς την οδό Αποστολοπούλου είχε ως συνέπεια τη δημιουργία ουράς μέχρι τη οδό Παπανικολή όπου και εκεί υπήρχαν οχήματα που περίμεναν στην δεξιά λωρίδα περιμένοντας την ύπαρξη του κατάλληλου χρονικού διαχωρισμού μεταξύ οχημάτων ώστε να εισέλθουν στην αριστερή λωρίδα και από εκεί στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Υπό αυτές τις συνθήκες οχήματα που είχαν ως προορισμό τη λεωφόρο Κηφισίας δεν κατάφεραν να διέλθουν και συσσωρεύονταν προκαλώντας ουρά που σταδιακά έφτασε στην οδό Χαλανδρίου και στον κόμβο με τη λεωφόρο Μεσογείων παρεμποδίζοντας και οχήματα που είχαν κατεύθυνση την λεωφόρο Μεσογείων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η καταγραφή μόνο ενός οχήματος από τον ανιχνευτή 286 στην οδό Παπανικολή πριν τη συμβολή με τη λεωφόρο Κηφισίας και ο εξαιρετικά χαμηλός αριθμός οχημάτων τόσο στον δεύτερο ανιχνευτή στην οδό Παπανικολή (ανιχνευτής 481) και στον ανιχνευτή της οδού Χαλανδρίου (ανιχνευτής 476). Με την αλλαγή των διαδρομών στο τρίτο δεκαπεντάλεπτο η κυκλοφορία επανήλθε στις οδούς Χαλανδρίου και Παπανικολή, αφού στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως τα οχήματα περισσότερα οχήματα συνέχισαν προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως με κατεύθυνση την λεωφόρο Κηφισίας οι διελεύσεις στις εξεταζόμενες διατομές κατά την τελευταία μισή ώρα επανήλθαν σε φυσιολογικά επίπεδα.

Πίνακας 4.15. :Μετρήσεις φόρτων κατά το τρίτο σενάριο

Διατομές	Χρονικά Διαστήματα				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Ανιχνευτής 286	231	1	278	438	365
Ανιχνευτής 449	101	333	471	377	411
Ανιχνευτής 450	111	102	86	87	65
Ανιχνευτής 452	165	493	302	376	338
Ανιχνευτής 459	420	225	84	329	332
Ανιχνευτής 460	599	356	66	384	383
Ανιχνευτής 476	213	13	409	571	467
Ανιχνευτής 481	302	15	119	217	309
Λεωφόρος Δημοκρατίας	125	114	38	23	29
Πλατεία Αγ. Σοφίας	161	172	78	71	74
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως	147	123	95	153	121
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με οδό Φιλικής Εταιρείας)	138	173	192	202	151
Οδός Αποστολοπούλου	74	71	51	66	56
Οδός 25ης Μαρτίου	68	64	51	57	52

4.5.3. Μετρήσεις μήκους ουρών

Οι ουρές που σχηματίστηκαν κατά τα 15 λεπτά του συμβάντος εντοπίζονται στη λεωφόρο Μεσογείων από το ύψος της λεωφόρου Δημοκρατίας μέχρι την οδό Τζαβέλλα. Επίσης ουρά σχηματίζεται στην οδό Ξενοπούλου και στην λεωφόρο Δημοκρατίας. Αμέσως μετά το συμβάν παρατηρείται ένα κρουστικό κύμα στη λεωφόρο Μεσογείων που προκαλεί σχηματισμό ουρών από τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων μέχρι τον κόμβο με την οδό Σόλωνος στο ύψος του Νομισματοκοπείου. Παράλληλα λόγω της ουράς που δημιουργείται στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, η οποία φτάνει μέχρι την οδό Παπανικολή παρατηρείται μείωση της ουράς στην συμβολή της οδού Παπανικολή με τη λεωφόρο Κηφισίας καθώς δεν καταφέρνουν να διέλθουν οχήματα από τον προηγούμενο κόμβο (τον κόμβο της οδού Παπανικολή με την Εθνικής Αντιστάσεως. Ταυτόχρονα σχηματίζεται ουρά στην λωρίδα για αριστερή στροφή στην οδό Παπανικολή μήκους 356 μέτρων και δεν επιτρέπει τον σχηματισμό μεγάλης ουράς στο κύριο ρεύμα κυκλοφορίας. Με τη δημιουργία μεγάλων ουρών στις οδούς Παπανικολή και Χαλανδρίου δημιουργήθηκε κρουστικό κύμα στην οδό Χαλανδρίου που προκάλεσαν σχηματισμό μεγάλης ουράς στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου μισή ώρα μετά το συμβάν. Η ουρά στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως αυξήθηκε μετά την επαναφορά των αρχικών αναλογιών στις διαδρομές και παρέμεινε σταθερή μέχρι το τέλος. Μεταβολές δεν υπήρξαν στην ουρά που δημιουργήθηκε στη ράμπα εισόδου του ανισόπεδου κόμβου της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου καθώς δεν καταφέρνει ικανός αριθμός οχημάτων από την οδό Παπανικολή και από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως να φτάσει στο συγκεκριμένο οδικό τμήμα και να συνεχίσει προς την περιοχή του Νέου Ψυχικού.



Σχήμα 4.5: Ποσοστό κάλυψης οδικών τμημάτων από ουρές στο τρίτο σενάριο

4.5.4. Μετρήσεις μέσης καθυστέρησης

Κατά τη διάρκεια του συμβάντος μεγάλες καθυστερήσεις παρατηρούνται στη λεωφόρο Μεσογείων από την συμβολή της με τη λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την συμβολή με την οδό Τζαβέλλα αλλά και στον κόμβο της οδού Παπανικολη με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και στον κόμβο της Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας. Ένα τέταρτο μετά το συμβάν παρατηρούνται καθυστερήσεις στη λεωφόρο Μεσογείων από την οδό Υμηττού μέχρι την οδό Παρνασσίδος αλλά και στην οδό Δημητρίου Βασιλείου και στην ράμπα εισόδου στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Κηφισίας με τις οδούς 25^{ης} Μαρτίου και Δημητρίου Βασιλείου. Μισή ώρα μετά το συμβάν παρατηρούνται μεγάλες καθυστερήσεις στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου λόγω της επιρροής του κρουστικού κύματος από την οδό Χαλανδρίου. Σημαντικές καθυστερήσεις σημειώνονται και στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας. Στην τελευταία μισή ώρα που διαρκεί η προσομοίωση παρατηρούνται μικρότερες καθυστερήσεις εκτός από τον κόμβο της Εθνικής Αντιστάσεως με την λεωφόρο Κηφισίας που υπήρχε αύξηση της καθυστέρησης. Κατά την επαναφορά του δικτύου (45 λεπτά μετά το συμβάν) σημειώθηκαν αρκετά μικρές καθυστερήσεις που βρίσκονται σε συμφωνία με αυτές που παρατηρούνται κατά τη κανονική λειτουργία του δικτύου.

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 4.16: Μετρήσεις καθυστερήσεων κατά το τρίτο σενάριο

Πρόσβαση	Καθυστέρηση (δλ)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
Οδός Ξενοπούλου	31.87	32.66	31.39	41.15	23.63
Οδός Δημ. Βασιλείου	60.88	300.88	103.38	64.74	34.84
Λεωφόρος Δημοκρατίας	71.24	70.43	29.20	44.36	64.74
Λ. Μεσογείων (συμβολή με λ. Δημοκρατίας)	160.34	65.44	45.24	25.22	37.15
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρίτση)	123.23	52.77	28.01	12.15	21.09
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Υμηττού)	69.24	66.58	26.94	14.12	24.84
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Τζαβέλλα)	55.72	71.65	26.88	12.13	20.86
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Περικλέους)	43.02	75.63	27.93	13.61	22.43
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Φανερωμένης)	22.43	77.86	21.24	14.49	19.85
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζ. Πηγής)	3.36	71.34	10.78	9.74	10.54
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Παρνασίδος)	2.04	60.33	8.63	6.79	5.70
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Αρκαδίου)	3.17	41.73	7.63	4.98	3.29
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σολωμού)	1.76	31.96	6.28	3.81	1.69
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Σουλίου)	7.91	19.96	11.90	7.03	8.09
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ζαλόγγου)	3.28	7.70	9.60	3.58	3.52
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Ηρώων Πολυτεχνείου)	6.14	7.62	17.25	7.76	6.82
Λ. Μεσογείων (συμβολή με οδό Χαλανδρίου)	9.85	16.94	212.50	35.03	25.84
Οδός Παπανικολή (συμβολή με Α/Κ με Λ. Κηφισίας)	34.96	30.55	37.86	42.32	30.18
Οδός Παπανικολή (συμβολή με οδό Εθν. Αντιστάσεως)	57.98	45.97	43.05	22.47	18.93
Οδός Εθνικής Αντιστάσεως (συμβολή με λ. Κηφισίας)	113.56	119.64	204.02	207.04	194.54
Λ. Κηφισίας (Ράμπα εισόδου σε Α/Κ με 25ης Μαρτίου)	80.05	309.02	106.77	76.46	79.66

4.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.5.5.Μετρήσεις χρόνων διαδρομής

Από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν για τους χρόνους διαδρομής παρατηρήθηκε ότι η παρεμπόδιση της κυκλοφορίας στην οδό Παπανικολή προκάλεσε αισθητή αύξηση στους χρόνους των διαδρομών που τμήμα τους αποτελεί η συγκεκριμένη οδός. Πιο συγκεκριμένα για μισή ώρα μετά το συμβάν ο χρόνος που χρειαζόταν ένα όχημα για να διανύσει τις διαδρομές 2,3,4,6 και 7 που διέρχονται από την οδό Παπανικολή έφτασε τις δύο ώρες και μπορεί σταδιακά μειώθηκε αλλά παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα κοντά στη μία ώρα. Αντίθετα ο χρόνος που χρειαζόταν ένας χρήστης για να διατρέξει τη λεωφόρο Μεσογείων μειώθηκε σταδιακά και παρέμεινε σε φυσιολογικά επίπεδα (διαδρομή 1) όπως και ο χρόνος που χρειάζεται ένα όχημα για να διατρέξει την διαδρομή 5, που αποτελείται από την λεωφόρο Μεσογείων και από την αλληλουχία οδικών τμημάτων στην περιοχή του Νέου Ψυχικού.

Πίνακας 4.17: Μετρήσεις χρόνων διαδρομής κατά το τρίτο σενάριο

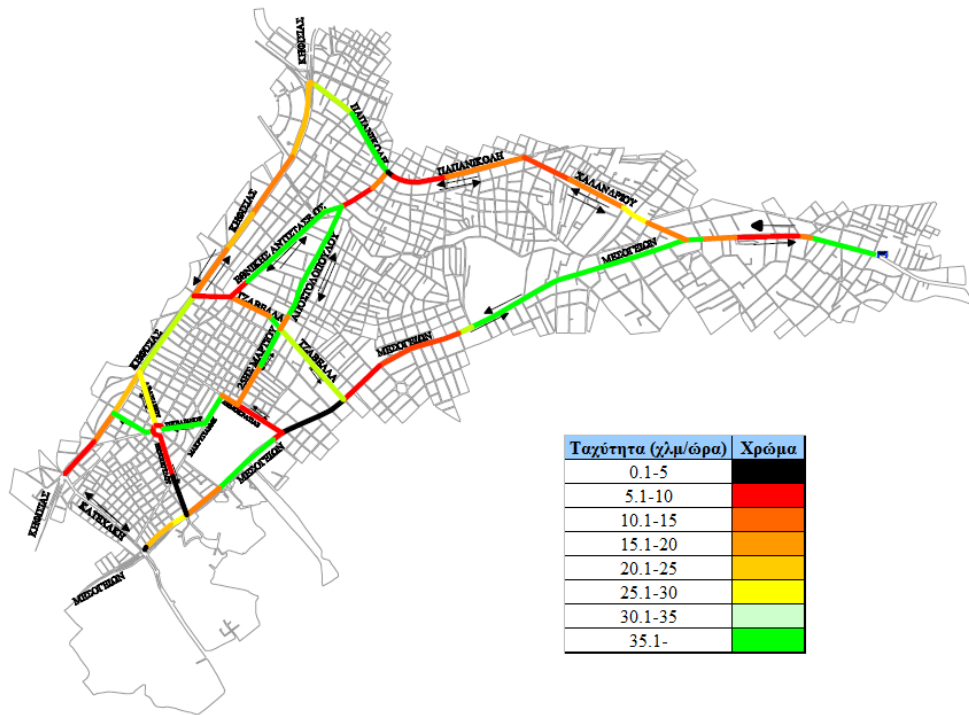
Διαδρομή	Χρόνος Διαδρομής (λεπτά)				
	1800-2700	2700-3600	3600-4500	4500-5400	5400-6300
1	27*	36	49	39	29
2	39	80	115	70	56
3	43	83	118	79	68
4	218	244	261	242	225
5	36	57	60	45	30
6	47	101	127	85	72
7	41	83	109	68	52

4.5.6. Μετρήσεις μέσης ταχύτητας κίνησης

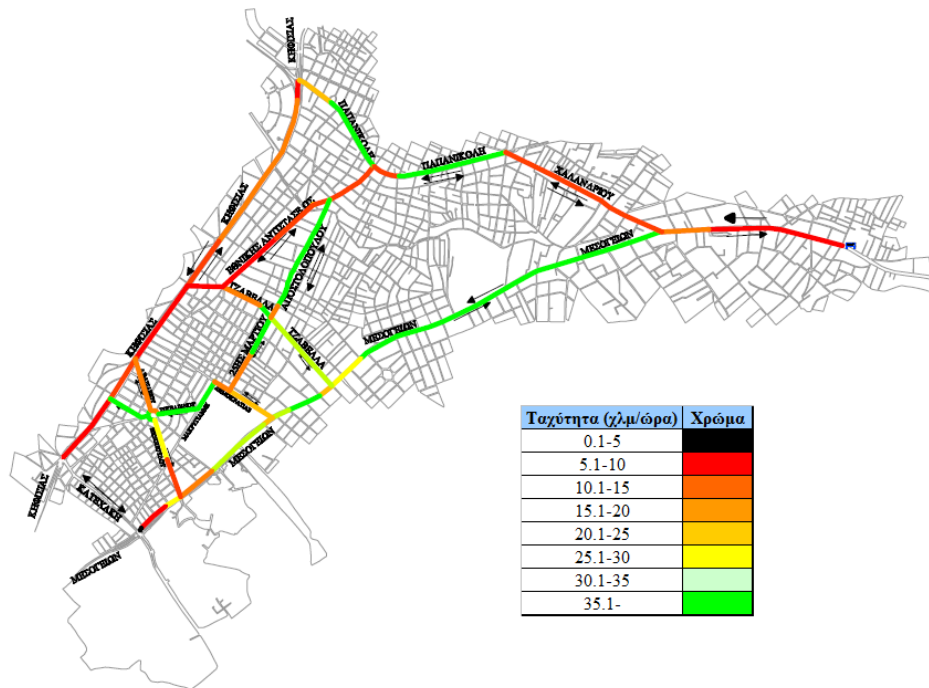
Όσον αφορά τις ταχύτητες κατά τη διάρκεια του συμβάντος, οι πιο χαμηλές ταχύτητες σημειώθηκαν στη λεωφόρο Μεσογείων από την λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Τζαβέλλα, στην οδό Ξενοπούλου και στην οδό Παπανικολή στο ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως. Χαμηλές ταχύτητες παρατηρήθηκαν και στην οδό Χαλανδρίου, στην πλατεία Αγίας Σοφίας και στη λεωφόρο Κηφισίας.

Όταν το δίκτυο επανήλθε μετά από 45 λεπτά οι χαμηλότερες ταχύτητες παρουσιάστηκαν στην οδό Χαλανδρίου, στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την λεωφόρο Κηφισίας όπως και σε οδικά τμήματα της λεωφόρου Μεσογείων κοντά στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεράκη και στο ύψος του ραδιομεγάρου της ΕΡΤ.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Εικόνα 4.9: Ταχύτητες στο τέταρτο του συμβάντος



4.6. Σχολιασμός Αποτελεσμάτων

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής ο προσδιορισμός των επιπτώσεων των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στο δίκτυο πραγματοποιήθηκε με την προσομοίωση τμήματος του Αθηναϊκού οδικού δικτύου που περιλαμβάνει τη λεωφόρο Μεσογείων, από το ύψος της πινακίδας μεταβλητών μηνυμάτων που βρίσκεται στη συμβολή με την οδό Αγελάου στον δήμο Αγίας Παρασκευής μέχρι και τον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κατεχάκη, τις οδούς Χαλανδρίου και Παπανικολή ώστε μέσω αυτών να μεταβούν τα οχήματα σε πιθανές εναλλακτικές διαδρομές που περιλαμβάνουν τη λεωφόρο Κηφισίας, την οδό Εθνικής Αντιστάσεως και την οδό Αποστολοπούλου, που επίσης περιλαμβάνονται στο δίκτυο και τέλος την λεωφόρο Δημοκρατίας, την οδό Στρατηγού Μακρυγιάννη, την οδό Σικελιανού, τον κυκλικό κόμβο στην πλατεία Αγίας Σοφίας και την οδό Ξενοπούλου, δημιουργώντας μια παρακαμπτήρια διαδρομή που υποχρεώνονται να ακολουθήσουν οι οδηγοί κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος που έχει ως συνέπεια το κλείσιμο τμήματος της λεωφόρου Μεσογείων. Βάσει των γεγονότων που επιλέχθηκαν, πραγματοποιήθηκε κλείσιμο της λεωφόρου Μεσογείων στο ύψος του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας μετά τον κόμβο με την λεωφόρο Δημοκρατίας. Η διάρκεια του συμβάντος και κατά συνέπεια το κλείσιμο τους συγκεκριμένου οδικού τμήματος διήρκεσε 15 λεπτά. Πραγματοποιήθηκαν σενάρια για την ύπαρξη συμβάντος για το οποίο δεν υπήρχε πληροφόρηση και για συμβάντα που οι οδηγοί έλαβαν πληροφόρηση για το κλείσιμο της λεωφόρου Μεσογείων και άλλαξαν την διαδρομή τους κινούμενοι προς μια από τις παρεχόμενες εναλλακτικές. Στο πρώτο σενάριο ως εναλλακτική διαδρομή ήταν η συνέχιση της διαδρομής από τις οδούς Χαλανδρίου, Παπανικολή και λεωφόρο Κηφισίας, στο δεύτερο προστέθηκε η εναλλακτική της οδού Εθνικής Αντιστάσεως και στο τρίτο και της οδού Αποστολοπούλου. Το δίκτυο 45 λεπτά μετά από το συμβάν επανερχόταν «πλήρως» (τουλάχιστον όσον αφορά στη λεωφόρο Μεσογείων) στην κανονική του λειτουργία για όλες τις προσομοιώσεις.

Σε όλα τα σενάρια (μηδενικό, πρώτο, δεύτερο, τρίτο) κατά τη διάρκεια του συμβάντος παρατηρείται ότι υπάρχουν μειωμένες διελεύσεις οχημάτων στον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 449, που βρίσκεται κατάντη της θέσης του συμβάντος πριν τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Ξενοπούλου. Οι διελεύσεις αυτές οφείλονται στα οχήματα που εισήλθαν στο δίκτυο μετά τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας, από την οδό Αναστάσεως, την λεωφόρο Κύπρου και την οδό Χαριτωνίδου. Μετά τα 15 λεπτά που διαρκεί το ατύχημα τόσο στον ανιχνευτή 449 όσο και στον ανιχνευτή 452, πριν τη συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με τη λεωφόρο Δημοκρατίας οι διελεύσεις των οχημάτων διεξάγονται κανονικά και παραμένουν σταθερές μέχρι το τέλος της προσομοίωσης. Από τον ανιχνευτή στην οδό Ξενοπούλου (ανιχνευτής 450) διαπιστώθηκε ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού λόγω του περιορισμένου χρόνου της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη της οδού σε σχέση με το χρόνο πράσινου που παρέχεται στην λεωφόρο Μεσογείων κυμαίνεται στα 480 οχήματα. Κατά τη μέγιστη φόρτισή της κατά τη διάρκεια του μηδενικού σεναρίου που ο μεγαλύτερος αριθμός οχημάτων σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια έφτασε στη θέση του ατυχήματος και χρησιμοποίησε την παρακαμπτήρια διαδρομή μέχρι την οδό Ξενοπούλου ο μέγιστος αριθμός οχημάτων που κατάφερε να διέλθει σε ένα τέταρτο είναι 120 οχήματα. Επίσης στις διατομές της λεωφόρου Δημοκρατίας και του κυκλικού κόμβου της πλατείας Αγίας Σοφίας, οι διελεύσεις επανέρχονται στα φυσιολογικά επίπεδα 30 λεπτά μετά το ατύχημα. Στα σενάρια που οι οδηγοί είχαν πληροφόρηση και αρκετοί

άλλαξαν τη διαδρομή τους νωρίτερα χωρίς να φτάσουν τη θέση του συμβάντος και να ακολουθήσουν την παρακαμπτήρια διαδρομή, οι διελεύσεις επανήλθαν στα φυσιολογικά επίπεδα μόλις 15 λεπτά μετά το συμβάν. Στον ανιχνευτή 459 που βρίσκεται μετά τον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου, η πιο έντονη μείωση παρατηρείται κατά το πρώτο σενάριο σε σχέση με το μηδενικό όπου τα περισσότερα οχήματα αλλάζουν τη διαδρομή τους κατά τη διάρκεια του συμβάντος προς την οδό Χαλανδρίου. Στο δεύτερο και στο τρίτο σενάριο παρατηρείται μικρότερη μείωση και επιπρόσθετα μισή ώρα μετά το ατύχημα παρατηρείται μικρότερος αριθμός διελεύσεων λόγω της επιρροής του κρουστικού κύματος που δημιουργείται στην οδό Παπανικολή και την οδό Χαλανδρίου. Σε όλα τα σενάρια από τον ανιχνευτή με κωδικό αριθμό 460 που βρίσκεται πριν την συμβολή της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου δεν υπάρχει επιρροή κατά τη διάρκεια του συμβάντος. Οι διελεύσεις σε εκείνο το σημείο του δικτύου επηρεάζονται μόνο κατά στο δεύτερο και το τρίτο σενάριο όπου υπάρχει αύξηση των οχημάτων που θέλουν να κινηθούν από την οδό Παπανικολή προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως για να κινηθούν προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως ή την οδό Αποστολοπούλου. Μετά το πέρας το συμβάντος και ακόμα 15 λεπτών λόγω της μεγάλης συμφόρησης που παρατηρείται στην οδό Παπανικολή και την οδό Χαλανδρίου παρατηρείται κρουστικό κύμα που σταδιακά φτάνει και στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Χαλανδρίου έχοντας ως αποτέλεσμα μειωμένες διελεύσεις για ένα τέταρτο. Όσον αφορά στις διελεύσεις από τις διατομές των οδών Παπανικολή και Χαλανδρίου, οι οποίες παρουσίασαν εικόνα κορεσμού και κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου, σε βαθμό που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική εικόνα των οδών την συγκεκριμένη ώρα της ημέρας, με την εφαρμογή των εναλλακτικών διαδρομών στα τρία σενάρια προκλήθηκε μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Υπό πραγματικές συνθήκες οδηγοί που έλαβαν πληροφόρηση κινήθηκαν πέραν της οδού Χαλανδρίου και προς άλλες εναλλακτικές διαδρομές προς τον δήμο Αγίας Παρασκευής που δεν περιλαμβάνονται στο δίκτυο που προσομοιώθηκε. Με την επιπλέον φόρτιση που προήλθε από το μεγάλο ποσοστό που άλλαξε την διαδρομή του βάσει της πληροφόρησης που έλαβε δεν ήταν ιδιαίτερα εμφανής από τις μετρήσεις φόρτων η αύξηση του φόρτου προς αυτές τις οδούς παρά μόνο στο πρώτο σενάριο που τα οχήματα είχαν ως τελικό προορισμό την λεωφόρο Κηφισίας και κατά συνέπεια αναπτύχθηκαν σε όλο το μήκος των οδών Χαλανδρίου και Παπανικολή. Στο δεύτερο και στο τρίτο σενάριο που η ζήτηση προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως ήταν μεγαλύτερη και σε συνδυασμό με τις καθυστερήσεις που σημειώθηκαν και την ουρά που σχηματίστηκε σε εκείνον τον κόμβο οι διελεύσεις μειώθηκαν σε μεγάλο βαθμό για μισή ώρα μετά το συμβάν μέχρι οι οδηγοί να συνειδητοποιήσουν τη μεγάλη φόρτιση στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και να κινηθούν προς τη λεωφόρο Κηφισίας.

Από τα αποτελέσματα για τον σχηματισμό ουρών που παρατηρήθηκαν στο δίκτυο διαπιστώνεται ότι στην περίπτωση που οι οδηγοί δεν είχαν πληροφόρηση και κινήθηκαν προς τη θέση του συμβάντος δημιούργησαν μεγάλες ουρές μέχρι και στο ύψος της οδού Φανερωμένης στη λεωφόρο Μεσογείων και αμέσως μετά το συμβάν με το κρουστικό κύμα που δημιουργήθηκε, σχηματίστηκαν ουρές μέχρι και την οδό Ηρώων Πολυτεχνείου στην πλατεία Αγίας Παρασκευής. Στα σενάρια που υπήρξε πληροφόρηση των οδηγών οι ουρές ήταν αισθητά μικρότερες σχηματίστηκαν ουρές μόνο μέχρι το ύψος της οδού Περικλέους κατά τη διάρκεια του συμβάντος και το κρουστικό κύμα που δημιουργήθηκε σε κάθε περίπτωση προκάλεσε το σχηματισμό ουρών μέχρι το ύψος του Νομισματοκοπείου στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την οδό Σολωμού. Σημειώνεται ότι η απουσία ουρών κατά τη διάρκεια του τρίτου

τετάρτου μετά το συμβάν στο τρίτο σενάριο οφείλεται και στην παρεμπόδιση της κυκλοφορίας που προκλήθηκε ως συνέπεια του κρουστικού κύματος από την οδό Χαλανδρίου. Στην οδό Παπανικολή ο σχηματισμός ουράς υπό κανονικές συνθήκες πραγματοποιείται ανάντη του ανισόπεδου κόμβου με την λεωφόρο Κηφισίας, που συμβαίνει και στην περίπτωση του πρώτου σεναρίου. Στο δεύτερο και στο τρίτο σενάριο υπάρχει αυξημένη ζήτηση προς την οδό Εθνικής Αντιστάσεως με αποτέλεσμα τον σχηματισμό μεγάλης ουράς στην αριστερή λωρίδα προς την Εθνικής Αντιστάσεως στην οδό Παπανικολή, η οποία εμποδίζει τα οχήματα που θέλουν να κινηθούν προς τη λεωφόρο Κηφισίας η οποία και επηρεάζει σταδιακά την οδό Χαλανδρίου και φτάνει μέχρι τη λεωφόρο Μεσογείων. Υπό κανονικές συνθήκες δεν υπάρχει αυτός ο βαθμός κορεσμού στις οδούς Χαλανδρίου και Παπανικολή και αντίστοιχα δεν υπάρχει μεγάλος βαθμός επιρροής στο υπόλοιπο δίκτυο. Πιθανές αιτίες πέραν της έλλειψης άλλης εναλλακτικής εκτός της οδού Χαλανδρίου, η έλλειψη ορισμένων μη σηματοδοτούμενων κόμβων από τις οδούς από τις οποίες πιθανώς εξέρχεται ένας αριθμός οχημάτων αλλά και τα μικρά μήκη των οδικών τμημάτων των οδών για τις προδιαγραφές του προγράμματος. Για την εκτέλεση αλλαγής διαδρομής η προκαθορισμένη απόσταση από το πρόγραμμα στην οποία τα οχήματα ξεκινούν να αλλάζουν λωρίδα είναι τα 200 μέτρα. Δεδομένου ότι στην οδό Παπανικολή υπάρχουν σηματοδοτούμενοι κόμβοι που η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρότερη των 100 μέτρων, πραγματοποιούνται ξαφνικές πεδήσεις από τα οχήματα και μεγάλες αναμονές μέχρι να καταφέρουν να εισέλθουν στη λωρίδα που θα τους επιτρέψει να συνεχίσουν την διαδρομή που θέλουν να ακολουθήσουν.

Οι καθυστερήσεις που μετρήθηκαν στη λεωφόρο Μεσογείων είναι εμφανώς μεγαλύτερες στο μηδενικό σενάριο και διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μετά το συμβάν σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια στα οποία υπάρχει πληροφόρηση. Στα σενάρια που υπάρχει πληροφόρηση οι καθυστερήσεις που παρατηρούνται μειώνονται πιο γρήγορα και μισή ώρα μετά το συμβάν οι καθυστερήσεις που σημειώνονται είναι αυτές που παρατηρούνται και κατά την κανονική λειτουργία του δικτύου. Μεγάλες καθυστερήσεις σημειώνονται στην οδό Παπανικολή, στον κόμβο με τη λεωφόρο Κηφισίας στο πρώτο σενάριο, και στον κόμβο με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως κατά τη διάρκεια του δεύτερου και του τρίτου σεναρίου. Καθυστερήσεις οι οποίες δημιουργούνται μετά την επαναφορά του δικτύου σημειώνονται μόνο σε σημεία που τα οδικά τμήματα έχουν μικρό μήκος για τις προδιαγραφές του προγράμματος και παρατηρούνται πολλές εμπλεκόμενες κινήσεις που έχουν ως συνέπεια την πέδηση και την αναμονή μέχρι το όχημα να εισέλθει στην λωρίδα που τον οδηγεί στη συνέχεια της διαδρομής του.

Όσον αφορά στους χρόνους διαδρομής, ο χρόνος που χρειάζονται τα οχήματα για να διανύσουν τα οχήματα την απόσταση από την εξεταζόμενη πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων μέχρι τη λεωφόρο Κατεχάκη μέσω της λεωφόρου Μεσογείων κατά τη διάρκεια του συμβάντος σε όλα τα σενάρια είναι πλασματικός, καθώς μετρήθηκαν οι χρόνοι των οχημάτων που πέρασαν από τις διατομές μετά τη θέση του συμβάντος προερχόμενα από οδούς μετά τη λεωφόρο Δημοκρατίας και κατάφεραν να φτάσουν στη λεωφόρο Κατεχάκη. Οι χρόνοι διαδρομής που παρατηρήθηκαν στα σενάρια με πληροφόρηση είναι ιδιαίτερα μεγάλοι αλλά η επαναφορά τους στα αρχικά επίπεδα γίνεται πιο γρήγορα σε σχέση με το μηδενικό σενάριο. Μεγάλοι χρόνοι διαδρομής παραμένουν στις διαδρομές που διέρχονται μέσω των οδών Παπανικολή και Χαλανδρίου που λόγω της συμφόρησής τους, δεν επιτρέπουν τη γρήγορη διέλευση

προς τις εναλλακτικές διαδρομές και κατά συνέπεια διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα και όταν το υπόλοιπο δίκτυο έχει επανέλθει.

Τέλος οι ταχύτητες στα οδικά τμήματα της υπό μελέτη περιοχής κατά τη διάρκεια του συμβάντος είναι ιδιαίτερα χαμηλές στην οδό Ξενοπούλου και στη λεωφόρο Μεσογείων. Στο μηδενικό σενάριο οι ταχύτητες είναι χαμηλές σε μεγαλύτερο τμήμα της λεωφόρου Μεσογείων (από την λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Περικλέους) συγκριτικά με τα υπόλοιπα σενάρια στα οποία παρατηρούνται χαμηλές ταχύτητες στη λεωφόρο Μεσογείων από την λεωφόρο Δημοκρατίας μέχρι την οδό Τζαβέλλα. Στο δεύτερο και στο τρίτο σενάριο ακινητοποιημένα είναι επίσης τα οχήματα στον κόμβο της οδού Παπανικολή με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Μετά την επαναφορά του δικτύου χαμηλές ταχύτητες παρατηρούνται σε όλα τα σενάρια στον ανισόπεδο κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την λεωφόρο Κατεχάκη, στον κόμβο της λεωφόρου Μεσογείων με την ΕΡΤ, στη λεωφόρο Κηφισίας και στις οδούς Παπανικολή και Χαλανδρίου σε διαφορετικά σημεία ανάλογα με το σενάριο. Επισημαίνεται ότι οι χαμηλές ταχύτητες που παρουσιάζουν οι συγκεκριμένοι οδοί δεν ανταποκρίνονται στις πραγματικές ταχύτητες που παρατηρούνται στα συγκεκριμένα οδικά τμήματα.

Γενικότερα, οι επιπτώσεις που παρατηρήθηκαν και είχαν μικρότερο αντίκτυπο στο δίκτυο και μεγαλύτερη επαναφορά στις κανονικές συνθήκες παρατηρήθηκαν στο πρώτο σενάριο. Αμέσως μετά μικρότερες επιπτώσεις ήταν αυτές του δεύτερου σεναρίου όμως σημαντική για το δίκτυο είναι η δημιουργία κρουστικού κύματος στην οδό Χαλανδρίου που επηρεάζει και την λεωφόρο Μεσογείων. Στο τρίτο σενάριο λόγω επιπλοκών που δημιουργήθηκαν δεν αξιοποιήθηκε η εναλλακτική διαδρομή της οδού Αποστολοπούλου στο βαθμό που αναμένονταν λόγω επιπλοκών που δημιουργήθηκαν από τα μικρά μήκη των οδικών τμημάτων στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, μη παρέχοντας την ικανή απόσταση που χρειάζεται το πρόγραμμα για την αλλαγή λωρίδας, και από τους μικρούς κύκλους των φωτεινών σηματοδοτών. Επίσης στο τρίτο σενάριο είναι μεγάλος ο αντίκτυπος του κρουστικού κύματος που δημιουργείται στην οδό Χαλανδρίου και αντίστοιχα μεγάλες οι συνέπειες στη λεωφόρο Μεσογείων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα κύρια συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διερεύνηση των επιπτώσεων των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων στο υπό διερεύνηση δίκτυο μετά από την πραγματοποίηση των προσομοιώσεων. Στη συνέχεια, αναφέρονται προτάσεις για μελλοντική διερεύνηση των επιπτώσεων των πινακίδων μεταβλητών μέσω προσομοίωσης σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έγιναν.

5.1. Σύνοψη Συμπερασμάτων

Στα σενάρια που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε ότι το υπό μελέτη δίκτυο μετά από την ύπαρξη συμβάντος στη λεωφόρο Μεσογείων χρειάστηκε χρόνο 45 λεπτών ή λιγότερο για να επανέλθει στη φυσιολογική του λειτουργία (στο μεγαλύτερο τμήμα του οδικού δικτύου). Ο χρόνος που χρειάστηκε το δίκτυο στο σενάριο που δεν υπήρξε πληροφόρηση για να επανέλθουν τα μετρημένα μεγέθη στα φυσιολογικά επίπεδα ήταν ο μεγαλύτερος καθώς στα υπόλοιπα σενάρια η επαναφορά ορισμένων πραγματοποιήθηκε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Κυκλοφοριακοί Φόρτοι

Κατά τη διάρκεια του μηδενικού σεναρίου που δεν υπήρξε καμία πληροφόρηση στους οδηγούς για έκτακτο συμβάν, μεγάλος αριθμός οχημάτων συνέχισε την πορεία του προς τη λεωφόρο Μεσογείων και υποχρεώθηκε να ακολουθήσει την παρακαμπτήρια διαδρομή μέσα από την περιοχή του Νέου Ψυχικού, ο αρχικός ελιγμός της οποίας συνήθως υποδεικνύεται από την τροχαία. Κατά συνέπεια δημιουργήθηκε μεγάλη συμφόρηση στη διαδρομή αυτή τόσο λόγω της ύπαρξης πολύ μεγάλου αριθμού οχημάτων όσο και λόγω της διαφοράς των χαρακτηριστικών των οδών, όπως η αλλαγή του αριθμού των λωρίδων και η ύπαρξη σηματοδοτούμενων κόμβων με μικρότερο κύκλο. Στα σενάρια που οι οδηγοί ενημερώθηκαν και αποκρίθηκαν στο προβαλλόμενο μήνυμα της πινακίδας, η αλλαγή διαδρομής του 60% των οχημάτων προς τις εναλλακτικές διαδρομές που είχαν ως αφετηρία την οδό Χαλανδρίου είχαν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη υψηλών φόρτων που δεν μπορούσαν να εξυπηρετηθούν από το συγκεκριμένο οδικό δίκτυο και προκάλεσαν συμφόρηση στην οδό Παπανικολή και Χαλανδρίου με συνέπεια τις αντίστοιχες καθυστερήσεις και σχηματισμό ουρών.

Ουρές

Στο σενάριο που οι οδηγοί δεν είχαν πληροφόρηση σχηματίστηκαν μεγάλες ουρές σε αρκετά σημεία της λεωφόρου Μεσογείων, επηρεάζοντας σταδιακά τη λεωφόρο σε σχεδόν όλο το μήκος που μελετήθηκε. Ο σχηματισμός ουρών κατά τη διάρκεια του συμβάντος και η μετάδοσή τους αμέσως μετά μέσω κρουστικού κύματος από το ύψος του συμβάντος μέχρι και το ύψος της πλατείας Αγίας Παρασκευής ήταν ο μεγαλύτερος που παρατηρήθηκε καθώς στα σενάρια με πληροφόρηση και απόκριση των οδηγών παρατηρήθηκε μικρότερος σχηματισμός ουρών, οι οποίες και υποχώρησαν αρκετά γρηγορότερα. Στα σενάρια που υπήρξαν εναλλακτικές διαδρομές μέσω της οδού Εθνικής Αντιστάσεως (δεύτερο και τρίτο σενάριο) σχηματίστηκαν μεγάλες ουρές από την οδό Παπανικολή στο ύψος της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, οι οποίες μεταδόθηκαν ιδιαίτερα γρήγορα μέσω κρουστικού κύματος

μέχρι και την λεωφόρο Μεσογείων, παρουσιάζοντας έντονα προβλήματα στην ομαλή διεξαγωγή της κυκλοφορίας και στη λεωφόρο Μεσογείων.

Καθυστερήσεις

Οι καθυστερήσεις που σημειώθηκαν στα σενάρια που υπήρχε παροχή πληροφόρησης από την πινακίδα μεταβλητών μηνυμάτων ενώ κυμαίνονταν την ώρα του συμβάντος στα ίδια επίπεδα με εκείνα του μηδενικού σεναρίου, μειώθηκαν πιο γρήγορα κατά 15 λεπτά σε σχέση με το μηδενικό σενάριο. Αντίθετα υψηλές καθυστερήσεις σημειώθηκαν στην οδό Παπανικολή, στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Μεσογείων στην περίπτωση του πρώτου σεναρίου, είτε στον κόμβο με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως στην περίπτωση του δεύτερου και του τρίτου σεναρίου. Σημαντικές ήταν και οι καθυστερήσεις στον κόμβο της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με τη λεωφόρο Κηφισίας.

Χρόνοι Διαδρομής

Οι χρόνοι διαδρομής που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια των σεναρίων που υπήρξε πληροφόρηση των οδηγών ήταν πιο μεγάλοι σε σχέση με το μηδενικό σενάριο αλλά η επαναφορά σε χαμηλότερους χρόνους πραγματοποιείται πιο γρήγορα σε σχέση με το μηδενικό σενάριο. Εξαιρετικά μεγάλοι χρόνοι παρατηρούνται στις διαδρομές που διέρχονται μέσω των οδών Παπανικολή και Χαλανδρίου λόγω της συμφόρησης που παρουσιάζουν. Αυξημένο χρόνο διαδρομής παρουσίασαν και οι διαδρομές που διέρχονται από την οδό Εθνικής Αντιστάσεως λόγω της πυκνής κυκλοφορίας στη λεωφόρο Κηφισίας και την αδυναμία εισόδου σε αυτή από την Εθνικής Αντιστάσεως μεγάλου αριθμού οχημάτων.

Ταχύτητες

Κατά τη διάρκεια του συμβάντος εντοπίζονται χαμηλές ταχύτητες στη λεωφόρο Μεσογείων σε περισσότερα οδικά τμήματα στο μηδενικό σενάριο απ' ό,τι στο πρώτο, το δεύτερο και το τρίτο σενάριο. Επίσης σε όλα τα σενάρια παρατηρείται ουρά στην οδό Ξενοπούλου. Στη συνέχεια, ανάλογα με το σενάριο και τις εναλλακτικές διαδρομές που προσομοιώνονται παρατηρούνται χαμηλές ταχύτητες στην οδό Παπανικολή είτε στον ανισόπεδο κόμβο με τη λεωφόρο Κηφισίας, είτε στον κόμβο με την οδό Εθνικής Αντιστάσεως. Γενικά και μετά την επαναφορά του δικτύου σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας παρατηρούνται «αδικαιολόγητα» χαμηλές ταχύτητες στις οδούς Παπανικολή και Χαλανδρίου που δεν συμβαδίζουν με την εικόνα που παρουσιάζουν οι οδοί στην πραγματικότητα.

Γενικά Συμπεράσματα

Η έλλειψη εναλλακτικών διαδρομών με αφετηρία άλλο οδικό τμήμα εκτός της οδού Χαλανδρίου προκάλεσε έντονη συμφόρηση στην οδό, δίνοντας μη επιθυμητά και σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβολικά αποτελέσματα. Η απουσία επίσης ορισμένων μη σηματοδοτούμενων κόμβων που αποτελούν εναλλακτική διαδρομή που πιθανώς χρησιμοποιούν οδηγοί που είναι γνώστες του δικτύου και δεν συμπεριλήφθηκαν ίσως να βελτιώναν την εικόνα που παρουσίασαν η οδός Παπανικολή και η οδός Χαλανδρίου.

Επίσης ο δυναμικός τρόπος (ο οποίος ήταν χειροκίνητος) που ορίστηκαν οι διαδρομές, με τους οδηγούς να αλλάζουν διαδρομή όταν διαπιστώνουν ύπαρξη μεγάλης ουράς και καθυστερήσεων κατά τη προσομοίωση των σεναρίων και την εναλλαγή των βαρών στις κρίσιμες διαδρομές βοήθησε στην πιο ομαλή μετάβαση στις κανονικές συνθήκες που σε ορισμένα σημεία θα μπορούσε να προκληθεί κατάρρευση κυκλοφορίας.

Επιπρόσθετα διαπιστώθηκε ότι στο δίκτυο υπήρχαν οδικά τμήματα με μεγάλο αριθμό εμπλεκόμενων κινήσεων και μικρό σχετικά μήκος, μικρότερο του ελάχιστου μήκους που απαιτείται από τις προδιαγραφές του προγράμματος προσομοίωσης για την αλλαγή λωρίδας και την κίνηση προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Σε περίπτωση άφιξης οχημάτων σε μικρά οδικά τμήματα σε φάλαγγα διαπιστώνονταν μη φυσιολογική συμπεριφορά της κυκλοφορίας καθώς τα οχήματα προκειμένου να ακολουθήσουν την επιθυμητή τους διαδρομή πραγματοποιούσαν πέδηση ξαφνικά και περίμεναν το κατάλληλο χρονικό διαχωρισμό για να συνεχίσουν την πορεία τους. Κατά τη διάρκεια αυτής της αναμονής παρεμποδίζονταν η κυκλοφορία προς άλλες κατευθύνσεις δημιουργώντας αδικαιολόγητες ουρές και καθυστερήσεις.

5.2. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Με την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας και την εξέταση με προσομοίωση έκτακτων κυκλοφοριακών συμβάντων με τη χρήση πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων προτείνονται ορισμένες περαιτέρω έρευνες που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Αρχικά μπορούν να προστεθούν παράμετροι που αποκλείστηκαν από την παρούσα διπλωματική όπως η ύπαρξη λεωφορειολωρίδων, παράδρομων στις δύο κεντρικές αρτηρίες και χώρων στάθμευσης σε χώρους που υπάρχουν στο δίκτυο, όπως είναι οι σταθμοί του μητροπολιτικού σιδηροδρόμου επί της λεωφόρου Μεσογείων που διαθέτουν χώρους στάθμευσης (σταθμοί Νομισματοκοπείο και Κατεχάκη) αλλά οι χώροι στάθμευσης των υπουργείων που βρίσκονται στην υπό μελέτη περιοχή. Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα μπορούσαν να επηρεάσουν το δίκτυο ως προς την αποδοτικότητά του υπό κανονικές συνθήκες και υπό έκτακτες συνθήκες

Μία ακόμα έρευνα που θα μπορούσε να διεξαχθεί με τη χρήση κατάλληλης επέκτασης του λογισμικού είναι η διαχείριση έκτακτων καταστάσεων με χρήση σηματοδότησης επενεργούμενης από την κυκλοφορία. Οι φορατές είναι ήδη τοποθετημένοι στο δίκτυο και σε συνδυασμό με την εγκατάσταση καινούργιων σε άλλες κομβικές θέσεις που παρουσίασαν συμφόρηση κατά τη διεξαγωγή της προσομοίωσης να ενεργοποιούνται προγράμματα σηματοδότησης ανάλογα με φόρτο που διέρχεται από συγκεκριμένα οδικά τμήματα και να υπολογίζεται συνεχώς ο βέλτιστος κύκλος σε κάθε κόμβο.

Επιπρόσθετα μπορεί να πραγματοποιηθεί έλεγχος για την αποδοτικότητα της δημόσιας συγκοινωνίας σε συνθήκες συμβάντος. Το πρόγραμμα VISSIM είναι από τα πιο κατάλληλα για την προσομοίωση και την διαχείριση δικτύων δημόσιας συγκοινωνίας. Επειδή η υπό μελέτη περιοχή εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό χρηστών καθημερινά τόσο μέσω επιβατικών οχημάτων όσο και με δημόσια συγκοινωνία προτείνεται η εξέταση της αποτελεσματικότητας των λεωφορειακών γραμμών της περιοχής σε περίπτωση συμβάντος και της επιβάρυνσης που προκαλούν στο δίκτυο κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος.

Τέλος λόγω του πεπερασμένου μίας διπλωματικής εργασίας προτείνεται η προσθήκη στο ήδη υπάρχον δίκτυο του τμήματος της περιφερειακής Υμηττού και εναλλακτικών διαδρομών μέσα από τους δήμους Αγίας Παρασκευής και Χολαργού-Παπάγου, ώστε να γίνει διερεύνηση για χρήστες που παρακάμπτουν την λεωφόρο Μεσογείων μέσω διαδρομών πέραν αυτών που προσομοιώθηκαν αλλά και σε χρήστες που κινούνται προς τα Μεσόγεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συμβάντος που θα μπορούσε να προσομοιωθεί είναι η συγκέντρωση που πραγματοποιήθηκε μπροστά στο ραδιομέγαρο της ΕΡΤ τον Ιούνιο του 2013 και οι εναλλακτικές που προτίμησαν οι χρήστες του δικτύου εκείνες τις μέρες.

6.ΑΝΑΦΟΡΕΣ

6.1. Διεθνείς Βιβλιογραφικές Αναφορές

Benson, B. G. (1996). Motorist attitude about content of variable message signs. *Transportation Research Record*, Vol. 1550, pp. 48 – 57.

Boxill, S., A., Yu, L., (2000), An Evaluation of Traffic Simulation Models for Supporting ITS Development, Diploma Thesis, pp 24-67

Chatterjee, K., Hounsell, N. B., Firmin, P. E., Bonsall, P. W. (2002). Driver response to variable message sign information in London. *Transportation Research Part C*, Vol. 10, pp. 149 – 169.

Chen, S., Mingium, L., Gao, L., Meng, C., Li, W., Zehg, J., (2008). Effects of Variable Message Signs (VMS) for improving congestions. *International Workshop on Modelling, Simulation and Optimization*, pp 416-419.

Cohn, N., D., Krootjes, P., Zee, J., C.,(2004).Simulating Variable Message Signs-Influencing dynamic route choice in microsimulation. *Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*.

Emmerink, R. H. M., Nijkamp, P., Rietveld, P., Van Ommeren, J. N. (1996). Variable message signs and radio traffic information: An integrated empirical analysis of drivers' route choice behaviour. *Transportation Research Part A*, Vol. 30, No. 2, pp. 135 – 153.

Erke, A., Sagberg, F., Hagman R. (2007). Effects of route guidance variable message signs (VMS) on driver behaviour. *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 6, pp. 447 – 457.

Gao, Y., (2008), Calibration and Comparison of the VISSIM and INTEGRATION Microscopic Traffic Simulation Models, Master Thesis, pp51-55.

Gipps P.G. (1980), A behavioral car-following model for computer simulation.

Held., T., Bittihn, S., (2011). Cellular automata for traffic simulation-Nagel-Schreckenberg model. *Project report in computational physics*, pp 2-4.

Kesting., A., Treiber, M., Schoenhof., M., Kranke, F., Helbing, D., (2007), Jam-Avoiding Adaptive Cruise Control (ACC) and its Impact on Traffic Dynamics, *Traffic and Granular Flow*, pp 633-643

Lai, C. J. (2008). An ergonomic study of Chinese font and color display on variable message signs. *J. Chin. Ind. Eng.*, Vol. 25, pp. 306 – 313.

Lai, C. J. (2010). Effects of colour scheme and message lines of variable message signs on driver performance. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 4, pp. 1003 – 1008.

Lee, C., Byungchul, K., Yoon, H., R., (2003). Evaluation of the Phase I NATIS in Seoul, Journal of the Eastern Asia Society of Transportation Studies, Vol. 5, pp 1920-1935.

Peeta, S., Ramos, J. L., Jr., (2006). Driver response to variable message signs-based traffic information. IEE Proc. Intell. Transp. Syst., Vol. 153, No. 1, pp. 2 – 10.

Richard., T., De Barros, A.,(2010), Effectiveness of road safety messages on variable message signs. Journal of Transportation System Engineering and information safety, Vol. 10 No. 3 pp 18-23.

Spyropoulou I. (2007). Simulation using Gipps' car-following model-An in-depth analysis

Vissim 4.10 User Manual (2005). PTV

Wiedermann. R., Reiter U., (1974). Microscopic traffic simulation-the simulation system Mission

6.2. Ελληνικές Βιβλιογραφικές Αναφορές

Βορβολάκος, Θ., Θεοφίλης, Ι., Σερμπής, Δ., Μπάμπης, Χ., Χαζίρης, Α. (2012). Παρουσίαση σχετικά με τις πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων, στο Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας της Περιφέρειας Αττικής.

Καραβάς, Μ., (2013). Παράμετροι που επηρεάζουν την απόκριση των οδηγών στην πληροφόρηση των πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων. Διπλωματική Εργασία ΣΑΤΜ ΕΜΠ

Κουκουτίμπας, Ε., (2011). Διαχείριση της κυκλοφορίας με τη χρήση λογισμικού προσομοίωσης. Διπλωματική εργασία Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Κεφ. 6, σελ. 67

Σερμπής, Δ., Μπάμπης, Χ., Θεοφίλης, Γ. (2006). Η χρησιμοποίηση των Πινακίδων Μεταβλητών Μηνυμάτων από το Κέντρο Διαχείρισης της Κυκλοφορίας της Αθήνας. Πρακτικά 3ου Διεθνούς Συνεδρίου για την Έρευνα στις Μεταφορές στην Ελλάδα.

Τσανακτσίδης, Δ., Τσίτσουλας, Δ. (2003). Σύγχρονα συστήματα εξοπλισμού των οδών. Διπλωματική Εργασία, Κεφ. 4, σελ. 76 – 93.

Φρατζεσκάκης, Ι., Μ., Γκόλιας, Ι., Κ., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ., Χ., (2009), Κυκλοφοριακή Τεχνική, Εκδόσεις Παπασωτηρίου