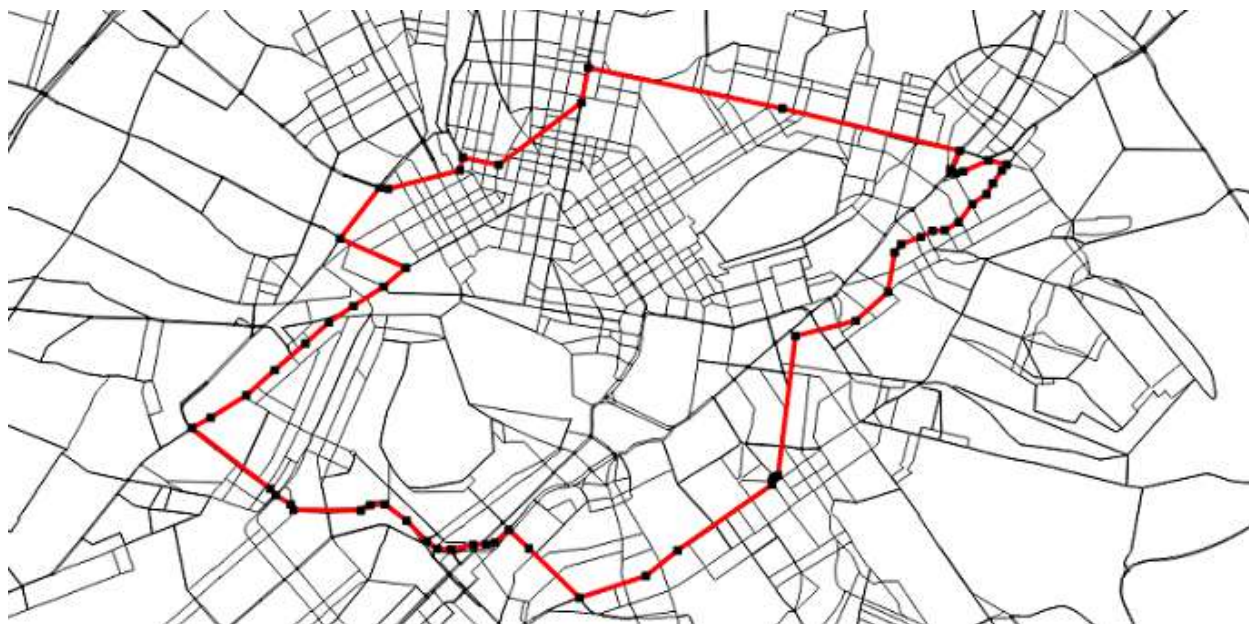




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ



Επιρροή Συμπεριφοράς Χρηστών σε Πολιτικές Τιμολόγησης Κορεσμού στην
Κυκλοφορία σε Αστικά Δίκτυα.

Διπλωματική Εργασία

Παπαδούλης Λάμπρος - Αλέξανδρος

Επιβλέπουσα: Βλαχογιάννη Ελένη Επ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2015

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα αυτής της διπλωματικής εργασίας, κυρία Ελένη Ι. Βλαχογιάννη, επίκουρη καθηγήτρια της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, τόσο για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, όσο και για την κατανόηση, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη την πορεία αυτής της εργασίας.

Τον υποψήφιο διδάκτωρ της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. Ηλία Γκότση για τη πολύτιμη βοήθεια του, τις συμβουλές και τη δημιουργική συνεργασία μας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον θείο μου και τη θεία μου Σταύρο Αλοϊζο και Έφη Γλύκα για τη σημαντική βοήθεια τους.

Τέλος, δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους γονείς μου Παναγιώτη Παπαδούλη και Ελένη Γλύκα, για την υπομονή τους, την υποστήριξη τους και την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Σύνοψη

Ο κορεσμός στους δρόμους της Αθήνας αποτελεί μείζον πρόβλημα που επηρεάζει το αστικό περιβάλλον της και υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Ο περιορισμός της χρήσης του Ι.Χ. μέσω ενός συστήματος αστικής τιμολόγησης κορεσμού, είναι ένας διαδεδομένος τρόπος αντιμετώπισης της κυκλοφοριακής συμφόρησης σε αστικά κέντρα. Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των κυκλοφοριακών επιπτώσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή ενός Συστήματος Αστικής Τιμολόγησης της συμφόρησης. Η περιοχή μελέτης απαρτίζεται από την περιοχή του μικρού δακτυλίου της πόλης της Αθήνας και τους δρόμους γύρω από αυτόν. Για την διενέργεια της παραπάνω έρευνας, διαμορφώθηκαν σενάρια τιμολόγησης, όπως αυτά προέκυψαν από την ανάλυση αποτελεσμάτων έρευνας ερωτηματολογίων, σχετικά με την αντίδραση των χρηστών ανάλογα με το ύψος του κομίστρου. Τα σενάρια, αξιολογήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun, στο οποίο δημιουργήθηκε το ψηφιακό μοντέλο της περιοχής ενδιαφέροντος και επικαιροποιήθηκαν οι κυκλοφοριακές συνθήκες με πραγματικά κυκλοφοριακά δεδομένα. Βάση των εξαγομένων αποτελεσμάτων, αξιολογείται το προτεινόμενο σύστημα τιμολόγησης.

Λέξεις - κλειδιά: *σύστημα αστικής τιμολόγησης κορεσμού, λογισμικό προσομοίωσης, μοντέλο προσομοίωσης, κόμιστρο, δακτύλιος Αθήνας*

Abstract

Traffic congestion in the roads of Athens is a major problem that affects urban environment and quality of life. Limiting car use by applying a congestion pricing measure, is arguably, one of the most widespread approaches to reduce traffic in large metropolitan areas. This thesis targets to investigate the effects of a congestion pricing scheme on traffic conditions in urban road networks using simulation. The area of interest consists of the inner ring of Athens and the road network around it. Four different scenarios are considered, using the results of a survey on the willingness to pay for reducing congestion. The scenarios are evaluated using the traffic simulation software Aimsun, in which a digital model of the study area was created and calibrated with real-time traffic data. Based on the findings, the proposed congestion pricing is being evaluated.

Keywords: *Congestion pricing, traffic modeling software, toll, inner ring of Athens*

Περίληψη

Η αύξηση του συντελεστή ιδιοκτησίας Ι.Χ. τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων κυκλοφοριακών φόρτων στους δρόμους της Αθήνας με επιπτώσεις στο αστικό περιβάλλον της και την ποιότητα ζωής των κατοίκων της. Για την αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής μελετάται η εφαρμογή ενός συστήματος Αστικών Διοδίων στο κέντρο της Αθήνας το οποίο αναμένεται να έχει θετικά αποτελέσματα στην κυκλοφορία και το περιβάλλον.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται το λογισμικό προσομοίωσης Aimsun προκειμένου να αξιολογηθεί το αναφερθέν σύστημα αστικής τιμολόγησης και να μελετηθούν οι επιπτώσεις που θα έχει η εφαρμογή ενός τέτοιου μέτρου τόσο στους δρόμους εντός του μικρού δακτυλίου της Αθήνας, όσο και στους δρόμους περιμετρικά.

Στο περιβάλλον του λογισμικού εισήχθη το υπάρχον οδικό δίκτυο της Αθήνας με επικαιροποιημένα στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου και με βάση τα δεδομένα που πάρθηκαν από κατάλληλα διαμορφωμένα ερωτηματολόγια, προσαρμόστηκε το μοντέλο ώστε να αποτυπώνει την κυκλοφοριακή κατάσταση στο κέντρο της Αθήνας, μετά την επιβολή του μέτρου.

Για το σκοπό αυτής της διπλωματικής μελετήθηκαν τέσσερα σενάρια, καθένα από αυτά αντιπροσωπεύει την αντίδραση των χρηστών για κάθε διαφορετικό ύψος κομίστρου. Επιπρόσθετα, όλα τα δεδομένα των ερωτηματολογίων (δημογραφικά, δεδομένα Ι.Χ. μετακινήσεων) αναλύονται περιγραφικά αλλά και συνδυαστικά.

Με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα έγινε προσπάθεια καθορισμού του ύψους του καταλληλότερου κομίστρου. Συγκεκριμένα προέκυψε ότι όσο υψηλότερο το κόμιστρο που επιβάλλεται τόσο μειώνεται και η κίνηση στους δρόμους του δακτυλίου. Προκειμένου να επιτευχθεί μία σημαντική μείωση της κίνησης στους δρόμους του δακτυλίου, ανάλογη με αυτή που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (της τάξης του 10%), θα πρέπει το ύψος του κομίστρου να ανέρχεται κοντά στο 1,5 €.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή	14
1.1 Κορεσμός στο κέντρο της Αθήνας	14
1.2 Διαχείριση Κυκλοφορίας και Τιμολόγηση Κορεσμού	16
1.3 Η προσομοίωση της κίνησης οχημάτων	18
1.4 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	18
1.5 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας	19
Κεφάλαιο 2ο Βιβλιογραφική ανασκόπηση	21
2.1 Συστήματα Τιμολόγησης της Συμφόρησης Αστικών Κέντρων	21
2.1.1 Διόδια στο Λονδίνο	21
2.1.2 Διόδια στο Εδιμβούργο.	22
2.1.3 Διόδια στη Σιγκαπούρη.	23
2.1.4 Διόδια στο Όσλο	27
2.1.5 Διόδια στη Στοκχόλμη	28
2.2 Προσομοίωση κίνησης οχημάτων σε πόλεις του εξωτερικού	30
2.2.1 Προσομοίωση στο Τορόντο	30
2.2.2 Προσομοίωση στο Αεροδρόμιο του Παρισιού Charles de Gaulle	31
2.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας.	33
Κεφάλαιο 3 ^ο Μεθοδολογική Προσέγγιση	35
3.1 Διάγραμμα ροής εργασιών	35
3.2 Έρευνα Πεδίου	36
3.2.1 Περιγραφή και Στόχοι του Προτεινόμενου Συστήματος των Διοδίων	36
3.2.2 Περιγραφή Έρευνας Πεδίου	37
3.2.3 Το ερωτηματολόγιο	38

3.3 Προσομοίωση Δικτύου Αθήνας	41
3.3.1 Θεωρητικό υπόβαθρο	41
3.3.2 Το οδικό δίκτυο της Αθήνας στο λογισμικό Aimsun	44
Κεφάλαιο 4ο: Ανάλυση Συμπεριφοράς χρηστών σε πολιτικές τιμολόγησης κορεσμού	53
4.1 Ανάλυση Δείγματος και αποτελέσματα	53
4.1.1 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά Δείγματος	53
4.1.2 Ερωτήσεις σχετικά με τα Ι.Χ.	56
4.1.3 Ερωτήσεις σχετικά με τη συχνότερη διαδρομή	60
4.1.4 Συνδυαστική ανάλυση μεταβλητών	65
Κεφάλαιο 5ο Επιρροή συμπεριφοράς χρηστών σε Πολιτικές Τιμολόγησης Κορεσμού στην Κυκλοφορία	70
5.1 Περιγραφή των σεναρίων	70
5.2 Προγραμματισμός των σεναρίων στο περιβάλλον του AIMSUN	72
5.3 Αποτελέσματα	77
5.3.1 Αποτελέσματα Βασικού Σεναρίου	78
5.3.2 Αποτελέσματα Σεναρίου Α	81
5.3.3 Αποτελέσματα Σεναρίου Β	83
5.3.4 Αποτελέσματα σεναρίου Γ	85
5.3.5 Αποτελέσματα Σεναρίου Δ	87
5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων	89
5.4.1 Συγκριτική αξιολόγηση Σεναρίου Α	90
5.4.2 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Β	93
5.4.3 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Γ	94
5.4.4 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Δ	95
Κεφάλαιο 6ο Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	99

Βιβλιογραφία	103
Παράρτημα Α Ερωτηματολόγιο Έρευνας	106
Παράρτημα Β Στατιστικά Στοιχεία Αποτελεσμάτων Προγράμματος Προσομοίωσης	112

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 2.1 Επιπτώσεις συστημάτων τιμολόγησης στην κυκλοφορία και το περιβάλλον	33
Πίνακας 3.1 Τμήμα Γ(α) ερωτηματολογίου	41
Πίνακας 3.2 Τμήμα Γ(β) ερωτηματολογίου	41
Πίνακας 4.1 Καταγραφή συμπεριφοράς ερωτώμενων για διάφορες τιμές κομίστρου (πρωινές μετακινήσεις)	65
Πίνακας 4.2 Καταγραφή συμπεριφοράς ερωτώμενων για διάφορες τιμές κομίστρου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	66
Πίνακας 4.3 Καταγραφή μείωσης στη ζήτηση Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό της μετακίνησης κατά τις πρωινές ώρες.....	66
Πίνακας 4.4 Καταγραφή μείωσης στη ζήτηση Ι.Χ. ανάλογα με το σκοπό της μετακίνησης καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας	66
Πίνακας 4.5 Καταγραφή της μείωσης στη ζήτηση Ι.Χ. ανάλογα με τη συχνότητα της μετακίνησης καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας.....	67
Πίνακας 4.6 Καταγραφή της μείωσης στη ζήτηση Ι.Χ. ανάλογα με το εισόδημα του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	67
Πίνακας 4.7 Καταγραφή μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	68
Πίνακας 4.8 Καταγραφή μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με το φύλο του ερωτώμενου	68
Πίνακας 4.9 Καταγραφή της μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με την ηλικία του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας).....	68
Πίνακας 5.1 Στοιχεία σεναρίου Α.....	70
Πίνακας 5.2 Στοιχεία σεναρίου Β.....	71
Πίνακας 5.3 Στοιχεία σεναρίου Γ	71
Πίνακας 5.4 Στοιχεία σεναρίου Δ	71
Πίνακας 5.5 Στοιχεία προγραμματισμού σεναρίων	72
Πίνακας 5.6 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων βασικού σεναρίου.	80
Πίνακας 5.7 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Α	83
Πίνακας 5.8 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Β.....	85
Πίνακας 5.9 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Γ	87

Πίνακας 5.10 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Δ.....	89
Πίνακας 5.11 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Α	93
Πίνακας 5.12 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Β	94
Πίνακας 5.13 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Γ	95
Πίνακας 5.14 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Δ.....	96
Πίνακας 5.15 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς εντός δακτυλίου	96
Πίνακας 5.16 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς περιφερειακά του δακτυλίου	96
Πίνακας 5.17 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα για κάθε είδος οδού εντός δακτυλίου	98
Πίνακας 6.1 Ποσοστιαία μεταβολή της μείωσης του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης σε σχέση με τη μεταβολή κομίστρου.....	100
Πίνακας 7.1 Στατιστικά στοιχεία καθυστερήσεων σεναρίων.....	113
Πίνακας 7.2 Στατιστικά στοιχεία φόρτου σεναρίων.....	113
Πίνακας 7.3 Στατιστικά στοιχεία συντελεστή V/C σεναρίων	114

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 4.1 Κατανομή με βάση το φύλο	53
Διάγραμμα 4.2 Κατανομή με βάση την ηλικία	54
Διάγραμμα 4.3 Κατανομή με βάση την οικογενειακή κατάσταση	54
Διάγραμμα 4.4 Κατανομή με βάση το μορφωτικό επίπεδο	55
Διάγραμμα 4.5 Κατανομή με βάση το επάγγελμα	55
Διάγραμμα 4.6 Κατανομή με βάση το εισόδημα	56
Διάγραμμα 4.7 Κατανομή με βάση τη διαθεσιμότητα Ι.Χ.	56
Διάγραμμα 4.8 Κατανομή με βάση την κατηγορία οχήματος	57
Διάγραμμα 4.9 Κατανομή οχημάτων με βάση το πρώτο έτος κυκλοφορίας.....	57
Διάγραμμα 4.10 Κατανομή οχημάτων με βάση τον κυβισμό.....	58
Διάγραμμα 4.11 Κατανομή οχημάτων με βάση την ισχύ κινητήρα	58
Διάγραμμα 4.12 Κατανομή οχημάτων με βάση τον τύπο καυσίμου	59
Διάγραμμα 4.13 Κατανομή οχημάτων με βάση τις εκπομπές ρύπων.....	59
Διάγραμμα 4.14 Κατανομή οχημάτων με βάση την χρέωση.....	60
Διάγραμμα 4.15 Κατανομή οχημάτων με βάση την κατανάλωση καυσίμου σε λίτρα/100 χλμ ..	60
Διάγραμμα 4.16 Κατανομή με βάση την περιοχή διαμονής του ερωτώμενου	61
Διάγραμμα 4.17 Κατανομή με βάση τον τύπο της διαδρομής.....	61
Διάγραμμα 4.18 Κατανομή με βάση τη συχνότητα της μετακίνησης	62
Διάγραμμα 4.19 Κατανομή με βάση το μέσο μετακίνησης εντός δακτυλίου	63
Διάγραμμα 4.20 Κατανομή με βάση τη δυνατότητα ακολούθησης εναλλακτικής διαδρομής.....	63
Διάγραμμα 4.21 Κατανομή με βάση τη δυνατότητα χρησιμοποίησης Μ.Μ.Μ	63
Διάγραμμα 4.22 Κατανομή με βάση το σκοπό της μετακίνησης	64
Διάγραμμα 4.23 Κατανομή με βάση την ώρα πραγματοποίησης της μετακίνησης	65
Διάγραμμα 4.24 Κατανομή οχημάτων με βάση τη μέση κατανάλωση Ι.Χ.	68
Διάγραμμα 5.1 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς εντός δακτυλίου	97
Διάγραμμα 5.2 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς περιφερειακά του δακτυλίου	97

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1.1 Κυκλοφοριακές συνθήκες στο κέντρο της Αθήνας κατά την αιχμή (Γκότσης, 2010)	15
Σχήμα 1.2 Κυκλοφοριακές συνθήκες στις οδούς γύρω από το κέντρο της Αθήνας (Γκότσης 2010)	16
Σχήμα 2.1 Το μοντέλο προσομοίωσης Aimsun του Τορόντο	31
Σχήμα 2.2 Η περιοχή του μοντέλου προσομοίωσης στο αεροδρόμιο του Παρισιού	32
Σχήμα 2.3 Το υβριδικό μοντέλο προσομοίωσης γύρω από το αεροδρόμιο Charles de Gaulle	32
Σχήμα 3.1 Το μοντέλο προσομοίωσης του οδικού δικτύου της Αττικής	45
Σχήμα 3.2 Ο δακτύλιος της Αθήνας αποτυπωμένος στο μοντέλο προσομοίωσης	46
Σχήμα 3.3 Καρτέλα τμημάτων οδών	47
Σχήμα 3.4 Απεικόνιση κόμβων στο λογισμικό Aimsun	48
Σχήμα 3.5 Καρτέλα κόμβων	49
Σχήμα 3.6 Αποτύπωση του κεντροειδούς στο λογισμικό	50
Σχήμα 3.7 Καρτέλα κεντροειδών.....	51
Σχήμα 3.8 Μορφή του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού (O/D matrix)	52
Σχήμα 5.1 Λίστα πινάκων Προέλευσης προορισμού για τον προγραμματισμό των σεναρίων...	73
Σχήμα 5.2 Αντιστοίχιση του Πίνακα προέλευσης προορισμού με την κατηγορία οχήματος	74
Σχήμα 5.3 Προγραμματισμός της απαγόρευσης κυκλοφορίας των οχημάτων "Rerouting" στις εισόδους του δακτυλίου.	74
Σχήμα 5.4 Καρτέλα ζήτησης κυκλοφορίας για το σενάριο Α	75
Σχήμα 5.5 Πρώτη καρτέλα παραμέτρων σεναρίων	76
Σχήμα 5.6 Δεύτερη καρτέλα παραμέτρων σεναρίων.....	76
Σχήμα 5.7 Χάρτης συντελεστή V/C οδών βασικού σεναρίου.	78
Σχήμα 5.8 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων βασικού σεναρίου.....	79
Σχήμα 5.9 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Α	81
Σχήμα 5.10 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Α	82
Σχήμα 5.11 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Β.....	83
Σχήμα 5.12 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Β	84
Σχήμα 5.13 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Γ	85
Σχήμα 5.14 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Γ	86

Σχήμα 5.15 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Δ.....	87
Σχήμα 5.16 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Δ	88
Σχήμα 5.17 Καρτέλα σύγκρισης αποτελεσμάτων λογισμικού Aimsun.....	90
Σχήμα 5.18 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Α.....	91
Σχήμα 5.19 Μορφή Πίνακα σύγκρισης αποτελεσμάτων σεναρίου Α με το βασικό για τις οδούς εντός δακτυλίου	92
Σχήμα 5.20 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Β	93
Σχήμα 5.21 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Γ	94
Σχήμα 5.22 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Δ	95
Σχήμα 6.1 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C μεταξύ σεναρίου Γ και Δ για τις οδούς περιφερειακά του δακτυλίου.....	101

Κεφάλαιο 1ο

Εισαγωγή

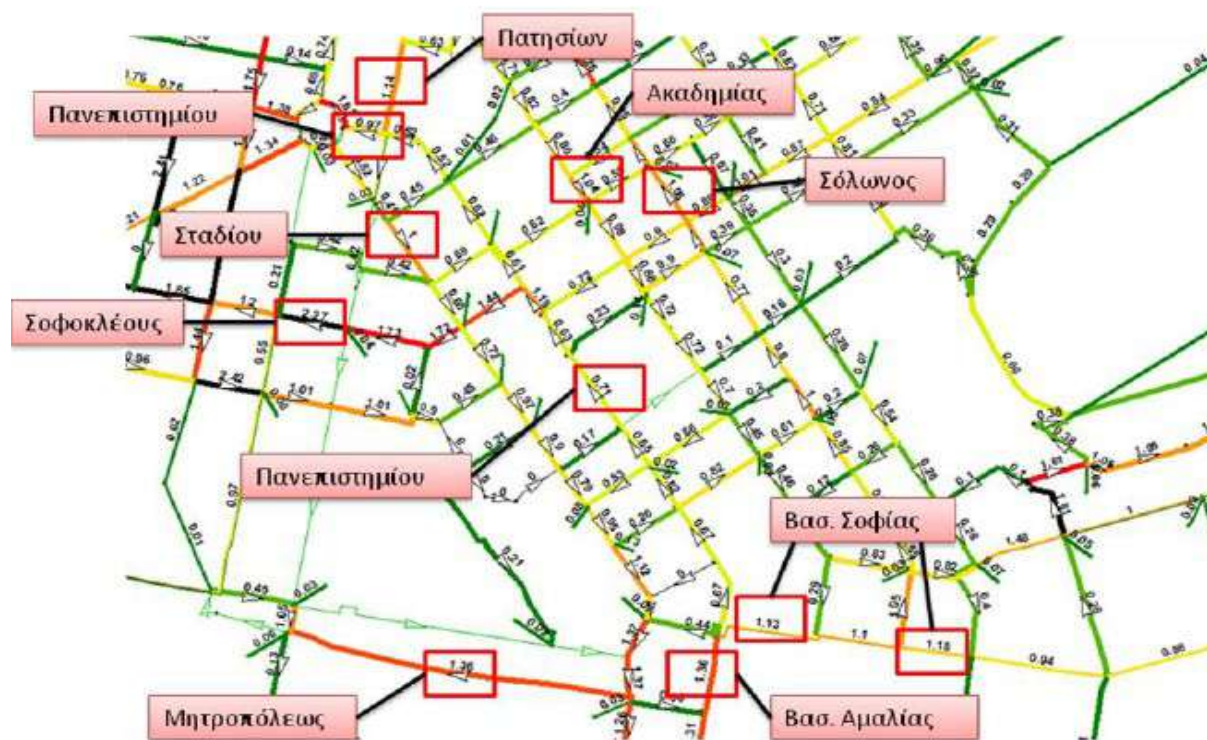
1.1 Κορεσμός στο κέντρο της Αθήνας

Η πρωτεύουσα της Ελλάδας, Αθήνα, είναι ένας πυκνοκατοικημένος αστικός σχηματισμός και φιλοξενεί το 1/3 του πληθυσμού της Ελλάδας που ανέρχεται στα 3,089,698 κατοίκους (Ελληνική απογραφή 2011). Τα τελευταία χρόνια, ο δείκτης ιδιοκτησίας Ι.Χ. έχει αυξηθεί σε 440 επιβατικά αυτοκίνητα ανά 1000 κατοίκους ("Κινητικότητα στον αστικό χώρο. Πράσινη Βίβλος και Ελληνική πραγματικότητα" ΤΕΕ Αθήνα, 9 Ιουνίου 2008) με μέγιστο όριο τα 600. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να δημιουργηθούν μεγάλοι κυκλοφοριακοί φόρτοι και μεγάλος όγκος μετακινήσεων με Ι.Χ. που επέφερε προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης τόσο εντός μικρού δακτυλίου όσο και στις οδούς που οδηγούν σε αυτόν. Έτσι, οι περισσότερες οδικές αρτηρίες λειτουργούν σε κατάσταση κορεσμού ειδικότερα κατά τις ώρες αιχμής. Στον Πίνακα 1.1, παρατίθενται στοιχεία φόρτου επιλεγμένων οδών που οδηγούν στο κέντρο των Αθηνών.

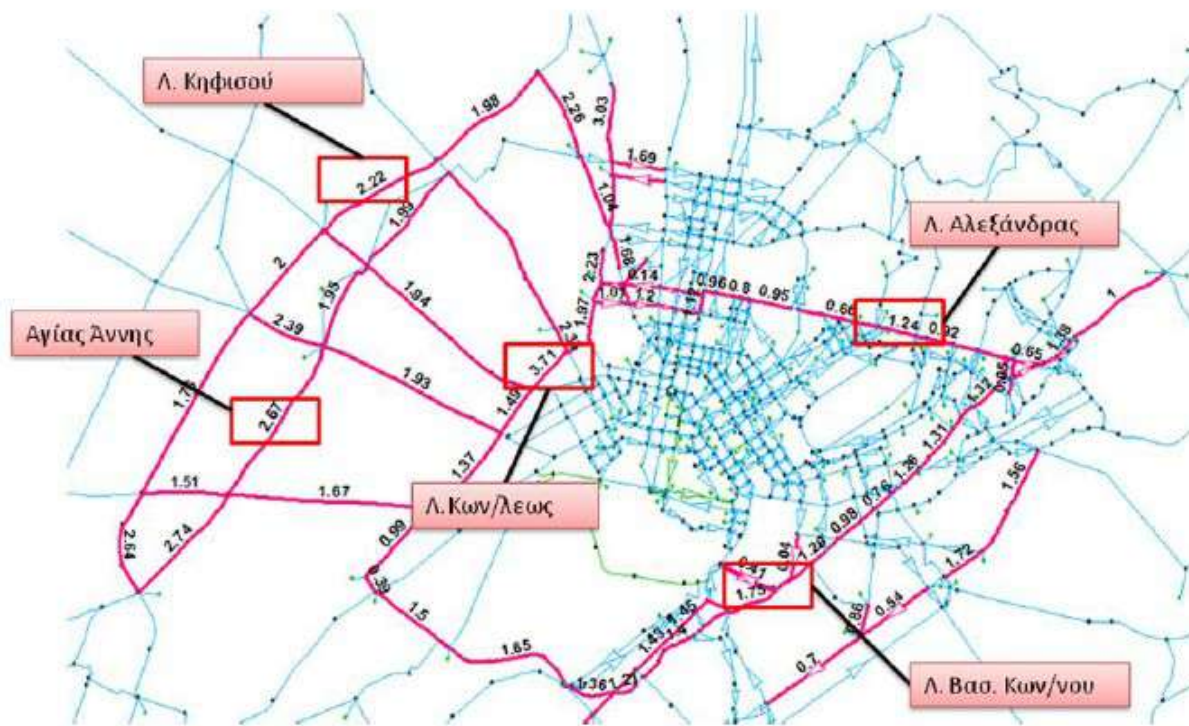
Πίνακας 1.1 Φόρτοι επιλεγμένων οδών γύρω από το κέντρο της Αθήνας (Γκότσης, 2010)

Αρτηρία	Διατομή	Κατεύθυνση	Λωρίδες	Απόλυτη τιμή (11/2006)		Μεταβολή (2005- 2006)	
				Φόρτος	Ταχύτητα	Φόρτος	Ταχύτητα
Κηφισού	Αχαρνών	Λαμία	3	4040	21	4%	-12%
		Πειραιάς	3	4020	37	5%	-10%
Ποσειδώνος	Αμφιθέας	Πειραιάς	3	3100	15	3%	-3%
		Γλυφάδα	3	3565	44	5%	-12%
Μεσογείων	Ξενοπούλου	Κέντρο	2	2350	45	3%	
	Μιχαλακοπούλου	Σταυρός	3	2770	28		-5%
Κηφισίας	Πανόρμου	Κέντρο	3	2600	12		-2%
		Κηφισιά	2	2350	17	3	
Αλεξάνδρας	Πανόρμου	Πατησίων	2	1170	11	2%	
		Κηφισίας	2	1190	9	4%	-6%
Συγγρού	Φραντζή	Κέντρο	3	2275	17		-10%
	Βούρβαχη	Ποσειδώνος	3	1650	33		
Βουλιαγμένης	Εθνάρχη Μακαρίου	Κέντρο	3	2780	29	2%	-6%
		Γλυφάδα	3	2760	47		
Αθηνών	Μαρκόνι	Κέντρο	4	3200	27		
		Δαφνί	3	2000	38		

Από τον Πίνακα 1.1 παρατηρούνται υψηλοί φόρτοι των κυρίων οδών εισόδου στο κέντρο της πόλης των Αθηνών καθώς και σημαντική ετήσια αύξηση της τάξης του 3-5% για τα έτη αναφοράς. Τα στοιχεία αυτά είναι ενδεικτικά της σημαντικότητας της παρέμβασης που εξετάζεται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Επιπρόσθετα, στο Σχήμα 1.1 παρατίθενται στοιχεία λόγου φόρτου χωρητικότητας στο κέντρο της Αθήνας και περιμετρικά αυτού. Παρατηρείται κυκλοφοριακός κορεσμός σε αρκετές οδούς περιμετρικά του κέντρου καθώς και σε οδούς εντός δακτυλίου.



Σχήμα 1.1 Κυκλοφοριακές συνθήκες στο κέντρο της Αθήνας κατά την αιχμή (Γκότσης, 2010)



Σχήμα 1.2 Κυκλοφοριακές συνθήκες στις οδούς γύρω από το κέντρο της Αθήνας (Γκότσης 2010)

Όλα τα παραπάνω δείχνουν ότι οι κυκλοφοριακές συνθήκες τόσο στο κέντρο της Αθήνας, όσο και στο οδικό δίκτυο γύρω από αυτό, είναι ιδιαίτερα δυσμενείς. Έτσι τα τελευταία χρόνια, έχουν προταθεί μέτρα για την βελτίωσή τους.

1.2 Διαχείριση Κυκλοφορίας και Τιμολόγηση Κορεσμού

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα κυκλοφοριακά προβλήματα και να βελτιωθούν οι κυκλοφοριακές συνθήκες απαιτείται ένα πολύπλευρο σχέδιο.

Η κατασκευή και η δημιουργία νέων υποδομών, η βελτίωση των υπηρεσιών των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς κρίνονται αναγκαία πρώτα βήματα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων συμφόρησης. Περαιτέρω μέτρα που θα βελτιώσουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες αναφέρονται παρακάτω:

- Προνομιακή αντιμετώπιση των Μ.Μ.Μ. και προώθηση της χρήσης τους
- Χρησιμοποίηση χώρων για ήπιες μορφές μετακίνησης (πεζοδρομήσεις, δημιουργία ποδηλατοδρόμων, δημιουργία χώρων πρασίνου κ.α.)

- Συνδυασμένες μετακινήσεις (ενιαίο εισιτήριο για διαφορετικά Μέσα Μετακίνησης και δημιουργία σταθμών μετεπιβίβασης)
- Επένδυση σε καμπάνιες για καλύτερη πληροφόρηση των μετακινούμενων
- Καλύτερη διαχείριση της στάθμευσης (παρκόμετρα, κάρτες στάθμευσης, καλύτερη αστυνόμευση)
- Περιορισμός της χρήσης του Ι.Χ. μέσω του συστήματος τιμολόγησης κορεσμού

Η Τιμολόγηση κορεσμού

Η τιμολόγηση κορεσμού αποτελεί έναν από τους αποδοτικότερους τρόπους μείωσης της κυκλοφοριακής συμφόρησης και αποσκοπεί στη μείωση της αλόγιστης χρήσης Ι.Χ. και στον περιορισμό των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων από τη χρήση του Ι.Χ. Το σύστημα αστικής τιμολόγησης όπως ονομάζεται αλλιώς, περιλαμβάνει την επιβολή σταθερών ή μεταβλητών διοδίων, για την πρόσβαση του χρήστη Ι.Χ. σε μια ορισμένη εκ των προτέρων περιοχή. Σκεπτικό του συστήματος, είναι , οι χρήστες να τιμολογούνται για την επιβάρυνση που προκαλούν σε ένα αγαθό (στην προκειμένη περίπτωση οι δρόμοι), το οποίο έχει υπερβολική ζήτηση.

Στην Αθήνα έχει διατυπωθεί η ανάγκη για εφαρμογή ενός συστήματος αστικής τιμολόγησης από το Σύλλογο Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων. (ΣΕΣ, 2005)

Για τη δημιουργία ενός άρτιου συστήματος τιμολόγησης, είναι απαραίτητο, να αναλυθούν ορισμένοι παράμετροι που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με αυτό. Πιο συγκεκριμένα, παράγοντες όπως η μόλυνση του περιβάλλοντος λόγω των ρύπων των αυτοκινήτων, η αξία της διαδρομής που ακολουθεί ο χρήστης, το προσωπικό κόστος που έχει ο χρήστης, η επιβάρυνση που προκαλεί ο ένας χρήστης στον άλλο, καθώς και ο τρόπος αξιοποίησης των εσόδων από το σύστημα τιμολόγησης, θα πρέπει να διερευνηθούν.

Τα συστήματα τιμολόγησης διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά το είδος της χρέωσης που επιβάλλεται. Η χρέωση μπορεί να είναι κοινή για όλους τους χρήστες, να διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του οχήματος, τους ρύπους, τον αριθμό των χιλιομέτρων που πρόκειται να διανύσει ο χρήστης μέσα στην περιοχή τιμολόγησης και ανάλογα με την ώρα της μετακίνησης.

Σημαντικά πλεονεκτήματα του συστήματος αστικής τιμολόγησης έναντι των υπόλοιπων μέτρων διαχείρισης της κυκλοφορίας αναφέρονται παρακάτω:

Αποτελεί σημαντική πηγή εσόδων, η αξιοποίηση των οποίων θα συνεισφέρει στην κατασκευή νέων οδικών αξόνων, χώρων στάθμευσης και στη βελτίωση του ήδη υπάρχοντος οδικού δικτύου. Ακόμη, τα έσοδα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση των υπηρεσιών των

M.M.M. καθώς τμήμα των οδηγών I.X. που λόγω του συστήματος τιμολόγησης θα το εγκαταλείψουν, θα καταφύγουν στη χρήση των M.M.M.

Τέλος, εάν η χρέωση εξαρτάται από την ώρα της μετακίνησης, το μέτρο της τιμολόγησης κορεσμού, κατευθύνει τους χρήστες στην πραγματοποίηση των μετακινήσεων τους σε ώρες που δεν παρουσιάζεται κυκλοφοριακή αιχμή.

1.3 Η προσομοίωση της κίνησης οχημάτων

Η προσομοίωση της κίνησης των οχημάτων και της κίνησης στο δρόμο γενικότερα, είναι ένα αντικείμενο που μελετάται για πάνω από 50 χρόνια, αλλά μόλις τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί μοντέλα που θεωρούνται αρκετά έξυπνα ώστε να είναι βιώσιμη εναλλακτική στα παραδοσιακές προσεγγίσεις τις προσομοίωσης. Αυτή η ανάπτυξη των εξελιγμένων μοντέλων δεν οφείλεται μόνο στην πρόοδο της τεχνολογίας, αλλά κυρίως στην ανάγκη για ακρίβεια στη λεπτομέρεια που χρειάζεται για την αξιολόγηση των σεναρίων της συμφόρησης των οχημάτων.

Τα μοντέλα που είχαν αναπτυχθεί στο παρελθόν έκαναν παραδοχές οι οποίες αντιμετώπιζαν τα προβλήματα που προέκυπταν κατά την ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης. Από την άλλη τα εξελιγμένα προγράμματα προσομοίωσης του σήμερα, είναι ικανά να προβλέψουν την ακριβή πορεία των οχημάτων στο δίκτυο, χρησιμοποιώντας κανόνες ακολουθίας οχημάτων (car-following) , αλλαγής λωρίδων (lane changing) και κανόνες που αφορούν το απαραίτητο χώρο που οφείλει να αφήνει το ένα όχημα από το προπορευόμενό του (gap-acceptance). Τα μοντέλα αυτά που αναπτύσσονται είναι τόσο ακριβή, που οι συγκοινωνιολόγοι ανά τον κόσμο, στηρίζονται πάνω σε αυτά για να ξεπεράσουν τις όποιες δύσκολες καταστάσεις προκύπτουν. Μία από τις κύριες χρήσεις των προγραμμάτων προσομοίωσης είναι η πρόβλεψη των επιπτώσεων που θα έχουν σε ένα οδικό δίκτυο, αλλαγές που πρόκειται να πραγματοποιηθούν σε αυτό. Με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα προγράμματα προσομοίωσης, οι υπεύθυνοι των έργων και αλλαγών που πρόκειται να πραγματοποιηθούν, προσαρμόζουν τα σχέδιά τους, έτσι ώστε οι αλλαγές να φέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

1.4 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως στόχο να αξιολογήσει τις επιπτώσεις που θα έχει η εφαρμογή ενός συστήματος αστικής τιμολόγησης στους δρόμους της Αθήνας και πιο συγκεκριμένα στο μικρό δακτύλιο, χρησιμοποιώντας τη μακροσκοπική προσομοίωση του λογισμικού προσομοίωσης Aimsun (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks). Με τη βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου

καταγράφηκε η αντίδραση των χρηστών για διάφορες τιμές κομίστρου. Καθεαυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν τέσσερα διαφορετικά σενάρια, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει μία διαφορετική τιμή κομίστρου. Με βάση τα εξαγόμενα αποτελέσματα γίνεται μία προσπάθεια πρότασης της βέλτιστης τιμής κομίστρου και αξιολογείται το σύστημα αστικής τιμολόγησης.

1.5 Διάρθρωση διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία είναι χωρισμένη στα εξής επιμέρους κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1^ο: Στο 1ο κεφάλαιο εισάγεται η έννοια του κορεσμού στο Αστικό δίκτυο της Αθήνας, αποδεικνύεται η ύπαρξη του κορεσμού. Παρατίθενται μέτρα αντιμετώπισης του κορεσμού και εισάγεται η έννοια του Συστήματος Αστικής Τιμολόγησης Κορεσμού. Ακόμη, εισάγεται η έννοια της προσομοίωσης της κίνησης των οχημάτων. Τέλος παρουσιάζεται ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2^ο: Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αναφέρονται συστήματα αστικής τιμολόγησης που έχουν εφαρμοστεί σε πόλεις του εξωτερικού καθώς και παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου προσομοίωσης με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun. Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Κεφάλαιο 3^ο: Στο 3ο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας. Περιγράφεται το προς μελέτη σύστημα τιμολόγησης, το πεδίο έρευνας καθώς και το ερωτηματολόγιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να συλλεχθούν τα απαραίτητα στοιχεία. Τέλος, περιγράφεται συνοπτικά ο τρόπος λειτουργίας του λογισμικού προσομοίωσης και παρουσιάζεται το μοντέλο του οδικού δικτύου της Αθήνας όπως αυτό αποτυπώθηκε στο περιβάλλον του Aimsun.

Κεφάλαιο 4^ο: Στο 4ο κεφάλαιο της εργασίας, γίνεται η ανάλυση της συμπεριφοράς των χρηστών του οδικού δικτύου σε πολιτικές τιμολόγησης κορεσμού. Πιο αναλυτικά γίνεται περιγραφική στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά αλλά και συνδυαστικά όπου αυτό κρίθηκε σκόπιμο. Τα αποτελέσματα που θα εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης παρουσιάζονται σε πίνακες.

Κεφάλαιο 5^ο: Στο 5ο κεφάλαιο, περιγράφεται η επιρροή της συμπεριφοράς των χρηστών σε πολιτικές τιμολόγησης κορεσμού σε Αστικά Δίκτυα. Αρχικά περιγράφονται τα διαφορετικά

σενάρια. Στη συνέχεια περιγράφεται ο προγραμματισμός των σεναρίων στο λογισμικό Aimsun, το πώς δηλαδή ενσωματώθηκαν στο λογισμικό τα στοιχεία που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και γίνεται συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων.

Κεφάλαιο 6^ο: Στην 6η και τελευταία ενότητα της διπλωματικής, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτή και γίνονται προτάσεις για την βελτίωση του συστήματος και περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 2ο

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Συστήματα Τιμολόγησης της Συμφόρησης Αστικών Κέντρων

Παρακάτω, θα παρατεθούν παραδείγματα εφαρμογής του μέτρου αστικής τιμολόγησης σε πόλεις του εξωτερικού με ανάλυση του συστήματος και των αποτελεσμάτων του.

2.1.1 Διόδια στο Λονδίνο

α) Στόχοι και στρατηγική του συστήματος.

Το σύστημα αστικής τιμολόγησης του Λονδίνου τέθηκε σε ισχύ τον Φεβρουάριο του 2003 με σκοπό την μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρηση, την μείωση του μέσου χρόνου μετακίνησης και τη βελτίωση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (TfL, 2008). Η περιοχή που τιμολογούνταν, αρχικά είχε έκταση 22 τετραγωνικά χιλιόμετρα και στη συνέχεια επεκτάθηκε σε 42 τετραγωνικά χιλιόμετρα, έκταση η οποία καλύπτει το 2,6% της πόλης του Λονδίνου.

β) Περιγραφή του συστήματος.

Το σύστημα αστικής τιμολόγησης του Λονδίνου, περιλάμβανε χρέωση κατά την είσοδο, έξοδο, κίνηση ή στάθμευση μέσα στη ζώνη χρέωσης. Περιλάμβανε 174 σημεία ελέγχου και ίσχυε από Δευτέρα έως Παρασκευή 07:00-18:00. Το κόμιστρο ανέρχονταν σε 8 λίρες (9,2 €). Για την χρέωση, χρησιμοποιείται η τεχνολογία ANPR, η οποία αναγνωρίζει αυτόματα τις πινακίδες κυκλοφορίας. Στη συνέχεια, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα πληρωμής μέσω διαδικτύου, γραπτών μηνυμάτων (sms), με μετρητά σε ειδικά μηχανήματα καθώς και εξουσιοδοτημένα καταστήματα, μέχρι τις 22:00 της ίδιας ημέρας. (TfL 2007). Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι της χρέωσης απαλλάσσονταν δίτροχα οχήματα, λεωφορεία, οχήματα έκτακτης ανάγκης μερικά δημόσια οχήματα, ποδήλατα, ταξί, οχήματα εναλλακτικών καυσίμων και οχήματα κατοίκων ζώνης χρέωσης οι οποίοι δικαιούνταν έκπτωση 90%. Η πολιτική απαλλαγής που μόλις αναφέρθηκε θα εφαρμοστεί και στην Αθήνα, σε περίπτωση που εφαρμοστεί το σύστημα αστικής τιμολόγησης. Σε περίπτωση παράβασης, ο παραβάτης καλείται να πληρώσει

πρόστιμο 140 €, ενώ εάν εξοφληθεί εντός δύο εβδομάδων η τιμή του μειώνεται στο μισό, δηλαδή 70 €.

γ) Αποτελέσματα του συστήματος.

Μετά την εφαρμογή του συστήματος αστικής τιμολόγησης στο Λονδίνο, παρατηρήθηκε μείωση των εισερχομένων Ι.Χ. στην περιοχή τιμολόγησης κατά τις ώρες αιχμής της τάξης του 33%. Τον πρώτο χρόνο εφαρμογής του μέτρου, παρατηρήθηκε αιχμή της κίνησης αμέσως μετά τη λήξη της χρέωσης, πρόβλημα το οποίο εξομαλύνθηκε αργότερα. Επίσης, παρατηρήθηκε μείωση στου χρόνους μετακίνησης κατά 30% ενώ η ταχύτητα στην περιοχή ελέγχου αυξήθηκε στα 18 χλμ/ώρα από 14 χλμ/ώρα. Αναφορικά με τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς, παρατηρήθηκε αύξηση στη χρήση τους κατά 7% και μάλιστα οι επιβάτες αστικών λεωφορείων που εισέρχονταν στη ζώνη τιμολόγησης αυξήθηκαν κατά 37%. Τα καθαρά ετήσια έσοδα από την εφαρμογή του μέτρου, ανέρχονται σε 157 εκατομμύρια ευρώ, με 48% ποσοστό λειτουργικών εξόδων επί των εσόδων (CBO, 2009). Τα έσοδα από το σύστημα αξιοποιήθηκαν για τη βελτίωση των αστικών συγκοινωνιών κατά 80% , σε έργα οδικής ασφάλειας κατά 13-15% και το υπόλοιπο 5-7% χρησιμοποιήθηκε σε περιβαλλοντικά πλαίσια, σε έργα και ρυθμίσεις για την πεζή κίνηση και το ποδήλατο.

Τέλος, σημειώθηκε σημαντική μείωση στην εκπομπή ρύπων και πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε 15,7% μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μείωση κατά 17% των οξειδίων του αζώτου, τα PM10 κατά 24%. Το 2011 μια έρευνα του Health Effects Institute, διαπίστωσε ότι δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να τεκμηριώνουν ότι η βελτίωση στην ποιότητα του αέρα συνδέεται άμεσα με την εφαρμογή του μέτρου τιμολόγησης. (Kelly et al, 2011)

2.1.2 Διόδεια στο Εδιμβούργο.

Στην πόλη του Εδιμβούργου, ένα σχέδιο οδικής τιμολόγησης βρισκόταν στα σκαριά για περίπου για μια δεκαετία, μέχρι το Φεβρουάριο του 2005 που αποφασίστηκε να διεξαχθεί ένα δημοψήφισμα. Στόχος του σχεδίου, ήταν η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης αλλά και η συλλογή χρημάτων για επενδύσεις στα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Το σχέδιο περιελάμβανε την ύπαρξη δύο εσωτερικών κλοιών, όπου για την είσοδο τις καθημερινές (Δευτέρα-Παρασκευή), στη ζώνη που περικλείεται από τον εσωτερικό κλοιό, θα υπήρχε χρέωση για τις ώρες μεταξύ 07:00 και 18:30, ενώ για την εξωτερική ζώνη μεταξύ 07:00 και 10:00. Το σύστημα αυτό θα λειτουργούσε και ως υπόδειγμα για άλλες πόλεις όπως Γλασκόβη, Aberdeen και Dundee. Το προτεινόμενο σχέδιο είχε προγραμματιστεί να τεθεί σε

εφαρμογή το 2006 και θα χρησιμοποιούσε την ίδια τεχνολογία με το σχέδιο του Λονδίνου (ANPR). Το κόμιστρο θα ανερχόταν σε 2.3 €, με δυνατότητα όμως οι χρήστες να μπορούν να εισέρχονται αρκετές φορές την ίδια μέρα στον κλοιό που επιθυμούσαν. Οι χρήστες μπορούν να εξοφλήσουν το κόμιστρο σε εξουσιοδοτημένα καταστήματα, μέσω διαδικτύου, γραπτών μηνυμάτων (sms) ή τηλεφωνικών κλήσεων. Από τη χρέωση θα εξαιρούνταν άτομα με ειδικές ανάγκες, ταξί, λεωφορεία, μοτοποδήλατα και οχήματα ενοικιαζόμενα με την ώρα. Επίσης, ο χρήστης δεν θα χρεωνόταν εάν το όχημα δεν διερχόταν έστω από έναν κλοιό χρέωσης αλλά κινούταν μέσα σε αυτόν.

Από το σύστημα οδικής τιμολόγησης που μελετούνταν, ήταν σχεδιασμένο να προκύψει καθαρό κέρδος 57.5 εκατομμύρια € και τα έσοδα θα χρησιμοποιούνταν κυρίως για επενδύσεις στα δημόσια μέσα μαζικής μεταφοράς, όπως και ένα μικρό μέρος τους σε μέτρα για κινητοποίηση πολιτών να χρησιμοποιήσουν το ποδήλατο. Ακόμη, τα έσοδα θα χρησιμοποιούνταν για τη συντήρηση των δρόμων και για την ανάπτυξη προγραμμάτων στάθμευσης.

Τελικώς, στο δημοψήφισμα που έγινε, οι κάτοικοι του Εδιμβούργου απέρριψαν πλειοψηφικά το σχέδιο (74.4% κατά 25,4 υπέρ) και η κυβέρνηση αναγκάστηκε να αποσύρει την πρόταση για οδική αστική τιμολόγηση. Περιβαλλοντικές ομάδες του Εδιμβούργου είχαν τεθεί υπέρ της εφαρμογής του μέτρου, προφανώς, λόγω των αναμενόμενων περιβαλλοντικών οφελών. Ακόμη προηγουμένως του δημοψηφίσματος είχε πραγματοποιηθεί ειδική καμπάνια για το σχέδιο. Αντίπαλο δέος του σχεδίου ήταν η εθνική συμμαχία που έκανε εκστρατεία κατά των αστικών διοδίων στην πόλη του Εδιμβούργου, καθώς επίσης και επιχειρήσεις που είχαν στραφεί εναντίον του σχεδίου φοβούμενοι τις αρνητικές επιδράσεις που μπορεί να είχε στις πωλήσεις των καταστημάτων. Γενικά, η οργάνωση των πολέμιων του συστήματος, ήταν πιο οργανωμένες σε σύγκριση με τους υποστηρικτές του. Άμεση συνέπεια αυτού, είναι η κοινή γνώμη να τεθεί πλειοψηφικά κατά του σχεδίου. Κύριος λόγος για τον οποίο απορρίφθηκε το σχέδιο ήταν το γεγονός ότι οι πιο πολλοί χρήστες προτιμούν τη χρήση I.X., αλλά και η έλλειψη κατανόησης του σχεδίου από το κοινό. Το σχέδιο φαινόταν στους πολίτες περίπλοκο, λόγω της ύπαρξης 2 κλοιών χρέωσης, αντί για έναν ενιαίο. Επίσης, ενώ στο Λονδίνο υπήρχαν τουλάχιστον 60 ειδικοί που ασχολούνταν με το μέτρο, στο Εδιμβούργο υπήρχαν μόνο 6, δίνοντας την εντύπωση ότι η πόλη δεν ήταν έτοιμη ακόμα για ένα τόσο σοβαρό εγχείρημα.

Επιπλέον, οι πολίτες δεν είχαν πειστεί ότι το σχέδιο μπορούσε να πετύχει και τους δύο στόχους του, δηλαδή τη μείωση κυκλοφορίας και τη βελτίωση της δημόσιας συγκοινωνίας. Η επικρατούσα άποψη ήταν ότι η κυβέρνηση προσπαθούσε να συγκεντρώσει χρήματα από τους οδικούς χρήστες, χρησιμοποιώντας την οδική τιμολόγηση ως πρόσχημα για την αύξηση φόρων και χωρίς την πρόθεση για επενδύσεις στα μέσα μαζικής μεταφοράς.

2.1.3 Διόδια στη Σιγκαπούρη.

α) Στρατηγική και στόχοι του συστήματος

Βασικός στόχος για τη διαχείριση της συμφόρησης στη Σιγκαπούρη ήταν η αύξηση της χωρητικότητας των δρόμων για την καλύτερη εξυπηρέτηση των μετακινήσεων, ο περιορισμός του ποσοστού ιδιοκτησίας Ι.Χ. μέσω της επιβολής ακριβού αρχικού κόστους ιδιοκτησίας και ο περιορισμός του βαθμού χρησιμοποίησης του Ι.Χ. Προκειμένου να επιτευχθεί η μείωση αυτή προγραμματίστηκε η επιβάρυνση των αυτοκινητιστών, με βάση την ποσότητα, τον τόπο και το χρόνο χρήσης του Ι.Χ. καθώς και η καταβολή εισφορών μέσω της οδικής τιμολόγησης, του φόρου στη βενζίνη και των τελών στάθμευσης. Πιο συγκεκριμένα, για την οδική τιμολόγηση, στόχος ήταν ο περιορισμός του αριθμού των Ι.Χ., αλλά όχι και των ατόμων που θα κινούνται στην περιοχή τιμολόγησης πράγμα που θα γινόταν μέσω της εξυπηρέτησης μεγαλύτερου αριθμού επιβατών από ένα όχημα. Το μέτρο, είχε απώτερο σκοπό δηλαδή, σε μια ευρύτερη μεταβολή των μεταφορικών συνηθειών των μετακινούμενων στη Σιγκαπούρη, με την επιλογή διαφορετικού μέσου μετακίνησης για τις διαδρομές τους.

β) Περιγραφή του συστήματος.

Το πρώτο σύστημα αστικής τιμολόγησης, εφαρμόστηκε στη Σιγκαπούρη το 1975 ήταν το Σύστημα Έκδοσης Αδειών (ALS) το οποίο και αντικαταστάθηκε το 1998 από την Ηλεκτρονική Οδική Τιμολόγηση (ERP) (Dr. Chin Kian Keong, δοκίμιο για το τρίτο σεμινάριο του IMPRINTEUROPE, Βρυξέλλες, 23/10/2002).

Για το σύστημα αυτό, ALS, προσδιορίστηκε μία Ζώνη Ελέγχου (RZ) στην Κεντρική Επιχειρηματική Περιοχή της Σιγκαπούρης (CBD), η οποία είχε έκταση 610 εκτάρια, και μετά από 14 χρόνια αυξήθηκε σε 725, διότι στην επιχειρηματική ζώνη εντάχθηκαν νέες περιοχές εμπορικού ενδιαφέροντος.

Προκειμένου να εισέλθουν στην Ζώνη Ελέγχου (RZ), οι χρήστες Ι.Χ. έπρεπε να

προμηθευτούν άδειες περιοχής ALS (κάρτες), είτε μηνιαίας ισχύος από κάποιο ταχυδρομείο, είτε ημερησίας ισχύος με σημείο πώλησης πρατήρια καυσίμων, περίπτερα σε δρόμους παραπλήσιους της Ζώνης Ελέγχου ή από ταχυδρομεία. Οι άδειες είχαν διαφορετικό χρώμα κάθε μήνα, ώστε να περιοριστεί το φαινόμενο της παράβασης και να γίνει πιο εύκολος ο έλεγχος για το προσωπικό ασφαλείας, στα σημεία ελέγχου. Σε περίπτωση παράβασης και κάποιο όχημα δεν διέθετε την απαιτούμενη κάρτα, ο ιδιοκτήτης του λάμβανε κλήτευση.

Τον πρώτο καιρό που εφαρμόστηκε το μέτρο, οι ώρες ελέγχου ήταν 07:30-09:30 καθημερινά, εκτός Κυριακής και αργιών. Τρεις εβδομάδες μετά την πρώτη εφαρμογή του μέτρου, ο περιορισμός αυξήθηκε ως τις 10:30, ενώ το 1989 επεκτάθηκε και κατά τις απογευματινές ώρες

16:30-19:00, ώστε να καλυφθούν και αυτές οι ώρες αιχμής. Στις 3 Ιανουαρίου του 1994, πραγματοποιήθηκαν ριζικές αλλαγές στο σύστημα ALS και οι ώρες ελέγχου έγιναν συνεχόμενες και περιελάμβαναν πλέον και το διάστημα 10:15-16:30 τις καθημερινές και το Σάββατο 10:15-15:00 (DoT, 2010).

Αυτοί που εξαιρούνταν του μέτρου τον πρώτο καιρό εφαρμογής του μέτρου ήταν τα ταξί, δημόσια λεωφορεία, φορτηγά οχήματα, μοτοσικλέτες και Ι.Χ. αυτοκίνητα με τρεις ή περισσότερους επιβάτες. Ακόμη, δημιουργήθηκαν στη Σιγκαπούρη σημεία "car pooling" ώστε να επιτευχθεί καλύτερη αξιοποίηση του συστήματος και να καταπολεμηθεί η κατηγορία ότι το μέτρο αυτό σκόπευε να ωφελήσει την ισχυρή τάξη. Γύρω στον Ιούνιο του 1989, κατά την επανεξέταση του συστήματος, διαπιστώθηκε πως συνεχώς αυξανόταν η χρήση μικρών φορτηγών οχημάτων ως μέσο μεταφοράς επιβατών που είχε ως άμεση συνέπεια οι μοτοσικλέτες και τα βαρέα οχήματα να συνιστούν τα 2/3 του κυκλοφοριακού φόρτου εντός της Ζώνης Ελέγχου (RZ). Ακόμη, η έννοια "car-pooling" στη Σιγκαπούρη είχε αρχίσει να αλλοιώνεται, διότι ιδιοκτήτες Ι.Χ. συνέλλεγαν επιβάτες. Λόγω αυτού, το μέτρο αναδιαρθρώθηκε και πλέον εξαιρούνταν της χρέωσης μόνο τα δημόσια λεωφορεία και τα οχήματα εκτάκτου ανάγκης (Land Transport Authority 1996).

Αρχικά, η χρέωση για τα Ι.Χ. αυτοκίνητα ήταν 1,86 € και αυξήθηκε στα 3,10 € το 1980, για να επανέλθει στα 1,86 € το 1989. Κατά τη ριζική αναθεώρηση του συστήματος το 1994, έγινε διαχωρισμός των καρτών, με βάση το χρονικό διάστημα που πραγματοποιιούνταν η μετακίνηση. Πιο συγκεκριμένα, κατά τις ώρες αιχμής, η χρέωση ήταν 1,86 €, ενώ για το υπόλοιπο χρονικό διάστημα ήταν τα 2/3 της τιμής κατά τις ώρες αιχμής, ήτοι 1,24 €.

Με την πάροδο του χρόνου, έγινε επιτακτική η ανάγκη για μια τεχνολογικά εξελιγμένη μέθοδο τιμολόγησης, που θα αντικαθιστούσε το Σύστημα Έκδοσης Αδειών (ALS), το οποίο δεν είχε κατηγοριοποιήσεις στη χρέωση, με βάση την ώρα, τον αριθμό των διελεύσεων, αλλά και τις κυκλοφοριακές συνθήκες στην περιοχή τιμολόγησης, διότι η ύπαρξη διαφορετικών καρτών, με βάση αυτές τις κατηγορίες, θα παρουσίαζε δυσκολίες στην εφαρμογή και στην επιβολή του μέτρου.

Το 1998, το Σύστημα Έκδοσης Αδειών (ALS) αντικαταστάθηκε από την Ηλεκτρονική Οδική Τιμολόγηση (ERP). Το σύστημα ERP βασίζει τη λειτουργία του σε τρεις συνιστώσες. Η πρώτη αφορά σε μια Κάρτα με αποθηκευμένη αξία που λειτουργεί σαν αναμεταδότης εντός των αυτοκινήτων (IU), που διατίθενται στο εμπόριο για διαφορετικές κατηγορίες οχημάτων, με διαφορετικό χρώμα για κάθε κατηγορία. Η δεύτερη περιλαμβάνει κεραίες, ανιχνευτές

οχημάτων και κάμερες, εγκατεστημένα σε γερανογέφυρες, με στόχο την καταγραφή των δεδομένων και την αναμετάδοση τους στον πύργο ελέγχου, ο οποίος αποτελεί την τρίτη συνιστώσα και περιλαμβάνει διακομιστές και συστήματα παρακολούθησης. Στον πύργο ελέγχου πραγματοποιείται, επίσης, ο έλεγχος των παραβατών και αποστέλλεται το αντίστοιχο πρόστιμο. Το σύστημα ERP είναι απλό στη χρήση. Ο χρήστης περνάει από την υποδοχή ERP, το κατάλληλο τέλος αφαιρείται και παράγεται ένας μικρός ήχος, που υποδηλώνει την επιτυχία της συναλλαγής. Αν δεν υπάρχουν επαρκή μετρητά στην κάρτα (ή και καθόλου κάρτα), τότε οι

κάμερες φωτογραφίζουν το όχημα από την πίσω όψη και στέλνουν την εικόνα στον πύργο ελέγχου, αναγνωρίζεται ο αριθμός κυκλοφορίας και αποστέλλεται το πρόστιμο.

γ) Αποτελέσματα του συστήματος.

Στο αρχικό στάδιο εφαρμογής του ALS, η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης ήταν 44%, αλλά μειώθηκε στο 38% το 1998, διότι οι χρήστες Ι.Χ. αυτοκινήτων δεν είχαν πλέον ως προορισμό την πόλη, κάνοντας παρακάμψεις στη διαδρομή τους και αλλάζοντας το χρονικό διάστημα, που θα πραγματοποιήσουν τη μετακίνηση, ώστε να αποφύγουν τα διαστήματα επιβολής της χρέωσης.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του ERP, σημειώθηκε μείωση του όγκου κυκλοφορίας κατά 10-15% στην Κεντρική Επιχειρηματική Περιοχή (CBD), διότι με το νέο σύστημα περιορίστηκε η δυνατότητα των πολλαπλών διελεύσεων, που επέτρεπε το ALS. Ως αποτέλεσμα, ο κυκλοφοριακός φόρτος μειώθηκε, παρά το γεγονός πως η χρέωση στο σύστημα ERP κυμαινόταν από 0,3€ έως και 3,10€, με την αντίστοιχη χρέωση στο σύστημα ALS να είναι για τις ώρες αιχμής 1,86 € και για τα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα της ημέρας 1,24 €.

Το νέο σύστημα ERP, επιπρόσθετα, είχε ως στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης του οδικού δικτύου και, ως συνέπεια, ύστερα από κατάλληλες έρευνες, διαπιστώθηκε ότι η βέλτιστη ταχύτητα κυκλοφορία εντός της περιοχής CBD πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 20 km/h και 30 km/h. Όταν η ταχύτητα υπερβαίνει τα 30 km/h, συνεπάγεται πως μικρός αριθμός οχημάτων χρησιμοποιεί το οδικό τμήμα της περιοχής τιμολόγησης και, ως εκ τούτου, κρίνεται σκόπιμη η μείωση της χρέωσης, ώστε να γίνεται βέλτιστη χρήση του δρόμου. Αντίστροφα, όταν η

ταχύτητα είναι μικρότερη του κατώτατου ορίου, η επιβάρυνση της τιμολόγησης πρέπει να αυξηθεί.

Τέλος, με το σύστημα ERP, τα ετήσια έσοδα ανέρχονται στα 38 εκατομμύρια ευρώ, την ώρα που η εγκατάσταση του συστήματος κοστολογείται 95,6 εκατομμύρια ευρώ.

δ) Επιπτώσεις του συστήματος.

Η περιοχή τιμολόγησης αποτελεί το κέντρο επιχειρηματικών και εμπορικών δραστηριοτήτων. Για την ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιπτώσεων στο εμπόριο, καθορίστηκαν οι συγκεκριμένες ώρες εφαρμογής του μέτρου, σχέδιο που ωφέλησε τις επιχειρήσεις, διότι ήταν ευκολότερη η πρόσβαση στην περιοχή. Το πρόβλημα παραβίασης της ιδιωτικής ζωής των χρηστών αντιμετωπίστηκε με τη διαγραφή του συνόλου των συναλλαγών από το κεντρικό σύστημα, με την πάροδο των 24 ωρών και της καταγραφής των συναλλαγών στην ατομική κάρτα του χρήστη. Ένα ακόμα ζήτημα ήταν η ακτινοβολία που εξέπεμπε το σύστημα, ανησυχία

που εξαλείφθηκε, με βάση το δεδομένο πως οι κεραίες εκπέμπουν σημαντικά μικρότερη ακτινοβολία από τα όρια που επιβάλλουν οι διεθνείς οργανισμοί.

2.1.4 Διόδεια στο Όσλο.

α) Στόχοι και Στρατηγική του συστήματος.

Το σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης ξεκίνησε να εφαρμόζεται στο Όσλο τον Φεβρουάριο του 1990 και αποτελείται από 3 κομμάτια. Το Oslo Package 1 ξεκίνησε το 1990 και το 2001 συνεχίστηκε με το Oslo Package 2 με σκοπό την εξασφάλιση κεφαλαίου για την βελτίωση των δημόσιων συγκοινωνιών. Το Oslo Package 3 ξεκίνησε το 2008 και θα διαρκέσει έως το 2027 (Ieromonachou, Potter, Warren, 2006). Ο στόχος του συστήματος δεν ήταν αποκλειστικά η αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης αλλά επιπλέον η βελτίωση των υποδομών καθώς και η κατασκευή νέων.

β) Περιγραφή του συστήματος.

Η ζώνη χρέωσης έχει έκταση 64 km^2 . Στο Όσλο έχουν εγκατασταθεί 19 σταθμοί διοδίων που βρίσκονται διατεταγμένοι σε έναν δακτύλιο γύρω από την πόλη. Οι σταθμοί διοδίων τοποθετήθηκαν μεταξύ 3 και 8 km από το κέντρο της πόλης για τη μεγιστοποίηση του εισοδήματος. Όπως και στη Αθήνα στη περίπτωση της Αττικής Οδού οι μπλε λωρίδες στα διόδια χρησιμοποιούνται για τους κατόχους "AutoPass". Οι άσπρες λωρίδες χρησιμοποιούνται από μεγάλα οχήματα, επισκέπτες και οχήματα που πληρώνουν διαφορετική δαπάνη και οι υπόλοιπες λωρίδες είναι για την πληρωμή με μετρητά, οι οποίες έχουν περιοριστεί μετά το 2008 και έχουν αντικατασταθεί από λωρίδες AutoPass. Μία πλειοψηφία της τάξης του 60% από τους διερχόμενους οδηγούς πληρώνουν τους φόρους ηλεκτρονικά μέσω των ετικετών AutoPass, ενώ τις ώρες αιχμής το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 85%. Κατά τη διαδικασία αυτή, η ταυτότητα της μονάδας, που διέρχεται από το σταθμό διοδίων, αναγνωρίζεται και μεταφέρεται στον υπολογιστή, όπου ελέγχεται η κατάσταση της κάρτας. Σε περίπτωση παράνομης μετάβασης, ενεργοποιείται μια τηλεοπτική μηχανή λήψης, ώστε να αποσταλεί το πρόστιμο.

Η χρέωση στην αρχή ήταν 1,36 € (11 Νορβηγικές Κορώνες), αργότερα έγινε 2,47 € (20 Νορβηγικές Κορώνες) και σήμερα είναι 2.8 € (25 Νορβηγικές Κορώνες) ανά διέλευση για τα συμβατικά οχήματα και 8.4 € (75 Νορβηγικές Κορώνες) για τα βαρέα οχήματα. Ακόμη, είναι διαθέσιμα και τα εισιτήρια AutoPass που ισχύουν για μεγαλύτερο διάστημα και προσφέρουν

10% έκπτωση. Τα αστικά διόδια είναι σε εφαρμογή όλες τις ημέρες της εβδομάδας και όλες τις ώρες της ημέρας.

γ) Αποτελέσματα του συστήματος.

Κατά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του συστήματος, σημειώθηκε μείωση της κυκλοφορίας στο Όσλο μόλις κατά 10% (Ramjerdi et al., 2004), λόγω της μικρής τιμής του αντιτίμου. Ο αριθμός των Ι.Χ. μειώθηκε ακόμη λιγότερο κατά τις ώρες αιχμής ενώ ο φόρτος μειώθηκε κατά τις ώρες ψυχαγωγίας. Υπολογίστηκε πως, για να μειωθεί σημαντικά η κυκλοφοριακή συμφόρηση, θα πρέπει το κόμιστρο να είναι 3 έως 5 φορές μεγαλύτερο από το υπάρχον. Ακόμη παρουσιάστηκε μικρή αλλαγή στον αριθμό των ανθρώπων που χρησιμοποιούν τα Μ.Μ.Μ. Συνολικά, η μείωση της κυκλοφορίας το 2010 ήταν 3-5% σε σχέση με την κυκλοφορία πριν από την επιβολή του κομίστρου. Η χρήση των Μ.Μ.Μ αυξήθηκε κατά 6-9% και ο αριθμός και η διάρκεια των καθυστερήσεων μειώθηκαν λόγω της εξαφάνισης των "bottleneck" που δημιουργούνταν. (Ramjerdi et al., 2004)

Στα θετικά του συστήματος επίσης εντάσσονται η μείωση του επιπέδου της ηχορύπανσης και βελτιώθηκε η ποιότητα του περιβάλλοντος. Ακόμη αξίζει να αναφερθεί ότι βελτιώθηκε η ασφάλεια των μετακινήσεων (Waersted, 2010).

Συμπερασματικά, περίπου 250000 οχήματα εισέρχονται στη ζώνη χρέωσης κατά μέσο όρο καθημερινά, ενώ ένα ποσοστό της τάξης του 40% των συνολικών οδηγών του Όσλο εισέρχονται στην περιοχή χρέωσης. Τα έσοδα του συστήματος τιμολόγησης, είναι περίπου 1 δισ. Νορβηγικές Κορώνες (131.400.000 €) ανά έτος, το 10% των οποίων χρησιμοποιείται για τα έξοδα λειτουργίας του. Έτσι, το σύστημα του Όσλο, κρίνεται αποτελεσματικό. Το καθαρό κέρδος επίσης, χρησιμοποιείται για την συντήρηση του οδικού δικτύου και για έργα επέκτασης και διαπλάτυνσής του. Τα τόσο θετικά αποτελέσματα από το σύστημα οδικής τιμολόγησης του Όσλο, έχουν οδηγήσει σε αναβάθμιση της ποιότητας ζωής. Συγκεκριμένα, στο κέντρο της πόλης έχει ως αποτέλεσμα την βελτιωμένη ποιότητα των δημόσιων χώρων και τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Τέλος, ενώ το σύστημα αρχικά ήταν σχεδιασμένο να τερματιστεί το 2007, η μεγάλη απώλεια εσόδων και οι συνεχόμενες ανάγκες για νέα έργα υποδομής, επέβαλαν τη συνέχισή του.

2.1.5 Διόδια στη Στοκχόλμη.

α) Στόχοι και Στρατηγική του συστήματος.

Ο μηχανισμός τιμολόγησης της συμφόρησης εφαρμόστηκε στη Στοκχόλμη, σε πιλοτικό στάδιο, από τον Ιανουάριο του 2006 έως τον Ιούλιο του ίδιου έτους και τέθηκε σε πλήρη ισχύ τον Αύγουστο του 2007 (Eliasson et al., 2009). Πρωταρχικός στόχος του συστήματος ήταν η αντιμετώπιση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, η βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, με τη μείωση της εκπομπής ρύπων και η αναβάθμιση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς.

β) Περιγραφή του συστήματος.

Η περιοχή τιμολόγησης της Στοκχόλμης έχει έκταση 30 km², αποτελώντας το 9% της πόλης. Ο τύπος των διοδίων έχει το χαρακτήρα δυναμικής τιμολόγησης ανά διέλευση, από έναν κλοιό, ανάλογα με την ώρα διέλευσης. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι η ANPR και, πιο συγκεκριμένα, το σύστημα λειτουργεί με κάμερες, οι οποίες καταγράφουν το τσιπ που είναι ενσωματωμένο στο όχημα που εισέρχεται στην περιοχή τιμολόγησης και έπειτα αποστέλλεται στο χρήστη η σχετική ειδοποίηση. Το σύστημα είναι ενεργό από Δευτέρα έως Παρασκευή και ώρες 06:30-18:30, με το ύψος του κόμιστρου να έχει τιμές 1 €, 1.5 €, 2 €, ανάλογα με την ώρα διέλευσης στην περιοχής τιμολόγησης, με μέγιστη χρέωση την ημέρα τα 6 € (Eliasson et al., 2009).

Ο έλεγχος γίνεται σε 18 σημεία της πόλης, στα οποία δεν υπάρχουν μπάρες για την αποφυγή καθυστερήσεων. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα καταβολής των τελών των διοδίων μέσω προπληρωμένου ποσού με AutoPass, μέσω διαδικτύου, πληρωμής σε καταστήματα ή σε τράπεζες, σε μηνιαία βάση (City of Stockholm, 2009). Της χρέωσης εξαιρούνται οχήματα έκτακτης ανάγκης, λεωφορεία με ολικό βάρος περισσότερα από 14 τόνους, αυτοκίνητα διπλωματικού σώματος, μοτοσυκλέτες, αυτοκίνητα με πινακίδες εξωτερικού, στρατιωτικά οχήματα, οχήματα εναλλακτικών καυσίμων ως το 2012 και όλα τα οχήματα τον Ιούλιο. Για τους παραβάτες, το πρόστιμο είναι 50 € (ΚΤΑ, 2008).

γ) Αποτελέσματα του συστήματος.

Μετά την εφαρμογή του συστήματος αστικής τιμολόγησης στη Στοκχόλμη, η κυκλοφοριακή συμφόρηση εμφάνισε μείωση της τάξης του 22% (TfL, 2008), με μετέπειτα εξομάλυνση της αρχικής αύξησης της κυκλοφοριακής κίνησης στις ώρες αιχμής. Επίσης οι χρόνοι μετακίνησης μειώθηκαν κατά 30-50%, ενώ η ταχύτητα ελέγχου στην περιοχή τιμολόγησης αυξήθηκε κατά 30-50%, με 33% αύξηση τις πρωινές ώρες αιχμής και τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς παρουσίασαν αύξηση 9% στη χρήση τους. Όσον αφορά στο σκέλος των περιβαλλοντικών συνθηκών, ο στόχος βελτίωσής τους επετεύχθη, με μείωση της εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα κατά 14% στην περιοχή χρέωσης.

Τα καθαρά ετήσια έσοδα είναι 52 εκατομμύρια ευρώ, με ποσοστό 25% λειτουργικών εξόδων επί των εισόδων, τα οποία αποτέλεσαν επενδύσεις σε υποδομές, σε αναβάθμιση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς και σε αξιολόγηση των αστικών διοδίων.

2.2 Προσομοίωση κίνησης οχημάτων σε πόλεις του εξωτερικού.

Παρακάτω παρατίθενται δύο παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου προσομοίωσης με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun.

2.2.1 Προσομοίωση στο Τορόντο

Οι Παναμερικανικοί Παραπαναμερικανικοί αγώνες του 2015 προβλέπεται να προσεγγίσουν πάνω από 7,000 αθλητές και σχεδόν 1,4 εκατομμύρια επισκέπτες στο Τορόντο του Καναδά και στην περιοχή του Greater Golden Horseshoe. Η περιοχή των αγώνων εκτείνεται σε μια έκταση 5300 τετραγωνικών χιλιομέτρων και οι αγώνες θα είναι ένα από τα μεγαλύτερα γεγονότα στην ιστορία του Καναδά. Η συμφόρηση των οχημάτων είναι ένα ήδη υπάρχον πρόβλημα στην περιοχή και οι διοργανωτές ψάχνανε για ένα τρόπο για να διαχειριστούν καλύτερα τις μετακινήσεις κατά τη διάρκεια των αγώνων ώστε να μπορούν να βελτιστοποιήσουν τις μετακινήσεις των αθλητών και του προσωπικού των αγώνων. (TTT,2015)

Γι αυτό το λόγο η Συγκοινωνιακή Ομάδα των Παναμερικανικών αγώνων, (Pan Am/Parapan Am Transportation Team) δουλεύει πάνω σε ένα πλάνο μετακινήσεων το οποίο θα κοστίσει 60 εκατομμύρια καναδικά δολάρια προκειμένου να παρέχει στους συμμετέχοντες των αγώνων ασφαλής και αξιόπιστες μετακινήσεις.

Το πλάνο περιέχει αλλαγές διαχείρισης κίνησης όπως οι λωρίδες προτεραιότητας (priority lane



Σχήμα 2.1 Το μοντέλο προσομοίωσης Aimsun του Τορόντο

Network PLN), περιορισμούς στάθμευσης, απαγορεύσεις αναστροφών και αλλαγές στις μετακινήσεις με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς και αποκλεισμούς δρόμων.

Προκειμένου να αξιολογήσει τις προαναφερθείσες αλλαγές και πιο συγκεκριμένα τη δημιουργία λωρίδων προτεραιότητας, η επιτροπή των αγώνων, ανέπτυξε ένα μοντέλο προσομοίωσης, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Aimsun. Το μοντέλο, περιείχε ους αυτοκινητόδρομους τις ευρύτερης περιοχής, στους οποίους προστέθηκαν οι λωρίδες προτεραιότητας για τα οχήματα των αγώνων. Μέσω του μοντέλου προσομοίωσης οι διοργανωτές ήταν ικανοί να δουν μετά από μακροσκοπική μεσοσκοπική και μικροσκοπική ανάλυση τις επιπτώσεις στο δίκτυο των αλλαγών που επρόκειτο να πραγματοποιηθούν αλλά και την αντίδραση του κοινού στις αλλαγές αυτές.

2.2.2 Προσομοίωση στο Αεροδρόμιο του Παρισιού Charles de Gaulle

Η εταιρεία Aéroports de Paris (AdP), στα πλαίσια του σχεδίου της για την πόλη των Παρισιών να γίνει μια πόλη-αεροδρόμιο, έδωσε εντολή στην Γαλλική συμβουλευτική εταιρεία μηχανικών CDVIA, να αναπτύξει ένα μοντέλο προσομοίωσης για την περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο (T TT February 2015).



Σχήμα 2.2 Η περιοχή του μοντέλου προσομοίωσης στο αεροδρόμιο του Παρισιού

Το υβριδικό αυτό μοντέλο χτίστηκε με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο αυτό απεικόνιζε μια ευρύτερη περιοχή γύρω από το αεροδρόμιο του Παρισιού, για μεσοσκοπική ανάλυση αλλά περιείχε και ένα μεγάλο αριθμό από "τσέπες" (rockets) οι οποίες δίνανε τη δυνατότητα στο χρήστη να κάνει μικροσκοπική ανάλυση όπου χρειαζόταν παραπάνω λεπτομέρεια. Το μοντέλο του Charles de Gaulle περιείχε δρόμους προσέγγισης, το μήκος των οποίων ξεπερνούσε τα 240 χιλιόμετρα, 600 συμβολές δρόμων, 64 γραμμές λεωφορείων, 100 στάσεις λεωφορείων και 190 "κεντροειδή".



Σχήμα 2.3 Το υβριδικό μοντέλο προσομοίωσης γύρω από το αεροδρόμιο Charles de Gaulle

Για την ανάπτυξη του μοντέλου, έχουν διαμορφωθεί πίνακες OD , (origin - destination) δηλαδή πίνακες οι οποίοι περιέχουν στοιχεία μετακινήσεων όπως η προέλευση και ο προορισμός οι οποίοι βοηθούν στη διαχείριση της πρωινής και απογευματινής αιχμής. Η AdP, χρησιμοποιεί ακόμη το μοντέλο, για να αξιολογήσει λύσεις για μη επαναλαμβανόμενα προβλήματα κίνησης. Παρά την ακρίβεια που προσφέρει το μοντέλο, ακόμη κρίνεται σκόπιμη από τους ερευνητές του, η περαιτέρω επεξεργασία του.

2.3 Συμπεράσματα βιβλιογραφίας.

Κατά την ανάλυση της βιβλιογραφίας, έγινε αντιληπτό, ότι υπάρχει ανάγκη στα οδικά δίκτυα ανά τον κόσμο για αλλαγές οι οποίες θα επιφέρουν θετικά αποτελέσματα στην κυκλοφορία και στο περιβάλλον μιας πόλης. Στον Πίνακα 2.1 συνοψίζονται τα συστήματα τιμολόγησης που αναφέρθηκαν καθώς και οι επιπτώσεις τους. Παρατηρείται, ότι σε όλα τα προαναφερθέντα συστήματα τιμολόγησης που εφαρμόστηκαν, οι επιπτώσεις στην κυκλοφορία είναι εντυπωσιακές. Παρουσιάζεται κατά μέσο όρο μία μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στην περιοχή τιμολόγησης της τάξης του 25%. Επίσης, παρατηρούνται, ανάλογα με το είδος του συστήματος τιμολόγησης που εφαρμόζεται, θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, δηλαδή μείωση των επιπέδων των ρύπων στην ατμόσφαιρα.

Πίνακας 2.1 Επιπτώσεις συστημάτων τιμολόγησης στην κυκλοφορία και το περιβάλλον

	Μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης	Επιπτώσεις στο περιβάλλον
Λονδίνο	33%	Μείωση: 15,7% CO ₂ , 17 % NO _x , PM10 24%
Σιγκαπούρη	38%	+Σημαντική μείωση των ρύπων. - Ακτινοβολία που εξέπεμπε το σύστημα
Όσλο	10%	Σημαντική μείωση ρύπων και ηχορύπανσης
Στοκχόλμη	22%	Μείωση 14% του CO ₂
Μέσος όρος	25,75%	

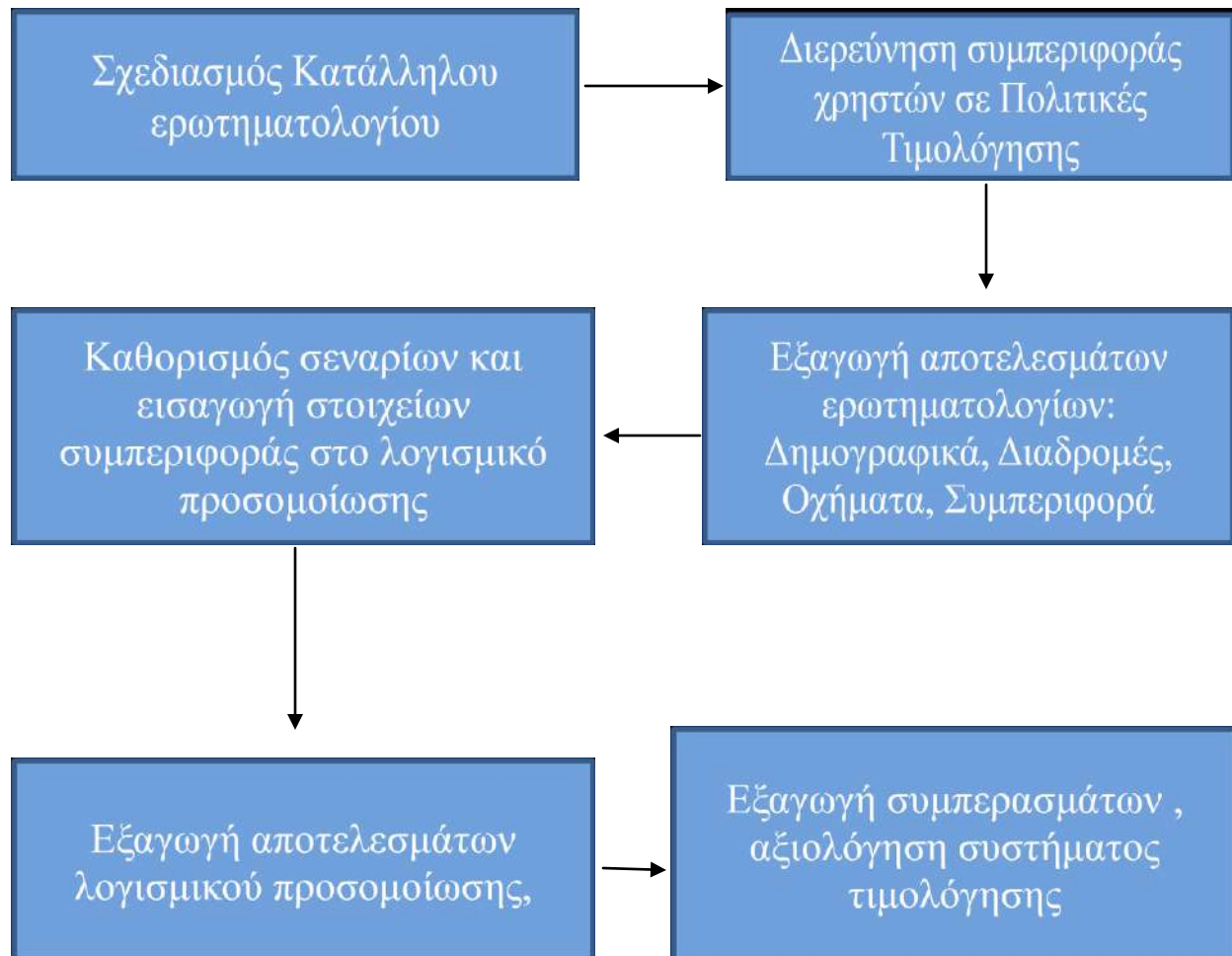
Έτσι, κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης στην περιοχή του δακτυλίου της Αθήνας η οποία έχει σοβαρά προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης αλλά και ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως αποδείχθηκε στην πρώτη ενότητα της διπλωματικής εργασίας.

Το προς μελέτη σύστημα τιμολόγησης της Αθήνας, θα πρέπει να μελετηθεί εκτενώς και το ύψος του κομίστρου θα πρέπει να γίνει το μεγαλύτερο αντικείμενο μελέτης, καθώς η Ελλάδα διανύει περίοδο βαθιάς οικονομικής κρίσης. Το ύψος του κομίστρου καθώς και ο τρόπος με τον οποίο το

σύστημα τιμολόγησης θα "διαφημιστεί" στην Αθήνα θα είναι τα καθοριστικά στοιχεία που θα κρίνουν εάν αυτό θα γίνει αποδεκτό από το ευρύ κοινό.

Κεφάλαιο 3^ο Μεθοδολογική Προσέγγιση

3.1 Διάγραμμα ροής εργασιών



3.2 Έρευνα Πεδίου

3.2.1 Περιγραφή και Στόχοι του Προτεινόμενου Συστήματος των

Διοδίων

α) Περιγραφή του συστήματος.

Το προς μελέτη σύστημα της παρούσας έρευνας πρόκειται για ένα σύστημα αστικής τιμολόγησης που θα εφαρμοστεί στην περιοχή του μικρού δακτυλίου της Αθήνας. Οι ώρες κατά τις οποίες θα εφαρμόζεται θα είναι από τις 07:00-21:00 εκτός από τις Κυριακές, τις αργίες και τις μέρες που δεν θα λειτουργεί το μετρό. Το Σάββατο θα τίθεται σε ισχύ κατά τις εργάσιμες ώρες, δηλαδή από τις 07:00-15:00.

Είναι κατανοητό, ότι στη δύσκολη εποχή που διανύει η χώρα μας, η αποδοχή ενός τέτοιου μέτρου θα είναι πολύ δύσκολο να γίνει αποδεκτή από τους χρήστες. Προκειμένου αυτή να γίνει λίγο πιο εύκολη, κρίνεται απαραίτητο το σύστημα να είναι όσο πιο απλό και κατανοητό. Έτσι, αποφεύγονται οι εγκαταστάσεις σταθμών διοδίων, προκειμένου να μην δημιουργηθούν χρονικές καθυστερήσεις. Αντ'αυτού, κατά την είσοδο ενός οχήματος στο μικρό δακτύλιο, θα γίνεται καταγραφή και αναγνώριση των πινακίδων του από κάμερες και ο οδηγός, θα καλείται να πληρώσει το αντίστοιχο αντίτιμο. Η πληρωμή θα γίνεται μέσω ειδικών καρτών τις οποίες οι χρήστες θα μπορούν να προμηθευτούν από πρατήρια ή περίπτερα στην περιοχή χρέωσης, μέσω διαδικτύου (πιστωτικής κάρτας) και μέσω γραπτού μηνύματος από κινητό. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν πληρώσει το αντίτιμο εντός 10 ημερών, το ποσό θα διπλασιάζεται και με την πάροδο 20 ημερών θα αφαιρούνται οι πινακίδες από το όχημα του παραβάτη.

Το ύψος του κομίστρου, που θα κληθεί ο χρήστης να καταβάλλει, είναι αντικείμενο προς μελέτη και πρέπει να χειριστεί αυτή η έρευνα με μεγάλη προσοχή. Το κόστος πρέπει να είναι τόσο ώστε να μην υπάρχουν μαζικές αντιδράσεις από τους χρήστες ειδικά τον πρώτο καιρό της εφαρμογής του συστήματος. Στην πορεία εφόσον γίνουν κατανοητά τα οφέλη του συστήματος στους χρήστες, οι αναγκαίες τροποποιήσεις είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν. Κατηγορίες χρηστών οι οποίες απαλλάσσονται από τη χρέωση, είναι οι μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής τιμολόγησης, τα Μ.Μ.Μ., τα οχήματα σωμάτων ασφαλείας (αστυνομία πυροσβεστική, στρατιωτικά οχήματα), ασθενοφόρα, οι οδηγοί δικύκλων και οι οδηγοί οχημάτων με εκπομπές ρύπων $\text{CO}_2 < 100 \text{ g/km}$.

Επίσης έχει προταθεί η δημιουργία κάρτας για με έκπτωση για χρήστες οι οποίοι χρησιμοποιούν το κέντρο καθημερινά. Καθώς όπως αναφέρθηκε και στη βιβλιογραφική ανασκόπηση το

σύστημα τιμολόγησης πρέπει να είναι απλό, ειδικά τον πρώτο χρόνο εφαρμογής του, στην εργασία αυτή εξετάζεται ενιαία χρέωση για όλη την ημέρα.

β) Στόχοι του Συστήματος.

Οι δύο βασικοί στόχοι της έρευνας, είναι η μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης στο κέντρο της Αθήνας και η μείωση των εκπομπών ρύπων. Η αυξημένη κίνηση στο κέντρο της Αθήνας αποτελεί σοβαρό πρόβλημα με άμεσες επιπτώσεις στην ζωή των πολιτών. (υπερβολικά μεγάλοι χρόνοι μετακίνησης). Έτσι, κρίνεται απαραίτητη η καταπολέμηση αυτού του φαινομένου. Μέσω της μείωσης της κίνησης των οχημάτων στο κέντρο της Αθήνας, θα μειωθεί και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι ρύποι των οχημάτων επιφέρουν δυσάρεστες συνέπειες στην υγεία των πολιτών.

Αξίζει να αναφερθεί εν συντομία, ότι τα έσοδα από το σύστημα τιμολόγησης, θα χρησιμοποιηθούν πρωταρχικά στην κάλυψη των εξόδων συντήρησης και λειτουργίας του. Επιπρόσθετα, τα καθαρά κέρδη από την τιμολόγησης θα χρησιμοποιηθούν για εργασίες αναβάθμισης των δρόμων στο κέντρο της Αθήνας καθώς και για την αναβάθμιση των υποδομών των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Τα παραπάνω, θα επηρεάσουν θετικά τους πολίτες, ώστε να αποδεχτούν ευκολότερα το σύστημα.

3.2.2 Περιγραφή Έρευνας Πεδίου.

Στόχος της έρευνας αυτής είναι η διερεύνηση της συμπεριφοράς των πολιτών που κινούνται στο κέντρο της Αθήνας για διάφορες τιμές του κομίστρου. Ακόμη, εξετάζονται τα στοιχεία του οχήματος των χρηστών που εισέρχονται στο μικρό δακτύλιο, το μέσο μαζικής μεταφοράς που επιλέγουν πριν και μετά την εφαρμογή του μέτρου καθώς και η δυνατότητα που έχουν οι χρήστες να πραγματοποιήσουν την διαδρομή τους στο κέντρο της Αθήνας είτε με Μ.Μ.Μ είτε εάν αυτή απλώς περνάει μέσα από το κέντρο της Αθήνας, αν αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με παράκαμψη του δακτυλίου. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν μέσω των ερωτηματολογίων εισήχθησαν σε λογισμικό προσομοίωσης "Aimsun" και προέκυψαν τα αποτελέσματα που θα αναφερθούν σε παρακάτω ενότητα.

Το δείγμα της έρευνας, περιλαμβάνει πολίτες, που διέρχονται από το Κέντρο της Αθήνας, λόγω εργασίας, σπουδών, αναψυχής ή για αγορές. Τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν αρχικά ήταν 343. Δυστυχώς, τα ερωτηματολόγια των πολιτών που πληρούσαν τις προϋποθέσεις για να απαντήσουν το τελευταίο τμήμα του ερωτηματολογίου ήταν 100, καθώς ένα μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων επέλεξαν για μέσο μετακίνησης στο κέντρο της Αθήνας τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Αυτό το ποσοστό, θα μπορούσε να αυξηθεί εάν τα σημεία που γίνονται οι

συνεντεύξεις ήταν σε σημεία που συχνάζουν μόνο οδηγοί Ι.Χ. όπως στην έξοδο παρκινγκ στο κέντρο της Αθήνας. Παρ'όλ αυτά, τα στοιχεία κρίνονται επαρκή.

Προκειμένου να διερευνηθεί η προτίμηση των ερωτώμενων, η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της δεδηλωμένης προτίμησης. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε μέσω ατομικών συνεντεύξεων από τον ερευνητή και μέσω διαδικτύου. Οι συνεντεύξεις έλαβαν χώρα στις περιοχές: Νέο Ηράκλειο, Ζωγράφου, Εξάρχεια και Αμπελόκηποι. Το χρονικό διάστημα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα, ήταν από 15/11/2014 έως 15/12/2014 κατά τις εργάσιμες ώρες (08:00-18:00). Ο χρόνος που απαιτούνταν για μία συνέντευξη ανερχόταν στα 6 λεπτά. Είναι σημαντικό ο χρόνος που απαιτείται για την συνέντευξη να είναι σύντομος για την καλύτερη κατανόηση από τον ερωτώμενο. Η επιλογή των ατόμων έγινε τυχαία ώστε το δείγμα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Τα άτομα που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο ήταν πεζοί, εργαζόμενοι σε γραφεία και νοσοκομεία, ιδιοκτήτες Ι.Χ. που μόλις είχαν σταθμεύσει καθώς και φοιτητές εξερχόμενοι από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο στην οδό Στουρνάρη. Πριν ξεκινήσει η συνέντευξη ο ερευνητής διευκρίνιζε ότι η έρευνα είναι ανώνυμη με φορέα διεξαγωγής το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και στόχο έχει τη διερεύνηση μέτρων για να βρεθεί τρόπος να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων στο κέντρο της Αθήνας. Μέσω διαδικτύου, το ερωτηματολόγιο αναρτήθηκε στις Ιστοσελίδες www.apergia.gr και www.mqn.gr.

Η πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον ηλεκτρονικό σχεδιασμό και συλλογή αποτελεσμάτων του ερωτηματολογίου ήταν η πλατφόρμα της εταιρείας "Google", όπου μέσω της δημιουργίας φόρμας συλλογής απαντήσεων (Google Forms) και τα στοιχεία συγκεντρώνονταν σε ένα αρχείο Google Docs, στο Google Drive σε μορφή φύλλου Excel.

3.2.3 Το ερωτηματολόγιο

Ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου έγινε προκειμένου να αποσπάσουμε τα απαραίτητα στοιχεία που χρειαζόμαστε για την κατάλληλη επεξεργασία που θα ακολουθήσει. Ο χρόνος που απαιτούνταν για τη συμπλήρωση του ανερχόταν στα 6 - 7 λεπτά ανάλογα με την αντίληψη και το μορφωτικό επίπεδο του ερωτώμενου. Ο ερευνητής σε περίπτωση απορίας από τον ερωτώμενο, απαντούσε ώστε να διευκολύνει τη διαδικασία συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων. Κάθε ερώτηση περιείχε επαρκή αριθμό απαντήσεων ώστε να καλύψει όσο το δυνατόν όλες τις εναλλακτικές απαντήσεις που μπορούσε να δώσει κάποιος. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 3 τμήματα που θα αναλυθούν παρακάτω.

Ενότητες του ερωτηματολογίου.

Τμήμα Α

Το τμήμα Α του ερωτηματολογίου, περιέχει 12 ερωτήσεις, οι οποίες αφορούν κυρίως τον ερωτώμενο και τα δημογραφικά του στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, στην 1η ερώτηση ο ερευνητής ρωτούσε το φύλο του ερωτώμενου.

Στην 2η ερώτηση ο ερωτώμενος συμπλήρωνε την ηλικιακή κατηγορία στην οποία εντάσσεται με τις εναλλακτικές επιλογές να είναι 6 (18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >=65).

Η 3η ερώτηση αφορούσε την οικογενειακή κατάσταση του ερωτώμενου, και πιο συγκεκριμένα εάν είναι ανύπαντρος ή παντρεμένος (με πόσα παιδιά) και πόσα άτομα βρίσκονται στο νοικοκυριό του σπιτιού του.

Η 4η ερώτηση αφορούσε το Επίπεδο Εκπαίδευσης του ερωτώμενου, με τις εναλλακτικές επιλογές σε αυτή την ερώτηση να είναι Γυμνάσιο-Λύκειο-Πανεπιστήμιο.

Στην 5η ερώτηση ο ερωτώμενος καλούνταν να συμπληρώσει την επαγγελματική του απασχόληση με 7 εναλλακτικές απαντήσεις. (Δημόσιος Υπάλληλος, Ιδιωτικός Υπάλληλος, Φοιτητής, Ελ.επαγγελματίας, Συνταξιούχος, Άνεργος η Άλλο.)

Στην 6η ερώτηση ο ερωτώμενος απαντούσε εάν έχει διαθέσιμο Ι.Χ. για τις μετακινήσεις του. Στη συνέχεια, εάν απαντούσε θετικά, ακολουθούσαν ερωτήσεις οι οποίες αφορούσαν τον τύπο του οχήματος, την πρώτη χρονολογία κυκλοφορίας του, τον κυβισμό του οχήματος, την απόδοση του κινητήρα, και τον τύπο καυσίμου. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ένας μεγάλος αριθμός ερωτώμενων δε γνώριζε την απόδοση του κινητήρα του Ι.Χ. του σε άλογα καθώς και το πρώτο έτος κυκλοφορίας. Σε αρκετά ερωτηματολόγια, έχοντας τα κυβικά του οχήματος και το μοντέλο του, ήταν δυνατή η συμπλήρωση των στοιχείων που έλλειπαν από τον ερευνητή με τη βοήθεια του διαδικτύου και πιο συγκεκριμένα τα site www.4-trochoi.gr και www.auto-data.gr . Κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί εδώ ότι με την βοήθεια των προαναφερθέντων ιστοσελίδων ο μελετητής, εντοπίζοντας το μοντέλο του οχήματος, συμπλήρωσε στο φύλλο Excel του ερωτηματολογίου στοιχεία κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών CO₂ για όλα τα οχήματα που συμπληρώθηκαν στα ερωτηματολόγια. Στην τελευταία ερώτηση του τμήματος Α, ο ερωτώμενος καλούνταν να εντάξει τον εαυτό του σε μια από τις 4 κατηγορίες μηνιαίου ατομικού εισοδήματος με τις 4 εναλλακτικές να είναι <800 €, 800-1500 €, 1501-2500€, >2500€ .

Τμήμα Β

Το τμήμα Β του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις.

Αρχικά, ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει εάν είναι κάτοικος του κέντρου της Αθήνας και πιο συγκεκριμένα εάν κατοικεί εντός μικρού δακτυλίου. Στη συνέχεια, απαντά εάν οι διαδρομές που ακολουθεί περιλαμβάνουν το κέντρο της Αθήνας. Εάν ναι, καλείται να απαντήσει εάν η διαδρομή που ακολουθεί συχνότερα περνάει απλώς μέσα από το δακτύλιο η τερματίζει μέσα σε αυτόν.

Η 4η ερώτηση του τμήματος Β αφορά τη συχνότητα των μετακινήσεων του ερωτώμενου, με 3 εναλλακτικές. (Κάθε μέρα, 2-4 φορές την εβδομάδα, <2 φορές την εβδομάδα.). Η 5η ερώτηση μας πληροφορεί για το μέσο μετακίνησης που επιλέγει ο χρήστης κατά την είσοδο του στο δακτύλιο, με επιλογές τις εξής: Ι.Χ, Ταξί, Λεωφορείο-Τρόλεϊ Δίκυκλο, Τραμ, Μετρό-Ηλεκτρικός, Ημιφορτηγό, Φορτηγό, Επαγγελματικό Όχημα. Εάν ο ερωτώμενος σε αυτή την ερώτηση απαντούσε ως μέσο μετακίνησης του στο δακτύλιο το Ι.Χ. δίκυκλο ή Ταξί, ακολουθούσαν 2 ερωτήσεις σχετικά με τη δυνατότητα πραγματοποίησης εναλλακτικής διαδρομής για τη συγκεκριμένη μετακίνηση, και σχετικά με τη δυνατότητα πραγματοποίησης της μετακίνησης με τη χρήση Μέσων Μαζικής Μεταφοράς. Στο τελευταίο κομμάτι του τμήματος Β μας γίνεται γνωστός ο σκοπός της μετακίνησης του ερωτώμενου, με εναλλακτικές επιλογές την εργασία, αναψυχή/αγορές, Σπουδές, άλλο. Τέλος ρωτούσαμε τα χαρακτηριστικά της μετακίνησης, δηλαδή την ώρα έναρξης, τη διάρκεια της διαδρομής, την απόσταση που διανύεται, την περιοχή αναχώρησης και την περιοχή προορισμού.

Τμήμα Γ

Το τμήμα Γ του ερωτηματολογίου, έχει ως σκοπό τη διερεύνηση της συμπεριφοράς του ερωτώμενου σε περίπτωση που εφαρμοζόταν το σύστημα τιμολόγησης στο κέντρο της Αθήνας. Το συγκεκριμένο τμήμα, καλούνταν να απαντήσουν μόνο όσοι ερωτώμενοι είχαν απαντήσει στο τμήμα Β ότι το μέσο μετακίνησης τους στο δακτύλιο της Αθήνας ήταν το Ι.Χ. Επίσης, οι κάτοικοι δακτυλίου δεν απαντούσαν το Τμήμα Γ.

Πιο συγκεκριμένα, στο τμήμα Γ, υπήρχαν δύο πίνακες, οι οποίοι για σειρές είχαν 4 ενδεικτικά ποσά, 0,5 €, 1 €, 1,5 €, και 3 €. Για στήλες οι πίνακες αυτοί περιείχαν τις εναλλακτικές επιλογές που θα ακολουθούσαν οι ερωτώμενοι ανάλογα με το κόστος μετακίνησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι για κάθε ποσό, οι χρήστες καλούνταν να επιλέξουν μία μόνο εναλλακτική επιλογή. Για την καλύτερη κατανόηση, οι πίνακες αυτοί, παρατίθενται στους Πίνακες 3.1 και 3.2.

Πίνακας 3.1 Τμήμα Γ(α) ερωτηματολογίου

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το I.X.	Θα χρησιμοποιούσα I.X αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα M.M.M.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο
0,5 €							
1 €							
1,5 €							
3 €							

Πίνακας 3.2 Τμήμα Γ(β) ερωτηματολογίου

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το I.X.	Θα χρησιμοποιούσα I.X αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα M.M.M.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο	Θα άλλαζα διαδρομή (εκτός δακτυλίου)
0,5 €								
1 €								
1,5 €								
3 €								

Ο Πίνακας 3.1 συμπληρωνόταν από τους χρήστες που απαντούσαν στο τμήμα Β ότι η διαδρομή τους τερμάτιζε εντός δακτυλίου, ενώ ο Πίνακας 3.2 από τους χρήστες που απαντούσαν ότι η διαδρομή τους απλώς περνούσε μέσα από το δακτύλιο. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η πληροφορία που ήταν κρίσιμη για εμάς ήταν εάν ο χρήστης I.X. θα αλλάξει τις συνήθειες των μετακινήσεων του, για το συγκεκριμένο ποσό, πράγμα που θα είχε θετικό αποτέλεσμα τόσο στην ανακούφιση του κέντρου από τον υπερβολικό φόρτο των μετακινήσεων όσο και στην καλυτέρευση του περιβάλλοντος της Αθήνας λόγω ρύπων.

3.3 Προσομοίωση Δικτύου Αθήνας

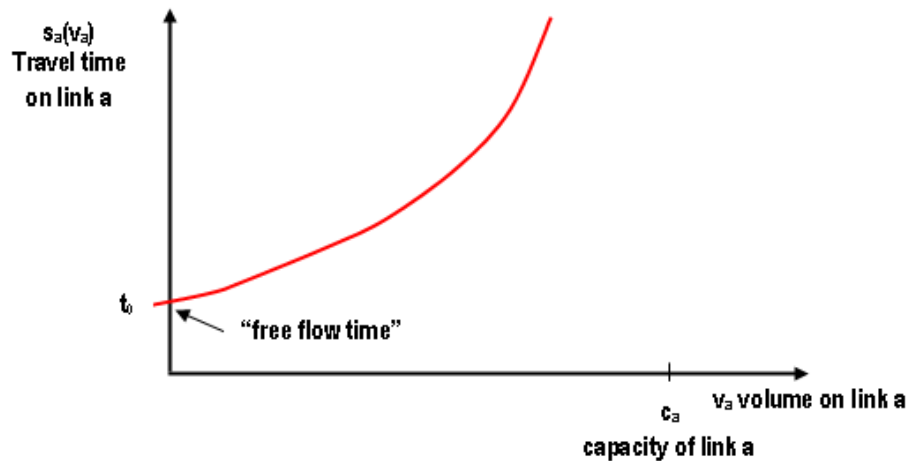
3.3.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιείται μακροσκοπική ανάλυση κυκλοφορίας για το οδικό δίκτυο της Αττικής. Σε αυτή την ενότητα θα επεξηγηθεί το θεωρητικό υπόβαθρο της μακροσκοπικής προσομοίωσης που χρησιμοποιεί το λογισμικό Aimsun και πιο συγκεκριμένα τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται το σύνολο των διαδρομών που ακολουθούν τα οχήματα εντός του δικτύου του μοντέλου.

Το λογισμικό πρέπει να υπολογίσει τις διαδρομές που θα ακολουθηθούν από τα δεδομένα ζήτησης κυκλοφορίας. Για να γίνει αυτό λαμβάνει υπόψη του, τους εξής δύο αντικρουόμενους κανόνες.

- Οι οδηγοί πρέπει να προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο που διαρκεί η μετακίνηση τους προσπαθώντας κάθε φορά να κάνουν την συντομότερη από θέμα χιλιομέτρων διαδρομή.
- Οι οδηγοί πρέπει να προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τον χρόνο που διαρκεί η μετακίνησή τους προσπαθώντας να διαλέγουν τις οδούς οι οποίες έχουν όσο το δυνατό μικρότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση.

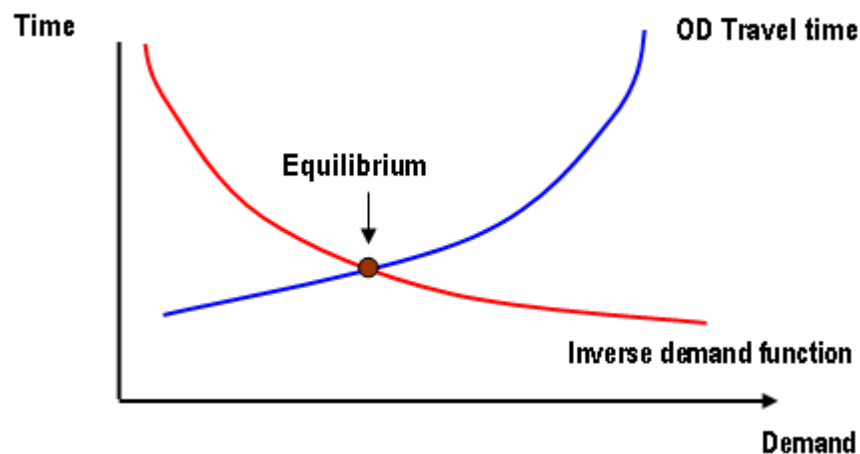
Έτσι, το λογισμικό χρησιμοποιεί την ανάλυση των μετακινήσεων του που εξετάζει σε κάθε διαδρομή τη στάθμη εξυπηρέτησης και το φόρτο των δρόμων κατά μήκος της διαδρομής. Τα αποτελέσματα από αυτή την ανάλυση των μετακινήσεων συνθέτουν ένα σύνολο από ζευγάρια στάθμης εξυπηρέτησης και φόρτου τα οποία βρίσκεται σε ισορροπία. Η στάθμη εξυπηρέτησης ενός δρόμου στο λογισμικό προσομοίωσης προκύπτει από μία συνάρτηση της χρήσης του. Για το πείραμα που πραγματοποιήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις όγκου οχημάτων και καθυστέρησης προκειμένου να εκφραστεί ο χρόνος που κάνει ένα όχημα να διανύσει το δρόμο συναρτήσει του όγκο οχημάτων που τον διατρέχει. Μία τυπική τέτοια συνάρτηση φαίνεται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 Ο χρόνος διάνυσης ενός δρόμου σαν συνάρτηση του όγκου των οχημάτων που τον διατρέχει

Οι συναρτήσεις όγκου οχημάτων - στάθμης εξυπηρέτησης είναι μη γραμμικές όπως φαίνονται από το παραπάνω Σχήμα. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 3.1 για μηδενικό όγκο οχημάτων, προκύπτει ο χρόνος ελεύθερης ροής t_0 .

Η ανάθεση όγκου οχημάτων σε κάθε οδό γίνεται με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχήμα 3.2



Σχήμα 3.2 Συνάρτηση ζήτησης - παροχής για ένα σύστημα μεταφορών

Με τη μπλε γραμμή στο Σχήμα 3.2 φαίνεται η συνάρτηση που περιέχει τους χρόνους των πιθανών διαδρομών του δικτύου ενώ με την κόκκινη γραμμή παρουσιάζεται η αντίστροφη συνάρτηση της ζήτησης κυκλοφορίας. Το σημείο τομής των δύο αυτών γραμμών αποτελεί το σημείο ισορροπίας του οδικού δικτύου και ισοδυναμεί με την κατάσταση εκείνη όπου κανένας χρήστης πλέον δε μπορεί να μειώσει το χρόνο μετακίνησής του αλλάζοντας διαδρομή.

Η μακροσκοπική προσομοίωση που πραγματοποιείται με τη βοήθεια του λογισμικού Aimsun, λειτουργεί αποκλειστικά στην κατάσταση ισορροπίας του οδικού δικτύου, δηλαδή με την υπόθεση ότι όλοι οι οδηγοί πραγματοποιούν τις συντομότερες διαδρομές με βάση τα στοιχεία συμφόρησης και συντομότερης διαδρομής.

3.3.2 Το οδικό δίκτυο της Αθήνας στο λογισμικό Aimsun

Για την διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκε έτοιμο ψηφιακό οδικό δίκτυο της Αττικής, μέσω του λογισμικού Aimsun. Η διαδικασία που είχε ακολουθηθεί είναι η εξής:

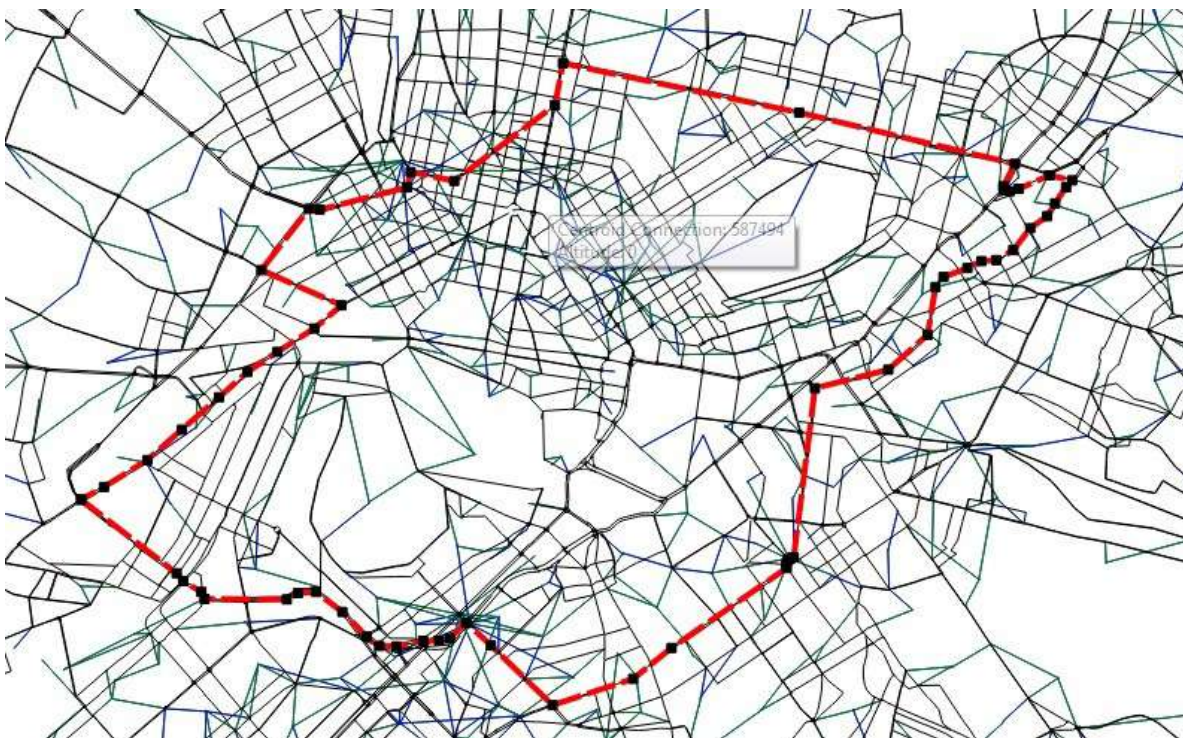
- Αποτύπωση του οδικού δικτύου της Αττικής
- Εισαγωγή γεωμετρικών στοιχείων του δικτύου
- Εισαγωγή σημάτων οδικής κυκλοφορίας και φωτεινών σηματοδοτών
- Επικαιροποίηση του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού με πραγματικά κυκλοφοριακά στοιχεία και δημιουργία Πίνακα Π/Π για την πρωινή ώρα αιχμής.
- Φόρτιση και έλεγχος του συνολικού δικτύου
- Δημιουργία υποδικτύου (περιοχή ενδιαφέροντος) και αντίστοιχου Πίνακα Π/Π

Στο Σχήμα 3.1 φαίνονται οι οδοί όπως αυτές έχουν προσομοιωθεί στο λογισμικό και με κόκκινο έχει οριστεί το υποδίκτυο του μικρού δακτυλίου της Αθήνας.



Σχήμα 3.1 Το μοντέλο προσομοίωσης του οδικού δικτύου της Αττικής

Το Σχήμα 3.2 αποτελεί λεπτομέρεια του Σχήματος 3.1 και παρουσιάζει λεπτομερειακά το οδικό δίκτυο του δακτυλίου της Αθήνας. Με μπλε και πράσινες γραμμές στο Σχήμα 3.2 φαίνονται οι συνδέσεις των κεντροειδών.



Σχήμα 3.2 Ο δακτύλιος της Αθήνας αποτυπωμένος στο μοντέλο προσομοίωσης

Περιεχόμενα του μοντέλου προσομοίωσης:

α) Τμήματα οδών (sections) : Στο μοντέλο αποτυπώνονται όλοι οι δρόμοι της Αττικής με τη χρησιμοποίηση του εργαλείου draw section του λογισμικού, μαζί με τα χαρακτηριστικά τους, όπως τον αριθμό λωρίδων, το πλάτος λωρίδας, το είδος του δρόμου (επαρχιακός, λεωφόρος κ.α.), τον μοναδικό αριθμό-ταυτότητα που έχει ο δρόμος στο μοντέλο (External ID), την μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας του και τέλος το όνομα της οδού. Οι αρτηρίες περιλαμβάνουν οδούς με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας τα 80 χλμ/ώρα, μέγιστος φόρτος λωρίδας 2100 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα. Οι σηματοδοτούμενες οδοί αφορούν οδικά τμήματα με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 60 χλμ/ώρα, μέγιστο φόρτο λωρίδας 1000 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα. Οι μή σηματοδοτούμενες οδοί περιελάμβαναν οδούς με μέγιστη ταχύτητα κυκλοφορίας 50 χλμ/ώρα, μέγιστο φόρτο ανά λωρίδα 850 οχήματα/ώρα και πλάτος λωρίδας 3 μέτρα. Στο Σχήμα 3.3 φαίνεται ενδεικτικά η καρτέλα επιλογών του λογισμικού για τα τμήματα οδών.

Section: 372771, Name: ΛΕΩΦ.ΑΘΗΝΩΝ, External ID: 7535 (Layer: Network)

Main | Dynamic Models | Static Model | Lanes | Attributes | OSM

Name: ΛΕΩΦ.ΑΘΗΝΩΝ External ID: 7535

Road Type: 94: Signalized Street Maximum Speed: 60.00 km/h

User-defined Cost: 0.00 Second User-defined Cost: 0.00

Third User-defined Cost: 0.00 Capacity: 5000.00 PCUs/h

Altitude

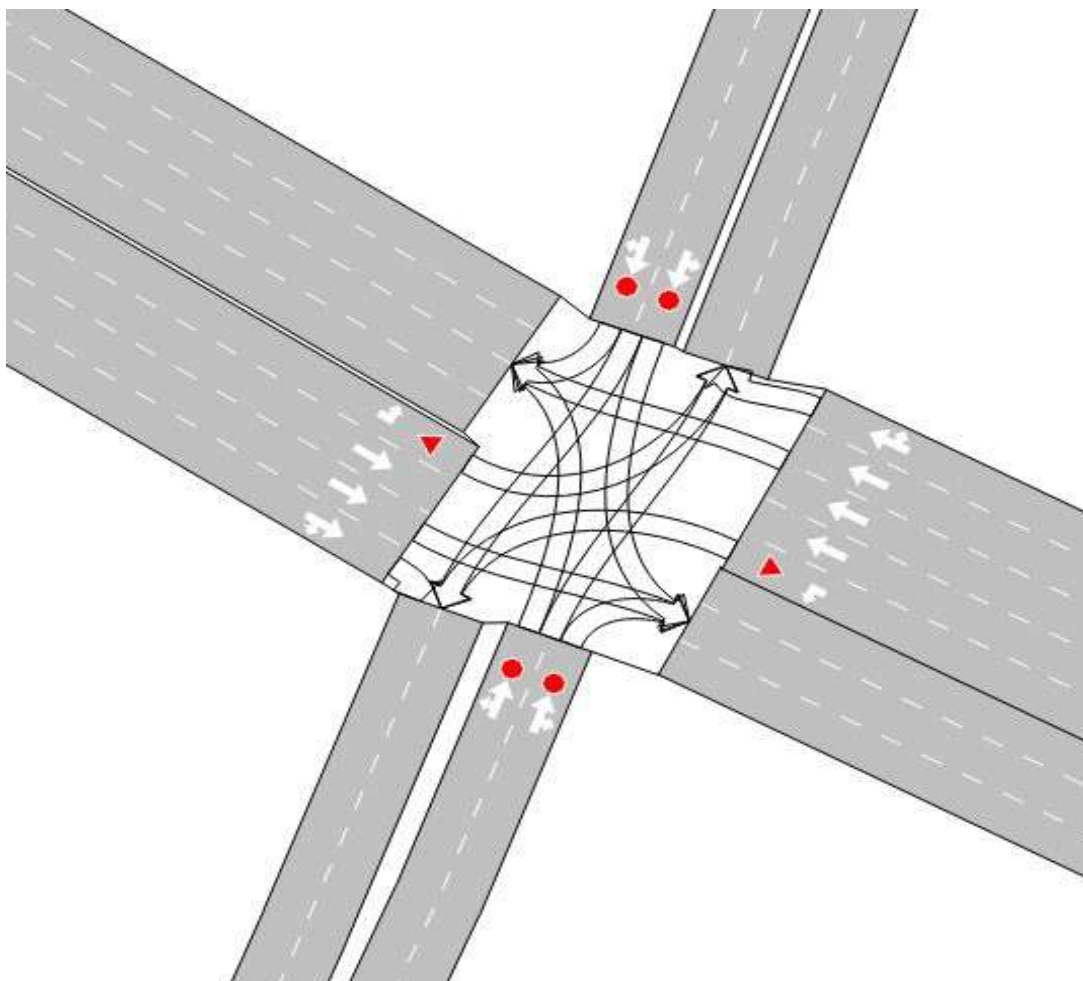
Initial: 0.00 m Final: 0.00 m ☒ Calculate Intermediates

Length: 79.5699 m

OK Cancel

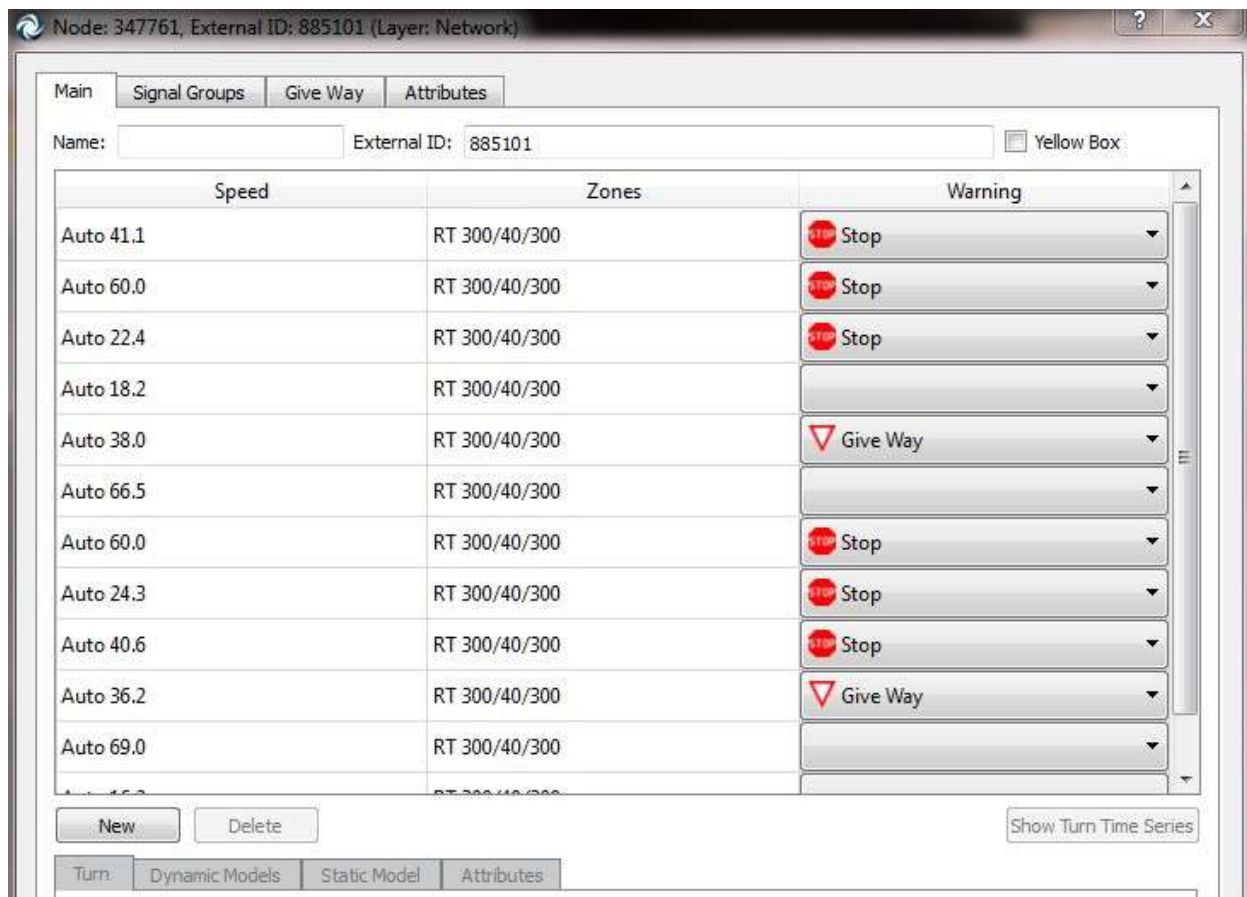
Σχήμα 3.3 Καρτέλα τμημάτων οδών

β) Κόμβοι (nodes) : Οι διασταυρώσεις οδών στο λογισμικό, παρουσιάζονται με τη μορφή nodes όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4. Οπτικά, παρατηρώντας το Σχήμα 3.4, φαίνονται όλες οι δυνατές πορείες που μπορεί να ακολουθήσει ένα όχημα προσεγγίζοντας τον κόμβο καθώς και η κατεύθυνση κάθε δρόμου.



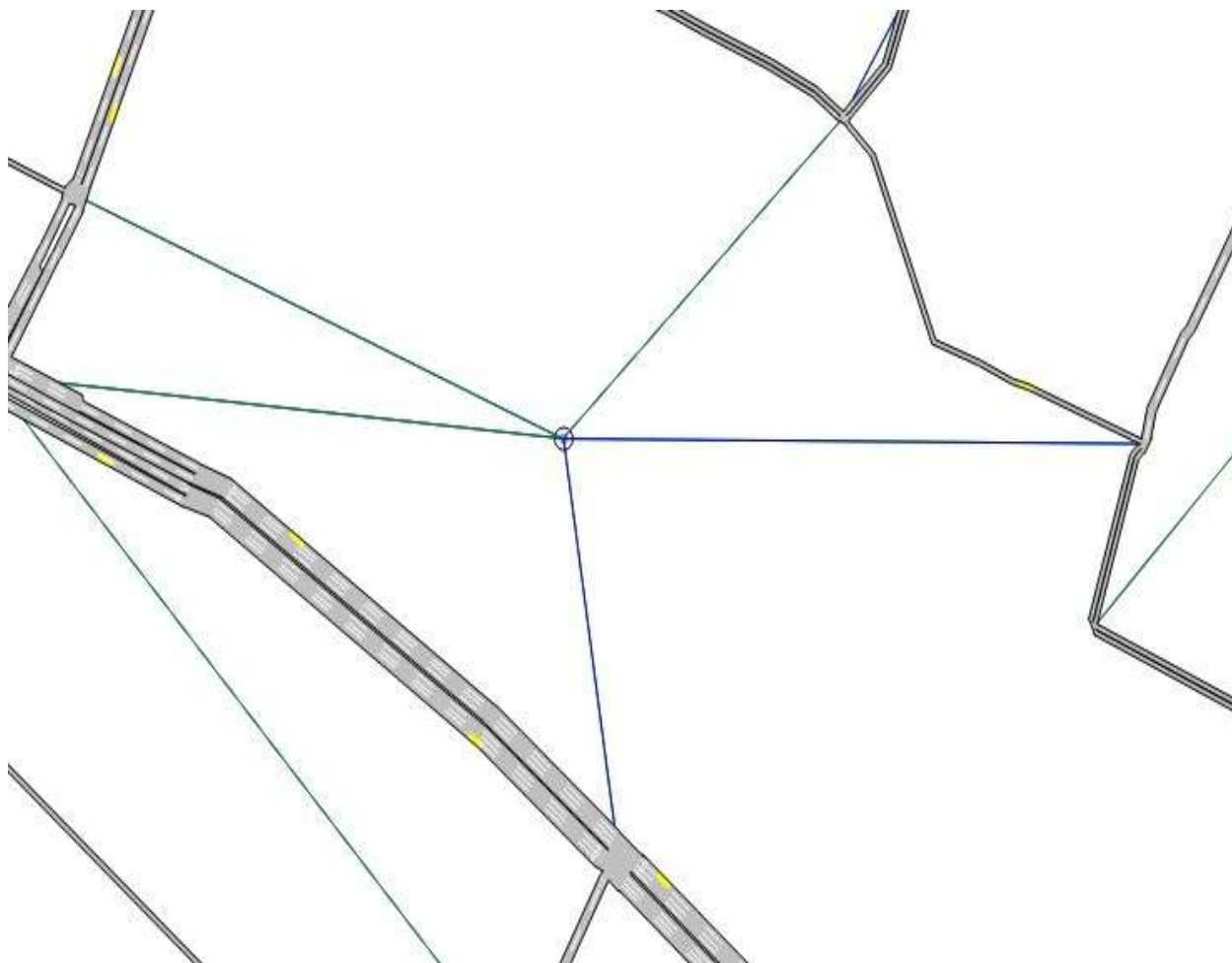
Σχήμα 3.4 Απεικόνιση κόμβων στο λογισμικό Aimsun

Αναλυτικότερα, κανείς μπορεί για περισσότερη λεπτομέρεια, με διπλό κλικ επάνω στον κόμβο να πάρει την παρακάτω καρτέλα του Σχήματος 3.5 οποία παρουσιάζει σε λίστα τις στροφές που επιτρέπονται στον κόμβο αλλά και τη σηματοδότηση που ορίζει τον κόμβο.



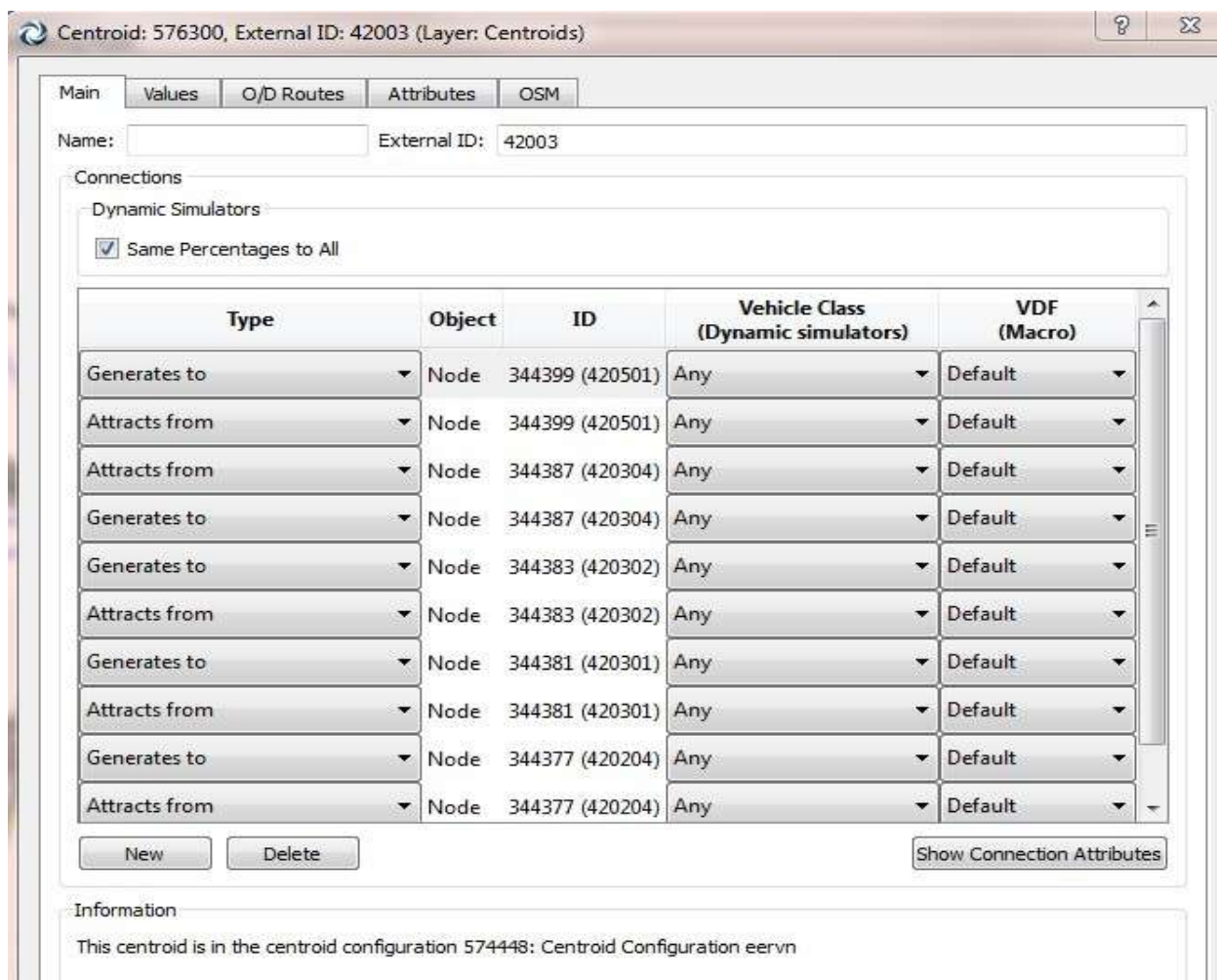
Σχήμα 3.5 Καρτέλα κόμβων

γ) Κεντροειδή (centroids): Το μοντέλο προσομοίωσης του οδικού δικτύου της Αττικής περιέχει 1154 κεντροειδή. Τα κεντροειδή είναι οι "πηγές" και οι πόλοι έλξης οχημάτων οι οποίοι χαρακτηρίζουν το οδικό δίκτυο. Στο περιβάλλον του Aimsun απεικονίζονται με τη βοήθεια ενός κύκλου και έχουν συνδέσεις με τις οδούς τις οποίες είτε τροφοδοτούν με οχήματα είτε προσελκύουν οχήματα από αυτές. Κάθε κεντροειδές έχει το δικό του νούμερο ταυτότητα. Ένα κεντροειδές φαίνεται στο Σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6 Αποτύπωση του κεντροειδούς στο λογισμικό

Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με το κεντροειδές, με διπλό κλικ, παίρνουμε την παρακάτω καρτέλα η οποία φαίνεται στο Σχήμα 3.7 και παρουσιάζει τους κόμβους τους οποίους, είτε τροφοδοτεί το κεντροειδές είτε προσελκύει οχήματα από.



Σχήμα 3.7 Καρτέλα κεντροειδών

Τέλος, ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο που αφορά τη φόρτιση του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να προσομοιάσουμε την μείωση της χρήσης I.X. λόγω της εφαρμογής του μέτρου αστικής τιμολόγησης της συμφόρησης είναι ο Πίνακας Προέλευσης-Προορισμού (**O/D Matrix**). Αυτός, είναι ένας Πίνακας που περιέχει στοιχεία φόρτου οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα, περιέχει ένα αρχείο excel με στήλες αλλά και σειρές το νούμερο-ταυτότητα των κεντροειδών. Ο συνδυασμός στήλη-σειρά μας δίνει το φόρτο των οχημάτων, που μετακινούνται από το κεντροειδές που βρίσκεται στην αντίστοιχη σειρά προς το κεντροειδές της αντίστοιχης στήλης. Στην τελευταία σειρά του Πίνακα Προέλευσης Προορισμού, βρίσκεται ένα άθροισμα το οποίο μας δείχνει το συνολικό φόρτο των οχημάτων που μετακινούνται προς ένα συγκεκριμένο κεντροειδή.

O/D Matrix: 665449, Name: Vehicle: Car Purpose: Any Macro Adjustment Experiment 665444

Headers: ID: Name Grouping: None

☐ Allow Negative Values ☐ Show All Centroids

	574450	574452	574454	574456	574458	574460
574450	1.92	1.02	1.14	1.50	0.54	0.78
574452	0.96	0.72	0.54	0.96	0.42	0.42
574454	1.14	0.66	0.72	0.96	0.54	0.60
574456	1.50	0.84	0.96	24.54	0.48	0.72
574458	0.72	0.42	0.48	0.72	0.36	0.36
574460	0.78	0.42	0.54	0.72	0.36	10.08
574462	1.02	0.72	0.90	1.08	0.60	0.60
574464	0.78	0.42	0.60	0.72	0.12	0.36
574466	0.66	0.48	0.30	0.84	0.36	0.48
574468	0.42	0.30	0.06	0.30	0.24	0.18
574470	0.52	0.40	0.41	0.41	0.29	0.17
574472	0.87	0.52	0.58	0.64	0.35	0.29
574474	0.96	0.54	0.66	0.72	0.42	0.42
574476	0.03	0.02	0.03	0.05	0.03	0.04
574478	0.02	0.01	0.01	0.02	0	0.01
574480	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

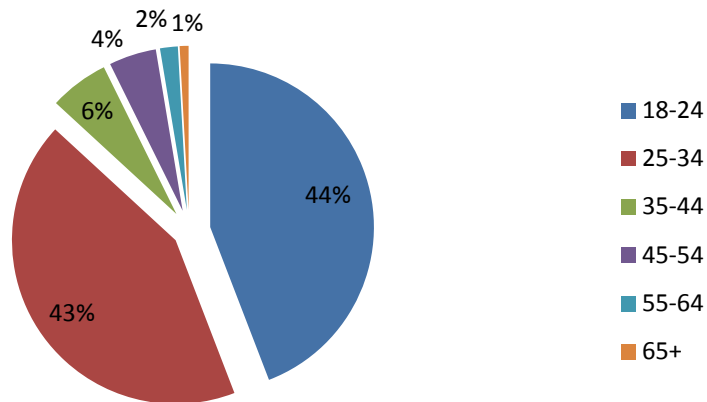
Operation: None

Copy Paste

Duplicate OK Cancel

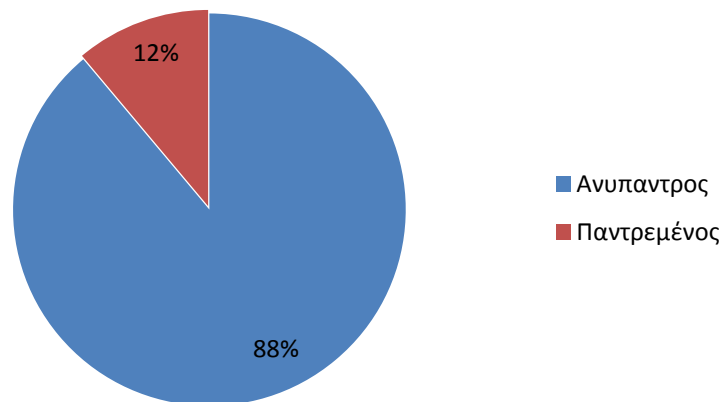
Σχήμα 3.8 Μορφή του Πίνακα Προέλευσης-Προορισμού (O/D matrix)

Στο Σχήμα 3.8 φαίνεται η μορφή του Πίνακα Προέλευσης προορισμού του λογισμικού προσομοίωσης Aimsun.



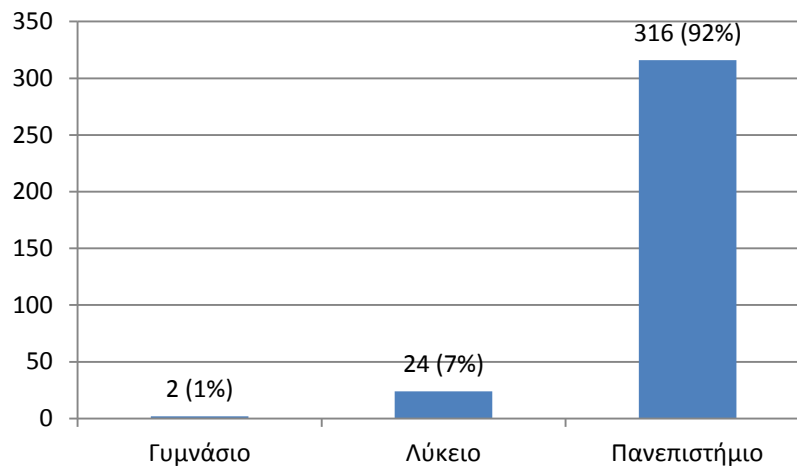
Διάγραμμα 4.2 Κατανομή με βάση την ηλικία

Στο Διάγραμμα 4.3 παρατηρείται ότι ένα μικρό ποσοστό των ερωτηθέντων ήταν παντρεμένοι. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων ήταν νεαροί σε ηλικία καθώς και ότι η οικονομική κρίση αποτρέπει μεγάλο ποσοστό ανθρώπων από το να παντρευτούν.



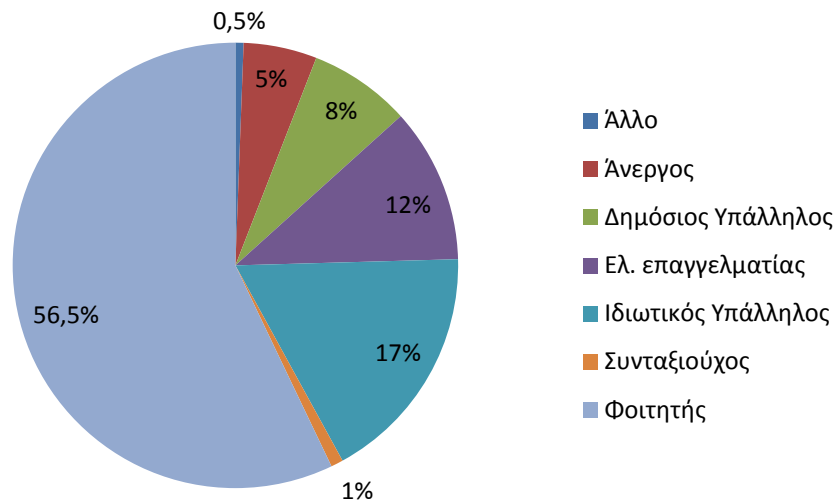
Διάγραμμα 4.3 Κατανομή με βάση την οικογενειακή κατάσταση

Στο Διάγραμμα 4.4 παρουσιάζεται η κατανομή με βάση το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων. Παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία είναι υψηλού μορφωτικού επιπέδου.



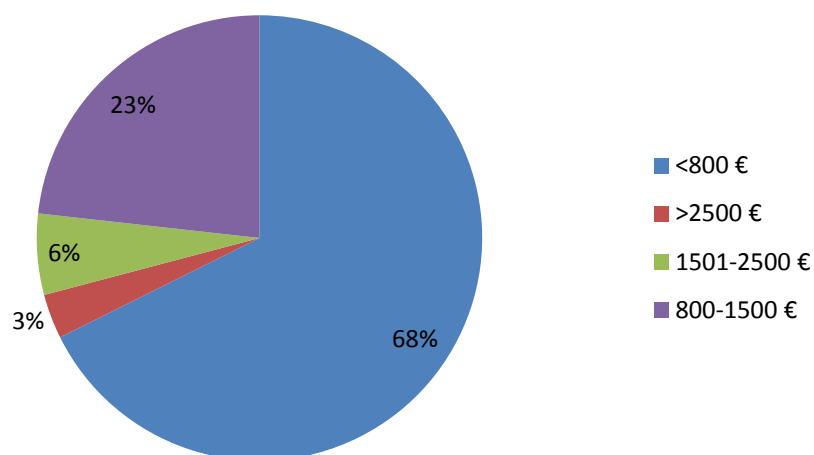
Διάγραμμα 4.4 Κατανομή με βάση το μορφωτικό επίπεδο

Στο Διάγραμμα 4.5 παρουσιάζεται η κατανομή με βάση το επάγγελμα των ερωτηθέντων. Στο Διάγραμμα επικρατούν οι φοιτητές και ακολουθούν οι ιδιωτικοί υπάλληλοι και οι ελεύθεροι επαγγελματίες.



Διάγραμμα 4.5 Κατανομή με βάση το επάγγελμα

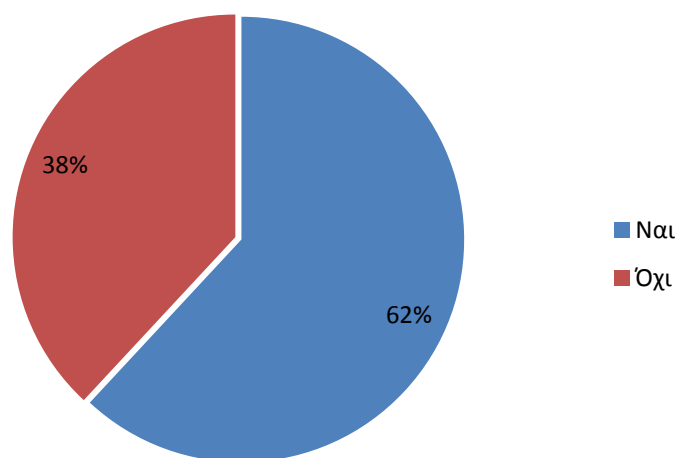
Από το Διάγραμμα 4.6 παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό του δείγματος έχει εισόδημα ανώτερο των 1500 και 2500 €. Τα χαμηλά ποσοστά στις υψηλές κατηγορίες εισοδήματος είναι άμεσο αποτέλεσμα και της οικονομικής κρίσης στην Ελλάδα.



Διάγραμμα 4.6 Κατανομή με βάση το εισόδημα

4.1.2 Ερωτήσεις σχετικά με τα Ι.Χ.

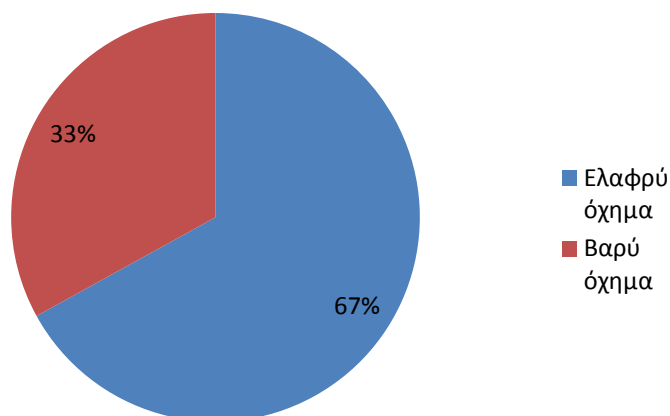
Στο Διάγραμμα 4.7 φαίνεται το ποσοστό των ερωτηθέντων που απάντησαν θετικά ή αρνητικά στην ερώτηση εάν υπάρχει διαθέσιμο Ι.Χ. για τις μετακινήσεις τους.



Διάγραμμα 4.7 Κατανομή με βάση τη διαθεσιμότητα Ι.Χ.

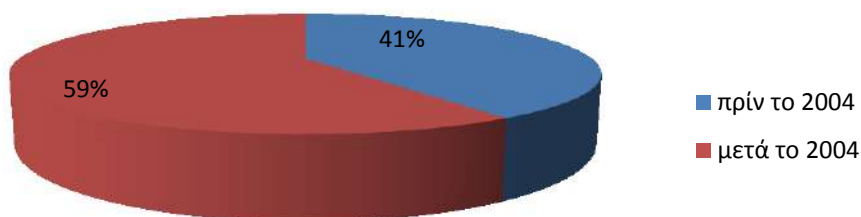
Στο Διάγραμμα 4.8 κατηγοριοποιούνται τα οχήματα σε ελαφρά ή βαρέα. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου οι ερωτώμενοι καλούνταν

να δηλώσουν το μοντέλο του οχήματός τους. Με βάση αυτό, έγινε κατανομή από τον μελετητή με τη βοήθεια του διαδικτύου σε ελαφριά και βαριά οχήματα που είναι και το κύριο κριτήριο για τις εκπομπές ρύπων ενός οχήματος.



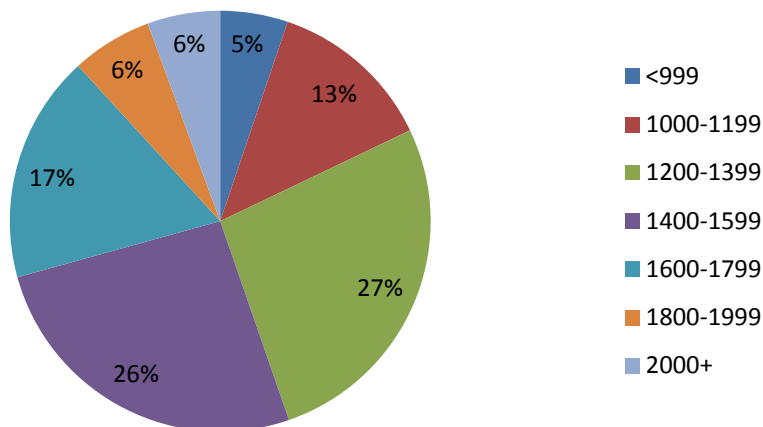
Διάγραμμα 4.8 Κατανομή με βάση την κατηγορία οχήματος

Στο Διάγραμμα 4.9 παρουσιάζεται η κατανομή των οχημάτων των ερωτηθέντων με βάση το πρώτο έτος κυκλοφορίας του οχήματός τους. Η κατηγοριοποίηση όχημα πρώτης κυκλοφορίας πριν το 2004 ή όχι έγινε με κριτήριο το μέσο όρο ηλικίας του συνολικού στόλου αυτοκινήτων στην Ελλάδα που είναι 10,1 έτη σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Σύνδεσμο Εισαγωγέων Μηχανοκίνητων Οχημάτων (<http://www.semo.org.cy/stoicheia-agoras/meletes---ereunes>) και αποτελεί ένα από τους μεγαλύτερους μέσους όρους στην Ευρώπη.



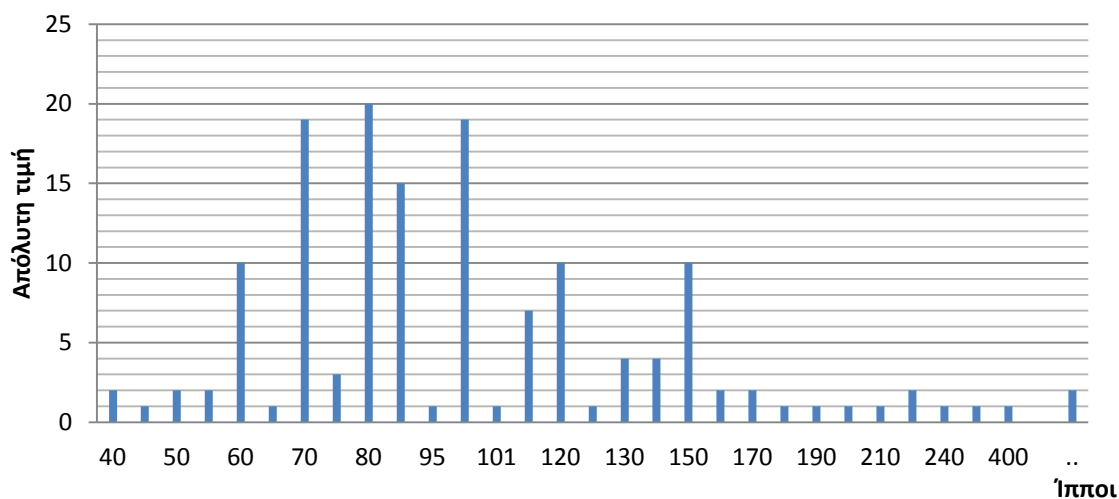
Διάγραμμα 4.9 Κατανομή οχημάτων με βάση το πρώτο έτος κυκλοφορίας

Στο Διάγραμμα 4.10 γίνεται κατηγοριοποίηση των οχημάτων των ερωτηθέντων με βάση των κυβισμό τους. Η κατηγοριοποίηση έγινε με κριτήρια φορολογίας σύμφωνα με στοιχεία της ιστοσελίδας www.taxspirit.gr.



Διάγραμμα 4.10 Κατανομή οχημάτων με βάση τον κυβισμό

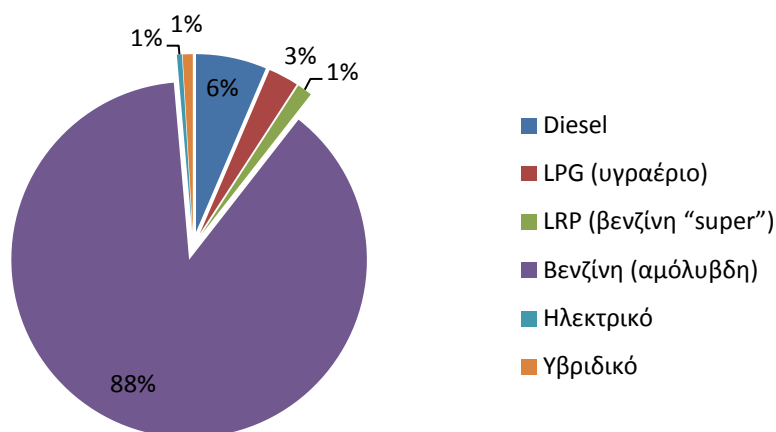
Στο Διάγραμμα 4.11 φαίνεται η κατανομή των οχημάτων με βάση την ισχύ του κινητήρα τους σε ίππους. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των οχημάτων έχει ισχύ κινητήρα μεταξύ 60 και 120 ίππους.



Διάγραμμα 4.11 Κατανομή οχημάτων με βάση την ισχύ κινητήρα

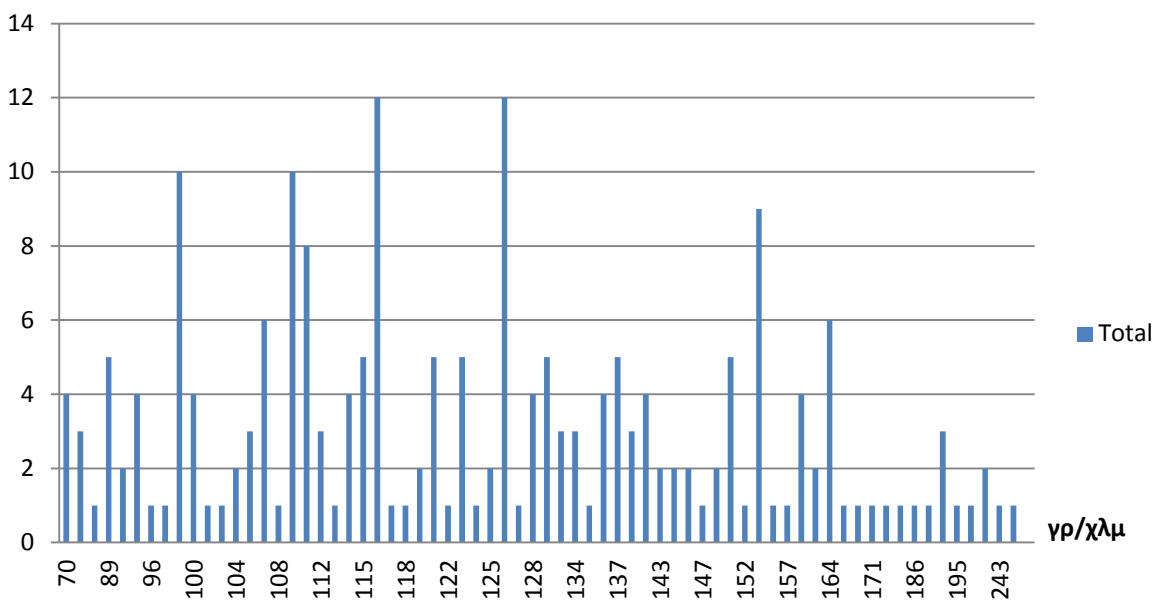
Στο Διάγραμμα 4.12 φαίνεται η κατανομή των οχημάτων των ερωτηθέντων με βάση τον τύπο του καυσίμου που χρησιμοποιεί το όχημα. Παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία των

οχημάτων χρησιμοποιεί αμόλυβδη βενζίνη και μόλις ένα ποσοστό της τάξης του 6% χρησιμοποιεί βενζίνη Diesel.



Διάγραμμα 4.12 Κατανομή οχημάτων με βάση τον τύπο καυσίμου

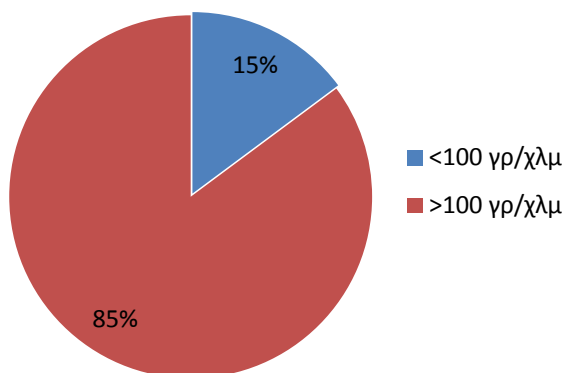
Στο Διάγραμμα 4.13 παρουσιάζεται το ιστόγραμμα της εκπομπής ρύπων για τα οχήματα των ερωτηθέντων.



Διάγραμμα 4.13 Κατανομή οχημάτων με βάση τις εκπομπές ρύπων

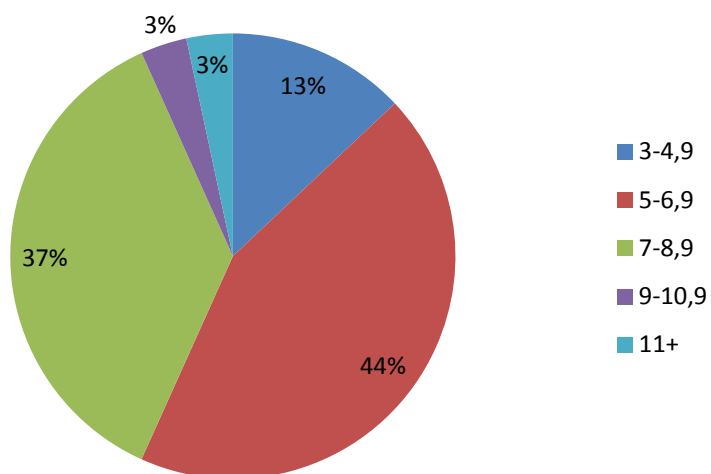
Όπως αναφέρεται στην εισαγωγή του ερωτηματολογίου, οχήματα με εκπομπές ρύπων <100 γρ/χλμ δε θα χρεώνονταν κατά την είσοδό τους στο δακτύλιο. Έτσι, σκοπός του διαγράμματος

4.14 είναι να καταγράψει το ποσοστό των οχημάτων που θα απέφυγαν τη χρέωση καθώς θα εντάσσονταν στην κατηγορία με χαμηλούς ρύπους.



Διάγραμμα 4.14 Κατανομή οχημάτων με βάση την χρέωση

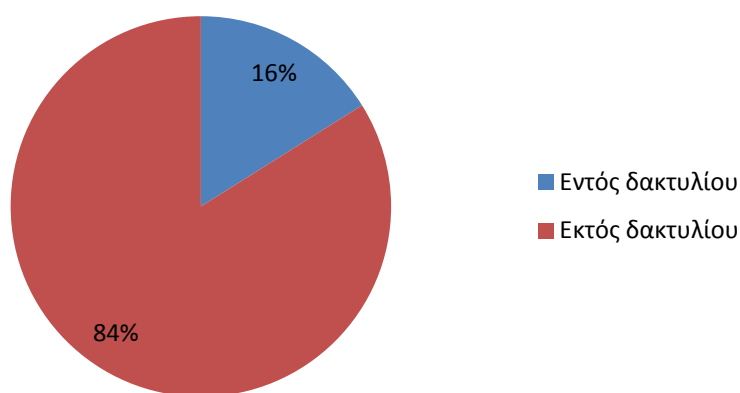
Στο Διάγραμμα 4.15 παρουσιάζεται η κατανομή των οχημάτων ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία των οχημάτων εντάσσεται στην κατηγορία 5-6,9 λίτρα/100χλμ.



Διάγραμμα 4.15 Κατανομή οχημάτων με βάση την κατανάλωση καυσίμου σε λίτρα/100 χλμ

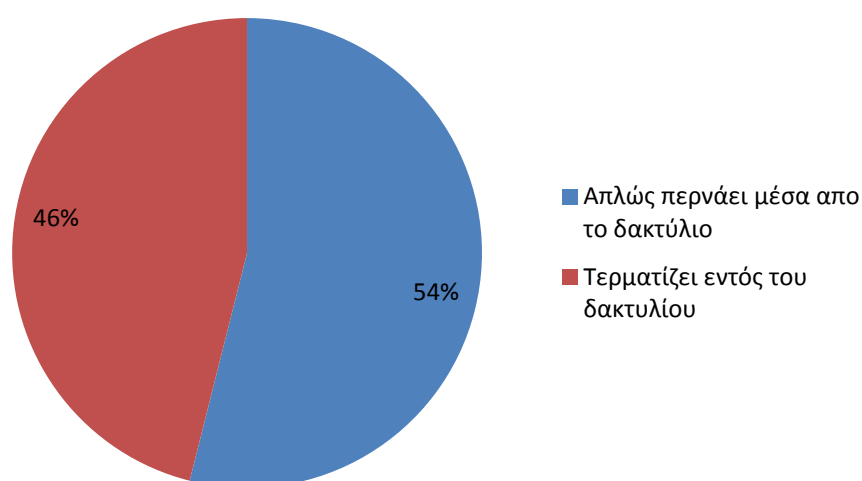
4.1.3 Ερωτήσεις σχετικά με τη συχνότερη διαδρομή

Στο Διάγραμμα 4.16 παρουσιάζεται η κατανομή των ερωτώμενων με βάση την περιοχή διαμονής τους. Κατηγοριοποιήθηκαν σε κατοίκους δακτυλίου και μη.



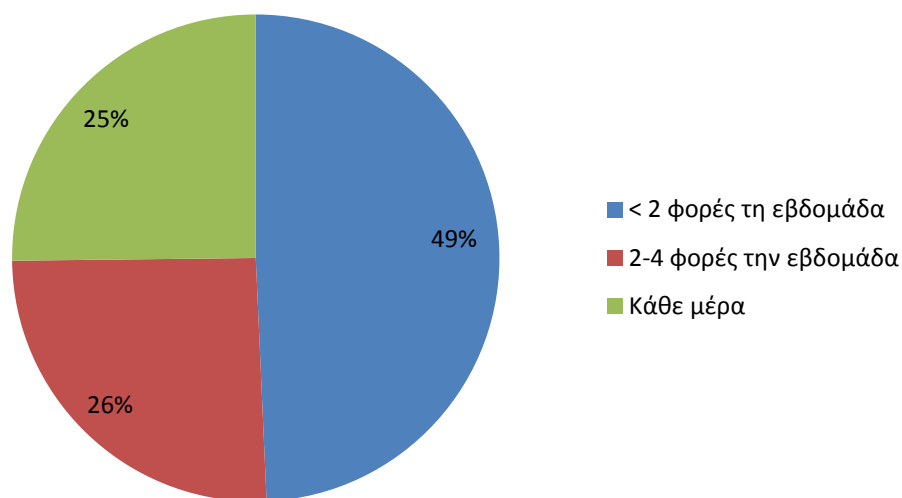
Διάγραμμα 4.16 Κατανομή με βάση την περιοχή διαμονής του ερωτώμενου

Στο Διάγραμμα 4.17 παρουσιάζεται η κατανομή της διαδρομής των ερωτώμενων με βάση το είδος της διαδρομής που ακολουθούν. Χωρίζονται σε διαδρομές οι οποίες τερματίζουν εντός δακτυλίου και σε διαδρομές που απλώς περνούν μέσα από το δακτύλιο



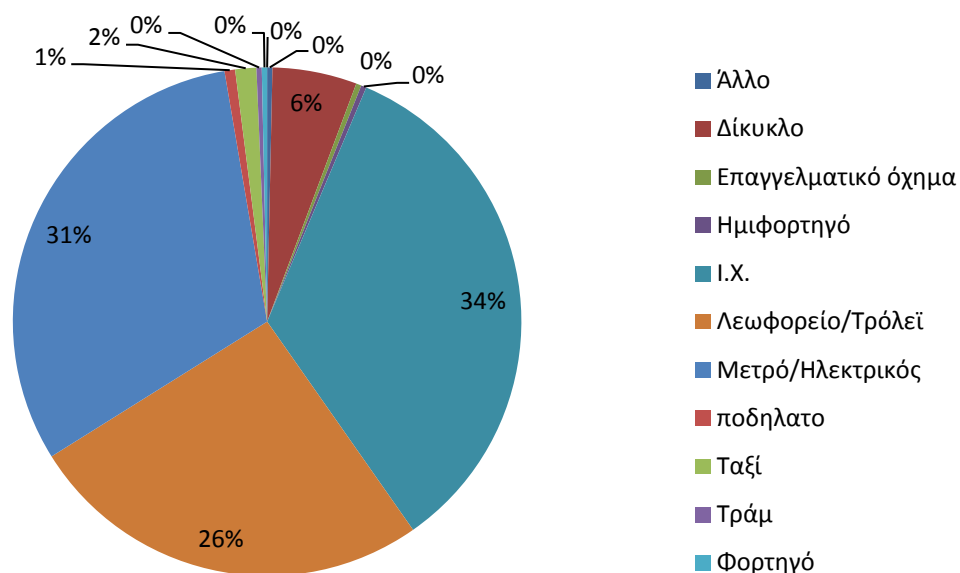
Διάγραμμα 4.17 Κατανομή με βάση τον τύπο της διαδρομής

Στο Διάγραμμα 4.18 παρουσιάζεται η κατανομή της συχνότητας των διαδρομών των ερωτηθέντων. Παρατηρούμε ότι σχεδόν οι μισοί από τους μετακινούμενους εντός δακτυλίου μεταβαίνουν λιγότερο από 2 φορές τη βδομάδα στο δακτύλιο



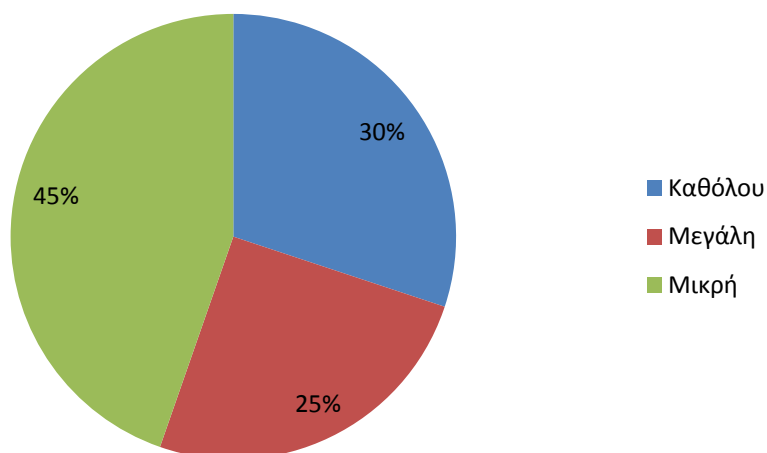
Διάγραμμα 4.18 Κατανομή με βάση τη συχνότητα της μετακίνησης

Στο Διάγραμμα 4.19 παρουσιάζεται η κατανομή των μετακινήσεων με βάση το μέσο μετακίνησης που χρησιμοποιείται. Παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά στις μετακινήσεις με Λεωφορείο/Τρόλεϊ, Ι.Χ. και Μετρό/Ηλεκτρικό.



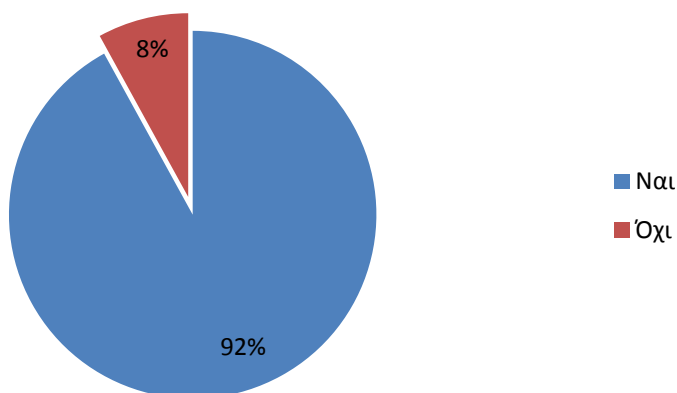
Διάγραμμα 4.19 Κατανομή με βάση το μέσο μετακίνησης εντός δακτυλίου

Στο Διάγραμμα 4.20 παρουσιάζεται η κατανομή με βάση τη δυνατότητα πραγματοποίησης αναλλακτικής διαδρομής για την εξυπηρέτηση των ερωτώμενων. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία δηλώνει μικρή ελαστικότητα στη διαδρομή.



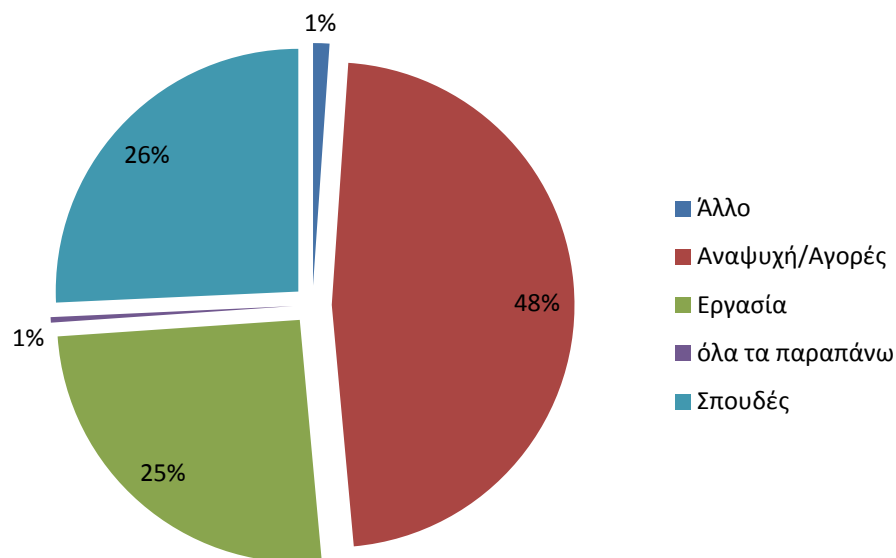
Διάγραμμα 4.20 Κατανομή με βάση τη δυνατότητα ακολούθησης εναλλακτικής διαδρομής

Στο διάγραμμα 4.21 φαίνεται το ποσοστό των ερωτηθέντων που απάντησαν ότι μπορούν να πραγματοποιήσουν τη διαδρομή τους και με Μέσα Μαζικής Μεταφοράς. Παρατηρείται ότι η πλειοψηφία έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει τη διαδρομή με τα Μ.Μ.Μ.



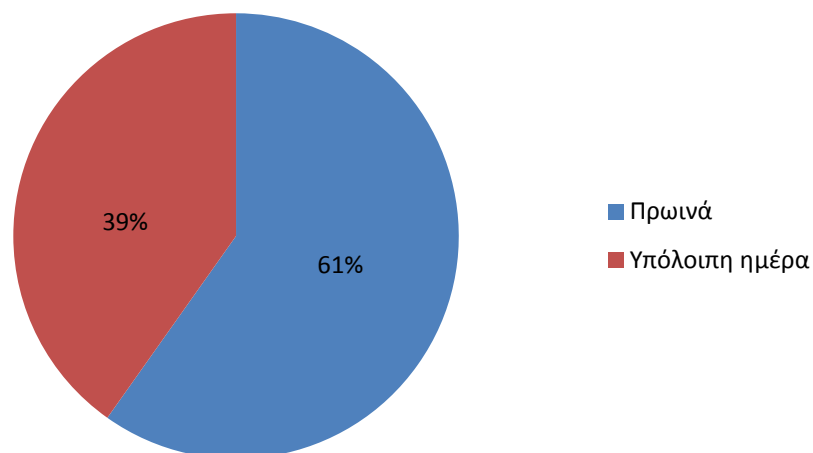
Διάγραμμα 4.21 Κατανομή με βάση τη δυνατότητα χρησιμοποίησης Μ.Μ.Μ

Στο Διάγραμμα 4.22 Παρουσιάζεται η κατανομή με βάση το σκοπό της μετακίνησης. Παρατηρείται ότι ένα μεγάλο ποσοστό των μετακινήσεων εντός δακτυλίου γίνεται με σκοπό τις αγορές/αναψυχή.



Διάγραμμα 4.22 Κατανομή με βάση το σκοπό της μετακίνησης

Στο Διάγραμμα 4.23 παρουσιάζεται το ποσοστό των μετακινήσεων που χαρακτηρίστηκαν πρωινές ή μη. Ως "πρωινές" ορίστηκαν οι μετακινήσεις κατά τις ώρες 07:00-12:00.



Διάγραμμα 4.23 Κατανομή με βάση την ώρα πραγματοποίησης της μετακίνησης

4.1.4 Συνδυαστική ανάλυση μεταβλητών

Οι Πίνακες 4.1, 4.2 αντιπροσωπεύουν το Τμήμα Γ' του ερωτηματολογίου. Σε αυτούς, αποτυπώνεται η αλλαγή συμπεριφοράς των ερωτώμενων που χρησιμοποιούν το Ι.Χ. για την είσοδό τους στο δακτύλιο για τις 4 εναλλακτικές τιμές κομίστρου. Ο πρώτος Πίνακας αναφέρεται σε μετακινήσεις που πραγματοποιούνται από τις 07:00 έως τις 12:00 ενώ ο δεύτερος για μετακινήσεις κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ημέρας

Πίνακας 4.1 Καταγραφή συμπεριφοράς ερωτώμενων για διάφορες τιμές κομίστρου (πρωινές μετακινήσεις)

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
0,5 €	31,15%	5,26%
1,0 €	47,54%	10,53%
1,5 €	75,41%	15,79%
3 €	91,80%	23,68%

Πίνακας 4.2 Καταγραφή συμπεριφοράς ερωτώμενων για διάφορες τιμές κομίστρου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Για κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για I.X.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
0,5 €	30,30%	3,77%
1,0 €	49,49%	11,32%
1,5 €	79,79%	16,98%
3 €	88,88%	26,41%

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ανάλυση των μεταβλητών του ερωτηματολογίου ανά δύο, προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα για το είδος των μετακινήσεων στο δακτύλιο της Αθήνας τόσο κατά τις πρωινές ώρες, όσο και για τις μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Πίνακας 4.3 Καταγραφή μείωσης στη ζήτηση I.X. ανάλογα με το σκοπό της μετακίνησης κατά τις πρωινές ώρες

Σκοπός μετακίνησης/ύψος κομίστρου	0.5 €	1 €	1.5 €	3 €
Εργασία	32%	36%	56%	76%
Αναψυχή/Αγορές	23%	38%	92%	93%
Σπουδές	35%	36%	95%	100%

Πίνακας 4.4 Καταγραφή μείωσης στη ζήτηση I.X. ανάλογα με το σκοπό της μετακίνησης καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας

Σκοπός μετακίνησης/ ύψος κομίστρου	0.5 €	1 €	1.5 €	3 €
Εργασία	28.50%	45.70%	65%	80%
Αναψυχή/Αγορές	30%	55%	87.50%	90%
Σπουδές	33.30%	47.60%	95%	99%

Σχολιασμός: Παρατηρείται ότι στις δύο πρώτες τιμές κομίστρου η αλλαγή στη ζήτηση για I.X. είναι παρόμοια για κάθε σκοπό μετακίνησης. Αντίθετα, για κόστος 1,5 € και άνω, παρατηρούμε πολύ μεγαλύτερη μείωση στη ζήτηση I.X. όταν ο σκοπός της μετακίνησης είναι για αναψυχή/αγορές και σπουδές. Αυτό συμβαίνει διότι αφενός όταν ο σκοπός μετακίνησης είναι για αναψυχή αγορές η αξία του χρόνου του ερωτώμενου είναι πολύ χαμηλότερη από την αξία του χρόνου του ερωτώμενου που έχει ως σκοπό την εργασία.

Πίνακας 4.5 Καταγραφή της μείωσης στη ζήτηση I.X. ανάλογα με τη συχνότητα της μετακίνησης καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας

Συχνότητα μετακίνησης/ύψος κομίστρου	0.50 €	1 €	1.50 €	3 €
<2 φορές την εβδομάδα	15.20%	50.00%	89.00%	95%
2-4 φορές την εβδομάδα	19%	38%	73%	84.60%
κάθε μέρα	44.40%	59.30%	70.40%	81.50%

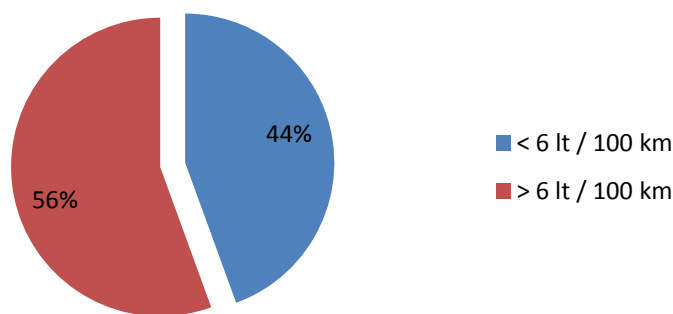
Αναμενόμενο συμπέρασμα από τον Πίνακα 4.5, είναι ότι όσο συχνότερα ο ερωτώμενος έμπαινε με το I.X. μέσα στο δακτύλιο, τόσο αυξανόταν η πιθανότητα να απαντήσει ότι δε θα χρησιμοποιούσε πλέον το I.X. σε περίπτωση εφαρμογής του συστήματος τιμολόγησης.

Πίνακας 4.6 Καταγραφή της μείωσης στη ζήτηση I.X. ανάλογα με το εισόδημα του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Εισόδημα/ύψος κομίστρου	0.50 €	1 €	1.50 €	3 €
<800 €	31.50%	53.70%	86.00%	90.40%
800-1500 €	29.34%	48.70%	79%	91%
1500-2500 €	12.50%	24.60%	37.50%	75%
>2500 €	8%	15%	36%	70.30%

Φυσιολογικό συμπέρασμα από τον Πίνακα 4.6, είναι ότι όσο χαμηλότερο το εισόδημα του ερωτώμενου, τόσο ευκολότερα εγκατέλειπε το I.X. σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης.

Με βάση έρευνα που έγινε από το ινστιτούτο καταναλωτών INKA το 2011, η μέση κατανάλωση ενός I.X. στους Ελληνικούς δρόμους είναι 6 λίτρα/100 χλμ. (<http://www.euro2day.gr/news/economy/article/624169/inka-akrivotero-to-leoforeio-apo-to-ih.html>). Έτσι, έγινε η κατανομή των οχημάτων ανάλογα με την κατανάλωση όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.24



Διάγραμμα 4.24 Κατανομή οχημάτων με βάση τη μέση κατανάλωση Ι.Χ.

Στη συνέχεια, γίνεται καταγραφή της μείωσης στη ζήτηση Ι.Χ. ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου των Ι.Χ. Παρατηρείται με βάση τον Πίνακα 4.7 ότι κάτοχοι οχημάτων με κατανάλωση <6 lt/100 km ευκολότερα αφήνουν το Ι.Χ. τους σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης.

Πίνακας 4.7 Καταγραφή μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με την κατανάλωση καυσίμου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Κατανάλωση οχήματος/ ύψος κομίστρου	0.50 €	1 €	1.50 €	3 €
< 6 lt / 100 km	34.90%	51%	81.80%	93.20%
> 6 lt / 100 km	25.45%	48.15%	76,36%	85.50%

Από τον Πίνακα 4.8 παρατηρείται μία μικρή μείωση στο ποσοστό των ανδρών που θα αφήναν το Ι.Χ. τους σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης.

Πίνακας 4.8 Καταγραφή μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με το φύλο του ερωτώμενου

Φύλο/ύψος κομίστρου	0,5 €	1 €	1.50 €	3 €
Γυναίκα	29.40%	52.90%	82.40%	85.30%
Άνδρας	29.90%	46.30%	76.20%	88%

Πίνακας 4.9 Καταγραφή της μείωσης της χρήσης Ι.Χ. ανάλογα με την ηλικία του ερωτώμενου (μετακινήσεις καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας)

Ηλικία/ύψος κομίστρου	0,5 €	1 €	1.50 €	3 €
18-24	37.80%	62.20%	91.90%	94.60%
25-34	27.80%	44.40%	75.90%	87%

Από τον Πίνακα 4.9 παρατηρείται, ότι οι μικρότερες ηλικίες δυσκολότερα αποδέχονται το σύστημα αστικής τιμολόγησης.

Συμπερασματικά σκοπός της διπλωματικής, είναι η συλλογή στοιχείων που αφορούν την μεταβολή της ζήτησης για χρήση Ι.Χ. Τα στοιχεία αυτά που προέκυψαν στον Πίνακα 4.2 θα εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης προκειμένου να προκύψουν οι επιπτώσεις στην κυκλοφορία

Κεφάλαιο 5ο Επιρροή συμπεριφοράς χρηστών σε Πολιτικές Τιμολόγησης Κορεσμού στην Κυκλοφορία

5.1 Περιγραφή των σεναρίων

Βάσει των αποτελεσμάτων από τα ερωτηματολόγια και ειδικότερα από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2, προκύπτουν και τα τέσσερα διαφορετικά σενάρια που θα εισαχθούν στο λογισμικό προσομοίωσης Aimsun και θα συγκριθούν με το βασικό αλλά και μεταξύ τους. Τα σενάρια είναι τα εξής.

Βασικό σενάριο: Το βασικό σενάριο αποτυπώνει την κυκλοφορία στους δρόμους της Αττικής με τη χρήση του υφιστάμενου οδικού δικτύου χωρίς καμία τροποποίηση και χωρίς εφαρμογή του συστήματος τιμολόγησης κορεσμού.

Σενάριο Α: Το σενάριο Α, προσομοιάζει την κυκλοφορία στους δρόμους της Αττικής στην περίπτωση που εφαρμοστεί σύστημα τιμολόγησης κορεσμού με κόμιστρο 0,5 €. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν ώστε να προγραμματιστεί το σενάριο Α στο Aimsun φαίνονται στον Πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1 Στοιχεία σεναρίου Α

Κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για Ι.Χ.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
0,5 €	30,30%	3,77%

Ο Πίνακας 5.1 υποδηλώνει τα εξής: Σε περίπτωση εφαρμογής συστήματος τιμολόγησης με ύψος κομίστρου 0.5 € ένα ποσοστό της τάξης του 30,3% των οδηγών που εισέρχονται στο δακτύλιο των Αθηνών με το Ι.Χ. τους θα διαλέξει κάποιο διαφορετικό τρόπο να μετακινηθεί. Οι εναλλακτικές επιλογές που μπορούσε να επιλέξει ο ερωτώμενος του ερωτηματολογίου ήταν να μετακινηθεί με το Ι.Χ. αλλά σπανιότερα, όπου προσμετρούνταν ως μείωση της ζήτησης για Ι.Χ. από τον ερευνητή, να χρησιμοποιήσει τα Μέσα μαζικής μεταφοράς, να σκεφτόταν την αγορά οικολογικού οχήματος, να άλλαζε την ώρα των μετακινήσεων του, να χρησιμοποιούσε δίκυκλο, να πήγαινε περπατώντας ή με το ποδήλατο, η να άλλαζε διαδρομή (εκτός δακτυλίου). Μέσα σε αυτό το 30,3% που φαίνεται στον Πίνακα 5.1 συμπεριλαμβάνονται και οι οδηγοί εκείνοι οι

οποίοι θα επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν και πάλι το I.X. τους αλλά θα επιλέξουν διαδρομή εκτός δακτυλίου για λόγους λειτουργικότητας των ποσοστών αυτών στο λογισμικό προσομοίωσης. Τα στοιχεία του Πίνακα 5.1 εισάγονται στο λογισμικό προσομοίωσης με τον τρόπο που θα παρουσιαστεί στην ενότητα 5.2.

Σενάριο Β: Το σενάριο Β, προσομοιάζει την κυκλοφορία στους δρόμους της Αττικής σε περίπτωση που εφαρμοστεί σύστημα οδικής τιμολόγησης της συμφόρησης με κόμιστρο 1 €. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν για το σενάριο Β φαίνονται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Στοιχεία σεναρίου Β

Κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για I.X.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
1 €	49,49%	11,32%

Σενάριο Γ: Το σενάριο Γ, προσομοιάζει την κυκλοφορία στους δρόμους της Αττικής σε περίπτωση που εφαρμοστεί σύστημα οδικής τιμολόγησης της συμφόρησης με κόμιστρο 1,5 €. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν για το σενάριο Γ φαίνονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Στοιχεία σεναρίου Γ

Κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για I.X.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
1,5 €	79,79%	16,98%

Σενάριο Δ: Το σενάριο Δ, προσομοιάζει την κυκλοφορία στους δρόμους της Αττικής σε περίπτωση που εφαρμοστεί σύστημα οδικής τιμολόγησης της συμφόρησης με κόμιστρο 3 €. Τα στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν για το σενάριο Δ φαίνονται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4 Στοιχεία σεναρίου Δ

Κόμιστρο	Μείωση στη ζήτηση για I.X.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
3 €	88,88%	26,41%

Τα στοιχεία των Πινάκων 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 εισάγονται στο λογισμικό προσομοίωσης με τον τρόπο που θα παρουσιαστεί στην ενότητα 5.2.

5.2 Προγραμματισμός των σεναρίων στο περιβάλλον του AIMSUN

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, είναι να αποτυπώσει τις επιπτώσεις που θα έχει μια ενδεχόμενη εφαρμογή του συστήματος αστικής τιμολόγησης στο κέντρο της Αθήνας στην κυκλοφορία τόσο στους δρόμους εντός του δακτυλίου όσο και στους γύρω δρόμους.

Σε αυτό το τμήμα της διπλωματικής εργασίας θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο έγινε η εφαρμογή των στοιχείων που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια και παρουσιάστηκαν στο 3ο κεφάλαιο της εργασίας, στο περιβάλλον του λογισμικού Aimsun. Τα στοιχεία αυτά που θα εισαχθούν στο μοντέλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5 Στοιχεία προγραμματισμού σεναρίων

Για κόμιστρο	Αλλαγή στη ζήτηση για I.X.	Πραγματοποίηση εναλλακτικής διαδρομής (εκτός δακτυλίου)
0,5 €	30,30%	3,77%
1,0 €	49,49%	11,32%
1,5 €	79,79%	16,98%
3 €	88,88%	26,41%

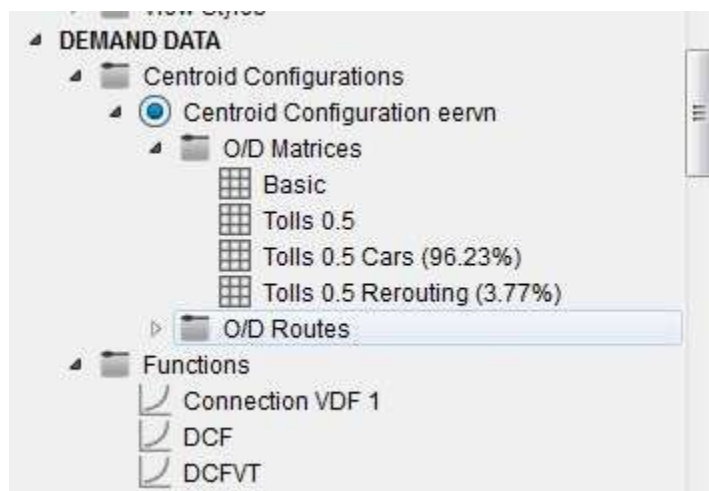
Τι όμως πραγματικά δείχνει ο Πίνακας 5.5 και πώς θα γίνει η ενσωμάτωση αυτών των στοιχείων στο λογισμικό; Το τρίτο τμήμα του ερωτηματολογίου ρωτούσε τον οδηγό που χρησιμοποιούσε το I.X. για την πραγματοποίηση των μετακινήσεων του στο κέντρο της Αθήνας, πώς θα αντιδρούσε σε περίπτωση εφαρμογής του συστήματος τιμολόγησης της συμφόρησης με τέσσερις διαφορετικές τιμές κομίστρου.

Η αποτύπωση της μείωσης στη χρήση του I.X. στο μοντέλο προσομοίωσης μετά την επιβολή των διοδίων, έγινε με τη βοήθεια του Πίνακα προέλευσης-προορισμού.

Αρχικά, εντοπίστηκαν στο μοντέλο όλοι οι κεντροειδείς εκείνοι οι οποίοι είτε βρίσκονταν εντός δακτυλίου είτε είχαν τουλάχιστον μία σύνδεση "attracts from" εντός δακτυλίου. Ύστερα, πηγαίνοντας στον Πίνακα προέλευσης προορισμού, επιλέχθηκαν οι στήλες οι οποίες αντιστοιχούσαν σε κάθε κεντροειδή που εντοπίστηκε νωρίτερα. Οι στήλες αυτές πολλαπλασιάστηκαν με τον συντελεστή της μείωσης της ζήτησης I.X. Για παράδειγμα, για κόμιστρο 0,5 €, η μείωση στη ζήτηση για I.X. ήταν 30,3% , πράγμα που σημαίνει ότι το 30,3% των οδηγών που χρησιμοποιούν το I.X. για να πραγματοποιήσουν την μετακίνησή τους, θα κατέφευγαν σε διαφορετικό μέσο προκειμένου να μετακινηθούν ή θα άλλαζαν διαδρομή (εκτός

δακτυλίου). Άρα, ο συντελεστής με τον οποίο πολλαπλασιάστηκαν οι στήλες των κεντροειδών είναι 0,697.

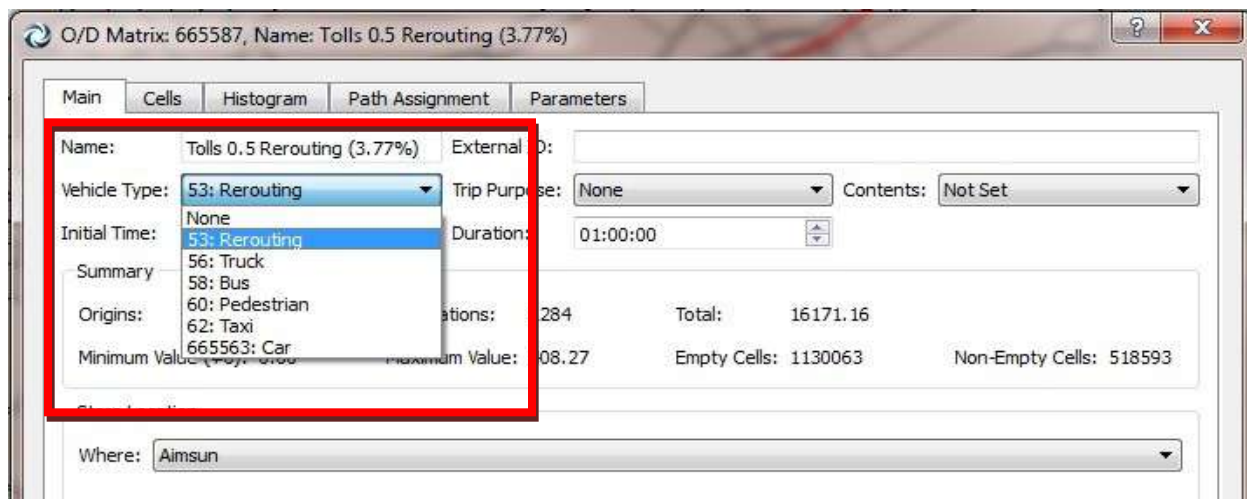
Καθεαυτό τον τρόπο προκύπτει για κάθε ένα σενάριο, ένας διαφορετικός Πίνακας προέλευσης προορισμού που θα χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση. Οι Πίνακες αυτοί φαίνονται στο Σχήμα 5.1



Σχήμα 5.1 Λίστα πινάκων Προέλευσης προορισμού για τον προγραμματισμό των σεναρίων

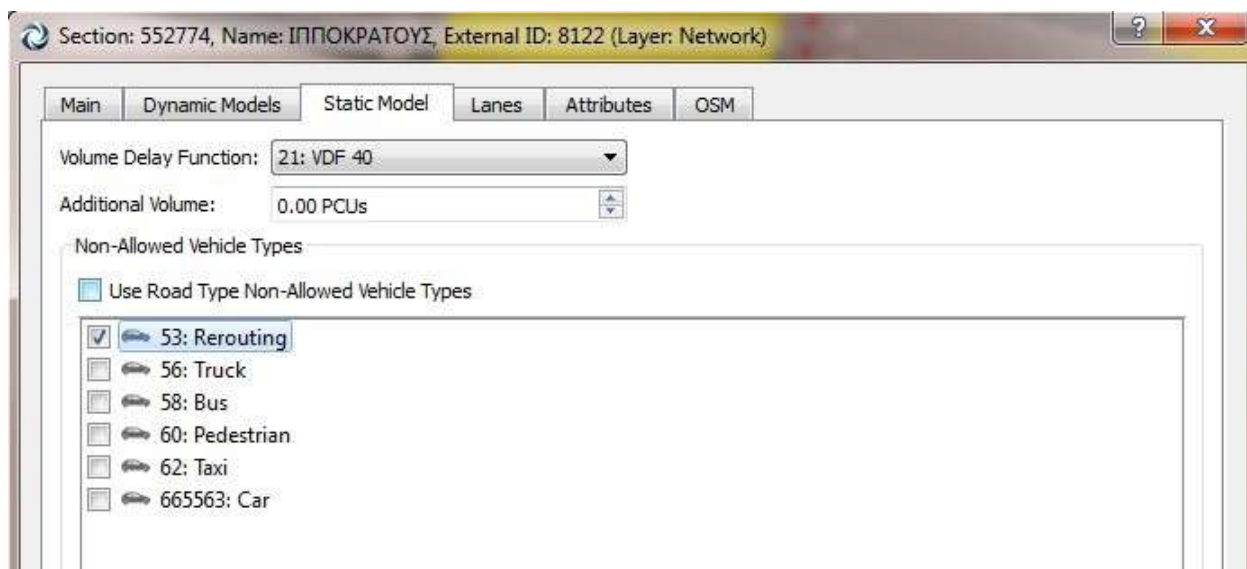
Στη συνέχεια έπρεπε να γίνει η προσομοίωση της πρόθεσης πραγματοποίησης εναλλακτικής διαδρομής σε περίπτωση που η διαδρομή του ερωτώμενου περνούσε απλώς μέσα από το δακτύλιο. Αυτό επετεύχθη με τον εξής τρόπο: Αρχικά, ο τροποποιημένος Πίνακας προέλευσης προορισμού (δηλαδή ο Πίνακας που είχε πολλαπλασιαστεί με τον συντελεστή μείωσης της ζήτησης του I.X. όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο) χωρίστηκε σε δύο. Καθένας από τους δύο πίνακες προορισμού που δημιουργήθηκαν περιείχε ένα ποσοστό του αρχικού Πίνακα προορισμού. Για παράδειγμα για τον προγραμματισμό του σεναρίου Α όπου το 3,77% των χρηστών θα πραγματοποιούσαν εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου, ο αρχικός Πίνακας Π/Π χωρίστηκε σε έναν Πίνακα που περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών πολλαπλασιασμένους με 3,77% και έναν δεύτερο που περιείχε τους φόρτους των κεντροειδών πολλαπλασιασμένους με 96,23% (100%-3,77%).

Επιπρόσθετα, δημιουργήθηκε στο περιβάλλον του λογισμικού μια ειδική κατηγορία οχημάτων με τα ίδια χαρακτηριστικά με τα συμβατικά οχήματα τα οποία ονομάστηκαν "Rerouting" δηλαδή "αυτοί που αλλάζουν διαδρομή". Έτσι, ο Πίνακας Π/Π που είχε πολλαπλασιαστεί με 3,77% αντιστοιχίστηκε στα οχήματα "rerouting" και ο Πίνακας που είχε πολλαπλασιαστεί με 96.23% αντιστοιχίστηκε στα συμβατικά οχήματα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο Σχήμα 5.2.



Σχήμα 5.2 Αντιστοίχιση του Πίνακα προέλευσης προορισμού με την κατηγορία οχήματος

Τέλος, έπρεπε να προγραμματιστεί στο περιβάλλον του λογισμικού να μην εισέρχονται τα οχήματα τύπου "Rerouting" εντός δακτυλίου. Αυτό έγινε, με τη βοήθεια των ιδιοτήτων των δρόμων στο λογισμικό Aimsun καθώς απαγορεύσαμε την κίνηση των αυτοκινήτων τύπου "Rerouting" σε όλες τις εισόδους του δακτυλίου. Έτσι οι οδηγοί οι οποίοι προσπαθούσαν να μετακινηθούν μέσω δακτυλίου για τον προορισμό τους εκτός δακτυλίου, διάλεξαν μία εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3 Προγραμματισμός της απαγόρευσης κυκλοφορίας των οχημάτων "Rerouting" στις εισόδους του δακτυλίου.

Στο Σχήμα 5.3 φαίνεται η καρτέλα στην οποία προγραμματίστηκε η απαγόρευση των οχημάτων τύπου Rerouting να εισέλθουν εντός δακτυλίου.

Έχοντας προγραμματίσει όλα τα δεδομένα που εξήχθησαν από τα ερωτηματολόγια, πριν πραγματοποιηθεί το μακροσκοπικό πείραμα για να εξαχθούν τα αποτελέσματα έπρεπε να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες: Αρχικά, δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικές ζητήσεις κυκλοφορίας. Οι ζητήσεις κυκλοφορίας περιείχαν τους αντίστοιχους πίνακες Π/Π για κάθε σενάριο. Έτσι για το βασικό σενάριο δημιουργήθηκε η ζήτηση κυκλοφορίας η οποία περιείχε τον αρχικό Πίνακα Π/Π του μοντέλου χωρίς καμία τροποποίηση, και για κάθε ένα εναλλακτικό σενάριο δημιουργήθηκε η ζήτηση κυκλοφορίας που περιείχε τους δύο πίνακες προέλευσης προορισμού που δημιουργήθηκαν με τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω συν τους σταθερούς πίνακες προορισμού που αφορούσαν ταξί, φορτηγά, λεωφορεία και δίκυκλα.

Traffic Demand: 665635, Name: 0.5

Main Summary Profile

Name: 0.5 External ID:

Initial Time: 8:00:00 AM Duration: 01:00:00 Type: Matrices Factor: 100 %

	8:00:00 AM	8:15:00 AM	8:30:00 AM	8:45:00 AM	9:00:00 AM
Car	0.5 Cars Split (100%)				
Bus	Buses (100%)				
Taxi	Taxis (100%)				
Truck	Trucks (100%)				
Moto	Moto (100%)				
Rerouting	0.5 Rerouting Split (100%)				

Add Demand Item Delete Demand Item

Current Demand Item

Initial Time: 12:00:00 AM Duration: 00:00:00 Factor: %

Traffic Arrivals

Traffic Arrivals: None

OK Cancel

Σχήμα 5.4 Καρτέλα ζήτησης κυκλοφορίας για το σενάριο Α

Στο Σχήμα 5.4 φαίνονται όλοι οι πίνακες προέλευσης προορισμού που εισήχθησαν στην ζήτηση κυκλοφορίας του σεναρίου Α. Επίσης φαίνονται όλοι οι διαφορετικοί τύποι οχημάτων: Συμβατικά οχήματα Ι.Χ, Λεωφορεία, Ταξί, Φορτηγά, Δίκυκλα, και οχήματα τύπου Rerouting.

Τέλος, δημιουργήθηκαν πέντε διαφορετικά σενάρια και τα αντίστοιχα πειράματα στο περιβάλλον του λογισμικού και εισήχθησαν σε αυτά οι ζητήσεις κυκλοφορίας, τα δεδομένα ημέρας, ώρας εποχής και καιρού. Πιο συγκεκριμένα οι συνθήκες για το πείραμα προγραμματίστηκαν να είναι μία Τρίτη της Άνοιξης, με ηλιοφάνεια και από τις 8:00 έως τις 9:00. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση των σεναρίων αναλύονται στην ενότητα 5.3.

Macro Assignment Scenario: 665554, Name: Basic Scenario 0.5

Main Output Variables Parameters

Name: Basic Scenario 0.5 External ID:

Times

Date: 19-Mar-2015

Initial Time: 8:00:00 AM Duration: 01:00:00

Traffic

Traffic Demand: Car Adj 1h+tolls

Public Transit Plan: None

Real Data Set for Validation

None

Σχήμα 5.5 Πρώτη καρτέλα παραμέτρων σεναρίων

Macro Assignment Scenario: 665554, Name: Basic Scenario 0.5

Main Output Variables Parameters

Day of the Week: Tuesday Season: Spring

Weather: Sunny Event: Not set

Methodology: Not set

Σχήμα 5.6 Δεύτερη καρτέλα παραμέτρων σεναρίων

Στα Σχήματα 5.5 και 5.6 φαίνεται ο προγραμματισμός των παραμέτρων του σεναρίου Α. Παρατηρείται από το Σχήμα 5.5 η ζήτηση κυκλοφορίας που εισάχθηκε, και από το Σχήμα 5.6 η μέρα της εβδομάδας, η εποχή και ο καιρός προσομοίωσης.

5.3 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα από τα μακροσκοπικά σενάρια που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων αλλά και μορφή χάρτη, όπου υπάρχει αυτή η δυνατότητα από το λογισμικό προσομοίωσης. Τα κύρια στοιχεία που εξάγονται από τα αποτελέσματα είναι:

- Ο φόρτος των οχημάτων μετρημένος σε οχήματα/ώρα (flow) (στην συγκεκριμένη προσομοίωση που διαρκεί μία ώρα ο τοποθετημένος όγκος συμπίπτει με τον φόρτο)
- Η καθυστέρηση που αντιλαμβάνεται ένα όχημα του προγράμματος προσομοίωσης προκειμένου να διασχίσει μία οδό, ή στροφή. (στην πραγματικότητα, η καθυστέρηση που υπολογίζει το πρόγραμμα προκύπτει με βάση τις συναρτήσεις κόστους που διέπουν το κάθε στοιχείο του λογισμικού. Οι συναρτήσεις αυτές εξάγουν αποτέλεσμα μετρημένο σε μονάδες χρόνου (λεπτά). Έτσι ως κόστος το όχημα του λογισμικού αντιλαμβάνεται το χρόνο που κάνει για να διανύσει το δρόμο, ή την στροφή)
- Ο συντελεστής V/C (Volume/Capacity) ενός δρόμου που εκφράζεται σε όγκο οχημάτων/χωρητικότητα του δρόμου.

Αρχικά για κάθε σενάριο παρατίθεται ο χάρτης όπως προέκυψε από το λογισμικό προσομοίωσης που δείχνει τον συντελεστή V/C των οδών του δικτύου. Το χρώμα του κάθε δρόμου είναι ενδεικτικό και του συντελεστή V/C που έχει. Ένας δρόμος που αναπαριστάται με κόκκινο χρώμα έχει υψηλότερο συντελεστή από έναν "κίτρινο" ή "πράσινο" δρόμο. Ένας με κίτρινο, μεγαλύτερο από έναν "πράσινο" κ.ο.κ. Οι χάρτες αυτοί φαίνονται στα Σχήματα 5.7, 5.9, 5.11, 5.13, 5.15. Επιπρόσθετα, δίνεται ενδεικτικά για κάθε σενάριο η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων που δίνεται από το λογισμικό προσομοίωσης. Οι πίνακες φαίνονται στα Σχήματα 5.8, 5.10, 5.12, 5.14, 5.16.

5.3.1 Αποτελέσματα Βασικού Σεναρίου



Σχήμα 5.7 Χάρτης συντελεστή V/C οδών βασικού σεναρίου.

Στο Σχήμα 5.7 φαίνονται οι φόρτοι των οδών του βασικού σεναρίου. Παρατηρείται ότι υπάρχουν αρκετά μεγάλοι φόρτοι στις οδούς εντός του δακτυλίου, και ειδικότερα στις οδούς: Σταδίου, Πανεπιστημίου, Ακαδημίας, Βασ. Κων/νου, Βασ. Όλγας, Βασ. Αμαλίας, Βασ. Σοφίας, Ανδρέα Συγγρού, Πατησίων, 3ης Σεπτεμβρίου και Αθηνάς. Στο Σχήμα 5.8, παρουσιάζεται η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων ο οποίος περιέχει τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή της ενότητας για κάθε οδό αλλά και για κάθε στροφή.

Macro Assignment Experiment: 665644, Name: Basic Experiment

User Class: All (pcu) Copy Create Traffic State

Summary Sections Turns Connections Supernode Trajectories Convergence Validation

☐ Show Only Entrances

Section	Flow	Assigned Volume	Cost	V/C Ratio
664172 (2595)	678.79	678.79	0.00	79.86
664167	470.36	470.36	0.33	55.34
664161: ΠΛΑΤΩ...	534.93	534.93	0.94	62.93
664158: ΠΛΑΤΩ...	750.93	750.93	0.26	88.34
664153	973.78	973.78	10.06	114.56
664140	638.94	638.94	0.50	75.17
663875 (7870)	425.92	425.92	0.13	50.11
663869: ΚΕΡΚΥΡ...	857.04	857.04	1.40	100.83
663863: ΣΠΕΤΣ...	487.46	487.46	0.23	57.35
663770 (5385)	1037.65	1037.65	5.01	103.76
663767 (5385)	937.81	937.81	1.65	93.78
663746	651.87	651.87	0.89	76.69
663736: 25ης Μ...	1704.49	1704.49	0.00	200.53
663735: 25ης Μ...	946.33	946.33	19.53	111.33
663653: ΣΠΑΤΩ...	1692.22	1692.22	251.08	169.22
663650: ΣΠΑΤΩ...	1003.72	1003.72	6.58	100.37
663644: ΕΛ.ΒΕΝ...	1041.07	1041.07	4.84	104.11

OK Cancel

Σχήμα 5.8 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων βασικού σεναρίου.

Στο Σχήμα 5.8 φαίνεται η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων του βασικού σεναρίου όπως αυτός εξάγεται από το λογισμικό προσομοίωσης Aimsun. Στην πρώτη στήλη φαίνεται το όνομα του δρόμου που εξετάζεται, στη δεύτερη στήλη, ο φόρτος των οχημάτων/ώρα που διατρέχουν το δρόμο. Στην τρίτη στήλη φαίνεται ο όγκος των οχημάτων που ανατέθηκε από το λογισμικό στο τμήμα του δρόμου να ικανοποιήσει. Παρατηρείται ότι η 2η και η 3η στήλη είναι πανομοιότυπες

καθώς η προσομοίωση έγινε για μία ώρα 08:00-09:00. Στην 4η στήλη φαίνεται το κόστος διάσχισης του δρόμου, εκφρασμένο σε λεπτά. Στην πραγματικότητα, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της ενότητας το κόστος εκφράζει καθυστέρηση. Τέλος στην 5η στήλη φαίνεται ο συντελεστής V/C (όγκος / χωρητικότητα) του κάθε δρόμου.

Στον Πίνακα 5.6 φαίνονται οι μέσοι όροι του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του βασικού σεναρίου τόσο για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου όσο και ξεχωριστά για κάθε είδος οδού.

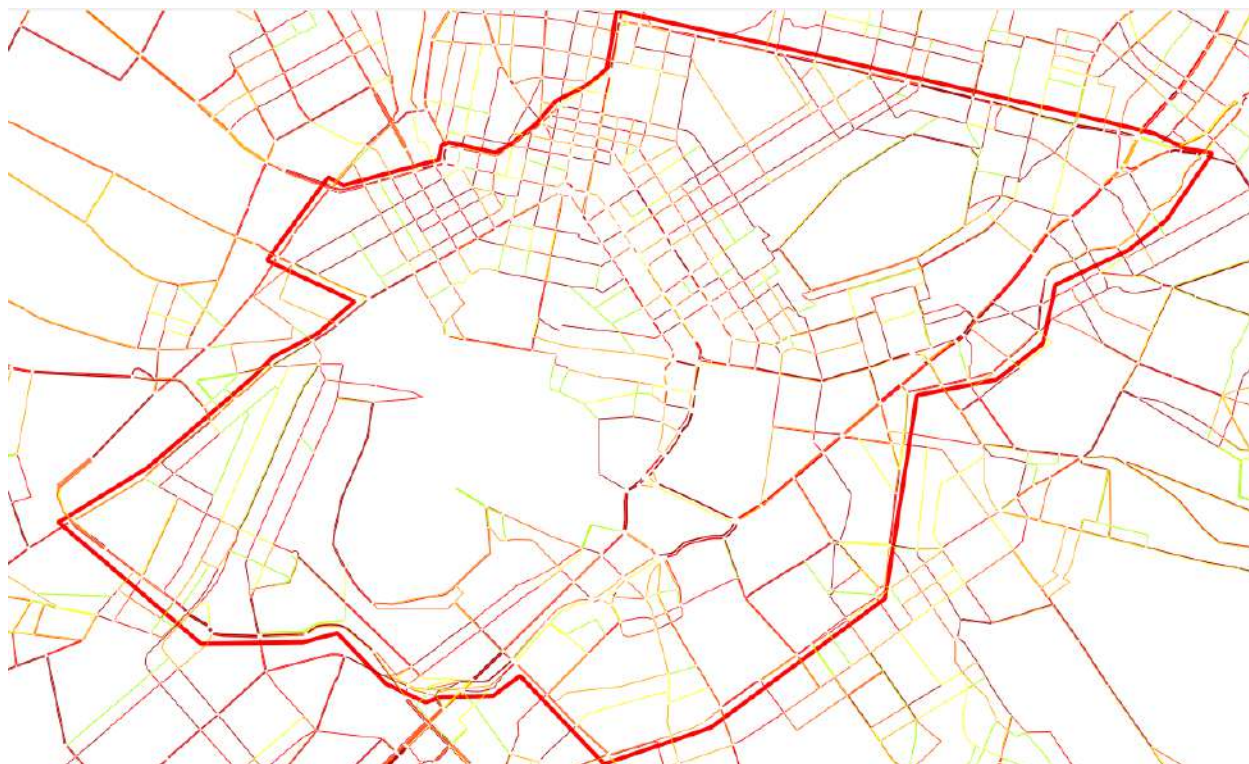
Πίνακας 5.6 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων βασικού σεναρίου.

	Σύνολο οδών	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Φόρτος	1367.02	3256.93	2123.58	901.77
Συντελεστής V/C	75.98	68.20	77.30	76.23
Καθυστέρηση	2.91	0.72	2.88	3.12

Από τον Πίνακα 5.6 παρατηρείται ότι ο μεγαλύτερος φόρτος οχημάτων εξυπηρετείται από τις αρτηρίες.

5.3.2 Αποτελέσματα Σεναρίου Α

Στο Σχήμα 5.9 φαίνεται ο χάρτης που αποτυπώνονται γραφικά ο συντελεστής V/C των οδών στο σενάριο Α. Οπτικά, συγκρίνοντας τα Σχήματα 5.9 και 5.7 υπάρχει μια διαφοροποίηση η οποία θα ποσοτικοποιηθεί στην ενότητα 5.4



Σχήμα 5.9 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Α

Στο Σχήμα 5.10 φαίνονται ο Πίνακας αποτελεσμάτων του σεναρίου Α όπως αυτός εξάχθηκε από το λογισμικό προσομοίωσης. Παρατηρείται μείωση στους φόρτους, συντελεστές V/C και καθυστερήσεις σε σχέση με το Σχήμα 5.8.

Macro Assignment Experiment: 665646, Name: 0.5 Experiment

User Class: All (pcu) Copy Create Traffic State

Summary Sections Turns Connections Supernode Trajectories Convergence Validation

☐ Show Only Entrances

Section	Flow	Assigned Volume	Cost	V/C Ratio
664172 (2595)	670.26	670.26	0.00	78.85
664167	466.50	466.50	0.33	54.88
664161: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	575.84	575.84	1.10	67.75
664158: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	744.58	744.58	0.26	87.60
664153	913.46	913.46	5.92	107.47
664140	603.79	603.79	0.45	71.03
663875 (7870)	433.06	433.06	0.13	50.95
663869: ΚΕΡΚΥΡΑΣ (7...	859.30	859.30	1.48	101.09
663863: ΣΠΕΤΣΩΝ (78...	498.64	498.64	0.24	58.66
663770 (5385)	1088.61	1088.61	7.73	108.86
663767 (5385)	995.94	995.94	2.12	99.59
663746	682.21	682.21	0.99	80.26
663736: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	1633.05	1633.05	0.00	192.12
663735: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	927.17	927.17	16.38	109.08
663653: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1607.81	1607.81	220.82	160.78
663650: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	997.12	997.12	5.51	99.71
663644: ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟ...	1075.05	1075.05	6.48	107.50

OK Cancel

Σχήμα 5.10 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου A

Στον Πίνακα 5.7 φαίνονται οι μέσοι όροι του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του σεναρίου A τόσο για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου όσο και ξεχωριστά για κάθε είδος οδού. Παρατηρείται μείωση σε σχέση με το βασικό σενάριο.

Πίνακας 5.7 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Α

	Σύνολο οδών	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Φόρτος	1308.01	3202.59	2026.81	864.13
Συντελεστής V/C	72.41	66.56	73.92	72.40
Καθυστέρηση	2.15	0.67	2.17	2.27

5.3.3 Αποτελέσματα Σεναρίου Β

Στο Σχήμα 5.11 φαίνεται ο χάρτης που αποτυπώνονται γραφικά ο συντελεστής V/C των οδών στο σενάριο Β. Οπτικά, συγκρίνοντας τα Σχήματα 5.9 και 5.11 οι φόρτοι ορισμένων οδών εντός αλλά και εκτός δακτυλίου έχουν μειωθεί.



Σχήμα 5.11 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Β

Στο Σχήμα 5.12 φαίνεται η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων του σεναρίου Β. Παρατηρείται και πάλι μείωση στα εικονιζόμενα μεγέθη η οποία θα ποσοτικοποιηθεί παρακάτω.

Macro Assignment Experiment: 665648, Name: 1.0 Experiment NEW

Main Variables Outputs

User Class: All (pcu) Copy Create Traffic State

Summary Sections Turns Connections Supernode Trajectories Convergence Validation

☐ Show Only Entrances

Section	Flow	Assigned Volume	Cost	V/C Ratio
664172 (2595)	667.79	667.79	0.00	78.56
664167	455.88	455.88	0.32	53.63
664161: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	542.85	542.85	0.97	63.86
664158: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	703.78	703.78	0.22	82.80
664153	1005.10	1005.10	12.21	118.25
664140	743.99	743.99	0.73	87.53
663875 (7870)	457.96	457.96	0.14	53.88
663869: ΚΕΡΚΥΡΑΣ (7...)	857.89	857.89	1.43	100.93
663863: ΣΠΕΤΣΩΝ (78...)	495.91	495.91	0.24	58.34
663770 (5385)	1059.30	1059.30	6.15	105.93
663767 (5385)	891.78	891.78	1.35	89.18
663746	700.10	700.10	1.05	82.36
663736: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	1560.69	1560.69	0.00	183.61
663735: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	928.36	928.36	16.58	109.22
663653: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1603.01	1603.01	219.11	160.30
663650: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1002.77	1002.77	6.43	100.28
663644: ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟ...	1045.59	1045.59	5.06	104.56

OK Cancel

Σχήμα 5.12 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου B

Στον Πίνακα 5.8 φαίνονται οι μέσοι όροι του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του σεναρίου B τόσο για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου όσο και ξεχωριστά για κάθε είδος οδού.

Πίνακας 5.8 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Β

	Σύνολο οδών	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Φόρτος	1291.64	3174.80	2004.18	851.15
Συντελεστής V/C	71.32	66.72	72.93	71.15
Καθυστέρηση	1.92	0.68	1.85	2.07

5.3.4 Αποτελέσματα σεναρίου Γ

Στο Σχήμα 5.13 φαίνεται ο χάρτης που αποτυπώνονται γραφικά ο συντελεστής V/C των οδών στο σενάριο Γ. Οπτικά, συγκρίνοντας τα Σχήματα 5.13 και 5.11 οι φόρτοι ορισμένων οδών εντός αλλά και εκτός δακτυλίου έχουν μειωθεί.



Σχήμα 5.13 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Γ

Στο Σχήμα 5.14 φαίνεται η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων του σεναρίου Γ. Παρατηρείται και πάλι μείωση στα εικονιζόμενα μεγέθη.

Macro Assignment Experiment: 665650, Name: 1.5 Experiment NEW

Main Variables Outputs

User Class: All (pcu) Copy Create Traffic State

Summary Sections Turns Connections Supernode Trajectories Convergence Validation

☐ Show Only Entrances

Section	Flow	Assigned Volume	Cost	V/C Ratio
664172 (2595)	649.65	649.65	0.00	76.43
664167	475.55	475.55	0.33	55.95
664161: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	549.96	549.96	0.99	64.70
664158: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	716.89	716.89	0.23	84.34
664153	830.58	830.58	1.16	97.71
664140	762.50	762.50	0.78	89.71
663875 (7870)	455.77	455.77	0.14	53.62
663869: ΚΕΡΚΥΡΑΣ (7...)	846.16	846.16	1.01	99.55
663863: ΣΠΙΤΣΩΝ (78...)	519.22	519.22	0.26	61.09
663770 (5385)	1130.83	1130.83	10.03	113.08
663767 (5385)	992.58	992.58	2.07	99.26
663746	607.10	607.10	0.77	71.42
663736: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	1411.65	1411.65	0.00	166.08
663735: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	936.07	936.07	17.85	110.13
663653: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1605.52	1605.52	220.00	160.55
663650: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1002.66	1002.66	6.41	100.27
663644: ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟ...	1011.49	1011.49	3.44	101.15

OK Cancel

Σχήμα 5.14 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Γ

Στον Πίνακα 5.9 φαίνονται οι μέσοι όροι του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του σεναρίου Γ τόσο για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου όσο και ξεχωριστά για κάθε είδος οδού.

Πίνακας 5.9 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Γ

	Σύνολο οδών	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Φόρτος	1244.13	3109.46	1913.85	821.21
Συντελεστής V/C	68.69	65.03	69.74	68.64
Καθυστέρηση	1.44	0.59	1.44	1.52

5.3.5 Αποτελέσματα Σεναρίου Δ

Στο Σχήμα 5.15 φαίνεται ο χάρτης που αποτυπώνονται γραφικά ο συντελεστής V/C των οδών στο σενάριο Δ. Οπτικά, συγκρίνοντας τα Σχήματα 5.13 και 5.15 οι φόρτοι ορισμένων οδών εντός αλλά και εκτός δακτυλίου έχουν μειωθεί.



Σχήμα 5.15 Χάρτης συντελεστή V/C οδών σεναρίου Δ

Στο Σχήμα 5.16 φαίνεται η μορφή του Πίνακα αποτελεσμάτων του σεναρίου Δ. Παρατηρείται και πάλι μείωση στα εικονιζόμενα μεγέθη

Macro Assignment Experiment: 665656, Name: 3.0 Experiment

Main Variables Outputs

User Class: All (pcu) Copy Create Traffic State

Summary Sections Turns Connections Supernode Trajectories Convergence Validation

☐ Show Only Entrances

Section	Flow	Assigned Volume	Cost	V/C Ratio
664172 (2595)	680.04	680.04	0.00	80.00
664167	446.88	446.88	0.32	52.57
664161: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	575.10	575.10	1.10	67.66
664158: ΠΛΑΤΩΝΟΣ (...)	728.89	728.89	0.24	85.75
664153	957.25	957.25	8.92	112.62
664140	752.21	752.21	0.75	88.49
663875 (7870)	479.82	479.82	0.15	56.45
663869: ΚΕΡΚΥΡΑΣ (7...)	838.46	838.46	0.74	98.64
663863: ΣΠΕΤΣΩΝ (78...)	520.25	520.25	0.26	61.21
663770 (5385)	1044.72	1044.72	5.38	104.47
663767 (5385)	990.10	990.10	2.05	99.01
663746	582.29	582.29	0.71	68.50
663736: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	1399.08	1399.08	0.00	164.60
663735: 25ης ΜΑΡΤΙΟΥ	918.39	918.39	14.94	108.05
663653: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	1609.23	1609.23	221.32	160.92
663650: ΣΠΑΤΩΝ (5698)	996.20	996.20	5.36	99.62
663644: ΕΛ.ΒΕΝΙΖΕΛΟ...	1036.31	1036.31	4.62	103.63

OK Cancel

Σχήμα 5.16 Μορφή Πίνακα αποτελεσμάτων σεναρίου Δ

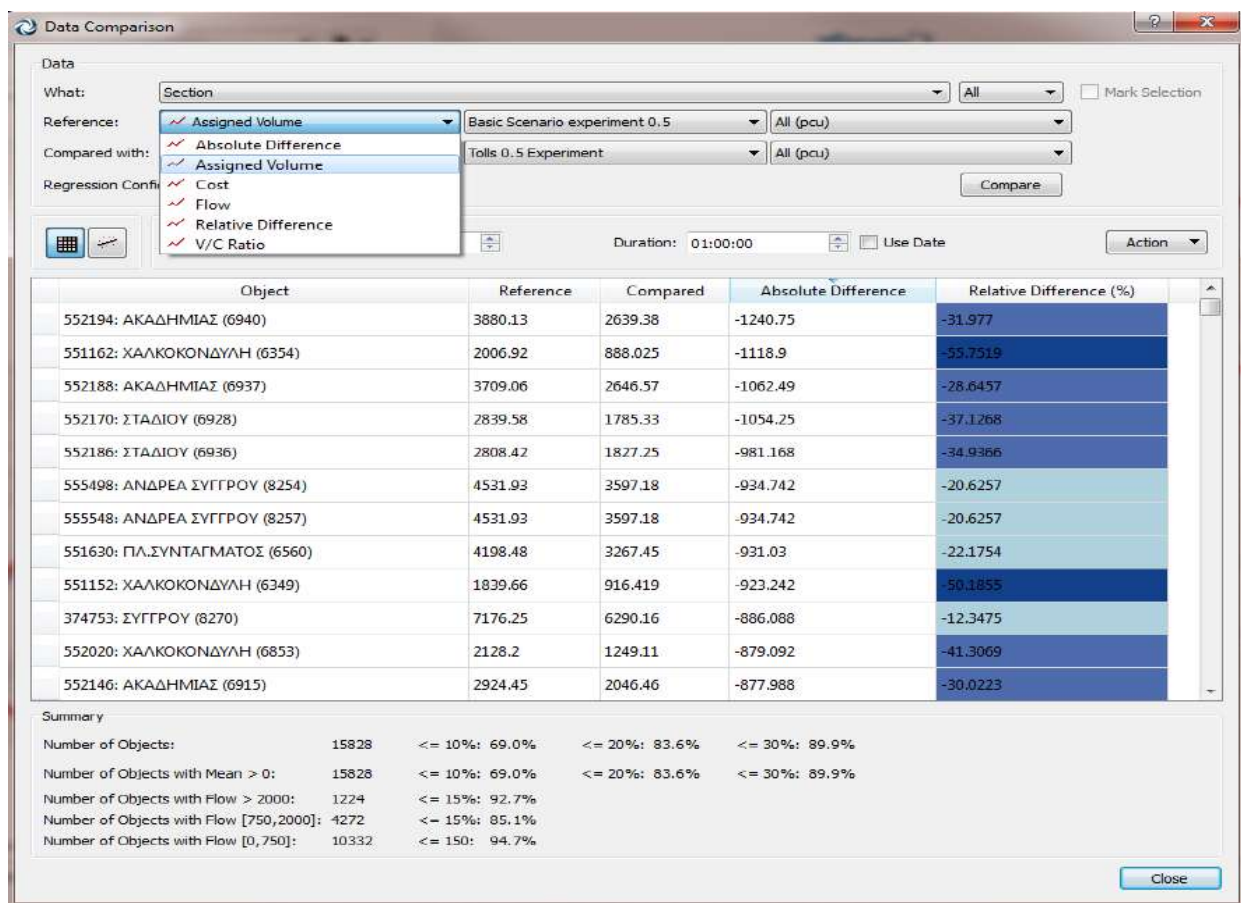
Στον Πίνακα 5.10 φαίνονται οι μέσοι όροι του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης όπως αυτά προέκυψαν από τα αποτελέσματα του σεναρίου Δ τόσο για το σύνολο των οδών εντός δακτυλίου όσο και ξεχωριστά για κάθε είδος οδού.

Πίνακας 5.10 Πίνακας μέσων όρων αποτελεσμάτων σεναρίου Δ

	Σύνολο οδών	Αρτηρίες	Σηματοδοτούμενες οδοί	Μη σηματοδοτούμενες οδοί
Φόρτος	1238.37	3119.71	1909.14	813.55
Συντελεστής V/C	68.16	65.14509516	69.85	67.80
Καθυστέρηση	1.39	0.59	1.37	1.46

5.4 Συγκριτική Αξιολόγηση Σεναρίων

Στην ενότητα αυτή γίνεται συγκριτική αξιολόγηση των σεναρίων. Πιο συγκεκριμένα συγκρίνεται κάθε ένα σενάριο με το βασικό και διατυπώνεται ποσοτικά με τον τρόπο που θα περιγραφεί η μείωση κατά μέσο όρο του φόρτου, της καθυστέρησης και του συντελεστή V/C στις οδούς εντός δακτυλίου τόσο για το σύνολό τους όσο και για κάθε είδος οδού ξεχωριστά. Επιπρόσθετα συγκρίνεται και με το βασικό σενάριο ο φόρτος των οδών γύρω από το δακτύλιο, με πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Η διαδικασία σύγκρισης των αποτελεσμάτων των τεσσάρων σεναρίων με το βασικό έγινε με τη βοήθεια της λειτουργίας "Data Comparison" του λογισμικού Aimsun όπου μας δίνει τη δυνατότητα να συγκρίνουμε κάποιο από τα στοιχεία της λίστας που φαίνεται στο Σχήμα 5.17, πριν και μετά την επιβολή διοδίων.



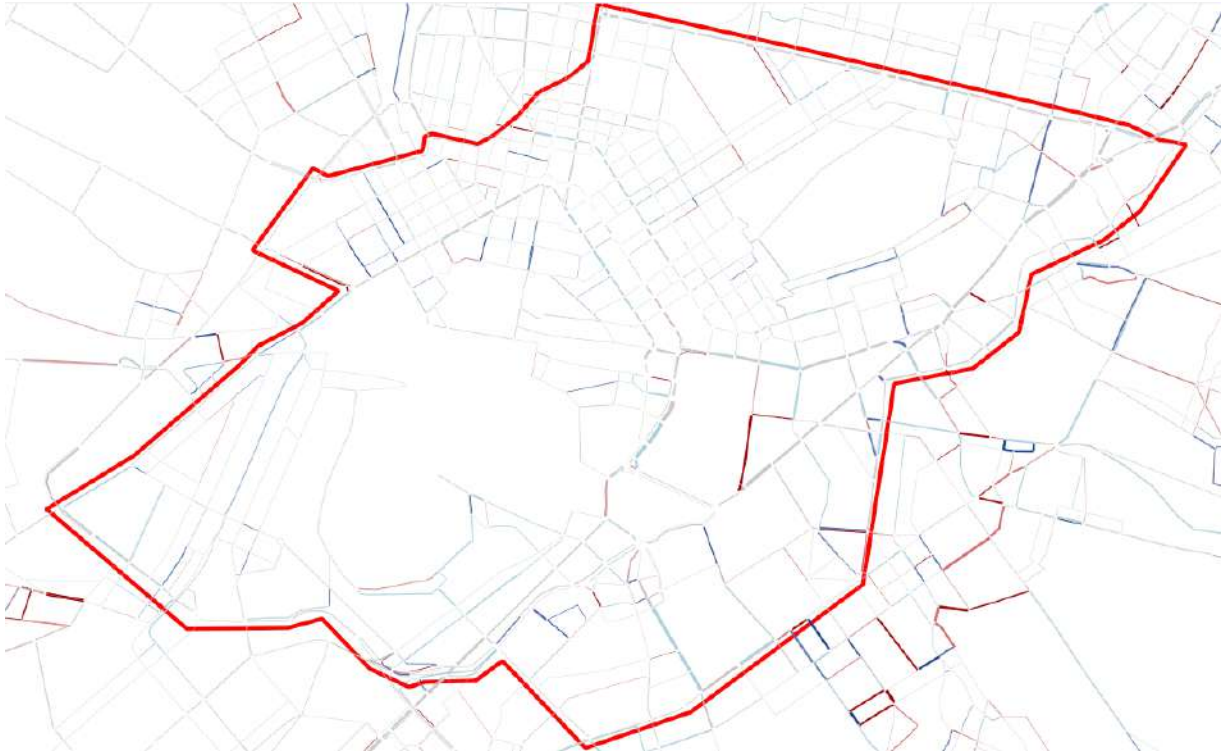
Σχήμα 5.17 Καρτέλα σύγκρισης αποτελεσμάτων λογισμικού Aimsun

Στο Σχήμα 5.17 φαίνεται η καρτέλα σύγκρισης αποτελεσμάτων του λογισμικού προσομοίωσης. Κανείς μπορεί να επιλέξει να συγκρίνει στοιχεία καθυστέρησης, φόρτου και συντελεστή V/C για όποια σενάρια επιθυμεί. Στην πρώτη στήλη της καρτέλας φαίνεται το όνομα της οδού που συγκρίνεται. Στην δεύτερη, το μέγεθος προς σύγκριση του σεναρίου αναφοράς, στη συγκεκριμένη περίπτωση του βασικού σεναρίου. Στην τρίτη στήλη φαίνεται η τιμή του μεγέθους για το σενάριο σύγκρισης, στην προκειμένη περίπτωση του σεναρίου Α. Τέλος στις στήλες 3 και 4 φαίνεται η απόλυτη και σχετική επί τοις εκατό διαφορά των δύο τιμών που συγκρίνονται. Στην τελευταία σειρά της καρτέλας, φαίνεται ο μέσος όρος των στηλών.

5.4.1 Συγκριτική αξιολόγηση Σεναρίου Α

Με τη βοήθεια της διαδικασίας που περιγράφηκε στην αρχή του κεφαλαίου, προκύπτει ο χάρτης του σχήματος 5.18 ο οποίος απεικονίζει τη διαφορά στο συντελεστή V/C των οδών του

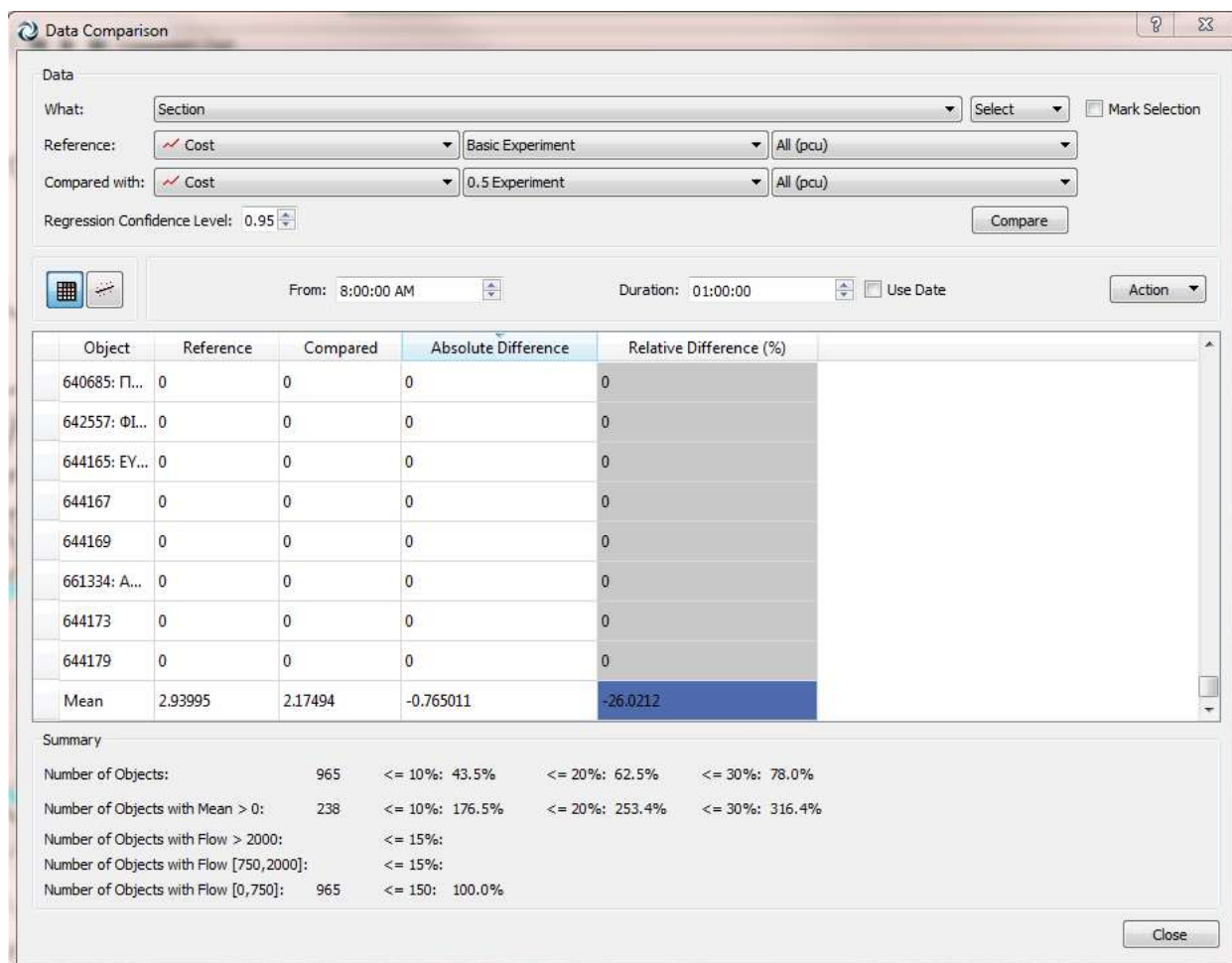
μοντέλου. Με μπλε χρώμα στο συγκριτικό χάρτη, απεικονίζεται μείωση στο εξεταζόμενο μέγεθος και με κόκκινο χρώμα αύξηση.



Σχήμα 5.18 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου A

Για να γίνει όμως πιο κατανοητό το αποτέλεσμα που θα έχει η εφαρμογή ενός συστήματος τιμολόγησης θα πρέπει να γίνει ποσοτική ανάλυση του Σχήματος 5.18.

Επιλέγοντας τις οδούς εντός δακτυλίου, το πρόγραμμα προσομοίωσης μας δίνει τη σύγκριση στους φόρτους, συντελεστές V/C ή καθυστερήσεων των οδών μόνο για τις οδούς εντός δακτυλίου. Η διαδικασία αυτή του λογισμικού φαίνεται στο Σχήμα 5.19.



Σχήμα 5.19 Μορφή Πίνακα σύγκρισης αποτελεσμάτων σεναρίου A με το βασικό για τις οδούς εντός δακτυλίου

Πέρα από τη μείωση του φόρτου στις περισσότερες οδούς, πρέπει να σημειωθεί προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα για όλα τα σενάρια ότι η μείωση κατά μέσο όρο στο φόρτο των οδών εντός δακτυλίου είναι 3,90403%. Κατά αντίστοιχο τρόπο, η μείωση στην καθυστέρηση της μετακίνησης και στο συντελεστή V/C προέκυψαν 26,0212% και 4,46728% αντίστοιχα.

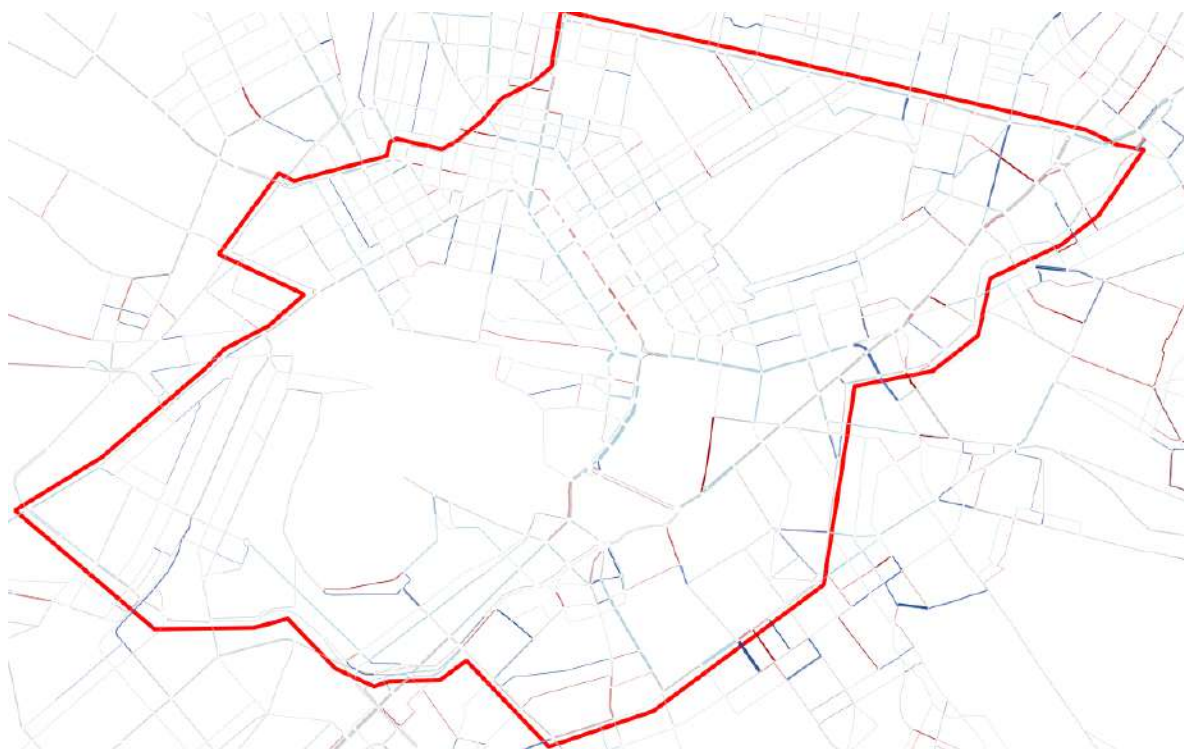
Προκειμένου να βγουν ολοκληρωμένα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα του μέτρου αστικής τιμολόγησης θα πρέπει να μελετηθεί και η αλλαγή στην κυκλοφοριακή κατάσταση και στους δρόμους περιμετρικά του δακτυλίου. Έτσι, με την ίδια διαδικασία, επιλέγοντας τις οδούς περιμετρικά αλλά και σε μία ακτίνα 2 χιλιομέτρων εκτός του δακτυλίου, προέκυψαν τα αντίστοιχα μεγέθη τα οποία συνοψίζονται στον Πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Α

Σενάριο Α	Μεταβολή Φόρτου	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή Καθυστέρησης μετακινήσεων
Οδοί εντός δακτυλίου	-3,90%	-4,46%	-26,02%
Οδοί περιφερειακά του δακτυλίου	-1,98%	-2,16%	-10,24%

5.4.2 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Β

Ο χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C του σεναρίου Β παρατίθεται στο Σχήμα 5.20 όπου παρουσιάζει τη διαφορά στο συντελεστή V/C πριν και μετά την εφαρμογή των διοδίων. Το χρώμα που επικρατεί στον χάρτη είναι το μπλέ που εκφράζει μείωση στο εικονιζόμενο μέγεθος.



Σχήμα 5.20 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Β

Στη συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 5.12 που είναι ο Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων του σεναρίου Β με το βασικό για τις οδούς εντός και εκτός δακτυλίου.

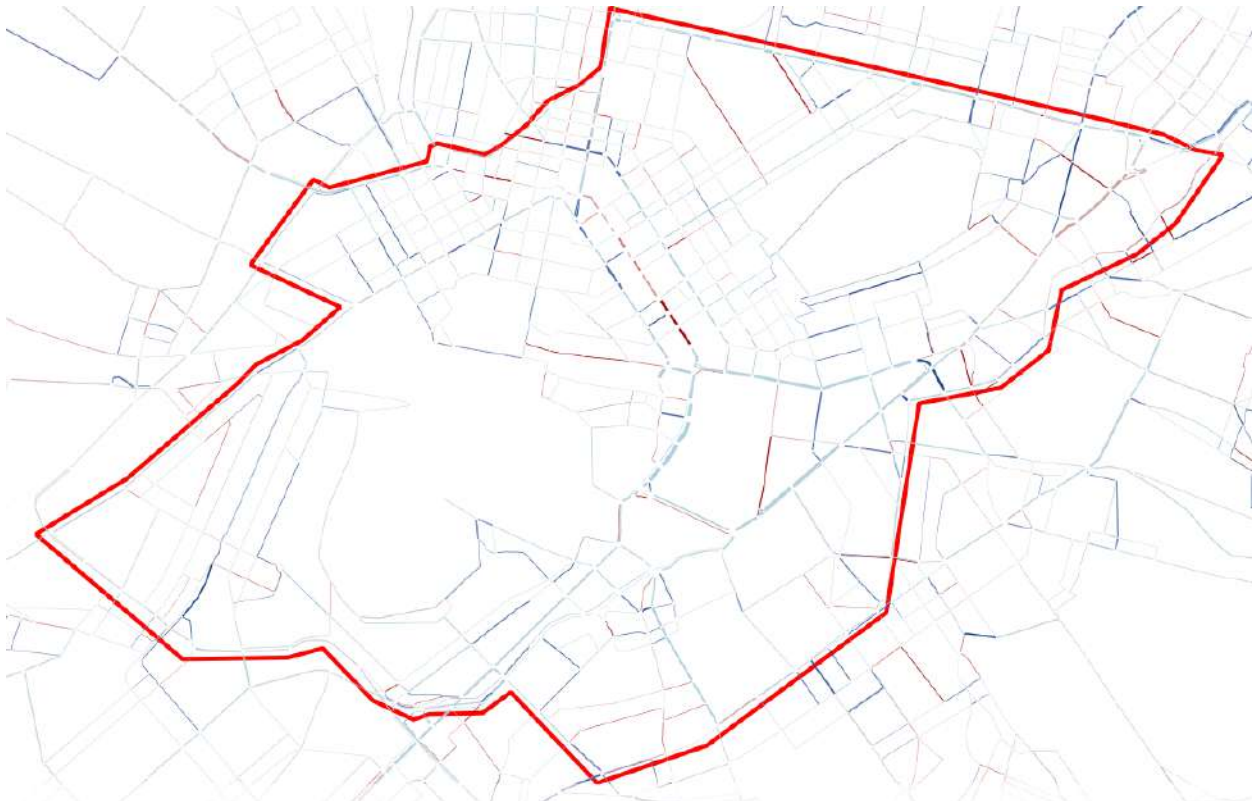
Πίνακας 5.12 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Β

Σενάριο Β	Μεταβολή Φόρτου οδών	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή καθυστέρησης μετακινήσεων
Οδοί εντός δακτυλίου	-5.09%	-6.08%	-33,60%
Οδοί περιφερειακά του δακτυλίου	-2,84%	-2,99%	-13,20%

Παρατηρείται τόσο για τις οδούς εντός και περιφερειακά του δακτυλίου μείωση σε όλα τα εξεταζόμενα μεγέθη.

5.4.3 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Γ

Στο Σχήμα 5.21 φαίνεται ο χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C για τις οδούς εντός και εκτός δακτυλίου. παρατηρείται και αύξηση σε ορισμένες οδούς αλλά μείωση στις περισσότερες.



Σχήμα 5.21 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Γ

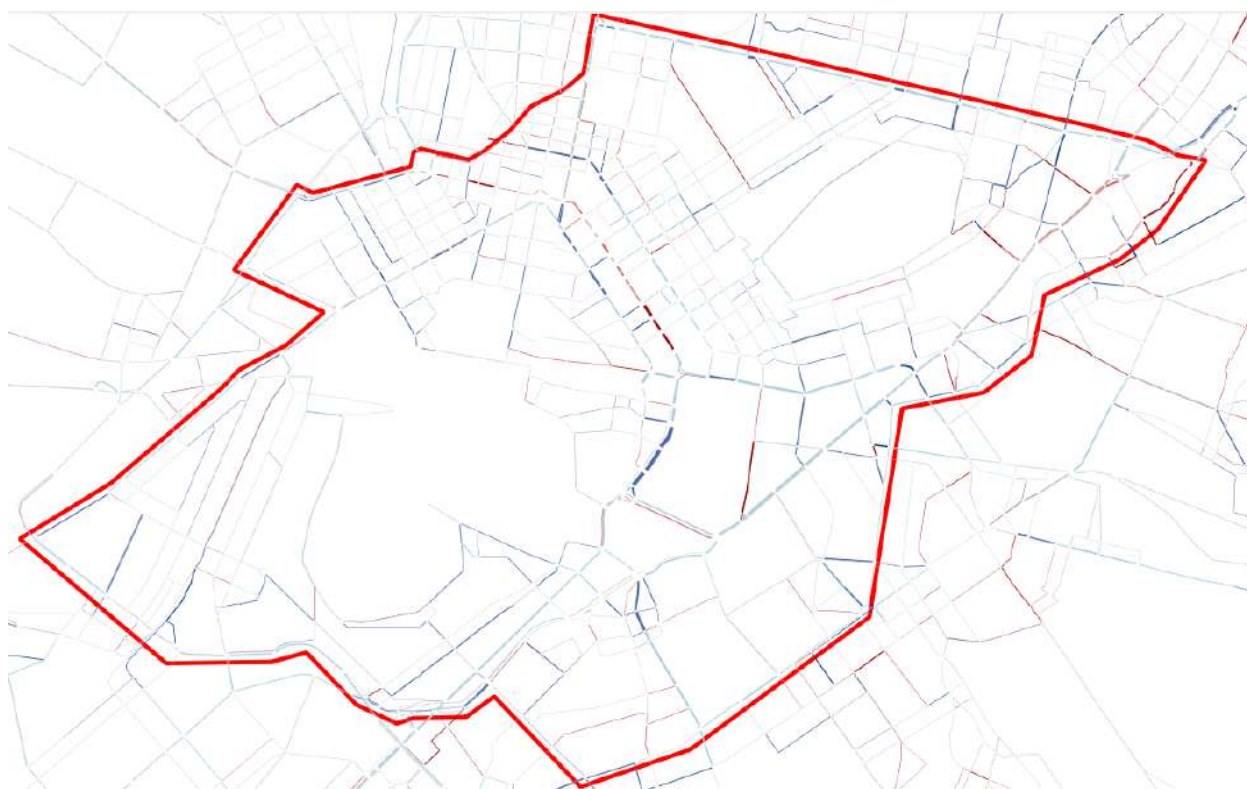
Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της ποσοστιαίας μείωσης του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης μεταξύ του βασικού σεναρίου και του σεναρίου Γ για οδούς τόσο εντός δακτυλίου όσο και περιμετρικά αυτού. Για ακόμη μία φορά παρατηρείται μείωση στα εξεταζόμενα μεγέθη.

Πίνακας 5.13 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Γ

Σενάριο Γ	Μεταβολή Φόρτου οδών	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή καθυστέρησης μετακινήσεων
Οδοί εντός δακτυλίου	-8,58%	-9,54%	-50,28%
Οδοί περιφερειακά του δακτυλίου	-5,11%	-5,38%	-20,25%

5.4.4 Συγκριτική αξιολόγηση σεναρίου Δ

Στο Σχήμα 5.22 φαίνεται ο χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C για τις οδούς εντός και εκτός δακτυλίου. Παρατηρείται αρκετά μεγάλη μείωση η οποία αποτυπώνεται από το έντονο μπλε χρώμα στον χάρτη.



Σχήμα 5.22 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C σεναρίου Δ

Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζεται ο μέσος όρος της ποσοστιαίας μείωσης του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης μεταξύ του βασικού σεναρίου και του σεναρίου Δ για οδούς τόσο εντός δακτυλίου όσο και περιμετρικά αυτού.

Πίνακας 5.14 Συγκριτικός Πίνακας σεναρίου Δ

Σενάριο Δ	Μεταβολή Φόρτου οδών	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή καθυστέρησης μετακινήσεων
Οδοί εντός δακτυλίου	-8,99%	-10,24%	-51,91%
Οδοί περιφερειακά του δακτυλίου	-5,18%	-5,30%	-19,54%

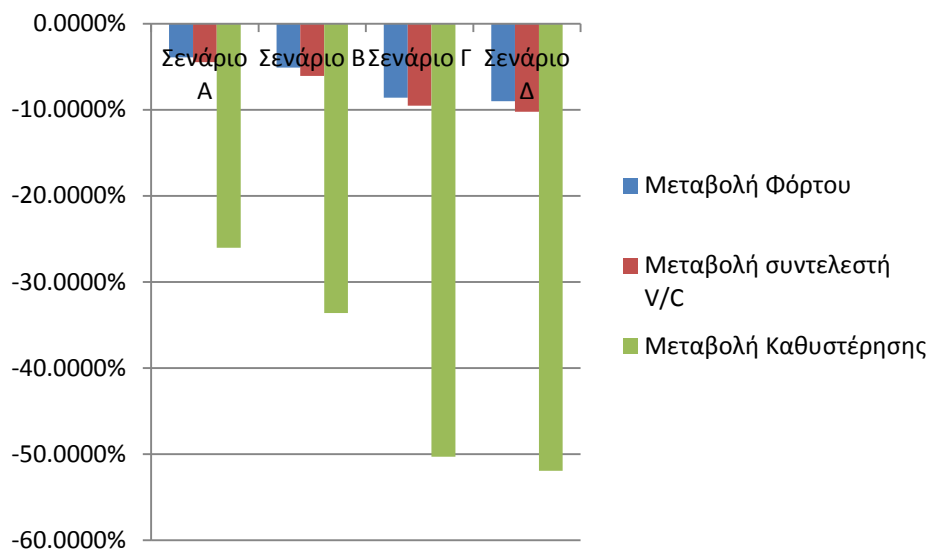
Τα συγκριτικά αποτελέσματα από όλα τα σεναρία συγκεντρώνονται στους Πίνακες 5.15 και 5.16 και παρατίθενται γραφικά στα Διαγράμματα 5.1 και 5.2.

Πίνακας 5.15 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς εντός δακτυλίου

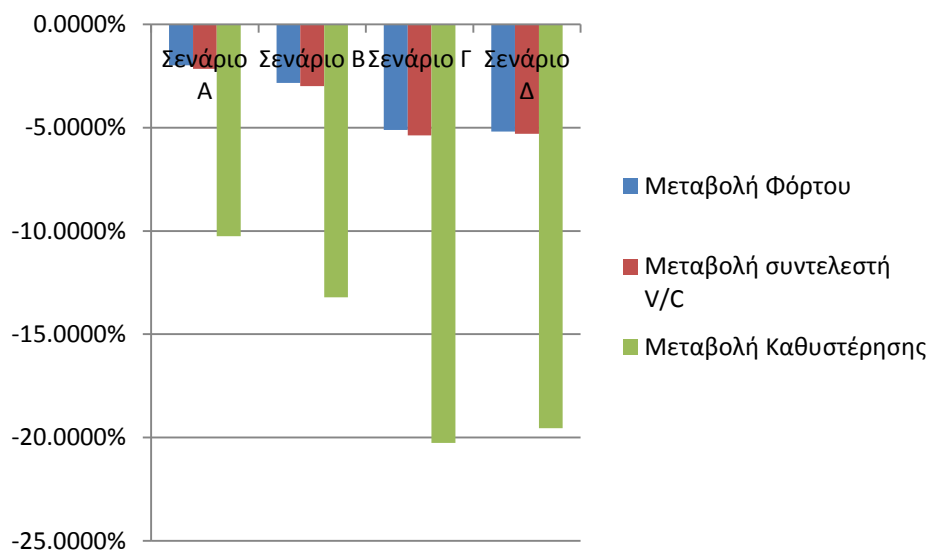
Οδοί εντός δακτυλίου	Μεταβολή Φόρτου οδών	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή καθυστέρησης μετακινήσεων
Σενάριο Α (0,5 €)	-3,90%	-4,64%	-26,02%
Σενάριο Β (1,0 €)	-5,09%	-6,08%	-33,60%
Σενάριο Γ (1,5 €)	-8,58%	-9,54%	-50,28%
Σενάριο Δ (3,0 €)	-8,99%	-10,24%	-51,91%

Πίνακας 5.16 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς περιφερειακά του δακτυλίου

	Μεταβολή Φόρτου οδών	Μεταβολή συντελεστή V/C	Μεταβολή καθυστέρησης μετακινήσεων
Σενάριο Α (0,5 €)	-1,98%	-2,16%	-10,24%
Σενάριο Β (1,0 €)	-2,84%	-2,99%	-13,20%
Σενάριο Γ (1,5 €)	-5,11%	-5,38%	-20,25%
Σενάριο Δ (3,0 €)	-5,18%	-5,30%	-19,54%



Διάγραμμα 5.1 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς εντός δακτυλίου



Διάγραμμα 5.2 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα σεναρίων για οδούς περιφερειακά του δακτυλίου

Ο Πίνακας 5.17 περιέχει τις μεταβολές του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης σε σχέση με το βασικό σενάριο σε ποσοστό επί τοις εκατό για κάθε είδος οδού που παρουσιάζεται στο λογισμικό προσομοίωσης. Άμεσο συμπέρασμα από τον Πίνακα 5.17 είναι ότι το είδος οδού που ανακουφίζεται λιγότερο από την συμφόρησή του λόγω της μείωσης της ζήτησης Ι.Χ. στο κέντρο της Αθήνας είναι οι κεντρικές αρτηρίες. Οι αρτηρίες, στη συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνουν τις οδούς Λεωφόρο Βουλιαγμένης, Βασ.Σοφίας, Μεσογείων, Βασ.Κωνσταντίνου, Καρέα και Ηλιουπόλεως. Η περιορισμένη αυτή ανακούφιση οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο το λογισμικό φορτίζει το οδικό δίκτυο κατά τη διάρκεια των υπολογισμών του. Προσπαθώντας να επιλέξει τις συντομότερες σε χρόνο και μήκος διαδρομές Π/Π διαλέγει κατά κύριο λόγο τις διαδρομές εκείνες οι οποίες περιέχουν τις κεντρικές αρτηρίες στις οποίες η ταχύτητα κίνησης είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη των σηματοδοτούμενων και μη δρόμων. Δηλαδή οι αρτηρίες είναι εκείνες οι οποίες φορτίζονται πρώτες από το λογισμικό προσομοίωσης.

Πίνακας 5.17 Συγκεντρωτικά συγκριτικά αποτελέσματα για κάθε είδος οδού εντός δακτυλίου

Είδος οδού	Συγκρινόμενο μέγεθος	Σενάριο Α	Σενάριο Β	Σενάριο Γ	Σενάριο Δ
Αρτηρία	Φόρτος	-1.7%	-2.5%	-4.5%	-4.2%
	Καθυστέρηση	-7.5%	-5.7%	-17.9%	-17.6%
	Συντελεστής V/C	-1.6%	-1.4%	-3.8%	-3.7%
Σηματοδοτούμενος δρόμος	Φόρτος	-4.6%	-5.9%	-10.2%	-10.0%
	Καθυστέρηση	-24.6%	-35.7%	-50.2%	-52.2%
	Συντελεστής V/C	-4.4%	-5.7%	-9.8%	-9.6%
Μή σηματοδοτούμενος δρόμος	Φόρτος	-4.7%	-6.4%	-9.8%	-10.9%
	Καθυστέρηση	-27.1%	-33.7%	-51.1%	-52.7%
	Συντελεστής V/C	-5.0%	-6.7%	-10.0%	-11.0%

Κεφάλαιο 6ο

Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Από τη συγκριτική αξιολόγηση των τεσσάρων σεναρίων, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

(α) Λαμβάνοντας υπόψη τα συμπεράσματα του κεφαλαίου 2, παρατηρήθηκε ότι στις περιπτώσεις που ένα σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης εφαρμόστηκε στο εξωτερικό παρατηρήθηκε κατά μέσο όρο μία μείωση στην κυκλοφορία στην περιοχή του ενδιαφέροντος της τάξης του 25%.

Υπό αυτή την οπτική εάν γίνει προσπάθεια να επιτευχθεί αυτός ο μέσος όρος μείωσης του φόρτου πρέπει το ύψος του κομίστρου να είναι πολύ υψηλό.

Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα (TfL, 2014) η μείωση του φόρτου στην περιοχή που εφαρμόζεται πολιτική τιμολόγησης στο Λονδίνο το 2014 είναι της τάξης του 10% ποσοστό σημαντικά μειωμένο σε σχέση με τη βιβλιογραφία και τις πρώτες μετρήσεις. Έτσι, λαμβάνοντας υπόψη αυτό και την δυσμενή οικονομική κατάσταση της χώρας μας, θα προταθεί το σενάριο Γ ως το σενάριο που θα μπορούσε να εφαρμοστεί.

(β) Από τον Πίνακα 5.15, παρατηρείται ότι η μείωση του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης στο σενάριο Δ (3,0 €) σε σχέση και με τις αντίστοιχες μειώσεις στο σενάριο Γ (1,5 €) είναι δυσανάλογες της αύξησης του κομίστρου. Την στιγμή που το κόμιστρο αυξάνεται κατά 100% οι μειώσεις αυξάνονται μόλις κατά 4,55%, 6,80781% και 3,12776%. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αύξησης κομίστρου σε σχέση με την αύξηση στη μείωση του φόρτου.

Πίνακας 6.1 Ποσοστιαία μεταβολή της μείωσης του φόρτου, συντελεστή V/C και καθυστέρησης σε σχέση με τη μεταβολή κομίστρου.

	Αύξηση μείωσης φόρτου	Αύξηση μείωσης συντελεστή V/C	Αύξηση μείωσης καθυστέρησης	Αύξηση Κομίστρου
Σενάριο Α				
	23.3107%	26.5690%	22.5645%	0.5
Σενάριο Β				
	40.7095%	36.2787%	33.1786%	0.5
Σενάριο Γ				
	4.5538%	6.8078%	3.1278%	1.5
Σενάριο Δ				

Λογικό συμπέρασμα από τον Πίνακα 6.1 είναι ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων που απάντησαν ότι θα έδιναν 1,5 € για να μούν στο δακτύλιο, θα έδιναν και 3,0 €. Δηλαδή από την τιμή κομίστρου 1,5 € και πάνω, η πλειοψηφία των χρηστών είναι ανελαστικοί στην επιλογή του τρόπου μετακίνησης τους. Αυτοί μπορεί να είναι επαγγελματίες οδηγοί, οδηγοί που χρησιμοποιούν το Ι.Χ. τους για μέσο μετακίνησης προς την εργασία τους, ή οδηγοί που έχουν πολύ υψηλό εισόδημα (>2,500 €). Άρα εάν εφαρμοζόταν ένα σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης με ύψος κομίστρου 1,5 € θα ήταν σχεδόν εξίσου αποτελεσματικό στη μείωση της κυκλοφορίας στο κέντρο της Αθήνας, με ένα σύστημα με ύψος κομίστρου 3 €.

(γ) Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετάβαση από το σενάριο Γ στο σενάριο Δ του Πίνακα 5.16 ο οποίος μας δίνει αποτελέσματα για τις οδούς περιφερειακά του δακτυλίου. Παρατηρείται, ότι ενώ αυξάνεται το κόμιστρο και η κυκλοφορία εντός δακτυλίου μειώνεται, η μείωση του συντελεστή V/C και η καθυστέρηση στις μετακινήσεις περιορίζονται. Αυτό συμβαίνει διότι αυξάνεται ο αριθμός των οδηγών εκείνων οι οποίοι διαλέγουν να μετακινηθούν με το Ι.Χ. αλλά επιλέγουν εναλλακτική διαδρομή εκτός δακτυλίου (όπως παρατηρείται και από τον Πίνακα 5.5) , με συνέπεια να συνωστίζονται στους δρόμους γύρω από το δακτύλιο. Το μέτρο τιμολόγησης της συμφόρησης δηλαδή από την τιμή κομίστρου 1,5 € και άνω αρχίζει να λειτουργεί αρνητικά για τους δρόμους περιφερειακά του δακτυλίου.

Από το Σχήμα 6.1 παρατηρούνται αρκετοί οδοί με έντονο κόκκινο χρώμα το οποίο εκφράζει την αύξηση του συντελεστή V/C για αυτές τις οδούς.



Σχήμα 6.1 Χάρτης σύγκρισης συντελεστή V/C μεταξύ σεναρίου Γ και Δ για τις οδούς περιφερειακά του δακτυλίου

Με βάση τα παραπάνω, ένα σύστημα τιμολόγησης της συμφόρησης στο δακτύλιο της Αθήνας θα είναι αποτελεσματικό. Παρ' όλα αυτά για τον προσδιορισμό του κομίστρου, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο η οικονομική κρίση στην οποία βρίσκεται η χώρα, όσο και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της τιμολόγησης. Σχετικά με το πρώτο, από τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής, η εφαρμογή ενός συστήματος αστικής τιμολόγησης της συμφόρησης με κόμιστρο 1.5 € θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αποτελεσματικό.

Σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, στην παρούσα εργασία δεν έγινε αποτίμηση της βελτίωσης στο περιβάλλον που θα επέφερε ένα σύστημα τιμολόγησης κορεσμού. Μία πρόταση λοιπόν για περαιτέρω έρευνα θα ήταν η έρευνα του εάν η μείωση της συμφόρησης που διαπιστώθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα επιφέρει εξομάλυνση των κυκλοφοριακών συνθηκών και πιο συγκεκριμένα των ταχυτήτων κυκλοφορίας και εάν θα δώσει κίνητρο στους πολίτες να αγοράσουν φιλικά προς το περιβάλλον οχήματα.

Ακόμη, κρίνεται σκόπιμη η δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης και κυκλοφοριακής φόρτισης, καθώς και η μικροσκοπική και μεσοσκοπική προσομοίωση και ανάλυση του οδικού δικτύου της Αθήνας.

Τέλος, στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εξετάστηκε ένα σύστημα τιμολόγησης με σταθερό κόμιστρο για κάθε είδος οχήματος, ώρα της ημέρας, και ανεξαρτήτου φόρτου εντός

δακτυλίου. Κρίνεται σκόπιμο να μελετηθεί ένα σύστημα τιμολόγησης με διαφορετικό ύψος κομίστρου ανάλογα με το είδος οχήματος, την ώρα της ημέρας καθώς και ανάλογα με το φόρτο των οχημάτων που υπάρχει ήδη εντός δακτυλίου.

Βιβλιογραφία

Γκότσης Ηλίας, Αθήνα 2011 "Διερεύνηση της εκπομπής αερίων ρύπων στον Αστικό χώρο μετά από δομικές αλλαγές σε συγκοινωνιακά δίκτυα" Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Φρατζεσκάκης Ι., Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μ., Τσαμπούλας Δ. 'Διαχείριση Κυκλοφορίας', Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1997

Βέργη Ε., Ταυτότητα των χρηστών Internet στην Ελλάδα, Παρατηρητήριο για την κοινωνία της πληροφορίας, 2010

Δοκίμιο για το τρίτο σεμινάριο του IMPRINT-EUROPE, Δρ Chin Kian Keong, Βρυξέλλες, 23 - 24 Οκτ 2002

Παπαδημητρίου Σ., Καρλαύτης Μ., κ.α. Διερεύνηση Εφαρμογής Μέτρων Αντιμετώπισης της Συμφόρησης: Το Μέτρο της Οδικής Τιμολόγησης για την Πόλη της Αθήνας, Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης, 2008.

Σύλλογος Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων. (2005). Οι θέσεις του Συλλόγου Ελλήνων Συγκοινωνιολόγων για την εφαρμογή Αστικών Διοδίων.

Jones, P., and Hervik, A., (1992) Restraining car traffic in European cities: an emerging role for road pricing, Transportation Research Part A, 26(2), 133-145

Athens: Modelling congestion pricing and its impact on the environment, www.aimsun.com

Traffic Technology Today (March 2015) Traffic Technology International: Ahead of the Game,

Traffic Technology Today (February 2015) Hybrid simulation model of roads surrounding Paris-Charles de Gaulle Airport completed, February 24

Department of Statistics (2010), Ministry of Trade and Industry, Economic Survey of Singapore, Ministry of Trade and Industry, Republic of Singapore,

Keong C., Road Pricing, Singapore's Experience, Land Transport Authority Singapore, 2002.

Ramjerdi et al., Norwegian Urban Tolls, Norwegian Public Roads Administration, 2004.

Swedish Transport Agency, Congestion Tax in Stockholm,
<http://www.transportstyrelsen.se/en/road/Congestion-tax/Congestion-tax-in-stockholm/>

Kelly, F., Anderson, H. R., Armstrong, B., Atkinson, R., Barratt, B., Beevers, S., ... & Wilkinson, P. (2011). The impact of the congestion charging scheme on air quality in London. Part 1. Emissions modeling and analysis of air pollution measurements. Research report (Health Effects Institute), (155), 5-71.

Elliason, J et al. (2009). *Lessons from the Stockholm Congestion Charging Trial*. Transport Policy, 15(6), 395-404.

Litman, T., London Congestion Pricing – Implications for Other Cities, Centre for Economic Studies, DICE Report, 2005.

Transport for London, Congestion Charging: Sixth Annual Impacts Monitoring Report, 2008.

Namdeo A., Mitchell G., An empirical study of estimating vehicle emissions under cordon and distance based road user charging in Leeds, UK, Environmental Monitoring and Assessment, Volume 136, 2008.

Transport for London, Congestion Charging: Third Annual Impacts Monitoring Report, 2005.

Federal Highway Administration, Congestion Pricing – A Primer, U.S. Department of Transportation, 2006.

Victoria Transport Policy Institute, Congestion Pricing, Value Pricing, Toll Roads and HOT Lanes, Transportation Demand Management Encyclopedia, 2013.

Modelling vehicle interactions in microscopic simulation of merging and weaving, Peter Hidas 2005

Micro- and Macro-simulation of freeway traffic, D. Helbing, A. Hennecke, V.Shvetsov, M.Treiber. March 2002

Macroscopic Traffic Flow models: A question of Order, Elsevier Science Publishing Company, Lebacque JP, Lesort JB. 1999

Transportation and Traffic Theory. Flow, Dynamics and Human Interaction. 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 2005

Transport for London - TfL (2014). *Public and stakeholder consultation on a Variation Order to modify the Congestion Charging scheme*. Impact Assessment, 12, London

Transport Simulation Systems (2013) *Aimsun Macroscopic Modelling Manual* v8, 77-80

Land Transport Authority, A World Class Land Transport System, White Paper, Land Transport Authority, Republic of Singapore, 1996.

Waersted K., How to Achieve Public and Political Acceptance for Urban Tolling: Experiences from Seven Norwegian Cities, Norwegian Public Roads Administration, 2010.

Παράρτημα Α
Ερωτηματολόγιο Έρευνας



Στο πλαίσιο έρευνας για την αξιολόγηση μεθόδων μείωσης των εκπομπών ρύπων στο κέντρο της Αθήνας, εξετάζονται διάφορα μέτρα για τη διαχείριση των μετακινήσεων.

Η τιμολόγηση της εισόδου στο δακτύλιο της Αθήνας θα υφίσταται κατά τις ώρες αιχμής με σκοπό την αποσυμφόρμησή του.

Στην έρευνα αυτή θεωρείται πως οι κάτοικοι εντός δακτυλίου, τα δίκυκλα και τα οχήματα με ρύπους $CO_2 < 100g/km$ δεν θα υποστούν καθεστώς τιμολόγησης.

ΤΜΗΜΑ Α

Φύλο

Ανδρας

Γυναίκα

Ηλικία		18-24		25-34		35-44		45-54		55-64		≥ 65	
--------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	------	--

Οικογενειακή κατάσταση

Ανύπαντρος	
Παντρεμένος	
Αριθμός παιδιών	
Αριθμός ατόμων στο νοικοκυριό	

Επίπεδο Εκπαίδευσης

Γυμνάσιο	
Λύκειο	
Πανεπιστήμιο	

Επάγγελμα

Δημόσιος Υπάλληλος	
Ιδιωτικός Υπάλληλος	
Φοιτητής	

Ελ. επαγγελματίας	
Συνταξιούχος	
Άνεργος	
Άλλο	

Υπάρχει διαθέσιμο Ι.Χ. για τις μετακινήσεις σας;

Ναι ☐ Όχι ☐

⇒ Αν απαντήσατε υπάρχει διαθέσιμο Ι.Χ. :

Ποιος ο τύπος/μοντέλο του οχήματος; _____

Ποια η χρονολογία πρώτης κυκλοφορίας (μοντέλο); _____

Ποιος ο κυβισμός του οχήματος; _____

Ποια η απόδοση του κινητήρα (HP "άλογα" ή kW); _____

Ποιος είναι ο τύπος καυσίμου;

Βενζίνη (αμόλυβδη) ☐ Diesel ☐ LPG (υγραέριο) ☐
 LRP (βενζίνη "super") ☐ Ηλεκτρικό ☐ Υβριδικό ☐

Ποιο είναι το μηνιαίο ατομικό σας εισόδημα;

<800€	☐
-------	--------------------------

800-1500€	☐
-----------	--------------------------

1501-2500€	☐
------------	--------------------------

>2500€	☐
--------	--------------------------

ΤΜΗΜΑ Β

Κατοικείτε στο κέντρο της Αθήνας (εντός δακτυλίου); Ναι ☐ Όχι ☐

Κυκλοφορείτε εντός δακτυλίου;

ΝΑΙ

☐

ΟΧΙ

☐

Η διαδρομή που ακολουθείτε:

Περνάει μέσα από το δακτύλιο

☐

Τερματίζει εντός του δακτυλίου

☐

Η διαδρομή που ακολουθείτε συχνότερα στο δακτύλιο της Αθήνας τις καθημερινές 7.00-21:00 έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

I Συχνότητα μετακίνησης (τις καθημερινές)

Κάθε μέρα

☐

2-4 φορές την εβδομάδα

☐

< 2 φορές τη εβδομάδα

☐

II Μέσο μετακίνησης (κατά την είσοδό σας στο δακτύλιο)

I.X.

☐

Ταξί

☐

Λεωφορείο/Τρόλεϊ

☐

Άλλο

☐

Δίκυκλο

☐

Τραμ

☐

Μετρό/
Ηλεκτρικός

☐

Ημιφορτηγό

☐

Φορτηγό

☐

Επαγγελματικό
Όχημα

☐

⇒ Αν απαντήσατε ότι το μέσο μετακίνησης είναι I.X., δίκυκλο ή ταξί:

Υπάρχει δυνατότητα πραγματοποίησης εναλλακτικής διαδρομής; (εκτός δακτυλίου);

Μεγάλη

☐

Μικρή

☐

Καθόλου

☐

Υπάρχει δυνατότητα πραγματοποίησης της μετακίνησης με χρήση Μ.Μ.Μ.;

Μεγάλη ☐ Μικρή ☐ Καθόλου ☐

III Σκοπός

Εργασία ☐ Αναψυχή/Αγορές ☐ Σπουδές ☐ Άλλο ☐

Ώρα έναρξης διαδρομής

Χρόνος διαδρομής

Απόσταση σε χλμ.

Περιοχή αναχώρησης

Περιοχή προορισμού

ΤΜΗΜΑ Γ

Στην περίπτωση που εφαρμοζόταν σύστημα διοδίων στο κέντρο της Αθήνας τότε:

α. Αν ο προορισμός της μετακίνησης σας είναι εντός δακτυλίου, για κόστος:

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το Ι.Χ.	Θα χρησιμοποιούσα Ι.Χ αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα Μ.Μ.Μ.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	. Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο
0,5 €							
1 €							
1,5 €							
3 €							

β. Αν ο προορισμός της μετακίνησης σας είναι εκτός δακτυλίου, αλλά πηγαίνατε μέσω δακτυλίου, για κόστος:

Κόστος εισόδου	Θα χρησιμοποιούσα το Ι.Χ.	Θα χρησιμοποιούσα Ι.Χ αλλά όχι καθημερινά	Θα χρησιμοποιούσα τα Μ.Μ.Μ.	Θα σκεφτόμουν την αγορά οικολογικού οχήματος	. Θα άλλαζα την ώρα των μετακινήσεων μου	Θα χρησιμοποιούσα δίκυκλο	Θα πήγαινα περπατώντας ή με το ποδήλατο	Θα άλλαζα διαδρομή (εκτός δακτυλίου)

						0		
0,5 €								
1 €								
1,5 €								
3 €								

Παράρτημα Β
Στατιστικά Στοιχεία Αποτελεσμάτων
Προγράμματος Προσομοίωσης

Πίνακας 7.1 Στατιστικά στοιχεία καθυστερήσεων σεναρίων

Statistics

		DELAYA	DELAYB	DELAYC	DELAYD	DELAYBAS
N	Valid	972	972	972	972	972
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		2.1461	1.9238	1.4384	1.3899	2.9079
Std. Error of Mean		.16570	.14195	.10331	.09748	.23298
Std. Deviation		5.16600	4.42572	3.22089	3.03914	7.26355
Variance		26.688	19.587	10.374	9.236	52.759
Range		62.36	49.47	35.19	31.17	105.38
Minimum		-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Maximum		61.36	48.47	34.19	30.17	104.38

Πίνακας 7.2 Στατιστικά στοιχεία φόρτου σεναρίων

Statistics

		FLOWA	FLOWB	FLOWC	FLOWD	FLOWBAS
N	Valid	972	972	972	972	972
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		1308.0076	1291.6365	1244.1346	1238.3742	1361.6950
Std. Error of Mean		41.11503	40.58267	39.30381	39.26295	42.34400
Std. Deviation		1281.18027	1264.59132	1224.74105	1223.46766	1319.47588
Variance		1641422.875	1599191.194	1499990.647	1496873.118	1741016.610
Range		7789.16	7478.48	7647.94	8027.52	7584.76
Minimum		.00	.00	.00	.00	.00
Maximum		7789.16	7478.48	7647.94	8027.52	7584.76

Πίνακας 7.3 Στατιστικά στοιχεία συντελεστή V/C σεναρίων

Statistics

	VCA	VCB	VCC	VCD	VCBAS
N Valid	972	972	972	972	972
Missing	0	0	0	0	0
Mean	72.4136	71.3190	68.6899	68.1574	75.9525
Std. Error of Mean	1.15771	1.11342	1.05143	1.05204	1.23051
Std. Deviation	36.09375	34.71300	32.78019	32.79950	38.36335
Variance	1302.759	1204.992	1074.541	1075.807	1471.747
Range	271.10	246.19	204.55	197.87	318.11
Minimum	.00	.00	.00	.00	.00
Maximum	271.10	246.19	204.55	197.87	318.11