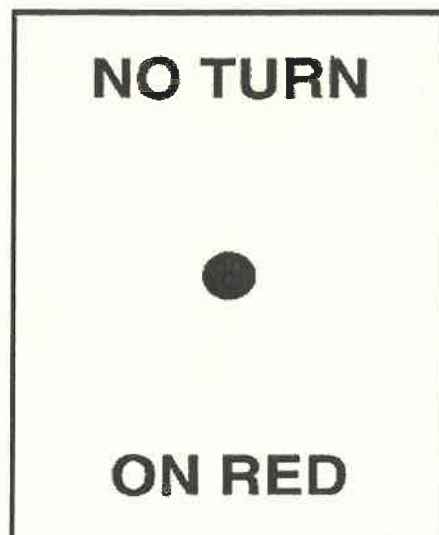


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Ι. ΓΚΟΛΙΑΣ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΛΙΓΜΟΥ ΣΥΜΒΟΛΗΣ
ΜΕ ΠΑΛΛΟΜΕΝΟ ΚΙΤΡΙΝΟ ΣΕ ΚΟΜΒΟ
ΜΕ ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΑΝΤΟΥΒΑΛΟΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΑΘΗΝΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΣΥΝΟΨΗ

ABSTRACT

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Γενικά	2
1.2	Αντικείμενο και Μεθοδολογία της Εργασίας	3
1.3	Περιγραφή κεφαλαίων μελέτης	4

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ –ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

2.1	Δεξιά στροφή σε Κόκκινη σηματοδότηση	8
	2.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση	10
2.2	Πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δεξιάς στροφής σε Κόκκινη σηματοδότηση	11
2.3	Σχολιασμός υπάρχουσας βιβλιογραφίας	16

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

3.1 Υποθέσεις ανάλυσης	19
3.1.1 Υπόθεση σχετικά με την επιρροή των παραγόντων	20
3.1.2 Υπόθεση προέλευσης πληθυσμού μελέτης	21
3.2 Κριτήρια επιλογής διασταύρωσης	21
3.3 Επιλογή διασταύρωσης	22
3.4 Σχεδιασμός των μετρήσεων	25
3.5 Επιλογή μέσου καταγραφής κυκλοφοριακών φόρτων	26
3.5.1 PSION Organizer H— model LZ64	26
3.5.2 Βιντεοσκόπηση	28
3.6 Οργάνωση των μετρήσεων	29
3.7 Διαδικασία των μετρήσεων	30

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1 Περιγραφή του Προβλήματος	32
4.2 Επιλογή μεθόδου	33

4.3 Μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης	34
4.4 Τρόπος Παρουσίασης αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης της παλινδρόμησης	35

5. ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ (ΒΑΣΙΛΙΣΣΗΣ ΣΟΦΙΑΣ)

5.1 Επιλογή μεταβλητών	40
5.2 Προκαταρκτική επεξεργασία των δειγμάτων του πληθυσμού μελέτης	42
5.3 Στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων	46
5.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης	49
5.4.1 Προσαρμογή των Προτύπων	49
5.4.2 Υπόθεση γραμμικότητας του Προτύπου	49
5.5 Φυσική ερμηνεία της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας ελιγμού συμβολής	49
5.6 Διαμόρφωση γραφήματος επιλογής εγκατάστασης σηματοδότησης δεξιάς στροφής σε κόμβο τύπου T.	51
5.7 Συμπεράσματα από την εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας	54

6. ΕΞΙΣΩΣΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΛΙΓΜΟΥ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΣΕ ΜΕΑ

6.1 Επιλογή μεταβλητών	58
6.2 Προκαταρκτική επεξεργασία των δειγμάτων του πληθυσμού μελέτης	61
6.3 Στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων	65
6.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων πολλαπλής γραμμικής Παλινδρόμησης	68
6.4.1 Προσαρμογή των Προτύπων	68
6.4.2 Υπόθεση γραμμικότητας του Προτύπου	68
6.5 Φυσική ερμηνεία της εξίσωσης προσδιορισμού του συντελεστή μετατροπής λεωφορείων και τρόλεϊ σε ΜΕΑ	68
6.6 Συμπεράσματα	70

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Ανασκόπηση	73
7.2 Συμπεράσματα	74

7.3	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	77
-----	--------------------------------	----

	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79
--	---------------------	----

	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	81
--	--------------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

2.1	Τιμές της Εμπλεκόμενης κυκλοφορίας	13
5.1	Τιμές δεδομένων από μετρήσεις	43
5.2	Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού	45
5.3	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	45
5.4	Συσχετίσεις (Correlations)	47
5.5	Στατιστικά στοιχεία Προτύπου	47
5.6	Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)	48
5.7	Μεταβλητές μέσα στην εξίσωση (Coefficients)	48
6.1	Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού	62
6.2	Στατιστική επεξεργασία	62
6.3	Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού	64
6.4	Στατιστική επεξεργασία	64
6.5	Συσχετίσεις (Correlations)	66
6.5	Συσχετίσεις (Correlations)	66
6.7	Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)	67
6.8	Μεταβλητές μέσα στην εξίσωση (Coefficients)	67

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

2.1	Εκτίμηση της κυκλοφοριακής ικανότητας	16
4.1	Σχηματική αποτύπωση της επιλεγμένης διασταύρωσης	24
5.1	Γράφημα της κυκλοφοριακής ικανότητας ελιγμού συμβολής	52
5.2	Γράφημα της κυκλοφοριακής ικανότητας προστατευόμενης δεξιάς στροφής	53
5.3	Γράφημα επιλογής σηματοδότησης δεξιάς στροφής	53

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος για την παρούσα διπλωματική εργασία, το οποίο αναφέρεται στην διερεύνηση της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση, πραγματοποιήθηκε έπειτα από την διαπίστωση του μεγάλου φόρτου του συγκεκριμένου ελιγμού στους ελληνικούς κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το συγκεκριμένο θέμα δεν έχει μελετηθεί στο παρελθόν στην Ελλάδα. Έτσι έγινε μία προσπάθεια να παρουσιαστεί μία πρωτότυπη ερευνητική εργασία με πρακτικά παράλληλα αποτελέσματα.

Καθ' όλη την διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας με καθοδήγησε και με συμβούλεψε ο αναπληρωτής καθηγητής κ. Ι. Γκόλιας, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά για την άριστη συνεργασία μας. Για την βοήθεια τους στην εκμάθηση του τρόπου χρήσης του Psion Organiser και την σύνταξη του απαραίτητου προγράμματος για την συλλογή των στοιχείων, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω θερμά τους Πολιτικούς μηχανικούς Δημήτρη Σερμπή και Σωτήρη Μπαντζιά.

ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια περιγραφής του ελιγμού συμβολής δύο προσβάσεων με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση, ο οποίος παρουσιάζει υψηλά ποσοστά κίνησης, όσο και της κυκλοφορικής ικανότητας του υπό μελέτη ελιγμού.

Η καταγραφή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε σε κατάλληλο κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση, ο οποίος παρουσίαζε τα κατάλληλα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Ως μέσα καταγραφής χρησιμοποιήθηκαν τα PSION ORGANISER II. Τα στοιχεία μεταφέρθηκαν σε Η/Υ, όπου και ακολούθησε λεπτομερής ανάλυση και στατιστική επεξεργασία τους.

Περιγράφηκε με ακρίβεια ο τρόπος κίνησης των οχημάτων των δύο προσβάσεων του σηματοδοτούμενου κόμβου που μετείχαν στον ελιγμό συμβολής. Διαμορφώθηκε και διερευνήθηκε η εξίσωση υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας, του υπό μελέτη ελιγμού με την χρησιμοποίηση της μεθόδου της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης.

Επιπλέον υπολογίστηκε και ο συντελεστής μετατροπής των βαρέων οχημάτων (τρόλεϊ και λεωφορεία), του υπό μελέτη ελιγμού σε μονάδες επιβατικών οχημάτων. Διαμορφώθηκε , με την βοήθεια της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, η εξίσωση πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων σε επιβατικά οχήματα.

Τέλος μελετήθηκαν και αναλύθηκαν τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διαμόρφωση των δύο παραπάνω εξισώσεων πρόβλεψης και έγιναν κάποιες προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Κυκλοφοριακή ικανότητα, ροή κορεσμού, παλλόμενο κίτρινο, σύνθεση της κυκλοφορίας, Μ.Ε.Α , πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, ελιγμός συμβολής, σηματοδοτούμενο κόμβο.

ABSTRACT

In this thesis an effort has been made to describe, the joining man oeuvre of two approaches in signalized junctions when the sign is yellow, with high percentages of transportation movement, and also to describe the traffic capacity of the man oeuvre.

The data collection was made in suitably selected signalized junction that presented the required geometrical and traffic features. As means of data collection PSION ORGANISER II were used. The data were transferred into a P.C. where their analysis and statistical processing took place.

The way the vehicles of the two approaches of the signalized junction, who take part in the joining man oeuvre, moved, was accurately described. The equation, which will calculate the traffic capacity of the joining man oeuvre, was created using the method of the multiple linear regressions.

After that we calculate the coefficient of the conversion of the heavily moving vehicles of the joining man oeuvre in passenger car units PCU. With the help of the multiple linear regressions we created the equation that will give the value of the coefficient of the conversion of the heavily moving vehicles.

Lastly, the conclusion that came from the two equations were investigated and suggestions presented for further study.

KEY WORDS

Traffic capacity, saturation flow, yellow sign, traffic composition, P.C.U, multiple linear regression, joining man oeuvre, signalized junction.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η περιγραφή του ελιγμού συμβολής, δύο προσβάσεων με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο, με φωτεινή σηματοδότηση καθώς και η διερεύνηση της κυκλοφορικής ικανότητας του υπό μελέτη ελιγμού.

Για το σκοπό αυτό αναζητήθηκε κατάλληλος κόμβος στο ευρύτερο κέντρο της Αθήνας, μια και εκεί εμφανίζονται υψηλά ποσοστά κυκλοφορίας οχημάτων σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση. Έπειτα από κατάλληλη διερεύνηση βρέθηκε ένας κόμβος -Βασιλίσσης Σοφίας και Πανεπιστημίου- ο οποίος παρουσίαζε τα απαραίτητα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά.

Για την καταγραφή των στοιχείων μελέτης προτιμήθηκε η χρήση του PSION ORGANISER II, από τη μέθοδο της βιντεοσκόπησης, αφού παρέχει ευκολότερη και ακριβέστερη μεταφορά των καταγραφών σε Η/Υ. Στην συνέχεια έγινε η επιλογή των κατάλληλων χρονικών στιγμών για την καταγραφή των στοιχείων. Ως καταλληλότερες θεωρήθηκαν εκείνες οι ώρες της ημέρας ,κατά τις οποίες οι τιμές των φόρτων των οχημάτων των δύο προσβάσεων ,ισούνται με την ροή κορεσμού για την κάθε πρόσβαση.

Ακολούθως μεταφέρθηκαν τα στοιχεία από το PSION ORGANISER II σε Η/Υ όπου και πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία τους. Από την μελέτη και ανάλυση των στοιχείων διαμορφώθηκε η σχέση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης σε συνάρτηση με τα οχήματα της κύριας πρόσβασης. Για την διαμόρφωση της παραπάνω σχέσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης και το πρόγραμμα SPSS.

Στην διαμόρφωση της παραπάνω σχέσης χρησιμοποιήθηκαν τα δείγματα τα οποία είχανε μετρήσεις μόνο επιβατικών οχημάτων. Όμως τα βαρέα οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης και σημαντικό κομμάτι του φόρτου αυτής αποτελούν και προσδιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο λειτουργίας του υπό μελέτη κόμβου. Στην συνέχεια λοιπόν διαμορφώνεται η

σχέση πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης σε μονάδες επιβατικών οχημάτων σε σχέση με τα οχήματα της κύριας πρόσβασης κατά την διάρκεια του ελιγμού συμβολής της Βασιλίσσης Σοφίας με παλλόμενο κίτρινο. Για την διαμόρφωση της σχέσης αυτής χρησιμοποιείται και πάλι όπως και προηγουμένως η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης οπότε και διαμορφώνεται η ζητούμενη εξίσωση.

Στο τέλος έγινε μια προσπάθεια ανάλυσης και διερεύνησης των αποτελεσμάτων των δύο σχέσεων για να γίνει δυνατή η όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης και μία προσπάθεια περιγραφής της κυκλοφοριακής κατάστασης στον υπό μελέτη κόμβο.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση των μετακινήσεων έχει οδηγήσει τα τελευταία χρόνια σε κορεσμό των υφισταμένων δικτύων και στη συνεπαγόμενη δημιουργία πλήθους κυκλοφοριακών προβλημάτων. Οι οδικοί κόμβοι διασταύρωσης ρευμάτων κυκλοφορίας, αποτελούν σημεία τεράστιας σημασίας και επιρροής στο σχεδιασμό του οδικού δικτύου της χώρας, λόγω της σημαντικής συμβολής τους στην κίνηση και στην ασφάλεια των οχημάτων. Οι κόμβοι των σύγχρονων αστικών δικτύων, είναι σημεία τα οποία παρουσιάζουν σημαντική κυκλοφοριακή συμφόρηση και καθυστέρηση και λόγω αυτής τους της ιδιότητας, είναι σε θέση να καθορίσουν την διαδρομή του οχήματος σε αστικές κυρίως περιοχές. Παράλληλα αποτελούν σημεία που προσελκύουν και αρκετά οδικά ατυχήματα. Το είδος ρύθμισης της κυκλοφορίας (σηματοδότηση ή προτεραιότητα) στους κόμβους επηρεάζει την συχνότητα το είδος και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων.

Οι σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις στον Ελλαδικό χώρο αν και είναι λιγότερες σε αριθμό, από τις διασταυρώσεις προτεραιότητας, είναι τοποθετημένες σε κύρια σημεία του αστικού οδικού δικτύου και η συμβολή τους στην διαμόρφωση των κυκλοφοριακών συνθηκών σε ένα αστικό δίκτυο είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος με τον οποίο, συνδέονται με σηματοδοτούμενο κόμβο δύο ή περισσότερες αρτηρίες του οδικού δικτύου καθώς και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται δυνατή η εξυπηρέτηση μίας δευτερεύουσας πρόσβασης σε ένα κόμβο, στον οποίο η κυκλοφορία της κύριας πρόσβασης είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν κάποιες περιπτώσεις, περιορισμένες σε αριθμό, που επιτρέπουν την συμβολή της πρόσβασης ενός σηματοδοτούμενου κόμβου με την κύρια πρόσβαση αυτού με την παραχώρηση προτεραιότητας στα οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης. Ένα τέτοιο είδος κίνησης αποτελεί και η δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση, η οποία αναφέρεται στα κεφάλαια που ακολουθούν. Στον Ελλαδικό χώρο, το μέτρο αυτό δεν βρίσκει εφαρμογή, υπάρχουν όμως κάποιες περιπτώσεις ελιγμών συμβολής, που προσεγγίζουν το συγκεκριμένο είδος κίνησης και συμβάλουν στην μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης του κόμβου και κυρίως της δευτερεύουσας

πρόσβασης. Με αυτό το είδος ελιγμού ασχολείται και η παρούσα διπλωματική εργασία.

1.2 Αντικείμενο και Μεθοδολογία της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί, με την καταγραφή και επεξεργασία στοιχείων, η κυκλοφοριακή ικανότητα του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση.

Βασική επιδίωξη, είναι η ανάλυση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης σηματοδοτούμενου κόμβου κατά την διάρκεια της φάσης του παλλόμενου κίτρινου του σηματοδότη και όταν τα οχήματα που βρίσκονται σε αυτήν θέλουν να πραγματοποιήσουν ελιγμό συμβολής, δηλαδή να στρίψουν δεξιά και να συγχωνευτούν με το κυκλοφοριακό ρεύμα της κύριας οδού. Όπως γίνεται φανερό θα ερευνηθεί, η επιρροή των οχημάτων της κύριας πρόσβασης στον ελιγμό των οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης και θα αναζητηθεί μία σχέση ανάμεσα στα οχήματα των δύο προσβάσεων η οποία θα μας δώσει τιμές για την κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης. Στη συνέχεια θα γίνει προσπάθεια να προσεγγιστεί ο τρόπος με τον οποίο αυτή μεταβάλλεται και την επιρροή που έχει στην κυκλοφοριακή λειτουργικότητα του κόμβου η σύνθεση της κυκλοφορικής ροής των οχημάτων στις δύο προσβάσεις του.

Για την όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης δόθηκε ιδιαίτερο βάρος:

- Στην επιλογή κατάλληλου κόμβου που να παρουσιάζει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά.
- Στη σωστότερη και αποτελεσματικότερη περιγραφή της κίνησης των δύο προσβάσεων κατά την διάρκεια του υπό μελέτη ελιγμού.
- Στην επιλογή των κατάλληλων μέσων καταγραφής των στοιχείων.

- Στην επιλογή των κατάλληλων χρονικών στιγμών.
- Στην μετέπειτα ανάλυση και κατασκευή της σχέσης, η οποία θα κάνει δυνατή την όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης.

1.3 Περιγραφή κεφαλαίων μελέτης

Για την καλύτερη παρουσίαση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν τα παρακάτω έξι κεφάλαια τα οποία και παρουσιάζονται περιληπτικά:

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση –Σχολιασμός

Παρατίθενται και σχολιάζονται κριτικά σε σχέση με τα ζητούμενα της παρούσης διπλωματικής εργασίας, η υπάρχουσα βιβλιογραφία καθώς και η μέχρι τώρα προσεγγίσεις του υπό μελέτη θέματος

3. Συλλογή των στοιχείων μελέτης

Παρουσιάζονται οι προδιαγραφές που πρέπει να τηρεί ο κόμβος και η διαδικασία επιλογής του, σχολιάζονται κριτικά τα μέσα καταγραφής των στοιχείων της μελέτης και αναπτύσσεται τόσο ο σχεδιασμός των καταγραφών όσο και η διαδικασία των επί τόπου μετρήσεων.

4. Επιλογή μεθόδου ανάλυσης των στοιχείων

Παρουσιάζεται αναλυτικότερα το θέμα της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Επίσης γίνεται επιλογή της μεθόδου με την χρησιμοποίηση της οποίας θα διαμορφώσουμε την σχέση ανάμεσα στις δύο προσβάσεις και γίνεται μία περιληπτική αναφορά στον τρόπο λειτουργίας της μεθόδου.

5. Εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής της Βασιλίσσης Σοφίας

Διαμορφώνεται η εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της Βασιλίσσης Σοφίας σε σχέση με τα οχήματα της Πανεπιστημίου και γίνεται αναφορά στις επιδράσεις, που έχει ο ελιγμός συμβολής με παλλόμενο κίτρινο στην συνολική λειτουργία του υπό μελέτη κόμβου.

6. Εξίσωση πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των οχημάτων της Βασιλίσσης Σοφίας σε ΜΕΑ

Διαμορφώνεται η εξίσωση πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των οχημάτων της Βασιλίσσης Σοφίας σε μονάδες επιβατικών οχημάτων σε σχέση με τα οχήματα της Πανεπιστημίου κατά την διάρκεια του ελιγμού συμβολής της Βασιλίσσης Σοφίας με παλλόμενο κίτρινο.

7. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις αναλύσεις των στοιχείων μελέτης και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Παράρτημα Α

Παρατίθενται οι μετρήσεις στον υπό μελέτη κόμβο.

Παράρτημα Β

Παρατίθεται το πρόγραμμα που συντάχθηκε στο PSION ORGANISER II για την καταγραφή των στοιχείων μελέτης.

Παράρτημα Γ

Παρατίθενται τα αποτελέσματα του προτύπου γραμμική παλινδρόμησης για την εύρεση του συντελεστή μετατροπής των οχημάτων σε ΜΕΑ όταν χρησιμοποιούνται και τα επιβατικά οχήματα της Πανεπιστημίου ως ανεξάρτητη μεταβλητή

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση -Σχολιασμός

Πρέπει να τονιστεί, ότι δεν υπάρχει πληθώρα μελετών η οποία να αναφέρεται στον προσδιορισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης **σηματοδοτούμενου κόμβου** με βάση τις συνθήκες κυκλοφορίας στην κύρια πρόσβαση του κόμβου. Αντίθετα υπάρχουν μελέτες που αναφέρονται στον προσδιορισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης **μη σηματοδοτούμενου κόμβου** (θέμα που πραγματεύεται το επόμενο κεφάλαιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας). Υπάρχουν όμως κάποιες μελέτες και αναφορές σε ένα είδος κίνησης, η οποία σε πολλά σημεία θυμίζει την παρούσα μελέτη, πρόκειται για την **δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση (right-turn-on-red R.T.O.R)**.

Το είδος αυτό της κίνησης βρίσκει ευρεία εφαρμογή κυρίως στις Η.Π.Α (Ηνωμένες Πολιτείες τις Αμερικής), όπου έχει νομιμοποιηθεί στις περισσότερες πολιτείες αυτό το συγκεκριμένο είδος κίνησης.

2.1 Δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση

Η δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση (right-turn-on-red) **Δ.Σ.Σ.Κ.Σ** είναι ένα είδος κυκλοφοριακού ελέγχου σε σηματοδοτούμενους κόμβους, που επιτρέπει στα κινούμενα οχήματα να στρίβουν δεξιά κατά την διάρκεια των κόκκινων φάσεων του σηματοδότη με την προϋπόθεση ότι δεν εμποδίζει τα οχήματα και τους πεζούς της πράσινης φάσης του σηματοδότη στον συγκεκριμένο κόμβο.

Η δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση **Δ.Σ.Σ.Κ.Σ** αποτελεί κυρίως μία μέθοδο η οποία συμβάλει στην μείωση των καθυστερήσεων και της κατανάλωσης καυσίμου.

Διάφορες μελέτες, ανάμεσα στις οποίες είναι και των Chang, M.F., Herman L. Evans and P. Wasielewski, [1] οι οποίες εξετάσανε το φαινόμενο της **Δ.Σ.Σ.Κ.Σ** και τις επιδράσεις της πάνω στις καθυστερήσεις στους κόμβους δείξαν μια πιθανή μείωση της κατανάλωσης καυσίμου της τάξεως του 5% σε

σημαντικούς κόμβους της κυκλοφορίας. Η μείωση αυτή στις γενικότερες καθυστερήσεις, καθώς και στην κατανάλωση καυσίμου στο κόμβο στον οποίο εφαρμόζεται το μέτρο της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ συνδέεται με την αύξηση της χωρητικότητας αφού η Δ.Σ.Σ.Κ.Σ επιτρέπει στα οχήματα να περνάνε μέσα στον κόμβο κατά την διάρκεια της κόκκινης φάσης του σηματοδότη.

Η αύξηση της χωρητικότητας η οποία παρατηρείται μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική αν παραχωρηθεί μία αποκλειστική λωρίδα για την δεξιά στροφή. Αν δεν παραχωρηθεί μία αποκλειστική λωρίδα για την δεξιά στροφή, τότε υπάρχει περίπτωση ένα ευθέως κινούμενο όχημα να “μπλοκάρει” κατά την διάρκεια της κόκκινης φάσης την δεξιά στροφή, οπότε σε μία τέτοια περίπτωση η αύξηση της χωρητικότητας είναι σχετικά μικρή για την δεξιά στροφή του συγκεκριμένου κόμβου.

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες μελέτες πάνω στην Δ.Σ.Σ.Κ.Σ είναι αυτή των John Z. Liuh και Yean-Jye Lu [2]. Οι συγκεκριμένοι αναλυτές, χρησιμοποιώντας το κεφάλαιο εννέα (9) από το **Highway Capacity Manual (HCM)** [3] του 1985, στο οποίο περιέχεται μία πολύ καλή τεχνική για να προβλεφθεί το πόσο καλά λειτουργεί ένας κόμβος, προσπάθησαν να εκτιμήσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

Αυτή η τεχνική, που αναφέρεται παραπάνω δεν είναι τόσο αποδοτική, όταν αναφέρεται στις περιπτώσεις των κόμβων στους οποίους επιτρέπεται η δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση, γιατί απαιτείται από τον αναλυτή να δώσει “τιμές” για τον κυκλοφοριακό φόρτο της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

Οπότε όταν εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος σε ήδη υπάρχουσες διασταυρώσεις ο αναλυτής δεν θα έπρεπε να έχει δυσκολία στον υπολογισμό των τιμών του κυκλοφοριακού φόρτου της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ. Όταν όμως η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε υποθετικά σχέδια και σε μελλοντικούς κόμβους οι οποίοι πρόκειται να φτιαχτούν τότε ο αναλυτής δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο τρόπο ώστε να υπολογίσει τις τιμές της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ. Το *Highway Capacity Software (HCS)*, [4] το οποίο κατασκευάστηκε από την *Federal Highway Administration*, αποτελώντας ένα πιστό εργαλείο της μεθόδου του *Highway Capacity Manual (HCM)*, παρέχει στον αναλυτή μία πολύτιμη καθοδήγηση. Αυτή η καθοδήγηση παρόλα αυτά είναι περιορισμένη αφού οι τιμές της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ δεν είναι δυνατόν να είναι μεγαλύτερες από τις τιμές της δεξιάς στροφής.

Στην πραγματικότητα, όχι μόνο οι τιμές της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ είναι μικρότερες από τις τιμές της δεξιάς στροφής αλλά είναι μικρότερες και από την

χωρητικότητα της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ., η οποία δεν δύναται να υπολογιστεί με την βοήθεια του *Highway Capacity Manual (HCM)*.

Πριν αναφερθούν οι παραπάνω μελέτες καλό θα ήταν να γίνει μία μικρή αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

2.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση

Η ροή της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες [2] όπως είναι, ο τρόπος σηματοδότησης του κόμβου, οι συνθήκες κυκλοφορίας, ακόμα και οι συνθήκες του δρόμου. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την R.T.O.R αναγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

- Από το αν έχει παραχωρηθεί ή όχι αποκλειστική λωρίδα για την διεξαγωγή της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ
- Το μέγεθος του κυκλοφοριακού φόρτου της κίνησης την οποία συναντάει η κίνηση της R.T.O.R στην περιοχή πλέξης του υπό μελέτη κόμβου.

Ο κυκλοφοριακός φόρτος, της λωρίδας στην οποία εισέρχεται ο φόρτος της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ στο σημείο πλέξης του κόμβου αναφέρεται στην συγκεκριμένη εργασία με τον όρο εμπλεκόμενη κυκλοφορία .

- Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει σημαντικά την Δ.Σ.Σ.Κ.Σ αποτελεί και το μέγεθος της τιμής του "φόρτου" των πεζών, τους οποίους συναντάνε τα οχήματα κατά την διάρκεια της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.
- Τέλος σημαντικό παράγοντα αποτελεί και η διάρκεια του κόκκινου στο κύκλο του σηματοδότη του υπό μελέτη κόμβου. Αυτός άλλωστε είναι και ο χρόνος ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί από τα οχήματα τα οποία εκτελούν την δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

2.2 Πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δεξιάς στροφής σε κόκκινη σηματοδότηση

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως μία από τις πιο ενδιαφέρουσες μελέτες πάνω στην Δ.Σ.Σ.Κ.Σ είναι αυτή των John Z. Liuh και Yean-Jye Lu [2]. Αυτή η μελέτη αναφέρεται στην κατασκευή μίας μεθόδου εκτίμησης της κυκλοφοριακής ικανότητας της δεξιάς στροφής, σε κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

Ίσως την πιο σωστή προσέγγιση για την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δεξιάς στροφής σε κόκκινη σηματοδότηση αποτελεί η κατασκευή ενός προτύπου το οποίο να υπολογίζει την κυκλοφοριακή ικανότητα της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ ενός συγκεκριμένου κόμβου με βάση τους παράγοντες οι οποίοι αναφέρονται προηγουμένως.

Το μοντέλο αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας κάποια μέθοδος προσομοίωσης ή χρησιμοποιώντας κάποιο πρότυπο πολλαπλής παλινδρόμησης. Εδώ είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος τρόπος πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ, ο οποίος να είναι επιβεβαιωμένος και αποδεκτός από το *Highway Capacity Manual (HCM)* [3].

Η εναλλακτική λύση, που υποστηρίζεται από τους δύο αναλυτές John Z. Liuh και Yean-Jye Lu παρουσιάζεται παρακάτω.

Οι οδηγοί οι οποίοι χρησιμοποιούν την δεξιά στροφή σε κόκκινη σηματοδότηση είναι αναγκασμένη να σταματήσουν πριν πραγματοποιήσουν τον ελιγμό. Επίσης είναι υποχρεωμένη να επιλέξουν κάποιο κενό στην εμπλεκόμενη κυκλοφορία, ώστε να εκτελέσουν τον ελιγμό της δεξιάς στροφής χωρίς να εμποδίσουν τα οχήματα της εμπλεκόμενης κυκλοφορίας. Αυτές οι προϋποθέσεις είναι παρόμοιες με αυτές που πρέπει να πληρούν τα οχήματα τα οποία στρίβουν δεξιά από μία δευτερεύουσα πρόσβαση σε μία κύρια πρόσβαση σε ένα μη σηματοδοτούμενο κόμβο. Δηλαδή σε ένα κόμβο με προτεραιότητες και στον οποίο οι ελιγμοί γίνονται με την βοήθεια σημάτων στοπ (stop) [5].

Η ομοιότητα η οποία παρουσιάζεται ανάμεσα στους δύο ελιγμούς δίνει ίσως την δυνατότητα υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας της

Δ.Σ.Σ.Κ.Σ με βάση τους υπολογισμούς του κεφαλαίου 10 του *Highway Capacity Manual (HCM)*, για της σηματοδοτούμενες με στοπ (stop) δεξιές στροφές.

Το κεφάλαιο 10 του *Highway Capacity Manual (HCM)* [3] αναφέρει μεθόδους για την εύρεση και περαιτέρω έρευνα της κυκλοφοριακής ικανότητας μη σηματοδοτούμενων κόμβων. Παρουσιάζει μία συγκεκριμένη μέθοδο για κόμβους που χρησιμοποιούν προτεραιότητα ή σήμανση με πινακίδες στοπ (stop). Η μέθοδος βασίζεται στην χρήση των κενών σε μία κύρια πρόσβαση από οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης, τα οποία πραγματοποιούν κάποιο είδος ελιγμού (στρίβουν), στην ροή των οχημάτων της κύριας πρόσβασης. Για αυτό ακριβώς τον λόγο πρέπει να υπάρχει αποκλειστική λωρίδα για την κίνηση των οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης (για την υπό μελέτη κίνηση) και η κίνηση της δευτερεύουσας πρόσβασης να παραμένει αμετάβλητη.

Η μέθοδος αυτή γενικά συμπεραίνει ότι η κυκλοφορία της κύριας πρόσβασης δεν επηρεάζεται από την κυκλοφορία στις δευτερεύουσες προσβάσεις του κόμβου και κυρίως της υπό μελέτης κίνησης. Αυτό το συμπέρασμα ισχύει γενικά σε περιπτώσεις που η λειτουργία του κόμβου είναι ομαλή και χωρίς την εμφάνιση του φαινομένου της συμφόρησης (congestion). Όταν εμφανίζεται το φαινόμενο της συμφόρησης (congestion), υπάρχει πιθανότητα η κυκλοφορία στις κύριες προσβάσεις να παρεμποδιστεί από την κυκλοφορία στις δευτερεύουσες προσβάσεις του κόμβου.

Αυτή την μέθοδο χρησιμοποίησαν και οι δύο αναλυτές προσαρμοσμένη στις συνθήκες της δεξιάς στροφής σε κόκκινη σηματοδότηση.

Τα βασικά βήματα που ακολούθησαν είναι:

- Προσδιορισμός των γεωμετρικών συνθηκών για τον υπό μελέτη κόμβο.

Τα απαραίτητα δεδομένα για σηματοδοτούμενους κόμβους είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιούμε στις διάφορες άλλες μελέτες κυκλοφοριακής ικανότητας. Λεπτομερής περιγραφή των γεωμετρικών συνθηκών του κόμβου καθώς και του τρόπου ελέγχου της κυκλοφορίας είναι απαραίτητες.

Μερικοί από τους σημαντικότερους γεωμετρικούς παράγοντες είναι ο αριθμός και χρήση των λωρίδων κυκλοφορίας, ο τρόπος με τον οποίο

χρησιμοποιούνται αυτές οι λωρίδες, η γωνία εισόδου των οχημάτων στον υπό μελέτη κόμβο κ.α

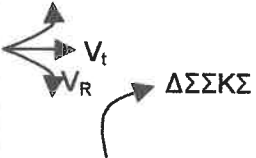
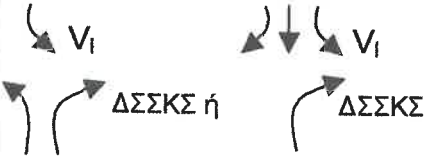
Καθένας από τους γεωμετρικούς παράγοντες έχει σημαντική επιρροή στο πως θα χρησιμοποιηθούν οι χρονικοί διαχωρισμοί, καθώς και στο μέγεθος των κενών το οποίο είναι απαραίτητο για τον κάθε ελιγμό. Επίσης θα πρέπει να υπάρχουν και μετρήσεις για την κυκλοφορία στην κύρια οδό, καθώς και για τον τρόπο με τον οποίο αυτή διοχετεύεται στις υπάρχουσες λωρίδες, έτσι ώστε να είναι δυνατός ο διαχωρισμός της εμπλεκόμενης κυκλοφορίας

- Προσδιορισμός της εμπλεκόμενης κυκλοφορίας (conflicting traffic)[4] την οποία, ο υπό μελέτη ελιγμός πρέπει να διασχίσει

Η φύση της εμπλεκόμενης κυκλοφορίας κατά την πραγματοποίηση του ελιγμού της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Κάθε ελιγμός που πραγματοποιείται στον κόμβο συναντάει διάφορα είδη “εμπλοκών” (conflicts), οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με την φύση της εμπλεκόμενης κίνησης. Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται ο υπολογισμός του παράγοντα V_{ci} για διάφορες περιπτώσεις ελιγμών.

V_{ci} = Η εμπλεκόμενη κυκλοφορία για την κίνηση i η οποία εκφράζεται σε οχήματα ανά ώρα

Πίνακας 2.1: Τιμές της Εμπλεκόμενης κυκλοφορίας

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ	ΕΛΙΓΜΟΣ	ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ (V_{ci})	ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΦΑΣΗΣ
1	Η ΔΣΣΚΣ συναντάει την ευθεία και δεξιά στρεφόμενη κίνηση από την αριστερή πρόσβαση	$\frac{1}{2} V_R + V_t$	
2	Η ΔΣΣΚΣ συναντάει προστατευόμενες αντίθετες αριστερές στροφές	V_i	
3	Δεν υπάρχει εμπλεκόμενη κυκλοφορία	Πάντα μηδέν	

- Υπολογισμός του μεγέθους του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού, στην εμπλεκόμενη κυκλοφορία, τον οποίο χρησιμοποιούν τα οχήματα του υπό μελέτη ελιγμού.

Γενικά, χρονικός διαχωρισμός [6] (time headway), ορίζεται η απόσταση μετρημένη σε χρόνο, μεταξύ των μπροστινών ακραίων σημείων (προφυλακτήρων) διαδοχικών οχημάτων καθώς αυτά περνούν μπροστά από ένα δεδομένο σημείο και εκφράζεται σε δευτερόλεπτα (sec). Ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός [6] (critical headway) ενός οχήματος συνεπώς, δηλώνει το μέγεθος του κυκλοφοριακού χρονικού διαχωρισμού, που εκτιμά ο οδηγός του οχήματος ότι μπορεί να του επιτρέψει τον ελιγμό του με ασφάλεια.

Όπως γίνεται κατανοητό για να γίνει δυνατή η πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης θα πρέπει να είναι γνωστός ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός T_c (critical gap), ο οποίος μετρείται σε δευτερόλεπτα (sec).

Οι τιμές του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού επιλέγονται από τον πίνακα 10-2 του *Highway Capacity Manual* (HCM) [3] και επιλέχθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί των 5,5 και 6,5 δευτερολέπτων (sec) για ταχύτητες 30 και 55 μιλίων την ώρα (mph) αντίστοιχα.

- Υπολογισμός του πλήθους των χρονικών διαχωρισμών, στο κύριο ρεύμα της κυκλοφορίας, που θα χρησιμοποιηθούν από τα οχήματα της υπό μελέτης κίνησης.
- Προσαρμογή των μέχρι τώρα υπολογισμών και τελικά συμπεράσματα για τον υπό μελέτη κόμβο (καθυστερήσεις, χωρητικότητες ελιγμών, χρησιμότητα λωρίδων κ.α)

Συνοψίζοντας λοιπόν τις παραπάνω πληροφορίες οι John Z. Liuh και Yean-Jye Lu υπολόγισαν την κυκλοφοριακή ικανότητα της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ με την βοήθεια του διαγράμματος 10-3 του *Highway Capacity Manual* (HCM) [3]. Ο υπολογισμός αυτός της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης, συμβολίζεται ως C_{pi} (για την κίνηση i), καθορίζεται σαν την "ιδανική" κυκλοφοριακή ικανότητα για την συγκεκριμένη πρόσβαση, εφόσον τηρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η κυκλοφορία στην κύρια πρόσβαση δεν εμποδίζει την κυκλοφορία στην δευτερεύουσα πρόσβαση. Δηλαδή ο κυκλοφοριακός φόρτος στην κύρια οδό έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να επιτρέπει την κίνηση των οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης.
- Η κυκλοφορία από γειτονικούς κόμβους ή περιοχές πλέξης δεν επηρεάζει τον υπό μελέτη κόμβο.
- Η κίνηση της υπό μελέτης πρόσβασης πραγματοποιείται σε αποκλειστική λωρίδα.
- Καμία άλλη κίνηση δεν εμποδίζει την υπό μελέτη κίνηση της δευτερεύουσας πρόσβασης.

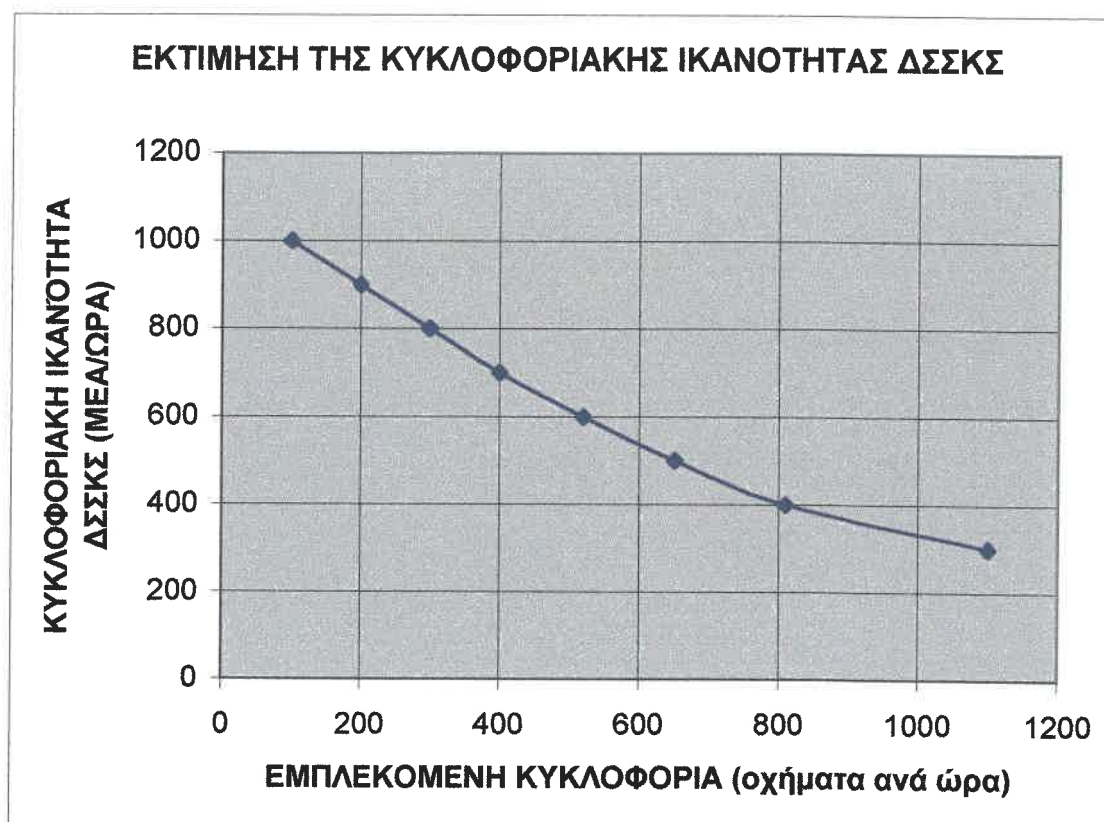
Η εκτίμηση λοιπόν της κυκλοφοριακής ικανότητας της υπό μελέτης κίνησης της δευτερεύουσας πρόσβασης **,μετρημένη σε επιβατικά οχήματα ανά ώρα MEA (passenger cars per hour)**, καθορίζεται από το παρακάτω διάγραμμα.

Ο υπολογισμός της βασίζεται στο μέγεθος του φόρτου της λωρίδας πλέξης της κύρια πρόσβασης V_c (εμπλεκόμενη κυκλοφορία) ,ο οποίος μετρείται σε οχήματα ανά ώρα (**vehicles per hour**) και τον κρίσιμο χρονικό διαχωρισμό T_c (**critical gap**),ο οποίος μετρείται σε δευτερόλεπτα (**sec**).Πραγματοποιείται δε ως εξής:

- Χαράζεται κάθετη γραμμή με αρχή τον φόρτο της λωρίδας πλέξης της κύριας πρόσβασης και τέλος το σημείο, που τέμνει αυτή η γραμμή την καμπύλη του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού που έχει επιλεγεί για την συγκεκριμένη περίπτωση πλέξης.

- Στη συνέχεια χαράζεται οριζόντια γραμμή, από το σημείο τομής της κάθετης γραμμής με την καμπύλη του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού, η οποία τέμνει τον κάθετο άξονα στην πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας για την δευτερεύουσα πρόσβαση.

Σχήμα 2.1 : Εκτίμηση της κυκλοφοριακής ικανότητας



Με την βοήθεια λοιπόν του παραπάνω διαγράμματος οι John Z. Liuh και Yean-Jye Lu, υπολογίσανε την πιθανή κυκλοφοριακή ικανότητα της δεξιάς στροφής σε σηματοδοτούμενο κόμβο, για την πραγματοποίηση του ελιγμού κατά την κόκκινη ένδειξη του σηματοδότη, χρησιμοποιώντας και τροποποιώντας κατά το ελάχιστο δυνατό την μέθοδο που χρησιμοποιεί το κεφάλαιο 10 του *Highway Capacity Manual* (HCM) [3].

2.3 Σχολιασμός υπάρχουσας βιβλιογραφίας

Όπως προκύπτει από την παραπάνω βιβλιογραφία αυτό το συγκεκριμένο είδος κίνησης, δηλαδή της δεξιάς στροφής σε κόκκινη σηματοδότηση δεν έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους περισσότερους ερευνητές κατά το παρελθόν, σε αντίθεση με την παρόμοια, μπορεί να πει κανείς, σε αρκετά σημεία δεξιά στροφή σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο με την ύπαρξη προτεραιότητας ή σήμανσης στοπ (stop).

Όπως γίνεται αντιληπτό η μέθοδος που περιλαμβάνει το *Highway Capacity Manual* (HCM) του 1985 [3] δεν περιλαμβάνει κάποιο συγκεκριμένο τρόπο υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ. Και οι μέχρι τώρα ερευνητές, όπως φάνηκε από τα παραπάνω απλά προτείνανε μία μέθοδο υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ τροποποιώντας την μέθοδο υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας της δεξιάς στροφής σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο με την ύπαρξη προτεραιότητας ή σήμανσης στοπ (stop). Εδώ θα πρέπει να τονιστεί και η σημασία, που έχει η συλλογή στοιχείων από τον υπό μελέτη κόμβο. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών, αναζητήθηκε το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Η παρούσα εργασία θα προσπαθήσει να αναλύσει την κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης σηματοδοτούμενου κόμβου κατά την διάρκεια της κίτρινης ένδειξης του σηματοδότη και όταν τα οχήματα που βρίσκονται σε αυτήν θέλουν να πραγματοποιήσουν ελιγμό συμβολής, δηλαδή να στρίψουν δεξιά και να συγχωνευτούν με το κυκλοφοριακό ρεύμα της κύριας οδού.

Η επιλογή αυτού του ελιγμού έγινε, καθώς παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, και γιατί δεν υπάρχει καμία παρόμοια μελέτη στην Ελλάδα. Βασική επιδίωξη ήταν η ανάλυση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης του υπό μελέτη κόμβου με την βοήθεια των συνθηκών κυκλοφορίας στην κύρια πρόσβαση. Και κυρίως να μελετήσουμε ένα είδος ελιγμού το οποίο στο παρελθόν δεν έχει αναλυθεί ιδιαίτερα, την δεξιά στροφή σε σηματοδοτούμενο κόμβο υπό την κίτρινη ένδειξη του σηματοδότη. Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται η επιλογή του υπό μελέτη κόμβου και ο τρόπος συλλογής των στοιχείων.

3. Συλλογή των Στοιχείων

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μελέτη και εκτίμηση της κυκλοφοριακής ικανότητας της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ και να γίνει δυνατή η ανάλυση της λειτουργίας του υπό μελέτη ελιγμού έπρεπε να συλλεχτούν στοιχεία από κατάλληλη σηματοδοτούμενη διασταύρωση, μέσα στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών.

Η επιλογή μίας, αντί περισσοτέρων διασταυρώσεων για συλλογή δεδομένων, κρίθηκε αναγκαία ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διακύμανση μεταξύ του εξεταζομένου πληθυσμού μελέτης. Συνεπώς, κρίθηκε σωστότερο να γίνουν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε μία και μόνο διασταύρωση.

Για την όσο το δυνατό σωστότερη και ακριβέστερη κατασκευή των εξισώσεων πρόβλεψης, δόθηκε ιδιαίτερο βάρος στα εξής σημεία:

- Στην επιλογή κατάλληλου κόμβου που να παρουσιάζει τα απαραίτητα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά
- Στην όσο το δυνατόν καλύτερη περιγραφή και καταγραφή της κυκλοφορίας (σύνθεση κυκλοφορίας, φόρτος οχημάτων κ.τ.λ) τόσο στην κύρια, όσο και στην δευτερεύουσα πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου .
- Στην χρησιμοποίηση κατάλληλων μηχανημάτων καταγραφής των στοιχείων.
- Στην πραγματοποίηση των μετρήσεων σε κατάλληλες χρονικές στιγμές.
- Στη προσπάθεια χρησιμοποίησης μεθόδων επεξεργασίας και ανάλυσης που να παρέχουν τα πιο ικανοποιητικά και αντικειμενικά αποτελέσματα.
- Στην σωστή και προσεκτική ερμηνεία των εξαγομένων αποτελεσμάτων.

3.1 Υποθέσεις ανάλυσης

Για την σωστότερη όμως περιγραφή της λειτουργίας του κόμβου και του υπό μελέτη ελιγμού, καθώς και για την συμβατότητα των αποτελεσμάτων

με την πραγματικότητα, έπρεπε να γίνουν αρχικά κάποιες απαραίτητες υποθέσεις.

3.1.1 Υπόθεση σχετικά με την επιρροή των παραγόντων

Όπως έχει αναφερθεί, σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μελετήσει την κυκλοφοριακή ικανότητα της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ, και να οδηγηθεί σε κάποια συμπεράσματα για τον συγκεκριμένο ελιγμό συμβολής, που πραγματοποιούν τα οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης με το ρεύμα της κύριας οδού στον υπό μελέτη κόμβο.

Όμως όπως έγινε φανερό και στην βιβλιογραφία[2] τον υπό μελέτη ελιγμό τον επηρεάζει ένα πλήθος παραγόντων. Τέτοιοι παράγοντες είναι η εμπλεκόμενη στον ελιγμό κυκλοφορία της κύριας οδού, ο κρίσιμος χρονικός διαχωρισμός της κύριας οδού, η σύνθεση της κυκλοφορίας, η γεωμετρία του κόμβου, το φως της ημέρας.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί πως ακόμα και αυτούς τους παράγοντες, που αναφέρθηκαν τους επηρεάζουν και άλλα στοιχεία όπως είναι το φύλλο του οδηγού, η ταχύτητα των οχημάτων της κύριας οδού, το είδος του οχήματος που θα πραγματοποιήσει τον ελιγμό, η ηλικία του οδηγού του οχήματος.

Αμέσως γίνεται φανερό, πως η ανάλυση και η μελέτη του συγκεκριμένου ελιγμού είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, με ψυχολογικές προεκτάσεις που απαιτεί πληθώρα κρίσεων. Μία ολοκληρωμένη μελέτη που θα περιλάμβανε όλες τις δυνατές επιρροές θα ήταν και οι αντικειμενικότερη, αλλά αυτό είναι αρκετά δύσκολο να συμβεί. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων σε μια συγκεκριμένη διασταύρωση και για συγκεκριμένες ώρες της ημέρας, είχε σκοπό να ελαχιστοποιήσει την επιρροή άλλων παραγόντων στην μελέτη του συγκεκριμένου ελιγμού συμβολής.

3.1.2 Υπόθεση προέλευσης πληθυσμού

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη διασταύρωση κατέγραψαν τη συμπεριφορά ενός αρκετά μεγάλου πληθυσμού οχημάτων. Παράγοντες που αφορούν στα χαρακτηριστικά του κάθε οχήματος και συνδέονται με στοιχεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς, είναι αρκετά μεγάλης σημασίας. Τέτοιοι παράγοντες όπως ο σκοπός και το μήκος της μετακίνησης και η προηγούμενη γνώση της διασταύρωσης είναι δυνατό να επηρεάσουν τον κάθε οδηγό (όχημα), αλλά δυστυχώς είναι πολύ δύσκολο να απομονωθούν.

Επομένως έπρεπε να υιοθετηθεί η υπόθεση, πως οι εξεταζόμενοι οδηγοί της δευτερεύουσας οδού προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό και συνεπώς διαθέτουν τα ίδια χαρακτηριστικά όσον αφορά την οδήγηση τους .

3.2 Κριτήρια επιλογής διασταύρωσης

Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της παρούσης εργασίας, ήταν να επιλεγεί η κατάλληλη διασταύρωση (κατάλληλος κόμβος του οδικού δικτύου) προκειμένου να γίνει εφικτή η ανάλυση του υπό μελέτη ελιγμού. Δηλαδή να γίνει δυνατή η πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης, σε σχέση με τον φόρτο της κύριας πρόσβασης, Και να μελετηθεί ο τρόπος λειτουργίας του υπό μελέτη κόμβου. Επομένως αυτή η επιλογή του κόμβου πλέξης του οδικού δικτύου, έπρεπε να γίνει με βάση κάποια κριτήρια.

Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Η διασταύρωση έπρεπε να είναι σηματοδοτημένη. Επειδή όμως στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται το μέτρο της δεξιάς στροφής σε κόκκινο φανάρι (RTOR), έπρεπε να βρεθεί ένας κόμβος στον οποίο θα ήταν δυνατή η μελέτη της συμβολής των δύο οδών με την παραχώρηση προτεραιότητας, δηλαδή κατά την διάρκεια της κίτρινης ένδειξης του φαναριού.

- Η κυκλοφορία από γειτονικούς κόμβους ή περιοχές πλέξης δεν πρέπει να επηρεάζει τον υπό μελέτη κόμβο.
- Η ταχύτητα των οχημάτων της κύριας οδού έπρεπε να είναι σταθερή στην ευρύτερη περιοχή γύρω από τον κόμβο, ώστε οι εξεταζόμενοι οδηγοί να έχουν σταθερή εκτίμηση της απόστασης τους από το διερχόμενο στην κύρια οδό όχημα. Η κυκλοφορία στην κύρια πρόσβαση δηλαδή να μην εμποδίζει την κυκλοφορία στην δευτερεύουσα πρόσβαση. Δηλαδή ο κυκλοφοριακός φόρτος στην κύρια οδό έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να επιτρέπει την κίνηση των οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης
- Η δευτερεύουσα οδός έπρεπε να είναι μιας κατεύθυνσης, να εκβάλλει στην κύρια οδό και να διαθέτει μόνο μία λωρίδα κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλιζόταν η συνεχόμενη ροή οχημάτων στην κύρια οδό, μέσω της αποφυγής των δεξιών στροφών από την κύρια στην δευτερεύουσα οδό. Επίσης, δεν θα σχηματίζονταν πάνω από μία παράλληλες ουρές αναμονής στη δευτερεύουσα οδό και έτσι οι οδηγοί θα έμεναν ανεπηρέαστοι από την συμπεριφορά του διπλανού τους, στην κορυφή της ουράς, οχήματος.
- Οι οδηγοί της δευτερεύουσας οδού έπρεπε να έχουν την δυνατότητα εκτέλεσης ενός συγκεκριμένου ελιγμού, της συμβολής (δεξιά στροφή) με την κύρια οδό. Δηλαδή καμία άλλη κίνηση να μην εμποδίζει την υπό μελέτη κίνηση της δευτερεύουσας πρόσβασης.

3.3 Επιλογή διασταύρωσης

Αρχική προϋπόθεση λοιπόν ήταν να βρεθεί η κατάλληλη διασταύρωση, η οποία θα ικανοποιούσε τις απαιτήσεις της παρούσας μελέτης. Η αναζήτηση αυτή κράτησε για αρκετό καιρό, κυρίως λόγω της ιδιομορφίας του κόμβου. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως το μέτρο της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ δεν εφαρμόζεται στην Ελλάδα και για αυτό έγινε η επιλογή ενός κόμβου ο οποίος να πλησιάζει όσο το δυνατόν τις συνθήκες της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

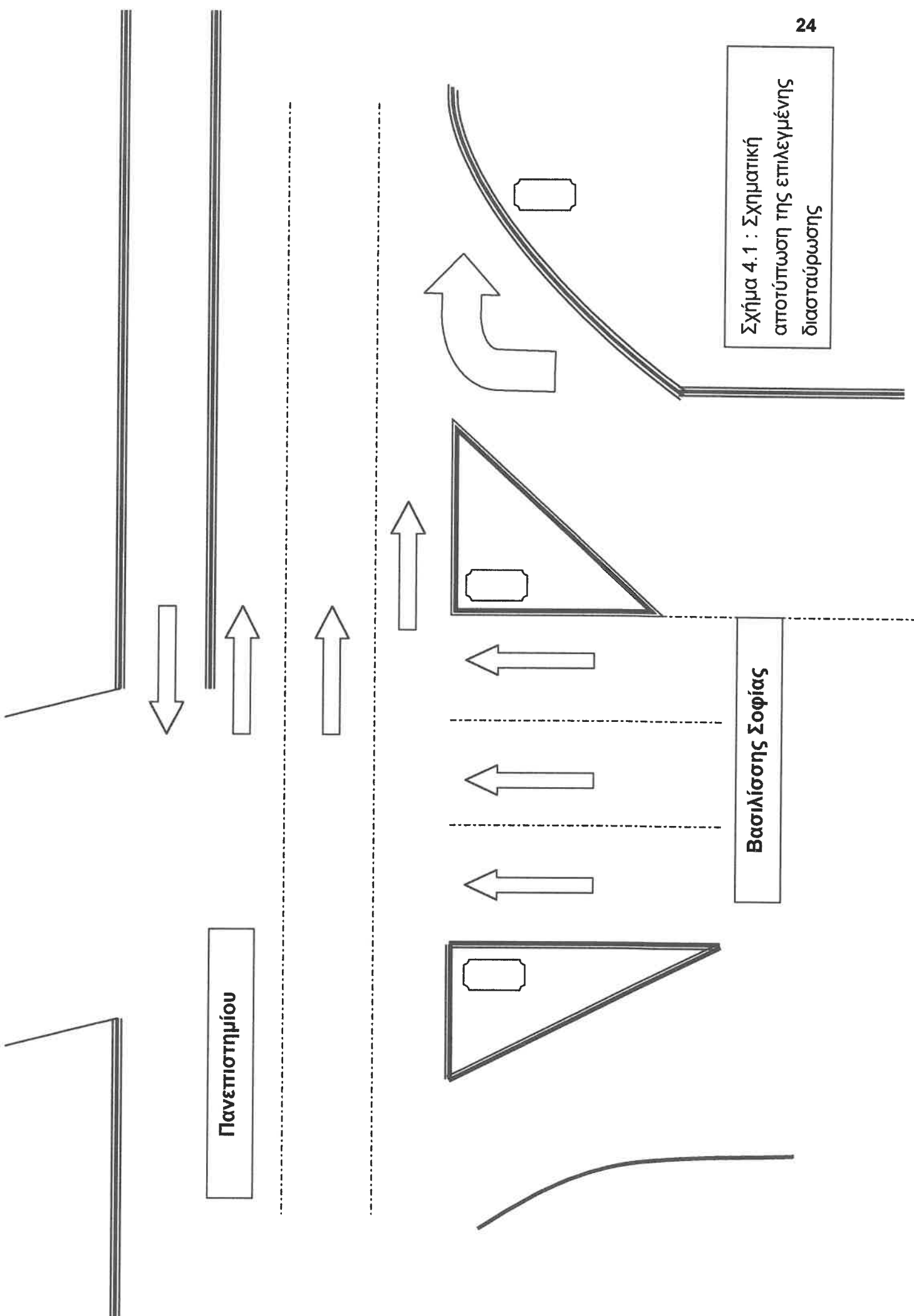
Τελικά, επιλέχτηκε ο κόμβος Πανεπιστημίου (κύρια οδός— φορά προς Αθήνα) Βασιλίσσης Σοφίας (δευτερεύουσα οδός), που βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας στην περιοχή του Κολωνακίου. Στον κόμβο, αυτό έχουμε πραγματοποίηση της δεξιάς στροφής από την Βασιλίσσης Σοφίας στην Πανεπιστημίου κατά την διάρκεια της κίτρινης ένδειξης του σηματοδότη, ελιγμός ο οποίος προσεγγίζει με μεγάλη ακρίβεια τον ελιγμό της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ.

Αρκετές προκαταρκτικές μετρήσεις έγιναν, σε διαφορετικές ώρες μέσα στην ημέρα και τελικά βρέθηκαν οι κατάλληλες χρονικές περίοδοι, που μπορούν να δώσουν πληροφορίες σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της εργασίας. Οι χρονικές περίοδοι που τελικά επιλέχτηκαν, ήταν τρεις ώρες περίπου πριν την αρχή της μεσημεριανής ώρας αιχμής της κυκλοφορίας της κύριας οδού.

Πρέπει να τονιστεί, ότι η επόμενη σηματοδότηση μετά τον κόμβο, ήταν σε ασφαλή απόσταση, ώστε τα οχήματα της κύριας οδού να αρχίζουν την διαδικασία πέδησης τους αρκετά μετά το πέρασμα τους από την διασταύρωση και συνεπώς να διατηρούν σταθερή ταχύτητα πριν και μετά από αυτή (περίπου 40 χλμ /ώρα).

Η οδός Πανεπιστημίου είναι οδός μονής κατεύθυνσεως, ενώ πρόσφατα προστέθηκε και ένας λεωφορειόδρομος προς την αντίθετη κατεύθυνση γεγονός όμως που δεν επηρεάζει σε καμία περίπτωση την παρούσα διπλωματική εργασία. Παράλληλα η οδός Βασιλίσσης Σοφίας είναι οδός δύο κατευθύνσεων με δύο ρεύματα κυκλοφορίας για την κάθε κατεύθυνση και έναν λεωφορειόδρομο για την κίνηση προς το κέντρο της Αθήνας (προς την πλατεία Ομονοίας)

Η μορφή της διασταύρωσης που επιλέχτηκε, φαίνεται από το παρακάτω ΣΧΗΜΑ4.1:



3.4 Σχεδιασμός των μετρήσεων

Επόμενος στόχος, μετά την τελική επιλογή της διασταύρωσης, ήταν η σωστή και αντικειμενική περιγραφή του κυκλοφοριακού φόρτου των δύο προσβάσεων του κόμβου στο σημείο πλέξης, της υπό μελέτης κίνησης με την κύρια οδό.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, κρίθηκε απαραίτητη η καταγραφή των εξής στοιχείων:

- Η κυκλοφορία στην κύρια οδό, δηλαδή οι χρονικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων της.
- Οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις των οχημάτων στην και από την δευτερεύουσα οδό.

Η δυσκολία που παρουσιάστηκε στο σημείο αυτό, ήταν να καθοριστεί ακριβώς το πότε ένα όχημα αφίχθηκε στη διασταύρωση από την δευτερεύουσα οδό. Αυτό οφειλόταν στο ότι η διαδικασία της κίνησης του οχήματος γύρω από το σημείο άφιξης του, δεν ήταν ακριβώς προσδιορισμένη. Συνεπώς, η άφιξη κάποιου οχήματος δεν μπορούσε να συσχετιστεί με ένα συγκεκριμένο σημείο. Επίσης κάθε όχημα μπορούσε να αρχίσει τη διαδικασία του ελιγμού του (συμβολή), σε διάφορα σημεία.

Ωστόσο, το πιο σύνηθες σημείο από το οποίο άρχιζαν να στρίβουν οι οδηγοί, ήταν κοντά στην συμβολή των αξόνων των δύο οδών. Για τον λόγο αυτό, κάθε όχημα θεωρήθηκε ότι αφίχθηκε στην διασταύρωση την στιγμή όπου ο οδηγός του κρίθηκε ότι βρισκόταν σε θέση να εκμεταλλευτεί τους παρουσιαζόμενους χρονικούς διαχωρισμούς της κύριας οδού.

Όσον αφορά στην αναχώρηση του οχήματος, αυτή εκτιμήθηκε ότι αρχίζει αμέσως μετά την στιγμή όπου ο οδηγός είχε περάσει το πιθανό σημείο εμπλοκής (collision point) με όχημα της κύριας οδού. Πρακτικά, το όχημα κρίθηκε ότι άρχιζε την διαδικασία ελιγμού του, όταν ο οδηγός είχε περάσει την προέκταση του (φανταστικού) άξονα του επερχόμενου οχήματος.

Παράλληλα, θεωρήθηκε ότι κάθε όχημα της κύριας οδού έφτανε στην διασταύρωση, όταν το μπροστινό τμήμα του συναντούσε την (φανταστική) προέκταση του άξονα της δευτερεύουσας οδού.

Ο χρόνος αναμονής για τα οχήματα της δευτερεύουσας οδού, εκτιμήθηκε ότι ξεκινούσε την στιγμή εκείνη όπου ο οδηγός έφτανε στην ελάχιστη απόσταση από το μπροστινό του ακινητοποιημένο όχημα.

Πρέπει να τονισθεί, ότι η διαδικασία των μετρήσεων, έλαβε χώρα κάτω από συνθήκες καλής ορατότητας και στεγνού οδοστρώματος και χωρίς την επίδραση εξωτερικών παραγόντων (τροχονόμων, ατυχημάτων κ.α.)

3.5 Επιλογή μέσου καταγραφής κυκλοφοριακών φόρτων

Για την καταγραφή των κυκλοφοριακών φόρτων ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθούν δύο μέσα μέτρησης. Το πρώτο ήταν το Psion Organizer II και το δεύτερο η βιντεοσκόπηση, στην ελεγχόμενη διατομή με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η λήψη όλων των απαραίτητων για την επεξεργασία στοιχείων .

3.5.1 PSION Organizer II— model LZ64

Το **PSION Organizer II**, το οποίο και χρησιμοποιήθηκε, ανήκει στο Ε.Μ.Π.

Τα μηχανήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν με Η/Υ μέσω κατάλληλου software (λογισμικού), του (Psion Comms Link) [7,8].

Διαθέτουν ειδικό λογισμικό και "φόρμες", μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται και προγράμματα καταγραφής κυκλοφοριακών φόρτων, τα οποία όμως δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Με αυτά τα μηχανήματα παρέχεται επίσης η δυνατότητα καταγραφής ειδικών προγραμμάτων υπολογισμού στοιχείων με τη γλώσσα

προγραμματισμού του ίδιου του μηχανήματος όπως αυτή περιγράφεται σε σχετικό εγχειρίδιο.

Συνοδεύονται από το πακέτο **Trafficana**, ένα χρήσιμο εργαλείο για περιπτώσεις μετρήσεων όπως η συγκεκριμένη. Το Trafficana, αποτελείται από μια θήκη που προσαρμόζεται κατάλληλα στο organiser και δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να χρησιμοποιήσει κάποια (ή όλα) από τα 9 κουμπιά που διαθέτει. Κάθε πάτημα διαφορετικού κουμπιού αντιστοιχεί σε ένα χαρακτήρα (γράμμα) του organiser. Τα δύο όμως από αυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λόγω του **ASCII** χαρακτήρα που διαθέτουν .

Παράλληλα το **organiser** διαθέτει ψηφιακό ρολόι, το οποίο με κατάλληλο προγραμματισμό, μπορεί να καταγράψει τις ζητούμενες χρονικές στιγμές.

Για την περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων, μπορεί πολύ εύκολα να γίνει μεταφορά των δεδομένων σε φύλλα εργασίας γνωστών προγραμμάτων, όπως το Microsoft Excel, το MS Works, το Microsoft Access. Για την συγκεκριμένη διπλωματική εργασία προτιμήθηκε το Microsoft Excel.

Τα **πλεονεκτήματα** της χρήσης του Psion Organizer II για την καταγραφή των κυκλοφοριακών φόρτων για την παρούσα διπλωματική εργασία είναι :

- Εύκολη επιτόπου καταγραφή δεδομένων.
- Το μικρό του μέγεθος και δεν προκαλεί τους εξεταζόμενους οδηγούς.
- Εύκολη μεταφορά δεδομένων από το μηχάνημα στον Η/Υ, χωρίς την ύπαρξη πιθανών λαθών λόγω του ανθρώπινου παράγοντα.
- Επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων σε λογιστικά φύλλα Microsoft Excel
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό
- Δίνει την δυνατότητα καταγραφής στοιχείων, τα οποία εκ των υστέρων δύναται να αποδειχτούν αναγκαία.

Τα **μειονεκτήματα** που παρουσιάζει είναι:

- Δεν μπορεί να καταγράψει περισσότερα από περίπου 2000 στοιχεία, λόγω έλλειψης αρκετής μνήμης
- Μη δυνατότητα διόρθωσης λαθών κατά την διάρκεια των μετρήσεων.
- Η ακρίβεια του είναι της τάξης του μισού δευτερολέπτου, η οποία θεωρείται ως η ελάχιστη δυνατή.

3.5.2 Βιντεοσκόπηση

Η δεύτερη εναλλακτική επιλογή μέσου καταγραφής στοιχείων είναι η βιντεοσκόπηση ,η οποία γίνεται με την βοήθεια κατάλληλα τοποθετημένης βιντεοκάμερας.

Τοποθετείται βιντεοκάμερα στην υπό μελέτη διατομή το κόμβου με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η λήψη όλων των απαραίτητων για την επεξεργασία στοιχείων. Με τη χρήση χρονομέτρων από την βιντεοκάμερα είναι δυνατή η μετέπειτα καταγραφή των χρονικών στιγμών που περνάει το κάθε όχημα από το εκάστοτε σημείο αναφοράς.

Τα **πλεονεκτήματα** της βιντεοσκόπησης για την συγκεκριμένη εργασία είναι:

- Δεν απαιτεί ειδική κατάρτιση από τα άτομα που θα τη χρησιμοποιήσουν.
- Αποφυγή λαθών, εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα και δεδομένη αντικειμενικότητα στις παρατηρήσεις.
- Είναι λιγότερο κουραστική ως διαδικασία.

Τα **μειονεκτήματα** της είναι:

- Αδυναμία αυτόματης μεταφοράς των συλλεγέντων στοιχείων γεγονός το οποίο οδηγεί σε χρονοβόρα διαδικασία μεταφοράς των

καταγραφέντων στοιχείων από την βιντεοταινία σε Η/Υ, η οποία πιθανότατα θα εμπεριέχει και λάθη κατά την διάρκεια της μεταφοράς

- Απαιτεί χρήση ειδικού βίντεο για την ανάλυση και προβολή της ταινίας.

Μετά από σύγκριση των δύο μεθόδων και λόγω του ότι έπρεπε να γίνουν αρκετές επί τόπου μετρήσεις για μεγάλη στατιστική ακρίβεια, αποφασίστηκε τελικά η χρήση του μηχανήματος Psion Organizer 2.

3.6 Οργάνωση των μετρήσεων

Εξετάστηκαν αρκετές θέσεις γύρω από την επιλεγμένη διασταύρωση, από τις οποίες μπορούσε να γίνει καταγραφή των απαραίτητων στοιχείων. Ήταν άκρως σημαντικό η καταγραφή αυτή να γίνει από θέση η οποία να μη τραβάει την προσοχή των εξεταζόμενων οδηγών και επίσης να μην επηρεάζει την κυκλοφορία της κύριας οδού. Τελικά, η καταγραφή αποφασίστηκε να γίνει από το σημείο του πεζοδρομίου, το οποίο βρίσκεται δίπλα στο σημείο συμβολής των δύο προσβάσεων και δίνει την κατάλληλη ορατότητα για τις μετρήσεις.

Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τα 4 από τα 7 διαθέσιμα κουμπιά του Psion Organizer 2. Αναλυτικά για κάθε ένα από τα 4 κουμπιά έγιναν οι εξής αντιστοιχίσεις:

1. Κουμπί (B) : Άφιξη οχήματος της κύριας πρόσβασης του κόμβου, στην διασταύρωση. Ένα πάτημα του κουμπιού αντιστοιχούσε σε επιβατικό αυτοκίνητο ενώ δύο συνεχόμενα πατήματα του κουμπιού (B) αντιστοιχούσαν σε βαρέως κινούμενο όχημα (λεωφορεία και τρόλεϊ)
2. Κουμπί (P) : Άφιξη του οχήματος της δευτερεύουσας πρόσβασης στην κορυφή της συμβολής των δύο προσβάσεων του κόμβου. Ένα πάτημα του κουμπιού αντιστοιχούσε σε επιβατικό αυτοκίνητο ενώ δύο συνεχόμενα πατήματα του κουμπιού (P) αντιστοιχούσαν σε βαρέως κινούμενο όχημα (λεωφορεία και τρόλεϊ)
3. Κουμπί (D) : Αναχώρηση του οχήματος της δευτερεύουσας πρόσβασης από το σημείο συμβολής των δύο προσβάσεων του κόμβου,

μετά την αποδοχή κάποιου χρονικού διαχωρισμού.

4. Κουμπί (X) : Επισήμανση κάποιου λάθους στην αμέσως προηγούμενη μέτρηση.

3.7 Διαδικασία των μετρήσεων

Οι προκαταρκτικές μετρήσεις έδειξαν πως οι κατάλληλες ώρες για συλλογή στοιχείων, ήταν μεταξύ 11:30 – 14:30. Η αποφυγή μετρήσεων τις ώρες αιχμής ήταν επιτακτική, καθώς η κυκλοφορία στην κύρια οδό αυξανόταν αρκετά, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πολλών μικρών και την απουσία μεσαίων και μεγάλων, χρονικών διαχωρισμών σε αυτή καθώς και την δημιουργία φαινομένων συμφόρησης.

Λόγω των αυξημένων απαιτήσεων της παρούσας εργασίας για δεδομένα και της περιορισμένης μνήμης του Psion Organizer 2, πραγματοποιήθηκαν 10 συνολικά καταγραφές στοιχείων που διάρκεσαν πάνω από 10 ώρες.

Με τα στοιχεία που συλλέχτηκαν συνολικά από τις μετρήσεις, καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας της διασταύρωσης Πανεπιστημίου – Βασιλίσσης Σοφίας.

4. Επιλογή μεθόδου ανάλυσης

Επόμενο βήμα μετά την χρονοβόρα διαδικασία των επιτόπου μετρήσεων, ήταν η αρχική επεξεργασία των καταγραφέντων στοιχείων, ώστε να προκύψουν, όλες οι πληροφορίες που χρειάζονται, για την ανάλυση του ελιγμού της δεξιάς στροφής κατά την διάρκεια του παλλόμενου κίτρινου του σηματοδότη καθώς και την μελέτη της συνολικής λειτουργίας του κόμβου.

Προκειμένου όμως να πραγματοποιηθεί η αρχική επεξεργασία των καταγραφέντων στοιχείων, έπρεπε πρώτα να επιλεγεί η μέθοδος η οποία θα χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση τους.

4.1 Περιγραφή του Προβλήματος

Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, επιδίωξη της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι, η ανάλυση του ελιγμού της δεξιάς στροφής με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση και κατ' επέκταση της συνολικής λειτουργίας του υπό μελέτη κόμβου. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως ο ελιγμός της δεξιάς στροφής πραγματοποιείται από την δευτερεύουσα πρόσβαση του κόμβου στην κύρια πρόσβαση.

Βασικός στόχος της είναι να δοθεί η δυνατότητα υπολογισμού, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης κατά την χρονική διάρκεια του υπό μελέτη ελιγμού. Δηλαδή να βρεθεί ένας τρόπος ώστε να γίνει δυνατή η πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης την οποία αποτελεί για τον υπό μελέτη κόμβο η οδός Βασιλίσσης Σοφίας.

Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία και τις αναφορές, που έγιναν στα προηγούμενα κεφάλαια γίνεται φανερό, πως η πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της Βασιλίσσης Σοφίας πρέπει να γίνει σε σχέση με την εμπλεκόμενη κυκλοφορία στον ελιγμό της δεξιάς στροφής. Η εμπλεκόμενη κυκλοφορία, στον υπό μελέτη κόμβο, για τον συγκεκριμένο ελιγμό είναι η

κυκλοφορία στην Πανεπιστημίου που αποτελεί και την κύρια πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου.

Δηλαδή θα αναζητηθεί μία μέθοδος η οποία θα κάνει δυνατή την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της Βασιλίσσης Σοφίας σε σχέση με την κυκλοφορία της Πανεπιστημίου κατά την διάρκεια του υπό μελέτη ελιγμού.

4.2 Επιλογή μεθόδου

Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία αναζητήθηκε ο καταλληλότερος τρόπος επεξεργασίας των μετρήσεων για να γίνει εφικτή η περιγραφή και η πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης.

Παρατηρήσαμε μέσα από την βιβλιογραφία πως η προηγούμενη αναλυτές χρησιμοποιώντας το κεφάλαιο 9 του Highway Capacity Manual (HCM) [3] οδηγήθηκαν στην εκτίμηση της κυκλοφοριακής ικανότητας της Δ.Σ.Σ.Κ.Σ. Ένα διαφορετικό τρόπο προσέγγισης του προβλήματος αποτελεί και η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης.

Η μέθοδος της παλινδρόμησης κρίνεται ικανοποιητική για την ανάλυση του υπό μελέτη κόμβου. Δηλαδή η μέθοδος, για την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης (**Βασιλίσσης Σοφίας**) σαν συνάρτηση της κυκλοφορίας της κύριας πρόσβασης (**Πανεπιστημίου**) του σηματοδοτούμενου κόμβου, είναι η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης (**multiple regression analysis**) [9,10] .

Με την χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου , γίνεται δυνατή η διαμόρφωση κάποιων εξισώσεων που μπορούν να περιγράψουν καλύτερα την κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης, βάσει των στατιστικών στοιχείων, ώστε να ερμηνευτεί η φυσική σημασία της. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν και άλλα είδη εξισώσεων που μπορούν να εφαρμοστούν, η γραμμική εξίσωση κρίθηκε η καταλληλότερη για να ικανοποιήσει τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Αυτή η επιλογή της γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης και όχι κάποιου άλλου τύπου παλινδρόμησης π.χ. εκθετικής, έγινε κυρίως για να γίνει εφικτή η κατασκευή όσο το δυνατόν απλούστερων εξισώσεων πρόβλεψης.

Η χρήση των Η/Υ είναι πραγματικά πολύτιμη στην επεξεργασία προβλημάτων πολλαπλής παλινδρόμησης. Στο παρελθόν, η ανάλυση παλινδρόμησης δεν ήταν σε χρήση σε ευρεία κλίμακα, επειδή η πολυπλοκότητα των εξισώσεων είναι μεγάλη. Καθώς ο αριθμός των ανεξαρτήτων μεταβλητών μεγαλώνει, οι απαιτούμενοι υπολογισμοί γίνονται αρκετά πολύπλοκοι και κοπιαστικοί. Για αυτόν τον πρακτικό λόγο, η τεχνική αυτή δεν χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένα σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμοσμένων προβλημάτων, πριν την ευρεία διαθεσιμότητα των Η/Υ και την χρήση προγραμμάτων όπως το Microsoft Excel για απλές περιπτώσεις και το SPSS[10], πρόγραμμα αποκλειστικά για στατιστικές μελέτες και έρευνα.

Το πρόγραμμα (software) που χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική ανάλυση, ήταν το στατιστικό πρόγραμμα SPSS σε περιβάλλον *Windows millennium*. Το πρόγραμμα SPSS, αν και χρειάστηκε ειδικές γνώσεις όσον αφορά στην χρήση του, τελικά αποδείχτηκε πολύ σημαντικό εργαλείο για την παρούσα εργασία.

4.3 Μοντέλο πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση έχει την δυνατότητα να συμπεριλάβει αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές στην προτεινόμενη εξίσωση. Το μοντέλο της μπορεί να εκφραστεί ως εξής [9,10] :

$$Y_i = B_0 + B_1 X_{1i} + B_2 X_{2i} + \dots + B_p X_{pi} + \varepsilon_i$$

Την εξαρτημένη μεταβλητή της εξίσωσης παλινδρόμησης αποτελεί ο συντελεστής Y_i . Ο συμβολισμός X_{pi} δηλώνει την τιμή της p ανεξάρτητης μεταβλητής για την περίπτωση i . Επίσης οι όροι B είναι άγνωστοι παράμετροι (συντελεστές της εξίσωσης) και οι όροι ε_i είναι τυχαίες ανεξάρτητες μεταβλητές που ακολουθούν την κανονική κατανομή με μέση τιμή 0 και σταθερή διακύμανση σ^2 . Το μοντέλο υποθέτει ότι υπάρχει κανονική κατανομή της εξαρτημένης μεταβλητής Y_i για κάθε συνδυασμό τιμών των ανεξαρτήτων μεταβλητών του μοντέλου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκε η κατασκευή εξισώσεων, με την χρησιμοποίηση της πολλαπλής γραμμικής

παλινδρόμησης. Οι εξισώσεις αυτές συμβάλλουν στην πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε, για τις εξισώσεις ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων ανά ώρα ΜΕΑ, που εισέρχονται από την δευτερεύουσα πρόσβαση (οδός Βασιλίσσης Σοφίας) στην κύρια πρόσβαση του κόμβου (οδός Πανεπιστημίου).

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές, που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην διαδικασία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ήταν βασικά δύο:

- Ο φόρτος των επιβατικών αυτοκινήτων στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου).
- Ο φόρτος των λεωφορείων και τρόλεϊ στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου).

4.4 Τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων της παλινδρόμησης

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης, γίνεται σε ειδικό φύλλο του SPSS και περιέχει τις παρακάτω πληροφορίες:

Στην αρχή δίδεται ο πίνακας συσχετίσεων μεταξύ της εξαρτημένης και κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής, καθώς και μεταξύ των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Μελετώντας τον πίνακα αυτό γίνεται μια αρχική εκτίμηση για το βαθμό επιρροής της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής.

Η τιμή του R^2 (R square) είναι μια πολύ συνηθισμένη εκτίμηση της προσαρμογής του γραμμικού μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης και πολλές φορές ονομάζεται συντελεστής προσδιορισμού (coefficient of determination). Χαρακτηρίζεται συνήθως ως το τετράγωνο του πολλαπλού συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών. Η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει είναι η μονάδα, ενώ $R^2 = 0$ δεν σημαίνει απαραίτητα ότι δεν υπάρχει συσχετισμός

μεταξύ των μεταβλητών. Αντίθετα δηλώνει ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ τους.

Η τετραγωνική ρίζα του ονομάζεται πολλαπλό R (multiple R). Το R^2 συνήθως δίνει μια αισιόδοξη εκτίμηση του βαθμού προσαρμογής του γραμμικού μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης στον συνολικό πληθυσμό. Το μοντέλο συνήθως δεν έχει τόσο καλή προσαρμογή στον συνολικό πληθυσμό, όσο έχει στο συγκεκριμένο δείγμα από το οποίο προήλθε. Η τιμή R^2 του προσαρμοσμένου (adjusted R) προσπαθεί να διορθώσει την τιμή του R^2 ώστε να αποδώσει πιο κοντά στην πραγματικότητα το βαθμό προσαρμογής του μοντέλου στον συνολικό πληθυσμό.

Το προσαρμοσμένο R^2 δίνεται από την σχέση :

$$R^2_a = R^2 - \frac{P \times (1 - R^2)}{N - P - 1}$$

,όπου p είναι το πλήθος των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξίσωση και N ο αριθμός των περιπτώσεων στις οποίες βασίζεται η εξίσωση.

Ο έλεγχος της γραμμικής σχέσης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και όλων των ανεξαρτήτων μεταβλητών που εμφανίζονται στη εξίσωση γίνεται με την F δοκιμασία. Αν έστω i οι ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση, τότε ελέγχεται η υπόθεση ότι:

$$B_1 = B_2 = \dots = B_i = 0$$

Η ολική παρατηρηθείσα απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής, χωρίζεται σε δύο μέρη, σε αυτό που οφείλεται στην παλινδρόμηση και σε αυτό που δεν οφείλεται σε αυτή (σφάλμα). Αν οριστεί με Y_i η παρατηρηθείσα τιμή, με $\hat{Y}_i$ την προβλεπόμενη τιμή από την εξίσωση παλινδρόμησης, με $\bar{Y}$ την μέση τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, μπορεί να υπολογιστεί το ολικό άθροισμα τετραγώνων (total sum of squares) ως εξής:

$$\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2 + \sum_{i=1}^N (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

Ο πρώτος όρος του δεύτερου σκέλους της ισότητας ονομάζεται

απομένον άθροισμα τετραγώνων (residual sum of squares) και η δεύτερη ποσότητα είναι το άθροισμα τετραγώνων της παλινδρόμησης (regression sum of squares). Το μέσο τετράγωνο (mean square) για κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις προκύπτει με διαίρεση αυτών με τους εκάστοτε βαθμούς ελευθερίας (degrees of freedom) τους. Εάν οι υποθέσεις της Θεωρίας της παλινδρόμησης είναι σωστές, ο λόγος του μέσου τετραγώνου της παλινδρόμησης, προς το απομένων μέσο τετράγωνο κατανέμεται σύμφωνα με την F κατανομή με p και $(N-p-1)$ βαθμούς ελευθερίας. Ο ρόλος του F είναι να προσδιορίσει πόσο καλά το μοντέλο παλινδρόμησης προσαρμόζεται στα δεδομένα των μετρήσεων. Αν η πιθανότητα που συνδέεται με τον όρο F είναι πολύ μικρή, η αρχική υπόθεση μη γραμμικότητας του μοντέλου απορρίπτεται.

Η υπόθεση μη γραμμικότητας του μοντέλου μπορεί να εξεταστεί και με τον στατιστικό όρο t της κατανομής Student με $N-2$ βαθμούς ελευθερίας. Στην πραγματικότητα, οι δύο έλεγχοι είναι ακριβώς οι ίδιοι. Αυτή η δοκιμασία t ελέγχει την υπόθεση ότι ο συντελεστής κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής είναι ίσος με 0 ($B_i=0$).

Στη συνέχεια, δίνονται οι συντελεστές της παλινδρόμησης (B_i) για κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή που βρίσκεται στην εξίσωση, καθώς και το στατιστικό σφάλμα του καθενός ($SE B_i$)

Ο κάθε συντελεστής B αποτελεί την καλύτερη εκτίμηση για τον συνολικό πληθυσμό, αλλά σε καμία περίπτωση δεν τον περιγράφει ακριβώς. Αυτό που αναζητήθηκε, ήταν η τιμή αυτή να μην απέχει αρκετά από την πραγματικότητα. Με βάση τις εκτιμήσεις ενός δείγματος πληθυσμού, μπορεί να υπολογιστεί μια κλίμακα από τιμές, με καθορισμένη πιθανότητα, μέσα α την οποία να περιλαμβάνεται η πραγματική τιμή που αντιστοιχεί στον συνολικό πληθυσμό. Αυτή η κλίμακα ονομάζεται διάστημα εμπιστοσύνης (confidence interval). Τα διαστήματα εμπιστοσύνης, με πιθανότητα 95%, κάθε τιμής συντελεστή B που προέκυψε, παρουσιάζονται μαζί με τις εκτιμήσεις των B .

Παράλληλα, δίνονται οι τιμές των συντελεστών Beta ως δείκτες της σχετικής σημασίας των ανεξαρτήτων μεταβλητών. Η πραγματική σπουδαιότητα των συντελεστών βασίζεται στις μονάδες στις οποίες οι μεταβλητές μετριοούνται. Οι συντελεστές Beta αποτελούν ένα τρόπο να συγκριθούν οι συντελεστές παλινδρόμησης, όταν οι ανεξάρτητες μεταβλητές αντιστοιχούν σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Οι συντελεστές Beta μπορούν να υπολογιστούν απευθείας από τους συντελεστές παλινδρόμησης

σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{Beta}_k = B_k \times \left(\frac{\sigma_k}{\sigma_y} \right)$$

Όπου σ_k είναι η τυπική απόκλιση της K ανεξάρτητης μεταβλητής και σ_y η τυπική απόκλιση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Πρέπει να τονιστεί, ότι οι τιμές των συντελεστών Beta , όπως και αυτών των B , εξαρτούνται από τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές της εξίσωσης. Είναι επίσης επηρεασμένες από τις συσχετίσεις μεταξύ των ανεξαρτήτων μεταβλητών και σε καμία περίπτωση δεν αντικατοπτρίζουν την πραγματική σημασία των διάφορων ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαμόρφωση της ζητούμενης εξίσωσης για την πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας.

5. Εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής

Η εξίσωση που πραγματεύεται το παρόν κεφάλαιο συμβάλει στην πρόβλεψη της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης (Βασιλίσσης Σοφίας) έχοντας σαν κριτήρια, της πρόβλεψης, τον κυκλοφοριακό φόρτο της κύριας πρόσβασης (Πανεπιστημίου), του κόμβου.

Σαν εξαρτημένη μεταβλητή για την εξίσωση ορίστηκε, ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων ανά ώρα ΜΕΑ, που εισέρχονται από την δευτερεύουσα πρόσβαση (οδός Βασιλίσσης Σοφίας) στην κύρια πρόσβαση του κόμβου (οδός Πανεπιστημίου).

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές, που χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ήταν δύο. Η μία ήταν ο φόρτος των επιβατικών αυτοκινήτων στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου) και η άλλη ήταν ο φόρτος των λεωφορείων και τρόλεϊ στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου).

Παρακάτω αναλύονται οι λόγοι της επιλογής των συγκεκριμένων μεταβλητών

5.1 Επιλογή μεταβλητών

Ένα από τα βασικότερα και σημαντικότερα μέρη της παρούσης διπλωματικής εργασίας, ήταν η επιλογή των κατάλληλων μεταβλητών ώστε να γίνει πιο βαθιά και εύκολη η εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης.

Αρχικά έγινε η επιλογή των οχημάτων (ανεξάρτητων μεταβλητών της εξίσωσης), των οποίων η μέτρηση, θα οδηγήσει στην κατασκευή της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης. Μετά από ορισμένο αριθμό δοκιμαστικών μετρήσεων, σαν ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέχθηκαν δύο κατηγορίες οχημάτων. Τα επιβατικά αυτοκίνητα αποτελούσαν την μία ενώ την άλλη τα λεωφορεία και τρόλεϊ, της κύριας πάντα πρόσβασης. Τα δίκυκλα δεν αποτέλεσαν ανεξάρτητη μεταβλητή, γιατί ο

αριθμός τους στην δεξιά λωρίδα της κύριας πρόσβασης, ήταν αμελητέος και δεν μπορούσε σε καμία περίπτωση να επηρεάσει την υπό μελέτη κίνηση.

Στην συνέχεια έπρεπε να καθορισθεί το χρονικό “μέγεθος” των δειγμάτων, δηλαδή έπρεπε να προσδιοριστεί το χρονικό διάστημα στο οποίο θα γίνει η μέτρηση των κυκλοφοριακών φόρτων των δύο προσβάσεων του κόμβου. Το χρονικό αυτό διάστημα έπρεπε να επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνεται η φάση του σηματοδοτούμενου κόμβου, η οποία περιέγραφε την υπό μελέτη κίνηση και μπορούσε να μας βοηθήσει στην κατασκευή της εξίσωσης πρόβλεψης. Η υπό μελέτη κίνηση, όπως είχε αναφερθεί πιο πάνω, είναι η συμβολή της κύριας οδού με την δευτερεύουσα. Συνεπώς το χρονικό διάστημα το οποίο θα επιλεγεί έπρεπε να περιλαμβάνει ολόκληρη την “φάση” της συμβολής της δευτερεύουσας οδού στην κύρια. Για αυτό ακριβώς το λόγο επιλέχτηκε σαν καταλληλότερο το δείγμα των τριάντα (30) sec ,το οποίο και χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ωριαίων δειγμάτων.

Το βασικό πρόβλημα, που παρουσιάστηκε στην επεξεργασία των δειγμάτων ήταν οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής για το κάθε δείγμα, αφού αυτή έπρεπε να εκφρασθεί σε μονάδα επιβατικού οχήματος ανά ώρα ΜΕΑ. Αυτό σημαίνει ότι οι κατηγορίες οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης έπρεπε να αναχθούν στη κατηγορία των επιβατικών οχημάτων. Τις κατηγορίες αυτές της αποτελούν τα δίκυκλα, τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ.

Τα δίκυκλα όμως δεν συμπεριλαμβάνονται στην εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την διάρκεια της συμβολής της δευτερεύουσας με την κύρια πρόσβαση, η επίδραση των δικύκλων στην υπό μελέτη κίνηση είναι μηδαμινή έως αμελητέα. Γεγονός ,που οφείλεται κυρίως στην γεωμετρία της διασταύρωσης και στην “τάση” που παρουσιάζουν οι οδηγοί των δικύκλων να συγκεντρώνονται “πρώτοι” στο σημείο συμβολής των δύο οδών και να εισέρχονται στην κύρια οδό πολύ πριν ξεκινήσει η φάση της συμβολής των δύο κυκλοφοριακών ροών.

Η άλλη κατηγορία οχημάτων , τα τρόλεϊ και τα λεωφορεία, που αποτελούν σημαντικό μερίδιο της κυκλοφοριακής ροής της δευτερεύουσας πρόσβασης, έπρεπε να αναχθούν σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων (ΜΕΑ). Δηλαδή έπρεπε να προσδιοριστεί ο συντελεστής μετατροπής των οχημάτων αυτών σε ΜΕΑ, κάτι το οποίο δεν μπορούσε να γίνει από την υπάρχουσα βιβλιογραφία κυκλοφοριακής τεχνικής κυρίως λόγω της

ιδιομορφίας της περίπτωσης (στροφή οδού , συμβολή κυκλοφοριακών ροών κ.τ.λ).

Δηλαδή όπως γίνεται κατανοητό από τα παραπάνω έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος να τοποθετηθεί αυτή η κατηγορία οχημάτων μέσα στους υπολογισμούς της εξαρτημένης μεταβλητής χωρίς την εύρεση του συντελεστή μετατροπής σε ΜΕΑ. Για να επιτευχθεί αυτό ,δηλαδή να μην χρειαστεί να υπολογιστεί ο συντελεστής μετατροπής σε επιβατικά αυτοκίνητα με χρονοβόρες επιπλέον μετρήσεις και υπολογισμούς άλλων μεγεθών όπως ροής κορεσμού κ.τ.λ, έπρεπε να γίνει η κατάλληλη επιλογή δειγμάτων από το υπάρχον πληθυσμό.

Επιλέχτηκαν λοιπόν, εκείνα τα δείγματα από τον πληθυσμό μελέτης στα οποία δεν είχαμε κατά την διάρκεια των μετρήσεων εμφάνιση οχημάτων από την συγκεκριμένη κατηγορία. Δηλαδή επιλέξαμε δείγματα στα οποία δεν είχαμε την εμφάνιση τρόλεϊ και λεωφορείων στους υπολογισμούς της εξαρτημένης μεταβλητής. Άρα όλα τα μετρημένα οχήματα για τα συγκεκριμένα δείγματα ήταν επιβατικά αυτοκίνητα, οπότε έγινε πλέον εφικτή η αναγωγή της εξαρτημένης μεταβλητής σε επιβατικά αυτοκίνητα ανά ώρα ΜΕΑ.

Με βάση λοιπόν όλα τα παραπάνω έγινε η επιλογή του συνολικού πληθυσμού μελέτης.

5.2 Προκαταρκτική επεξεργασία των δειγμάτων του πληθυσμού μελέτης

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο τα δείγματα που επιλέχθηκαν, ήταν αυτά στα οποία δεν είχαμε την εμφάνιση τρόλεϊ και λεωφορείων στους υπολογισμούς της εξαρτημένης μεταβλητής. Άρα όλα τα μετρημένα οχήματα, της εξαρτημένης μεταβλητής, για τα συγκεκριμένα δείγματα ήταν επιβατικά αυτοκίνητα, οπότε έγινε πλέον εφικτή η αναγωγή της εξαρτημένης μεταβλητής σε επιβατικά αυτοκίνητα ανά ώρα ΜΕΑ (μονάδα επιβατικού αυτοκινήτου).

Στα πρώτα κεφάλαια έγινε αναφορά, για το ποιες ώρες της ημέρας ήταν κατάλληλες για την συλλογή στοιχείων. Με την βοήθεια προκαταρκτικών μετρήσεων κατά την διάρκεια της Εβδομάδας Οπότε σαν καταλληλότερες

θεωρήθηκαν οι ώρες της ημέρας, που αποτελούσαν το χρονικό διάστημα από της 11:00 π.μ. έως της 14:30 μ.μ.

Στην συνέχεια έγινε η μεταφορά των καταγραφέντων στοιχείων από το Psion Organizer 2, στον Η/Υ. Η μεταφορά αυτή προϋπόθετε την δημιουργία κατάλληλου προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού του Psion Organizer 2. Με βάση το συνοδευόμενο εγχειρίδιο προγραμματισμού [8], συντάχτηκε το κατάλληλο εκείνο πρόγραμμα που θα πραγματοποιούσε αυτή την μετάβαση των δεδομένων. Το πρόγραμμα αυτό, περιλαμβάνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Το λογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για να φιλοξενήσει τα στοιχεία των μετρήσεων, ήταν το γνωστό Microsoft Excel. Στη συνέχεια λόγω της φιλικότητας που παρουσίαζε το συγκεκριμένο λογιστικό φύλλο, η αρχική επεξεργασία έγινε στο ίδιο φύλλο και δίπλα από τα στοιχεία των μετρήσεων.

Η αρχική εμφάνιση του λογιστικού φύλλου του Excel μετά την μεταφορά των επί τόπου καταγραφών από Psion Organizer 2, παρουσιάζεται στον πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1 : Τιμές δεδομένων από μετρήσεις

P	WED	6	DEC	2000	14:19:48
P	WED	6	DEC	2000	14:19:50
P	WED	6	DEC	2000	14:19:52
P	WED	6	DEC	2000	14:19:54
P	WED	6	DEC	2000	14:19:57
B	WED	6	DEC	2000	14:19:57
D	WED	6	DEC	2000	14:19:59
B	WED	6	DEC	2000	14:20:00
P	WED	6	DEC	2000	14:20:01
D	WED	6	DEC	2000	14:20:02
B	WED	6	DEC	2000	14:20:03
B	WED	6	DEC	2000	14:20:05

Στην αριστερή στήλη εμφανίζεται το είδος του κουμπιού που πατήθηκε. Ακριβώς δίπλα, εμφανίζεται η ημερομηνία της επί τόπου μέτρησης, όπως και η ακριβής ώρα του συγκεκριμένου πατήματος. Ένα μέρος των παραπάνω μετρήσεων παρουσιάζεται στο παράρτημα Α στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Από την επεξεργασία των μετρήσεων, που έλαβαν χώρα κατά το επιλεγμένο χρονικό διάστημα έγινε ο διαχωρισμός του αρχικού πληθυσμού μελέτης. Δηλαδή επιλέχθηκαν τα δείγματα, από τις μετρήσεις, τα οποία δεν είχαν παρουσιάσει κάποιο πρόβλημα, οφειλόμενο στον τρόπο με τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις (ανθρώπινο λάθος, ύπαρξη τροχονόμου, συμφόρηση του συγκεκριμένου σημείου από εξωγενείς παράγοντες κ.λ.π). Τα δείγματα που επιλέχθηκαν όπως είχε αναφερθεί παραπάνω είχαν διάρκεια τριάντα δευτερολέπτων (30 sec) και για αυτό ήταν απαραίτητη η αναγωγή τους σε ωριαία δείγματα.

Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί ένας πίνακας, που περιλαμβάνει τα δείγματα του πληθυσμού μελέτης. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται ο αύξων αριθμός του κάθε δείγματος. Στις επόμενες δύο στήλες αναγράφονται τα οχήματα της βασιλίσσης Σοφίας, που αποτελεί και την δευτερεύουσα πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου. Στην πρώτη από τις δύο αναγράφονται τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ της δευτερεύουσας οδού (που σύμφωνα με τα όσα αναφέραμε ισούνται με μηδέν ενώ στην δεύτερη αναγράφονται τα επιβατικά οχήματα. Στις δύο τελευταίες στήλες αναγράφονται τα οχήματα της Πανεπιστημίου, που αποτελεί την κύρια πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου. Στην πρώτη από τις δύο αναγράφονται τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ της κύριας οδού ενώ στην δεύτερη αναγράφονται τα επιβατικά οχήματα.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 5,2 που περιλαμβάνει μία πρόχειρη επεξεργασία αυτών των δειγμάτων με την βοήθεια του Microsoft Excel.

Πίνακας 5.2:Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού

Α/α	Βασιλίσσης Σοφίας		Πανεπιστημίου	
	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά
1	0	840	240	240
2	0	360	240	600
3	0	120	120	840
4	0	240	120	960
5	0	720	120	480
6	0	360	0	720
7	0	360	240	720
8	0	360	240	600
9	0	600	0	480
10	0	600	0	720
11	0	360	360	480
12	0	360	120	720
13	0	600	120	600
14	0	480	0	840
15	0	600	240	240
16	0	840	120	240
17	0	480	120	480
18	0	840	240	240
19	0	480	120	720
20	0	840	240	120
21	0	720	240	240
22	0	240	0	840
23	0	720	0	480
24	0	480	120	720
25	0	720	120	240
26	0	480	240	480
27	0	720	120	240

Πίνακας 5.3:ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

	Βασιλίσσης Σοφίας		Πανεπιστημίου	
	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά
Άθροισμα	0	14520	3840	14280
Μέσος όρος	0	537,7778	142,2222	528,8889
Μέγιστο	0	840	360	960
Ελάχιστο	0	120	0	120
Εύρος	0	720	360	840

Ακολουθεί η επεξεργασία των παραπάνω δειγμάτων με το πρόγραμμα SPSS και η κατασκευή της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης, με την μέθοδο Enter.

5.3 Στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων

Τα παραπάνω δείγματα ,που αποτελούν τον αρχικό πληθυσμό μελέτης τα επεξεργαστήκαμε στην συνέχεια με το πρόγραμμα SPSS.

Με την βοήθεια του SPSS έγινε εφικτός ο διαχωρισμός των δειγμάτων με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερη τιμή (να πλησιάσει την τιμή της μονάδας 1), του συντελεστή προσδιορισμού R^2 .

Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των παραπάνω δειγμάτων για την κατασκευή της εξίσωσης παλινδρόμησης δοκιμάστηκαν και διάφορες άλλες μορφές των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτές ήταν, οι τιμές του πίνακα 5.2 υψωμένες στο τετράγωνο και οι τετραγωνικές ρίζες των τιμών του ίδιου πίνακα. Αυτές οι τιμές δοκιμάστηκαν σε διάφορους συνδυασμούς και τελικά τα καλύτερα αποτελέσματα δόθηκαν από την μορφή των δεδομένων όπως φαίνονται στον πίνακα 5.2.

Τα τελικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή την ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης του SPSS, αναλύονται στους πίνακες που ακολουθούν:

Ο πίνακας 5.4 παρουσιάζει την γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της εξίσωσης παλινδρόμησης. Στον πίνακα αυτόν αναγράφονται οι συσχετίσεις όλων των ζευγαριών των μεταβλητών της πολλαπλής παλινδρόμησης. Το SPSS έχει την δυνατότητα να υπολογίσει τις συσχετίσεις ξεχωριστά για το όλα τα ζευγάρια των μεταβλητών, χρησιμοποιώντας όλες τις υποθέσεις που μπορεί να έχουν οι δύο μεταβλητές του κάθε ζευγαριού

Πίνακας 5.4: Συσχετίσεις (Correlations)

	Επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας	Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου
Επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας	1,000	0,096	-0,838
Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	0,096	1,000	-0,442
Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου	-0,838	-0,442	1,000

Ο πίνακας 5.5 που ακολουθεί περιλαμβάνει τις τιμές που προκύπτουν για το R και το R^2 , καθώς και το προσαρμοσμένο R^2 . Το R για τα πρότυπα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι η συσχέτιση ανάμεσα στην παρατηρηθείσα και την προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Το R^2 είναι το τετράγωνο αυτής της συσχέτισης. Το σφάλμα της πρόβλεψης είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του τετραγώνου του υπολοίπου της ανάλυσης της διακύμανσης του πίνακα 5.6 και υπολογίζει την διασπορά των υπολοίπων στο πρότυπο γραμμικότητας.

Πίνακας 5.5: Στατιστικά στοιχεία Προτύπου

R	R^2	προσαρμοσμένο R^2	σφάλμα της πρόβλεψης
0,892	0,795	0,778	97,1685

a Ανεξάρτητες μεταβλητές: Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου, Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου

b Εξαρτημένη μεταβλητή : Επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας

Στον επόμενο πίνακα 5.6 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διακύμανσης. Η τιμή του F είναι ιδιαίτερα σημαντική στο κατά πόσο οι δύο ανεξάρτητες μεταβλητές συμβάλουν στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (όσο μεγαλύτερο το F τόσο μεγαλύτερη η συμβολή). Επίσης ο παράγοντας

Sig έχει σχέση με την γραμμικότητα του μοντέλου (όταν $Sig < 0,0005$ η γραμμικότητα του μοντέλου είναι μεγάλη)

Πίνακας 5.6: Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)

	Άθροισμα Τετραγώνων	df	Μέση τιμή του τετραγώνου	F	Sig.
Γραμμικότητα	878465,255	2	439232,628	46,520	0,001
Υπόλοιπο	226601,411	24	9441,725		
Σύνολο	1105066,667	26			

a Ανεξάρτητες μεταβλητές: Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου, Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου

b Εξαρτημένη μεταβλητή : Επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας

Τέλος στο παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι τιμές των όρων της εξίσωσης γραμμικής παλινδρόμησης που διαμορφώθηκε.

Πίνακας 5.7: Μεταβλητές μέσα στην εξίσωση (Coefficients)

	Μη κανονικοποιημένοι Συντελεστές		Κανονικοποιημένοι Συντελεστές	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Σταθερός όρος	1089,810	68,889		15,820	0,001
Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	-0,702	0,212	-0,341	-3,305	0,003
Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου	-0,855	0,089	-0,988	-9,589	0,001

Οπότε η εξίσωση, που προκύπτει έχει την παρακάτω μορφή:

Κυκλοφοριακή ικανότητα του ελιγμού συμβολής (Βασιλίσσης Σοφίας) =

$$1089,810 - 0,702 \times (\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Πανεπιστημίου}) - 0,855 \times (\text{Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου})$$

5.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

5.4.1 Προσαρμογή των Προτύπων

Ο δείκτης προσαρμογής του μοντέλου, δηλαδή ο δείκτης R^2 , προέκυψε αρκετά μεγάλος και κοντά στην μονάδα, πράγμα που υποδηλώνει πως και η εξίσωση που προέκυψε, από την χρήση του SPSS και της μεθόδου Enter, περιγράφει σε αρκετά μεγάλο βαθμό τα δεδομένα των μετρήσεων. Παράλληλα, παρατηρώντας τις τιμές του προσαρμοσμένου (adjusted) R^2 φαίνεται πως το μοντέλο περιγράφει ικανοποιητικά και τον συνολικό πληθυσμό από τον οποίο προήλθαν τα δεδομένα των επί τόπου μετρήσεων.

5.4.2 Υπόθεση γραμμικότητας του Προτύπου

Με την διαδικασία ανάλυσης της διακύμανσης, για την κατασκευή της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας δευτερεύουσας πρόσβασης σε σηματοδοτούμενο κόμβο, προέκυψε πως η πιθανότητα γραμμικότητας του μοντέλου είναι πολύ μεγάλη. Το γεγονός αυτό συμβαίνει καθώς τα αντίστοιχα επίπεδα σημαντικότητας, που αναφέρονται στην υπόθεση γραμμικότητας του μοντέλου, προέκυψαν αρκετά μικρά (μικρότερα του 0,05). Συγκεκριμένα στην περίπτωση αυτή προέκυψε επίπεδο σημαντικότητας 0,001. Άρα είναι φανερό ότι οι μεταβλητές είχαν γραμμική σχέση μεταξύ τους.

5.5 Φυσική ερμηνεία της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η εξίσωση που τελικά προέκυψε ήταν η εξής:

Κυκλοφοριακή ικανότητα ελιγμού συμβολής (Βασιλίσσης Σοφίας) =

$$1089,810 - 0,702 \times (\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Πανεπιστημίου}) - 0,855 \times (\text{Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου})$$

Από την θεώρηση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων πινάκων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η πρώτη εκτίμηση της επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη μεταβλητή, προκύπτει από τον πίνακα των συσχετίσεων (correlations). Παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη συσχέτιση με τα επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας την έχει, η μεταβλητή λεωφορεία και Τρόλεϊ Πανεπιστημίου (0,096), ενώ ακολουθεί η μεταβλητή Επιβατικά Οχήματα Πανεπιστημίου (-0,833),.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί, ότι οι συντελεστές Beta στην πραγματικότητα είναι οι ίδιες οι συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη μεταβλητή. Αυτό συμβαίνει καθώς δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ανεξαρτήτων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν την κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης.

- Όσον αφορά στην σημαντικότητα των μεταβλητών, φαίνεται ότι και οι δύο μεταβλητές τόσο τα λεωφορεία και τα Τρόλεϊ της Πανεπιστημίου όσο και τα επιβατικά αυτοκίνητα είναι το ίδιο σημαντικοί παράγοντες. Αυτό το γεγονός παρουσιάζεται στον πίνακα των μεταβλητών μέσα στην εξίσωση πίνακας 5.6

Δηλαδή, το μέγεθος της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης του κόμβου, της Βασιλίσσης Σοφίας, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον φόρτο τόσο των λεωφορείων και Τρόλεϊ της κυκλοφορίας της Πανεπιστημίου όσο και από το φόρτο των επιβατικών οχημάτων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο φόρτος των οχημάτων της Πανεπιστημίου τόσο μικρότερη είναι και η κυκλοφοριακή ικανότητα της Βασιλίσσης Σοφίας (δευτερεύουσα πρόσβαση).

Ειδικότερα η αύξηση του φόρτου των οχημάτων στην Πανεπιστημίου έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού της οδού καθώς και την αύξηση του φαινομένου της συμφόρησης στην πρόσβαση. Όλα τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα την μικρότερη εισροή οχημάτων, στην κύρια οδό από την δευτερεύουσα πρόσβαση με τελικό αποτέλεσμα την μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης και την δημιουργία φαινομένων συμφόρησης.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως τα επιβατικά οχήματα της Πανεπιστημίου επιβαρύνουν περισσότερο την κυκλοφοριακή ικανότητα αλλά όχι σε ιδιαίτερα μεγαλύτερο βαθμό από τα λεωφορεία. Αυτό οφείλεται στο ότι οι οδηγοί των οχημάτων στην δευτερεύουσα πρόσβαση έχουν να εκμεταλλευτούν μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς στην περίπτωση που στην κύρια πρόσβαση κυκλοφορούν βαρέα οχήματα..

- Ο σταθερός όρος της εξίσωσης εκφράζει το κομμάτι της εξαρτημένης μεταβλητής που δεν μπορεί να εξηγηθεί από της υπάρχοντες ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση. Το επίπεδο σημαντικότητας του ($\text{sign.}F=0,0001$) εκτιμήθηκε αρκετά μεγάλο, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι υπάρχουσες ανεξάρτητες μεταβλητές στην εξίσωση παλινδρόμησης περιγράφουν ικανοποιητικά την κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης του κόμβου.

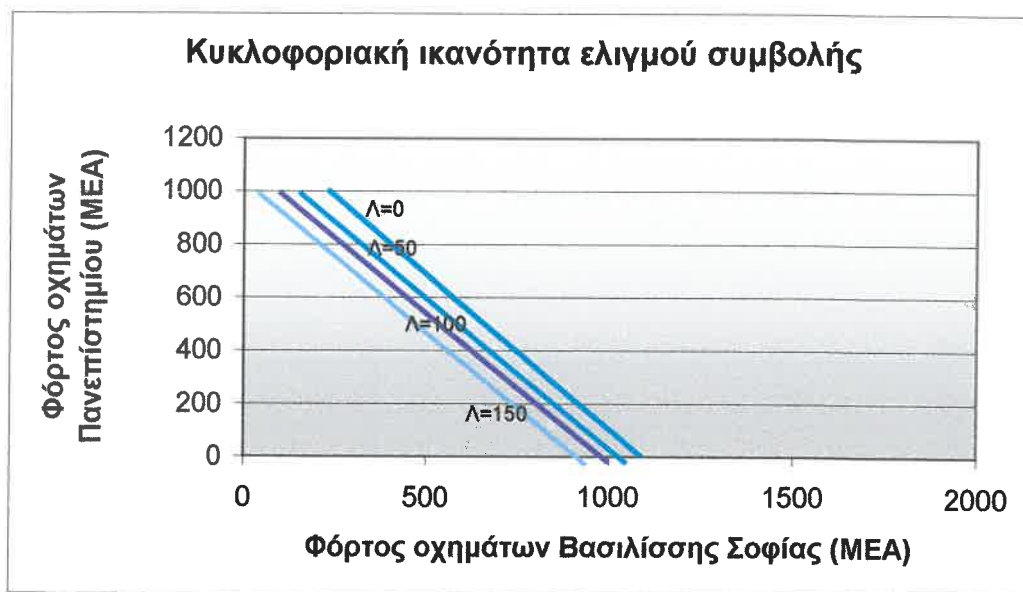
5.6 Διαμόρφωση γραφήματος επιλογής εγκατάστασης σηματοδότησης δεξιάς στροφής σε κόμβο τύπου T.

Η χρήση του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο, σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση αντικαθιστά όπως είναι λογικό την καθιερωμένη σηματοδότηση με την κόκκινη και πράσινη φάση του σηματοδότη. Το ερώτημα που προκύπτει από αυτή την αντικατάσταση είναι αν τελικά υπάρχουν οφέλη για την στάθμη εξυπηρέτησης του υπό μελέτη κόμβου.

Με βάση την εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής που διαμορφώθηκε παραπάνω και χρησιμοποιώντας την θεωρία [3] γίνεται δυνατή η διαμόρφωση ενός γραφήματος το οποίο θα δώσει την δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε φάση με παλλόμενο κίτρινο ή χρησιμοποίηση στον ίδιο κόμβο σηματοδότη με κόκκινη και πράσινη φάση.

Για διάφορες τιμές των επιβατικών οχημάτων και των λεωφορείων (για $\Lambda=0,50,100,150$) της Πανεπιστημίου και με την χρήση της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας προκύπτει το γράφημα του σχήματος 5.1:

Σχήμα 5.1: Γράφημα της κυκλοφοριακής ικανότητας ελιγμού συμβολής



Με βάση την θεωρία (Highway Capacity Manual κεφάλαιο 9) γίνεται η διαμόρφωση του γραφήματος της κυκλοφοριακής ικανότητας της προστατευόμενης δεξιάς στροφής για διαφορετικούς ενεργούς χρόνους πρασίνου. Αρχικά υπολογίζουμε την ροή κορεσμού της προστατευόμενης δεξιάς στροφής.

Ροή κορεσμού προστατευόμενης δεξιάς στροφής = $2000 \cdot 0,85 \cdot 0,90 = 1530$

Στην παραπάνω σχέση :

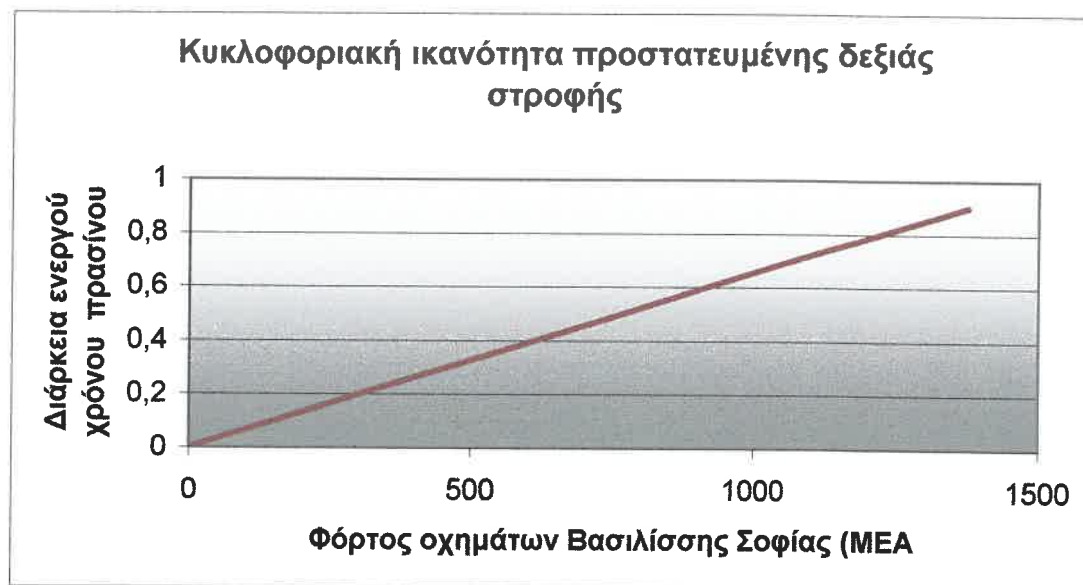
2000 = ιδανική ροή κορεσμού ανά λωρίδα

0,85 = ο συντελεστής προσαρμογής για την δεξιά στρόφη

0,90 = ο συντελεστής προσαρμογής για το περιβάλλον και τον και το τύπο της οδού (για προαστιακή)

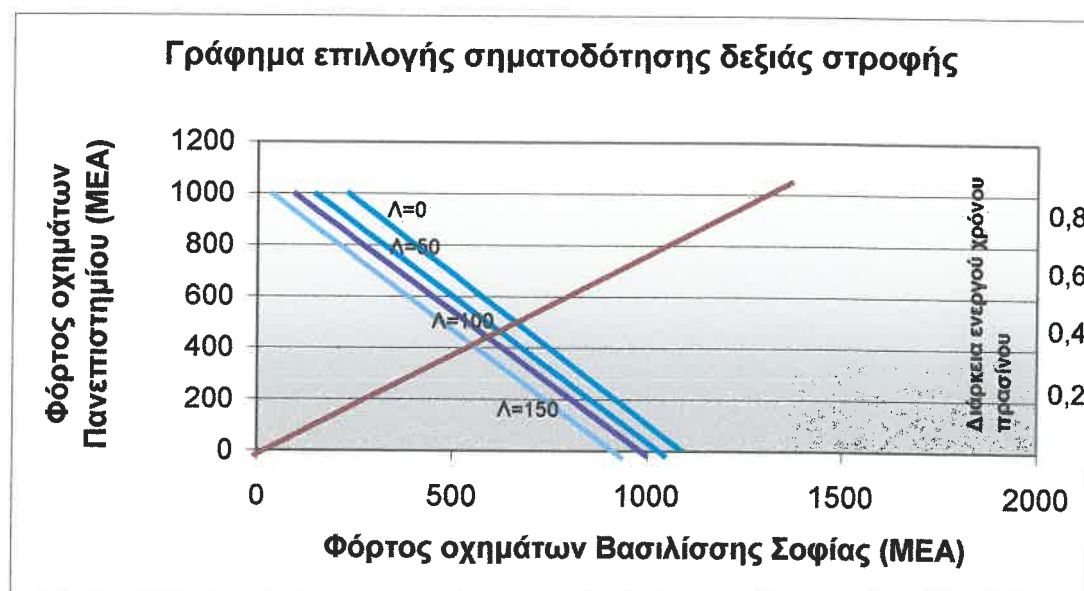
Οπότε γνωρίζοντας την θεωρητική τιμή κορεσμού της προστατευόμενης δεξιάς στροφής προκύπτει το γράφημα του σχήματος 5.2 :

Σχήμα 5.2: Γράφημα της κυκλοφοριακής ικανότητας προστατευόμενης δεξιάς στροφής



Ο συνδυασμός των παραπάνω γραφημάτων οδηγεί στην διαμόρφωση του ζητούμενου γραφήματος το οποίο θα δώσει την δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στους δύο τρόπους σηματοδότησης, για την δεξιά στροφή σε έναν κόμβο τύπου T.

Σχήμα 5.3: Γράφημα επιλογής σηματοδότησης δεξιάς στροφής



Από το γράφημα του σχήματος 5.3 γίνεται μία προσέγγιση του τρόπου επιλογής σηματοδότησης σε κόμβους τύπου T. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το ακόλουθο παράδειγμα επιλογής σηματοδότησης. Όταν δεν υπάρχει κυκλοφορία λεωφορείων και τρόλεϊ στην Πανεπιστημίου ($\Lambda=0$) τότε σε κόμβους που ο χρόνος πρασίνου για την δεξιά στροφή είναι μικρότερος από το 0,45 της συνολικής φάσης του σηματοδότη είναι προτιμότερη η επιλογή του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο, για τον υπό μελέτη κόμβο με βάση το σχήμα 5.3.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί πως πριν χρησιμοποιηθεί κάποιος από τους δύο τρόπους σηματοδότησης σε κόμβους τύπου T, θα πρέπει στον υπό μελέτη κόμβο να επικρατούν κυκλοφοριακές συνθήκες οι οποίες δικαιολογούν την εγκατάσταση ενός ορισμένου συστήματος σηματοδότησης. Το γράφημα του σχήματος 5.3 σε συνδυασμό με τις προϋποθέσεις σηματοδότησης μας δίνει μία προσέγγιση του τρόπου επιλογής σηματοδότησης σε κόμβους τύπου T.

5.7 Συμπεράσματα από την εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας

Από την εξίσωση η οποία κατασκευάστηκε με την διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης, μπορούν να προκύψουν κάποια συμπεράσματα για την κυκλοφοριακή ικανότητα δευτερεύουσας πρόσβασης σε σηματοδοτούμενο κόμβο, όταν ο σηματοδότης έχει κατά την διάρκεια του υπό μελέτη ελιγμού παλλόμενο κίτρινο.

Το αρχικό συμπέρασμα που προκύπτει, είναι ότι όσο μεγαλύτερη είναι η κυκλοφορία στην κύρια οδό και παρουσιάζει το φαινόμενο της συμφόρησης, τόσο μικρότερη είναι και η κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης. Αυτό συμβαίνει, γιατί μικραίνουν σημαντικά οι χρονικοί διαχωρισμοί με αποτέλεσμα την μείωση της εισροής οχημάτων από την Βασιλίσσης Σοφίας στην Πανεπιστημίου.

Ειδικότερα από την ανάλυση της παλινδρόμησης προκύπτει το συμπέρασμα ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας πρόσβασης επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τον φόρτο των επιβατικών όσο και από το

φόρτο των βαρέων οχημάτων (λεωφορεία / τρόλεϊ) της κύριας πρόσβασης. Υπάρχει ένα μικρό προβάδισμα στην επιρροή των επιβατικών οχημάτων. Αυτό ίσως συμβαίνει γιατί η αύξηση του φόρτου των βαρέων οχημάτων στην Πανεπιστημίου έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού της οδού οπότε οι οδηγοί των οχημάτων στην δευτερεύουσα πρόσβαση δέχονται μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς στην περίπτωση που στην κύρια πρόσβαση κυκλοφορούν βαρέα οχήματα.

Αντίθετα με την αύξηση των επιβατικών οχημάτων έχουμε μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς με αποτέλεσμα την μικρότερη εισροή οχημάτων, στην κύρια οδό από την δευτερεύουσα πρόσβαση και τελική συνέπεια την μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης και την δημιουργία φαινομένων συμφόρησης στην δευτερεύουσα πρόσβαση.

Από την ανάλυση της κατασκευασμένης εξίσωσης γίνεται φανερό πως ο φόρτος των οχημάτων ο οποίος διοχετεύεται στην Πανεπιστημίου, υπό κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας στον κόμβο (όταν δεν παρουσιάζονται φαινόμενα συμφόρησης και η κυκλοφορία και στις δύο προσβάσεις είναι συνεχόμενη χωρίς καθυστερήσεις), είναι σημαντικός. Δηλαδή, η υπό μελέτη δεξιά στροφή από την Βασιλίσσης Σοφίας στην Πανεπιστημίου συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της στάθμης εξυπηρέτησης του υπό μελέτη. Και ειδικότερα στην διευκόλυνση της κυκλοφορίας στην οδό της Βασιλίσσης Σοφίας με την παροχή αποκλειστικής λωρίδας για την δεξιά στροφή υπό την κίτρινη ένδειξη του σηματοδότη. Αυτό συμβαίνει γιατί ο αριθμός των οχημάτων που στρίβουν δεξιά είναι σημαντικός, ίσως και μεγαλύτερος από τον αριθμό των οχημάτων που διασχίζουν τον κόμβο και κατευθύνονται προς την πλατεία Συντάγματος.

Τέλος πρέπει να γίνει αναφορά και στα τρόλεϊ και τα λεωφορεία της δευτερεύουσας πρόσβασης τα οποία συντελούν σε σημαντικό βαθμό στην διαμόρφωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης.

Η μετατροπή σε επιβατικά αυτοκίνητα (ΜΕΑ) δεν μπορούσε να γίνει με βάση την θεωρία, δηλαδή με επιλογή του κατάλληλου συντελεστή μετατροπής από τα υπάρχοντα βιβλία κυκλοφοριακής τεχνικής. Αυτό δεν ήταν εφικτό κυρίως λόγω της γεωμετρίας της οδού και την ύπαρξη στροφής πριν από την συμβολή των δύο οδών. Δηλαδή θα έπρεπε να προσδιορισθεί ο συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και των τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης σε μονάδες επιβατικού οχήματος ανά ώρα ΜΕΑ. Οπότε έπρεπε να υπολογισθεί ένας συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της

οδού Βασιλίσσης Σοφίας σε επιβατικά οχήματα. Αντί αυτού προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθούν τα δείγματα τα οποία είχαν μετρήσει μόνο επιβατικών οχημάτων. Όμως τα βαρέα οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης και σημαντικό κομμάτι του φόρτου αυτής αποτελούν και προσδιορίζουν σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο λειτουργίας του υπό μελέτη κόμβου. Για αυτό το λόγο στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια διαμόρφωσης εξίσωσης γραμμικής παλινδρόμησης την οποία θα προκύπτει η τιμή του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων σε επιβατικά οχήματα και θα περιγράφεται όσο το δυνατόν καλύτερα η λειτουργία του υπό μελέτη κόμβου.

**6. Εξίσωση προσδιορισμού του
συντελεστή μετατροπής των οχημάτων του
ελιγμού συμβολής σε ΜΕΑ**

Η εξίσωση που πραγματεύεται το παρόν κεφάλαιο συμβάλει στην πρόβλεψη του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων (Λεωφορεία και Τρόλεϊ) της δευτερεύουσας πρόσβασης (Βασιλίσσης Σοφίας) σε μονάδες επιβατικών οχημάτων ΜΕΑ έχοντας σαν κριτήρια, αυτής της πρόβλεψης, τον κυκλοφοριακό φόρτο της κύριας πρόσβασης (Πανεπιστημίου), του κόμβου.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή της εξίσωσης θεωρείται ο υπολογισμένος για το κάθε δείγμα συντελεστής μετατροπής των βαρέων οχημάτων (Λεωφορεία και Τρόλεϊ) της δευτερεύουσας πρόσβασης (Βασιλίσσης Σοφίας), σε μονάδες επιβατικών οχημάτων ΜΕΑ.

Για την εύρεση της εξαρτημένης μεταβλητής της εξίσωσης για το κάθε δείγμα, χρειάστηκε ένας επιπλέον υπολογισμός ο οποίος αναφέρεται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές, που χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης ήταν βασικά δύο. Η μία ήταν ο φόρτος των επιβατικών αυτοκινήτων στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου) και η άλλη ήταν ο φόρτος των λεωφορείων και τρόλεϊ στην κύρια πρόσβαση (Πανεπιστημίου).

6.1 Επιλογή μεταβλητών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ένα από τα βασικότερα και σημαντικότερα μέρη της παρούσης διπλωματικής εργασίας, ήταν η επιλογή των κατάλληλων δειγμάτων ώστε να γίνει πιο βαθιά και εύκολη η εφαρμογή της μεθόδου της γραμμικής παλινδρόμησης.

Αρχικά έγινε η επιλογή των οχημάτων (ανεξάρτητων μεταβλητών της εξίσωσης), των οποίων η μέτρηση, θα μας οδηγούσε στην κατασκευή της εξίσωσης πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων δευτερεύουσας πρόσβασης σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων ΜΕΑ. Μετά

από ορισμένο αριθμό δοκιμαστικών μετρήσεων, σαν ανεξάρτητες μεταβλητές επιλέχθηκαν δύο κατηγορίες οχημάτων. Τα επιβατικά αυτοκίνητα αποτελούσαν την μία ενώ την άλλη τα λεωφορεία και τρόλεϊ, της κύριας πάντα πρόσβασης. Τα δίκυκλα δεν αποτέλεσαν ανεξάρτητη μεταβλητή, γιατί ο αριθμός τους στην δεξιά λωρίδα της κύριας πρόσβασης, ήταν αμελητέος και δεν μπορούσε σε καμία περίπτωση να επηρεάσει την υπό μελέτη κίνηση.

Στην συνέχεια όπως είχε αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο καθορίστηκε η διάρκεια των δειγμάτων, δηλαδή έπρεπε να προσδιοριστεί το χρονικό διάστημα στο οποίο θα μετράγαμε τους κυκλοφοριακούς φόρτους των δύο προσβάσεων του κόμβου. Το χρονικό αυτό διάστημα έπρεπε να επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνεται η φάση του σηματοδοτούμενου κόμβου, η οποία περιέγραφε την υπό μελέτη κίνηση. Η υπό μελέτη κίνηση, όπως είχε αναφερθεί πιο πάνω, είναι η συμβολή της κύριας πρόσβασης με την δευτερεύουσα. Συνεπώς το χρονικό διάστημα έπρεπε να περιλαμβάνει ολόκληρη την "φάση" της συμβολής της δευτερεύουσας πρόσβασης στην κύρια. Για αυτό ακριβώς το λόγο επιλέχτηκε σαν καταλληλότερο το δείγμα των τριάντα (30) sec ,το οποίο και χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή των ωριαίων δειγμάτων.

Αυτό στο οποίο έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή κατά την επιλογή των δειγμάτων, ήταν οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής για το κάθε δείγμα. Την μεταβλητή αυτή αποτέλεσε για την συγκεκριμένη εξίσωση ο συντελεστής μετατροπής των βαρέων οχημάτων, λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων ΜΕΑ για το κάθε δείγμα. Όπως είναι εύλογο, προκύπτει το ερώτημα με ποιο τρόπο υπολογίσαμε τον συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων ΜΕΑ για το κάθε δείγμα. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση που διαμορφώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Δηλαδή χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης η οποία χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας οδού.

Η εξίσωση του προηγούμενου κεφαλαίου προκειμένου να βοηθήσει στον υπολογισμό του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων σε μονάδες επιβατικού αυτοκινήτου, μετασχηματίστηκε στην εξίσωση που ακολουθεί:

Επιβατικά οχήματα βασιλίσσης Σοφίας + $\alpha \times$ Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Βασ. Σοφίας =

$$1089,810-0,702 \times (\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Πανεπιστημίου}) - 0,855 \times (\text{Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου})$$

Προστέθηκε λοιπόν όπως γίνεται φανερό ο όρος:

$$\alpha \times \text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Βασιλίσσης Σοφίας}$$

Ο όρος αυτός εκφράζει των αριθμό των μονάδων επιβατικών αυτοκινήτων, που αποτελούν τα βαρέως κινούμενα οχήματα της δευτερεύουσας πρόσβασης στον κόμβο.

Αυτό ,που έπρεπε να υπολογιστεί, όπως γίνεται φανερό από την μετασχηματισμένη εξίσωση, για το κάθε δείγμα του πληθυσμού μελέτης χωριστά, είναι ο συντελεστής α ο οποίος υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\alpha =$$

$$\frac{1089,810-0,702 \times (\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Πανεπιστημίου}) - 0,855 \times (\text{Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου}) - \text{Επιβατικά οχήματα Βασιλίσσης Σοφίας}}{\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Βασιλίσσης Σοφίας}}$$

$$\text{Λεωφορεία/ Τρόλεϊ Βασιλίσσης Σοφίας}$$

Ο συντελεστής α , που υπολογίστηκε για το κάθε δείγμα από τον προηγούμενο τύπο, αποτελεί την εξαρτημένη μεταβλητή της εξίσωσης πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων.

Τα δίκυκλα όμως δεν υπεισέρχονται στην κατασκευή της εξίσωσης παλινδρόμησης. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την διάρκεια της συμβολής της δευτερεύουσας με την κύρια πρόσβαση, η επίδραση των δίκυκλων στην υπό μελέτη κίνηση είναι μηδαμινή έως αμελητέα. Γεγονός ,που οφείλεται κυρίως στην γεωμετρία της διασταύρωσης και στην "τάση" που παρουσιάζουν οι οδηγοί των δίκυκλων να συγκεντρώνονται "πρώτοι" στο σημείο συμβολής

των δύο οδών και να εισέρχονται στην κύρια οδό πολύ πριν ξεκινήσει η φάση της συμβολής των δύο κυκλοφοριακών ροών.

6.2 Προκαταρκτική επεξεργασία των δειγμάτων του πληθυσμού μελέτης

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο τα δείγματα που επιλέχθηκαν, ήταν αυτά στα οποία υπήρχαν τρόλεϊ και λεωφορεία κατά την διάρκεια της συμβολής των δύο προσβάσεων του κόμβου. Στη συνέχεια έγινε με τον τρόπο που αναφέρθηκε ο υπολογισμός του συντελεστή μετατροπής για το κάθε δείγμα.

Στην συνέχεια έγινε η μεταφορά των καταγραφέντων στοιχείων από το Psion Organizer 2, στον Η/Υ. Η μεταφορά αυτή προϋπόθετε την δημιουργία κατάλληλου προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού του Psion Organizer 2. Με βάση το συνοδευόμενο εγχειρίδιο προγραμματισμού [7,8], συντάχτηκε το κατάλληλο εκείνο πρόγραμμα που θα πραγματοποιούσε αυτή την μετάβαση των δεδομένων. Το πρόγραμμα αυτό, περιλαμβάνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Το λογιστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για να φιλοξενήσει τα στοιχεία των μετρήσεων, ήταν το γνωστό Microsoft Excel. Στη συνέχεια λόγω της φιλικότητας που παρουσίαζε το συγκεκριμένο λογιστικό φύλλο, η αρχική επεξεργασία έγινε στο ίδιο φύλλο και δίπλα από τα στοιχεία των μετρήσεων. Η αρχική εμφάνιση του λογιστικού φύλλου ήταν ακριβώς η ίδια με αυτή για την εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του προηγούμενου κεφαλαίου. Ένα μέρος των μετρήσεων παρουσιάζεται στο παράρτημα Α στο τέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Με βάση τα παραπάνω ακολουθεί ο πίνακας 6.1, που περιλαμβάνει τα αρχικά δείγματα του πληθυσμού μελέτης. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται ο αύξων αριθμός του κάθε δείγματος. Στις επόμενες δύο στήλες αναγράφονται τα οχήματα της βασιλίσσης Σοφίας, που αποτελεί και την δευτερεύουσα πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου. Στην πρώτη από τις δύο αναγράφονται τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ της δευτερεύουσας οδού, ενώ στην δεύτερη αναγράφονται τα επιβατικά οχήματα. Στις δύο τελευταίες στήλες αναγράφονται τα οχήματα της Πανεπιστημίου, που αποτελεί την κύρια

πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου. Στην πρώτη από τις δύο αναγράφονται τα λεωφορεία και τα τρόλεϊ της κύριας οδού ενώ στην δεύτερη αναγράφονται τα επιβατικά οχήματα.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας 6.2 που περιλαμβάνει μία πρόχειρη επεξεργασία αυτών των δειγμάτων με την βοήθεια του Microsoft Excel.

Πίνακας 6.1:Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού

Α/α	Βασιλίσσης Σοφίας		Πανεπιστημίου	
	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά
1	360	0	360	0
2	240	240	120	360
3	240	720	120	0
4	120	240	0	720
5	120	360	0	720
6	120	480	120	480
7	120	360	480	120
8	240	240	120	360
9	240	0	240	360
10	120	600	120	240
11	240	0	240	360
12	120	360	360	360
13	240	240	0	720
14	120	480	120	480

Πίνακας 6.2:Στατιστική επεξεργασία

	Βασιλίσσης Σοφίας		Πανεπιστημίου	
	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	2640	4320	2400	5280
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	188,5714	308,5714	171,4286	377,1429
ΜΕΓΙΣΤΟ	360	720	480	720
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	120	0	0	0
ΕΥΡΟΣ	240	720	480	720

Τα παραπάνω δείγματα, που αποτελούν τον αρχικό πληθυσμό μελέτης έπρεπε να τα μετατραπούν με τον τρόπο που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο και στην συνέχεια να τα επεξεργαστούν με το πρόγραμμα SPSS, χρησιμοποιώντας την μέθοδο Enter.

Δηλαδή πρέπει να υπολογιστεί ο συντελεστής μετατροπής των Βαρέων οχημάτων (α) της δευτερεύουσας πρόσβασης, για το καθένα από τα δείγματα τα οποία αναγράφονται στον παραπάνω πίνακα. Οπότε με την χρήση της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης, που υπολογίστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίστηκε ο συντελεστής (α) για το κάθε δείγμα. Ο υπολογισμός αυτός έγινε εφικτός χρησιμοποιώντας την μετατροπή της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας, η οποία αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο.

Έτσι προκύπτει ο πίνακας 6.3 ο οποίος και αποτελεί την μορφή του πληθυσμού μελέτης, την οποία θα επεξεργαστούμε με την βοήθεια του SPSS και θα κατασκευάσουμε την εξίσωση παλινδρόμησης. Αυτή η εξίσωση θα μας δώσει την δυνατότητα της πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης σε μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων ΜΕΑ.

Στον πίνακα 6.3 στην πρώτη στήλη αναγράφεται, ο αύξων αριθμός του κάθε δείγματος στην δεύτερη στήλη ο συντελεστής μετατροπής των βαρέων οχημάτων της Βασιλίσσης Σοφίας για το κάθε δείγμα χωριστά, όπως υπολογίστηκε με βάση τα παραπάνω χρησιμοποιώντας της εξίσωση που διαμορφώθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και στις δύο επόμενες στήλες αναγράφονται τα οχήματα της κύριας πρόσβασης του κόμβου της Πανεπιστημίου, στην πρώτη τα βαρέως κινούμενα οχήματα Λεωφορεία και Τρόλεϊ και στην δεύτερη τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Μετά ακολουθεί ο πίνακας 6.4 με μία πρόχειρη στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων με την βοήθεια του Microsoft Excel.

Πίνακας 6.3: Στοιχεία Ωριαίων δειγμάτων πληθυσμού

Συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας				Πανεπιστημίου
A/α	A	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά	
1	2,33	360	0	
2	1,91	120	360	
3	1,19	120	0	
4	1,95	0	720	
5	0,95	0	720	
6	0,96	120	480	
7	2,42	480	120	
8	1,91	120	360	
9	2,56	240	360	
10	1,67	120	240	
11	1,91	240	360	
12	1,41	360	360	
13	0,98	0	720	
14	0,96	120	480	

Πίνακας 6.4: Στατιστική επεξεργασία

Συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας				Πανεπιστημίου	
	A	Λεωφορεία / Τρόλεϊ	Επιβατικά		
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	23,11	2400	5280		
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	1,650714	171,4286	377,1429		
ΜΕΓΙΣΤΟ	2,56	480	720		
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,95	0	0		
ΕΥΡΟΣ	1,61	480	720		

Τα παραπάνω δείγματα, επεξεργάστηκαν στην συνέχεια με το πρόγραμμα SPSS και διαμορφώθηκαν οι πίνακες για την γραμμική παλινδρόμηση όπως και στο κεφάλαιο 5 για την κυκλοφοριακή ικανότητα.

6.3 Στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων

Με την βοήθεια του SPSS έγινε εφικτός ο διαχωρισμός των δειγμάτων , με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερη τιμή (να πλησιάσει την τιμή της μονάδας 1), του συντελεστή προσδιορισμού R^2 .

Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των παραπάνω δειγμάτων για την διαμόρφωση της εξίσωσης παλινδρόμησης δοκιμάστηκαν και διάφορες άλλες μορφές των τιμών των ανεξάρτητων μεταβλητών. Αυτές ήταν, οι τιμές του πίνακα 6.3 υψωμένες στο τετράγωνο και οι τετραγωνικές ρίζες των τιμών του ίδιου πίνακα. Αυτές οι τιμές δοκιμάστηκαν σε διάφορους συνδυασμούς και τελικά τα καλύτερα αποτελέσματα δόθηκαν από την μορφή των δεδομένων όπως φαίνονται στον πίνακα 6.3.

Από την επεξεργασία αυτών των τιμών διαμορφώθηκε η εξίσωση της γραμμικής παλινδρόμησης η οποία δίνει την δυνατότητα προσδιορισμού του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων. Όμως εδώ θα πρέπει να τονιστεί , πως στους πίνακες που ακολουθούν και οι οποίοι περιλαμβάνουν τα τελικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου δεν χρησιμοποιήθηκε η ανεξάρτητη μεταβλητή των επιβατικών αυτοκινήτων, στην τελική μορφή της παλινδρόμησης η οποία και έδωσε την ζητούμενη εξίσωση. Ο κύριος λόγος που οδήγησε στο να μην χρησιμοποιηθεί η μεταβλητή των επιβατικών αυτοκινήτων στην τελική εξίσωση ήταν ο πολύ μικρός βαθμός επιρροής της στην ζητούμενη εξίσωση της τάξεως του 10^{-4} . Δηλαδή η επίδραση της πάνω στον συντελεστή μετατροπής ήταν πάρα πολύ μικρή γεγονός που φαίνεται καλύτερα στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ , όπου αναγράφονται τα αποτελέσματα της μεθόδου , όταν χρησιμοποιείται και η ανεξάρτητη μεταβλητή των επιβατικών οχημάτων.

Τα τελικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή της διαδικασίας της ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης του SPSS, αναλύονται στους πίνακες που ακολουθούν, όπως ακριβώς και στο κεφάλαιο 5 :

Ο πίνακας 6.5 παρουσιάζει την γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της εξίσωσης παλινδρόμησης.

Πίνακας 6.5: Συσχετίσεις (Correlations)

	MEA
MEA	1,000
Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	0,715

Ο πίνακας 6.6 που ακολουθεί περιλαμβάνει τις τιμές που προκύπτουν για το R και το R^2 , καθώς και το προσαρμοσμένο R^2 . Το R για τα πρότυπα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι η συσχέτιση ανάμεσα στην παρατηρηθείσα και την προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Το R^2 είναι το τετράγωνο αυτής της συσχέτισης. Το σφάλμα της πρόβλεψης είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του τετραγώνου του υπολοίπου της ανάλυσης της διακύμανσης του πίνακα 6.6 και υπολογίζει την διασπορά των υπολοίπων στο πρότυπο γραμμικότητας.

Πίνακας 6.6: Στατιστικά Στοιχεία Προτύπου

R	R^2	Προσαρμοσμένο R^2	Σφάλμα της πρόβλεψης
0,715	0,511	0,471	0,4062

α Ανεξάρτητες μεταβλητές: Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου

β Εξαρτημένη μεταβλητή : Συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας (MEA)

Στον πίνακα 6.7 φαίνονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διακύμανσης. Η τιμή του F είναι ιδιαίτερα σημαντική στο κατά πόσο οι δύο ανεξάρτητες μεταβλητές συμβάλουν στην τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (όσο μεγαλύτερο το F τόσο μεγαλύτερη η συμβολή). Επίσης ο παράγοντας Sig έχει σχέση με την γραμμικότητα του μοντέλου (όταν $\text{Sig} < 0,0005$ η γραμμικότητα του μοντέλου είναι μεγάλη)

Πίνακας 6.7: Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)

	Αθροισμα Τετραγώνων	df	Μέση τιμή	F	Sig.
Γραμμικότητα	2,072	1	2,072	12,556	0,004
Υπόλοιπο	1,980	12	0,165		
Σύνολο	4,,053	13			

α Ανεξάρτητες μεταβλητές: Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου

β Εξαρτημένη μεταβλητή : Συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και
τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας (ΜΕΑ)

Τέλος στο πίνακα 6.8 αναγράφονται οι τιμές των όρων της εξίσωσης γραμμικής παλινδρόμησης που κατασκευάστηκε.

Πίνακας 6.8: Μεταβλητές μέσα στην εξίσωση (Coefficients)

	Μη κανονικοποιημένοι Συντελεστές		Κανονικοποιημένοι Συντελεστές	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Σταθερός όρος	1,275	0,155		8,237	0,0001
Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	2,850E-03	0,001	0,715	3,543	0,004

Οπότε η εξίσωση, που προκύπτει έχει την παρακάτω μορφή:

Συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ (ΜΕΑ)=

$$1,275 + 2,850 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{Λεωφορεία και τρόλεϊ της Πανεπιστημίου})$$

Ακολουθεί λεπτομερέστερη ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων.

6.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

6.4.1 Προσαρμογή των προτύπων

Ο δείκτης προσαρμογής του προτύπου, δηλαδή ο δείκτης R^2 , προέκυψε σχετικά μέτριος δίνοντας βέβαια R μεγαλύτερο από το 0,6 που θεωρείται το όριο από το οποίο ξεκινάει μία καλή προσαρμογή των μεταβλητών της γραμμικής παλινδρόμησης. Πράγμα που υποδηλώνει πως και η εξίσωση που προέκυψε, από την χρήση του SPSS και της μεθόδου Enter, περιγράφει σε ανεκτό βαθμό τα δεδομένα των μετρήσεων.

6.4.2 Υπόθεση γραμμικότητας του προτύπου

Με την διαδικασία ανάλυσης της διακύμανσης, για την διαμόρφωση της εξίσωσης πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης σε επιβατικά, προέκυψε πως η πιθανότητα γραμμικότητας του μοντέλου είναι μέτρια. Το γεγονός αυτό συμβαίνει καθώς τα αντίστοιχα επίπεδα σημαντικότητας, που αναφέρονται στην υπόθεση γραμμικότητας του μοντέλου, προέκυψαν μεγάλα (μεγαλύτερα του 0,0005). Συγκεκριμένα στην περίπτωση αυτή προέκυψε επίπεδο σημαντικότητας 0,004.

6.5 Φυσική ερμηνεία της εξίσωσης προσδιορισμού του συντελεστή μετατροπής λεωφορείων και τρόλεϊ σε ΜΕΑ.

Η εξίσωση που τελικά προέκυψε ήταν η εξής :

Συντελεστής μετατροπής λεωφορείων και τρόλεϊ σε ΜΕΑ, $\alpha =$

$$1,275 + 2,850 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{Λεωφορεία και τρόλεϊ της Πανεπιστημίου})$$

Από την θεώρηση των αποτελεσμάτων των προηγούμενων πινάκων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Ο βαθμός της επιρροή των ανεξάρτητων μεταβλητών στην εξαρτημένη μεταβλητή, προκύπτει από τον πίνακα των συσχετίσεων (correlations) και το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, όπου γίνεται φανερό η πολύ μικρή επίδραση των επιβατικών αυτοκινήτων στην εξίσωση. Παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη συσχέτιση με τον συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων την έχει η μεταβλητή λεωφορεία και Τρόλεϊ Πανεπιστημίου, ενώ η μεταβλητή Επιβατικά Οχήματα Πανεπιστημίου έχει τόσο μικρή επίδραση που τελικά παραλείπεται.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί, ότι οι συντελεστές Beta στην πραγματικότητα είναι οι ίδιες οι συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών με την εξαρτημένη μεταβλητή.

- Όσον αφορά την σημαντικότητα των μεταβλητών, φαίνεται ότι τα λεωφορεία και Τρόλεϊ της Πανεπιστημίου είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας. Δεύτερη σε σπουδαιότητα μεταβλητή είναι τα επιβατικά οχήματα. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί πως ο συντελεστής μετατροπής των βαρέως κινουμένων οχημάτων προσδιορίζει και τον βαθμό στον οποίο τα βαρέως κινούμενα οχήματα σε μία πρόσβαση επιβαρύνουν τον φόρτο αυτής της πρόσβασης. Δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι δυνατόν να συλλεχθούν πληροφορίες για το πώς επιδρά η σύνθεση της κυκλοφορίας της κύριας πρόσβασης του κόμβου (Πανεπιστημίου) στην κίνηση των λεωφορείων και τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης της Βασιλίσσης Σοφίας και κατ' επέκταση στο σύνολο της κυκλοφορίας των οχημάτων της.

Οπότε, ο συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης του κόμβου, της Βασιλίσσης Σοφίας, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον φόρτο των λεωφορείων και Τρόλεϊ της κυκλοφορίας της Πανεπιστημίου.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο φόρτος των λεωφορείων και τρόλεϊ της Πανεπιστημίου, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο συντελεστής μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας (δευτερεύουσα πρόσβαση). Αυτό συμβαίνει γιατί με την αύξηση του φόρτου των επιβατικών αυτοκινήτων στην κύρια οδό σε σχέση με τα λεωφορεία και Τρόλεϊ έχουμε μείωση του αριθμού των κενών στην κυκλοφορία της κύριας οδού και κατά συνέπεια

μείωση και των χρονικών διαχωρισμών της κύριας οδού, αλλά τα λεωφορεία και τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης δεν διστάζουν να εκμεταλλευτούν το μέγεθος τους και τον όγκο τους και να εκμεταλλευτούν κενά τα οποία ακόμα και οδηγοί επιβατικών θα δίσταζαν να αξιοποιήσουν.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα λεωφορεία και τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης να ελίσσονται πιο γρήγορα ακόμα και από τα επιβατικά οχήματα της ίδιας πρόσβασης. Αντίθετα ο οδηγός ενός λεωφορείου και τρόλεϊ της Πανεπιστημίου δεν θα δώσει προτεραιότητα σε ένα λεωφορείο και τρόλεϊ όχημα πιο εύκολα από ότι σε ένα επιβατικό. Επομένως τα λεωφορεία και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας αξιοποιούν ευκολότερα τους χρονικούς διαχωρισμούς ανάμεσα σε επιβατικά αυτοκίνητα, χάρη στον όγκο των οχημάτων τους. Για αυτό τον λόγο η ανεξάρτητη μεταβλητή των επιβατικών οχημάτων ελάχιστα επηρεάζει τον συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της δευτερεύουσας πρόσβασης.

Αρα η αύξηση των επιβατικών οχημάτων της κύριας πρόσβασης έχει σαν αποτέλεσμα να εισέρχονται με πιο γρήγορους ρυθμούς στην κυκλοφορία της Πανεπιστημίου, τα λεωφορεία και τρόλεϊ και να μην επιβαρύνουν την κυκλοφορία στην Βασιλίσσης Σοφίας. Οπότε και ο συντελεστής μετατροπής σε επιβατικά οχήματα μικραίνει σημαντικά, και φυσικά μικραίνει και το μέγεθος της επιβάρυνσης που προκαλούν τα λεωφορεία και τρόλεϊ, στην πρόσβαση την οποία κινούνται.

6.6 Συμπεράσματα

Από την εξίσωση που προέκυψε με την διαδικασία της γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης, μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για τον συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και Τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας σε επιβατικά οχήματα καθώς και για την σύνθεση της κυκλοφορίας στην δευτερεύουσα πρόσβαση.

Το αρχικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η αύξηση της κυκλοφορίας στην Πανεπιστημίου επιβαρύνει σημαντικά την κυκλοφορία της Βασιλίσσης Σοφίας και επιβαρύνει τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Όπως γίνεται αντιληπτό από την εξίσωση όσο μεγαλύτερος είναι ο φόρτος κυκλοφορίας στην κύρια πρόσβαση τόσο περισσότερο μεγαλώνει και ο συντελεστής

μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ. Αυτό υποδηλώνει πως ο φόρτος των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας τόσο περισσότερο επιβαρύνει την κυκλοφορία στην οδό. Αφού ο συντελεστής μετατροπής των βαρέως κινουμένων οχημάτων σε ένα σηματοδοτούμενο κόμβο, υποδηλώνει το μέγεθος της επιβάρυνσης που προκαλεί η κυκλοφορία αυτών των οχημάτων στον κόμβο και κατ' επέκταση στην στάθμη εξυπηρέτησης ενός κόμβου.

Ειδικότερα την μεγαλύτερη επιβάρυνση στον συντελεστή μετατροπής των προκαλούν τα λεωφορεία και τρόλεϊ της κύριας πρόσβασης, αφού όπως φαίνεται από τα παραπάνω αύξηση του φόρτου των λεωφορείων και τρόλεϊ οδηγεί σε άμεση επιβάρυνση του συντελεστή μετατροπής και κατ' επέκταση και στις συνθήκες κυκλοφορίας της δευτερεύουσας πρόσβασης. Τα λεωφορεία και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας αξιοποιούν ευκολότερα τους χρονικούς διαχωρισμούς ανάμεσα σε επιβατικά αυτοκίνητα με αποτέλεσμα να εισέρχονται με πιο γρήγορους ρυθμούς στην κυκλοφορία της Πανεπιστημίου, κύριας οδού, και να μην επιβαρύνουν την κυκλοφορία στην δευτερεύουσα πρόσβαση. Αυτό συμβαίνει όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω γιατί οι οδηγοί των λεωφορείων εκμεταλλευόμενοι τον πολύ μεγαλύτερο όγκο τους αξιοποιούν τους χρονικούς διαχωρισμούς που δέχονται με πολύ πιο θρασύ τρόπο από τους οδηγούς των επιβατικών αυτοκινήτων.

Στην αντίθετη περίπτωση μικροί κυκλοφοριακοί φόρτοι στην κύρια πρόσβαση οδηγούν σε σημαντική μείωση τον, υπολογισμένο από την εξίσωση πολλαπλής παλινδρόμησης, συντελεστή μετατροπής σε επιβατικά οχήματα. Αυτό συμβαίνει γιατί τα λεωφορεία και τρόλεϊ της πρόσβασης του ελιγμού συμβολής εισέρχονται ευκολότερα και συνεχόμενα στην κύρια πρόσβαση με τελικό αποτέλεσμα την ανετότερη και ασφαλέστερη κυκλοφορία στον κόμβο.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί πως η μέση τιμή του συντελεστή μετατροπής που μετρήθηκε από τα υπάρχοντα δείγματα και την βοήθεια του SPSS είναι 2,35 και προσεγγίζει αρκετά τον συντελεστή που μας δίνει η θεωρία για σηματοδοτούμενους κόμβους και ισούται με 2,25.

7. Συμπεράσματα - Προτάσεις

7.1 Ανασκόπηση

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη του ελιγμού συμβολής δύο προσβάσεων, με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση, όταν η κυκλοφοριακή ροή των οχημάτων που κινούνται σε αυτές είναι η ροή κορεσμού και δεν παρατηρείται το φαινόμενο της συμφόρησης σε καμία από τις δύο προσβάσεις.

Επειδή το συγκεκριμένο θέμα δεν είχε μελετηθεί κατά το παρελθόν στον Ελλαδικό χώρο αναζητήθηκε ένας κόμβος με φωτεινή σηματοδότηση, ο οποίος θα πληρούσε τις προϋποθέσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας και θα μας έδινε την δυνατότητα για την εκτεταμένη μελέτη του συγκεκριμένου ελιγμού.

Έπειτα από την εύρεση του κόμβου με φωτεινή σηματοδότηση έγιναν κατάλληλες μετρήσεις για τον προσδιορισμό της ώρας κατά την οποία η τιμή της κυκλοφοριακής ροής για τις δύο υπό μελέτη προσβάσεις ισούται με την ροή κορεσμού, με σκοπό την πραγματοποίηση των μετρήσεων κατά την ώρα αυτή.

Κατόπιν έγινε επιλογή του μέσου καταγραφής, το οποίο αποφασίστηκε να είναι το μηχάνημα PSION ORGANISER II, επειδή προσφέρει ευκολότερη καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων σε σχέση με άλλο πιθανό μέσο καταγραφής – τη βιντεοσκόπηση.

Την καταγραφή των στοιχείων μελέτης, ακολούθησε η ανάλυση τους με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS. Με την βοήθεια του SPSS διαμορφώθηκε η εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της Βασιλίσσης Σοφίας σε σχέση με τα οχήματα της Πανεπιστημίου με την μορφή γραμμικής εξίσωσης. Για να γίνει όμως εφικτός ο υπολογισμός της κυκλοφοριακής ικανότητας σε επιβατικά οχήματα ανά ώρα χρησιμοποιήθηκαν εκείνα τα δείγματα στα οποία δεν υπήρχε εμφάνιση βαρέων οχημάτων, δηλαδή λεωφορείων ή τρόλεϊ. Οπότε και έγινε δυνατό να εκφρασθεί η εξαρτημένη μεταβλητή της εξίσωσης παλινδρόμησης σε επιβατικά οχήματα ανά ώρα. Ακολούθησε σχολιασμός των

αποτελεσμάτων της εξίσωσης και παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτήν.

Τέλος, μετά την διαμόρφωση της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας της Βασιλίσσης Σοφίας, ακολούθησε ανάλυση των στοιχείων μελέτης, προκειμένου να διαμορφωθεί μία καινούργια εξίσωση, η οποία θα έδινε την δυνατότητα υπολογισμού του συντελεστή μετατροπής των βαρέων οχημάτων του υπό μελέτη ελιγμού, σε επιβατικά οχήματα ανά ώρα. Με την βοήθεια του SPSS, όπως και προηγουμένως, διαμορφώθηκε η ζητούμενη εξίσωση με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Δηλαδή διαμορφώθηκε η εξίσωση υπολογισμού του συντελεστή των βαρέων οχημάτων της Βασιλίσσης Σοφίας σε επιβατικά οχήματα ανά ώρα χρησιμοποιώντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές τα οχήματα της Πανεπιστημίου. Ακολούθησε σχολιασμός των αποτελεσμάτων της εξίσωσης και παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτήν.

7.2 Συμπεράσματα

Με βάση τα επί μέρους αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων των στοιχείων μπορούν να προκύψουν διάφορα συμπεράσματα, για τον υπό μελέτη ελιγμό με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση:

1. Από την εξίσωση πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας γίνεται φανερό ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα του ελιγμού συμβολής επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τον φόρτο των επιβατικών όσο και από το φόρτο των βαρέων οχημάτων (λεωφορεία / τρόλεϊ) της κύριας πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η κυκλοφορία στην κύρια πρόσβαση και αρχίζει να παρουσιάζεται το φαινόμενο της συμφόρησης, τόσο μικρότερη είναι και η κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι, μικραίνουν σημαντικά οι χρονικοί διαχωρισμοί με αποτέλεσμα την μείωση της δυνατότητας εισροής οχημάτων από την πρόσβαση του ελιγμού συμβολής στην κύρια. Στην αντίθετη περίπτωση όταν ο κυκλοφοριακός φόρτος στην κύρια πρόσβαση παρουσιάζει σημαντική μείωση τότε, η κυκλοφοριακή ικανότητα του ελιγμού συμβολής αυξάνεται σημαντικά. Δηλαδή τα οχήματα εισέρχονται ευκολότερα και συνεχόμενα στην κύρια πρόσβαση με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού ροής των

οχημάτων, την έλλειψη των φαινομένων συμφόρησης στον υπό μελέτη ελιγμό και κατ' επέκταση σε όλο το πλάτος της οδού και τελικά την εξυπηρέτηση μεγάλου φόρτου οχημάτων από την δευτερεύουσα πρόσβαση.

2. Η σύνθεση της κυκλοφορίας της κύριας πρόσβασης επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την κυκλοφοριακή ικανότητα του υπό μελέτη ελιγμού. Πιο συγκεκριμένα η αύξηση του φόρτου των λεωφορείων και τρόλεϊ στην κύρια πρόσβαση έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κρίσιμου χρονικού διαχωρισμού της οδού, οπότε οι οδηγοί των οχημάτων στην δευτερεύουσα πρόσβαση δέχονται μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς σε αυτήν την περίπτωση. Κατά συνέπεια οδηγεί σε αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας του υπό μελέτη ελιγμού. Στην αντίθετη περίπτωση δηλαδή με την αύξηση των επιβατικών οχημάτων στην κύρια πρόσβαση έχουμε μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς με αποτέλεσμα την μικρότερη εισροή οχημάτων, στην κύρια πρόσβαση και με τελική συνέπεια την μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης και την δημιουργία φαινομένων συμφόρησης σε αυτήν.

3. Όπως γίνεται άμεσα αντιληπτό από την εξίσωση πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ του υπό μελέτη ελιγμού σε επιβατικά οχήματα, όσο μεγαλύτερος είναι ο φόρτος κυκλοφορίας στην κύρια πρόσβαση, τόσο περισσότερο μεγαλώνει και ο συντελεστής μετατροπής. Όμως ο συντελεστής μετατροπής των βαρέως κινουμένων οχημάτων σε ένα σηματοδοτούμενο κόμβο, υποδηλώνει το μέγεθος της επιβάρυνσης που προκαλεί η κυκλοφορία αυτών των οχημάτων στον κόμβο και κατ' επέκταση στην στάθμη εξυπηρέτησης αυτού. Δηλαδή η αύξηση του συντελεστή μετατροπής υποδηλώνει πως ο φόρτος των οχημάτων της δευτερεύουσας πρόσβασης μεγαλώνει σημαντικά, χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα εισροής τους στην κύρια πρόσβαση του υπό μελέτη κόμβου και αρχίζει να εμφανίζεται το φαινόμενο της συμφόρησης. Συνεπώς αύξηση του συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ του υπό μελέτη ελιγμού συνεπάγεται και αρχή της εμφάνισης του φαινομένου της συμφόρησης στην δευτερεύουσα πρόσβαση του κόμβου. Στην αντίθετη περίπτωση που υπάρχουν μικροί κυκλοφοριακοί φόρτοι στην κύρια πρόσβαση παρατηρείται σημαντική μείωση στον συντελεστή μετατροπής. Δηλαδή τα λεωφορεία και τρόλεϊ του υπό μελέτη ελιγμού εισέρχονται ευκολότερα και συνεχόμενα στην κύρια πρόσβαση με τελικό αποτέλεσμα την μικρότερη επιβάρυνση της κυκλοφορίας της οδού από αυτά. Συνεπώς μείωση του συντελεστή

μετατροπής των συνεπάγεται σε αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας της δευτερεύουσας πρόσβασης και γενικά αύξηση της στάθμης εξυπηρέτησης του υπό μελέτη κόμβου.

4. Η σύνθεση της κυκλοφορίας της κύριας πρόσβασης επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την τιμή του συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ του υπό μελέτη ελιγμού σε επιβατικά. Πιο συγκεκριμένα η μεγαλύτερη επιβάρυνση στον συντελεστή μετατροπής παρατηρείται με την αύξηση των λεωφορείων και τρόλεϊ της κύριας πρόσβασης. Η αύξηση του φόρτου της συγκεκριμένης κατηγορίας οχημάτων οδηγεί σε άμεση επιβάρυνση του συντελεστή μετατροπής και κατ' επέκταση και στις συνθήκες κυκλοφορίας της δευτερεύουσας πρόσβασης. Τα λεωφορεία και τρόλεϊ του υπό μελέτη ελιγμού αξιοποιούν ευκολότερα τους χρονικούς διαχωρισμούς ανάμεσα σε επιβατικά αυτοκίνητα με αποτέλεσμα να εισέρχονται με πιο γρήγορους ρυθμούς στην κυκλοφορία της κύριας πρόσβασης και να μην επιβαρύνουν την κυκλοφορία στην δευτερεύουσα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι οδηγοί των λεωφορείων στην δευτερεύουσα πρόσβαση, εκμεταλλευόμενοι τον πολύ μεγαλύτερο όγκο των οχημάτων τους, αξιοποιούν τους χρονικούς διαχωρισμούς ανάμεσα στα επιβατικά οχήματα της κύριας πρόσβασης πιο γρήγορα και εύκολα από ότι τους χρονικούς διαχωρισμούς ανάμεσα στα λεωφορεία. Αυτό έχει σαν τελική συνέπεια την μείωση του συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ και κατ' επέκταση την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας του υπό μελέτη ελιγμού και της στάθμης εξυπηρέτησης του κόμβου.

5. Με την χρήση της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής, έγινε δυνατή η διαμόρφωση του γραφήματος του σχήματος 5.3, βάση του οποίου δίνεται μία προσέγγιση του τρόπου επιλογής σηματοδότησης σε κόμβους τύπου T. Η επιλογή αυτή γίνεται ανάμεσα σε δύο είδη σηματοδότησης, στην χρήση του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο ή της σηματοδότησης με την κόκκινη και πράσινη φάση του σηματοδότη, έχοντας σαν στόχο την διευκόλυνση της κυκλοφορίας και την αύξηση της στάθμης εξυπηρέτησης του υπό μελέτη κόμβου. Δηλαδή η διαμόρφωση της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας του ελιγμού συμβολής με παλλόμενο κίτρινο έδωσε την δυνατότητα προσέγγισης του τρόπου επιλογής σηματοδότησης, για κόμβους τύπου T.

7.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξέτασε αναλυτικά το φαινόμενο του ελιγμού συμβολής, με παλλόμενο κίτρινο σε κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση. Περιγράφηκε η κίνηση των οχημάτων στις δύο προσβάσεις που συμμετέχουν στον υπό μελέτη ελιγμό και οι τρόποι με τους οποίους επηρεάζει η μία την άλλη κατά την διάρκεια του υπό μελέτη ελιγμού.

Επειδή το θέμα που μελετήθηκε δεν είχε ξαναμελετηθεί, η εργασία αυτή περιορίστηκε σε έναν κόμβο με φωτεινή σηματοδότηση, ο οποίος παρουσίαζε τέτοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως το ότι η γωνία συμβολής των δύο προσβάσεων είναι μεγαλύτερη από 90° , ώστε να ευνοείται ο ελιγμός συμβολής των δύο προσβάσεων. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω μελέτη αυτού του συγκεκριμένου είδους ελιγμού σε κόμβους με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά (γωνία συμβολής, πλάτος πρόσβασης), ώστε να βρεθεί αν η επιρροή του υπό μελέτη ελιγμού στην υπόλοιπη κυκλοφορία παραμένει η ίδια.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η πραγματοποίηση του υπό μελέτη ελιγμού ήταν δυνατή με την παραχώρηση αποκλειστικής λωρίδας κυκλοφορίας από την οδό Βασιλίσσης Σοφίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μελέτη του συγκεκριμένου ελιγμού χωρίς την παραχώρηση αποκλειστικής λωρίδας. Δηλαδή να πραγματοποιούνται και άλλοι ελιγμοί ταυτόχρονα από την ίδια λωρίδα και να μελετηθεί αναλυτικά η επιρροή του ελιγμού δεξιάς συμβολής στην υπόλοιπη κυκλοφορία του κόμβου (καθυστερήσεις, κυκλοφοριακή ικανότητα)

Επιπλέον ενδιαφέρον θέμα μελέτης αποτελεί η αναλυτική περιγραφή του ελιγμού συμβολής υπό συνθήκες συμφόρησης σε κάποια από τις δύο ή και τις δύο προσβάσεις καθώς και η μελέτη και ανάλυση των καθυστερήσεων που μπορούν να προκληθούν στις δύο εμπλεκόμενες προσβάσεις και κατ' επέκταση σε ολόκληρο τον κόμβο.

Ένα σημαντικό θέμα μελέτης αποτελεί και η ασφάλεια των οχημάτων κατά την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου ελιγμού. Αυτό μπορεί να γίνει με την λεπτομερή ανάλυση των ατυχημάτων, που έχουν συμβεί κατά διαστήματα στον υπό μελέτη κόμβο ή σε κάποιους άλλους στους οποίους χρησιμοποιείται ο υπό μελέτη ελιγμός, και την παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτά.

Ενδιαφέρον για μελέτη παρουσιάζουν και οι περιβαλλοντικές και ενεργειακές επιπτώσεις που έχει ο υπό μελέτη ελιγμός. Οπότε μπορούν εξεταστούν οι συνέπειες του συγκεκριμένου ελιγμού συμβολής στην μείωση ή αύξηση της κατανάλωσης καυσίμων και στην αντίστοιχη μείωση ή αύξηση των περιβαλλοντικών ρύπων.

Τέλος θα έπρεπε να μελετηθεί αν θα έπρεπε να επιτραπεί στον Ελλαδικό χώρο ο ελιγμός της δεξιάς στροφής σε σηματοδοτούμενο κόμβο κατά την διάρκεια της κόκκινης ένδειξης και κατά πόσο κάτι τέτοιο θα ωφελούσε τις υπάρχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες σε μία χώρα με αυξημένες κυκλοφοριακές ανάγκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Chang, M.F., Herman L. Evans and P. Wasielewski : "Fuel consumption an Right -Turn-On-Red: Comparison between simple model results and computer simulation". Letter to the Editor. Transportation science 2 No 1 (1977): 92-94.

- [2] John Z. Liuh και Yean-Jye Lu : "Capacity computations of Right -Turn-On-Red using the highway capacity manual". ITE JOURNAL 1990.

- [3] Transportation Research Board "Highway Capacity Manual". Transportation Research Board special Report 209. Washington D.C.: TRB, 1985.

- [4] Federal Highway Administration, "Highway Capacity Software User's Manual". Washington D.C. : U.S. Department of Transportation, 1988.

- [5] Institute of Transportation Engineers "Right -Turn-On-Red after stop" issue paper . Washington, D.C. : ITE, 1982

- [6] Φρατζεσκάκης Ι.Μ. και Γιαννόπουλος Γ.Α " Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφοριακή τεχνική" εκδόσεις Παρατηρητής 1986.

- [7] Psion Organiser 2, Comms link (RS 232).

- [8] Psion Organiser 2, Model LZ&LZ 64, Programming Manual.

- [9] Γ. Κοκολάκης Ι. Σπηλιώτης : Εισαγωγή στη θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική.

- [10] SPSS Base 7.5 Applications Guide

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Επί τόπου μετρήσεις – Αρχική επεξεργασία στοιχείων

Μέσο καταγραφής : Psion Organiser 2 , model IZ64

α) Στοιχεία για τον υπολογισμό της εξίσωσης πρόβλεψης της κυκλοφοριακής ικανότητας

P	WED	6	DEC	2000	14:18:31
P	WED	6	DEC	2000	14:18:31
D	WED	6	DEC	2000	14:18:36
B	WED	zz6	DEC	2000	14:18:38
B	WED	6	DEC	2000	14:18:39
P	WED	6	DEC	2000	14:18:41
B	WED	6	DEC	2000	14:18:42
B	WED	6	DEC	2000	14:18:42
D	WED	6	DEC	2000	14:18:45
B	WED	6	DEC	2000	14:18:48
B	WED	6	DEC	2000	14:18:48
B	WED	6	DEC	2000	14:18:52
B	WED	6	DEC	2000	14:18:52
B	WED	6	DEC	2000	14:18:54
P	WED	6	DEC	2000	14:18:55
D	WED	6	DEC	2000	14:18:58
P	WED	6	DEC	2000	14:18:59
D	WED	6	DEC	2000	14:19:01
P	WED	6	DEC	2000	14:21:23
B	WED	6	DEC	2000	14:21:24
P	WED	6	DEC	2000	14:21:25
D	WED	6	DEC	2000	14:21:26
B	WED	6	DEC	2000	14:21:27
P	WED	6	DEC	2000	14:21:31
D	WED	6	DEC	2000	14:21:34
B	WED	6	DEC	2000	14:21:35
B	WED	6	DEC	2000	14:21:36
P	WED	6	DEC	2000	14:21:38
P	WED	6	DEC	2000	14:21:42
B	WED	6	DEC	2000	14:21:45
3	WED	6	DEC	2000	14:21:47
3	WED	6	DEC	2000	14:21:48
P	WED	6	DEC	2000	14:21:49
3	WED	6	DEC	2000	14:21:50
3	WED	6	DEC	2000	14:21:51
3	WED	6	DEC	2000	14:21:51
3	WED	6	DEC	2000	14:21:53
P	WED	6	DEC	2000	14:21:55
3	WED	6	DEC	2000	14:21:56
P	WED	6	DEC	2000	14:21:58
3	WED	6	DEC	2000	14:21:59
P	WED	6	DEC	2000	14:22:00
3	WED	6	DEC	2000	14:22:01
P	WED	6	DEC	2000	14:22:03

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	3	4	0

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	6	4	3

D	WED	6	DEC	2000	14:22:04
B	WED	6	DEC	2000	14:22:05
B	WED	6	DEC	2000	14:22:06
B	WED	6	DEC	2000	14:22:10
X	WED	6	DEC	2000	14:22:15
D	WED	6	DEC	2000	14:23:09
P	WED	6	DEC	2000	14:23:10
D	WED	6	DEC	2000	14:23:12
P	WED	6	DEC	2000	14:23:12
P	WED	6	DEC	2000	14:23:13
D	WED	6	DEC	2000	14:23:16
B	WED	6	DEC	2000	14:23:20
B	WED	6	DEC	2000	14:23:20
B	WED	6	DEC	2000	14:23:24
P	WED	6	DEC	2000	14:23:27
D	WED	6	DEC	2000	14:23:31
P	WED	6	DEC	2000	14:23:32
D	WED	6	DEC	2000	14:23:33
B	WED	6	DEC	2000	14:23:35
P	WED	6	DEC	2000	14:24:18
B	WED	6	DEC	2000	14:24:22
P	WED	6	DEC	2000	14:24:23
D	WED	6	DEC	2000	14:24:25
B	WED	6	DEC	2000	14:24:26
P	WED	6	DEC	2000	14:24:26
D	WED	6	DEC	2000	14:24:29
B	WED	6	DEC	2000	14:24:29
P	WED	6	DEC	2000	14:24:31
D	WED	6	DEC	2000	14:24:36
P	WED	6	DEC	2000	14:24:36
D	WED	6	DEC	2000	14:24:37
P	WED	6	DEC	2000	14:24:37
D	WED	6	DEC	2000	14:24:38
B	WED	6	DEC	2000	14:24:39
P	WED	6	DEC	2000	14:24:40
D	WED	6	DEC	2000	14:24:41
P	WED	6	DEC	2000	14:24:43
B	WED	6	DEC	2000	14:24:44
P	WED	6	DEC	2000	14:24:46
D	WED	6	DEC	2000	14:24:48
B	WED	6	DEC	2000	14:24:51
B	WED	6	DEC	2000	14:24:52
B	WED	6	DEC	2000	14:24:53
P	WED	6	DEC	2000	14:24:55
B	WED	6	DEC	2000	14:24:55
D	WED	6	DEC	2000	14:25:03
P	WED	6	DEC	2000	14:25:04
D	WED	6	DEC	2000	14:25:05
P	WED	6	DEC	2000	14:25:09
B	WED	6	DEC	2000	14:25:12
B	WED	6	DEC	2000	14:25:14
B	WED	6	DEC	2000	14:25:16
B	WED	6	DEC	2000	14:25:16

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	10	2	6

D WED 6 DEC 2000 14:25:20
 X WED 6 DEC 2000 14:25:21
 X WED 6 DEC 2000 14:25:22
 P WED 6 DEC 2000 14:25:37
 P WED 6 DEC 2000 14:25:42
 X WED 6 DEC 2000 14:25:47
 P WED 6 DEC 2000 14:25:48
 P WED 6 DEC 2000 14:25:48
 B WED 6 DEC 2000 14:25:49
 P WED 6 DEC 2000 14:25:54
 D WED 6 DEC 2000 14:25:56
 B WED 6 DEC 2000 14:25:57
 B WED 6 DEC 2000 14:25:57
 P WED 6 DEC 2000 14:25:58
 B WED 6 DEC 2000 14:26:00
 D WED 6 DEC 2000 14:26:03
 B WED 6 DEC 2000 14:26:04
 P WED 6 DEC 2000 14:26:04
 D WED 6 DEC 2000 14:26:07
 B WED 6 DEC 2000 14:26:08
 P WED 6 DEC 2000 14:26:10
 D WED 6 DEC 2000 14:26:12
 B WED 6 DEC 2000 14:26:13
 B WED 6 DEC 2000 14:26:14
 P WED 6 DEC 2000 14:26:21
 P WED 6 DEC 2000 14:26:21
 P WED 6 DEC 2000 14:26:29
 D WED 6 DEC 2000 14:26:30
 P WED 6 DEC 2000 14:26:32
 D WED 6 DEC 2000 14:26:33
 B WED 6 DEC 2000 14:26:35
 B WED 6 DEC 2000 14:26:36
 B WED 6 DEC 2000 14:26:38
 B WED 6 DEC 2000 14:26:39
 B WED 6 DEC 2000 14:26:42
 B WED 6 DEC 2000 14:26:46

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	3	2	5

D WED 6 DEC 2000 14:26:50
 D WED 6 DEC 2000 14:26:50
 D WED 6 DEC 2000 14:26:58
 D WED 6 DEC 2000 14:26:59
 D WED 6 DEC 2000 14:27:00
 D WED 6 DEC 2000 14:27:01
 D WED 6 DEC 2000 14:27:04
 D WED 6 DEC 2000 14:27:06
 D WED 6 DEC 2000 14:27:08
 D WED 6 DEC 2000 14:27:11
 D WED 6 DEC 2000 14:27:13
 D WED 6 DEC 2000 14:27:21
 D WED 6 DEC 2000 14:27:21
 D WED 6 DEC 2000 14:27:22
 D WED 6 DEC 2000 14:27:23
 D WED 6 DEC 2000 14:27:24

B WED 6 DEC 2000 14:27:27
 P WED 6 DEC 2000 14:27:27
 D WED 6 DEC 2000 14:27:32
 B WED 6 DEC 2000 14:27:35
 B WED 6 DEC 2000 14:27:35
 P WED 6 DEC 2000 14:27:36
 P WED 6 DEC 2000 14:27:37
 B WED 6 DEC 2000 14:27:40
 Z WED 6 DEC 2000 14:27:43
 B WED 6 DEC 2000 14:27:44
 B WED 6 DEC 2000 14:27:49
 D WED 6 DEC 2000 14:27:51
 P WED 6 DEC 2000 14:27:56
 D WED 6 DEC 2000 14:27:57
 P WED 6 DEC 2000 14:28:00
 D WED 6 DEC 2000 14:28:01
 B WED 6 DEC 2000 14:28:02
 B WED 6 DEC 2000 14:28:05
 P WED 6 DEC 2000 14:28:07
 D WED 6 DEC 2000 14:28:12
 B WED 6 DEC 2000 14:28:15
 B WED 6 DEC 2000 14:28:15
 P WED 6 DEC 2000 14:28:18
 P WED 6 DEC 2000 14:28:21
 P WED 6 DEC 2000 14:28:21
 D WED 6 DEC 2000 14:28:26
 P WED 6 DEC 2000 14:28:26
 D WED 6 DEC 2000 14:28:27
 P WED 6 DEC 2000 14:28:45
 P WED 6 DEC 2000 14:28:46
 P WED 6 DEC 2000 14:28:49
 P WED 6 DEC 2000 14:28:50
 B WED 6 DEC 2000 14:28:52
 B WED 6 DEC 2000 14:28:53
 B WED 6 DEC 2000 14:28:55
 B WED 6 DEC 2000 14:28:57
 B WED 6 DEC 2000 14:29:00
 D WED 6 DEC 2000 14:29:05
 P WED 6 DEC 2000 14:29:15
 B WED 6 DEC 2000 14:29:16
 P WED 6 DEC 2000 14:29:19
 B WED 6 DEC 2000 14:29:21
 D WED 6 DEC 2000 14:29:21
 D WED 6 DEC 2000 14:29:22
 P WED 6 DEC 2000 14:29:23
 B WED 6 DEC 2000 14:29:24
 D WED 6 DEC 2000 14:29:28
 B WED 6 DEC 2000 14:29:29
 P WED 6 DEC 2000 14:29:29
 P WED 6 DEC 2000 14:29:30
 B WED 6 DEC 2000 14:29:33
 D WED 6 DEC 2000 14:29:35
 D WED 6 DEC 2000 14:30:57

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	1	1	7

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	2	1	5

B	WED	6	DEC	2000	14:31:00
B	WED	6	DEC	2000	14:31:00
P	WED	6	DEC	2000	14:31:03
P	WED	6	DEC	2000	14:31:04
X	WED	6	DEC	2000	14:31:07
X	WED	6	DEC	2000	14:31:08
X	WED	6	DEC	2000	14:31:08
B	WED	6	DEC	2000	14:31:20
B	WED	6	DEC	2000	14:31:25
B	WED	6	DEC	2000	14:31:31
B	WED	6	DEC	2000	14:31:32
L	WED	6	DEC	2000	14:31:36
L	WED	6	DEC	2000	14:31:37
L	WED	6	DEC	2000	14:31:38
L	WED	6	DEC	2000	14:31:40
B	WED	6	DEC	2000	14:31:41
B	WED	6	DEC	2000	14:31:42
B	WED	6	DEC	2000	14:31:44
B	WED	6	DEC	2000	14:31:45
P	WED	6	DEC	2000	14:31:51
B	WED	6	DEC	2000	14:31:52
D	WED	6	DEC	2000	14:31:54
B	WED	6	DEC	2000	14:31:55
B	WED	6	DEC	2000	14:31:55
P	WED	6	DEC	2000	14:31:56
D	WED	6	DEC	2000	14:31:57
B	WED	6	DEC	2000	14:31:58
P	WED	6	DEC	2000	14:31:58
B	WED	6	DEC	2000	14:32:00
B	WED	6	DEC	2000	14:32:01
P	WED	6	DEC	2000	14:32:05
P	WED	6	DEC	2000	14:32:06
P	WED	6	DEC	2000	14:32:07
B	WED	6	DEC	2000	14:32:07
B	WED	6	DEC	2000	14:32:08
B	WED	6	DEC	2000	14:32:10
B	WED	6	DEC	2000	14:32:13
B	WED	6	DEC	2000	14:32:14
D	WED	6	DEC	2000	14:32:18
B	WED	6	DEC	2000	14:32:24
B	WED	6	DEC	2000	14:32:25
P	WED	6	DEC	2000	14:32:26
B	WED	6	DEC	2000	14:32:28
B	WED	6	DEC	2000	14:32:30
B	WED	6	DEC	2000	14:32:33
P	WED	6	DEC	2000	14:32:35
D	WED	6	DEC	2000	14:32:36
B	WED	6	DEC	2000	14:32:37
B	WED	6	DEC	2000	14:32:39
P	WED	6	DEC	2000	14:32:40
D	WED	6	DEC	2000	14:32:42
B	WED	6	DEC	2000	14:32:57
B	WED	6	DEC	2000	14:33:00

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	6	2	8

X	WED	6	DEC	2000	14:33:01
L	WED	6	DEC	2000	14:33:03
L	WED	6	DEC	2000	14:33:04
L	WED	6	DEC	2000	14:33:05
L	WED	6	DEC	2000	14:33:06
L	WED	6	DEC	2000	14:33:07
L	WED	6	DEC	2000	14:33:08
L	WED	6	DEC	2000	14:33:09
P	WED	6	DEC	2000	14:33:10
L	WED	6	DEC	2000	14:33:11
P	WED	6	DEC	2000	14:33:13
P	WED	6	DEC	2000	14:33:14
P	WED	6	DEC	2000	14:33:15
P	WED	6	DEC	2000	14:33:16
P	WED	6	DEC	2000	14:33:18
P	WED	6	DEC	2000	14:33:19
P	WED	6	DEC	2000	14:33:20
B	WED	6	DEC	2000	14:33:20
Z	WED	6	DEC	2000	14:33:23
B	WED	6	DEC	2000	14:33:25
D	WED	6	DEC	2000	14:33:27
P	WED	6	DEC	2000	14:33:32
D	WED	6	DEC	2000	14:33:34
P	WED	6	DEC	2000	14:33:36
P	WED	6	DEC	2000	14:33:38
D	WED	6	DEC	2000	14:33:38
P	WED	6	DEC	2000	14:33:40
D	WED	6	DEC	2000	14:33:41
B	WED	6	DEC	2000	14:33:43
B	WED	6	DEC	2000	14:33:44
P	WED	6	DEC	2000	14:33:45
B	WED	6	DEC	2000	14:33:46
B	WED	6	DEC	2000	14:33:48
D	WED	6	DEC	2000	14:33:50
B	WED	6	DEC	2000	14:33:51
P	WED	6	DEC	2000	14:33:52
D	WED	6	DEC	2000	14:33:53
B	WED	6	DEC	2000	14:33:54
P	WED	6	DEC	2000	14:33:55
B	WED	6	DEC	2000	14:33:56
D	WED	6	DEC	2000	14:33:58
B	WED	6	DEC	2000	14:33:59
P	WED	6	DEC	2000	14:34:00
D	WED	6	DEC	2000	14:34:03
P	WED	6	DEC	2000	14:34:04
D	WED	6	DEC	2000	14:34:05
B	WED	6	DEC	2000	14:34:06

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
0	7	1	4

β) Στοιχεία για τον υπολογισμό της εξίσωσης πρόβλεψης του συντελεστή μετατροπής λεωφορείων – τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας σε επιβατικά αυτοκίνητα.

WED 6 DEC 2000 14:18:31
 WED 6 DEC 2000 14:18:31
 WED 6 DEC 2000 14:18:36
 WED 6 DEC 2000 14:18:38
 WED 6 DEC 2000 14:18:39
 WED 6 DEC 2000 14:18:41
 WED 6 DEC 2000 14:18:42
 WED 6 DEC 2000 14:18:42
 WED 6 DEC 2000 14:18:45
 WED 6 DEC 2000 14:18:48
 WED 6 DEC 2000 14:18:48
 WED 6 DEC 2000 14:18:52
 WED 6 DEC 2000 14:18:52
 WED 6 DEC 2000 14:18:54
 WED 6 DEC 2000 14:18:55
 WED 6 DEC 2000 14:18:58
 WED 6 DEC 2000 14:18:59
 WED 6 DEC 2000 14:19:01
 WED 6 DEC 2000 14:19:02
 WED 6 DEC 2000 14:19:03
 WED 6 DEC 2000 14:19:08
 WED 6 DEC 2000 14:19:57
 WED 6 DEC 2000 14:19:57
 WED 6 DEC 2000 14:19:59
 WED 6 DEC 2000 14:20:00
 WED 6 DEC 2000 14:20:01
 WED 6 DEC 2000 14:20:02
 WED 6 DEC 2000 14:20:03
 WED 6 DEC 2000 14:20:05
 WED 6 DEC 2000 14:20:08
 WED 6 DEC 2000 14:20:12
 WED 6 DEC 2000 14:20:17
 WED 6 DEC 2000 14:20:19
 WED 6 DEC 2000 14:20:20
 WED 6 DEC 2000 14:20:20
 WED 6 DEC 2000 14:20:23
 WED 6 DEC 2000 14:20:25
 WED 6 DEC 2000 14:20:26
 WED 6 DEC 2000 14:20:26
 WED 6 DEC 2000 14:20:27
 WED 6 DEC 2000 14:20:33
 WED 6 DEC 2000 14:20:33
 WED 6 DEC 2000 14:20:39
 WED 6 DEC 2000 14:20:43
 WED 6 DEC 2000 14:20:43
 WED 6 DEC 2000 14:20:45
 WED 6 DEC 2000 14:20:45
 WED 6 DEC 2000 14:20:52
 WED 6 DEC 2000 14:20:56
 WED 6 DEC 2000 14:20:59

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
1	3	1	2

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
3	0	3	0

WED	6	DEC	2000	14:21:00
WED	6	DEC	2000	14:21:02
WED	6	DEC	2000	14:21:06
WED	6	DEC	2000	14:21:08
WED	6	DEC	2000	14:21:13
WED	6	DEC	2000	14:21:15
WED	6	DEC	2000	14:21:16
WED	6	DEC	2000	14:21:18
WED	6	DEC	2000	14:21:20
WED	6	DEC	2000	14:21:21
WED	6	DEC	2000	14:21:23
WED	6	DEC	2000	14:21:24
WED	6	DEC	2000	14:21:25
WED	6	DEC	2000	14:21:26
WED	6	DEC	2000	14:21:27
WED	6	DEC	2000	14:21:31
WED	6	DEC	2000	14:21:34
WED	6	DEC	2000	14:21:35
WED	6	DEC	2000	14:21:36
WED	6	DEC	2000	14:21:38
WED	6	DEC	2000	14:21:42
WED	6	DEC	2000	14:21:45
WED	6	DEC	2000	14:21:47
WED	6	DEC	2000	14:21:48
WED	6	DEC	2000	14:21:49
WED	6	DEC	2000	14:21:50
WED	6	DEC	2000	14:21:51
WED	6	DEC	2000	14:21:51
WED	6	DEC	2000	14:21:53
WED	6	DEC	2000	14:21:55
WED	6	DEC	2000	14:21:56
WED	6	DEC	2000	14:21:58
WED	6	DEC	2000	14:21:59
WED	6	DEC	2000	14:22:00
WED	6	DEC	2000	14:22:01
WED	6	DEC	2000	14:22:03
WED	6	DEC	2000	14:22:04
WED	6	DEC	2000	14:22:05
WED	6	DEC	2000	14:22:06
WED	6	DEC	2000	14:22:10
WED	6	DEC	2000	14:22:15
WED	6	DEC	2000	14:22:15
WED	6	DEC	2000	14:22:16
WED	6	DEC	2000	14:22:45
WED	6	DEC	2000	14:23:01
WED	6	DEC	2000	14:23:02
WED	6	DEC	2000	14:23:03
WED	6	DEC	2000	14:23:04
WED	6	DEC	2000	14:23:06
WED	6	DEC	2000	14:23:06
WED	6	DEC	2000	14:23:08
WED	6	DEC	2000	14:23:08
WED	6	DEC	2000	14:23:09
WED	6	DEC	2000	14:23:10

WED	6	DEC	2000	14:23:12
WED	6	DEC	2000	14:23:12
WED	6	DEC	2000	14:23:13
WED	6	DEC	2000	14:23:16
WED	6	DEC	2000	14:23:20
WED	6	DEC	2000	14:23:20
WED	6	DEC	2000	14:23:24
WED	6	DEC	2000	14:23:27
WED	6	DEC	2000	14:23:31
WED	6	DEC	2000	14:23:32
WED	6	DEC	2000	14:23:33
WED	6	DEC	2000	14:23:35
WED	6	DEC	2000	14:23:38
WED	6	DEC	2000	14:23:39
WED	6	DEC	2000	14:23:39
WED	6	DEC	2000	14:23:46
WED	6	DEC	2000	14:23:52
WED	6	DEC	2000	14:23:56
WED	6	DEC	2000	14:23:57
WED	6	DEC	2000	14:24:04
WED	6	DEC	2000	14:24:04
WED	6	DEC	2000	14:24:07
WED	6	DEC	2000	14:24:10
WED	6	DEC	2000	14:24:12
WED	6	DEC	2000	14:24:14
WED	6	DEC	2000	14:24:17
WED	6	DEC	2000	14:24:18
WED	6	DEC	2000	14:24:22
WED	6	DEC	2000	14:24:23
WED	6	DEC	2000	14:24:25
WED	6	DEC	2000	14:24:26
WED	6	DEC	2000	14:24:26
WED	6	DEC	2000	14:24:29
WED	6	DEC	2000	14:24:29
WED	6	DEC	2000	14:24:31
WED	6	DEC	2000	14:24:36
WED	6	DEC	2000	14:24:36
WED	6	DEC	2000	14:24:37
WED	6	DEC	2000	14:24:37
WED	6	DEC	2000	14:24:38
WED	6	DEC	2000	14:24:39
WED	6	DEC	2000	14:24:40
WED	6	DEC	2000	14:24:41
WED	6	DEC	2000	14:24:43
WED	6	DEC	2000	14:24:44
WED	6	DEC	2000	14:24:46
WED	6	DEC	2000	14:24:48
WED	6	DEC	2000	14:24:51
WED	6	DEC	2000	14:24:52
WED	6	DEC	2000	14:24:53
WED	6	DEC	2000	14:24:55
WED	6	DEC	2000	14:24:55
WED	6	DEC	2000	14:25:03
WED	6	DEC	2000	14:25:04

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
2	2	1	3

WED	6	DEC	2000	14:25:05
WED	6	DEC	2000	14:25:09
WED	6	DEC	2000	14:25:12
WED	6	DEC	2000	14:25:14
WED	6	DEC	2000	14:25:16
WED	6	DEC	2000	14:25:16
WED	6	DEC	2000	14:25:20
WED	6	DEC	2000	14:25:21
WED	6	DEC	2000	14:25:22
WED	6	DEC	2000	14:25:37
WED	6	DEC	2000	14:25:42
WED	6	DEC	2000	14:25:47
WED	6	DEC	2000	14:25:48
WED	6	DEC	2000	14:25:48
WED	6	DEC	2000	14:25:49
WED	6	DEC	2000	14:25:54
WED	6	DEC	2000	14:25:56
WED	6	DEC	2000	14:25:57
WED	6	DEC	2000	14:25:57
WED	6	DEC	2000	14:25:58
WED	6	DEC	2000	14:26:00
WED	6	DEC	2000	14:26:03
WED	6	DEC	2000	14:26:04
WED	6	DEC	2000	14:26:04
WED	6	DEC	2000	14:26:07
WED	6	DEC	2000	14:26:08
WED	6	DEC	2000	14:26:10
WED	6	DEC	2000	14:26:12
WED	6	DEC	2000	14:26:13
WED	6	DEC	2000	14:26:14
WED	6	DEC	2000	14:26:21
WED	6	DEC	2000	14:26:21
WED	6	DEC	2000	14:26:29
WED	6	DEC	2000	14:26:30
WED	6	DEC	2000	14:26:32
WED	6	DEC	2000	14:26:33
WED	6	DEC	2000	14:26:35
WED	6	DEC	2000	14:26:36
WED	6	DEC	2000	14:26:38
WED	6	DEC	2000	14:26:39
WED	6	DEC	2000	14:26:42
WED	6	DEC	2000	14:26:46
WED	6	DEC	2000	14:26:50
WED	6	DEC	2000	14:26:50
WED	6	DEC	2000	14:26:58
WED	6	DEC	2000	14:26:59
WED	6	DEC	2000	14:27:00
WED	6	DEC	2000	14:27:01
WED	6	DEC	2000	14:27:04
WED	6	DEC	2000	14:27:06
WED	6	DEC	2000	14:27:08
WED	6	DEC	2000	14:27:11
WED	6	DEC	2000	14:27:13
WED	6	DEC	2000	14:27:21

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
2	3	2	5

WED 6 DEC 2000 14:27:21
 WED 6 DEC 2000 14:27:22
 WED 6 DEC 2000 14:27:23
 WED 6 DEC 2000 14:27:24
 WED 6 DEC 2000 14:27:27
 WED 6 DEC 2000 14:27:27
 WED 6 DEC 2000 14:27:32
 WED 6 DEC 2000 14:27:35
 WED 6 DEC 2000 14:27:35
 WED 6 DEC 2000 14:27:36
 WED 6 DEC 2000 14:27:37
 WED 6 DEC 2000 14:27:40
 WED 6 DEC 2000 14:27:43
 WED 6 DEC 2000 14:27:44
 WED 6 DEC 2000 14:27:49
 WED 6 DEC 2000 14:27:51
 WED 6 DEC 2000 14:27:56
 WED 6 DEC 2000 14:27:57
 WED 6 DEC 2000 14:28:00
 WED 6 DEC 2000 14:28:01
 WED 6 DEC 2000 14:28:02
 WED 6 DEC 2000 14:28:05
 WED 6 DEC 2000 14:28:07
 WED 6 DEC 2000 14:28:12
 WED 6 DEC 2000 14:28:15
 WED 6 DEC 2000 14:28:15
 WED 6 DEC 2000 14:28:18
 WED 6 DEC 2000 14:28:21
 WED 6 DEC 2000 14:28:21
 WED 6 DEC 2000 14:28:26
 WED 6 DEC 2000 14:28:26
 WED 6 DEC 2000 14:28:27
 WED 6 DEC 2000 14:28:45
 WED 6 DEC 2000 14:28:46

ΒΑΣ ΣΟΦΙΑΣ		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ	
Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά	Λεωφορεία / τρόλεϊ	Επιβατικά
1	2	1	7

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την μεταφορά των δεδομένων από το Psion organiser στο πρόγραμμα Excel του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι το ακόλουθο:

```
LOCAL A$(1)
CREATE"A:LAG",A,TYPE$,DAT$
CLS
DO
A$=KEY$
IF A$="B"
PRINT"N",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="M"
PRINT"M",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="D"
PRINT"D",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="P"
PRINT"P",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="Z"
PRINT"Z",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="L"
PRINT"L",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ELSEIF A$="X"
PRINT"X",HOUR;";";MINUTE;";";SECOND
A.TYPE$=A$
A.DAT$=DATIM$
APPEND
ENDIF
UNTIL A$="Y"
GET
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Υπολογισμός του συντελεστή μετατροπής των λεωφορείων και τρόλεϊ της Βασιλίσσης Σοφίας σε επιβατικά οχήματα, όταν χρησιμοποιούνται σαν ανεξάρτητη μεταβλητή και τα επιβατικά οχήματα της Πανεπιστημίου.

Συσχετίσεις (Correlations)

	ΜΕΑ	Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	Επιβατικά Πανεπιστημίου
ΜΕΑ	1,000	0,715	-0,476
Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	0,715	1,000	-0,755
Επιβατικά Πανεπιστημίου	-0,476	-0,755	1,000

Στατιστικά Στοιχεία Προτύπου

Μοντέλο	R	R ²	προσαρμοσμένο R ²	σφάλμα της πρόβλεψης
1	0,722	0,521	0,434	0,4202

Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA)

Μοντέλο		Άθροισμα Τετραγώνων	df	Μέση τιμή του τετραγώνου	F	Sig.
1	Γραμμικότητα	2,111	2	1,055	5,978	,017
	Υπόλοιπο	1,942	11	,177		
	Σύνολο	4,053	13			

Μεταβλητές μέσα στην εξίσωση (Coefficients)

		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
Model		B	Std. Error	Beta		
	Σταθερός όρος	1,083	0,441		2,458	0,032
	Λεωφορεία / Τρόλεϊ Πανεπιστημίου	3,297E-03	0,001	0,827	2,599	0,025
	Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου	3,378E-04	0,001	0,148	0,466	0,650

Συντελεστής μετατροπής βαρέων οχημάτων σε ΜΕΑ, α =

$$1,083 + 3,297 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{Λεωφορεία και τρόλεϊ της Πανεπιστημίου}) + 3,378 \cdot 10^{-4} \cdot (\text{Επιβατικά οχήματα Πανεπιστημίου})$$