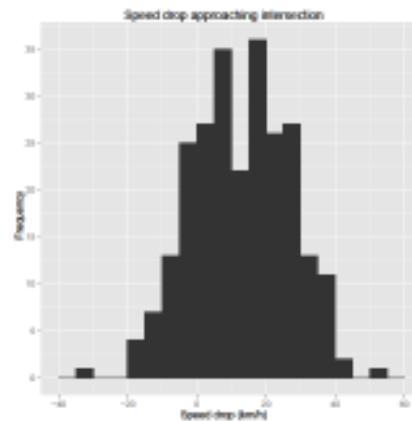




Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής και
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διερεύνηση Συμπεριφοράς οδηγών ως προς την Ταχύτητα
κατά την Προσέγγιση σε Μη-Σηματοδοτούμενο Κόμβο



ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΚΩΣΤΑΣ
06105003



**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής και
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Διερεύνηση Συμπεριφοράς Οδηγών ως προς την Ταχύτητα
κατά την Προσέγγιση σε Μη-Σηματοδοτούμενο Κόμβο**

**ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΚΩΣΤΑΣ
06105003**

**Επιβλέπων:
Επικ. Καθ. Κωνσταντίνος Αντωνίου**

ΑΘΗΝΑ 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις παραμέτρους που σχετίζονται με την οδική συμπεριφορά κατά την προσέγγιση σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο, ως προς την ταχύτητα των οχημάτων. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε η μείωση της ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον κόμβο. Αρχικά πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων ως προς τις οποίες θα εξεταζόταν η μεταβολή της ταχύτητας, ενώ στην συνέχεια έγινε επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων και αναπτύχθηκαν στατιστικά μοντέλα, βάσει των οποίων προέκυψαν τα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα προέκυψε ότι οι οδηγοί άνω των 65 χρόνων είναι πιο προσεκτικοί κατά την προσέγγιση σε κόμβο, ακολουθούμενοι από τους οδηγούς που ανήκουν στις ηλικιακές ομάδες 25-45 και 45-65, καθώς και ότι η χρονοαπόσταση αποτελεί βασικό παράγοντα επιρροής της οδικής συμπεριφοράς. Ακόμη η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος είναι σημαντική, αλλά ακόμα πιο σημαντική είναι η κίνηση που επιλέγει ο οδηγός του τρέχοντος οχήματος για την μείωση της ταχύτητας. Τέλος οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί με τα φορτηγά, παρά με οποιοδήποτε άλλο τύπο οχήματος, ενώ δεν είναι σχεδόν καθόλου προσεκτικοί με τους μοτοσικλετιστές.

ABSTRACT

This research explores factors associated with driver's behavior at unsignalized intersections, focusing on vehicles' speed. For this purpose, the decrease of speed during the approach to the intersection has been studied. First, data have been collected for the identification of the factors that influence the change of speed. Next the above data has been processed and statistic models have been developed, based on which the conclusions were drawn. It turns out that the drivers over 65 years old are more careful when approaching the intersection, followed by drivers belonging to age groups of 25-45 and 45-65. In addition, time headway has a major influence on drivers' behavior; similarly the movement of the preceding vehicle, as well as the direction of movement of the current vehicle has been found to play a role. Last but not least, drivers appear to be more careful with trucks than with any other vehicle type, while the exactly opposite happens when approaching motorcycles.

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στο πλαίσιο του τελικού σταδίου για την απόκτηση διπλώματος του Αγρονόμου και Τοπογράφου Μηχανικού.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Αντωνίου για την βοήθεια και την καθοδήγησή του από τη αρχή ως το τέλος της διεκπεραίωσης της παρούσας μελέτης, καθώς επίσης και στον κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο, που με τις πολύτιμες ιδέες και την βοήθειά του σε γνωστικό επίπεδο, συνέβαλλε σημαντικά. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κ. Σεβαστή Ταπεινάκη, που η βοήθειά της στα πρώτα στάδια της παρούσας μελέτης, ήταν πολύτιμη.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους γονείς μου και στον αδερφό μου, οι οποίοι βρίσκονται στο πλευρό μου πάντοτε, με υλική και ψυχολογική στήριξη. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου, που σε όλα τα χρόνια της φοίτησής μου, μου συμπαραστάθηκαν με ανιδιοτέλεια.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους καθηγητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για όλα όσα μου πρόσφεραν κατά την διάρκεια της φοίτησής μου.

Ευχαριστώ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή	10
1.1 Κίνητρα Έρευνας.....	10
1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....	10
1.3 Συνοπτική Παρουσίαση των Σταδίων.....	11
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	12
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	13
2.1 Ασφάλεια στους Κόμβους.....	13
2.2 Οι Κυκλικοί Κόμβοι ως Μέτρο Ασφάλειας.....	15
2.3 Μελέτες Ασφάλειας Πεζών στους Κόμβους.....	17
2.4 Ο ανθρώπινος παράγοντας.....	20
2.5 Ο Τύπος του Οχήματος.....	20
2.6 Η Προτεραιότητα.....	21
2.7 Επιλογή του Τύπου του Κόμβου.....	21
3. Μεθοδολογία	25
3.1 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων.....	25
3.1.1 Χαρακτηριστικό Διάστημα.....	25
3.1.2 Χαρακτηριστικό Χρονικό Διάστημα.....	26
3.1.3 Χρονοαπόσταση.....	26
3.1.4 Η Ταχύτητα στον Κόμβο.....	27
3.1.5 Επαρκής Ορατότητα Λήψεων.....	28
3.1.6 Ορθή Προβολή.....	28
3.2 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων.....	29
3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση.....	29
3.2.2 Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (Generalized Linear Model).....	31
4. Συλλογή Δεδομένων	34
4.1 Δοκιμαστικές Λήψεις.....	35
4.2 Επιλογή Κόμβου.....	39
4.3 Στάδιο Διεξαγωγής Κανονικών Λήψεων.....	41
4.3.1 Θέση της Βιντεοκάμερας 300m πριν τον Κόμβο.....	43

4.3.2 Θέση της Βιντεοκάμερας στον Κόμβο.....	44
4.3.3 Φωτογραμμετρική Μεθοδολογία.....	48
4.3.3.1 Προεργασία.....	48
4.3.3.2 Επεξεργασία Δεδομένων και Μεταδεδομένων.....	51
5. Ανάπτυξη Μοντέλων και Επεξεργασία.....	55
5.1 Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων.....	56
5.2 Τελικά Μοντέλα.....	62
5.2.1 Απλά Δομημένο Μοντέλο.....	62
5.2.2 Σύνθετο Μοντέλο63	
5.2.3 Σύγκριση Μοντέλων.....	67
6. Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	70
6.1 Βασικά Συμπεράσματα.....	70
6.1.1 Συμπεράσματα σε Επίπεδο Μετρήσεων.....	71
6.1.2 Συμπεράσματα σε Επίπεδο Ανάπτυξης Μοντέλων.....	72
6.2 Προτάσεις.....	73
6.3 Σύνοψη-Βασικά Ευρήματα.....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	78

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Η ταχύτητα των πεζών ανάλογα με την δυσκολία στην κινητική τους κατάσταση.....	17
Πίνακας 2.2: Κριτήρια πεζών σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους, βάσει της μέσης καθυστέρησής τους.....	18
Πίνακας 2.3: Συγκριτικά αποτελέσματα της εφαρμογής κυκλικών κόμβων και κόμβων μορφής σταυρού.....	24
Πίνακας 3.1: Πίνακας των κανονικών συναρτήσεων σύνδεσης και των αντιστρόφων τους.....	32
Πίνακας 4.1: Μεταβολή της ταχύτητας με προσεγγιστική μέθοδο.....	49
Πίνακας 4.2: Δεδομένα και Μεταδεδομένα.....	53
Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα του απλά δομημένου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου.....	63
Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα του σύνθετου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου.....	66

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2.1: Πορεία του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων (1997-2006).....	14
Εικόνα 2.2: Πιθανά σημεία εμπλοκών οχήματος με πεζό, σε κυκλικό κόμβο και σε κόμβο μορφής σταυρού.....	19
Εικόνα 2.3: Τύπος κόμβου βάσει φόρτου.....	23
Εικόνα 3.1: Περιγραφή διαστήματος και σημείων αναφοράς.....	25
Εικόνα 3.2: Περιγραφή χρονοαπόστασης μεταξύ δύο οχημάτων.....	26
Εικόνα 3.3: Περιγραφή διακένου μεταξύ δύο οχημάτων.....	26
Εικόνα 3.4: Σχηματική αναπαράσταση της προβολής σημείων αναφοράς στην βιντεοκάμερα.....	28
Εικόνα 3.5: Παράδειγμα γραμμικής παλινδρόμησης με μία ανεξάρτητη μεταβλητή.....	30
Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής σταδίων Συλλογής Δεδομένων.....	34
Εικόνα 4.2: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής του κόμβου όπου πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμαστικές λήψεις.....	35
Εικόνα 4.3: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 80m πριν τον κόμβο στη Πολυτεχνειούπολη.....	36
Εικόνα 4.4: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής υπό γωνία για τον προσδιορισμό της ταχύτητας και την καλύτερη επόπτευση του κόμβου στη Πολυτεχνειούπολη.....	37
Εικόνα 4.5: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του κόμβου, στη Πολυτεχνειούπολη.....	38
Εικόνα 4.6: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής υποψήφιου κόμβου, στη Νέα Μάκρη.....	39
Εικόνα 4.7: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής εντοπισμού του τελικού Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες.....	40
Εικόνα 4.8: Δορυφορική εικόνα Κόμβου.....	41
Εικόνα 4.9: Ανατολική άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες.....	41
Εικόνα 4.10: Νοτιοδυτική άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες.....	42
Εικόνα 4.11: Βόρεια άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες.....	42
Εικόνα 4.12: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 300m πριν τον Κόμβο.....	43
Εικόνα 4.13: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 300m πριν τον Κόμβο.....	44

Εικόνα 4.14: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου, καθώς και 300m πριν.....	46
Εικόνα 4.15: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου.....	46
Εικόνα 4.16: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου.....	47
Εικόνα 4.17: Χαρακτηριστική περίπτωση αδυναμίας προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του οδηγού, από λήψη στο ύψος του Κόμβου.....	52
Εικόνα 5.1: Μείωση της ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον κόμβο.....	56
Εικόνα 5.2: Η Χρονοαπόσταση στα 300m πριν τον κόμβο.....	57
Εικόνα 5.3: Αναλογία των ηλικιακών κατηγοριών.....	58
Εικόνα 5.4: Αναλογία ανδρών/γυναϊκών.....	58
Εικόνα 5.5: Αναλογία σε ΙΧ.....	59
Εικόνα 5.6: Αναλογία σε βαρέα οχήματα.....	59
Εικόνα 5.7: Αναλογία των τύπων των οχημάτων στο σύνολο του δείγματος.....	60
Εικόνα 5.8: Διάγραμμα συσχέτισης της μείωσης της ταχύτητας, με την ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο.....	61
Εικόνα 5.9: Διάγραμμα συσχέτισης της ταχύτητας στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, με την Χρονοαπόσταση στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο.....	61
Εικόνα 5.10: Διαγνωστικά απλού.....	67
Εικόνα 5.11: Διαγνωστικά σύνθετου.....	67
Εικόνα 5.12: Γράφημα των διακυμάνσεων των παραμέτρων του απλά δομημένου και του σύνθετου μοντέλου.....	69

1. Εισαγωγή

1.1 Κίνητρα Έρευνας

Η συγκεκριμένη μελέτη εκπονήθηκε καταρχήν, εκτός από τους λόγους της αφομοίωσης γνώσης και τεχνογνωσίας για τον υποφαινόμενο στο πλαίσιο μίας Διπλωματικής Εργασίας, και για την συμβολή με κάποιο τρόπο στο πάντα επίκαιρο θέμα των ατυχημάτων στους κόμβους, και συγκεκριμένα στους ισόπεδους μη σηματοδοτούμενους. Η θεωρία υποστηρίζει, αλλά και η πράξη επιβεβαιώνει, με τον πιο σκληρό ίσως τρόπο, την συσσώρευση των περισσότερων αλλά και των σοβαρότερων ατυχημάτων στις περιοχές του οδικού δικτύου όπου υπάρχουν κόμβοι.

Κίνητρο λοιπόν της συγκεκριμένης έρευνας αποτελεί η επιθυμία για βελτίωση της επικρατούσας κατάστασης μέσα από τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη της οδικής συμπεριφοράς αναφορικά με την ταχύτητα των οχημάτων που αναπτύσσεται στους κόμβους. Τα συγκεκριμένα συμπεράσματα και οι συγκεκριμένες προτάσεις που τα ακολουθούν είναι δυνατόν να βοηθήσουν είτε μέσα από μία εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών, είτε ως αφορμή και βάση για μία περαιτέρω έρευνα στον συγκεκριμένο τομέα, είτε ακόμα και σαν συμβολή ως συσσωρευμένη γνώση για την βελτίωση των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ).

Στις περιπτώσεις των ισόπεδων μη σηματοδοτούμενων κόμβων η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων αναδεικνύεται σε σημαντικό παράγοντα όχι μόνο ελαχιστοποίησης της σοβαρότητας ενός ατυχήματος, αλλά ακόμα και της αποφυγής του. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες αποτροπής ατυχημάτων όπως η σηματοδότηση, καθώς επίσης και ο σωστός σχεδιασμός του κόμβου, όπως για παράδειγμα μέσα από την διαμόρφωση νησίδων που κατευθύνουν τους οδηγούς. Η απουσία των παραπάνω παραγόντων λειτουργεί με επικίνδυνο τρόπο τόσο για τους οδηγούς, όσο και για τους πεζούς.

Σήμερα, ο παράγοντας της ταχύτητας συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό, αν όχι στο μεγαλύτερο, στην τέλεση ατυχημάτων, ενώ είναι ο κύριος παράγοντας καθορισμού της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Είναι ανάγκη λοιπόν, τα οχήματα να μειώνουν ταχύτητα όταν διασχίζουν κόμβους.

Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ταχύτητας των οχημάτων όταν αυτά προσεγγίζουν ένα ισόπεδο μη σηματοδοτούμενο κόμβο διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Αυτή η διαφοροποίηση έχει να κάνει με την μορφολογία της κάθε περιοχής, αλλά και το επίπεδο εξυπηρέτησης του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα δρόμου. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιοι γενικοί κανόνες, που μπορούν να εφαρμοσθούν για ένα αρκετά μεγάλο αριθμό κόμβων.

1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπό της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί ο προσδιορισμός των παραμέτρων που επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών κατά την προσέγγισή τους σε ισόπεδο μη-σηματοδοτούμενο κόμβο, καθώς επίσης και ο τρόπος ή οι τρόποι

με τους οποίους σχετίζονται. Για τον λόγο αυτό θα μελετηθεί η κύρια από τις μεταβλητές της οδικής συμπεριφοράς, αυτή της ταχύτητας.

Ειδικότερα, η συγκεκριμένη μελέτη εξετάζει την επίδραση διαφόρων παραγόντων στην διαφορά της μέσης ταχύτητας που προκύπτει για τα οχήματα, σε μία απόσταση από τον κόμβο τέτοια που η οδική συμπεριφορά να μην επηρεάζεται από τον τελευταίο, και της μέσης ταχύτητας στο ύψος του κόμβου. Μέσα από την πειραματική διαδικασία η απόσταση από τον κόμβο προσδιορίστηκε ότι είναι περίπου 300m. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων των παραμέτρων και της μεταβλητής σε ισόπεδο μη-σηματοδοτούμενο κόμβο, ενώ στην συνέχεια με χρήση στατιστικών μοντέλων αναλύθηκαν οι συσχετισμοί της εξεταζόμενης μεταβλητής με τις παραμέτρους.

Από την παραπάνω ανάλυση προέκυψαν συσχετισμοί ανάμεσα στην μεταβολή της ταχύτητας των οχημάτων και στις παραμέτρους της ηλικίας των οδηγών, του τύπου του προπορευόμενου οχήματος, την χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα τόσο στο ύψος του κόμβου όσο και 300m πριν, την κίνηση του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου, καθώς επίσης και με την παράμετρο της κίνησης του υπό εξέταση οχήματος.

Έτσι μετά από συλλογή υλικού από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία πάνω σε ανάλογα θέματα μελετών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του υποβάθρου για την επιλογή της μεθοδολογίας τόσο για το στάδιο της συλλογής και επεξεργασίας των δεδομένων, όσο και για το στάδιο της ανάλυσης και ανάπτυξης των στατιστικών μοντέλων.

1.3 Συνοπτική Παρουσίαση των Σταδίων

Αρχικά ετίθετο το θέμα της επιλογής των παραμέτρων, που είναι δυνατόν να επηρεάζουν σε ένα υπολογίσιμο βαθμό την μεταβολή της ταχύτητας των οχημάτων και κατ'επέκταση την συμπεριφορά των οδηγών. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε διερεύνηση και ανάλυση της ελληνικής και διεθνούς βιβλιογραφίας, οδηγώντας με την σειρά της στο συμπέρασμα πως παράμετροι όπως:

- η ηλικία των οδηγών, το φύλο των οδηγών,
- ο τύπος του υπό εξέταση οχήματος,
- ο τύπος του προπορευόμενου αλλά και του επερχόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου αλλά και 300m πριν,
- η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο και το επερχόμενο όχημα στο ύψος του κόμβου αλλά και 300m πριν καθώς επίσης και
- οι κινήσεις του προπορευόμενου και του επερχόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου,

είναι πολύ πιθανό να επηρεάζουν την μεταβολή της ταχύτητας των οχημάτων, η κάθε μία με τον δικό της βέβαια τρόπο.

Αφού πραγματοποιήθηκε η επιλογή των παραμέτρων, επόμενο βήμα ήταν η επιλογή του τρόπου συλλογής των δεδομένων. Σημαντικό ρόλο σε αυτή την επιλογή έπαιξε το γεγονός ότι τόσο τα χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης μεταβλητής, όσο αυτά των παραμέτρων επέβαλλαν την συλλογή συνεχούς πληροφορίας. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η καταγραφή τους με χρήση βιντεοκάμερας. Αρχικά πραγματοποιήθηκαν

δοκιμαστικές λήψεις στον χώρο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, ενώ στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι κανονικές λήψεις σε κόμβο στην περιοχή των Θρακομακεδόνων.

Το επόμενο στάδιο ήταν η επεξεργασία των δεδομένων και των μεταδεδομένων, όπως αυτά είχαν προκύψει από την ανάλυση των λήψεων της βιντεοκάμερας. Για την ανάπτυξη των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι. Ο ένας ήταν αυτός της ανάπτυξης με γραμμική παλινδρόμηση, ενώ ο άλλος το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο αποτελεί μία επέκταση της προηγούμενης μεθόδου. Με την ανάπτυξη των στατιστικών αυτών μοντέλων προέκυψαν συγκεκριμένα συμπεράσματα, τα οποία αναλύονται στο έκτο κεφάλαιο της παρούσας έρευνας.

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία απαρτίζεται από έξι (6) κεφάλαια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, σε άρθρα, μελέτες και εργασίες με αντίστοιχα ή ανάλογα θέματα. Συμπεριλαμβάνονται συμπεράσματα από μελέτες σχετικές με την ασφάλεια στους κόμβους, την ασφάλεια των πεζών στους κόμβους, την περίπτωση των κυκλικών κόμβων ως μέτρο ασφάλειας, καθώς επίσης και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν τις κυκλοφοριακές συνθήκες όπως ο τύπος του οχήματος, η προτεραιότητα και η επιλογή του τύπου του κόμβου.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται η μεθοδολογία συλλογής δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των ορισμών των παραμέτρων, καθώς επίσης και η μεθοδολογία ανάπτυξης των στατιστικών μοντέλων με αναφορά στην μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης και στο γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM, Generalized Linear Model).

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά το στάδιο της συλλογής δεδομένων, από την φάση των δοκιμαστικών λήψεων έως και την ανάλυση των κανονικών λήψεων. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται αναλυτικά η φάση των δοκιμαστικών λήψεων, η φάση κατά την οποία έγινε η επιλογή του κόμβου, το στάδιο διεξαγωγής των κανονικών λήψεων, καθώς επίσης και η φωτογραμμετρική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των λήψεων από τις βιντεοκάμερες, συμπεριλαμβανομένου και του σταδίου της προεργασίας πεδίου.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάπτυξη των μοντέλων και η επεξεργασία τους. Ειδικότερα, συμπεριλαμβάνει το στάδιο της διερευνητικής ανάλυσης των μοντέλων όπου παρουσιάζεται όλη η διαδικασία μετεξέλιξης των μοντέλων, φτάνοντας στα τελικά μοντέλα, το απλά δομημένο και το σύνθετο γενικευμένο γραμμικό μοντέλο με τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το καθένα.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω αποτελέσματα, ενώ γίνονται και προτάσεις βασισμένες στα παραπάνω συμπεράσματα για μέτρα και πολιτικές που μπορούν να εφαρμοσθούν βελτιώνοντας την κατάσταση σε ένα πρώτο στάδιο στο συγκεκριμένο κόμβο και κατ' επέκταση και σε άλλους κόμβους με ανάλογα χαρακτηριστικά.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η δομή και η λειτουργία της πολιτείας, η συμπεριφορά του πολίτη και του κοινωνικού συνόλου, ο βαθμός ανάπτυξης και γενικά ο πολιτισμός σε μια χώρα, κρίνεται μεταξύ άλλων, από το δείκτη των τροχαίων ατυχημάτων, που έχει η χώρα αυτή. Οι παράμετροι που το επηρεάζουν, οι δυσμενείς επιπτώσεις του στο σύνολο, των δραστηριοτήτων της χώρας και τα στοιχεία που καθημερινά καταγράφονται, αποτελούν αδιάψευστο γεγονός, ότι υπάρχει έντονο πρόβλημα οδικής ασφάλειας, που επιζητά άμεση λύση.

2.1 Ασφάλεια στους Κόμβους

Η επίγνωση των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών ενός κόμβου, αλλά και των συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν από αυτά ακριβώς τα χαρακτηριστικά σε συνδυασμό τους με ένα πλήθος άλλων παραμέτρων, μπορούν να προσφέρουν πολλά και να συμβάλλουν σημαντικά στο σχεδιασμό είτε αστικών, είτε υπεραστικών κόμβων.

Σύμφωνα με την έκθεση Technical Committee on Road Safety (Road Safety manual World Road Association, 2003 PIARC), πολλοί οδηγούν μηχανικά και όταν αντιμετωπίζουν δυσκολίες αντιδρούν βασισμένοι στην εμπειρία τους. Άνθρωποι που κάθε μέρα κάνουν την ίδια διαδρομή έχουν τόσο πολύ εξοικειωθεί με τον περιβάλλοντα χώρο, ώστε δεν παρατηρούν ουσιώδεις διαφορές στις διαμορφώσεις των κόμβων κατά μήκος της διαδρομής. Οδηγοί που για πρώτη φορά οδηγούν σε μία περιοχή ξαφνιάζονται από την έλλειψη ομοιομορφίας στην αντιμετώπιση π.χ. ύπαρξη λωρίδας αριστερής στροφής. Τα περισσότερα λάθη των οδηγών ξεκινούν από συνδυασμό παραγόντων που κάνουν περίπλοκες τις υποχρεώσεις του οδηγού όπως :

- Έλεγχος αυτοκινήτου
- Οδήγηση και αναγνώριση πορείας

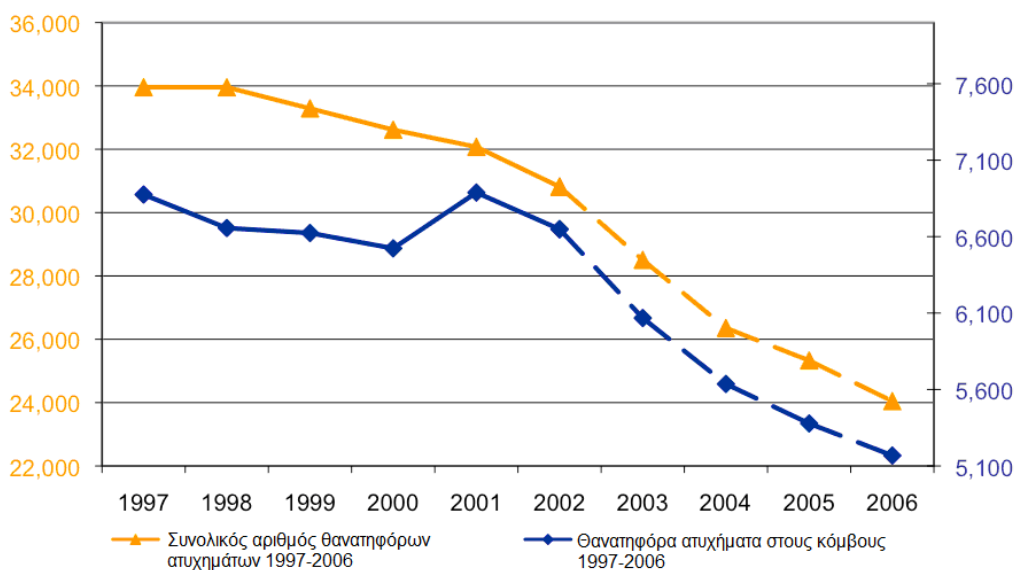
Αυτά πρέπει να ολοκληρωθούν σε μικρό χρονικό διάστημα και μάλιστα σε κίνηση.

Η εμπειρία από την μετατροπή απλών κόμβων σε κόμβους με αλλαγές στις προτεραιότητες έχει δείξει αύξηση του δείκτη ατυχημάτων σε δρόμους με υψηλούς φόρτους ειδικά όταν το οδόστρωμα είναι στενό. Η μελέτη «The safety implications of some control changes at urban intersections» (Frith and Harte, 1986) έδειξε:

- Μετατροπή τρισκελούς κόμβου με σήμανση προτεραιότητας σε σηματοδοτούμενο κόμβο δεν βελτιώνει την ασφάλεια σημαντικά.
- Μετατροπή τετρασκελούς κόμβου με σήμανση προτεραιότητας σε σηματοδοτούμενο μειώνει σημαντικά και τον αριθμό αλλά και την σοβαρότητα των συγκρούσεων
- Μετατροπή τετρασκελούς κόμβου με προτεραιότητες από δεξιά σε σηματοδοτούμενους μειώνει σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων αλλά όχι την σοβαρότητα

Φαίνεται ότι αυτή η διαφορά οφείλεται στην διαφορά σχήματος μεταξύ τρισκελούς και τετρασκελούς κόμβου και στις διαφορές ταχυτήτων μεταξύ των κόμβων δεξιάς προτεραιότητας και σηματοδότησης. Υπάρχει επίσης διαφορά και λόγω φόρτων. Οι μεγάλες βελτιώσεις αντιστοιχούν σε δευτερεύοντες δρόμους με σχετικά υψηλούς φόρτους.

Χαρακτηριστικά είναι και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει και η μελέτη «Comparative analysis of junction safety in Europe» (Antonίου C., and others, 2010). Συγκεκριμένα, στην Ευρώπη το 25% των θανάσιμων οδικών ατυχημάτων λαμβάνει χώρα σε κόμβους διαφόρων τύπων, με τα υψηλότερα ποσοστά να έχουν παρατηρηθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο (34%) και τα χαμηλότερα στην Ελλάδα (<10%). Κατά την διάρκεια όμως της περιόδου 1997-2006, παρατηρήθηκε μία μείωση της τάξης του 25% στα ατυχήματα στους κόμβους. Οι τιμές όμως κυμαίνονται μεταξύ της μείωσης 60% των συγκεκριμένων ατυχημάτων για την Γαλλία και αύξηση 35% για την Ελλάδα.



Εικόνα 2.1: Πορεία του αριθμού των θανατηφόρων ατυχημάτων (1997-2006)

ΠΗΓΗ: Comparative analysis of junction safety in Europe (Antonίου C., and others, 2010)

Στην εικόνα 2.1, παρουσιάζονται σε περιληπτική μορφή τα θανατηφόρα ατυχήματα και πορεία τους για το χρονικό διάστημα 1997-2006. Η τεθλασμένη γραμμή, πορτοκαλί χρώματος, αντιπροσωπεύει το σύνολο των θανατηφόρων οδικών ατυχημάτων, ενώ η τεθλασμένη γραμμή, μπλε χρώματος αντιπροσωπεύει τα θανατηφόρα ατυχήματα που έλαβαν χώρα σε κόμβους.

Στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε κατανομή των θανατηφόρων ατυχημάτων ανάλογα με το είδος του κόμβου αλλά και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης, δηλαδή ως προς το είδος των περιοχών που έλαβαν χώρα τα ατυχήματα, ως προς το μοντέλο των μεταφορών, ως προς τις καιρικές συνθήκες και τις συνθήκες φωτισμού, καθώς επίσης και ως προς τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά.

Σχετικά με το είδος των περιοχών, διαχωρίζονταν σε αστικές και μη αστικές. Αναφορικά με το μοντέλο των μεταφορών, ελέγχονταν τα ποσοστά των πεζών, των κατόχων φορτηγών και των δικυκλιστών που μετείχαν σε θανατηφόρα ατυχήματα. Συγκεκριμένα ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων με πεζούς ήταν σημαντικά μεγαλύτερος σε χώρες όπως η Εσθονία και η Πολωνία, συγκριτικά με τον μέσο όρο

των 16 Ευρωπαϊκών χωρών, αφού τα ποσοστά για αυτές τις δύο χώρες ήταν αντίστοιχα 41.7% και 35.5%, όταν ο μέσος όρος ήταν 19.5%. Επιπρόσθετα σε μερικές χώρες, όπως το Βέλγιο και η Πορτογαλία, τα θανατηφόρα ατυχήματα στα οποία εμπλέκονται δικυκλιστές αγγίζει το 45%, ενώ στην Ολλανδία αγγίζει το 55%.

Τα συμπεράσματα της παραπάνω μελέτης συνοψίζονται ως εξής:

- Το 47% των θανάσιμων ατυχημάτων σε κόμβους για το έτος 2006 σημειώθηκε σε διασταυρώσεις, το 22% σε κόμβους τύπου T ή Y, ενώ μόλις το 5% έλαβε χώρα σε κυκλικούς κόμβους.
- Στο 40% περίπου των θανατηφόρων ατυχημάτων που έλαβαν χώρα στις Ευρωπαϊκές χώρες που εξετάζονταν, συμμετείχαν κάτοχοι αυτοκινήτων ή ταξί, στο 35% συμμετείχαν μοτοσικλετιστές και στο 20% πεζοί. Στα περισσότερα από τα μισά θανατηφόρα ατυχήματα στην Ολλανδία συμμετείχαν μοτοσικλετιστές, η υψηλότερη αναλογία που παρατηρήθηκε συγκριτικά με τις άλλες 15 χώρες. Στην Πορτογαλία ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων στα οποία συμμετέχουν κάτοχοι φορτηγών είναι πέντε φορές πάνω από τον μέσο όρο.
- Η εμπλοκή των γυναικών οδηγών στα ατυχήματα στους κόμβους είναι σημαντικά μικρότερη από την εμπλοκή των οδηγών, που είναι άντρες (86% του συνόλου των οδηγών) και των πεζών, που είναι άντρες (60% του συνόλου των πεζών), το οποίο πιθανόν να οφείλεται στην περισσότερη έκθεση των οδηγών που είναι άντρες.
- Σχεδόν το ένα τέταρτο των θανατηφόρων ατυχημάτων στους κόμβους σημειώνονται τη νύχτα, κάπως μικρότερο από την αναλογία των θανατηφόρων ατυχημάτων που λαμβάνουν χώρα τη νύχτα ως προς τον συνολικό αριθμό των ατυχημάτων (σχεδόν το ένα τρίτο όλων των θανατηφόρων ατυχημάτων).

2.2 Οι κυκλικοί κόμβοι ως μέτρο ασφάλειας

Οι κόμβοι αποτελούν κρίσιμα σημεία του οδικού δικτύου. Είναι τα σημεία, όπου οι οδηγοί επιλέγουν διαδρομές ώστε να πραγματοποιούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί προελεύσεων-προορισμών με το ελάχιστο δυνατό δίκτυο.

Σύμφωνα με έκθεση του έργου SUPREME (Βέλτιστες Πρακτικές Οδικής Ασφάλειας: Εγχειρίδιο Μέτρων σε Επίπεδο Χώρας, 2007), οι κόμβοι χαρακτηρίζονται από υψηλότερο ποσοστό ατυχημάτων σε σχέση με άλλα οδικά τμήματα λόγω του μεγαλύτερου αριθμού εν δυνάμει σημείων σύγκρουσης. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, συνήθως προτείνεται ο σχεδιασμός ανισόπεδων κόμβων. Πολλές φορές όμως η κατασκευή τους, για διάφορους λόγους δεν είναι εφικτή. Σε αυτές τις περιπτώσεις, σε πολλά κράτη-μέλη τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να δίνεται βάρος στην κατασκευή κυκλικών κόμβων με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Σήμερα, σύμφωνα με την παραπάνω έκθεση του έργου SUPREME, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες έχουν στραφεί στην υιοθέτηση του παραπάνω μέτρου. Συγκεκριμένα από το 1986 πάνω από 2000 κυκλικοί κόμβοι κατασκευάστηκαν στην Ολλανδία, ενώ η Σουηδία που στις αρχές της δεκαετίας του '80 είχε μόνο 150 κυκλικούς κόμβους, σήμερα έχει φτάσει τους 2000. Χαρακτηριστικό στοιχείο των κυκλικών κόμβων είναι η μείωση της ταχύτητας κατά την είσοδο στο κόμβο, καθώς

και η μείωση της πιθανότητας ατυχημάτων λόγω μετωπικών ή άλλων συγκρούσεων. Μία ακόμη δυνατότητα των κυκλικών κόμβων αποτελεί η διευθέτηση και η διοχέτευση μεγαλύτερου αριθμού οχημάτων, συγκριτικά με την απλή διάταξη παραχώρησης προτεραιότητας ή τους σηματοδοτούμενους κόμβους. Θεωρητικά, ένας οδηγός που προσεγγίζει κυκλικό κόμβο είναι αναγκασμένος να μειώσει περισσότερο την ταχύτητα του οχήματός του, από ότι θα ήταν σε ένα τυπικό κόμβο. Αυτό αμέσως μειώνει και την σφοδρότητα της σύγκρουσης σε περίπτωση ατυχήματος.

Μία ακόμη πολιτική που εφαρμόζεται όμως σε περιπτώσεις οικιστικών περιοχών, όπου έχουμε πεζούς και ποδηλάτες, είναι η επιβολή χαμηλών ταχυτήτων με τοποθέτηση φυσικών εμποδίων, όπως μείωση του πλάτους μίας οδού ή σαμαράκια. Μία μελέτη στην Αγγλία έδειξε ότι με τους ίδιους φόρτους έχουμε λιγότερα ατυχήματα σε κυκλικούς κόμβους από ότι σε σηματοδοτούμενους. Έρευνα του Brillon το 1991 επιβεβαίωσε αυτή την τάση για μεσαίους κυκλικούς κόμβους (διάμετρος < 40 μ.) βασισμένη σε διαφορετικό δείκτη (αριθμός ατυχημάτων –φόρτος προσέγγισης). Για παλαιότερους κυκλικούς κόμβους (μεγάλη διάμετρος), ο αριθμός των ατυχημάτων είναι μεγαλύτερος από ότι στους σηματοδοτούμενους κόμβους, η σοβαρότητα όμως είναι μικρότερη.

Σύμφωνα με την έκθεση Technical Committee on Road Safety (Road Safety manual World Road Association, 2003, PIARC), η επικινδυνότητα στους κυκλικούς κόμβους είναι μικρή. Οι τραυματισμοί είναι λιγότεροι από ότι σε άλλους τύπου κόμβων όταν η κίνηση στο δευτερεύοντα δρόμο του κόμβου είναι:

- 5% της κίνησης του πρωτεύοντος δρόμου σε τετρασκελή κόμβο
- 10% της κίνησης του πρωτεύοντος δρόμου σε τρισκελή κόμβο.

Τα θανατηφόρα ατυχήματα είναι πολύ λιγότερα από ότι στους άλλους τύπους, αφού και η σοβαρότητα αυτών μειώνεται. Παρ' όλα αυτά πρέπει να δοθεί προσοχή στον σχεδιασμό:

- στις καμπύλες εισόδου για τα εισερχόμενα οχήματα
- στο μέγεθος των κεντρικών νησίδων. Οι μεγάλες κεντρικές νησίδες (διαμέτρου άνω των 30m) είναι λιγότερο ασφαλείς.
- στις θέσεις των πεζών και ποδηλατιστών

Φαίνεται λοιπόν σκόπιμη για λόγους ασφαλείας η μετατροπή κόμβων υψηλών φόρτων σε κυκλικούς ή τουλάχιστον σε σηματοδοτούμενους. Για τους ίδιους λόγους θα πρέπει να γίνονται κυκλικοί οι κύριοι κόμβοι των κατοικημένων περιοχών. Για μικρότερης σημασίας κόμβους, η από δεξιά προτεραιότητα επαρκεί γιατί οι οδηγοί αυξάνουν την προσοχή τους και μειώνουν την ταχύτητα. Ακόμη σημαντικό ρόλο παίζουν στον προσδιορισμό της προτεραιότητας. Στους κυκλικούς κόμβους, διεθνώς έχουν προτεραιότητα οι κινούμενοι στον κόμβο έναντι των εισερχομένων. Το αντίθετο ισχύει στην Ελλάδα. Περισσότερα σκέλη (μέχρι 6) μπορούν να εξυπηρετηθούν και η σοβαρότητα των ατυχημάτων είναι πολύ μικρότερη από ότι στους συμβατικούς κόμβους.

Γενικά πάντως, έχει γίνει αντιληπτό, πως η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων είναι η μεταβλητή που καθορίζει πλέον σε μεγάλο βαθμό την ασφάλεια στους κόμβους και συνεπώς και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους.

2.3 Μελέτες ασφάλειας πεζών στους κόμβους

Δεδομένων των συγκεκριμένων συνθηκών που επικρατούν στους κόμβους, έχει αρχίσει να επικεντρώνεται η προσοχή και σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια των πεζών στην προσπάθειά τους να διασχίσουν δρόμους στο ύψος των κόμβων.

Σύμφωνα με την έκθεση «Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings» (TCRP Report 112/NCHRP Report 562, TRB 2006) του Transportation Research Board of The National Academies των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, προέκυψε ότι υπάρχουν διάφοροι παράμετροι που επηρεάζουν την κατάσταση στους κόμβους, στις περιπτώσεις ύπαρξης πεζών.

Ο καιρός είναι ένας από αυτούς τους παράγοντες. Είναι χαρακτηριστικό ότι το χειμώνα λόγω του ψύχους, αλλά και του βαρύτερου ρουχισμού και της βαρύτερης υπόδησης μειώνεται αισθητά η ταχύτητα που αναπτύσσουν οι πεζοί. Ακόμη η διάπλωση του κάθε ατόμου έρχεται να μας υπενθυμίσει το θέμα του χώρου που επαρκεί για κάθε άτομο. Επομένως, σε κόμβους σε πυκνοκατοικημένες περιοχές ή περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλα εμπορικά κέντρα, ο αριθμός των πεζών αυξάνεται σημαντικά, με αποτέλεσμα να προκύπτουν προβλήματα λειτουργικότητας σε αυτούς λόγω της κατάληψης περισσότερου χώρου από τους πεζούς. Άρα προκύπτουν και μεγαλύτερες πιθανότητες ατυχήματος.

Μία άλλη παράμετρος είναι ο σκοπός της μετακίνησης των πεζών. Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα, η ταχύτητα που αναπτύσσουν οι πεζοί είναι διαφορετική όταν πρόκειται να μετακινηθούν για μία δημόσια εκδήλωση, για αγορές ή απλά για ένα ευχάριστο περίπατο. Συγκεκριμένα η ταχύτητα των πεζών είναι μεγαλύτερη όταν πρόκειται για μία δημόσια εκδήλωση στην συνέχεια μειώνεται όταν πρόκειται για αγορές, ενώ μειώνεται ακόμα περισσότερο όταν πρόκειται για ένα περίπατο.

Ο παράγοντας της ηλικίας σε συνδυασμό με προβλήματα μετακίνησης που μπορεί να έχει ένα άτομο, διαδραματίζει ίσως τον πιο σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της συμπεριφοράς των πεζών. Είναι λογικό το δεδομένο, ότι οι πεζοί που είναι ηλικιωμένοι παρουσιάζουν μειωμένη ταχύτητα συγκριτικά με άλλες ηλικιακές ομάδες. Είναι επίσης λογικό, άτομα με κάποια αναπηρία να κινούνται δυσκολότερα, άρα να αναπτύσσουν χαμηλότερες ταχύτητες.

Πίνακας 2.1: Η ταχύτητα των πεζών ανάλογα με την δυσκολία στην κινητική τους κατάσταση

Βαθμός Δυσκολίας	Μέση Ταχύτητα Βαδίσματος, ft/s (m/s)
Μπαστούνι	2.62 (0.80)
Πεζός	2.07 (0.63)
Αναπηρικό καροτσάκι	3.55 (1.08)
Πρόσθετο Γόνατο	3.50 (1.07)
Ακρωτηριασμός κάτω από το γόνατο	2.46 (0.75)
Ακρωτηριασμός πάνω από το γόνατο	1.97 (0.60)
Αρθρίτιδα στο ισχίο	2.24 to 3.66(0.68 to 1.16)
Ρευματοειδής αρθρίτιδα στο γόνατο	2.46 (0.75)

ΠΗΓΗ: Improving Pedestrian Safety at Unsignalised Crossings (2006) Transportation Research Board of The National Academies, USA

Επίσης μία ιδιαίτερη κατηγορία είναι αυτή των παιδιών. Εκτός του γεγονότος ότι η διάπλασή τους είναι πολύ μικρή, και ως εκ τούτου είναι περισσότερο εκτεθειμένα στον κίνδυνο μίας σύγκρουσης, η συμπεριφορά τους γενικότερα χαρακτηρίζεται από έλλειψη υπακοής και τήρησης ακόμη και στοιχειωδών κανόνων. Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα έχει αποδειχθεί ότι η προσοχή τους είναι κατά πολύ μειωμένη σε σχέση με άλλες ηλικιακές ομάδες.

Ακόμη σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα, που συμπεριλαμβάνει δεδομένα από αντίστοιχη έρευνα στην Αυστραλία, έδειξε ακόμα ότι η ταχύτητα που αναπτύσσουν οι πεζοί στο πρώτο μισό της διαδρομής, κατά την οποία διασχίζουν ένα δρόμο, είναι μεγαλύτερη από αυτή που αναπτύσσουν στο δεύτερο μισό μίας τέτοιας διαδρομής.

Επιπρόσθετα στην έκθεση «Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings» (TCRP Report 112/NCHRP Report 562, TRB 2006), γίνεται λόγος και για τον εντοπισμό ενός διακένου στην κυκλοφορία των οχημάτων, από τον πεζό όταν έχει φτάσει στο όριο του δρόμου ή αν το έχει εντοπίσει νωρίτερα οπότε ρυθμίζει την ταχύτητά του ώστε να το προλάβει. Κάτι τέτοιο δείχνει την ύπαρξη κάποιου συσχετισμού ανάμεσα στην συμπεριφορά των πεζών και τα διάκενα ή τις χρονοαποστάσεις των οχημάτων.

Πίνακας 2.2: Κριτήρια πεζών σε μη σηματοδοτούμενους κόμβους, βάσει της μέσης καθυστέρησής τους

Επίπεδο Συμπεριφοράς*	Μέση Καθυστέρηση/Πεζό	Επικινδυνότητα
A	< 5	Χαμηλή
B	≥ 5 – 10	
C	> 10 – 20	Μέτρια
D	> 20 – 30	
E	> 30 – 45	Υψηλή
F	> 45	Πολύ Υψηλή

* Πιθανότητα αποδοχής μικρών διακένων.

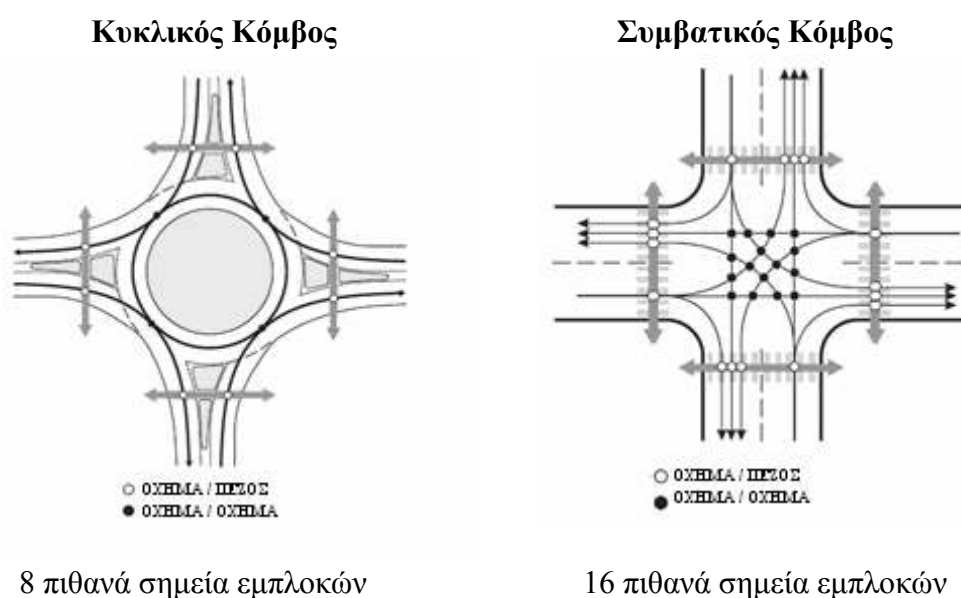
ΠΗΓΗ: Highway Capacity Manual

Σύμφωνα με την μελέτη «Street Crossing by Blind and Sighted Pedestrians at Modern Roundabouts: An Overview of Research» (Ashmead, D.H., and others 2005), που διεξήχθη από τα πανεπιστήμια Western Michigan University, Vanderbilt University, The University of North Carolina, North Carolina State University των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, με θέμα την προσπελασιμότητα πεζών με προβλήματα όρασης, έδειξε ότι εάν υπάρξει προειδοποιητικός μηχανισμός για προσέγγιση οχήματος σε κόμβο, η συγκεκριμένη κατηγορία πεζών τείνει να περιμένει τα οχήματα να σταματήσουν, παρά να επιχειρήσουν να περάσουν ανάμεσα σε κάποιο διάκενο. Ειδικότερα, η αναλογία απώλειας διακένων από τους πεζούς με προβλήματα όρασης σε σύγκριση με τους υπόλοιπους πεζούς ήταν 3:1. Επιπλέον το σύστημα εντοπισμού των οχημάτων δεν επέδρασε στον αριθμό των αυτοκινήτων που παρότι σταμάτησαν, οι τυφλοί πεζοί έχασαν την ευκαιρία να διασχίσουν τον δρόμο. Τέλος, το συγκεκριμένο σύστημα μείωσε τον αριθμό των διακένων που έχασαν οι πεζοί με προβλήματα όρασης. Η συγκεκριμένη μελέτη έλαβε χώρα σε κυκλικό κόμβο και έδειξε ότι το σύστημα προειδοποίησης προσέγγισης οχήματος σε κόμβο αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη μέθοδο αποφυγής ατυχημάτων.

Μία ακόμα μελέτη, η «Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior at Unsignalized Crosswalks» (Schroeder, B.J. and N. M. Roupail 2010), αυτή την φορά με θέμα την συμπεριφορά των οδηγών συναρτίζει της συμπεριφοράς των πεζών σε μη σηματοδοτούμενο κόμβο, πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Έρευνας Μεταφορών και Εκπαίδευσης (Institute for Transportation Research and Education (ITRE)), του πανεπιστημίου North Carolina State University των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Σε αυτή την μελέτη πραγματοποιώντας συγχρονισμένες λήψεις βίντεο, προσδιορισμό ταχυτήτων με μέθοδο laser, και ανάλυση των δεδομένων με στατιστικά μοντέλα, φανερώθηκε μία ισχυρή αλληλεξάρτηση της προτεραιότητας των οχημάτων με την συμπεριφορά των πεζών. Ένας πεζός που δεν δείχνει φόβο στο να διασχίσει ένα κόμβο, περπατώντας στην άκρη του κρασπέδου, φαίνεται ότι αποσπάει πιο συχνά ευνοϊκή συμπεριφορά του οδηγού για προτεραιότητα, αυξάνοντας έτσι τις πιθανότητες προσπέλασης του δρόμου. Επιπλέον, τα δεδομένα έδωσαν ενδείξεις σημαντικής επίδρασης στην μείωση της πιθανότητας προσπελασιμότητας για τους πεζούς στην περίπτωση μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου.

Σύμφωνα με την έκθεση «Κυκλοφορία Πεζών σε Αστικούς Κυκλικούς Κόμβους» (Πιτσιάβα και άλλοι, 2009), ο σωστός σχεδιασμός ενός κυκλικού κόμβου μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το επίπεδο ασφάλειας και άνεσης και των μετακινούμενων πεζών, χωρίς πρόσθετες απαιτήσεις σε χώρο ή επεμβάσεις μεγάλου κόστους. Ακόμη σύμφωνα με την παραπάνω έκθεση, για τον ορθό σχεδιασμό των αστικών κυκλικών κόμβων στις Ελληνικές πόλεις στο μέλλον, αναγκαία θεωρείται η εισαγωγή σε εθνικό επίπεδο σχετικών προδιαγραφών προσαρμοσμένων στα Ελληνικά δεδομένα, ώστε να μην υποβαθμίζεται το συνολικό επίπεδο της οδικής ασφάλειας.

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα πιθανά σημεία εμπλοκής οχήματος με πεζό σε κυκλικό και συμβατικό κόμβο αντίστοιχα.



Εικόνα 2.2: Πιθανά σημεία εμπλοκών οχήματος με πεζό, σε κυκλικό κόμβο και σε κόμβο μορφής σταυρού

ΠΗΓΗ: Κυκλοφορία Πεζών σε Αστικούς Κυκλικούς Κόμβους, (Πιτσιάβα και άλλοι, 2009)

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως από το συνδυασμό όλων των παραπάνω παραμέτρων, μπορούμε να οδηγηθούμε σε συγκεκριμένα πλαίσια και πολιτικές βελτίωσης των μέτρων ασφαλείας στους κόμβους, τόσο για του πεζούς όσο και για τους οδηγούς. Όλα τα παραπάνω δείχνουν πως η μείωση της ταχύτητας παραμένει η βασικότερη παράμετρος σε τέτοιου είδους θέματα.

2.4 Ο ανθρώπινος παράγοντας

Σύμφωνα με την έκθεση «Οδική ασφάλεια: βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις χαμηλού κόστους στο εθνικό – επαρχιακό δίκτυο της Λέσβου – κυκλοφοριακά προβλήματα – ασφάλεια πεζών στην πόλη της Μυτιλήνης» (ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Β.Α. Αιγαίου, Μυτιλήνη, 1 Ιουνίου, 2007), ένας από τους παράγοντες, που συμβάλλει στην εμφάνιση τροχαίων ατυχημάτων, είναι ο οδηγός του οχήματος. Ο τρόπος με τον οποίο ο οδηγός του οχήματος προσεγγίζει ζητήματα ασφαλείας, κατά την οδήγηση και γενικότερα, η συμπεριφορά του στο δρόμο, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την πιθανότητα να εμπλακεί σε τροχαίο ατύχημα.

Τα άτομα σχετικά νεαρής ηλικίας, τείνουν να εμπλέκονται πιο συχνά σε ατυχήματα από ότι άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στη μεγαλύτερη συχνότητα με την οποία τα άτομα αυτά εκδηλώνουν ριψοκίνδυνη ή επιθετική συμπεριφορά. Για να διαπιστωθεί η οδική συμπεριφορά των οδηγών λήφθηκαν υπόψη οι παραβάσεις, που βεβαιώθηκαν από τους αστυνομικούς της τροχαίας, σε μια σειρά από επικίνδυνες παραβάσεις όπως :

- Υπερβολική ταχύτητα.
- Αντικανονικό προσπέρασμα.
- Είσοδος στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας.
- Οδήγηση σε κατάσταση μέθης.
- Μη χρήση ζώνης – κράνους.
- Παραβίαση προτεραιότητας.
- Παραβίαση ερυθρού σηματοδότη.
- Επιθετική - επιδεικτική οδήγηση.
- Απόσπαση προσοχής – κόπωση οδηγού.
- Επιδεικτικοί αντικανονικοί ελιγμοί

2.5 Ο τύπος του οχήματος

Μία άλλη παράμετρος στην διαμόρφωση ευμενών ή δυσμενών συνθηκών στο ύψος του κόμβου αποτελεί και ο τύπος του οχήματος. Είναι χαρακτηριστικό ότι η ευδιακριτικότητα του οχήματος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της οδικής συμπεριφοράς τόσο για τα προπορευόμενα οχήματα, αλλά πολύ περισσότερο για αυτά που έπονται. Οχήματα όπως φορτηγά, ρυμουλκά, λεωφορεία ή πούλμαν τείνουμε αναγκαστικά, λόγω μεγέθους, να τα προσέχουμε περισσότερο. Αυτό αντανακλάται σε προσεκτικότερες κινήσεις για τα προπορευόμενα οχήματα και σε μείωση της ταχύτητας για αυτά που έπονται. Αντίθετα στην περίπτωση δικύκλων, είτε πρόκειται για μηχανές μεγάλου κυβισμού, είτε απλά για ποδήλατα η προσοχή των οδηγών άλλων τύπων οχημάτων είναι αρκετά μειωμένη. Στην πορεία της παρούσας μελέτης θα δείξουμε ότι οι παραπάνω παρατηρήσεις ισχύουν κυρίως για

τους χρήστες ΙΧ. Και σε αυτή την περίπτωση η μεταβλητή που μας φανερώνει τέτοιου είδους καταστάσεις είναι η μεταβολή της ταχύτητας και μάλιστα η μείωσή της.

Ακόμη σύμφωνα με την έκθεση «Οδική ασφάλεια: βραχυπρόθεσμες παρεμβάσεις χαμηλού κόστους στο εθνικό – επαρχιακό δίκτυο της Λέσβου – κυκλοφοριακά προβλήματα – ασφάλεια πεζών στην πόλη της Μυτιλήνης» (ΤΕΕ, ΤΕΕ – Τμ. Β.Α. Αιγαίου, Μυτιλήνη, 1 Ιουνίου, 2007), ένα πλήθος παραμέτρων όπως:

1. Η μεγάλη ηλικία του οχήματος.
2. Η κακή ή ανεπαρκής συντήρηση.
3. Μηχανικές και άλλες βλάβες.
4. Ο μεγάλος αριθμός κυκλοφορούντων δικύκλων.
5. Το υπέρβαρο και οι παραβάσεις φόρτωση –διαστάσεις φορτίου.
6. Ο μη τακτικός τεχνικός έλεγχος.
7. Η κυκλοφορία μεγάλου αριθμού φορτηγών αυτ/των και αγροτικών μηχανημάτων.
8. Έλλειψη φώτων –αντικανονική χρήση φώτων .
9. Διαρροή φορτίου (χαλίκι, μπετό, πετρελαία, κλπ)

2.6 Η προτεραιότητα

Στην Ελλάδα ισχύει η προτεραιότητα από δεξιά. Σύμφωνα με την έκθεση Technical Committee on Road Safety (Road Safety manual World Road Association, 2003, PIARC), αυτός ο κανόνας δεν ισχύει σε υπεραστικούς δρόμους εκτός και αν η κυκλοφορία είναι πολύ μικρή και η ορατότητα μεγάλη, τηρείται όμως σε δευτερεύοντες αστικούς δρόμους (σε κατοικημένη ή βιομηχανική περιοχή) κυρίως μονόδρομους με κυκλοφορία 1.000 με 1.500 οχημάτων την ημέρα.

Ο πιο απλός τρόπος για τον καθορισμό της προτεραιότητας είναι τα σήματα STOP ή οι παραχωρήσεις προτεραιότητας. Τοποθετούνται συνήθως:

- σε υπεραστικούς δρόμους με ενιαίο οδόστρωμα όταν ο φόρτος του δευτερεύοντος δρόμου είναι σημαντικός
- σε αστικούς δρόμους όταν στον δευτερεύοντα δρόμο έχει πολύ μικρό φόρτο (ειδικότερα στους μονόδρομους)

Η συχνότητα των ατυχημάτων για λόγους προτεραιότητας εξαρτάται κυρίως από τον φόρτο του δευτερεύοντος δρόμου και όχι τόσο από τον φόρτο του πρωτεύοντα. Η σηματοδότηση βοηθάει πολύ στις αστικές περιοχές, ενώ για τις υπεραστικές αποτελεί αιφνιδιασμό και συνεχή κίνδυνο.

2.7 Επιλογή του τύπου του κόμβου

Όπως φαίνεται από όλα τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι στο μέλλον θα χρειαστεί να προστεθούν και άλλοι παράμετροι για την επιλογή ενός κόμβου, καθώς επίσης και για το σχεδιασμό του. Πιο κάτω παρατίθενται κάποια κριτήρια σχετικά με την σωστή επιλογή των κόμβων αλλά και το σωστό σχεδιασμό τους.

Σύμφωνα με την έκθεση Technical Committee on Road Safety (Road Safety manual World Road Association, 2003, PIARC), ο τύπος του Ισόπεδου Κόμβου πρέπει να ταιριάζει με τον τύπο του δρόμου ώστε να υπάρχει:

- Αναγνωρισιμότητα τόσο του δρόμου όσο και του Κόμβου
- Ικανοποιητικό Επίπεδο Ασφάλειας

Δεν πρέπει να σχεδιάζουμε

-Στους αυτοκινητοδρόμους :

- Ισόπεδους κόμβους ή κυκλικούς λόγω των νομικών περιορισμών

-Στους κύριους υπεραστικούς δρόμους

- Σηματοδοτούμενους κόμβους εκτός ειδικών περιπτώσεων
- Κόμβους με δεξιά προτεραιότητα

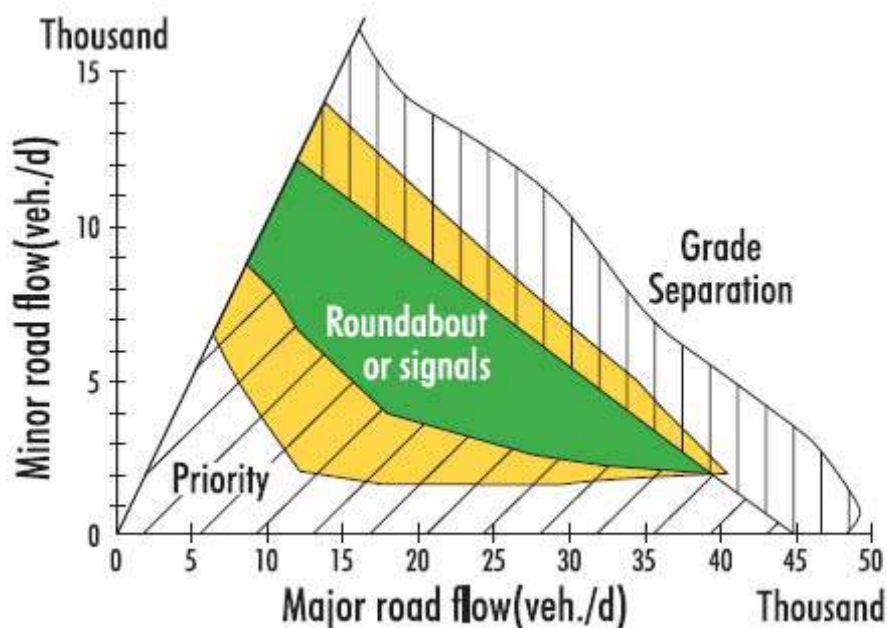
Η επιλογή του τύπου του κόμβου πρέπει να εξαρτάται και από την παράμετρο του περιβάλλοντος. Για το υπεραστικό δίκτυο χρησιμοποιούνται, αρκετά συχνά, κυκλικοί κόμβοι. Δεν χρησιμοποιούνται σε δρόμους με διαχωρισμό κατευθύνσεων με περισσότερες από 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση επειδή διακόπτεται η συνέχεια, εκτός εάν αυτό είναι το επιδιωκόμενο, οπότε αυτό θα πρέπει ειδικότερα να το αντιλαμβάνεται ο οδηγός που πλησιάζει. Ακόμη χρησιμοποιούνται κόμβοι που έχουν σήμανση με προτεραιότητες.

Στα παραπάνω δίκτυα οι κόμβοι με προτεραιότητες έχουν χαμηλό επίπεδο ασφάλειας, κυρίως γιατί οι οδηγοί που έχουν προτεραιότητα, οδηγούν γρήγορα, εμπλέκονται με τους οδηγούς που δεν έχουν προτεραιότητα και το να διασχίζουν τον δρόμο είναι πολύ δύσκολο. Το να αφομοιώσουν την πληροφορία, να αποφασίσουν και να ενεργήσουν έχει μεγάλους χρονικούς περιορισμούς, όταν ο φόρτος είναι μεγάλος η συχνότητα των ατυχημάτων είναι επίσης μεγάλη και ο κυκλικός κόμβος θεωρείται ως η λύση.

Σύμφωνα με την εισήγηση «Ισόπεδοι Κόμβοι: Προβλήματα-Επισημάνσεις» (Εύα Κασάπη), το αστικό δίκτυο θα μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί σε:

1. Αρτηρίες με:
 - Κυκλικούς κόμβους
 - Σηματοδοτούμενους κόμβους
2. Συλλεκτήρες με:
 - Κυκλικούς κόμβους
 - Σηματοδοτούμενους κόμβους
 - Κόμβους με σήμανση για την προτεραιότητα
 - Κόμβους με προτεραιότητα από δεξιά
3. Τοπικούς δρόμους με:
 - Κυκλικούς κόμβους
 - Κόμβους με προτεραιότητα από δεξιά

Η παράμετρος του κόστους πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη. Το κόστος απαλλοτρίωσης και κατασκευής των κυκλικών κόμβων είναι μεγαλύτερο. Το αντίστροφο ισχύει για το κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Σε υφιστάμενους κυκλικούς κόμβους για λόγους ασφάλειας, όχι ικανότητας είναι εύκολο να προστίθεται λωρίδα.



Εικόνα 2.3: Τύπος κόμβου βάσει φόρτου
 ΠΗΓΗ: IHT (1997)

Στην εικόνα 2.3, παρουσιάζεται με συνοπτικό τρόπο μία διαδικασία επιλογής του τύπου του κόμβου, βάσει του φόρτου που εκτιμάται για το δίκτυο. Συγκεκριμένα στον άξονα των X δίνεται ο φόρτος για τον πρωτεύοντα δρόμο, ενώ στον άξονα των Y δίνεται ο φόρτος για τον δευτερεύοντα δρόμο. Στην περίπτωση που υπάρχει από μικρός έως μεγάλος φόρτος στο πρωτεύοντα δρόμο, αλλά το επίπεδο του φόρτου στον δευτερεύοντα δρόμο είναι χαμηλό, τότε η επιλογή του τύπου του κόμβου έχει να κάνει με κόμβους όπου τηρείται η προτεραιότητα. Από την άλλη, στην περίπτωση όπου οι συνθήκες εκτός από αυξημένο επίπεδο φόρτου στον πρωτεύοντα παρουσιάζουν αυξημένο επίπεδο φόρτου και στον δευτερεύοντα δρόμο, τότε παρουσιάζεται μία μεταβατική κατάσταση, που όταν ο συνδυασμός του φόρτου στον πρωτεύοντα και στον δευτερεύοντα δρόμο φτάσει σε μία οριακή κατάσταση, τότε από εκεί και πέρα οι επιλογές προσανατολίζονται σε κυκλικούς κόμβους ή κόμβους με σηματοδότηση. Οι συγκεκριμένες επιλογές αντιπροσωπεύονται στην εικόνα 2.3 με πράσινο χρώμα. Τέλος, όταν οι συνθήκες και στον πρωτεύοντα αλλά και στον δευτερεύοντα δρόμο αποτυπώνονται με ακόμα μεγαλύτερους φόρτους τότε πάλι παρουσιάζεται μία μεταβατική κατάσταση, που όταν ο συνδυασμός του φόρτου στον πρωτεύοντα και στον δευτερεύοντα δρόμο φτάσει σε μία οριακή κατάσταση, τότε από εκεί και πέρα οι επιλογές προσανατολίζονται στον σχεδιασμό και κατασκευή μόνο ανισόπεδων κόμβων. Οι μεταβατικές καταστάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω, αποδίδονται στην εικόνα 2.3 ως οι περιοχές με κίτρινο χρώμα. Χαρακτηρίζονται μεταβατικές γιατί σε αυτές τις καταστάσεις λαμβάνονται υπόψη και άλλα στοιχεία και τελικά η επιλογή επαφίεται στην κρίση του μελετητή σε συνδυασμό με την επάρκεια των οικονομικών πόρων που χρηματοδοτούν ένα τέτοιο έργο. Αναφορικά με την περίπτωση της πρώτης μεταβατικής κατάστασης, η οποία στο παραπάνω σχήμα βρίσκεται κάτω από την περιοχή πράσινου χρώματος, η τοποθέτηση σηματοδότησης απαιτεί μεγαλύτερους πόρους από την εφαρμογή απλά της προτεραιότητας, ενώ η κατασκευή κυκλικού κόμβου είναι ακόμα περισσότερο

πολυδάπανη επιλογή. Όσον αφορά την δεύτερη μεταβατική κατάσταση, αυτή που στο σχήμα βρίσκεται πάνω από την περιοχή με χρώμα πράσινο, ο σχεδιασμός και πολύ περισσότερο η κατασκευή ανισόπεδου κόμβου, αποτελεί μία κατά πολύ περισσότερο πολυδάπανη επιλογή από αυτή του σχεδιασμού και κατασκευής κυκλικού κόμβου.

Για λόγους ασφαλείας τετρασκελείς κόμβοι θα πρέπει να επιτρέπονται σε δρόμους χαμηλού φόρτου και υπό την προϋπόθεση ότι η κυκλοφορία του δευτερεύοντος δρόμου είναι κυρίως στρέφουσα, δεν πρέπει δηλαδή να διασχίσει όλο τον δρόμο. Υπάρχει τάση να αντικαθίστανται με δύο κόμβους μορφής «T». Έχει αναφερθεί ακόμη, ότι σε αστικές περιοχές η μετατροπή τρισκελούς ή τετρασκελούς κόμβου σε κυκλικό μειώνει τα ατυχήματα κατά 30%, (European Road Safety Observatory, 2006, Roads).

Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η προτεραιότητα με σήμανση σε υπεραστικές περιοχές και σε δρόμους με διαχωρισμένα οδοστρώματα, διότι το αυτοκίνητο που δεν έχει προτεραιότητα πρέπει να διασχίσει μεγάλη απόσταση και αυτό αυξάνει τον κίνδυνο ατυχήματος κατά:

- 1.5 φορά από ότι σε δρόμους με μη διαχωρισμένα οδοστρώματα ή
- 2 φορές αν ληφθούν υπόψη τα θανατηφόρα
- 10 φορές από ότι σε 1 km δρόμου χωρίς διαχωρισμένα οδοστρώματα και εκτός κόμβου
- 30 φορές από ότι σε κυκλικό κόμβο

Στην συνέχεια παρατίθεται ο πίνακας 2.3, με τα συγκριτικά αποτελέσματα της εφαρμογής κυκλικών κόμβων και κόμβου μορφής σταυρού.

	Κυκλικός Κόμβος	Κόμβος μορφής σταυρού	
+	Η κεντρική νησίδα στο μέσο της διάβασης προσφέρει τη δυνατότητα ανάπαυλας στον πεζό, του επιτρέπει να ελέγχει μία κατεύθυνση κυκλοφορίας τη φορά	Ο χρόνος αναμονής στη διάβαση είναι μικρότερος σε σχέση με σηματοδοτούμενες διαβάσεις πολλών φάσεων.	+
+	Μείωση πιθανών σημείων εμπλοκής του πεζού με την κυκλοφορία	Μικρότερο κόστος κατασκευής από το αντίστοιχο των κυκλικών κόμβων	+
+	Μείωση ταχυτήτων κίνησης οχημάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων	Απαραίτητη η σηματοδότηση, ώστε να εξασφαλιστεί η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων	-
-	Η συνολική απόσταση περπατήματος λόγω της χωροθέτησης των διαβάσεων στους κυκλικούς κόμβους είναι μεγαλύτερη.	Αυξημένος αριθμός πιθανών σημείων εμπλοκής του πεζού με την κυκλοφορία	-

Πίνακας 2.3: Συγκριτικά αποτελέσματα της εφαρμογής κυκλικών κόμβων και κόμβων μορφής σταυρού

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το αντικείμενο λοιπόν αυτής της μελέτης είναι, συνεχίζοντας πάνω σε αυτή την έρευνα των προηγούμενων ετών, η ανάπτυξη κάποιου στατιστικού μοντέλου ή μοντέλων που να φανερώσουν μία συσχέτιση ανάμεσα στην ταχύτητα των οχημάτων και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η αρχική ανάλυση, καθώς και οι έρευνες που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, δείχνουν πως η συμπεριφορά των οδηγών πρέπει να επηρεάζεται από μία σειρά παραμέτρων όπως τα χαρακτηριστικά των ίδιων των οδηγών, τον τύπο των οχημάτων, την συμπεριφορά των πεζών αλλά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά. Επομένως, εκτός από την μεθοδολογία ανάλυσης των δεδομένων, θα πρέπει να αναπτυχθεί και μία μεθοδολογία συλλογής των πρωτογενών δεδομένων, ώστε να εντοπισθούν αυτές οι επεξηγηματικές παράμετροι.

Άλλες μέθοδοι μέτρησης ταχύτητας χρησιμοποιούν συσκευές LIDAR ή laser. Στην παρούσα μελέτη επιδιώχθηκε η μέθοδος για την συλλογή των διαφόρων κυκλοφοριακών δεδομένων, να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό της ταχύτητας. Έτσι οι λήψεις με την χρήση βιντεοκάμερας έπρεπε να χρησιμοποιηθούν και για τον προσδιορισμό της ταχύτητας. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία, βασικά στοιχεία της οποίας δίνονται παρακάτω.

3.1 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων

Πριν την έναρξη της όλης διαδικασίας είναι σημαντικό να συσταθεί μία μεθοδολογία, βασισμένη στην διεθνή βιβλιογραφία, σε άρθρα αλλά και παλαιότερες μελέτες. Έτσι σχετικά με το στάδιο της συλλογής δεδομένων, παρότι δεν εντοπίσαμε κάποια μελέτη που να έχει ακολουθήσει την ίδια μεθοδολογία, ώστε να υπάρξει κάποια σύγκριση, εντούτοις βοηθηθήκαμε σε μεγάλο βαθμό από την βιβλιογραφία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην συνέχεια παρατίθενται ορισμοί κάποιων παραμέτρων, που κρίνονται χρήσιμοι για την κατανόηση της μελέτης.

3.1.1 Χαρακτηριστικό Διάστημα

Το χαρακτηριστικό διάστημα είναι εκείνο το διάστημα, για το οποίο θα προσδιοριστεί η μέση ταχύτητα των οχημάτων. Ορίζεται ως η απόσταση ανάμεσα στις νοητές γραμμές αναφοράς, όπως προκύπτουν από τις προβολές των σημείων αναφοράς στον οδικό άξονα.



Εικόνα 3.1: Περιγραφή διαστήματος και σημείων αναφοράς.

3.1.2 Χαρακτηριστικό Χρονικό Διάστημα

Ως χαρακτηριστικό χρονικό διάστημα ορίζεται η διαφορά των χρονικών στιγμών, κατά τις οποίες ένα όχημα περνάει από την πρώτη και δεύτερη γραμμή αναφοράς αντίστοιχα. Είναι δηλαδή ο χρόνος που αντιστοιχεί στην προσπέλαση του χαρακτηριστικού διαστήματος από ένα όχημα.

3.1.3 Χρονοαπόσταση

Η Χρονοαπόσταση είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο οχήματα που κινούνται στην ίδια κατεύθυνση και τον ίδιο δρόμο. Προσοχή όμως, γιατί εδώ μπορεί να γίνει σύγχυση ανάμεσα στην έννοια της χρονοαπόστασης και την έννοια του διακένου. Το διάκενο μετράται από το πίσω μέρος του προπορευόμενου οχήματος έως το πρόσθιο μέρος του επόμενου. Από την άλλη η Χρονοαπόσταση μετράται από το πρόσθιο μέρος του προπορευόμενου οχήματος έως το πρόσθιο μέρος του επόμενου.



Εικόνα 3.2: Περιγραφή χρονοαπόστασης μεταξύ δύο οχημάτων



Εικόνα 3.3: Περιγραφή διακένου μεταξύ δύο οχημάτων

Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε πως ο χρόνος αντίληψης και αντίδρασης από τον οδηγό επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από την επίγνωση της κατάστασης μπροστά από το προπορευόμενο όχημα και λιγότερο από την επίγνωση της κατάστασης που επικρατεί ανάμεσα στο υπό εξέταση όχημα και το προπορευόμενο του. Για το λόγο αυτό τελικά χρησιμοποιήθηκε η έννοια της χρονοαπόστασης και όχι αυτή του διακένου.

3.1.4 Η ταχύτητα στον κόμβο

Ο προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας ενός οχήματος σε απόσταση 100m, 200m ή 300m πριν τον κόμβο είναι σχετικά μία απλή διαδικασία, από την στιγμή που έχουμε ελέγξει ότι δεν προηγείται του συγκεκριμένου σημείου, σε μικρή απόσταση, άλλος κόμβος, διάβαση πεζών ή κάτι παρόμοιο που να επηρεάζει την συμπεριφορά των οδηγών. Θεωρητικά λοιπόν, η μέση ταχύτητα ενός οχήματος σε αρκετή απόσταση από το ύψος του κόμβου πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα του ίδιου οχήματος στο ύψος του κόμβου. Με ποιο τρόπο όμως προσδιορίζεται η μέση ταχύτητα ενός οχήματος στο ύψος του κόμβου; Για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας πριν τον κόμβο ορίσαμε παραπάνω το χαρακτηριστικό διάστημα. Στο ύψος του κόμβου όμως τα πράγματα περιπλέκονται.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση πρέπει να προσδιοριστεί εκείνο το σημείο ή καλύτερα εκείνο το διάστημα, στο οποίο παρατηρείται σημαντική μείωση της ταχύτητας από την πλειοψηφία των οχημάτων. Προφανώς το μήκος αυτού του διαστήματος αλλά και η θέση του ως προς την αξονοδιασταύρωση του κόμβου διαφέρουν από κόμβο σε κόμβο. Αυτό συμβαίνει διότι οι οδηγοί αντιδρούν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά ενός κόμβου. Ανάλογα δηλαδή με την διαμόρφωση ορατότητας, την διακριτικότητα ακόμα και τον βαθμό συντήρησης ενός κόμβου. Συνεπώς για κάθε κόμβο πρέπει να ορίζεται το χαρακτηριστικό διάστημα μείωσης ταχύτητας.

Ακόμη, επειδή η απόφαση μείωσης της ταχύτητας ενός οχήματος από τον οδηγό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, το ιδανικό θα ήταν να μπορούμε να προσδιορίσουμε το χαρακτηριστικό διάστημα για κάθε περίπτωση ή για κάθε ομάδα περιπτώσεων. Όμως αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι ο προσδιορισμός κάποιας αλληλεξάρτησης των παραπάνω και ο τρόπος που επιδρά στην οδική συμπεριφορά. Επομένως πρέπει να προϋπάρξει μία προσεγγιστική λύση στο θέμα του χαρακτηριστικού διαστήματος. Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης, πραγματοποιήθηκε ένας εμπειρικός προσδιορισμός του χαρακτηριστικού διαστήματος, αφού είχε προηγηθεί εφαρμογή του στο στάδιο των δοκιμών.

Συγκεκριμένα, αφού πραγματοποιήθηκαν λήψεις για ένα δείγμα της τάξης των 150 οχημάτων, έγινε κατόπιν ανάλυση στην οποία διαπιστώθηκε ότι για τον κόμβο στην περιοχή των Θρακομακεδόνων, οι οδηγοί μείωναν αισθητά την ταχύτητά των οχημάτων τους περίπου 12m πριν την τομή των αξόνων του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα δρόμου. Ο προσδιορισμός αυτός είναι καθαρά εμπειρικός, επιλέχθηκε όμως βάσει των μέσων που είχαμε στην διάθεσή μας.

Συνεπώς ορίσαμε ένα χαρακτηριστικό διάστημα, το οποίο είχε ως αρχή το σημείο που προσδιορίσαμε εμπειρικά, ενώ ως πέρας ένα σημείο τέτοιο ώστε το διάστημα που θα οριζόταν να ήταν επαρκές ώστε να γίνει ο προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας.

Θεωρητικά, αν επιλέξουμε και ένα μικρότερο διάστημα μέσα στο χαρακτηριστικό διάστημα η μέση ταχύτητα, που θα προκύψει από αυτό, δεν θα πρέπει να αλλάζει. Έτσι εκμεταλλευόμενοι αυτή την ιδιότητα, προσαρμόσαμε την θέση τη βιντεοκάμερας έτσι ώστε να ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια που θα αναφέρουμε παρακάτω.

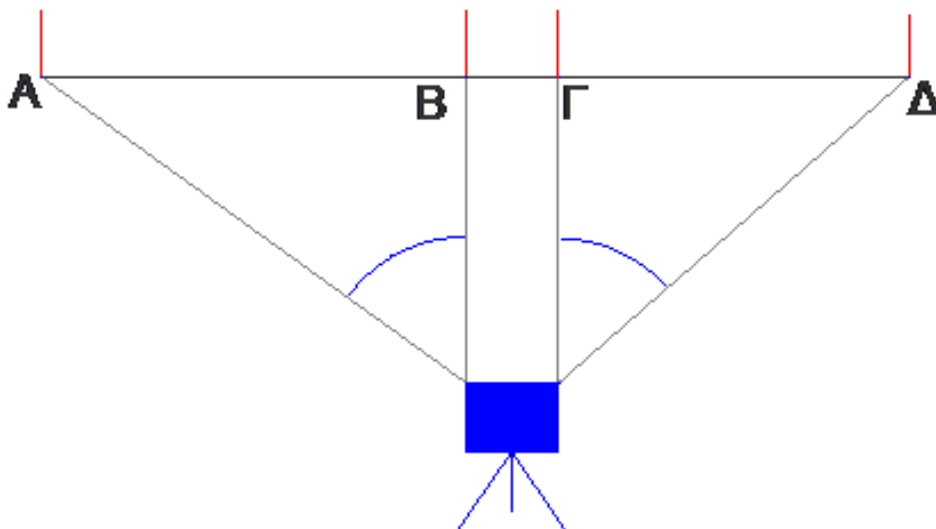
3.1.5 Επαρκής Ορατότητα Λήψεων

Στην συγκεκριμένη ενότητα αναφερόμαστε στην έννοια της επαρκούς ορατότητας σχετικά με το στάδιο των λήψεων με βιντεοκάμερα, και όχι με την έννοια της αμοιβαίας επαρκούς ορατότητας όσων αφορά τον πρωτεύοντα με τον δευτερεύοντα δρόμο.

Επαρκής ορατότητα θα πρέπει να επιτυγχάνεται έτσι ώστε να είναι εφικτός ο προσδιορισμός της ταχύτητας των οχημάτων, των χαρακτηριστικών των οδηγών και των επιβατών, αλλά και των κυκλοφοριακών συνθηκών του κόμβου. Σε ιδανικές συνθήκες τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα έπρεπε να υλοποιούνται ταυτόχρονα και μάλιστα από βιντεοκάμερα υψηλής ευκρίνειας, ώστε να μην δημιουργούνται αμφιβολίες για τα χαρακτηριστικά οδηγών και επιβατών. Ως εκ τούτου δεν υπάρχει μία σταθερή απόσταση από τον οδικό άξονα, στην οποία θα πρέπει να τοποθετείται πάντα η βιντεοκάμερα, αφού αυτό εξαρτάται τόσο από τις ιδιομορφίες του κάθε κόμβου, όσο και από τον εξοπλισμό που διαθέτουμε.

3.1.6 Ορθή Προβολή

Η έννοια της ορθής προβολής, που τίθεται εδώ, συνίσταται στην εφαρμογή της κατά την διάρκεια των λήψεων, με στόχο τον σωστό προσδιορισμό της ταχύτητας των οχημάτων. Σε ιδανικές συνθήκες, τα σημεία αναφοράς θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους ώστε να «αποτυπώνονται» ορθοπροβολικά στο φακό της βιντεοκάμερας και όχι υπό γωνία, γεγονός που θα εισήγαγε σφάλμα στον χρονικό προσδιορισμό, που σημαίνει σφάλμα και στον προσδιορισμό της ταχύτητας.



Εικόνα 3.4: Σχηματική αναπαράσταση της προβολής σημείων αναφοράς στην βιντεοκάμερα

Στην παραπάνω εικόνα, βλέπουμε τέσσερα υποτιθέμενα σημεία αναφοράς με κόκκινο χρώμα, μία βιντεοκάμερα με μπλε χρώμα, καθώς και τις γωνίες που σχηματίζουν οι δέσμες. Όπως παρατηρούμε τα σημεία αναφοράς Α και Δ, όχι μόνο δεν προβάλλονται ορθά στο φακό της μηχανής αλλά προβάλλονται και υπό μεγάλη γωνία. Αντίθετα, τα σημεία αναφοράς Β και Γ δεν προβάλλονται υπό γωνία, αλλά ορθά.

Συνεπώς η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για τον προσδιορισμό της μέσης ταχύτητας των οχημάτων 300m πριν τον κόμβο καθώς και στο ύψος του κόμβου πρέπει να είναι συμβατή με όλα τα παραπάνω. Οι δύο βιντεοκάμερες δεν χρειάζεται να είναι συγχρονισμένες, παρά να εξασφαλιστεί ότι τα οχήματα τα οποία ελέγχουμε ανάντη, είναι τα ίδια με τα οχήματα που ελέγχουμε κατάντη.

3.2 Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων

Αφού πραγματοποιηθεί η συλλογή των δεδομένων, θα πρέπει να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η ανάλυση αυτών. Επειδή έλαβαν χώρα συνεχείς μετρήσεις το μοντέλο logit δεν είναι το κατάλληλο. Για το λόγο αυτό η μελέτη προσανατολίστηκε σε οικονομετρικά μοντέλα. Σύμφωνα με άλλες μελέτες αλλά και την διεθνή βιβλιογραφία, μία «οικογένεια» στατιστικών μοντέλων, που μπορούν να εφαρμοσθούν σε περιπτώσεις, όπως αυτή της παρούσας μελέτης, είναι το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM, Generalized Linear Model). Μέσα σε αυτή την «οικογένεια» στατιστικών μοντέλων είναι και η περίπτωση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Παρακάτω θα αναπτύξουμε την έννοια της απλής γραμμικής παλινδρόμησης καθώς και του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου και θα καταλήξουμε στην αιτιολόγηση της επιλογής που θα κάνουμε.

3.2.1 Γραμμική Παλινδρόμηση

Στην στατιστική, η γραμμική παλινδρόμηση είναι μία προσέγγιση για την μοντελοποίηση της σχέσης μίας μονοδιάστατης μεταβλητής Y και μίας ή περισσοτέρων μεταβλητών X . Στην γραμμική παλινδρόμηση οι άγνωστες παράμετροι εκτιμώνται από τα δεδομένα, με την βοήθεια γραμμικών λειτουργιών. Τέτοιου είδους μοντέλα ονομάζονται γραμμικά μοντέλα. Πιο συχνά η γραμμική παλινδρόμηση αναφέρεται σε ένα μοντέλο, στο οποίο η έννοια της μεταβλητής Y που δίνεται στην μεταβλητή X , είναι ένας αφινικός μετασχηματισμός της X . Λιγότερο συχνά, η γραμμική παλινδρόμηση παραπέμπει σε ένα μοντέλο όπου η μέση τιμή της κατανομής του Y που δίνεται στην μεταβλητή X , είναι ένας γραμμικός μετασχηματισμός της X . Η γραμμική παλινδρόμηση ήταν ο πρώτος τύπος της ανάλυσης παλινδρόμησης που μελετήθηκε αυστηρά και χρησιμοποιήθηκε εκτενώς σε πρακτικές εφαρμογές. Αυτό συμβαίνει διότι τα μοντέλα που εξαρτώνται γραμμικά από τις άγνωστες παραμέτρους είναι πιο εύκολο να προσαρμοστούν σε εφαρμογές από ότι τα μοντέλα που δεν συσχετίζονται γραμμικά με τις παραμέτρους τους. Αυτό συμβαίνει επίσης, επειδή οι στατιστικές ιδιότητες των εκτιμητών είναι πιο εύκολο να προσδιοριστούν.

Η γραμμική παλινδρόμηση έχει πολλές πρακτικές εφαρμογές. Οι περισσότερες εφαρμογές εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες δύο γενικές κατηγορίες:

- Εάν ο στόχος είναι η πρόβλεψη, η γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να εφαρμόσει ένα προγνωστικό μοντέλο σε μία σειρά

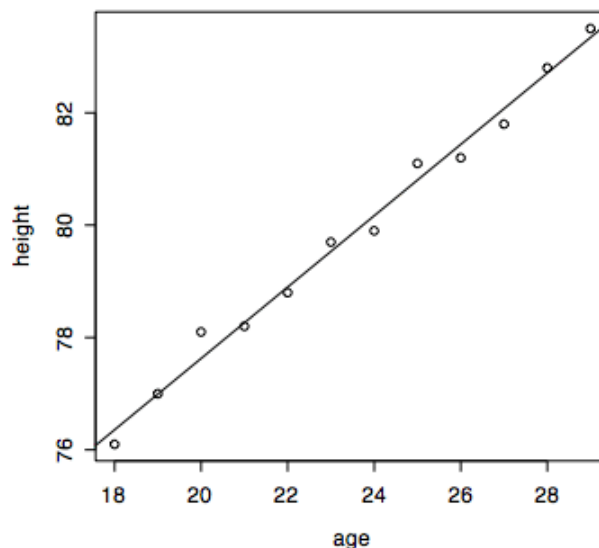
δεδομένων που παρατηρήθηκαν. Μετά την ανάπτυξη ενός τέτοιου μοντέλου, εάν μία πρόσθετη τιμή του X δίνεται χωρίς την συνοδευτική μεταβλητή του Y , το προσαρμοσμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει κάποια πρόβλεψη για την μεταβλητή Y .

- Εάν δίνεται μία μεταβλητή Y και μία σειρά από μεταβλητές X_0, \dots, X_x που μπορεί να σχετίζονται με την μεταβλητή Y , τότε η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης μπορεί να εφαρμοστεί για να προσδιοριστεί ποσοτικά η δύναμη της αλληλεξάρτησης μεταξύ των μεταβλητών Y και X , ώστε να προσδιοριστεί και ποιες μεταβλητές X_x μπορεί να μην έχουν καμία σχέση με την μεταβλητή Y , και ακόμα ποια υποσύνολα του X_x περιέχουν περιττές πληροφορίες για την μεταβλητή Y .

Κύριο πρόβλημα σε αυτή την ενότητα αποτελεί η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ δυο (scaled) μεταβλητών X , Y . Το γενικό πρόβλημα περιγράφεται ως εξής: από έναν (θεωρητικά άπειρο) πληθυσμό λαμβάνουμε ένα δείγμα μεγέθους n και για κάθε άτομο του δείγματος καταγράφουμε τις τιμές δύο μεταβλητών X , Y . Με βάση λοιπόν τα ζεύγη τιμών (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , ..., (X_n, Y_n) του δείγματος επιθυμούμε να διερευνήσουμε τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών X , Y . Επιπλέον θεωρούμε ότι:

- Η μεταβλητή X η οποία καλείται ανεξάρτητη (independent) ή ερμηνευτική μεταβλητή (explanatory variable) δεν θεωρείται τυχαία, ενώ
- Η μεταβλητή Y η οποία καλείται εξαρτημένη (dependent) ή μεταβλητή απόκρισης (response variable) θεωρείται τυχαία μεταβλητή.

Η γραμμική παλινδρόμηση συχνά εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας την προσέγγιση των Ελαχίστων Τετραγώνων, μπορεί όμως να εφαρμοστεί και με άλλους τρόπους. Από την άλλη η Μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων μπορεί να εφαρμοστεί και σε μοντέλα που δεν είναι γραμμικά. Έτσι ενώ οι όροι «Ελάχιστα Τετράγωνα» και γραμμικό μοντέλο είναι στενά συνδεδεμένες, δεν είναι συνώνυμες.



Εικόνα 3.5: Παράδειγμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης
ΠΗΓΗ: Department of Mathematics, College of the Redwoods

Στην εικόνα 3.5 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα συσχετίζεται το ύψος των παιδιών, το οποίο εκφράζεται σε εκατοστά, με την ηλικία των παιδιών, που εκφράζεται σε μήνες. Μία επέκταση της γραμμικής παλινδρόμησης είναι το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM, Generalized Linear Model). Το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM, Generalized Linear Model) είναι ένας «σκελετός» για την μοντελοποίηση μίας μεταβλητής απόκρισης Y στη μορφή $g(\beta'x) + \varepsilon$, όπου η συνάρτηση g είναι μία αυθαίρετη λειτουργία συνδέσμου. Τα ενιαία μοντέλα επιτρέπουν κάποιο βαθμό μη γραμμικότητας στην σχέση μεταξύ των μεταβλητών X και Y , διατηρώντας παράλληλα τον κεντρικό ρόλο για τον γραμμικό εκτιμητή $\beta'x$, όπως και στο κλασσικό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Στην επόμενη ενότητα θα δούμε πως ακριβώς λειτουργεί ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο.

3.2.2 Γενικευμένο Γραμμικό Μοντέλο (GLM, Generalized Linear Model)

Το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο αποτελεί μία ευέλικτη γενίκευση της συνήθους παλινδρόμησης Ελαχίστων Τετραγώνων. Γενικευμένα γραμμικά μοντέλα έχουν διατυπωθεί από τους John Nelder και Robert Wedderburn, ως τρόπος ενοποίησης διαφόρων άλλων στατιστικών μοντέλων συμπεριλαμβανομένων της γραμμικής παλινδρόμησης, της λογιστικής παλινδρόμησης καθώς και της παλινδρόμησης Poisson. Πρότειναν μία επαναληπτική μέθοδο επανασταθμισμένων ελαχίστων τετραγώνων για την εκτίμηση της μέγιστης πιθανότητας των παραμέτρων του μοντέλου.

Σε ένα γενικευμένο γραμμικό μοντέλο, κάθε εξαγόμενο των εξαρτημένων μεταβλητών πρέπει να γενικευθεί με μία συγκεκριμένη κατανομή της εκθετικής οικογένειας, που είναι ένα μεγάλο φάσμα των κατανομών πιθανοτήτων και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την κανονική, την διωνυμική και την Poisson. Η μέση τιμή, μ , της κατανομής εξαρτάται από τις ανεξάρτητες μεταβλητές X . Το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο (GLM) αποτελείται από τρία στοιχεία:

1. Την κατανομή πιθανοτήτων από την εκθετική οικογένεια
2. Το γραμμικό εκτιμητή $\eta = X\beta$
3. Τη συνάρτηση σύνδεσης g , τέτοια ώστε $E(Y) = \mu = g(\eta)$

Ο γραμμικός εκτιμητής είναι η ποσότητα, η οποία ενσωματώνει στο μοντέλο τις πληροφορίες σχετικά με τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα η και σχετίζεται με την αναμενόμενη τιμή των δεδομένων μέσω της συνάρτησης σύνδεσης. Ο εκτιμητής εκφράζεται ως γραμμικός συνδυασμός των αγνώστων παραμέτρων β . Τα στοιχεία του X μετρώνται από τους μελετητές ή ορίζονται κατά το στάδιο του σχεδιασμού των μοντέλων.

Η συνάρτηση σύνδεσης προβλέπει το συσχετισμό ανάμεσα στο γραμμικό εκτιμητή και την συνάρτηση κατανομής. Υπάρχουν πολλοί τύποι τέτοιων συναρτήσεων, ενώ η επιλογή τους είναι κατά κάποιο τρόπο αυθαίρετη. Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με κάποιες από αυτές τις συναρτήσεις.

Οι ρίζες του γενικού γραμμικού μοντέλου πάνε πίσω στις ρίζες της μαθηματικής σκέψης, αλλά είναι η εμφάνιση της θεωρίας των αλγεβρικών σταθερές το 1800 που έκανε το γενικό γραμμικό μοντέλο, όπως το ξέρουμε σήμερα. Μαθηματικοί όπως ο

Gauss, Boole, Cayley, και Sylvester, έδωαν σημαντική ώθηση. Η θεωρία επιχειρεί να εντοπίσει αυτές τις ποσότητες σε συστήματα εξισώσεων που παραμένουν αμετάβλητες υπό γραμμικούς μετασχηματισμούς των μεταβλητών του συστήματος. Δεδηλωμένη περισσότερο φαντασία (αλλά με έναν τρόπο με τον οποίο οι δημιουργοί της θεωρίας δεν θα εξέταζαν το ενδεχόμενο υπερβολή), η θεωρία των αλγεβρικών αναζητήσεις αναλλοίωτες για την αιώνια και αμετάβλητη μεταξύ το χάος της παροδικής και απατηλή. Αυτό δεν είναι μικρό στόχος για οποιαδήποτε θεωρία, μαθηματική ή με άλλο τρόπο.

Η συσχέτιση μεταξύ δύο μεταβλητών είναι αμετάβλητη από γραμμικούς μετασχηματισμούς μίας εκ των δύο ή και των δύο μεταβλητών. Η ανάπτυξη του γραμμικού μοντέλου παλινδρόμησης στα τέλη του 19ου αιώνα, καθώς και η ανάπτυξη μεθόδων συσχέτισης λίγο αργότερα, είναι σαφώς άμεσα αποτελέσματα της θεωρίας των αλγεβρικών υπολοίπων. Η παλινδρόμηση και οι μέθοδοι συσχέτισης, με τη σειρά τους, χρησίμευσαν ως βάση για τον γενικό γραμμικό μοντέλο. Το γενικό γραμμικό μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της πολλαπλής παλινδρόμησης για μια ενιαία εξαρτημένη μεταβλητή. Η κατανόηση του μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης είναι θεμελιώδης για την κατανόηση του γενικού γραμμικού μοντέλου.

Κανονικές Συναρτήσεις Σύνδεσης			
Κατανομή	Όνομα	Συνάρτηση Σύνδεσης	Μέση Συνάρτηση
Κανονική	Ταυτότητα	$X\beta = \mu$	$\mu = X\beta$
Εκθετική	Αντίστροφος	$X\beta = \mu^{-1}$	$\mu = (X\beta)^{-1}$
Gamma			
Αντίστροφος Gaussian	Αντίστροφος τετράγωνο	$X\beta = \mu^{-2}$	$\mu = (X\beta)^{-1/2}$
Poisson	Είσοδος	$X\beta = \ln(\mu)$	$\mu = \exp(X\beta)$
Διωνυμική	Logit	$X\beta = \ln\left(\frac{\mu}{1-\mu}\right)$	$\mu = \frac{\exp(X\beta)}{1 + \exp(X\beta)} = \frac{1}{1 + \exp(-X\beta)}$
Πολυωνυμική			

Πίνακας 3.1: Πίνακας των κανονικών συναρτήσεων σύνδεσης και των αντιστρόφων τους

Το πρότυπο γενικευμένο γραμμικό μοντέλο υποθέτει ότι οι παρατηρήσεις είναι ασυσχέτιστες. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί επεκτάσεις, ώστε να καταστεί δυνατή η συσχέτιση μεταξύ των παρατηρήσεων. Ο Zeger το 1988 εισήγαγε μία νέα μέθοδο παλινδρόμησης, καταλήγοντας στο γεγονός ότι τα γενικευμένα γραμμικά μοντέλα με γραμμικές και λογικές συνδέσεις, μπορούν να επεκταθούν σε παραμετρικά μοντέλα, που καταστούν δυνατή την συσχέτιση των παρατηρήσεων.

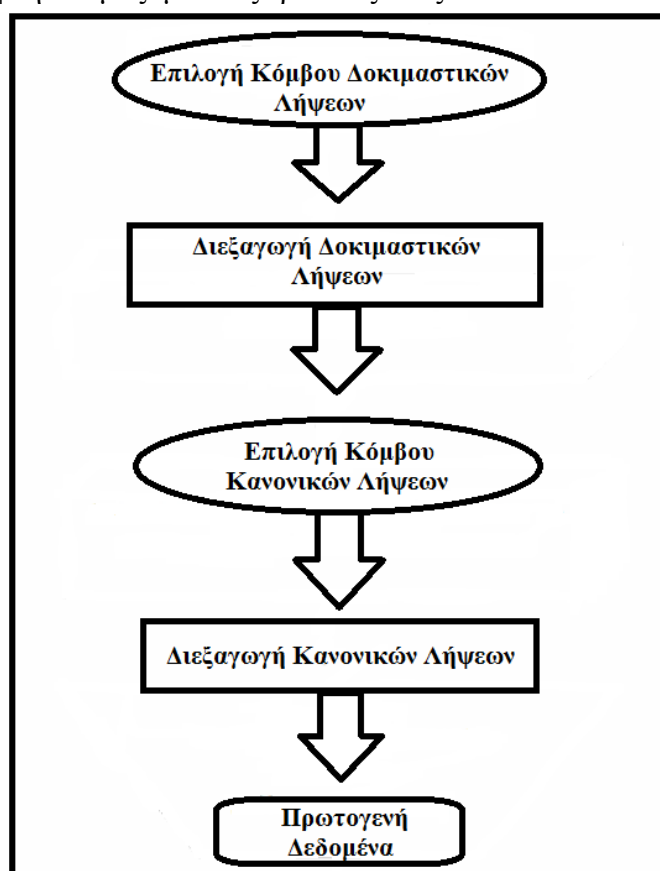
Λόγω λοιπόν του γεγονότος ότι το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο είναι πιο ευέλικτο από το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, αλλά και επειδή μπορούμε να επιτύχουμε συσχέτιση (correlation) μεταξύ των παρατηρήσεων επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε το πρώτο ως εργαλείο ανάλυσης των δεδομένων μας. Το συγκεκριμένο μοντέλο θα εφαρμοστεί με τον προγραμματισμό του μέσα από το

λογισμικό R. Η συγκεκριμένη διαδικασία θα αναπτυχθεί εκτενώς στο 5^ο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης.

4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η συλλογή των δεδομένων, δηλαδή η σειρά των βημάτων που ακολουθήθηκε ώστε να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Στην εικόνα 4.1 φαίνονται τα βασικά βήματα.

Ο πρώτος προβληματισμός που προέκυψε είχε να κάνει με την επιλογή του κόμβου. Ο κόμβος που θα επιλεγόταν θα έπρεπε να ικανοποιεί κάποια συγκεκριμένα κριτήρια καταρχήν γεωμετρίας, ενώ σε ένα δεύτερο επίπεδο βασική επιδίωξη ήταν η ύπαρξη ενός ικανοποιητικού επιπέδου φόρτου, έτσι ώστε το δείγμα μας να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Ένα άλλο βασικότατο ζήτημα, ήταν η επιλογή των μέσων και της διαδικασίας στην συλλογή των πρωτογενών δεδομένων, καθώς από αυτά που ήταν διαθέσιμα, έπρεπε να ελεγχθούν κατά πόσο η ακρίβειά τους επηρεάζει ποσοτικά αλλά και ποιοτικά τον προσδιορισμό των δευτερογενών δεδομένων. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν κάποιες δοκιμές σε κόμβο μέσα στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, και συγκεκριμένα στον κόμβο που βρίσκεται μπροστά από την πύλη της Κατεχάκη. Τα όργανα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν, ήταν δύο βιντεοκάμερες με αναλογική και ψηφιακή καταγραφή, τυπικής ανάλυσης. Η βιντεοκάμερα, η οποία χρησιμοποιήθηκε στο ύψος του κόμβου, ήταν το μοντέλο DCR-TRV80E της Sony, με αισθητήρα CCD 2MP και φακό Zeiss. Η δεύτερη βιντεοκάμερα, που χρησιμοποιήθηκε για τις λήψεις στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, ήταν το μοντέλο HV40 της Canon. Η πρώτη ανήκει στο Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας και η δεύτερη στο Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής, από όπου και παρελήφθησαν μαζί με τους τρίποδές τους.



Εικόνα 4.1: Διάγραμμα ροής σταδίων Συλλογής Δεδομένων

4.1 Δοκιμαστικές λήψεις

Στόχος της πραγματοποίησης των δοκιμαστικών λήψεων ήταν σε πρώτο στάδιο η εξοικείωση με τα όργανα, ενώ σε ένα δεύτερο στάδιο ήταν να υπάρξει τριβής με τις πραγματικές συνθήκες και τα πιθανά προβλήματα που θα έπρεπε να αντιμετωπιστούν και κατά την διεξαγωγή της κανονικής συλλογής πρωτογενών δεδομένων.

Τα προβλήματα, τα οποία προέκυπταν, είχαν να κάνουν με θέματα ορατότητας, ορθής προβολής καθώς και λειτουργικότητας του συστήματος που θα εφαρμοζόταν. Συγκεκριμένα τέθηκε πρόβλημα ορατότητας τόσο όσον αφορά την επόπτευση των σταθερών σημείων αναφοράς, όσο και στην επόπτευση στην περιοχή του κόμβου.

Αρχικά υπήρχε η σκέψη να τοποθετηθούν, ως σημεία αναφοράς, στην άκρη του πεζοδρομίου από την εσωτερική πλευρά, σιδερόβεργες χρωματισμένες ή να πραγματοποιηθεί κάποια διαγράμμιση της ασφάλτου στο ύψος των σημείων αναφοράς. Κάτι τέτοιο όμως απορρίφθηκε, αφού η ύπαρξη των παραπάνω οντοτήτων θα μπορούσε να επηρεάσει την συμπεριφορά των οδηγών, γεγονός που θα μείωνε σημαντικά την αντικειμενικότητα της πρωτογενούς συλλογής δεδομένων, εισάγοντας με τον παραπάνω τρόπο τον υποκειμενικό παράγοντα. Έτσι τελικά αποφασίστηκε να επιλεγθούν ήδη υπάρχοντα σημεία ως σημεία αναφοράς, ώστε να μην τραβούν την προσοχή των οδηγών ή να τους επηρεάζουν με κάποιο άλλο τρόπο.

Αποτέλεσμα αυτής της επιλογής ήταν ο περιορισμός μίας σειράς άλλων επιλογών σχετικά με την τοποθέτηση της βιντεοκάμερας τόσο στο ύψος του κόμβου, όσο και 80m πριν. Λόγω της παρουσίας άλλων αντικειμένων όπως δένδρων, παρκαρισμένων αυτοκινήτων, σε συνδυασμό με την όλη γεωμετρία του κόμβου και της περιοχής στα 80m πριν, παρεμποδιζόταν η ορατότητα, με συνέπεια η επιλογή της τελικής θέσης της βιντεοκάμερας να γίνει με μεγάλη προσοχή τόσο στο ύψος των 80m πριν το κόμβο, όσο και στο ύψος του κόμβου. Μάλιστα στο ύψος του κόμβου η επιλογή όφειλε να είναι ακόμη πιο αυστηρή, αφού από αυτό το σημείο θα προσδιοριζόταν το φύλο, η ηλικία του οδηγού, καθώς επίσης και ο αριθμός και η ηλικία συνεπιβατών.



Εικόνα 4.2: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής του κόμβου όπου πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμαστικές λήψεις

Πηγή: Google Earth

Στην εικόνα 4.2, φαίνεται η ευρύτερη περιοχή του κόμβου που βρίσκεται μέσα στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, και στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμαστικές λήψεις. Οι συντεταγμένες του εν λόγω κόμβου, σύμφωνα με το Google Earth, είναι: φ: 37° 58' 51,09'' , λ: 23° 47' 02,00''

Στις δοκιμαστικές λήψεις η τοποθέτηση της βιντεοκάμερας για τον προσδιορισμό της αρχικής ταχύτητας των οχημάτων έγινε στο ύψος των 80m πριν τον κόμβο λόγω διαφόρων παραγόντων, κυρίως λόγω καμπυλότητας του δρόμου και ύπαρξης και άλλου κόμβου σε μικρή απόσταση. Κατά την διεξαγωγή όμως των κανονικών μετρήσεων η απόσταση, στην οποία τοποθετήθηκε η αντίστοιχη βιντεοκάμερα, ήταν στα 300m πριν τον κόμβο.



Εικόνα 4.3: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 80m πριν τον κόμβο στη Πολυτεχνειούπολη.

Το θέμα της ορθής προβολής, δηλαδή η απεικόνιση του διαστήματος μέσω του οποίου θα προσδιοριζόταν η ταχύτητα, με τρόπο τέτοιο ώστε να μην είναι υπό γωνία, είναι πολύ σημαντικό και σε άμεση αλληλεξάρτηση με το θέμα της ορατότητας. Βασική επιδίωξη είναι οι λήψεις, τόσο στο ύψος του κόμβου όσο και 300m πριν, να μην είναι υπό γωνία, γιατί τότε δεν προσδιορίζεται σωστά ο χρόνος άφιξης των οχημάτων στα σημεία αναφοράς, με αποτέλεσμα να υπεισέρχεται ένα συστηματικό σφάλμα στον προσδιορισμό της ταχύτητας των οχημάτων. Μία σειρά δοκιμαστικών λήψεων υπό γωνία ώστε να επιτευχθεί πλήρης επόπτευση του κόμβου, έδειξε ότι καθίσταται πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός του χρόνου άφιξης στα σημεία αναφοράς, άρα μεγαλώνει σημαντικά το συστηματικό σφάλμα.

Ακόμη χρειάστηκε να γίνει ένας προσεγγιστικός προσδιορισμός του σημείου, στο οποίο η πλειοψηφία των οδηγών άρχιζε να ελαττώνει την ταχύτητα του οχήματος. Για τον λόγο αυτό αφού έγιναν κάποιες λήψεις, και κατόπιν με χρήση του προγράμματος Pinnacle Studio 9 έγινε η ανάλυση αυτών. Έτσι έγινε πάνω στην εικόνα ο προσδιορισμός του σημείου, στο οποίο γίνεται η ελάττωση της ταχύτητας. Κατόπιν

πίσω στον κόμβο μετρήθηκε η απόσταση του προσδιορισμένου σημείου από το σημείο τομής των αξόνων του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα δρόμου. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκε ότι η πλειοψηφία των οδηγών αρχίζει να ελαττώνει σημαντικά την ταχύτητα του οχήματος 10-12m πριν από το σημείο που τέμνονται οι άξονες του πρωτεύοντα και του δευτερεύοντα δρόμου. Ανάλογη διαδικασία ακολουθήθηκε και κατά την διεξαγωγή των κανονικών λήψεων.



Εικόνα 4.4: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής υπό γωνία για τον προσδιορισμό της ταχύτητας και την καλύτερη επόπτευση του κόμβου στην Πολυτεχνειούπολη

Όπως διακρίνεται και στην παραπάνω εικόνα, το σχεδιασμένο ευθύγραμμο τμήμα δείχνει περίπου το που θα έπρεπε να υπολογιστεί η θέση του οχήματος την χρονική στιγμή που προσεγγίζει το δεύτερο σημείο αναφοράς. Πέραν του γεγονότος ότι είναι λογικό ότι και έτσι έχουμε σφάλμα στο χρονικό προσδιορισμό, είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιούμε την παραπάνω διαδικασία για κάθε όχημα, όταν μάλιστα το λογισμικό επεξεργασίας των λήψεων δεν διαθέτει τέτοια εργαλεία. Ίσως σε μία επόμενη διπλωματική να υπάρξει μελέτη πάνω στην αυτοματοποίηση της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Το σύστημα των λήψεων που εφαρμόζουμε, δεν είναι ένα ιδεατό σύστημα που δεν επηρεάζεται από το εξωτερικό του περιβάλλον, αλλά αντίθετα βρίσκεται σε δυναμική αλληλεξάρτηση με αυτό, καθώς οι παράμετροι του τελευταίου μεταβάλλονται συνεχώς. Έτσι το θέμα της λειτουργικότητας του συστήματος μας είναι μείζονος σημασίας. Είναι σαφές ότι οι λήψεις μας δεν πρέπει να επηρεάζονται σε τέτοιο βαθμό, που να χάνετε ένα μεγάλο μέρος του δείγματος. Επίσης, είναι προφανές ότι η θέση της βιντεοκάμερας δεν πρέπει να παρεμποδίζει βασικές διαδικασίες, που

συντελούνται στο γύρω περιβάλλον. Ιδιαίτερα στο ύψος του κόμβου, όπου οι οδηγοί μειώνουν ταχύτητα, η βιντεοκάμερα πρέπει να βρίσκεται πιο κοντά, έτσι ώστε να είναι πιο ακριβής ο προσδιορισμός του φύλου και της ηλικίας οδηγού και συνεπιβατών. Για κάτι τέτοιο όμως θα πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη και το γύρω περιβάλλον, ώστε να μην εμποδίζονται εξωγενείς διαδικασίες αλλά ούτε και η λειτουργικότητα του συστήματός μας.



Εικόνα 4.5: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του κόμβου, στη Πολυτεχνειούπολη

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται, τα προβλήματα που προκύπτουν από τον συνδυασμό των κριτηρίων της ορατότητας, της ορθής προβολής και της λειτουργικότητας. Η βιντεοκάμερα δεν ήταν δυνατόν να τοποθετηθεί πιο κοντά στο δρόμο, γιατί τότε χανόταν η οπτική επαφή με ένα από τα δύο σημεία αναφοράς. Εάν προσπαθούσαμε να την τοποθετήσουμε πιο δεξιά ή πιο αριστερά, για να αποφύγουμε τα δέντρα και τους θάμνους, θα ήμασταν μακριά από την επίτευξη του στόχου της ορθής προβολής. Τέλος αν προσπαθούσαμε να την τοποθετήσουμε πιο μακριά, ώστε να έχουμε καλύτερη επόπτευση του κόμβου, τότε δεν θα είχαμε από τη μία καλή ορατότητα για τον προσδιορισμό του φύλου και της ηλικίας οδηγών και επιβατών, ενώ από την άλλη θα είχαμε πρόβλημα λειτουργικότητας αφού στην καινούρια θέση υπήρχε πεζόδρομος, με αποτέλεσμα να προκύπτουν προβλήματα παρεμπόδισης των πεζών αλλά και παρεμπόδισης των λήψεων.

4.2 Επιλογή κόμβου

Η επιλογή του κόμβου έγινε βάσει κάποιων συγκεκριμένων κριτηρίων, κάποια από τα οποία αναπτύχθηκαν στην παραπάνω παράγραφο. Τα σημαντικότερα όμως είναι τα εξής:

- Τύπος κόμβου σταυρός
- Απουσία σηματοδότη σε απόσταση μικρότερη των 400m
- Κόμβος τεσσάρων διελεύσεων, ελεγχόμενος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας στη δευτερεύουσα οδό
- Ισόπεδος και όσο το δυνατόν επίπεδος
- Συνθήκες περιβάλλοντα χώρου ικανοποιητικές ως προς τα κριτήρια ορατότητας, ορθής προβολής, λειτουργικότητας
- Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας:
 1. Μέση ταχύτητα δρόμου 40-50 km/h
 2. Φόρτος πρωτεύοντα δρόμου > 300 veh/h
 3. Φόρτος δευτερεύοντα δρόμου > 100 veh/h

Οι υποψήφιοι κόμβοι, που αρχικά εντοπίστηκαν μέσω του προγράμματος Google Earth, βρίσκονται σε περιοχές όπως η Παλλήνη, η Νέα Μάκρη, η Ανάβυσσος και οι Θρακομακεδόνες. Στην συνέχεια μέσω διερεύνησης των συνθηκών και της προσβασιμότητας σε αυτούς, αποκλείστηκαν οι κόμβοι της Παλλήνης και της Αναβύσσου. Έτσι τελικά είχαμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε τρεις κόμβους, οι δύο εκ των οποίων βρίσκονταν στη Νέα Μάκρη και ο τρίτος στους Θρακομακεδόνες.



Εικόνα 4.6: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής υποψήφιου κόμβου, στη Νέα Μάκρη

Πηγή: Google Earth

Στην εικόνα 4.6, φαίνεται η ευρύτερη περιοχή ενός από του υποψήφιους κόμβους στη Νέα Μάκρη. Οι συντεταγμένες του εν λόγω κόμβου, σύμφωνα με το Google Earth, είναι: φ: 38° 02' 42,40'' , λ: 23° 59' 19,24''

Παρότι οι κόμβοι στη Νέα Μάκρη και συγκεκριμένα στη λεωφόρο Μαραθώνος, κρίθηκε ότι ικανοποιούν καλύτερα τα κριτήρια λειτουργικότητας και ορθής προβολής, εντούτοις μετά από επιτόπια αναγνώριση καταλήξαμε σε αρνητική απόφαση και για τους δύο. Οι λόγοι είχαν να κάνουν με το μειωμένο φόρτο τόσο στον πρωτεύοντα δρόμο, όσο και στον δευτερεύοντα. Επιπλέον, για την διευκόλυνση της μελέτης ήταν θεμιτή η απουσία διαζώματος και η ύπαρξη μίας λωρίδας ανά

κατεύθυνση, συνθήκες που δεν πληρούσαν οι ισόπεδοι κόμβοι της λεωφόρου Μαραθώνος, όπως φαίνεται και από την εικόνα παραπάνω.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω κριτήρια, αλλά και την διαδικασία της διερεύνησης, ο κόμβος, που τελικά επιλέχθηκε, βρίσκεται στην περιοχή των Θρακομακεδόνων. Συγκεκριμένα, ο πρωτεύων δρόμος είναι η οδός Πάρνηθος, ενώ ο δευτερεύων δρόμος είναι η οδός Λαθείας, που στην προέκτασή της γίνεται οδός Μήτρου Λέκκα. Ο εν λόγω κόμβος βρίσκεται σε ημιαστική περιοχή με μία πληθώρα κατοικιών, εμπορικών καταστημάτων και τραπεζών, γεγονός που δημιουργεί ικανοποιητικό φόρτο στους γύρω δρόμους. Παρόλα αυτά όμως, είχε και αυτός το τελικά μειονέκτημα της ανεπαρκούς παρουσίας πεζών, για διαφορετικούς όμως λόγους. Μετά από συζητήσεις με κατοίκους της γύρω περιοχής, αλλά όπως διαπίστωσα και ο ίδιος στην πορεία, απέφευγαν να διασχίσουν την οδό Πάρνηθος στο ύψος του υπό μελέτη κόμβου, διότι όπως μου ανέφεραν είχαν συμβεί πολλά ατυχήματα και μάλιστα με νεκρούς.



Εικόνα 4.7: Δορυφορική εικόνα ευρύτερης περιοχής εντοπισμού του τελικού Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες
Πηγή: Google Earth

Η εικόνα 4.7, όπως και η εικόνα 4.8 που είναι μεγέθυνση της προηγούμενης, έχουν ληφθεί πριν από αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Η οδός Λαθείας δεν είναι πλέον χωματόδρομος, όπως φαίνεται να είναι πριν τον κόμβο στις συγκεκριμένες εικόνες, αλλά έχει ασφαλτοστρωθεί, ενώ έχει αλλάξει και η γωνία που σχηματίζει ο πρωτεύων δρόμος με τον δευτερεύοντα φέρνοντας έτσι τους δύο αυτούς δρόμους στο σημείο τομής τους πιο κοντά στο να είναι κάθετη.

Οι συντεταγμένες του τελικού κόμβου, όπως δίνονται από το πρόγραμμα Google Earth είναι οι παρακάτω:

φ: $38^{\circ} 05' 34,55''$, λ: $23^{\circ} 44' 17,57''$

Να σημειωθεί ότι η ακρίβεια του προγράμματος Google Earth δεν φτάνει σε ακρίβεια τα τοπογραφικά διαγράμματα, οι παραπάνω συντεταγμένες όμως δίνονται ενδεικτικά ώστε να υπάρχει μία σαφέστερη εικόνα για τον κόμβο.



Εικόνα 4.8: Δορυφορική εικόνα Κόμβου

Πηγή: Google Earth

4.3 Στάδιο Διαξαγωγής Κανονικών Λήψεων

Σε αυτή την φάση πλέον, ξεκινάει και ολοκληρώνεται το στάδιο των κανονικών λήψεων, δηλαδή εκείνων που υλοποιούνται σε πραγματικές συνθήκες και των οποίων τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν αργότερα για την εξαγωγή των μεταδεδομένων.

Οι λήψεις αποφασίστηκαν να γίνουν σε ώρες αιχμής, όχι όμως και μεγάλης κυκλοφοριακής συμφόρησης, ώστε να μην διακόπτεται η ροή των οχημάτων και γενικότερα να γίνει απόδοση των κανονικών και όχι των ακραίων συνθηκών.



Εικόνα 4.9: Ανατολική άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες



Εικόνα 4.10: Νοτιοδυτική άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες



Εικόνα 4.11: Βόρεια άποψη του Κόμβου, στους Θρακομακεδόνες

4.3.1 Θέση της Βιντεοκάμερας 300m πριν τον κόμβο

Η πρώτη βιντεοκάμερα τοποθετήθηκε στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο. Στο συγκεκριμένο σημείο η οικοδομική γραμμή είναι υλοποιημένη αρκετά μέτρα πιο μέσα από την ρυμοτομική, με αποτέλεσμα να είναι ευκολότερη και λειτουργικότερη η τοποθέτηση της βιντεοκάμερας. Σε αυτό το σημείο μάλιστα, που θεωρητικά οι οδηγοί αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες από ότι στο ύψος του κόμβου, επιβαλλόταν το διάστημα, για το οποίο θα προσδιοριζόταν η ταχύτητα των οχημάτων, να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο στο ύψος του κόμβου. Αυτό αμέσως σήμαινε ότι και η απόσταση της βιντεοκάμερας από τον οδικό άξονα θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερη, έτσι ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα ορατότητας των σημείων αναφοράς, κάτι που τελικά πραγματοποιήθηκε. Μετά από μερικές δοκιμές καταλήξαμε στην ακριβή θέση της βιντεοκάμερας. Αφού ζητήθηκε η άδεια από την επιχείρηση, μπροστά από την οποία θέλαμε να τοποθετηθεί η βιντεοκάμερα, στήσαμε και οριζοντιώσαμε τον τρίποδα με την βιντεοκάμερα.



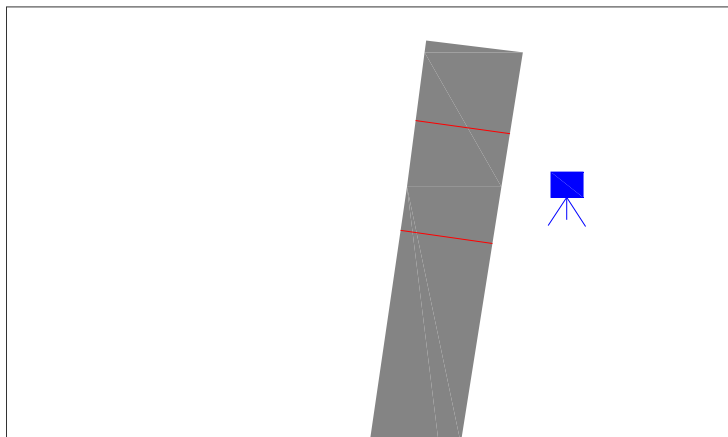
Εικόνα 4.12: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 300m πριν τον Κόμβο

Ως σημεία αναφοράς επιλέχθηκαν η κολώνα φωτισμού της Δ.Ε.Η. και η προβολή του κολωνακίου του ορίου της ιδιοκτησίας πάνω στο πεζοδρόμιο, με κριτήριο τη μη επιρροή της συμπεριφοράς των οδηγών. Η συγκεκριμένη απόσταση μετρήθηκε με μετροταινία 8 φορές, και η μέση τιμή της προσδιορίστηκε στα 7,6m και τυπικό σφάλμα $\pm 0.019m$.

Λόγω της τελικής τοποθέτησης της κάμερας με τον συγκεκριμένο τρόπο, παρατηρούμε ότι ενώ έχει επιτευχθεί το κριτήριο της ορθής προβολής για το πρώτο σημείο αναφοράς, εντούτοις για το δεύτερο σημείο αναφοράς έχουμε την απόδοσή του υπό γωνία. Έτσι αξιοποιούμε την αρχή της συγγραμμικότητας, που υλοποιείται

από την κολώνα φωτισμού της Δ.Ε.Η. και το τέλος του ορίου του συρματοπλέγματος. Δεδομένου και του γεγονότος ότι η γωνία είναι αρκετά μικρή για να μας δημιουργήσει πρόβλημα, ο προσδιορισμός του χρόνου άφιξης του οχήματος θα προσδιοριστεί με τον παραπάνω τρόπο.

Ο λόγος που δεν επιλέχθηκε κάποιο άλλο σημείο αναφοράς από την κολώνα φωτισμού της Δ.Ε.Η. έχει να κάνει με το γεγονός ότι ήταν το μόνο διακριτό σημείο με τις λιγότερες ιδιαιτερότητες, ακριβώς πάνω στον δρόμο.



Εικόνα 4.13: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 300m πριν τον Κόμβο

Η παραπάνω εικόνα προέκυψε αφού έγινε πρώτα ψηφιοποίηση του κόμβου σύμφωνα με το υπόβαθρο του προγράμματος Google Earth, με το σχεδιαστικό πακέτο Auto Cad. Στην συγκεκριμένη εικόνα φαίνεται η θέση της βιντεοκάμερας 300m πριν τον κόμβο, καθώς και το διάστημα που ορίζεται από τα σημεία αναφοράς.

4.3.2 Θέση της Βιντεοκάμερας στον Κόμβο

Η δεύτερη κάμερα τοποθετήθηκε στο ύψος του κόμβου. Όπως εξηγήσαμε και παραπάνω, είναι πολύ σημαντικό η συγκεκριμένη βιντεοκάμερα να τοποθετηθεί σωστά, αφού εκτός από τον υπολογισμό της ταχύτητας του οχήματος και της χρονοαπόστασης με το προηγούμενο και επόμενο όχημα, πρέπει να προσδιοριστούν και άλλα χαρακτηριστικά όπως το φύλο και η ηλικία του οδηγού, ο αριθμός και η ηλικία άλλων επιβατών, ενώ πρέπει να εξασφαλιστεί και η επόπτευση οπτικού πεδίου που θα μας επιτρέψει να ελέγχουμε καλύτερα τις κινήσεις στο κόμβο.

Στην παρούσα μελέτη τα κριτήρια που θα πρέπει να ικανοποιεί η τοποθέτηση της δεύτερης βιντεοκάμερας έχουν ως εξής:

- Καλό οπτικό πεδίο για τις κινήσεις και από τον δευτερεύοντα δρόμο
- Επίτευξη κοντινών λήψεων για τον πρωτεύοντα δρόμο
- Τοποθέτηση σε λειτουργικό σημείο
- Καλό οπτικό πεδίο για τα σημεία αναφοράς

Ως σημεία αναφοράς επιλέχθηκαν τα όρια των φρεάτων όμβριων υδάτων, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω. Η επιλογή αυτή έγινε αφού προηγήθηκε ένας κατά προσέγγιση προσδιορισμός του σημείου, στο οποίο η πλειοψηφία των οδηγών αρχίζει

να ελαττώνει σημαντικά την ταχύτητα του οχήματος, με τον τρόπο που περιγράφηκε και στην ενότητα των Δοκιμαστικών Λήψεων. Τα συγκεκριμένα σημεία επιλέχθηκαν γιατί κρίθηκε ότι δεν επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών, αλλά και επειδή ήταν τα μόνα κατάλληλα, βάσει των χαρακτηριστικών τους, που βρίσκονταν μέσα στο οπτικό πεδίο που καλύφθηκε σύμφωνα με τον παραπάνω προσδιορισμό.

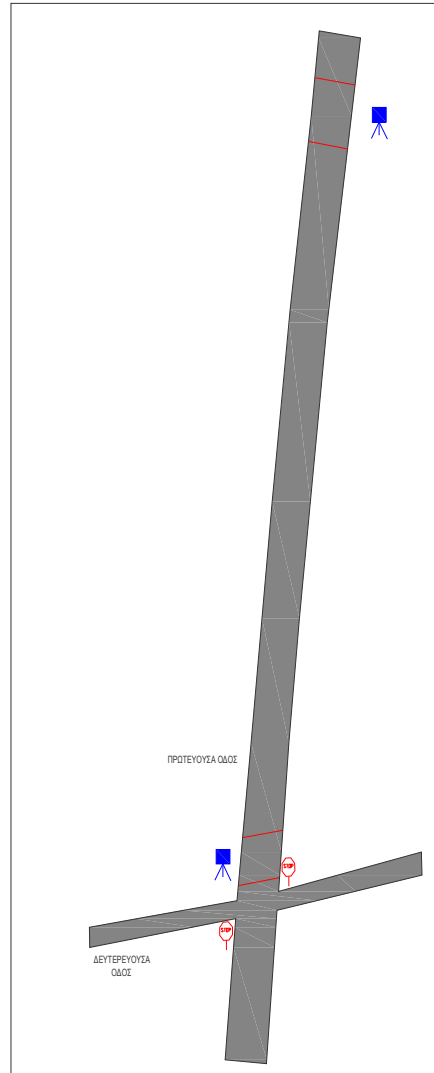
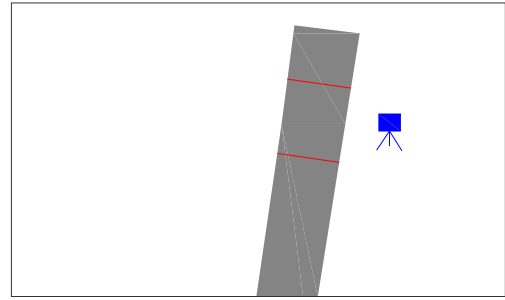
Βάσει λοιπόν, των παραπάνω κριτηρίων, αλλά και των κριτηρίων που αναπτύχθηκαν στην ενότητα των Δοκιμαστικών Λήψεων είναι σαφές ότι αυτά θα έπρεπε να συνδυαστούν, για να φτάσουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι αφού προσδιορίστηκε το σημείο, στο οποίο η πλειοψηφία των οδηγών άρχιζε να ελαττώνει σημαντικά την ταχύτητα του οχήματος, με τον τρόπο που περιγράφηκε και στην ενότητα των Δοκιμαστικών Λήψεων, στη συνέχεια έπρεπε να γίνει απόδοση σε ορθή προβολή αυτού του διαστήματος, μέσα στο οποίο όμως θα υπήρχαν και τα σημεία αναφοράς. Ακόμη ήταν σημαντικό και το θέμα της ορατότητας σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των οδηγών και των επιβατών, αλλά και με την επαρκή επόπτευση του Κόμβου.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω μας οδήγησε, μετά από κάποιες δοκιμές, στην επιλογή του συγκεκριμένου σημείου τοποθέτησης της βιντεοκάμερας. Δεδομένου όμως μία σειράς προβλημάτων που προέκυψαν εφόσον δεν ήμαστε σε μία ιδεατή κατάσταση, δεν ικανοποιήθηκαν πλήρως όλα τα κριτήρια που είχαμε θέσει. Έτσι ενώ θα έπρεπε να έχουμε ένα ευρύτερο πεδίο επόπτευσης του Κόμβου, αυτό δεν έγινε εφικτό λόγω του ότι αξιολογήσαμε ως σημαντικότερο το κριτήριο της καταγραφής των χαρακτηριστικών οδηγών και επιβατών. Για την επίτευξη ενός ευρύτερου πεδίου επόπτευσης του Κόμβου, η βιντεοκάμερα θα έπρεπε να τοποθετηθεί πιο μακριά, γεγονός που δημιουργούσε και προβλήματα λειτουργικότητας, αφού σε αυτή την περίπτωση θα έπρεπε να τοποθετηθεί μέσα στην αυλή κατοικίας.

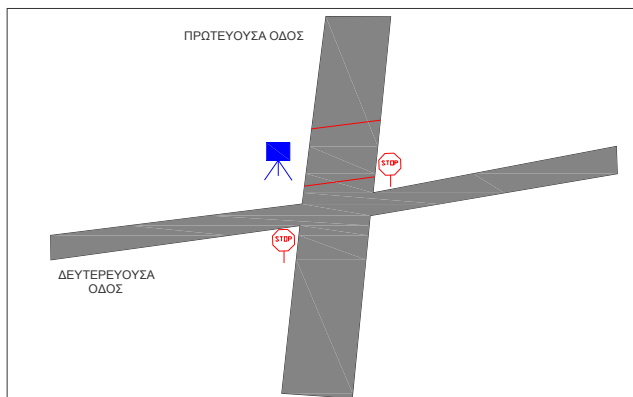
Παρακάτω παρουσιάζονται τρεις εικόνες. Η κεντρική εικόνα συμπεριλαμβάνει και την περιοχή του κόμβου, αλλά και την περιοχή 300m πριν από αυτόν σε ένα ενιαίο μωσαϊκό. Πάνω δεξιά τοποθετήθηκε η εικόνα 4.14, ώστε να γίνει σαφέστερη η χωρική της συσχέτιση με όλη την περιοχή, στην οποία έλαβαν χώρα οι μετρήσεις. Κάτω αριστερά τοποθετήθηκε η εικόνα 4.16, η οποία παρουσιάζει την περιοχή στο ύψος του κόμβου και τοποθετήθηκε ώστε να φανούν καλύτερα οι λεπτομέρειες της συγκεκριμένης περιοχής. Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκε η εικόνα 4.16, αναλύεται στην πιο κάτω στην ίδια ενότητα.

Η εικόνα 4.15, προέκυψε αφού έγινε πρώτα ψηφιοποίηση του κόμβου σύμφωνα με το υπόβαθρο του προγράμματος Google Earth, με το σχεδιαστικό πακέτο Auto Cad. Στην συγκεκριμένη εικόνα φαίνεται η θέση της βιντεοκάμερας στο ύψος του κόμβου καθώς και της βιντεοκάμερας 300m πριν. Ακόμη φαίνονται τα διαστήματα που ορίζονται από τα σημεία αναφοράς για τον προσδιορισμό των ταχυτήτων και των χρονοαποστάσεων στον κόμβο και 300m πριν, αντιστοίχως.

Εικόνα 4.13: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, 300m πριν τον Κόμβο



Εικόνα 4.14: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου, καθώς και 300m πριν



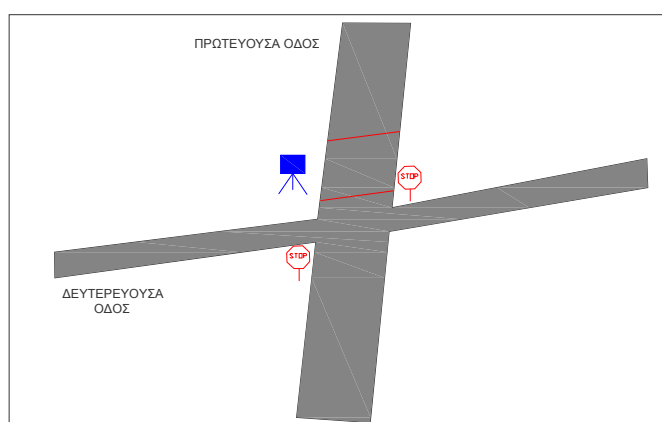
Εικόνα 4.15: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου

Επίσης προέκυψαν κάποια προβλήματα κατά την διάρκεια κάποιων δοκιμαστικών λήψεων για το αντίθετο ρεύμα. Τα συγκεκριμένα προβλήματα είχαν να κάνουν καταρχήν, με δυσκολίες που θα αντιμετωπίζαμε με την τοποθέτηση της πρώτης βιντεοκάμερας στα 300m πριν τον Κόμβο. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονταν σημαντικά θέματα λειτουργικότητας, καθώς και ορθής προβολής. Ακόμη στο ύψος του Κόμβου λόγω της ύπαρξης σε αυτή την πλευρά υποκαταστήματος τραπέζης, ήταν σχεδόν συνεχής η στάθμευση αυτοκινήτων, τουλάχιστον κατά την διάρκεια των ωρών που θέλαμε να γίνουν οι λήψεις. Σαν αποτέλεσμα προέκυπταν σημαντικά προβλήματα ορατότητας για ένα μεγάλο μέρος του δείγματος.



Εικόνα 4.16: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται στο ύψος του Κόμβου, το Οπτικό Πεδίο Καταγραφής της βιντεοκάμερας, μετά την επιλογή του τελικού σημείου τοποθέτησής της. Με κόκκινη διαγράμμιση έχουν αποδοθεί τα σημεία αναφοράς άφιξης και εξόδου του οχήματος από το διάστημα, για το οποίο γίνεται ο προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας.



Εικόνα 4.15: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, στο ύψος του Κόμβου

Η παραπάνω εικόνα προέκυψε αφού έγινε πρώτα ψηφιοποίηση του κόμβου σύμφωνα με το υπόβαθρο του προγράμματος Google Earth, με το σχεδιαστικό πακέτο Auto Cad. Στην συγκεκριμένη εικόνα φαίνεται η θέση της βιντεοκάμερας στο ύψος του κόμβου καθώς και το διάστημα που ορίζεται από τα σημεία αναφοράς, όπως αυτά ορίζονται αντίστοιχα από τις γραμμές αναφοράς.

4.3.3 Φωτογραμμετρική Μεθοδολογία

Κύριος στόχος στην παρούσα μελέτη είναι ο προσδιορισμός της μέσης ταχύτητας των οχημάτων στο ύψος του κόμβου, καθώς και 300m πριν. Η διαφορά αυτών των ταχυτήτων είναι μία νέα μεταβλητή, την συμπεριφορά της οποίας θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε παρακάτω, μέσα από κάποια μαθηματικά μοντέλα. Για τον προσδιορισμό λοιπόν, της μέσης ταχύτητας χρειάστηκε να αναπτυχθεί μία απλή φωτογραμμετρική μονοεικονική μεθοδολογία.

4.3.3.1 Προεργασία

Αρχικά βρεθήκαμε μπροστά στο θέμα του ορισμού σταθερών σημείων στον χώρο της διεξαγωγής των λήψεων. Για τα σταθερά αυτά σημεία, τα οποία έπρεπε να πληρούν τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν παραπάνω, έπρεπε με κάποιο τρόπο να προσδιοριστεί και η μεταξύ τους απόσταση. Η απόσταση αυτή, θα ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί με μία σειρά από τρόπους όπως με μετροταινία, με Total Station ή ακόμα και με δέκτες GPS μεγάλης ακρίβειας. Η επιλογή μίας από τις παραπάνω μεθόδους θα εξαρτιόταν φυσικά από το πόσο θα επηρέαζαν, σε τελική ανάλυση, τον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας και τελικά αν αυτή η επιρροή θα ήταν μέσα σε ανεκτά όρια.

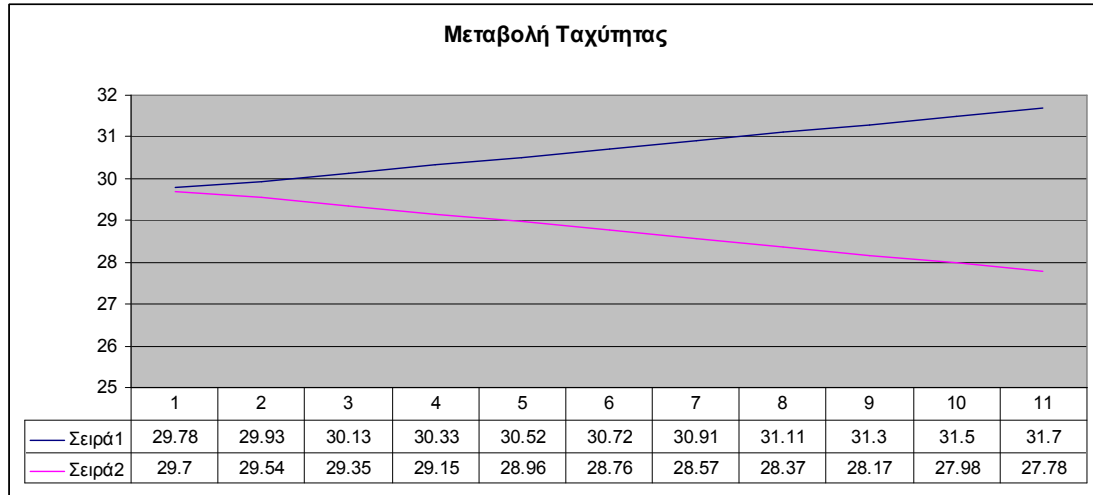
Αξιολογώντας πως οφείλουμε να δίνουμε λύσεις στα προβλήματα με τον πιο απλό και γρήγορο τρόπο, επιλέξαμε να δοκιμάσουμε καταρχήν με την χρήση μετροταινίας. Αυτό έγινε από το στάδιο των δοκιμαστικών λήψεων, όπου μετρώντας την ζητούμενη απόσταση πριν τον κόμβο, τέσσερις φορές, βγάλαμε κατόπιν την μέση τιμή αυτών. Στην συνέχεια, μετά και την επεξεργασία των λήξεων και τον προσδιορισμό του χρόνου, στον οποίο διανυόταν η συγκεκριμένη απόσταση, δοκιμάσαμε να υπολογίζουμε την ταχύτητα κάθε φορά και με μία από τις τιμές που είχαμε μετρήσει για την απόσταση. Οι αποκλίσεις που είχαν μεταξύ τους οι ταχύτητες ήταν της τάξης των 0,04km/h. Μία τέτοια απόκλιση είναι πολύ μικρή για να επηρεάσει τα μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης, που θα αναπτύξουμε παρακάτω.

Την μέθοδο που αναπτύξαμε παραπάνω, την εφαρμόσαμε και στο στάδιο της διεξαγωγής των κανονικών λήψεων. Συγκεκριμένα η μέση τιμή που υπολογίστηκε για το διάστημα προσδιορισμού της ταχύτητας 300m πριν τον κόμβο, ήταν 0,0076km. Για να υπολογίσουμε πόσο επηρεάζει τον προσδιορισμό της ταχύτητας μία αβεβαιότητα 1cm, 5cm, 10cm, 20cm ή και 50cm, υπολογίσαμε για ένα όχημα τις ταχύτητες θέτοντας τις συγκεκριμένες αποκλίσεις στην μέση τιμή της απόστασης. Τα αποτελέσματα ήταν αντίστοιχα:

1. $V=29.78$ km/h
2. $V=29.93$ km/h
3. $V=30.13$ km/h

4. $V=30.52 \text{ km/h}$
5. $V=31.70 \text{ km/h}$

Ανάλογα αποτελέσματα έχουμε για αβεβαιότητες -1cm, -5cm, -10cm, -20cm, και για -50cm.



Πίνακας 4.1: Μεταβολή της ταχύτητας τυχαίου οχήματος με προσεγγιστική μέθοδο

Ο παραπάνω πίνακας 4.1 παρουσιάζει τα αποτελέσματα που υπολογίστηκαν για σφάλματα από 1cm έως 50cm και από -1cm έως -50cm. Τα αποτελέσματα της σειράς 1, τα οποία αποτυπώνονται στο γράφημα ορίζοντας μία καμπύλη χρώματος μπλε, προέκυψαν για σφάλματα 1cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm και 50 cm. Αντίστοιχα τα αποτελέσματα της σειράς 2, τα οποία αποτυπώνονται στο γράφημα ορίζοντας μία καμπύλη χρώματος ματζέντα, προέκυψαν για σφάλματα -1cm, -5 cm, -10 cm, -15 cm, -20 cm, -25 cm, -30 cm, -35 cm, -40 cm, -45 cm και -50 cm. Η μεταβολή της ταχύτητας, μέσα από αυτή την προσεγγιστική μέθοδο, παρουσιάζει γραμμικότητα και αυξάνεται ανάλογα με το σφάλμα που υπεισέρχεται στον υπολογισμό της. Το γεγονός αυτό, φανερώνει ότι δεν θα υπάρξουν λογικά μεγάλες αποκλίσεις από τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Η μέση τιμή της ταχύτητας που προέκυψε χωρίς την εμπλοκή των αβεβαιοτήτων ήταν $V=29.74 \text{ km/h}$. Επομένως οι αποκλίσεις αντιστοίχως είναι:

1. $\Delta V = \pm 0.04 \text{ km/h}$
2. $\Delta V = \pm 0.19 \text{ km/h}$
3. $\Delta V = \pm 0.39 \text{ km/h}$
4. $\Delta V = \pm 0.78 \text{ km/h}$
5. $\Delta V = \pm 1.96 \text{ km/h}$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι έχουμε μία μέγιστη απόκλιση περίπου 2km/h. Ο παραπάνω τρόπος είναι προσεγγιστικός και βοηθάει στο να υπάρχει μία πρώτη γρήγορη εκτίμηση. Στην συνέχεια θα προσδιορίσουμε το τυπικό σφάλμα της μίας μέτρησης της απόστασης, καθώς και το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής της.

Προσδιορίσαμε την καλύτερη τιμή 7.6m, ενώ οι μετρήσεις μας ήταν 7.58m, 7.63m, 7.62m και 7.57m. Από την Θεωρία Σφαλμάτων τα τετράγωνα των υπολοίπων θα έχουν ως εξής:

1. $U=0.0004$
2. $U=0.0009$
3. $U=0.0004$
4. $U=0.0009$

Επομένως το άθροισμα των ελαχίστων τετραγώνων είναι $[UU]=0.0026$, άρα το τυπικό σφάλμα της μίας μέτρησης είναι $\pm 0.03m$, ενώ το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής είναι $\pm 0.015m$. Βλέπουμε δηλαδή, ότι το σφάλμα που θα έχουμε στην ταχύτητα θα βρίσκεται μέσα στο διάστημα 0.04-0.19km/h, γεγονός που δεν επηρεάζει την ανάλυση των μοντέλων μας.

Αναλόγως εργαζόμαστε και για το διάστημα ανάμεσα στα σημεία αναφοράς στο ύψος του κόμβου. Συγκεκριμένα η μέση τιμή που υπολογίστηκε για το διάστημα προσδιορισμού της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου, ήταν 4,75m. Για να υπολογίσουμε πόσο επηρεάζει τον προσδιορισμό της ταχύτητας μία αβεβαιότητα 1cm, 5cm, 10cm, 20cm ή και 50cm, υπολογίσαμε για ένα όχημα τις ταχύτητες θέτοντας τις συγκεκριμένες αποκλίσεις στην μέση τιμή της απόστασης. Τα αποτελέσματα ήταν αντίστοιχα:

1. $V=28.56$ km/h
2. $V=28.80$ km/h
3. $V=29.10$ km/h
4. $V=29.7$ km/h
5. $V=31.5$ km/h

Ανάλογα αποτελέσματα έχουμε για αβεβαιότητες -1cm, -5cm, -10cm, -20cm, και για -50cm.

Η μέση τιμή της ταχύτητας που προέκυπτε χωρίς την εμπλοκή των αβεβαιοτήτων ήταν $V=28.5$ km/h. Επομένως οι αποκλίσεις αντιστοίχως είναι:

1. $\Delta V= \pm 0.06$ km/h
2. $\Delta V= \pm 0.3$ km/h
3. $\Delta V= \pm 0.6$ km/h
4. $\Delta V= \pm 1.2$ km/h
5. $\Delta V= \pm 3$ km/h

Παρατηρούμε λοιπόν ότι έχουμε μία μέγιστη απόκλιση περίπου 3km/h. Στην συνέχεια θα προσδιορίσουμε το τυπικό σφάλμα της μίας μέτρησης της απόστασης, καθώς και το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής της.

Προσδιορίσαμε την καλύτερη τιμή 4.75m, ενώ οι μετρήσεις μας ήταν 4.79m, 4.77m, 4.73m και 4.71m. Από την Θεωρία Σφαλμάτων έχουμε τα τετράγωνα των υπολοίπων ως εξής:

1. $U=0.0016$
2. $U=0.0004$
3. $U=0.0004$
4. $U=0.0016$

Επομένως το άθροισμα των ελαχίστων τετραγώνων είναι $[UU]=0.004$, άρα το τυπικό σφάλμα της μίας μέτρησης είναι $\pm 0.037m$, ενώ το τυπικό σφάλμα της καλύτερης τιμής είναι $\pm 0.0185m=\pm 0.019m$. Βλέπουμε δηλαδή, ότι το σφάλμα που θα έχουμε στην ταχύτητα θα βρίσκεται μέσα στο διάστημα $0.06-0.3km/h$, γεγονός που δεν επηρεάζει την ανάλυση των μοντέλων μας.

Αυτό όμως αποτελεί ένα προσεγγιστικό προσδιορισμό της διακύμανσης του σφάλματος της ταχύτητας. Κανονικά το σφάλμα της ταχύτητας, ακόμα και αν θεωρηθεί ότι δεν υπάρχει σφάλμα στον χρονικό προσδιορισμό, είναι αντιστρόφως ανάλογο της τετραγωνικής ρίζας του χρόνου. Επειδή όμως ο χρόνος αλλάζει για κάθε όχημα, θα μπορούσαμε να τον θεωρούμε κάθε φορά απλώς σαν μία σταθερά, που δεν μπορεί να επηρεάσει το σφάλμα στην ταχύτητα σημαντικά, αφού παίρνει τιμές από $0,5sec-1sec$. Για την ταχύτητα ισχύει $v=x/t$. Άρα από το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων $\sigma_v=\pm\sigma_x*\sqrt{(1/t)}$. Επομένως το σφάλμα της ταχύτητας μπορεί να πάρει τιμές από $0.03-0.04m/sec$ ή $0.108-0.144km/h$. Είναι προφανές ότι έχουμε πολύ μικρό σφάλμα στην ταχύτητα, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο.

Συνεπώς η χρήση μετροταινίας κρίνεται κατάλληλη για την μέτρηση της απόστασης που συμμετέχει στον προσδιορισμό της ταχύτητας των οχημάτων.

4.3.3.2 Επεξεργασία Δεδομένων και Μεταδεδομένα

Αφού ακολούθησε όλη η διαδικασία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο της Διεξαγωγής των Κανονικών Λήψεων, το επόμενο βήμα ήταν ο προσδιορισμός του χρόνου, στον οποίο το κάθε όχημα διανύει το χαρακτηριστικό διάστημα στο ύψος του κόμβου και $300m$ πριν.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Pinnacle Studio 9, ώστε καταρχήν να γίνει ψηφιοποίηση των αναλογικών λήψεων και στην συνέχεια να γίνει η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων. Η ψηφιοποίηση και η επεξεργασία έγιναν σε υπολογιστή του Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας, που διαθέτε το παραπάνω πρόγραμμα. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας το μέγεθος του δείγματος προσδιορίστηκε σε 400 οχήματα περίπου, για λήψη διάρκειας $1h 30min$. Εντούτοις λόγω διαφόρων παραγόντων το δείγμα, για το οποίο τελικά προσδιορίστηκαν όλα τα χαρακτηριστικά που επιθυμούσαμε, ανήλθε σε 250 οχήματα.

Συγκεκριμένα, ο πρώτος παράγοντας που μείωνε το δείγμα ήταν το γεγονός ότι πολλές φορές κάποιο όχημα εμφανιζόταν μόνο στην λήψη της πρώτης βιντεοκάμερας και όχι στην λήψη της δεύτερης ή μετά από αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό συνέβαινε διότι στάθμευε σε κάποιο σημείο του πρωτεύοντα δρόμου, με αποτέλεσμα η συμπεριφορά του να μην είναι αντιπροσωπευτική και συνεπώς να μην περιλαμβάνεται στο δείγμα. Ένας ακόμα παράγοντας ήταν αρκετές φορές η ύπαρξη μεγάλης κυκλοφοριακής συμφόρησης με αποτέλεσμα την χαρακτηριστική μείωση των ταχυτήτων ακόμα και την ακινητοποίηση των οχημάτων. Τέλος, η ύπαρξη μερικές φορές εμποδίων μπροστά από τις βιντεοκάμερες επέδρασε στην διαμόρφωση του τελικού δείγματος.

Για τον υπολογισμό του χρόνου η επεξεργασία των βίντεο γινόταν σε αργή κίνηση και συγκεκριμένα στο επίπεδο των λεγόμενων στατικών πλάνων (frames).

Προσδιορίζοταν δηλαδή η χρονική στιγμή άφιξης του οχήματος στην πρώτη γραμμή αναφοράς και κατόπιν η χρονική στιγμή άφιξης του οχήματος στην δεύτερη γραμμή αναφοράς. Η διαφορά αυτών μας έδινε το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο το όχημα διένυε τη χαρακτηριστική απόσταση. Ένας άλλος τρόπος θα μπορούσε να ήταν η μέτρηση του αριθμού των στατικών πλάνων (frames), και στην συνέχεια η αναγωγή του αθροίσματός τους. Αυτό όμως θα ήταν πιο χρονοβόρο και λιγότερο ακριβές στην περίπτωση που θα χάναμε κάτι στο μέτρημά τους.

Η παραπάνω διαδικασία έλαβε χώρα για τον υπολογισμό των ταχυτήτων. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό των χρονοαποστάσεων, με την διαφορά ότι οι τελευταίες προέκυπταν από την διαφορά των χρονικών στιγμών δύο διαφορετικών οχημάτων για την ίδια γραμμή αναφοράς.

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των οδηγών και των επιβατών η διαδικασία ήταν πιο περίπλοκη και αρκετά δυσκολότερη. Αυτό συνέβαινε γιατί πολλές φορές τα παράθυρα στις θέσεις των συνοδηγών ήταν ανεβασμένα, με αποτέλεσμα να μην είναι πάντα εφικτός ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών που επιθυμούσαμε. Αυτές οι περιπτώσεις έπρεπε να απομονωθούν σαν εικόνες και μετά από επεξεργασία τους να προσεγγίσουμε τα τελικά δεδομένα. Αρκετές ήταν οι φορές όμως που οι ακτίνες του ήλιου αντανακλούσαν πάνω στα παράθυρα με αποτέλεσμα ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών να μην είναι εφικτός και έτσι να χάνουμε ένα μέρος του δείγματος, αφού δε μπορούσαμε να προσδιορίσουμε όλες τις παραμέτρους του. Ακόμη οι περιπτώσεις μεγάλων ταχυτήτων έπρεπε πάλι να απομονωθούν σαν εικόνες. Η εικόνα 4.12 παρατίθεται για να αναδείξει αυτές ακριβώς τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν.



Εικόνα 4.17: Χαρακτηριστική περίπτωση αδυναμίας προσδιορισμού των χαρακτηριστικών του οδηγού, από λήψη στο ύψος του Κόμβου

Στην συνέχεια στον πίνακα 4.2 παρατίθενται τα δεδομένα και τα μεταδεδομένα, που αργότερα χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξη των στατιστικών μοντέλων.

ID	Type of vehicle	dt(sec) (300m)	dt(sec) (knot)	dx(km) (300m)	dx(km) (knot)	u(km/h) (300m)	u(km/h) (knot)	Driver's age	Driver's sex		
1	IX	0.92	0.6	0.0076	0.00475	29.74	28.50	25-45	male		
2	IX	0.92	0.89	0.0076	0.00475	29.74	19.21	25-45	male		
3	IX	0.89	0.95	0.0076	0.00475	30.74	18.00	25-45	male		
Number of passengers(Adults)		Children(Passengers)		Pedestrians(Children)		Pedestrians		dt(sec) (300m) with previous vehicle		dt(sec) (300m) with next vehicle	
1		0		0		0		3.01		15.97	
1		0		0		0		15.97		3	
0		0		0		0		3		4.04	
Type of previous vehicle (300m)		Type of next vehicle (300m)		dt(sec) (knot) with previous vehicle		dt(sec) (knot) with next vehicle		Type of previous vehicle (knot)			
IX		IX		9.79		5.2		IX			
IX		IX		8.03		2.02		IX			
IX		IX		2.02		2.89		IX			
Type of next vehicle (knot)		Movement of current vehicle		Movement of previous vehicle		Movement of next vehicle					
Motorcycle		Straight		Straight		Straight					
IX		Straight		Straight		Straight					
IX		Straight		Straight		Straight					

Πίνακας 4.2: Δεδομένα και Μεταδεδομένα

5. Ανάπτυξη Μοντέλων και Επεξεργασία

Η ανάπτυξη των μοντέλων καθώς και η επεξεργασία τους, βασίστηκαν στην μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων, που αναπτύχθηκε στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας μελέτης. Βασικό στοιχείο στην ανάπτυξη προγνωστικών μοντέλων αποτελεί η σωστή ανάλυση των δεδομένων, καθώς επίσης και η επιλογή του κατάλληλου τύπου ή καλύτερα της κατάλληλης οικογένειας μοντέλων.

Μετά την ανάλυση των λήψεων, που πραγματοποιήθηκαν με την βιντεοκάμερα, έγινε η εισαγωγή των πρωτογενών δεδομένων σε λογισμικό. Αφού έγινε και η εξαγωγή των δευτερογενών δεδομένων, της μέσης ταχύτητας και των χρονοαποστάσεων των οχημάτων, ακολούθησε μία διαδικασία πρώτης ανάγνωσης όλων των δεδομένων υπό την έννοια του να εντοπισθούν σε πρώτη φάση διαισθητικά οι αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στις παραμέτρους που καταγράψαμε και τη μεταβλητή που ορίσαμε. Οι παράμετροι που παρατηρήθηκαν και εισήχθησαν στα μοντέλα είναι οι εξής:

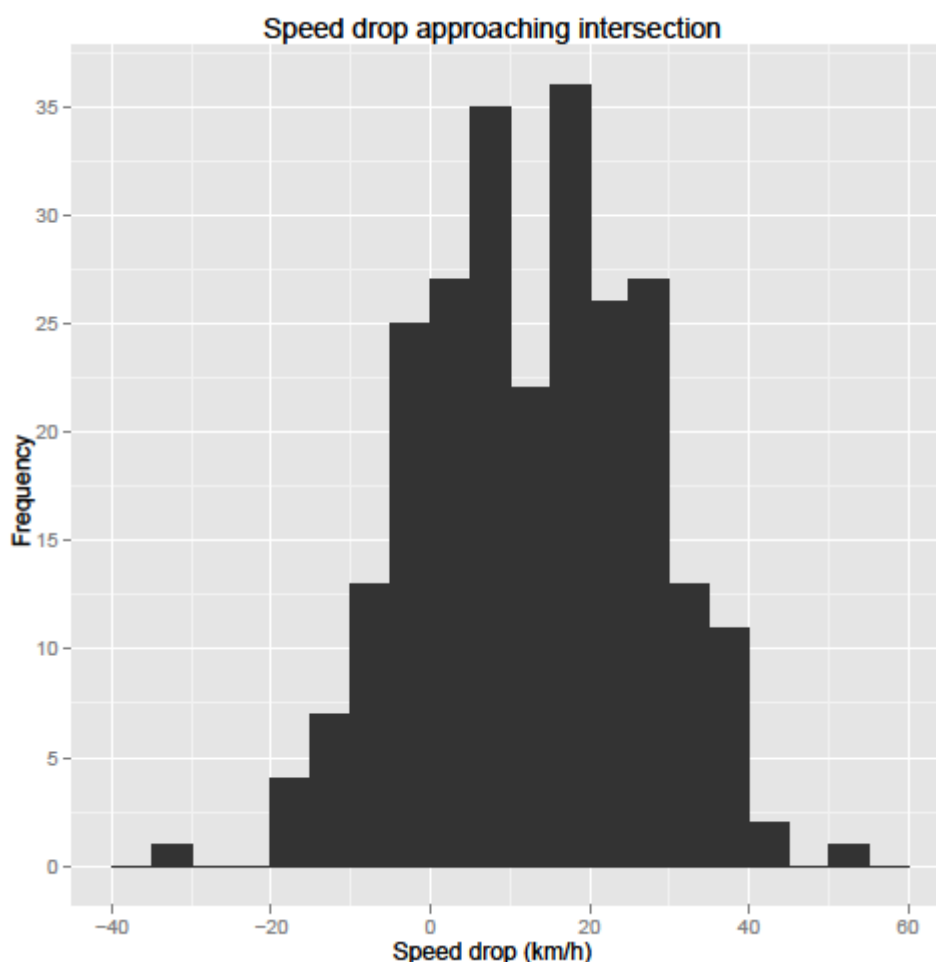
1. Ο τύπος του υπό εξέταση οχήματος (Type.of.vehicle)
2. Η μέση ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο (u.km.h...300m.)
3. Η μέση ταχύτητα στο ύψος του κόμβου (u.km.h...knot.)
4. Η ηλικία του οδηγού (Driver.s.age)
5. Το φύλο του οδηγού (Driver.s.sex)
6. Ο αριθμός των ενήλικων επιβατών (Number.of.passengers.Adults.)
7. Ο αριθμός των επιβατών που είναι παιδιά (Children.Passengers.)
8. Ο αριθμός των πεζών (Pedestrians)
9. Ο αριθμός των πεζών που είναι παιδιά (Pedestrians.Children.)
10. Η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο (dt.sec...300m..with.previous.vehicle)
11. Η χρονοαπόσταση με το επερχόμενο όχημα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο (dt.sec...300m..with.next.vehicle)
12. Ο τύπος του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο (Type.of.previous.vehicle..300m.)
13. Ο τύπος του επερχόμενου οχήματος στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο (Type.of.next.vehicle..300m.)
14. Η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα στο ύψος του κόμβου (dt.sec...knot..with.previous.vehicle)
15. Η χρονοαπόσταση με το επερχόμενο όχημα στο ύψος του κόμβου (dt.sec...knot..with.next.vehicle)
16. Ο τύπος του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου (Type.of.previous.vehicle..knot.)
17. Ο τύπος του επερχόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου (Type.of.next.vehicle..knot.)
18. Η κίνηση του υπό εξέταση οχήματος στο ύψος του κόμβου (Movement.of.current.vehicle)
19. Η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου (Movement.of.previous.vehicle)
20. Η κίνηση του επερχόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου (Movement.of.next.vehicle)

Δίπλα από τις παραμέτρους παρατίθεται και η μορφή με την οποία εισήχθησαν στον κώδικα του προγράμματος R.

Οι παραπάνω επιλέχθηκαν βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας αλλά και της εκτίμησης ότι υπάρχει η πιθανότητα να επηρεάζουν τη μεταβλητή που εξετάζεται. Θα μπορούσαν να επιλεχθούν και άλλες, όπως για παράδειγμα το αν η οδήγηση γίνεται ημέρα ή νύχτα. Τίθεντο όμως περιορισμοί λόγω του διατιθέμενου εξοπλισμού. Ίσως η μελέτη μίας τέτοιας παραμέτρου ή κάποιων άλλων να αποτελέσει αντικείμενο κάποιας άλλης διπλωματικής εργασίας.

5.1 Ανάλυση Δεδομένων

Πριν από την ανάπτυξη των μοντέλων κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν κάποια βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος που συλλέχθηκε, όπως τα ποσοστά των οδηγών που μειώνουν την ταχύτητα στο ύψος του κόμβου, την διακύμανση των χρονοαποστάσεων στο ύψος του κόμβου ή και 300m πριν τον κόμβο.

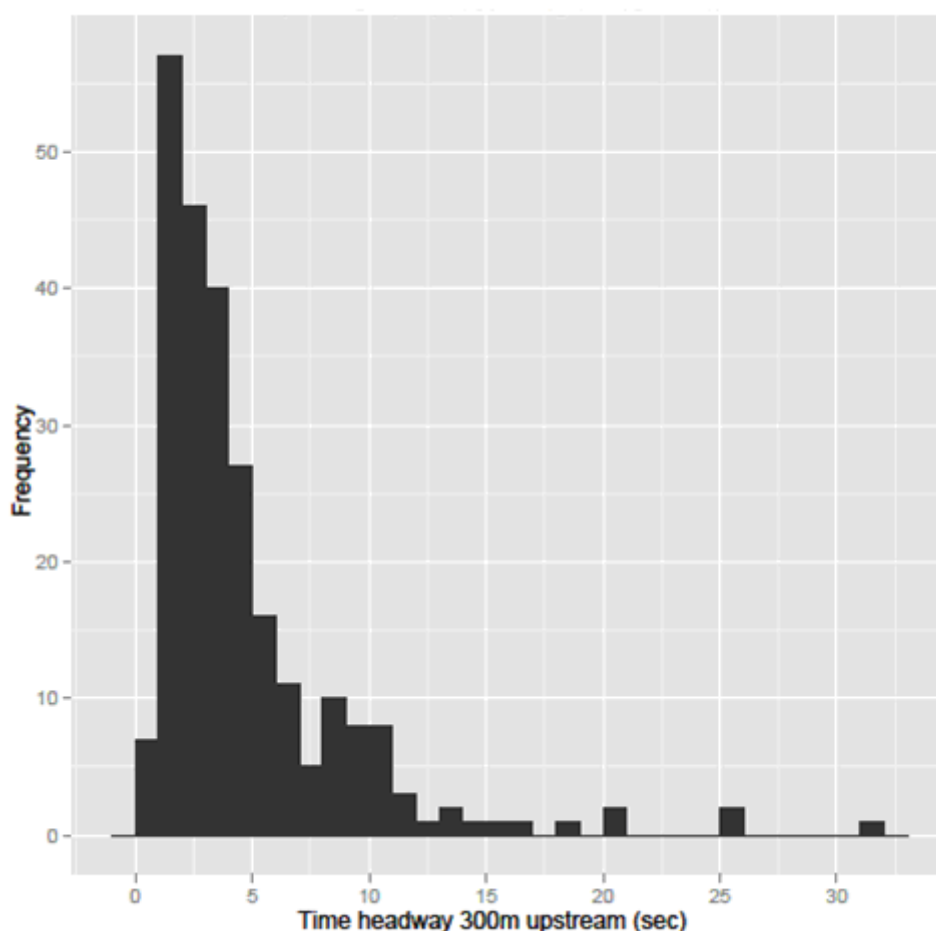


Εικόνα 5.1: Μείωση της ταχύτητας κατά την προσέγγιση στον κόμβο

Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται η συσχέτιση του δείγματος με την μεταβολή της ταχύτητας. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι οδηγοί μειώνουν την ταχύτητα του οχήματός τους σε λογικά επίπεδα, αρκετοί είναι αυτοί που την μειώνουν σε μεγάλο

βαθμό, σχεδόν την μηδενίζουν, ενώ υπάρχουν και κάποιοι, ελάχιστοι, που την αυξάνουν.

Συγκεκριμένα η μέση τιμή για την μείωση της ταχύτητας είναι 12.6km/h, ενώ η τυπική απόκλιση είναι 3.7km/h. Η μέση τιμή για την χρονοαπόσταση στο ύψος το 300m πριν τον κόμβο είναι 0.67sec, ενώ η τυπική απόκλιση είναι 0.46sec.

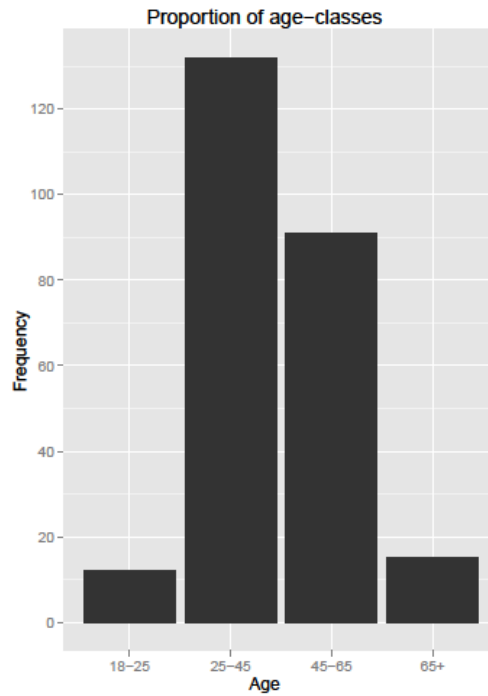


Εικόνα 5.2: Η Χρονοαπόσταση στα 300m πριν τον κόμβο

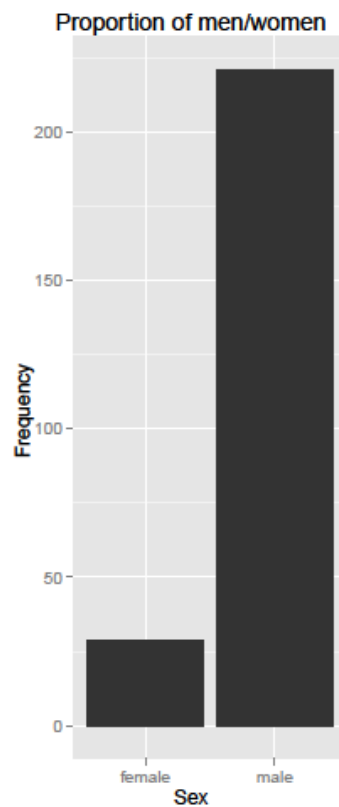
Στην εικόνα 5.2 παρουσιάζεται η συχνότητα που εμφανίζονται οι διάφορες τάξεις μεγέθους της χρονοαπόστασης στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο. Η Χρονοαπόσταση είναι μετρημένη σε δευτερόλεπτα(sec). Όπως φαίνεται τα περισσότερα οχήματα παρουσιάζουν χρονοαπόσταση 1- 6sec, με το προπορευόμενο όχημα, ενώ πολύ λιγότερα είναι αυτά που παρουσιάζουν χρονοαπόσταση της τάξης των 7- 12sec και ελάχιστα έως μηδαμινά αυτά που παρουσιάζουν από πάνω από 13sec.

Στην συνέχεια παρατίθεται η εικόνα 5.3, όπου παρουσιάζεται η αναλογία των τεσσάρων ηλικιακών κατηγοριών μέσα στο δείγμα. Όπως φαίνεται οι οδηγοί της πρώτης και της τέταρτης και τελευταίας ηλικιακής κατηγορίας είναι αρκετά λιγότεροι από τις άλλες δύο ηλικιακές ομάδες, που ουσιαστικά αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος. Συγκεκριμένα έχουμε:

1. Ηλικιακή κατηγορία 18-25: 12
2. Ηλικιακή κατηγορία 25-45: 132
3. Ηλικιακή κατηγορία 45-65: 91
4. Ηλικιακή κατηγορία 65 και άνω: 15

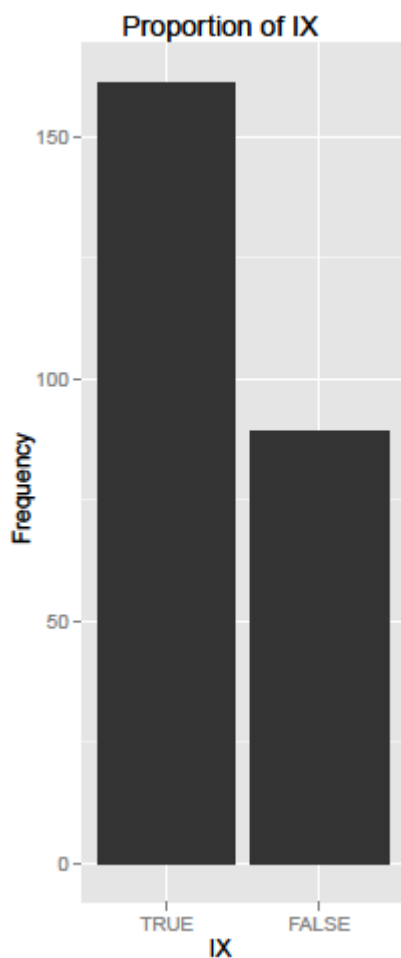


Εικόνα 5.3: Αναλογία των ηλικιακών κατηγοριών

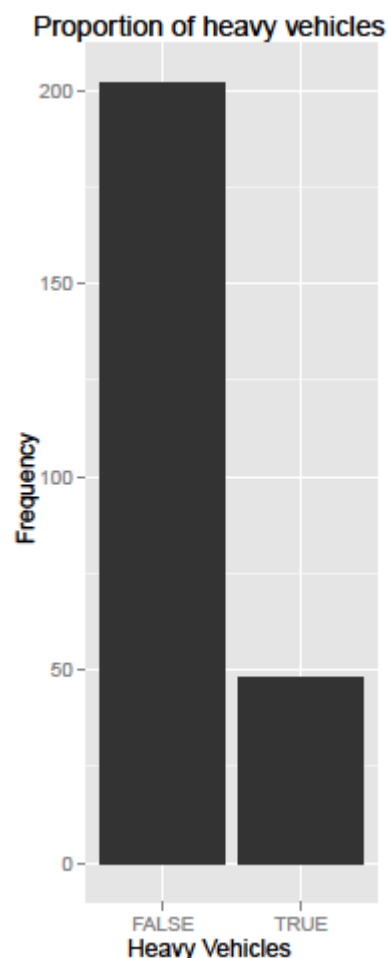


Εικόνα 5.4: Αναλογία ανδρών/γυναίκων

Στην εικόνα 5.4, παρουσιάζεται η αναλογία των ανδρών και των γυναικών οδηγών στο δείγμα. Όπως φαίνεται η συντριπτική πλειοψηφία αποτελείται από άνδρες, ενώ οι γυναίκες οδηγοί μόλις που αγγίζουν τις 30. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι αντιπροσωπευτικό του γενικότερου δειγματοληπτικού υποβάθρου, γεγονός που λήφθηκε υπόψη και έτσι η παράμετρος του φύλου δεν τέθηκε στα τελικά μοντέλα, όπως θα φανεί πιο κάτω.



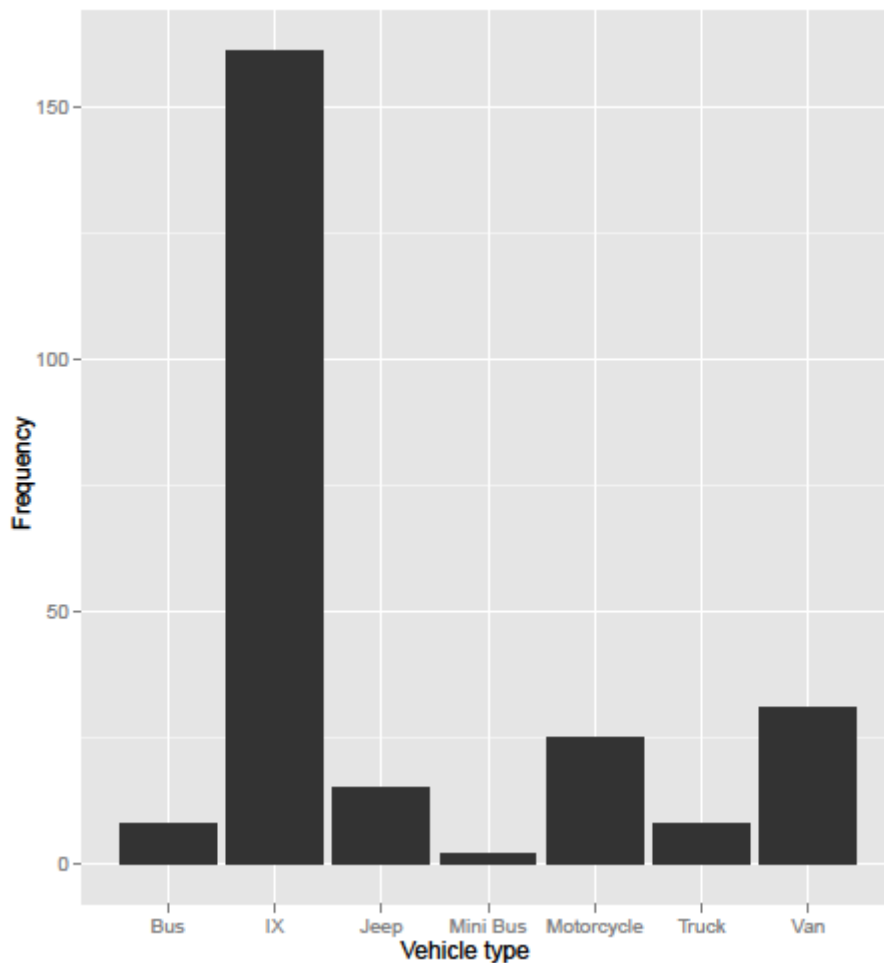
Εικόνα 5.5:Αναλογία σε IX



Εικόνα 5.6:Αναλογία σε βαρέα οχήματα*
*εκτός των φορτηγών

Στην εικόνα 5.5 παρουσιάζεται η αναλογία των κατόχων IX, σε σχέση με τους άλλους τύπους οχημάτων. Όπως φαίνεται, οι κάτοχοι IX αυτοκινήτων αποτελούν σχεδόν τα δύο τρίτα του δείγματος.

Στην εικόνα 5.6 παρουσιάζεται η αναλογία των βαρέων οχημάτων, εξαιρουμένων των φορτηγών. Πρόκειται δηλαδή για τζιποειδή, μικρά λεωφορεία και ημιφορτηγά. Τα παραπάνω ποσοστά, παρά την ομαδοποίηση που πραγματοποιήθηκε, δεν επιτρέπουν την συμμετοχή της στα τελικά μοντέλα, ενώ πολύ περισσότερο δεν επιτρέπουν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

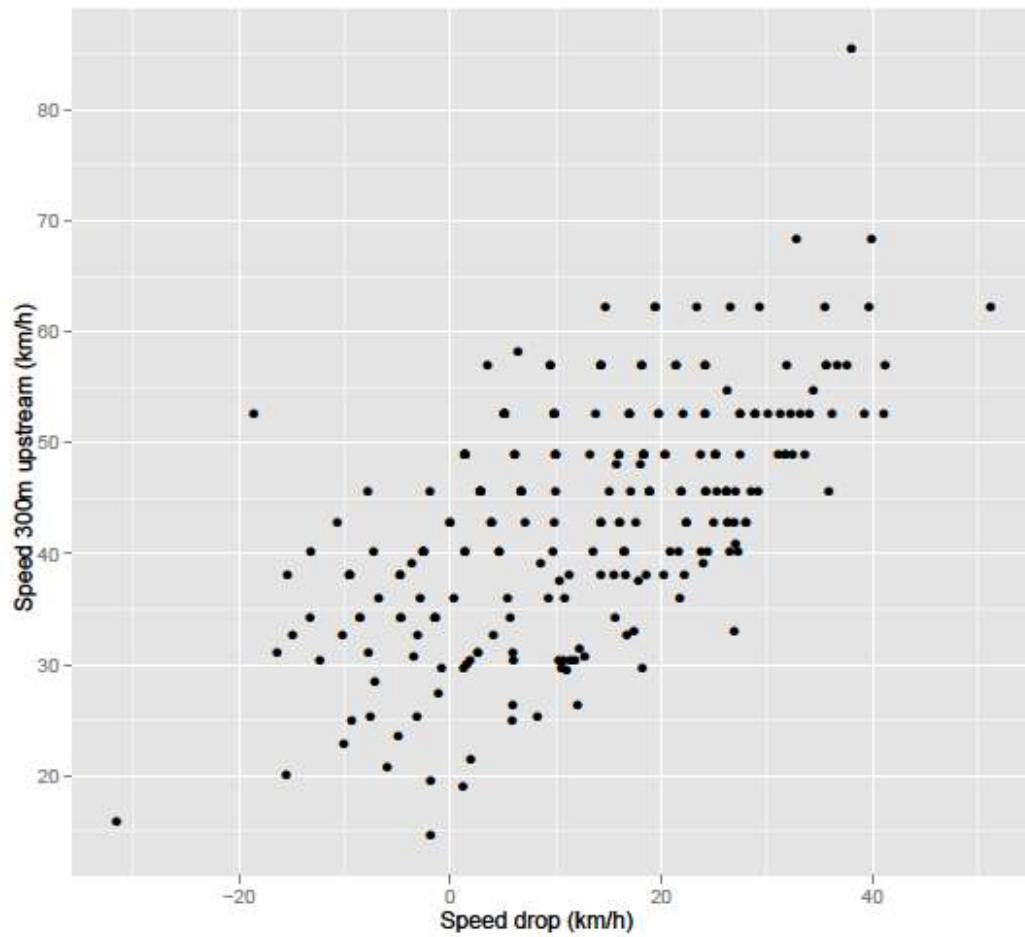


Εικόνα 5.7: Αναλογία των τύπων των οχημάτων στο σύνολο του δείγματος

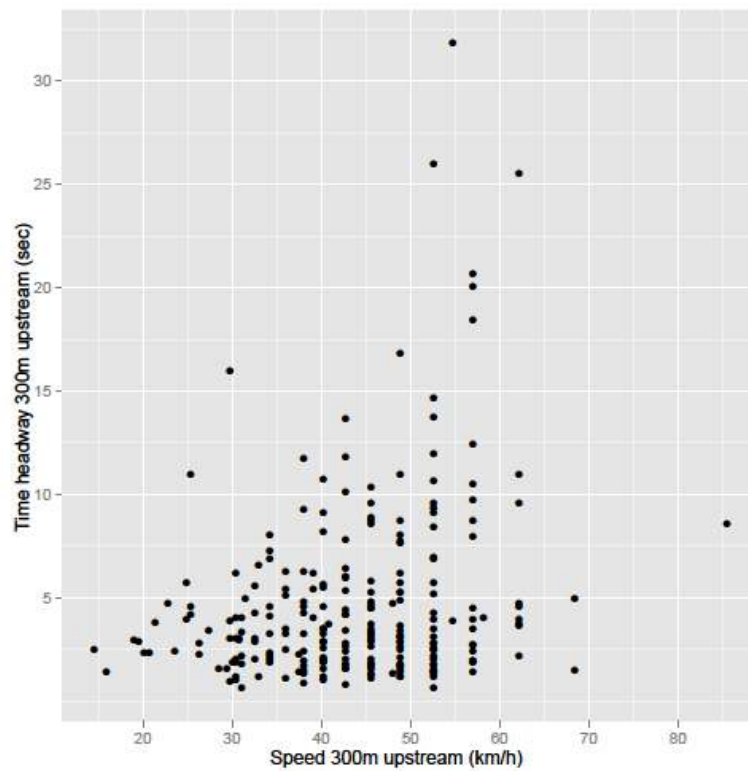
Στην εικόνα 5.7, παρουσιάζεται η αναλογία των τύπων των οχημάτων στο σύνολο του δείγματος. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία αποτελείται από ΙΧ, ενώ ακολουθούν τα ημιφορτηγά, οι μοτοσικλέτες, τα τζιπ και τα φορτηγά. Φαίνεται ακόμη πόσο μικρός είναι ο αριθμός των μικρών λεωφορείων, στοιχείο που λήφθηκε υπόψη για την μη εισαγωγή της συγκεκριμένης μεταβλητής σε κάποιο από τα μοντέλα.

Παρακάτω πραγματοποιείται έλεγχος για πιθανότητα συσχέτισης (correlation) ανάμεσα στην ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο και την μείωση της ταχύτητας.

Για το διάγραμμα της εικόνας 5.8, ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0.6, γεγονός που καταδεικνύει ότι, παρά το ότι η κατάσταση είναι οριακή, δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη συσχέτιση ανάμεσα στην μείωση της ταχύτητας και την ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο. Προβληματισμός θα εκφραζόταν εάν ο συγκεκριμένος δείκτης έφτανε και υπερέβαινε την τιμή 0.65.



Εικόνα 5.8: Διάγραμμα συσχέτισης της μείωσης της ταχύτητας, με την ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο



Εικόνα 5.9: Διάγραμμα συσχέτισης της ταχύτητας στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, με την Χρονοαπόσταση στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο.

Για το διάγραμμα της εικόνας 5.9, ο συντελεστής συσχέτισης είναι 0.25, γεγονός που καταδεικνύει ότι δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στην παράμετρο της ταχύτητας στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο και στην χρονοαπόσταση επίσης στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο.

5.2 Τελικά Μοντέλα

5.2.1 Απλά Δομημένο Μοντέλο

Έχοντας δομήσει τα δύο τελευταία μοντέλα με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης, στο στάδιο της προκαταρκτικής ανάλυσης, το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου.

Συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν δύο περιπτώσεις του γενικευμένου γραμμικού μοντέλου, μία απλή και μία πιο σύνθετη. Οι παράμετροι που συμμετέχουν σε κάθε μία από αυτές τις δύο περιπτώσεις ήταν αυτές, για τις οποίες προέκυψε αυξημένος δείκτης σημαντικότητας στο στάδιο της προεργασίας της ανάπτυξης μοντέλων, αλλά και κάποιες που παρότι δεν παρουσίασαν το αναμενόμενο ενδιαφέρον, εντούτοις κρίνονται καθοριστικές.

Επιχειρήθηκε λοιπόν σε πρώτο στάδιο, η δόμηση ενός μοντέλου σε αντιστοιχία με το απλό μοντέλο, που προέκυψε με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης. Έτσι και στο συγκεκριμένο μοντέλο συμμετέχουν οι ακόλουθες παράμετροι:

- Η ηλικία των οδηγών
- Η μέση ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο
- Η κίνηση του υπό εξέταση οχήματος στο ύψος του κόμβου
- Η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου

Αναφορικά με την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου, λήφθηκε υπόψη και η μορφολογία του κόμβου.

Δεδομένου του γεγονότος της ύπαρξης μίας μόνο λωρίδας ανά κατεύθυνση, προκύπτει λογικά το συμπέρασμα πως στην περίπτωση που το προπορευόμενο όχημα επιχειρήσει να στρίψει δεξιά η αριστερά, τότε ο οδηγός του υπό εξέταση οχήματος οφείλει να μειώσει την ταχύτητα του οχήματός του, ώστε να κατορθώσει τον ελιγμό προσπέρασης ή και να συνεχίσει την πορεία του περιμένοντας τον οδηγό του προπορευόμενου οχήματος να ολοκληρώσει τον ελιγμό. Ακόμα και στην περίπτωση που η χρονοαπόστασή τους είναι αρκετά μεγάλη, ο οδηγός του υπό εξέταση οχήματος είναι δυνατόν να μειώσει ταχύτητα, βλέποντας να ανάβουν τα φώτα των φρένων του προπορευόμενου οχήματος.

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την διερευνητική ανάλυση των μοντέλων, η αριστερόστροφη κίνηση δεν παρουσίασε κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Έτσι, ενώ εδώ διακρίθηκαν οι περιπτώσεις, για τις οποίες υπήρχαν κινήσεις δεξιόστροφες και σε ευθεία για το προπορευόμενο όχημα, δεν πραγματοποιήθηκε κάτι τέτοιο για τις αριστερόστροφες κινήσεις των προπορευόμενων οχημάτων. Η παραπάνω διάκριση έγινε ώστε να παρουσιαστούν

ακόμη πιο σαφή αποτελέσματα για την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου.

Η επιλογή των παραμέτρων βασίζεται σε στατιστικά κριτήρια, και συγκεκριμένα από το επίπεδο σημαντικότητας, όπως αυτό προκύπτει από το t-test.

Η παράμετρος της ηλικίας των οδηγών, καθώς επίσης και της μέσης ταχύτητας στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, παρουσίασαν αυξημένους δείκτες σημαντικότητας σε όλα τα μοντέλα που δομήθηκαν κατά την διαδικασία της διερεύνησης, οπότε η ένταξή τους στο συγκεκριμένο μοντέλο κρίθηκε απαραίτητη.

Το παραπάνω μοντέλο δεν αποτελεί παρά ένα απλά δομημένο γενικευμένο γραμμικό μοντέλο, αφού ο αριθμός των παραμέτρων που εισήχθησαν σε αυτό μπορεί να μην είναι ο ελάχιστος δυνατός, αλλά είναι πολύ μικρός συγκριτικά με το σύνολο των παραμέτρων που μετρήθηκαν.

Τα αποτελέσματα από το παραπάνω μοντέλο φαίνονται παρακάτω.

Συντελεστές:	Υπολογισμός	Τυπικό Σφάλμα	Τιμή t
(Σταθερά)	-12.222	4.427	-2.761
Ηλικία οδηγού 25-45	7.885	2.873	2.745
Ηλικία οδηγού 45-65	8.297	2.925	2.837
Ηλικία οδηγού 65+	12.917	3.640	3.549
Κίνηση προπορευόμενου οχήματος == Ευθεία	-3.121	1.421	-2.195
Κίνηση τρέχοντος οχήματος-Δεξιά	-5.098	2.411	-2.114
Κίνηση τρέχοντος οχήματος-Ευθεία	-15.834	1.863	-8.497
Ταχύτητα 300m πριν τον κόμβο	0.733	0.058	12.698
Null deviance: 49119 με 249 βαθμούς ελευθερίας			
Residual deviance: 21241 με 242 βαθμούς ελευθερίας			
AIC: 1838.0			

Πίνακας 5.1: Αποτελέσματα του απλού γενικευμένου γραμμικού μοντέλου

Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα η παράμετρος της ηλικίας καθίσταται όντως σημαντικός παράγοντας, αφού εκτός από τον δείκτη σημαντικότητας που είναι ικανοποιητικός και με το παραπάνω, παρουσιάζεται μία αντιπροσωπευτική εικόνα για κάθε ηλικιακή ομάδα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας την ομάδα οδηγών ηλικίας 18-24 ως επίπεδο αναφοράς φαίνεται για την ηλικιακή ομάδα 25-45, ότι η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι της τάξης των 8 km/h, για την ηλικιακή ομάδα 45-65 είναι επίσης της τάξης των 8 km/h, ενώ για την ηλικιακή ομάδα 65 και άνω, η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι της τάξης των 13 km/h. Κάτι τέτοιο δείχνει ότι οι μεγάλοι σε ηλικία οδηγοί είναι περισσότερο προσεκτικοί, λιγότερο επιθετικοί. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε στην επίγνωση των μειωμένων αντανakλαστικών τους, είτε στην μεγαλύτερη αίσθηση του φόβου που δημιουργείται με την πάροδο του χρόνου.

Όσον αφορά την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου και την διάκρισή της στις δύο περιπτώσεις, τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Διαφαίνεται μία συσχέτιση όχι μόνο γενικά, σχετικά με την κίνηση του προπορευόμενου οχήματος, αλλά πιο εξειδικευμένα σχετικά με την δεξιόστροφη και την ευθεία κίνηση.

Συγκεκριμένα, η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι μεγαλύτερη όταν το προπορευόμενο όχημα πραγματοποιεί δεξιόστροφη κίνηση, παρά όταν συνεχίζει ευθεία, ενώ η μεγαλύτερη μείωση της ταχύτητας παρατηρείται για αριστερή στροφή, που είναι και το επίπεδο αναφοράς. Και αυτό είναι λογικό, δεδομένης και της μορφολογίας του κόμβου, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και για την παράμετρο της κίνησης του υπό εξέταση οχήματος. Η μείωση της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη όταν το τρέχον όχημα πρόκειται να πραγματοποιήσει δεξιόστροφη κίνηση. Προκύπτει ακόμη ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μείωσή της, το οποίο είναι λογικό.

Ο δείκτης AIC του συγκεκριμένου μοντέλου, συγκρινόμενος με τον αντίστοιχο δείκτη ενός άλλου μοντέλου, υποδηλώνει την αξιοπιστία του συγκεκριμένου μοντέλου ως προς το δεύτερο. Το μέγεθος Null deviance, αντιπροσωπεύει την απόκλιση του μηδενικού μοντέλου, δηλαδή του μοντέλου με μοναδική παράμετρο την σταθερά. Είναι χρήσιμο για σύγκριση δύο μοντέλων όταν αυτά έχουν ίδιο Null deviance. Το μέγεθος Residual deviance αντιπροσωπεύει την απόκλιση του τελικού μοντέλου.

5.2.2 Σύνθετο Μοντέλο

Το σύνθετο μοντέλο δομήθηκε σε δεύτερη φάση για την περαιτέρω βελτίωση του απλά δομημένου μοντέλου. Είναι λοιπόν βασισμένο στα αποτελέσματα του απλά δομημένου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου. Στο σύνθετο μοντέλο συμμετέχουν οι εξής παράμετροι:

- Η ηλικία των οδηγών
- Ο τύπος του προπορευόμενου οχήματος όταν είναι φορτηγό
- Ο τύπος του προπορευόμενου οχήματος όταν είναι μοτοσικλέτα
- Η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο
- Η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα στο ύψος του κόμβου
- Η μέση ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο
- Η κίνηση του υπό εξέταση οχήματος στο ύψος του κόμβου
- Η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου όταν είναι δεξιόστροφη
- Η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου όταν είναι ευθεία

Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκαν κάποιες από τις παραπάνω παραμέτρους αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Εδώ θα αναλυθούν περισσότερο, ενώ θα εξηγηθεί και η επιλογή των υπολοίπων παραμέτρων. Η παράμετρος της ηλικίας των οδηγών και η μέση ταχύτητα στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο παρουσίασαν

αυξημένους δείκτες σημαντικότητας σε όλα τα μοντέλα που δομήθηκαν κατά την διαδικασία της διερεύνησης, αλλά όπως φάνηκε και στο απλό μοντέλο. Συνεπώς, η ένταξή τους και στο συγκεκριμένο μοντέλο κρίθηκε απαραίτητη.

Η παράμετρος του τύπου του προπορευόμενου οχήματος στο τελευταίο μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης παρουσίασε αυξημένο δείκτη σημαντικότητας ιδιαίτερα για τα φορτηγά και τις μοτοσυκλέτες. Έτσι στο συγκεκριμένο μοντέλο εισήχθησαν δύο παράμετροι σχετικές με την παραπάνω.

Η μία έχει να κάνει με τον τύπο του προπορευόμενου οχήματος όταν είναι φορτηγό, ενώ η άλλη έχει να κάνει με τον τύπο του προπορευόμενου οχήματος όταν είναι μοτοσυκλέτα. Η διάκριση αυτή πραγματοποιήθηκε ώστε να φανερωθεί καλύτερα η συσχέτιση ανάμεσα στην συμπεριφορά των οδηγών και τις παραπάνω παραμέτρους.

Από την άλλη, η παράμετρος της χρονοαπόστασης με το προπορευόμενο όχημα τόσο στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, όσο και στο ύψος του κόμβου θεωρείται πως θα δώσει μία σαφέστερη εικόνα της συσχέτισης της συμπεριφοράς του οδηγού με την συμπεριφορά ουσιαστικά του προπορευόμενου οχήματος.

Όσον αφορά την παράμετρο της κίνησης του τρέχοντος οχήματος και την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος, πραγματοποιήθηκε και εδώ η διάκριση που έγινε και στο απλό μοντέλο, για τους ίδιους ακριβώς λόγους. Τα αποτελέσματα του παραπάνω μοντέλου φαίνονται παρακάτω.

Σύμφωνα με τα παρακάτω αποτελέσματα η παράμετρος της ηλικίας, όπως και στο απλά δομημένο μοντέλο αναδεικνύεται εξίσου σημαντική, ενώ οδηγεί και στα ίδια ακριβώς συμπεράσματα. Ότι δηλαδή, για την ηλικιακή ομάδα 25-45, φαίνεται ότι η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι της τάξης των 8 km/h, για την ηλικιακή ομάδα 45-65 είναι επίσης της τάξης των 8 km/h, ενώ για την ηλικιακή ομάδα 65 και άνω, η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι της τάξης των 13 km/h.

Ακόμη η παράμετρος της χρονοαπόστασης παρουσιάζει ικανοποιητικό δείκτη σημαντικότητας. Ουσιαστικά υποδεικνύει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα, τόσο μικρότερη είναι η μείωση της ταχύτητας, ενώ σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει και αύξηση της, πιθανόν επειδή οι οδηγοί θέλουν να προλάβουν να προσπελάσουν τον κόμβο πριν εισέλθει κάποιο άλλο όχημα από τον δευτερεύοντα δρόμο στο διάκενο που έχει δημιουργηθεί.

Αναφορικά με την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος και το διαχωρισμό της, καθώς επίσης και για την κίνηση του υπό εξέταση οχήματος ισχύουν ακριβώς τα ίδια συμπεράσματα, που προέκυψαν και από την συμμετοχή τους στο απλά δομημένο μοντέλο. Επίσης η παράμετρος της ταχύτητας των οχημάτων στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο παρουσιάζει και εδώ το μεγαλύτερο δείκτη σημαντικότητας από όλες υπόλοιπες τις παραμέτρους.

Συντελεστές:	Υπολογισμός	Τυπικό Σφάλμα	Τιμή t
(Βάση)	-9.452	4.644	-2.035
Ηλικία οδηγού 25-45	7.747	2.879	2.691
Ηλικία οδηγού 45-65	8.316	2.920	2.848
Ηλικία οδηγού 65+	11.860	3.605	3.29
Χρονοαπόσταση με προπορευόμενο όχημα 300m πριν	0.248	0.155	1.595
Χρονοαπόσταση με προπορευόμενο όχημα στον Κόμβο	-0.287	0.161	-1.776
Κίνηση προπορευόμενου οχήματος == Ευθεία	-3.608	1.414	-2.552
Κίνηση τρέχοντος οχήματος-Δεξιά	-5.971	2.439	-2.449
Κίνηση τρέχοντος οχήματος-Ευθεία	-16.668	1.887	-8.831
Ταχύτητα 300m πριν τον κόμβο	0.702	0.059	11.885
Τύπος προπορευόμενου οχήματος: Φορτηγό	8.448	3.960	2.133
Τύπος προπορευόμενου οχήματος: Μοτοσικλέτα	-3.310	2.049	-1.616
Null deviance: 49119 με 249 βαθμούς ελευθερίας			
Residual deviance: 20314 με 238 Βαθμούς ελευθερίας			
AIC: 1834.9			

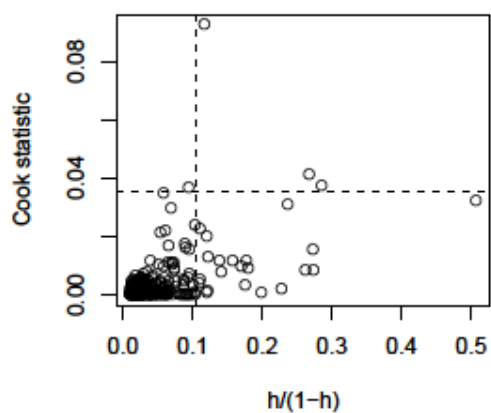
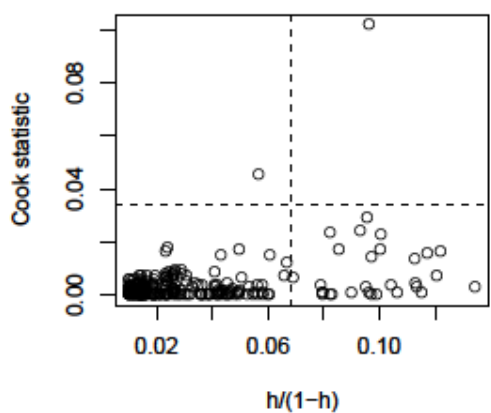
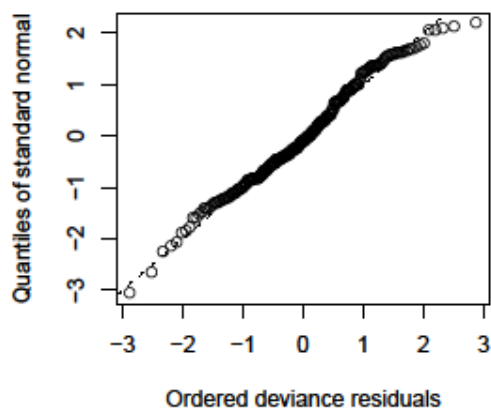
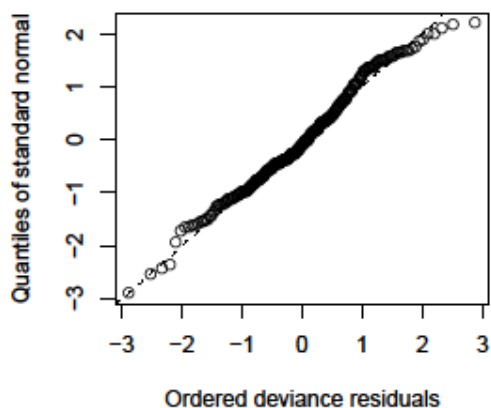
Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα του σύνθετου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου

Τέλος η διάκριση, που πραγματοποιήθηκε όσον αφορά τον τύπο του προπορευόμενου οχήματος, έδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα με αρκετά ικανοποιητικό δείκτη σημαντικότητας τόσο για την κατηγορία των φορτηγών, όσο και των μοτοσικλετών. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων είναι μεγαλύτερη όταν το προπορευόμενο όχημα είναι φορτηγό, ενώ αντίθετα αυξάνουν ταχύτητα όταν το προπορευόμενο όχημα είναι μοτοσικλέτα. Το πιο πιθανό είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερη επιφύλαξη στην περίπτωση των φορτηγών λόγω του όγκου του οχήματος αλλά και της μειωμένης ορατότητας. Από την άλλη μεριά υπάρχει μειωμένη προσοχή προς τους μοτοσικλετιστές, οι οποίοι είναι μάλιστα η ευπαθέστερη ομάδα από την κατηγορία των οδηγών.

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο ο δείκτης AIC μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο σύγκρισης δύο μοντέλων. Η συγκεκριμένη τιμή του, 1834.9, φανερώνει ότι είναι σε ένα βαθμό λίγο καλύτερο από το απλά δομημένο μοντέλο, όπου η αντίστοιχη τιμή ήταν 1838. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα Null deviance και τα Residual deviance. Συγκεκριμένα, στο απλό μοντέλο η τιμή της απόκλισης μηδενικού μοντέλου είναι 49119 με 249 βαθμούς ελευθερίας και καταλήγει στην απόκλιση τελικού μοντέλου με τιμή 21241 με 242 βαθμούς ελευθερίας, ενώ στο σύνθετο μοντέλο η τιμή της απόκλισης μηδενικού μοντέλου είναι 49119 με 249 βαθμούς ελευθερίας και καταλήγει στην απόκλιση τελικού μοντέλου με τιμή 20314 με 238 βαθμούς ελευθερίας. Δηλαδή με 8 βαθμούς ελευθερίας λιγότερους, αλλά καλύτερη απόκλιση.

5.2.3 Σύγκριση Μοντέλων

Μετά την ανάπτυξη των δύο μοντέλων, του απλού και του σύνθετου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου, σειρά έχει η σύγκρισή τους. Η συγκεκριμένη ενέργεια πραγματοποιείται αφενός για να γίνουν καλύτερα αντιληπτές οι διαφορές των δύο παραπάνω μοντέλων, αφετέρου για να διασαφηνιστεί ο προσανατολισμός της πρακτικής εφαρμογής του καθενός.



ΑΠΛΟ

Εικόνα 5.10: Διαγνωστικά απλού

ΣΥΝΘΕΤΟ

Εικόνα 5.11: Διαγνωστικά σύνθετου

Η διακεκομμένη γραμμή στα πρώτα σκέλη των παραπάνω διαγραμμάτων είναι η αναμενόμενη γραμμή, εάν τα παρεκκλίνοντα υπόλοιπα είναι κανονικά κατανομημένα, δηλαδή η γραμμή με αρχή το 0 και κλίση τη σχηματιζόμενη. Εάν τα παρεκκλίνοντα υπόλοιπα είναι κανονικά κατανομημένα, όλα τα σημεία στο διάγραμμα θα έπεφταν στη συγκεκριμένη διακεκομμένη γραμμή. Άρα τα παρεκκλίνοντα υπόλοιπα και του απλού, αλλά και του σύνθετου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου ακολουθούν κανονική κατανομή, με πολύ μικρές διαφορές.

Στο δεύτερο σκέλος υπάρχουν δύο διακεκομμένες γραμμές σε κάθε διάγραμμα. Η μία είναι οριζόντια, δηλαδή παράλληλη στον άξονα των X, ενώ η δεύτερη είναι

κατακόρυφη δηλαδή παράλληλη στον άξονα των Y. Τα σημεία που βρίσκονται πάνω από την οριζόντια διακεκομμένη γραμμή έχουν μεγάλη επιρροή στο μοντέλο. Αντίστοιχα τα σημεία που βρίσκονται δεξιά της κατακόρυφης γραμμής παρουσιάζουν μεγάλο πλεονέκτημα συγκρινόμενα με την μεταβολή του υπολοίπου στο σημείο αυτό. Στην περίπτωση που τα σημεία είναι κάτω από την οριζόντια διακεκομμένη γραμμή και αριστερά από την κατακόρυφη διακεκομμένη γραμμή, τότε οι συγκεκριμένες γραμμές δεν εμφανίζονται.

Ο αριθμός των σημείων με μεγάλη επιρροή στο μοντέλο είναι το σύνολο των σημείων στα δεξιά και πάνω από την περιοχή της τομής των δύο διακεκομμένων γραμμών.

Όπως φαίνεται από το πρώτο σκέλος και των δύο διαγραμμάτων, τα υπόλοιπα ακολουθούν κανονική κατανομή και μάλιστα σχεδόν με τον ίδιο τρόπο. Από την άλλη στο δεύτερο σκέλος του διαγράμματος του απλά δομημένου μοντέλου, παρατηρούνται περισσότερα σημεία στα δεξιά της κατακόρυφης διακεκομμένης γραμμής από ότι στα δεξιά της αντίστοιχης κατακόρυφης διακεκομμένης γραμμής του δεύτερου σκέλους του διαγράμματος του σύνθετου μοντέλου. Όμως η τάξη μεγέθους που προκύπτει από τον άξονα των X, υποδεικνύει ότι στην πρώτη περίπτωση υπάρχουν σημεία σε ένα εύρος τιμών από 0.07 έως 0.15 περίπου, ενώ στην δεύτερη περίπτωση υπάρχουν σημεία σε ένα εύρος τιμών από 0.11 έως 0.3, με μία ακραία τιμή να ξεπερνά το 0.5. Επομένως βάσει των κριτηρίων που αναπτύχθηκαν παραπάνω το απλά δομημένο μοντέλο υπερέχει σε ένα πολύ μικρό βαθμό αναφορικά με τα γραφήματα, στατιστικά απολύτως όμως το σύνθετο μοντέλο έχει ένα μικρό πλεονέκτημα.

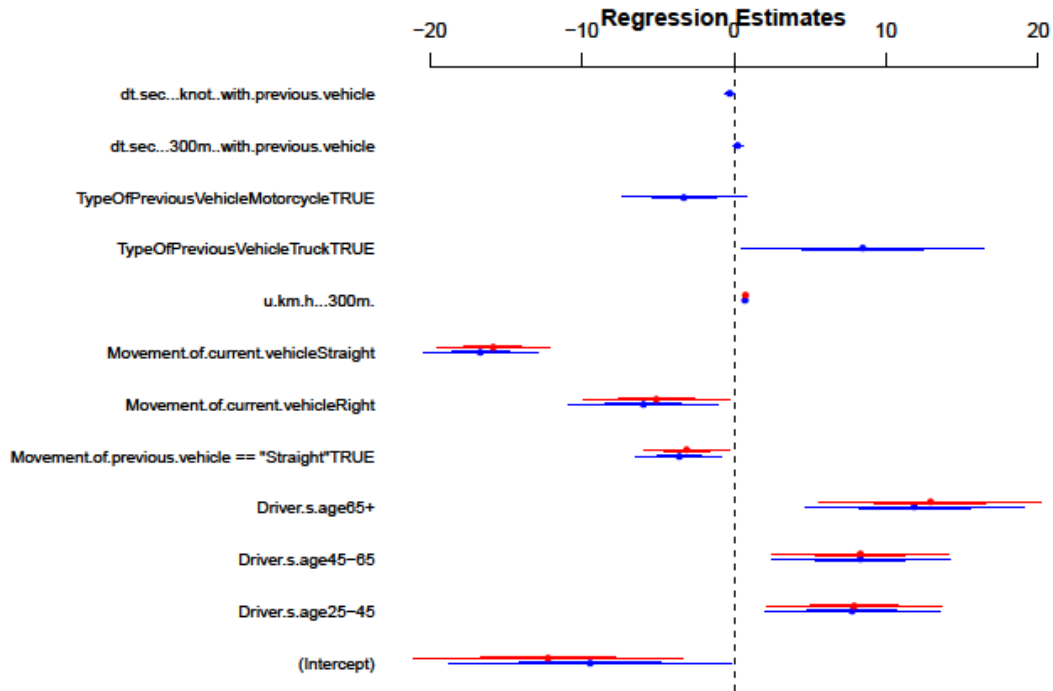
Επομένως αν ενδιαφέρει τον μελετητή απλώς η μελέτη της ταχύτητας, καταλληλότερο κρίνεται το απλά δομημένο μοντέλο, αφού περιέχει λιγότερες παραμέτρους από το σύνθετο, και κατά επέκταση είναι πιο ευέλικτο. Στην περίπτωση όμως που επιδιώκεται κάποια εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών, τότε το σύνθετο μοντέλο κρίνεται καταλληλότερο γιατί καταλήγει σε πιο συγκεκριμένα και απτά αποτελέσματα.

Εν κατακλείδι, στην περίπτωση και του απλά δομημένου μοντέλου αλλά και του σύνθετου τα σημεία με μεγάλες αποκλίσεις είναι πολύ λίγα και για αυτό το παραπάνω μοντέλα θεωρούνται αρκετά αξιόπιστα. Επομένως τα εξαχθέντα συμπεράσματα, που παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο, προσδιορίζονται με σημαντικό επίπεδο εμπιστοσύνης.

Στην συνέχεια παρατίθεται ένα γράφημα, στο οποίο παρουσιάζεται η διακύμανση των παραμέτρων του απλά δομημένου και του σύνθετου μοντέλου.

Στο παραπάνω γράφημα, με κόκκινο χρώμα δίνονται οι τιμές των παραμέτρων του απλά δομημένου μοντέλου, ενώ με μπλε χρώμα δίνονται οι τιμές των παραμέτρων του σύνθετου μοντέλου. Η πιο παχιά γραμμή αντιπροσωπεύει ένα τυπικό σφάλμα, ενώ η πιο λεπτή γραμμή αντιπροσωπεύει δύο τυπικά σφάλματα, δηλαδή υπάρχει διπλασιασμός του τυπικού σφάλματος. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το μικρότερο σφάλμα αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ενώ ο διπλασιασμός του αντιστοιχεί σε επίπεδο εμπιστοσύνης 97%.

Από το παρακάτω γράφημα φαίνεται ότι η διακύμανση για την παράμετρο της ηλικίας είναι πολύ κοντά για τα δύο μοντέλα, και μάλιστα με σχεδόν ίδια τάξη μεγέθους. Αρκετά κοντά βρίσκονται και τα τυπικά σφάλματα για την παράμετρο της κίνησης του υπό εξέταση οχήματος στο ύψος του κόμβου, καθώς επίσης και για την παράμετρο της ταχύτητας στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, που σχεδόν ταυτίζονται.



Εικόνα 5.12: Γράφημα των διακυμάνσεων των παραμέτρων του απλά δομημένου και του σύνθετου μοντέλου

6. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Τα συμπεράσματα, που εκφράζονται παρακάτω, προέκυψαν από τα αποτελέσματα των δύο γενικευμένων γραμμικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν στο πέμπτο κεφάλαιο, σε συνδυασμό με τις γνώσεις που έχουν αποκομιστεί από τα μαθήματα της σχολής που σχετίζονται με το αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Τα συμπεράσματα αυτά αφορούν καταρχήν τον κόμβο, στον οποίο έγιναν οι μετρήσεις και σε επέκταση την κατηγορία των κόμβων με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Αντίστοιχα οι προτάσεις που γίνονται, βασίζονται στα συγκεκριμένα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων σε συνδυασμό με την διεθνή εμπειρία σε αντίστοιχα θέματα που προκύπτουν ανά την υφήλιο. Έχουν να κάνουν σε πρώτο στάδιο με τον κόμβο στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και σε δεύτερη φάση με κόμβους με αντίστοιχα χαρακτηριστικά.

Στόχος, τόσο των συμπερασμάτων όσο και των προτάσεων, είναι καταρχήν η δημιουργία μίας όσο τον δυνατόν πιο ολοκληρωμένης εικόνας των συνθηκών που επικρατούν και των αλληλεξαρτήσεων που υφίστανται στους ισόπεδους μη-σηματοδοτούμενους κόμβους, αλλά και ενός πλαισίου μέτρων και πολιτικών, που θα χρησιμοποιηθούν είτε σε μία εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών, είτε ως συμπληρωματική γνώση για την βελτίωση των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ).

6.1 Βασικά Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του σύνθετου γενικευμένου γραμμικού μοντέλου, το οποίο είναι και το πιο ολοκληρωμένο από αυτά που αναπτύχθηκαν στο πέμπτο κεφάλαιο, τα συμπεράσματα που προκύπτουν σχετίζονται με τέσσερις κατηγορίες παραμέτρων από αυτές που επιλέχθηκαν αρχικά να εξεταστούν.

Το πρώτο ενδεικτικό στοιχείο που προκύπτει, σχετίζεται με την ηλικία των οδηγών των οχημάτων. Συνίσταται στο γεγονός της μεγαλύτερης μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων στο ύψος του κόμβου από τους οδηγούς της ηλικιακής κατηγορίας άνω των 65 χρόνων. Οι οδηγοί που ανήκουν στις ηλικιακές κατηγορίες μεταξύ 25 και 45, και 45 με 65, παρότι μειώνουν την ταχύτητα του οχήματος στο ύψος του κόμβου, εντούτοις είναι αισθητά μικρότερου βαθμού από την μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς άνω των 65 χρόνων. Αυτό σαν συμπέρασμα μεταφράζεται στο γεγονός ότι οι ηλικιωμένοι οδηγοί είναι πιο επιφυλακτικοί, πιο συγκρατημένοι στο να αναπτύξουν ταχύτητες σε τέτοια οδικά σημεία, πολύ πιθανόν λόγω της επίγνωσης των μειωμένων τους αντανακλαστικών λόγω ηλικίας ή και ενός δικαιολογημένου φόβου που μπορεί να τους διακατέχει. Από την άλλη, οι οδηγοί των άλλων δύο ηλικιακών κατηγοριών φαίνονται πιο επιθετικοί στην οδική τους συμπεριφορά, πιθανότατα λόγω αυξημένης εμπιστοσύνης στις οδηγικές τους ικανότητες.

Το δεύτερο ενδεικτικό στοιχείο έχει να κάνει με τη παράμετρο της χρονοαπόστασης με το προπορευόμενο όχημα τόσο στο ύψος του κόμβου, όσο και 300m πριν. Ουσιαστικά υποδεικνύεται ότι στο ύψος των 300m πριν τον κόμβο, όσο μεγαλύτερη είναι η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα, τόσο μικρότερη είναι η μείωση

της ταχύτητας του υπό εξέταση οχήματος. Όσο πιο απομακρυσμένο είναι δηλαδή το προπορευόμενο όχημα, τόσο πιο σίγουροι είναι οι οδηγοί για την οδική συμπεριφορά που ήδη ακολουθούν. Στο ύψος του κόμβου όσο μεγαλύτερη είναι η χρονοαπόσταση με το προπορευόμενο όχημα, ο οδηγός του υπό εξέταση οχήματος δεν μειώνει ταχύτητα αλλά ούτε και την διατηρεί σταθερή, παρά σημειώνεται μικρή αύξησή της, πιθανόν επειδή οι οδηγοί θέλουν να προλάβουν να προσπελάσουν τον κόμβο πριν εισέλθει κάποιο άλλο όχημα από τον δευτερεύοντα δρόμο στο διάκενο που έχει δημιουργηθεί.

Το τρίτο ενδεικτικό στοιχείο σχετίζεται με την παράμετρο της κίνησης του προπορευόμενου οχήματος στο ύψος του κόμβου. Διαφαίνεται μία συσχέτιση όχι μόνο γενικά, σχετικά με την κίνηση του προπορευόμενου οχήματος, αλλά πιο εξειδικευμένα σχετικά με την ευθεία κίνηση. Συγκεκριμένα, η μείωση της ταχύτητας στο ύψος του κόμβου είναι μικρότερη όταν το προπορευόμενο όχημα συνεχίζει ευθεία. Και αυτό είναι λογικό, δεδομένης και της μορφολογίας του κόμβου, όπως αναλύθηκε παραπάνω. Τα αποτελέσματα για την παράμετρο της κίνησης του υπό εξέταση οχήματος, δημιουργούν ακόμα πιο ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Συγκεκριμένα φανερώνεται πως η μείωση της ταχύτητας είναι μεγαλύτερη όταν το τρέχον όχημα πρόκειται να πραγματοποιήσει δεξιόστροφη κίνηση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, όπως θα φανεί παρακάτω στην ενότητα των προτάσεων, για το λόγο ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο στην πολιτική σχεδιασμού παρόμοιων κόμβων.

Όσων αφορά την τελευταία παράμετρο, αυτή έχει να κάνει με τον τύπο του προπορευόμενου οχήματος. Ειδικότερα τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων είναι μεγαλύτερη όταν το προπορευόμενο όχημα είναι φορτηγό, ενώ αντίθετα οι οδηγοί αυξάνουν την ταχύτητα του οχήματός τους, όταν το προπορευόμενο όχημα είναι μοτοσικλέτα. Το πιθανότερο είναι να υπάρχει μεγαλύτερη επιφύλαξη στην περίπτωση των φορτηγών λόγω του μεγάλου όγκου του οχήματος αλλά και της μειωμένης ορατότητας. Ο περιορισμός της ορατότητας του επερχόμενου οχήματος από τον μεγάλο όγκο ενός προπορευόμενου φορτηγού, είναι λογικό να δυσχεράνει τον οδηγό του επερχόμενου οχήματος στην σωστή λήψη αποφάσεων, με αποτέλεσμα την επιλογή της αύξησης του διακένου με το προπορευόμενο φορτηγό, το οποίο επιτυγχάνεται με την μείωση της ταχύτητας. Από την άλλη μεριά υπάρχει μειωμένη προσοχή προς τους μοτοσικλετιστές, οι οποίοι είναι μάλιστα η ευπαθέστερη ομάδα από την κατηγορία των οδηγών. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός της αύξησης της ταχύτητας του επερχόμενου οχήματος, όταν το προπορευόμενο του όχημα είναι μοτοσικλέτα, πιθανότατα για επιχείρηση προσπέρασής της, ή απλά διότι δεν θεωρείται σοβαρός κίνδυνος.

6.1.1 Συμπεράσματα σε επίπεδο Μετρήσεων

Κατά την διάρκεια της συλλογής των δεδομένων, τόσο στο στάδιο των δοκιμαστικών λήψεων όσο και στο στάδιο της διεξαγωγής των κανονικών λήψεων, έπρεπε να αντιμετωπιστούν διάφορα θέματα. Αυτά τα θέματα σχετίζονταν αφενός με τις συνθήκες στην περιοχή του κόμβου, αφετέρου με προβλήματα που προέκυπταν από την ανάλυση των καταγεγραμμένων λήψεων μέσα από λογισμικό.

Αναφορικά με τις συνθήκες κατά την διάρκεια των δοκιμαστικών λήψεων, αυτές έδωσαν μία πρώτη ιδέα για τις αντίστοιχες στον κόμβο στους Θρακομακεδόνες. Τα

συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν έχουν να κάνουν σε πρώτη φάση με την εξοικείωση με την μορφολογία και τα χαρακτηριστικά ενός ισόπεδου μη-σηματοδοτούμενου κόμβου. Σε επόμενο στάδιο υπεισέρχονται πιο ειδικές περιπτώσεις που σχετίζονται με την επιλογή κατάλληλης θέσης της βιντεοκάμερας και κατάλληλων σημείων αναφοράς. Συμπεράσματα όπως η εφαρμογή ορθής προβολής, η ικανοποίηση επαρκούς ορατότητας και η διασφάλιση λειτουργικότητας του όλου συστήματος, αποτέλεσαν τους ακρογωνιαίους λίθους της σωστής διεξαγωγής των λήψεων. Τέλος, εκτός από τις θεωρητικές γνώσεις, οι εμπειρικές γνώσεις που συσσωρεύτηκαν κατά την διάρκεια των δοκιμαστικών λήψεων, οδήγησαν ουσιαστικά στην εξαγωγή συμπερασμάτων-κριτηρίων για την επιλογή του κατάλληλου κόμβου για την διεξαγωγή των κανονικών λήψεων.

Τα παραπάνω συμπεράσματα προέκυψαν και από την ανάλυση των λήψεων με κατάλληλο λογισμικό σε ηλεκτρονικό υπολογιστή κάτω από ένα άλλο πρίσμα βέβαια, πιο άμεσο και πιο απαιτητικό. Σε αυτό το στάδιο όπου βασική επιδίωξη είναι όχι μόνο η σωστή εξαγωγή των μεταδεδομένων, αλλά και η σωστή εξαγωγή αυτών για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο δείγμα, οδηγούσε τα προαναφερθέντα συμπεράσματα ένα βήμα παραπέρα. Ουσιαστικά καθιστούσε σαφές ότι κατά πάσα πιθανότητα, θα προέκυπτε μεγαλύτερος αριθμός δεδομένων αλλά και παραμέτρων για εισαγωγή τους στα στατιστικά μοντέλα, εάν γινόταν χρήση δύο συγχρονισμένων βιντεοκαμερών στο ύψος του κόμβου, με την μία στην ίδια θέση και την άλλη αρκετά υπερυψωμένη για πλήρη επόπτευση του κόμβου.

Ακόμη, παρόλο που μέσα στους αρχικούς στόχους ήταν και η εξέταση των παραμέτρων των πεζών και του φύλου, εντούτοις αυτό δεν κατέστη δυνατόν από την στιγμή που ο αριθμός των πεζών ήταν πολύ μικρός έως ανύπαρκτος, ενώ το αριθμός των γυναικών οδηγών ήταν τόσο δυσανάλογος με το αριθμό των οδηγών του αντίθετου φύλου, που η εξαγωγή οποιουδήποτε συμπεράσματος θα ήταν αβάσιμη.

6.1.2 Συμπεράσματα σε επίπεδο Ανάπτυξης Μοντέλων

Τα συμπεράσματα σε επίπεδο ανάπτυξης μοντέλων έχουν να κάνουν αρχικά με την διαδικασία δόμησής τους. Πρέπει να υπάρχει αυξημένη προσοχή τόσο στην φάση της σύνταξης του κώδικα προγραμματισμού, αλλά ακόμα περισσότερο στην διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων από τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Χωρίς να γίνει αντιληπτό, είναι πολύ πιθανό τα αποτελέσματα να κυμαίνονται σε αναμενόμενα πλαίσια αλλά παρόλα αυτά τα συμπεράσματα να κατευθυνθούν προς λάθος πορεία. Η ερμηνεία που δίνεται πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους, καθώς επίσης και πιθανές αλληλεξαρτήσεις αυτών. Στην φάση της σύνταξης του κώδικα προγραμματισμού μικρά λάθη που φαίνονται ασήμαντα, μπορεί να εξαναγκάσουν στην επανασύνταξή του. Στο σημείο αυτό πρέπει να υπογραμμιστεί πως η εκμάθηση του κώδικα αποτελεί μία αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο πρόγραμμα (R), αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο ανάλυσης, με ένα πολύ μεγάλο πλήθος εφαρμογών.

Χρήσιμα είναι επίσης τα συμπεράσματα σχετικά με την διαφοροποίηση των δύο στατιστικών μοντέλων που αναπτύχθηκαν, αυτό της γραμμικής παλινδρόμησης και το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο. Το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο αναδείχθηκε πιο ευέλικτο από αυτό της γραμμικής παλινδρόμησης και άρα με καλύτερο δείκτη

προσαρμοστικότητας και επεξήγησης του συγκεκριμένου δείγματος. Το γενικευμένο γραμμικό μοντέλο και μάλιστα το σύνθετο, έδωσε καλύτερα αποτελέσματα αξιοπιστίας τόσο από το αντίστοιχο σύνθετο όσο και από το απλό μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Ακόμη από την ανάλυση των δεδομένων, αλλά και την ανάπτυξη των μοντέλων, προκύπτει η ανάγκη εμπλουτισμού του δείγματος. Όπως φανερώθηκε από την όλη διαδικασία μέχρι τώρα, οι γυναίκες οδηγοί, οι οδηγοί ηλικίας 18-25, οι πεζοί αποτέλεσαν παραμέτρους με μικρό δείγμα παρατηρήσεων, με αποτέλεσμα να μην καταστεί δυνατή η αξιοποίησή τους όπως αρχικά υπολογιζόταν. Συνεπώς, σε επόμενες ίσως μελέτες αντίστοιχων θεμάτων, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην έννοια του εμπλουτισμού του δείγματος.

6.2 Προτάσεις

Αρχικά θα γίνουν κάποιες προτάσεις όσων αφορά τον κόμβο, στον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι λήψεις. Κατά το διάστημα της διεξαγωγής των λήψεων στον κόμβο της περιοχής των Θρακομακεδόνων, πραγματοποιήθηκαν και κάποιες προφορικές συνεντεύξεις με κάποιους κατοίκους της γύρω περιοχής. Από αυτές τις προφορικές συνεντεύξεις προέκυψαν κάποια στοιχεία σχετικά με τον εν λόγω κόμβο. Σύμφωνα με αυτά τα στοιχεία, στον συγκεκριμένο κόμβο έχει λάβει χώρα μεγάλος αριθμός ατυχημάτων, κάποια μάλιστα από τα οποία ήταν και θανατηφόρα, ενώ οι ίδιοι οι κάτοικοι που θέλουν να διασχίσουν τον πρωτεύοντα δρόμο δεν το επιχειρούν στο ύψος του κόμβου, αλλά αρκετά μέτρα μακριά.

Έτσι σαν μία πρώτη λύση προτείνεται άμεσα η χρήση σηματοδότησης. Δεδομένου του ότι πρόκειται για ένα ισόπεδο μη σηματοδοτούμενο κόμβο σταυροειδούς μορφής, με αρκετά μεγάλο φόρτο και στον πρωτεύοντα και στον δευτερεύοντα δρόμο το παραπάνω μέτρο θα μπορούσε να έχει εφαρμοστεί εδώ και χρόνια. Το γεγονός μάλιστα να παρατηρούνται οχήματα που αναπτύσσουν αρκετά μεγάλες ταχύτητες για την κατηγορία του πρωτεύοντα δρόμου, συνηγορεί στην εφαρμογή του παραπάνω μέτρου, όχι μόνο για την αποφυγή κυκλοφοριακής συμφόρησης αλλά κυρίως για την αποφυγή ατυχημάτων.

Μία δεύτερη λύση και μάλιστα πιο επαρκής στο να ανταποκρίνεται σε όλες τις συνθήκες που επικρατούν στον συγκεκριμένο κόμβο, θα ήταν η δημιουργία ενός κυκλικού κόμβου δύο ρευμάτων κυκλοφορίας. Δεδομένου ότι υπάρχει μία λωρίδα ανά κατεύθυνση, στην περίπτωση της σηματοδότησης θα έπρεπε να δημιουργηθεί σε κάθε ρεύμα της κύριας οδού μία λωρίδα για τις κινήσεις προς τα αριστερά και μία λωρίδα για τις κινήσεις προς τα δεξιά. Όμως και από τις δύο πλευρές του δρόμου υπάρχουν κτίσματα, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη μία διαπλάτυνση του πρωτεύοντος δρόμου. Άρα η λύση του κυκλικού κόμβου με δύο ρεύματα κυκλοφορίας κρίνεται καταλληλότερη και για το λόγο ακόμα της αναγκαστικής μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων όταν προσεγγίζουν σε αυτόν. Ακόμη τα συμπεράσματα από τις έρευνες που παρατέθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, ενισχύουν την παραπάνω επιλογή αφού ο κόμβος πλέον καθίσταται ασφαλής και για τους πεζούς. Το αποτέλεσμα μάλιστα που προέκυψε από την παρούσα μελέτη, ότι τα οχήματα μειώνουν σημαντικά ταχύτητα όταν στρίβουν σε σχέση με το αν κινούνταν ευθεία, ενισχύει ακόμα περισσότερο το μέτρο για δημιουργία κυκλικού κόμβου και έρχεται σε πλήρη ταύτιση με ανάλογες

μελέτες στο εξωτερικό που υποστηρίζουν την λύση του κυκλικού κόμβου στην βάση της μείωσης ταχύτητας.

Σε ένα γενικότερο πλαίσιο μπορεί καταρχήν να προταθεί η παραπάνω λύση για κόμβους με αντίστοιχα χαρακτηριστικά και αντίστοιχα προβλήματα. Θα μπορούσε επίσης να ξεκινήσει μία εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν για τις ηλικιακές ομάδες 25-45 και 45-65, καθώς επίσης και αυτών που προέκυψαν για την συμπεριφορά των οδηγών ως προς τους μοτοσικλετιστές και τους οδηγούς φορτηγών. Συγκεκριμένα, η ενημερωτική εκστρατεία θα μπορούσε να απευθύνεται προς όλους του οδηγούς. Δηλαδή και τις ομάδες εκείνες που δεν δίνουν την δέουσα προσοχή προς τους μοτοσικλετιστές, αλλά ακόμα και προς τους ίδιους τους μοτοσικλετιστές ώστε να τους ωθεί να παίρνουν όλα τα αναγκαία μέτρα προστασίας τους.

Ακόμη γίνεται ολοένα και πιο αντιληπτό το γεγονός ότι η μείωση της ταχύτητας στους κόμβους μπορεί να μειώσει και τον αριθμό των ατυχημάτων και την σοβαρότητά τους. Μέσα από την παρούσα μελέτη υποδεικνύονται κάποιες παράμετροι που επηρεάζουν την μεταβολή της ταχύτητας των οχημάτων, η κάθε μία με έναν ιδιαίτερο τρόπο. Επομένως αυτή η γνώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως βάση και υπόβαθρο για άλλες μελέτες, είτε να ληφθεί υπόψη από τις αρμόδιες αρχές για την βελτίωση των κανονισμών που διέπουν την μελέτη και κατασκευή κόμβων.

6.3 Σύνοψη-Βασικά Ευρήματα

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά ευρήματα, στα οποία κατέληξε η παρούσα μελέτη.

- Οι οδηγοί άνω των 65 χρόνων είναι πιο προσεκτικοί από τους οδηγούς που ανήκουν στις ηλικιακές ομάδες 25-45 και 45-65, κατά την προσέγγιση σε κόμβο
- Η Χρονοαπόσταση αποτελεί βασικό παράγοντα επιρροής της οδικής συμπεριφοράς.
- Η κίνηση του προπορευόμενου οχήματος είναι σημαντική, αλλά ακόμα πιο σημαντική είναι η κίνηση που επιλέγει ο οδηγός του τρέχοντος οχήματος για την μείωση της ταχύτητας
- Οι οδηγοί είναι πιο προσεκτικοί με τα φορτηγά, παρά με οποιοδήποτε άλλο τύπο οχήματος
- Οι οδηγοί δεν είναι σχεδόν καθόλου προσεκτικοί με τους μοτοσικλετιστές
- Η επιδίωξη μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων αναδεικνύεται σε βασικό άξονα για την ασφάλεια στους κόμβους

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Α.Μ. Αγατζά-Μπαλοδήμου., Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις Ι, 2007, Αθήνα.
2. Λευκή Βίβλος για την ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών με ορίζοντα το έτος 2010: Η ώρα των επιλογών COM (2001)0370
http://ec.europa.eu/transport/white_paper/index_en.htm
3. Πιτσιάβα-Λατινοπούλου Μάγδα, Σωκράτης Μπάσμπας, Νίκος Γαβανάς, (2009) Κυκλοφορία Πεζών σε Αστικούς Κυκλικούς Κόμβους, 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Αθήνα, 2009.
4. Ashmead, D.H., D. Guth, R. S. Wall, R. G. Long, and P. E. Ponchillia. Street Crossing by Sighted and Blind Pedestrians at a Modern Roundabout. ASCE Journal of Transportation Engrg. Volume 131, Issue 11, pp. 812-821 (November 2005)
5. Casella G., Fienberg S., Olkin I., 2009. A Modern Approach to Regression with R, Springer Texts in Statistics.
6. Dobson AJ. (1990) An Introduction to Generalized Linear Models, 2nd ed., Chapman and Hall, London.
7. Elvik, R. & Vaa, T. (Eds.) (2004) The Handbook of Road Safety Measures. NY, Amsterdam, Elsevier Science.
8. Erke, A. & Elvik, R. (2006). Framework for the prediction of the effects of road traffic enforcement measures, Oslo, 851/2006.
9. European Road Safety Observatory (2006) Roads, retrieved Sep 12, 2010, from www.erso.eu
10. Fitzpatrick, Kay, 1991. Gaps Accepted at Stop-Controlled Intersections. Geometric Design Considerations. Transportation Research Record, 1303.
11. Frith, W.J. & Harte, D.S. (1986). The safety implications of some control changes at urban intersections. Accident Analysis & Prevention 18(3), 183-192.
12. Gampbell, John L., and Christian M. Richard, *Human Factors Guidelines for Road Systems* . National Cooperative Highway Research Program, Report 600A , TRB, Washington, D. C 2008

13. Gill J. (2000) *Generalized Linear Models: A Unified Approach*, Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07–134, Sage, Thousand Oaks, CA.
14. Golias, C. Antoniou and G. Yannis. A methodology for the estimation of traffic and related impacts of advanced driver assistance systems. *Intelligent Transportation Systems Journal*, Vol. 7, No. 3-4, July-December 2002.
15. Harte, D.S. (1986). A program to solve the maximum likelihood parameter estimates of generalised linear models. SAS Sample Library. Refer SAS Communications XI(3), 34.
16. IHT Institution of highways and transportation (1990a) Guidelines for Accident Reduction and Prevention. International edition, London
17. IHT Institution of highways and transportation (1990b) Guidelines for Urban Safety Management, London
18. Kyte, M., Tian, Z., Mir, Z., Hameedmansoor, Z., Kittelson, W., Vandehey, M., Robinson, B., Brilon, W., Bondzio L., Wu, N., Troutbeck, R., 1996. Capacity and Level of Service at Unsignalized Intersections, Final Report: Volume 1-Two-Way Stop-Controlled Intersections. National Cooperative Highway Research Program.
19. Lie, A, C. Tingvall, M. Krafft & A. Kullgren (2005) The effectiveness of ESC (Electronic Stability Control) in reducing real life crashes and injuries, 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles Conference (ESV), June 2005
20. Lamm, R., Psarianos, B. & Mailaender, Th. (1999) Highway design and traffic safety engineering handbook pp. 8.1-8.35 , Ed. by McGraw-Hill Professional book, New York.
21. Maher MJ, Summersgill I. (1996) A Comprehensive Methodology for the Fitting of Predictive Accident Models, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 28(3).
22. McCullagh P, Nelder JA. (1989) *Generalized Linear Models*, 2nd ed., Chapman Hall, New York.
23. Nabors D., Gibbs M., Sandt L., Rocchi S., Wilson E., and Lipinski M., 2007. Pedestrian Road Safety Audit Guidelines and Prompt Lists
24. PIARC (2004). Road Safety Manual, Paris.

25. R Development Core Team (RDCT, 2010). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org> (accessed Oct 2, 2010).
26. RoSPA Road Safety Engineering Manual, 3rd edition 2002, Birmingham UK
27. Schroeder, B.J. and N. M. Roupail (2010). Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior at Unsignalized Crosswalks, *Journal of Transportation Engineering*, in print.
28. SUPREME (Βέλτιστες Πρακτικές Οδικής Ασφάλειας: Εγχειρίδιο Μέτρων σε Επίπεδο Χώρας, 2007)
29. Technical Committee on Road Safety (Road Safety manual World Road Association, 2003, PIARC)
30. Transportation Research Board (2000) Highway Capacity Manual, Special Report 209, Washington, DC
31. TRB (2006). Improving Pedestrian Safety at Unsignalized Crossings, TCRP Report 112/NCHRP Report 562, Transportation Research Board, Washington, D.C.
32. Webster D C and Mackie A M (1996). *Review of traffic calming schemes in 20 mph zones*. TRL Report 215. Transport Research Laboratory, Crowthorn
33. Wouters, P.I.J. & Bos, J.M.J. (2000) Traffic accident reduction by monitoring driver behaviour with in-car data recorders. In: *Accident Analysis and Prevention*, vol.32, nr.5, p.643-650
34. Yannis, G., C. Antoniou and E. Papadimitriou. Road casualties and enforcement: Distributional assumptions of serially correlated count data. *Traffic Injury Prevention*, 8:3, pp. 300 - 308, 2007.
35. Yannis, G., C. Antoniou and P. Evgenikos. Comparative analysis of junction safety in Europe. *Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research (WCTR)*, July 11-15, 2010, Lisbon, Portugal.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κώδικας Προγράμματος R

Στην συνέχεια παρατίθεται ο κώδικας που δημιουργήθηκε για τη δόμηση των μοντέλων και των διαγραμμάτων που τα συνοδεύουν.

```
library(ggplot2)

mydata <- read.csv("Vehicles250.csv")
mydata <- mydata[1:250,]

mydata$du <- I(mydata$u.km.h...300m.-mydata$u.km.h...knot.)
mydata$dt.sec...300m.with.next.vehicle <-
as.numeric(mydata$dt.sec...300m.with.next.vehicle)

### create new dummy variables
mydata$TypeofVehicleIX <- (mydata$Type.of.vehicle=="IX")
mydata$TypeofVehicleJeepMiniBusVan <-
((mydata$Type.of.vehicle=="Jeep") | (mydata$Type.of.vehicle=="Mini
Bus") | (mydata$Type.of.vehicle=="Van") )

mydata$TypeofNextVehicle300mMiniBus <-
(mydata$Type.of.next.vehicle..300m.=="Mini Bus")

mydata$TypeOfPreviousVehicleTruck <-
(mydata$Type.of.previous.vehicle..knot. == "Truck")
mydata$TypeOfPreviousVehicleMotorcycle <-
(mydata$Type.of.previous.vehicle..knot. == "Motorcycle")

names(mydata)

qplot(-u.km.h...knot.+u.km.h...300m.,data=mydata, binwidth=5,
xlab="Speed drop (km/h)", ylab="Frequency", main="Speed drop
approaching intersection")
qplot(dt.sec...300m.with.previous.vehicle,data=mydata, binwidth=1,
xlab="Time headway 300m upstream (sec)", ylab="Frequency")

qplot(mydata$Type.of.vehicle, ylab="Frequency",xlab="Vehicle type")

mean(mydata$du)      ### mesi timi
sqrt(var(mydata$du))  #### tipiki apoklisi

mean(mydata$dt.sec...300m.)      ### mesi timi
sqrt(var(mydata$dt.sec...300m.))  #### tipiki apoklisi

##### linear regression

lm1 <-
lm(du~Driver.s.age+Driver.s.sex+Type.of.vehicle+Type.of.previous.vehi
cle..300m.+(u.km.h...300m.), data=mydata, family=gaussian)
```

```

summary(glm1)

#lm2 <-
lm(du~Driver.s.age+Type.of.next.vehicle..300m.+(Type.of.previous.vehic
le..300m.)+Pedestrians+Number.of.passengers+(u.km.h...300m.),
data=mydata)

lm3 <- lm(du~.-u.km.h...300m.-u.km.h...knot., data=mydata)
summary(lm3)

library(MASS)

lm3.autoAIC <- stepAIC(lm3)
summary(lm3.autoAIC)

### GLM

glm4.sintheto <- glm(formula = du ~ Driver.s.age +
(Movement.of.previous.vehicle=="Straight") +
Movement.of.current.vehicle + (u.km.h...300m.) +
TypeOfPreviousVehicleTruck + TypeOfPreviousVehicleMotorcycle
+dt.sec...300m..with.previous.vehicle +
dt.sec...knot..with.previous.vehicle , data = mydata,
family=gaussian)
summary(glm4.sintheto)

glm5.aplo <- glm(formula = du ~ Driver.s.age +
(Movement.of.previous.vehicle=="Straight") +
Movement.of.current.vehicle + (u.km.h...300m.), data = mydata,
family=gaussian)
summary(glm5.aplo)

library("arm")
pdf("comparecoefs.pdf",width=9,height=7)
coefplot(glm4.sintheto, intercept=TRUE, col.pts="blue", mar=c(5, 12,
4, 2) + 0.1)
coefplot(glm5.aplo, add=TRUE,col.pts="red", intercept=TRUE)
dev.off()

#####

cor(mydata$du,mydata$u.km.h...300m.) ## correlationq
qqplot(mydata$du,mydata$u.km.h...300m.,xlab="Speed drop
(km/h)",ylab="Speed 300m upstream (km/h)") ## correlationq
qqplot(mydata$u.km.h...300m.,
dt.sec...300m..with.previous.vehicle,xlab="Speed 300m upstream
(km/h)",ylab="Time headway 300m upstream (sec)",data=mydata) ##
correlationq
qqplot(mydata$dt.sec...300m..with.previous.vehicle)

### RESIDUALS ANALYSIS # based on existing R code, modified mostly
for formatting

```

```

my.glm.diag.plots <- function (glmfit, glmdiag = glm.diag(glmfit),
subset = NULL,
  iden = FALSE, labels = NULL, ret = FALSE)
{
  if (is.null(glmdiag))
    glmdiag <- glm.diag(glmfit)
  if (is.null(subset))
    subset <- c(1:length(glmdiag$h))
  else if (is.logical(subset))
    subset <- (1:length(subset))[subset]
  else if (is.numeric(subset) && all(subset < 0))
    subset <- (1:(length(subset) + length(glmdiag$h)))[subset]
  else if (is.character(subset)) {
    if (is.null(labels))
      labels <- subset
    subset <- seq(along = subset)
  }
  par(mfrow = c(2, 1))
  pars <- vector(4, mode = "list")
  pars[[1]] <- par("usr")
  y2 <- glmdiag$rd
  x2 <- qnorm(ppoints(length(y2)))[rank(y2)]
  plot(x2, y2, ylab = "Quantiles of standard normal", xlab =
"Ordered deviance residuals")
  abline(0, 1, lty = 2)
  pars[[2]] <- par("usr")
  hh <- glmdiag$h/(1 - glmdiag$h)
  plot(hh, glmdiag$cook, xlab = "h/(1-h)", ylab = "Cook statistic")
  rx <- range(hh)
  ry <- range(glmdiag$cook)
  rank.fit <- glmfit$rank
  nobs <- rank.fit + glmfit$df.residual
  cooky <- 8/(nobs - 2 * rank.fit)
  hy <- (2 * rank.fit)/(nobs - 2 * rank.fit)
  if ((cooky >= ry[1]) && (cooky <= ry[2]))
    abline(h = cooky, lty = 2)
  if ((hy >= rx[1]) && (hy <= rx[2]))
    abline(v = hy, lty = 2)
  while (iden) {
    cat("*****\n")
    cat("Please Input a screen number (1,2,3 or 4)\n")
    cat("0 will terminate the function \n")
    num <- as.numeric(readline())
    if ((length(num) > 0) && ((num == 1) || (num == 2) ||
      (num == 3) || (num == 4))) {
      cat(paste("Interactive Identification for screen",
        num, "\n"))
      cat("left button = Identify, center button = Exit\n")
      nm <- num + 1
      par(mfg = c(trunc(nm/2), 1 + nm%%2, 2, 2))
      par(usr = pars[[num]])
      identify(xx[[num]], yy[[num]], labels)
    }
    else iden <- FALSE
  }
  par(mfrow = c(1, 1))
  if (ret)
    glmdiag
  else invisible()
}

```



```

my.glm.diag.residual.plots <- function (glmfit, my.title = NULL,
glmdiag = glm.diag(glmfit), subset = NULL,
  iden = FALSE, labels = NULL, ret = FALSE)
{
  if (is.null(glmdiag))
    glmdiag <- glm.diag(glmfit)
  if (is.null(subset))
    subset <- c(1:length(glmdiag$h))
  else if (is.logical(subset))
    subset <- (1:length(subset))[subset]
  else if (is.numeric(subset) && all(subset < 0))
    subset <- (1:(length(subset) + length(glmdiag$h)))[subset]
  else if (is.character(subset)) {
    if (is.null(labels))
      labels <- subset
    subset <- seq(along = subset)
  }
  x1 <- predict(glmfit)
  plot(x1, glmdiag$res, xlab = "Linear predictor", ylab =
"Residuals", main = my.title, cex.axis = 1.3, cex.lab = 1.3, cex.main
= 1.2)
}

```

```

library(boot)

```

```

pdf("glm5.residuals.pdf",width=4,height=8)
glm5.diag <- glm.diag(glm5.aplo)
my.glm.diag.plots(glm5.aplo,glm5.diag)
dev.off()

```

```

pdf("glm4.residuals.pdf",width=4,height=8)
glm4.diag <- glm.diag(glm4.sintheto)
my.glm.diag.plots(glm4.sintheto,glm4.diag)
dev.off()

```