



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΕ ΚΥΚΛΙΚΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ»**

ΑΛΦΡΕΔΟΣ ΜΑΡΑΘΕΥΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

**ΣΤΕΡΓΙΟΣ ΜΑΥΡΟΜΑΤΗΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιήθηκε και ολοκληρώθηκε στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Με την ολοκλήρωση της έκλεισε και οριστικά ο κύκλος των προπτυχιακών μου σπουδών. Σε αυτό το σημείο δράττομαι της ευκαιρίας να ευχαριστήσω και να εκφράσω τη βαθιά μου εκτίμηση στον Επίκουρο καθηγητή κ. Στέργιο Μαυρομάτη για την ανάθεση, καθοδήγηση αλλά και στήριξη από την αρχή μέχρι και το τέλος της Διπλωματικής μου Εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδιος τον διδακτορικό Βασίλειο Ματράγκο για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη του σε όλη την πορεία διεκπεραίωσης της παρούσας διπλωματικής. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που μου έδωσαν την κινητήριο δύναμη να ολοκληρώσω τις σπουδές μου και ήταν πάντα δίπλα μου.

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

Σύνοψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η εξακρίβωση των εναλλαγών στη συμπεριφορά του δείκτη ατυχημάτων που είναι βασιζόμενος σε κάποιες παραμέτρους στους κυκλικούς κόμβους. Οι κυκλικοί κόμβοι που μελετήθηκαν βρίσκονται στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στους δήμους Περιστερίου και Ψυχικού. Στη μελέτη αυτή έγινε χρήση στατιστικών μοντέλων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, συλλέχθηκαν τα κατάλληλα δεδομένα για την χρονική περίοδο του 2015 μέχρι τον Αύγουστο του 2021. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω της τροχαίας Περιστερίου και Ψυχικού, όπου περιείχε στοιχεία για τον αριθμό ατυχημάτων, τα αίτια και την θέση σύγκρουσης που στις περισσότερες φορές η θέση δεν προσδιοριζόταν. Τα αίτια των ατυχημάτων που συγκεντρώθηκαν είχαν ως κύριο λόγο την προτεραιότητα. Επίσης συλλέχθηκαν επί τόπου πληροφορίες για την έρευνα οι οποίες αφορούσαν τον φόρτο, την ύπαρξη και την θέση σηματοδότησης, την ύπαρξη διαβάσεων (για την ασφάλεια των πεζών και των ποδηλάτων) και στοιχεία που αφορούσαν την στάθμευση και το πως επηρεάζει την λειτουργικότητα του κόμβου. Για τα περεταίρω δεδομένα της έρευνας έγινε χρήση της εφαρμογής Google Earth όπως επίσης και μια εμπειριστατωμένη ανάλυση των περιοχών γύρω από τους κυκλικούς κόμβους. Μετά την συλλογή ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων όπου έγινε ως προς την αύξηση κατά 50 % των ατυχημάτων, έτσι ώστε να γίνει μία προσέγγιση των ατυχημάτων που δεν χρειάστηκαν παρέμβαση από την τροχαία. Κάθε τμήμα οδού χωρίστηκε και έγινε μια συλλογή πληροφοριών όσον αφορά τον φόρτο, τον αριθμό και το πλάτος των λωρίδων στους κυκλικούς κόμβους. Παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των ατυχημάτων αφορούσε στη συμβολή και όχι στον μερισμό, με αποτέλεσμα να γίνει μια κατανομή των ατυχημάτων της τάξης του 70 % με συμβολή και 30 % με μερισμό. Μετά την κατανομή αυτή ακολούθησε η παραδοχή που αφορούσε στο ότι το 75% των ατυχημάτων κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα. Στην συνέχεια εξάχθηκαν οι τελικοί πίνακες κατά συμβολή και μερισμό και ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών. Στην εφαρμογή μεθοδολογίας που ακολούθηθηκε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης. Εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις κυκλικών κόμβων μίας λωρίδας και δύο λωρίδων. Τα σενάρια αυτά καταλήξαν σε μία υπόθεση διαφόρων μαθηματικών μοντέλων. Μετά από μία σειρά δοκιμών που έγιναν σε κάθε μαθηματικό μοντέλο, ακολούθησε η επιλογή του βέλτιστου μοντέλου όπου βασίστηκε η εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων

και συμπερασμάτων. Τα κύρια συμπεράσματα που παρατηρήθηκαν είναι ότι με την αύξηση του φόρτου αυξάνονται και τα ατυχήματα. Επίσης, με την μείωση του πλάτους λωρίδας τα ατυχήματα μειώνονται εφόσον περιορίζεται η πλέξη. Ακόμη, κατά τον μερισμό δύο λωρίδων όπου δηλαδή υπάρχουν δύο λωρίδες κατά την έξοδο, ο φόρτος επηρεάζει αρνητικά, αυξάνει τα ατυχήματα, επομένως προτιμάται μια λωρίδα κατά την έξοδο. Τέλος, βάση των συμπερασμάτων αυτών προτείνονται μελλοντικές προτάσεις για την βελτίωση των συνθηκών στους κυκλικούς κόμβους.

Λέξεις Κλειδιά: κυκλικός κόμβος, δείκτης ατυχημάτων, στατιστικά μοντέλα, φόρτος, αριθμός λωρίδας, πλάτος λωρίδας, συμβολή, μερισμός, επεξεργασία δεδομένων, μεθοδολογία, γραμμική παλινδρόμηση, βέλτιστο μοντέλο.

Abstract

The aim of the Thesis work is to identify the changes in the behavior of the car crashes index based on some parameters, taking place at the roundabouts. The roundabouts that were studied in this research are located in Greece and more specifically in the municipalities of Peristeri and Psychiko. Statistical models were used in this study. To achieve the goal of this research, appropriate data was collected for the period starting from 2015 until August 2021. The data was collected from the traffic police of Peristeri and Psychiko. It contains information about the number of crashes, the causes and the location of the collisions where most of the time the location was not specified. The main cause of the crashes was the priority. Information was also collected on the spot regarding the load, the existence and location of the signage, the existence of zebra crossings (for the safety of pedestrians and bicycles) and data concerning parking places and how they affect the functionality of the roundabouts. For further data, collection for the research, the application of google earth was used as well as a detailed analysis of the areas around the roundabouts. The processing of the data, followed by the collection of it, was increased by 50% for crashes, in order to make an approximation of the crashes where no traffic police is required. Each section of the road was separated and a collection of information took place regarding the load, the number and the width of the lanes at the roundabouts. It was observed that the majority of accidents was related to the contribution and not to the division, resulting in the categorization of the crashes on the scale of 70% with contribution and 30% with division. This categorization was followed by the assumption that 75% of the crashes occurred at the entrances and exits of two lanes and 25% of one lane. Subsequently, the relevant tables were finalized by contribution and division accordingly. The previous procedure was followed by a statistical analysis of the previously noted results. The method of linear regression was used in the application of methodology that was followed. Two cases of roundabouts with one and two lanes were examined. These scenarios resulted in a hypothesis of various mathematical models. After a series of tests performed on each mathematical model, the selection of an optimal model resulted, from where the extraction of the final results and conclusions occurred. The main conclusions observed from the final results are that with the increase of load there is an increase in the number of crashes. Also by the reduction of the lane width, a reduction of crashes occurs. Furthermore, during the division of two lanes, where there are two lanes at the exit, the load

adversely affects, it increases crashes, so a single lane is more preferable. Finally, based on these conclusions, some future proposals are suggested for improving conditions at the roundabouts.

Key Words: Roundabout, crush index, statistical models, load, number and the width of lanes, contribution, division, data processing, methodology, linear regression, optimal model.

Αναλυτική περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει ως στόχο την εξακρίβωση των εναλλαγών στη συμπεριφορά του δείκτη ατυχημάτων που βασίζεται σε κάποιες παραμέτρους στους κυκλικούς κόμβους. Οι κυκλικοί κόμβοι που μελετήθηκαν για την Διπλωματική Εργασία βρίσκονται στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στους δήμους Περιστερίου και Ψυχικού (Νέο Ψυχικό και Παλιό Ψυχικό).

Στο σύνολο οι κόμβοι που μελετήθηκαν είναι τέσσερις, πιο συγκεκριμένα στο Περιστερί έχει μελετηθεί ένας κυκλικός κόμβος ενώ για το Ψυχικό έχουν μελετηθεί τρεις κυκλικοί κόμβοι. Η επιλογή του κυκλικού κόμβου στο Περιστερί βρίσκεται στο Μπουρνάζι (Πλατεία Μπουρναζίου), ο κόμβος αυτός έχει έξι σκέλη, δύο λωρίδες στην κυκλική κίνηση, ένα μεγάλο πεζόδρομο όπου καθημερινά παίρνουν χιλιάδες οχήματα. Επίσης ο κόμβος αυτός χαρακτηρίζεται από μεγάλο φόρτο οχημάτων λόγω των μεγάλων δήμων που τον περιτριγυρίζουν άλλα και των καταστημάτων, καφετεριών και άλλων διαφόρων υπηρεσιών που βρίσκονται στην γύρω ακτίνα. Ένας από τους τρεις κόμβους που μελετήθηκαν στο Ψυχικό, βρίσκεται στην Αγίας Σοφίας στο Νέο Ψυχικό και είναι πεντασκελής, δύο λωρίδων. Επίσης και αυτός ο κόμβος διασχίζεται από πολλά οχήματα αφού κοντά περνά η λεωφόρος Κηφισίας, υπάρχουν αρκετές στάσεις λεωφορείων και στην γύρω ακτίνα υπάρχουν πολλά εστιατόρια, καφετέριες, κέντρα διασκέδασης, κέντρα υγείας και σχολεία. Ένας ακόμα κόμβος που μελετήθηκε στο Ψυχικό βρίσκεται στην Πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου, έχει έξι σκέλη και μία λωρίδα στην κυκλική κίνηση. Ο κόμβος αυτός δεν φορτίζεται από πολλά οχήματα όπως τους προηγούμενους δύο. Τέλος ο τρίτος κόμβος στο Ψυχικό βρίσκεται στην Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου στο Παλαιό Ψυχικό. Ούτε αυτός ο κόμβος φορτίζεται από πολλά οχήματα, έχει έξι σκέλη και μία λωρίδα στην κυκλική κίνηση.

Η συλλογή των κατάλληλων δεδομένων για την επίτευξη του σκοπού της Διπλωματικής Εργασίας έγινε για την χρονική περίοδο του 2015 μέχρι τον Αύγουστο του 2021, μέσω της τροχαίας Περιστερίου και Ψυχικού και περιλάμβαναν στοιχεία για τον αριθμό ατυχημάτων, τα αίτια και την θέση σύγκρουσης όπου στις περισσότερες φορές η θέση δεν προσδιοριζόταν. Το κύριο αίτιο των ατυχημάτων που καταγράφηκαν είναι η προτεραιότητα. Περεταίρω δεδομένα συλλέχθηκαν από μία επιτόπου έρευνα που έγινε τόσο στους κυκλικούς κόμβους όσο και στις περιοχές γύρω από αυτούς. Τα στοιχεία αυτά αφορούσαν τον φόρτο, την ύπαρξη και την θέση σηματοδότησης, την ύπαρξη διαβάσεων

(για την ασφάλεια των πεζών και των ποδηλάτων) και πληροφορίες που αφορούσαν την στάθμευση και το πως επηρεάζει την λειτουργικότητα στους κόμβους. Επίσης έγινε χρήση στις εφαρμογές Google Earth για την εύρεση περαιτέρω στοιχείων. Μετά την συλλογή ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων όπου έγινε ως προς την αύξηση κατά 50 % των ατυχημάτων, έτσι ώστε να γίνει μία προσέγγιση των ατυχημάτων που δεν χρειάστηκαν παρέμβαση από την τροχαία. Κάθε τμήμα οδού χωρίστηκε και έγινε μια συλλογή πληροφοριών όσον αφορά τον φόρτο, τον αριθμό και το πλάτος των λωρίδων στους κυκλικούς κόμβους. Η πλειοψηφία των ατυχημάτων παρατηρήθηκε να αφορά περισσότερο την συμβολή και λιγότερο τον μερισμό, έτσι ακολούθησε μια κατανομή των ατυχημάτων της τάξης του 70 % με συμβολή και 30 % με μερισμό. Έπειτα έγινε η παραδοχή που αφορούσε στο ότι το 75% των ατυχημάτων κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα. Με αυτό τον τρόπο εξάχθηκαν οι τελικοί πίνακες κατά συμβολή και μερισμό και ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών.

Στην εφαρμογή μεθοδολογίας που ακολούθησε χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης με τη χρήση του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων (R-Studio). Δεν έγινε χρήση της μεθόδου της λογαριθμικής παλινδρόμησης στην παρούσα έρευνα λόγω του μικρού δείγματος που συλλέχθηκε και όχι γιατί δεν υπάρχουν ικανοποιητικές ανεξάρτητες μεταβλητές. Έπειτα τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία αφορά τους κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας και η δεύτερη κατηγορία τους κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων. Για τους κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων δημιουργήθηκαν πέντε μαθηματικά μοντέλα και για τους κόμβους μίας λωρίδας δημιουργήθηκαν τρία μαθηματικά μοντέλα. Τα μοντέλα εξετάστηκαν με βάση τις ανεξάρτητες μεταβλητές που επιλέχθηκαν με κύριο στόχο την προσέγγιση τους ως προς τον δείκτη ατυχημάτων. Μετά από αρκετές δοκιμές που έγιναν είχαν ως αποτέλεσμα μερικά μοντέλα να απορριφθούν τελείως και άλλα που τηρούσαν τα κριτήρια να γίνουν αποδεκτά. Έτσι δημιουργήθηκαν τα βέλτιστα μοντέλα από όπου εξάχθηκαν τα τελικά αποτελέσματα και συνεπώς τα συμπεράσματα της έρευνας.

Τα τελικά μοντέλα που επιλέχθηκαν με τα αποτελέσματά τους αναγράφονται στους πιο κάτω πίνακες για κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

- Για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	INTERCEPT	R - SQUARED	P - VALUE	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΑΤΟΥΣ ΛΩΡΙΔΑΣ
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.983673	0.821	0.0012	0.006916	-
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	-5.069057	0.5747	0.05087	0.0012159	0.402657
EQUATION					
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = (-0.983673) + 0.006916 * (FORTOS)				
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = -5.069057 + 0.003459*(FORTOS) + 0.402657 * (PLATOS LORIDAS)				

CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΣΥΜΒΟΛΗ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΜΕΡΙΣΜΟΣ	
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.9201025	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.598302
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.25

- Για κυκλικό κόμβος δύο λωρίδων:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	INTERCEPT	R - SQUARED	P - VALUE	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΑΤΟΥΣ ΛΩΡΙΔΑΣ
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	0.8868571	0.9459	0.005854	0.0014658	-0.201938
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ	-2.0304214	0.8434	0.05364	0.0019399	-
ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	0.3438668	0.7026	4.393*e ^{-0.5}	0.0015357	-0.1490982
EQUATION					
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = 0.8868571 + 0.0014658 * (FORTOS) + (-0.2019380)*PLATOS LORIDAS				
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = (-2.0304214) + 0.0019399 * (FORTOS)				
ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = (0.3438668) + 0.0015357 * (FORTOS) + (-0.1490982)*PLATOS LORIDAS				

CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.8034595	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	NA	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.791764
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.25	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.27951

Τα τελικά αυτά αποτελέσματα βοήθησαν ώστε να εξαχθούν τα συμπεράσματα της έρευνας. Τα κύρια αυτά συμπεράσματα αφορούν τις δύο κατηγορίες που εξετάστηκαν. Για την πρώτη περίπτωση κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας, ο μερισμός μιας λωρίδας έδειξε πως ο δείκτης ατυχημάτων επηρεάζεται από τον φόρτο και το πλάτος λωρίδας. Όσο αυξάνεται ο φόρτος και το πλάτος λωρίδας τα ατυχήματα αυξάνονται. Επίσης, ο φόρτος παρατηρήθηκε να επηρεάζει και την συμβολή μιας λωρίδας. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τους κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων αφορούσαν τον μερισμό δύο λωρίδων όπου δηλαδή υπάρχουν δύο λωρίδες κατά την έξοδο και ο φόρτος επηρεάζει αρνητικά. Στην περίπτωση συμβολής και μερισμού παρατηρήθηκε αρκετά καλή συσχέτιση μεταξύ του φόρτου και του πλάτους λωρίδας με τον δείκτη ατυχημάτων. Ακολούθως, η αύξηση του φόρτου έδειξε να επηρεάζει και στην αύξηση ατυχημάτων. Η μείωση του πλάτους λωρίδας μειώνει τα ατυχήματα και περιορίζει την πλέξη των οχημάτων.

Βάση των συμπερασμάτων αυτών προτείνονται μελλοντικές προτάσεις βελτίωσης των συνθηκών στους κυκλικούς κόμβους. Μια από τις προτάσεις αφορούσε στην βελτίωση της συλλογής δεδομένων των ατυχημάτων από την τροχαία, όπου συστήνεται μια καλύτερη συνεργασία μεταξύ της τροχαίας και των ασφαλιστικών εταιριών, ώστε να υπάρχει μια πλήρης καταγραφή των ατυχημάτων. Επίσης, η λήψη μέτρων μείωσης της ταχύτητας στην αρχή του κυκλικού κόμβου. Τέλος, συνιστάται κατά τον μερισμό να υπάρχει μια λωρίδα εξόδου για μείωση των ατυχημάτων.

Πίνακας Περιεχομένων

1.....	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενική Ανασκόπηση:.....	1
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	4
1.3 Μεθοδολογία.....	5
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας:.....	7
2.....	9
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
2.1 Γενική Ανασκόπηση:.....	9
2.2 Οδικά ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους και διάφοροι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν με αναφορά από διάφορες έρευνες που διεξάχθηκαν σε άλλες χώρες...9	
2.3 Η αποδοτικότητα των κυκλικών κόμβων σε σχέση με άλλους τύπους διασταυρώσεων.....	14
2.4 Πως επηρεάζεται η συχνότητα και η σοβαρότητα των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους.....	16
2.5 Συχνότητα ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους σε σχέση με άλλου τύπου διασταυρώσεων.....	20
2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τις ικανότητες των οδηγών στους κυκλικούς κόμβους σε δρόμους χαμηλής ταχύτητας αλλά και σε δρόμους υψηλής ταχύτητας.....	20
2.7 Τύποι ατυχημάτων που μπορούν να προκληθούν στους κυκλικούς κόμβους.....	22
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	23
3.1 Εισαγωγή:.....	23
3.2 Βασικές Έννοιες:.....	23
3.3 Βασικές έννοιες στατιστικής ανάλυσης:.....	26
3.4 Μαθηματικά μοντέλα:.....	27
3.5 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου:.....	29
4.....	31
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΥΡΙΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ.....	31
5.....	40
ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	40
5.1 Εισαγωγή:.....	40
5.2 Συλλογή Δεδομένων:.....	40
5.3 Πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων:.....	41
5.4 Επεξεργασία δεδομένων:.....	41
5.4.1 Επεξεργασία αρχικής βάσης δεδομένων:.....	42

6	69
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	69
6.1 Εισαγωγή:	69
6.2 Διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων:	70
6.3 Αποτελέσματα μαθηματικών μοντέλων που επιλέχθηκαν.	72
7	76
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
7.1 Συμπεράσματα:	76
7.2 Μελλοντικές προτάσεις	78
8	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 5.4.1.1:Μετρήσεις οχημάτων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	43
Πίνακας 5.4.1.2: Μετρήσεις οχημάτων των κινήσεων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	44
Πίνακας 5.4.1.3: Φόρτος οχημάτων Πλατείας Μπουρναζίου.	44
Πίνακας 5.4.1.4: Συντελεστής ώρας αιχμής Πλατείας Μπουρναζίου.	45
Πίνακας 5.4.1.5: Συντελεστής ώρας αιχμής Πλατείας Μπουρναζίου.	45
Πίνακας 5.4.1.6: Ρυθμός ροής Πλατείας Μπουρναζίου.	46
Πίνακας 5.4.1.7:Φόρτος των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	47
Πίνακας 5.4.1.8:Φόρτος στο εσωτερικό του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	48
Πίνακας 5.4.1.9: Ατυχήματα Πλατείας Μπουρναζίου.	49
Πίνακας 5.4.1.10: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	50
Πίνακας 5.4.1.11: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	50
Πίνακας 5.4.1.12: Μερисμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	50
Πίνακας 5.4.1.13: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	51
Πίνακας 5.4.1.14: Τελικός Πίνακας μερισμού Πλατείας Μπουρναζίου.	51
Πίνακας 5.4.1.15: Φόρτος οχημάτων των σκελών κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	54
Πίνακας 5.4.1.16: Φόρτος οχημάτων της κίνησης εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	54
Πίνακας 5.4.1.17: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	55
Πίνακας 5.4.1.18:Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	55
Πίνακας 5.4.1.19: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	56
Πίνακας 5.4.1.20: Μερисμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	56
Πίνακας 5.4.1.21: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	56

Πίνακας 5.4.1.22: Τελικός Πίνακας μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	57
Πίνακας 5.4.1.23: Φόρτος οχημάτων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	59
Πίνακας 5.4.1.24: Φόρτος οχημάτων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	59
Πίνακας 5.4.1.25: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου. ...	60
Πίνακας 5.4.1.26: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	61
Πίνακας 5.4.1.27: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	61
Πίνακας 5.4.1.28: Μερисμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	61
Πίνακας 5.4.1.29: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	62
Πίνακας 5.4.1.30: Τελικός Πίνακας μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	62
Πίνακας 5.4.1.31: Φόρτος οχημάτων των σκελών κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	64
Πίνακας 5.4.1.32: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	65
Πίνακας 5.4.1.33: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	66
Πίνακας 5.4.1.34: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	66
Πίνακας 5.4.1.35: Μερисμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	66
Πίνακας 5.4.1.36: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	67
Πίνακας 5.4.1.37: Τελικός Πίνακας Μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.	67
Πίνακας 6.3.1: Τελικά αποτελέσματα που εξάχθηκαν από στατιστική επεξεργασία δεδομένων για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας.	74
Πίνακας 6.3.2: Συσχέτιση κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας.	75
Πίνακας 6.3.3: Τελικά αποτελέσματα που εξάχθηκαν από στατιστική επεξεργασία δεδομένων για κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων.	75
Πίνακας 6.3.4: Συσχέτιση κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων.	75

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.1: Σημεία Συγχώνευσης.....	3
Εικόνα 1.2.1: Κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας.....	4
Εικόνα 1.2.2: Κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων.....	4
Εικόνα 1.3.1: Στάδια εκπόνησης.....	7
Εικόνα 2.2.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη των κυκλικών κόμβων.....	12
Εικόνα 2.3.1: Αντικρουόμενα σημεία διασταύρωσης και κυκλικού κόμβου.	14
Εικόνα 2.3.2: Απόσταση που διανύουν οι πεζοί και οι ποδηλάτες σε διασταύρωση και σε κυκλικό κόμβο.	15
Εικόνα 2.6.2: Κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων.....	21
Εικόνα 2.6.1: Κυκλικός κόμβος μιας λωρίδας.....	21
Εικόνα 2.7.1: Διάφορα είδη ατυχημάτων.....	22
Εικόνα 3.2.1: Συμβολή και μερισμός.....	24
Εικόνα 4.1: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Μπουρναζίου, Δήμος Περιστερίου.....	32
Εικόνα 4.2: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Αγίας Σοφίας, Δήμος Νέου Ψυχικού.....	34
Εικόνα 4.3: Σηματοδότηση στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας στην οδό Σικελιανού.....	35
Εικόνα 4.4: Σηματοδότηση στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας στην οδό Βασιλείου.....	35
Εικόνα 4.5: Σηματοδότηση στην Πλατεία Αγίας Σοφίας εντός του κυκλικού κόμβου.....	36
Εικόνα 4.6: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου, Δήμος Ψυχικού.....	37
Εικόνα 4.7: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου, Δήμος Ψυχικού.....	38
Εικόνα 4.8: Οι τρεις κόμβοι στο Δήμο Ψυχικού.....	38
Εικόνα 5.4.1.1: Τρόπος συλλογής δεδομένων στην Πλατεία Μπουρναζίου.....	43
Εικόνα 5.4.1.2: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Μπουρναζίου.....	47
Εικόνα 5.4.1.3: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Αγίας Σοφίας.....	53
Εικόνα 5.4.1.3: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Ελευθέριου Βενιζέλου.....	58

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 2.3.1: Ποσοστά μείωσης ατυχημάτων μετατρέποντας μια σηματοδοτούμενη διασταύρωση σε κυκλικό κόμβο.	15
Διάγραμμα 5.4.1.1: Φόρτος των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	48
Διάγραμμα 5.4.1.2: Φόρτος στο εσωτερικό του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	48
Διάγραμμα 5.4.1.3: Ατυχήματα Πλατείας Μπουρναζίου.	49
Διάγραμμα 5.4.1.4: Χαρακτηριστικά συμβολής του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	52
Διάγραμμα 5.4.1.5: Χαρακτηριστικά μερισμού του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.	52
Διάγραμμα 5.4.1.6: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	54
Διάγραμμα 5.4.1.7: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.	54
Διάγραμμα 5.4.1.8: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας.	55
Διάγραμμα 5.4.1.9: Χαρακτηριστικά συμβολής στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας.	57
Διάγραμμα 5.4.1.10: Χαρακτηριστικά μερισμού στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας.	57
Διάγραμμα 5.4.1.11: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	59
Διάγραμμα 5.4.1.12: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	60
Διάγραμμα 5.4.1.13: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	60
Διάγραμμα 5.4.1.14: Χαρακτηριστικά συμβολής του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	62
Διάγραμμα 5.4.1.15: : Χαρακτηριστικά μερισμού του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.	63

Διάγραμμα 5.4.1.16: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.	64
Διάγραμμα 5.4.1.17: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.	65
Διάγραμμα 5.4.1.18: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.	66
Διάγραμμα 5.4.1.19: Χαρακτηριστικά συμβολής στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.	67
Διάγραμμα 5.4.1.20: Χαρακτηριστικά μερισμού στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.	68

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενική Ανασκόπηση:

Οι κυκλικοί κόμβοι είναι μια εξαιρετική εναλλακτική λύση σε ορισμένα σήματα κυκλοφορίας όπου ρυθμίζουν τις διασταυρώσεις. Η χρήση και η προτίμηση τους παρέχουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα που είναι η μείωση της πιθανότητας πρόκλησης συγκρούσεων και σοβαρών ατυχημάτων και επιπλέον μείωση της συμφόρησης της κυκλοφορίας. Η εφαρμογή του κυκλικού κόμβου εξυπηρετεί καλύτερα τις αστικές περιοχές, όπου ο φόρτος είναι αρκετά πιο μικρός σε σχέση με τις υπεραστικές περιοχές που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λόγω του αυξημένου φόρτου.

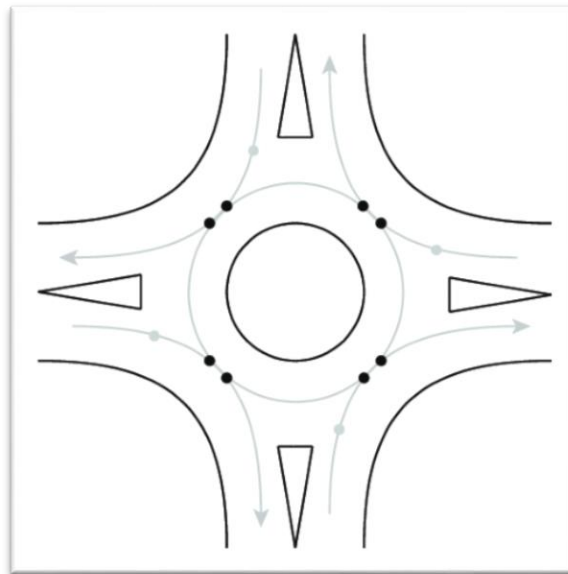
Σε διασταυρώσεις με πολύ μεγάλη κυκλοφορία μπορεί να δημιουργηθούν μεγάλες ουρές επειδή τα εισερχόμενα οχήματα πολλές φορές υποχρεώνονται να περιμένουν για πολλή ώρα κατά την είσοδο τους. Ενώ οι κυκλικοί κόμβοι μειώνουν τον κίνδυνο ατυχημάτων. Οι κυκλικοί κόμβοι με μεγάλη κίνηση παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο ατυχημάτων διότι κατά την είσοδο σε αυτούς πρέπει να χρησιμοποιούνται μικρότερα κενά, κάτι που εγκυμονεί κίνδυνο και σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να υπάρξει αναγκαστική αλλαγή στην προτεραιότητα όπου θα προσαρμόζεται ανάλογα με τα δεδομένα της περιοχής. Στην Γαλλία μια χώρα με πολύ μεγάλο αριθμό κυκλικών κόμβων δίνεται προτεραιότητα στα οχήματα που εισέρχονται σε αυτόν. Σε άλλες χώρες δίνεται προτεραιότητα στην κυκλοφορία του κυκλικού κόμβου όπως Πορτογαλία, Ισπανία και Ελβετία ενώ στη Γερμανία και Αυστρία δεν ισχύει η προτεραιότητα από δεξιά. Στην Ελλάδα τις περισσότερες φορές ισχύει η προτεραιότητα στα οχήματα που εισέρχονται στον κυκλικό κόμβο από δεξιά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μπουτιλιάρισμα στον κυκλικό κόμβο, όπου δεν επιτρέπει την είσοδο οχημάτων από τις συνδεόμενες οδούς.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η επιλογή των κυκλικών κόμβων είναι πιο συμφέρουσα από τις σηματοδοτούμενες διασταυρώσεις. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι συνυφασμένα με περιβαλλοντικούς παράγοντες, την ασφάλεια των πεζών, την αισθητική, λειτουργική απόδοση και την μείωση του κόστους συντήρησης και την βελτίωση της ασφάλειας της κυκλοφορίας. Μέσα από αρκετές έρευνες που διεξάχθηκαν αποδείχτηκε ότι τα θανατηφόρα ατυχήματα μειώθηκαν κατά 89% (Al-Madani, H., 2011). Η μείωση επιτεύχθηκε λόγω της σημαντικής μείωσης των σημείων σύγκρουσης και της ταχύτητας προσέγγισης. Κυρίως τα ατυχήματα που καταγράφηκαν αφορούσαν στις συγκρούσεις ορθογωνίων διασταυρώσεων ενώ οι μετωπικές συντριβές έχουν εξαλειφθεί.

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους οι κυκλικοί κόμβοι μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της πιθανότητας και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Αρχικά είναι η μειωμένη ταχύτητα, όπου οι οδηγοί πρέπει να επιβραδύνουν ή να σταματήσουν πριν εισέλθουν σε ένα κυκλικό κόμβο. Συνήθως οι ταχύτητες στον κυκλικό κόμβο κυμαίνονται μεταξύ 25 και 30 χιλιόμετρα ανά ώρα. Οι λίγες συγκρούσεις που παρατηρούνται στους κυκλικούς κόμβους είναι μικρές και οι τραυματισμοί ελαφριοί λόγω της χαμηλής ταχύτητας.

Οι κυκλικοί κόμβοι έχουν σχεδιαστεί για να εξυπηρετούν μια συνεχή, κυκλική ροή της κυκλοφορίας χωρίς φωτεινή σηματοδότηση. Με αυτό τον τρόπο οι οδηγοί χρειάζονται μόνο να σταματήσουν σε περίπτωση που θα συναντήσουν κίνηση στον κυκλικό κόμβο. Λόγω της συνεχούς ροής της κυκλοφορίας, οι οδηγοί δεν έχουν το κίνητρο να επιταχύνουν για να προσπαθήσουν να προλάβουν το φως των σηματοδοτών όπως θα μπορούσαν σε μια παραδοσιακή διασταύρωση. Επίσης ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι ότι οι δρόμοι που εισέρχονται σε κυκλικό κόμβο είναι ελαφρά καμπυλωμένοι και κατευθύνουν τους οδηγούς στη διασταύρωση που ταξιδεύουν αριστερόστροφα γύρω από τον κυκλικό κόμβο. Οι κυρτοί δρόμοι και οι μονόδρομοι γύρω από τους κυκλικούς κόμβους εξαλείφουν την πιθανότητα σύγκρουσης με κάθετη ή μετωπική σύγκρουση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι κυκλικοί κόμβοι είναι ασφαλέστεροι από μια σηματοδοτούμενη διασταύρωση. Ο λόγος είναι ότι οι οδηγοί αναγκάζονται να ελαττώσουν ταχύτητα στον κυκλικό κόμβο σε αντίθεση με μια σηματοδοτούμενη διασταύρωση, όπου ο οδηγός είναι πιο απρόβλεπτος και μπορεί να προσπαθήσει να προλάβει το κόκκινο φανάρι αυξάνοντας ταχύτητα και έτσι να θέσει σε μεγαλύτερο κίνδυνό τους γύρω του. Οι κυκλικοί κόμβοι σε σύγκριση με την σηματοδοτούμενη διασταύρωση είναι κατά 37% πιο ασφαλής, επιτυγχάνοντας την μείωση των συγκρούσεων.



Εικόνα 1.1.1: Σημεία Συγχώνευσης. [34]

Πέρα από τα θετικά της επιλογής του κυκλικού κόμβου υπάρχουν και αρνητικά στοιχεία. Η έλλειψη βεβαιότητας του οδηγού στον τρόπο αντιμετώπισης του αλλά και η ύπαρξη αρκετών σημείων συγχώνευσης είναι κάποια από αυτά. Επίσης, αρκετοί οδηγοί για την δική τους ευκολία θα διαχειριστούν εσφαλμένα τον κυκλικό κόμβο, για να τον διασχίσουν γρηγορότερα μειώνοντας την ακτίνα κίνησης τους μέσα στον κόμβο.

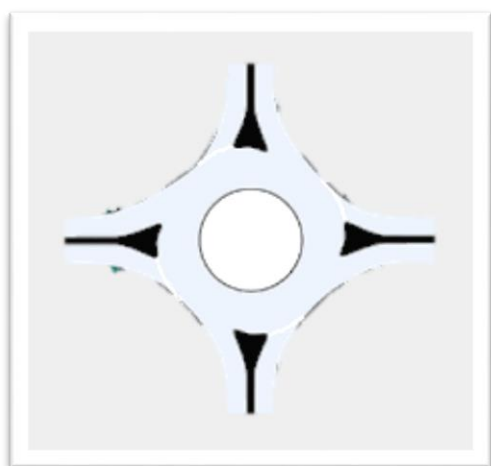
Επίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι πεζοί και οι ποδηλάτες που διασχίζουν τους κυκλικούς κόμβους. Οι κυκλικοί κόμβοι είναι άβολοι σε αυτές τις περιπτώσεις. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην γεωμετρία του κόμβου όπως η συμβολή των λωρίδων με την κίνηση μέσα στον κόμβο. Όταν ο οδηγός πλησιάζει στον κόμβο δεν δίνει αρκετή έμφαση και προσοχή στην ασφάλεια των πεζών και των ποδηλατών.

Τέλος είναι απαραίτητο να μελετηθεί και να αναλυθεί σωστά η αναμενόμενη ροή κυκλοφορίας στην περιοχή που κατασκευάζεται ένας κυκλικός κόμβος. Η μέθοδος αυτή θα οδηγήσει στην εξισορρόπηση του κόστους σχεδιασμού και κατασκευής, σύμφωνα με την τελική ροή κυκλοφορίας. Η καλύτερη μελέτη και βελτιστοποίηση του μοντέλου που θα επιλεγεί και θα χρησιμοποιηθεί θα επιτρέψει στα συστήματα μεταφοράς να είναι ασφαλή, επιτυχημένα και αποτελεσματικά και να αφαιρεί την πιθανή δυσφορία στην οδήγηση.

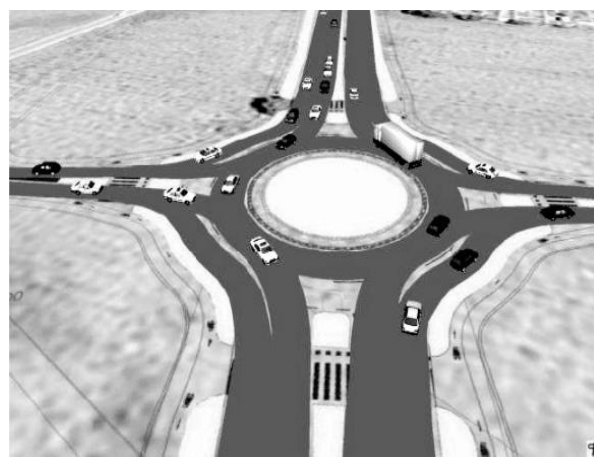
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι ο εντοπισμός των παραγόντων που σχετίζονται με τα ατυχήματα και η εξέταση της επιρροής που έχουν αυτοί οι παράγοντες στα τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους.

Συγκεκριμένα, η έρευνα αυτή αφορά δύο είδη κυκλικών κόμβων. Οι κυκλικοί κόμβοι που μελετήθηκαν είναι μίας λωρίδας κυκλοφορίας και κόμβοι με δύο λωρίδες κυκλοφορίας.



Εικόνα 1.2.1: Κυκλικός κόμβος μίας λωρίδας. [34]



Εικόνα 1.2.2: Κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων.[41]

Οι μεταβλητές οι οποίες πρόκειται να εξεταστούν και να συσχετιστούν με τα οδικά ατυχήματα είναι κυρίως ο φόρτος και ο αριθμός λωρίδων. Επιπλέον, ο τρόπος αντιμετώπισης των ατυχημάτων διαχωρίστηκε σε 2 κατηγορίες που είναι η συμβολή και ο μερισμός.

Για την επίτευξη του στόχου, χρειάστηκε η ανάπτυξη και η εφαρμογή των καταλληλότερων μεθόδων ανάλυσης δεδομένων. Είναι απαραίτητη η συγκέντρωση και η επεξεργασία επαρκούς στοιχείων οδικών ατυχημάτων και επιπλέον ικανοποιητικά στοιχεία για τους κυκλικούς κόμβους, ούτως ώστε να είναι καταλυτική η απόσπαση τεκμηριωμένων συμπερασμάτων. Καθοριστικό ρόλο έχει η ανάπτυξη κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων που θα αναλύουν και θα ποσοτικοποιούν επαρκώς την συμπεριφορά των παραμέτρων στα οδικά ατυχήματα.

Μέσω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, επιλέγονται τα καταλληλότερα μοντέλα που σχετίζονται με τα ατυχήματα, βασισμένα στις παραμέτρους που εξετάστηκαν. Έτσι πραγματοποιείται η συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ τους. Επιπρόσθετα, έγινε προσπάθεια

εντοπισμού της ερμηνείας για τα διαφορετικά στοιχεία που προέκυψαν από τις παραμέτρους αυτές, καταλήγοντας σε διάφορες παραδοχές και συνδυασμούς των παραμέτρων με τα ατυχήματα, εξάγοντας τα βέλτιστα μοντέλα.

Τα συμπεράσματα από την ανάλυση αυτή αναμένεται να αποφέρουν σημαντικά οφέλη στην προσπάθεια αντιμετώπισης των ατυχημάτων. Όσον αφορά στον σχεδιασμό των κυκλικών κόμβων μπορούν να δώσουν έμφαση κυρίως στα χαρακτηριστικά που θα αξιοποιηθούν για τον σχεδιασμό τους. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα μέσω της ανάλυσης αυτής να εξεταστεί κατά πόσο ένας υφιστάμενος κόμβος χρειάζεται αλλαγές για την βελτίωση του αλλά και για την μείωση του αριθμού ατυχημάτων σε αυτόν. Ακόμα και αν ένας υφιστάμενος κόμβος την συγκεκριμένη στιγμή που μελετάται δεν επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα, μπορεί να εξεταστεί η συμπεριφορά του για το μακρινό μέλλον, προβλέποντας την επάρκεια του ή κάνοντας ανασχεδιασμό του κόμβου. Τέλος, συνοψίζοντας τα συμπεράσματα αυτά, μπορούν να ληφθούν σωστότερα μέτρα και να συντελέσουν στην πραγματοποίηση επεμβάσεων για την περαιτέρω μείωση των ατυχημάτων.

1.3 Μεθοδολογία

Αυτό το υποκεφάλαιο περικλείει συνοπτικά τη μέθοδο που ακολουθήθηκε για την επίτευξη του στόχου της Διπλωματικής Εργασίας. Η διαδικασία ξεκίνησε με τον προσδιορισμό του εξεταζόμενου αντικειμένου όπως επίσης και του προβλεπόμενου στόχου. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού ακολουθήθηκε μια ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση και πιο συγκεκριμένα έχει γίνει αναζήτηση επιστημονικών κειμένων, άρθρων και ερευνών που συσχετίζονται άμεσα με το θέμα που εξετάζεται. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε να αποκτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις και εμπειρίες και να καταλήξει στη σωστή μέθοδο που θα ακολουθηθεί για την επεξεργασία των στοιχείων.

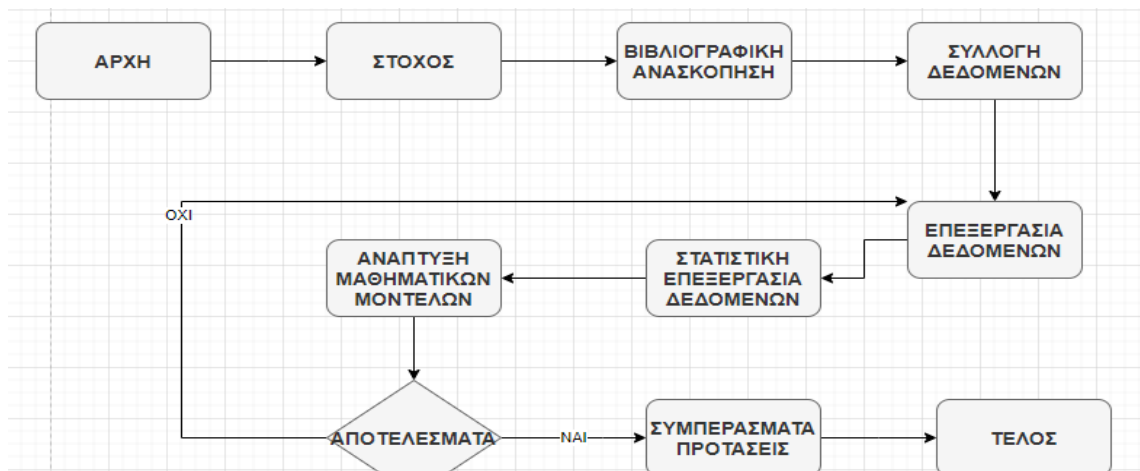
Στη συνέχεια ακολούθησε η αναζήτηση και συλλογή στοιχείων, τα οποία είναι απαραίτητα για την Διπλωματική Εργασία. Τα στοιχεία αυτά αφορούν τα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα και έχουν συγκεντρωθεί από την διεύθυνση τροχαίας Περιστερίου και Ψυχικού. Συγκεκριμένα οι πληροφορίες αυτές αφορούν την περίοδο από τον Ιανουάριο του 2015 μέχρι και τον Αύγουστο του 2021. Οι περιοχές της Αττικής που μελετήθηκαν είναι το Περιστερί και το Ψυχικό. Στο Περιστερί έχει μελετηθεί ένας κυκλικός κόμβος ενώ για το Ψυχικό έχουν μελετηθεί τρεις κυκλικοί κομβοί.

Εκτός από τα στοιχεία που έχουν δοθεί από την διεύθυνση τροχαίας, οι περιοχές αυτές έχουν επισκεφθεί για να μελετηθούν και να συγκεντρωθούν οι απαραίτητες πληροφορίες και στοιχεία δίνοντας ιδιαίτερη βάση στους κυκλικούς κόμβους. Επίσης έχουν εξεταστεί και οι περιοχές γύρω από τους κυκλικούς κόμβους για να υπάρξει μια συνολική εικόνα της κατάστασης και να διαπιστωθεί αν δικαιολογείται ο αριθμός οχημάτων στους συγκεκριμένους κυκλικούς κόμβους. Στην περιοχή του Περιστερίου κοντά στον κυκλικό κόμβο υπάρχει μια πλατεία, αρκετές καφετέριες, εστιατόρια, καταστήματα, νυχτερινά κέντρα, τράπεζες, σχολεία, φροντιστήρια και επίσης κοντά υπάρχει και ένας κύριος δρόμος. Άρα είναι δικαιολογημένη η αυξημένη κίνηση των οχημάτων στον συγκεκριμένο κόμβο.

Στη περιοχή του Ψυχικού ο ένας από τους τρεις κυκλικούς κόμβους, πιο συγκεκριμένα ο κόμβος που βρίσκεται στην πλατεία Αγίας Σοφίας του Νέου Ψυχικού. Αιτιολογεί τον αυξημένο αριθμό οχημάτων εφόσον περιτριγυρίζεται από εστιατόρια, καφετέριες, καταστήματα, τένις κλαμπ, κέντρα υγείας, σχολεία και επίσης περνά ένας από τους πιο κεντρικούς δρόμους της Αθήνας, η λεωφόρος Κηφισίας. Ενώ στους άλλους δυο κυκλικούς κόμβους οι οποίοι είναι Α' Βασιλείου Γεωργίου και Ελευθερίου Βενιζέλου στο Ψυχικό, τα οχήματα δεν είναι τόσα πολλά, επικρατεί μια πιο ήπια κατάσταση στην κυκλοφορία των δρόμων.

Σε επόμενο στάδιο ακολούθησε η δημιουργία μιας καινούριας βάσης δεδομένων, βασισμένη στην καταγραφή των στοιχείων που συλλέχθηκαν στο λογισμικό υπολογιστικών φύλων Microsoft Excel. Ακολούθησε η μορφοποίηση, η ταξινόμηση και ομαδοποίηση των δεδομένων, για τη δημιουργία του βασικού πίνακα "Master Table" που περιέχει την τελική μορφή των στοιχείων, τα οποία κωδικοποιήθηκαν με σωστό τρόπο, έτσι ώστε να αποτελέσουν συμβατές μεταβλητές με το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας που έχει χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια. Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό R- studio. Ακολούθως έγινε η επιλογή της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε, η οποία είναι η γραμμική - λογαριθμική παλινδρόμηση. Τέλος επιλέχθηκε η καταλληλότερη μέθοδος μέσα από μια σειρά δοκιμών και σχεδιασμών για κάθε βάση δεδομένων ξεχωριστά που εξετάστηκε.

Εν κατακλείδι, εξήχθησαν αποτελέσματα και συμπεράσματα, από τα οποία προέκυψαν πληροφορίες για τα προβλήματα τα οποία εξετάζονται, όπως επίσης και προτάσεις που προέκυψαν για περεταίρω ερεύνα.



Εικόνα 1.3.1: Στάδια εκπόνησης.

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας:

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η δομή της διπλωματικής εργασίας. Αναμένεται συνοπτική αναφορά στο περιεχόμενο του κάθε κεφαλαίου, με κύριο σκοπό να δημιουργηθεί μια συνολική εικόνα.

Το πρώτο κεφάλαιο δημιουργεί μια σφαιρική εικόνα για το τι είναι κυκλικός κόμβος και πως επηρεάζονται τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους. Ακόμη αναφέρονται τα πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και οι διαφορές που παρατηρήθηκαν σε κάποιες χώρες σε σχέση με την Ελλάδα.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιέχει τις πληροφορίες που αποκτήθηκαν μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και σχετίζονται με τον κύριο στόχο της Διπλωματικής Εργασίας. Γενικότερα όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν βοήθησαν στο να εξαχθούν τα συμπεράσματα.

Το τρίτο κεφάλαιο περιέχει το θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτήθηκε για να υλοποιηθεί η ανάλυση των δεδομένων. Επίσης, εξηγούνται οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή των μεθόδων αυτών. Αναφέρονται ακόμη τα θεωρητικά στοιχεία όπως οι ορισμοί, τα χαρακτηριστικά των μεθοδολογιών για να υπάρχει μια καλύτερη κατανόηση των μοντέλων που αναπτύχθηκαν.

Το τέταρτο κεφάλαιο περικλείει την εισαγωγή του κυρίου θέματος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης περιέχει μια αναλυτική περιγραφή για κάθε κυκλικό κόμβο που εξετάστηκε ξεχωριστά. Για κάθε κόμβο αναγράφονται πληροφορίες που αφορούν τις περιοχές και τους Δήμους που υπάγονται. Επίσης, δίνονται λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά των κόμβων αυτών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή για το πώς συλλέχθηκαν τα δεδομένα και τα χαρακτηριστικά μεγέθη που χρειάστηκαν να υπολογισθούν. Επίσης περιέχει μια αναλυτική περιγραφή των τεσσάρων κυκλικών κόμβων που μελετήθηκαν. Επιπρόσθετα, μετά από την συλλογή των στοιχείων ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων αυτών και η προετοιμασία τους για να γίνει η εισαγωγή στην πλατφόρμα της στατιστικής ανάλυσης.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύονται τα στάδια που ακολούθησαν για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των στατιστικών μοντέλων. Παρουσιάζονται τα δεδομένα που εισάχθηκαν, εξάχθηκαν και επισημαίνεται η σημασία των στατιστικών ελέγχων αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων για την αποδοχή των μοντέλων. Τέλος, αναφέρονται οι διάφορες δοκιμές που έγιναν και παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των μαθηματικών μοντέλων που δημιουργήθηκαν. Από τα συμπεράσματα αυτά προκύπτουν οι μελλοντικές προτάσεις για τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν έτσι ώστε να μειωθούν τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους.

Το όγδοο κεφάλαιο περιέχει ένα κατάλογο βιβλιογραφικών αναφορών που απαιτήθηκαν για την εκπόνηση της Διπλωματικής Εργασίας.

2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενική Ανασκόπηση:

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία έγινε στο πλαίσιο της εκπόνησης της Διπλωματικής Εργασίας. Πιο συγκεκριμένα αναφέρονται τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών που συνδέονται με τα υπό μελέτη ζητήματα, που έχουν ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι έρευνες που παρουσιάζονται συσχετίζονται με την επίδραση ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους και μελετώνται τα συμπεράσματα από άλλες αντίστοιχες έρευνες που έχουν κοινοποιηθεί.

2.2 Οδικά ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους και διάφοροι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν με αναφορά από διάφορες έρευνες που διεξάχθηκαν σε άλλες χώρες.

Υλοποιήθηκαν αρκετές έρευνες όσον αφορά τις επιρροές των γεωμετρικών στοιχείων και των περιστάσεων κυκλοφορίας στην οδική ασφάλεια των κυκλικών κόμβων. Για να γίνουν πιο αντιληπτές οι αιτίες των συντριβών και οι παράγοντες που έλαβαν μέρος δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη διαφόρων μοντέλων. Προσεγγίζοντας με γραμμικά μοντέλα έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποδεκτή και αρκετά αξιόπιστη μέθοδος για να εντοπιστεί η σχέση μεταξύ των τροχαίων ατυχημάτων και των μεταβλητών που εξετάστηκαν (π.χ. αριθμός λωρίδων, φόρτος, ταχύτητα).

Στη Νότια Κορέα οι Kim and Choi ανακάλυψαν τους κύριους παράγοντες που έχουν άμεση σχέση με τα τροχαία ατυχήματα σε κυκλικούς κόμβους (Kim, S. and Choi, J., 2013). Στην συγκεκριμένη έρευνα διεξάχθηκαν μη γραμμικά μοντέλα για το πώς επιδρούν διάφοροι παράμετροι στην οδική ασφάλεια στους κυκλικούς κόμβους. Έκαναν χρήση δεδομένων από 14 κυκλικούς κόμβους στην Νότια Κορέα και εξέτασαν έξι μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές είναι το πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας, το πλάτος εισόδου, η ακτίνα

λωρίδας κυκλοφορίας και ο φόρτος. Επίσης εντοπίστηκαν και οι παράμετροι που δεν έχουν άμεση συσχέτιση, όπως είναι η εγγεγραμμένη διάμετρος κύκλου, η κεντρική διάμετρος και ο αριθμός των λωρίδων εισόδου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η έρευνα αυτή που αναπτύχθηκε περιείχε ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που είναι η συλλογή μικρού δείγματος.

Μια άλλη έρευνα που διεξάχθηκε αφορά στην αναζήτηση των κυκλοφοριακών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών αλλά και στις συνέπειες που έχουν στο να επιφέρουν συνεχή ατυχήματα σε κυκλικούς κόμβους χωρίς να υπάρχει μείωση των ατυχημάτων. Συλλέχθηκαν δεδομένα από 70 κυκλικούς κόμβους. Η έρευνα αυτή έδειξε ότι η συχνή καταγραφή ατυχημάτων οφείλεται στην αύξηση του φόρτου των οχημάτων, δημιουργώντας συμφόρηση στον κόμβο, που δεν μπορεί να επιβαρυνθεί επιπλέον με αυτή την αύξηση του φόρτου. Επιπλέον επηρεάζεται και από την διάμετρο του κόμβου (Kamla, J., Parry, T. and Dawson, A., 2016).

Το CMF (Crash Modification Factor) είναι ο συντελεστής τροποποίησης συντριβής όπου ορίζει την διαφοροποίηση στην ασφάλεια των ατυχημάτων εφαρμόζοντας μια συγκεκριμένη μέθοδο. Η μέθοδος αυτή θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής θα αποτελέσει στην επίτευξη της μείωσης των ατυχημάτων, όπου θα πρέπει να γίνουν αλλαγές στον σχεδιασμό του κυκλικού κόμβου και ακόμη στον τρόπο λειτουργίας της κυκλοφορίας στα συγκεκριμένα σημεία που εξετάστηκαν. Οι αλλαγές αυτές που προκύπτουν δεν εξαρτώνται μόνο από τις παραμέτρους που εξετάστηκαν αλλά και από άλλα αντίμετρα που προέκυψαν από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν. Ο σκοπός της ανάπτυξης του CMF είναι ο εντοπισμός των αλλαγών που πρέπει να γίνουν με κύριο στόχο την αύξηση ή την μείωση της συνεχής επανάληψης των σφαλμάτων. Για την ανάπτυξη και εκτίμηση του CMF υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως είναι η εμπειρική μέθοδος Bayes ή και η ποσοτική μέθοδος.

Επιπρόσθετα, μια άλλη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η μέθοδος ποιοτικού ελέγχου. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστεί από τον συντελεστή συσχέτισης που συνδέεται με την επεξεργασία των στοιχείων. Η μέθοδος αυτή δεν επηρεάζεται από παράγοντες που δεν λαμβάνονται υπόψη. Ένα επαρκές δείγμα προϋποθέτει να περιέχει μεγάλες επεξηγηματικές μεταβλητές στο αναπτυγμένο μοντέλο. Παρατηρήθηκε από μια έρευνα που υλοποιήθηκε (Park, J., Abdel-Aty, M., Lee, J. and Lee, C., 2015 and Wood, J., Donnell, E. and Porter, R., 2015) ότι εφαρμόζοντας την μέθοδο ποιοτικού ελέγχου είναι η καταλληλότερη στις μελέτες που διεξάγονται. Επίσης,

εντοπίζεται ένα βασικό μειονέκτημα που είναι το μικρό μέγεθος του δείγματος (έλλειψη δεδομένων).

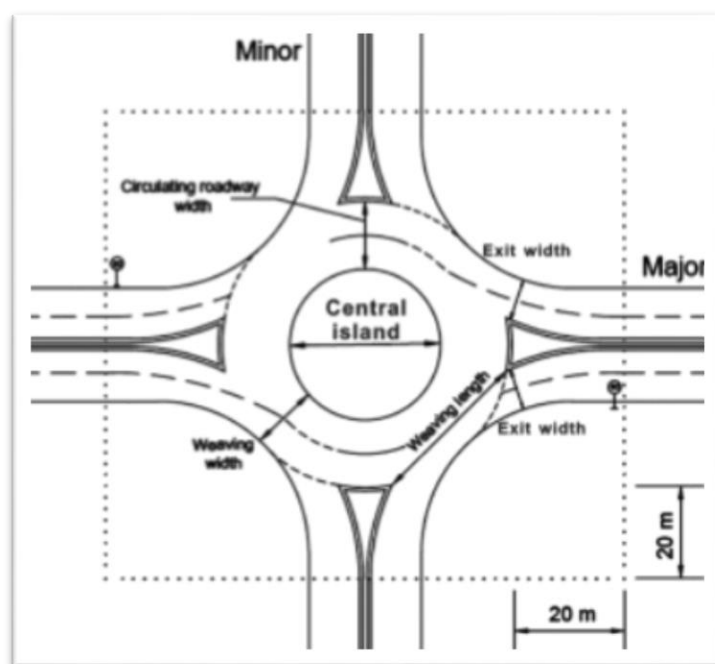
Εφαρμόζοντας την μέθοδο ποιοτικού ελέγχου θα μπορεί να αναπτυχθεί ένας τύπος συνάρτησης CMF για την εκτίμηση της αυξομείωσης των τιμών. Η μέθοδος του CMF έχει διερευνηθεί από διάφορους μελετητές για να προβλέψουν τις συνέπειες για την βελτιστοποίηση της οδικής ασφάλειας στους κυκλικούς κόμβους. (Elvik, R., 2011, Sacchi, E., Sayed, T. and El-Basyouny, K., 2014). Δεν έχουν διερευνηθεί αρκετές μελέτες που να σχετίζονται με κυκλικούς κόμβους εφαρμόζοντας CMFunctions.

Ακόμη μια έρευνα που διεξαχθεί αφορά την αξιολόγηση της κυκλοφορίας, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως επίσης και τις επιδράσεις τους στην απόδοση ασφάλειας στους κυκλικούς κόμβους, με την ανάπτυξη κατάλληλων συντελεστών τροποποίησης πρόσκρουσης (CMF).

Για την επίτευξη του στόχου της μελέτης, το CMF προήλθε από γενικευμένα γραμμικά μοντέλα (GLM), δηλαδή γραμμική παλινδρόμηση. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από περιφερειακούς κυκλικούς κόμβους στην πόλη Toowoomba της Αυστραλίας. Συλλέγηκαν στοιχεία πέντε χρόνων που αφορούσαν συντριβές (ατυχήματα) από 49 κυκλικούς κόμβους που περιλάμβαναν όλα τα καταγεγραμμένα ατυχήματα, καθώς και πληροφορίες που αφορούσαν την κυκλοφορία στους συγκεκριμένους κόμβους και τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Αρκετά υποψήφια μοντέλα αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας την μέθοδο των γραμμικών μοντέλων. Πέντε ήταν τα μοντέλα που επιλέχθηκαν, τηρώντας τα κριτήρια για την αποδοχή του μοντέλου. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η αύξηση του αριθμού των λωρίδων εισόδου, το πλάτος και η ακτίνα της εισόδου, ο όγκος κυκλοφορίας, το πλάτος του κυκλοφοριακού οδοστρώματος και το όριο ταχύτητας έχουν θετικά αποτελέσματα στην ασφάλεια του κυκλικού κόμβου. Από την άλλη πλευρά οι έρευνες έδειξαν πως με την αύξηση του αριθμού των λωρίδων εξόδου, το πλάτος και η ακτίνα εξόδου, οι διάμετροι του κεντρικού νησιού όπως επίσης και η παρουσία σταθερού αντικειμένου σε ένα κεντρικό νησί έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια του κυκλικού κόμβου.

Η έρευνα αυτή φτάνει στο συμπέρασμα πως η ποσοτικοποίηση των παραγόντων κινδύνου μπορεί να στηρίξει τα ενδιαφερόμενα μέρη της οδικής ασφάλειας και να εντοπιστούν οι απαραίτητες βελτιώσεις που θα είναι πιο αποτελεσματικές και αποδοτικές για την ασφάλεια στους κυκλικούς κόμβους.

Αυτοί οι 49 κυκλικοί κόμβοι που επιλέχθηκαν είναι κόμβοι μονής λωρίδας και δύο κυκλικοί κόμβοι πολλαπλών λωρίδων. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούσαν σε δείγματα πέντε χρόνων. Αρκετά δεδομένα που μαζεύτηκαν, τα συγκέντρωσαν μέσα από διάφορες υπηρεσίες όπως το Υπουργείο Μεταφορών. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν από τις υπηρεσίες αυτές έδωσαν στοιχεία όπως είναι ο χρόνος που έγινε το ατύχημα, η θέση, το επίπεδο σοβαρότητας και τέλος ο λόγος για τον οποίο προκλήθηκε το ατύχημα (Al-Marafi, M., Somasundaraswaran, K. and Ayers, R., 2020).



Εικόνα 2.2.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη των κυκλικών κόμβων.
[8]

Ακόμη, πληροφορίες για τον φόρτο των κόμβων που επιλέχθηκαν συγκεντρώθηκαν από τις αρμόδιες αρχές όπως το τμήμα μεταφορών. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που συλλέχθηκαν είναι από ιστορικά αρχεία σχεδιασμού, από μελέτη στις τοποθεσίες και κάνοντας χρήση της πλατφόρμας Google Earth.

Στην Αυστραλία, οι κυκλικοί κόμβοι έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές. Με την αύξηση του αριθμού των κυκλικών κόμβων είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν η ασφάλεια των χρηστών τόσο των παλιών όσο και των καινούριων κυκλικών κόμβων. Οι παράγοντες που πρέπει να μελετηθούν είναι τα γεωμετρικά και τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων που συνδέονται άμεσα με τη σοβαρότητα αλλά και τη συχνότητα των συγκρούσεων.

Για την επίτευξη του στόχου της συγκεκριμένης έρευνας αναπτύχθηκαν μοντέλα στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων όπως επίσης και της πρόβλεψης σφαλμάτων. Τέλος, ακολουθώντας αυτή την διαδικασία εξάχθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

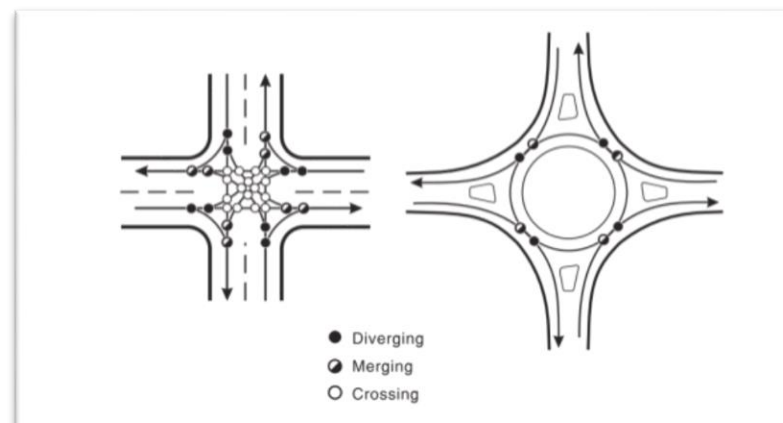
- Ο τετρασκελής κυκλικός κόμβος είχε καθοριστική σημασία στην έρευνα αυτή. Αποκαλύφθηκε ότι ο πεντασκελής κυκλικός κόμβος συνδέεται με περισσότερα ατυχήματα σε σχέση με τους κόμβους που έχουν τρία και τέσσερα πόδια. Η μείωση των ποδιών σε κυκλικό κόμβο επιφέρει αισθητή μείωση στη ποσοστιαία αναμενόμενη πρόβλεψη ατυχημάτων και αντίστοιχα αυξάνοντας τα σκέλη ενός κυκλικού κόμβου αυξάνονται τα ατυχήματα. Η διακύμανση των ατυχημάτων εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό των οχημάτων που εισέρχονται και εξέρχονται από τον κόμβο που εξετάστηκε (Kim, S. and Choi, J., 2013).
- Παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των λωρίδων εισόδου αποδίδουν περισσότερα ατυχήματα τόσο για μεγάλες όσο και για μικρές προσεγγίσεις. Για αυτό θα πρέπει να περιορίζεται όσο το δυνατό στο ελάχιστο ο αριθμός λωρίδων εισόδου και να καλύπτει την χωρητικότητα και την λειτουργικότητα στον κυκλικό κόμβο.
- Το μεγαλύτερο πλάτος εισόδου συνδέεται με μεγαλύτερο αριθμό ατυχημάτων. Αυτό οφείλεται στο ότι το πιο μεγάλο πλάτος λωρίδας συνδέεται με υψηλότερη ταχύτητα προσέγγισης προς τον κυκλικό κόμβο. Άρα το πλάτος εισόδου πρέπει να περιορίζεται και να σχεδιάζεται στο ελάχιστο δυνατό, έτσι ώστε να μπορεί να ικανοποιεί τον οδηγό.
- Η επίδραση του πλάτους εξόδου έδειξε ότι όσο μεγαλύτερο είναι τόσο αυξάνεται η οδική ασφάλεια. Αυτό οφείλεται ίσως στο γεγονός ότι αυξάνει την άνεση στους οδηγούς που εξέρχονται από τον κυκλικό κόμβο με ασφάλεια.
- Το πλάτος εξόδου πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το πλάτος εισόδου.

- Ο πιο σημαντικός γεωμετρικός παράγοντας είναι η ακτίνα διαδρομής εισόδου στους κυκλικούς κόμβους καθώς επηρεάζεται τόσο η ασφάλεια όσο και η χωρητικότητα (Montella, A., Turner, S., Chiaradonna, S. and Aldridge, D., 2012). Η μεγάλη ακτίνα διαδρομής οδηγεί σε μεγάλες ταχύτητες αρά περισσότερα ατυχήματα.

2.3 Η αποδοτικότητα των κυκλικών κόμβων σε σχέση με άλλους τύπους διασταυρώσεων

Αρκετές μελέτες που διεξήχθησαν στις ΗΠΑ, Ευρώπη και Αυστραλία έδειξαν ότι η ασφάλεια που παρέχει ο κυκλικός κόμβος είναι μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο τύπο διασταύρωσης.

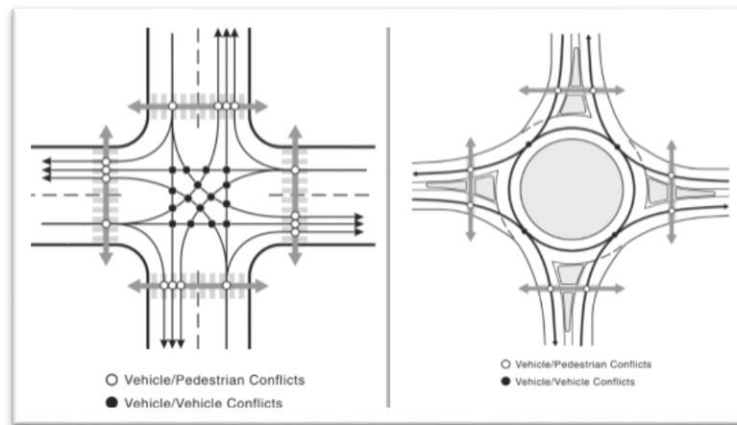
- Οι κυκλικοί κόμβοι έχουν λιγότερα αντικρουόμενα σημεία από άλλες διασταυρώσεις.



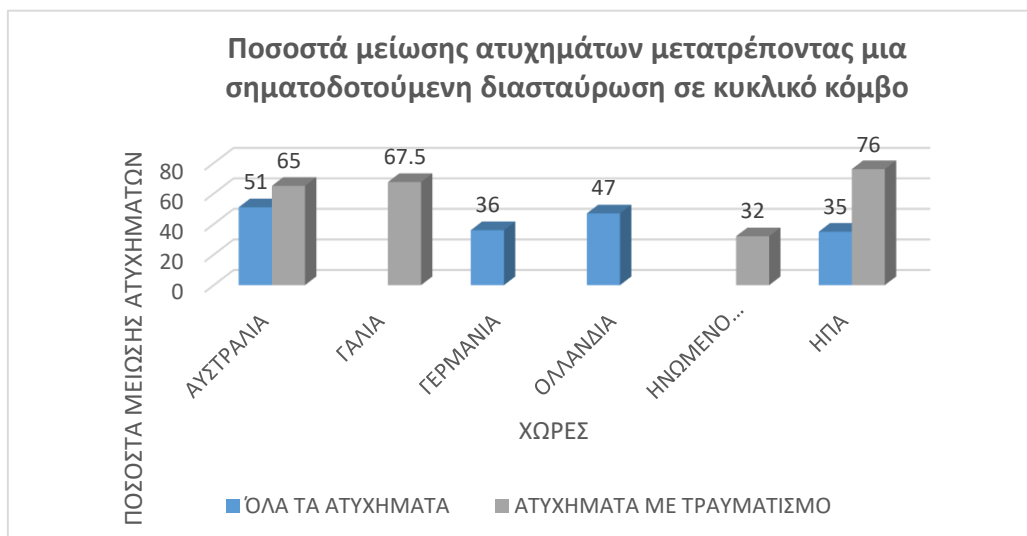
Εικόνα 2.3.1: Αντικρουόμενα σημεία διασταύρωσης και κυκλικού κόμβου.[35]

- Μειωμένος αριθμός αντικρουόμενων σημείων σημαίνει μικρότερη πιθανότητα ατυχημάτων για τους χρήστες.
- Ο γεωμετρικός σχεδιασμός των κυκλικών κόμβων βοηθά στην μείωση της ταχύτητας των οχημάτων που εισέρχονται, κινούνται μέσα στον κόμβο και εξέρχονται.
- Η κίνηση με μικρότερη ταχύτητα προσφέρει περισσότερο χρόνο για την αντίδραση αντιμετώπισης καταστάσεων.

- Η χαμηλή ταχύτητα μετριάζει την ροή της κυκλοφορίας όπου μειώνει τη σοβαρότητα της σύγκρουσης.
- Η κυκλικόι κόμβοι παρέχουν ασφάλεια τόσο για τους πεζούς όσο και για τους ποδηλάτες αφού χρειάζεται να διασχίσουν μόνο μια κατεύθυνση κυκλοφορίας κάθε φορά σε κάθε προσέγγιση.
- Τέλος με ένα έξυπνο σχεδιασμό οι αποστάσεις που θα πρέπει να διασχίσουν οι πεζοί και οι ποδηλάτες μπορούν να μειωθούν.



Εικόνα 2.3.2: Απόσταση που διανύουν οι πεζοί και οι ποδηλάτες σε διασταύρωση και σε κυκλικό κόμβο.[39]



Διάγραμμα 2.3.1: Ποσοστά μείωσης ατυχημάτων μετατρέποντας μια σηματοδοτούμενη διασταύρωση σε κυκλικό κόμβο.[39]

2.4 Πως επηρεάζεται η συχνότητα και η σοβαρότητα των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους.

Τα χαρακτηριστικά των κυκλικών κόμβων που επηρεάζουν την συχνότητα και την σοβαρότητα των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους μέσα από εύρεις διεθνές έρευνες αλλά και έρευνες που έγιναν στην Αμερική, έδειξαν πως σχετίζονται με την γεωμετρία, την ακτίνα του κυκλικού κόμβου αλλά και την ταχύτητα των οχημάτων. Σε παλαιότερες έρευνες σε κάποιες περιπτώσεις έδειξαν πως υπάρχει συσχέτιση αυτών των παραγόντων με τα ατυχήματα και σε άλλες δεν βρέθηκε συσχέτιση.

Πολλές από τις αμερικάνικες έρευνες με βάση τις ΗΠΑ, που μελετήθηκαν επικεντρώθηκαν μόνο στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της μετατροπής των διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους. Δεν ήταν όμως σε θέση να αναπτύξουν προγνωστικά μοντέλα σύγκρουσης τα οποία να ποσοτικοποιούν την επίδραση των λειτουργικών αλλά και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στην συχνότητα αλλά και στη σοβαρότητα των συγκρούσεων. Από τα πρώτα ερευνητικά προγράμματα ήταν τα Persaud, B., Retting, R., Garder, P. and Lord, D., 2001 και Eisenman et al. (2004), που αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα της μετατροπής των σηματοδοτούμενων διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους. Αυτές οι έρευνες πρόσφεραν το αρχικό πόρισμα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ασφάλειας στους κυκλικούς κόμβους και χρησιμοποιήθηκαν σε μετέπειτα μελέτες από Rodegerdts et al. (2007).

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της ασφάλειας της μετατροπής των σηματοδοτούμενων διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους έγινε από Rodegerdts et al. (2007), Srinivasan, R., Haas, P., Dhakar, N., Hormel, R., Torbic, D. and Harwood, D., (2011),, χρησιμοποιώντας στοιχεία από 6 πολιτείες. Μέσα από μια σειρά ερευνών που ακολούθησε από Persaud, B., Retting, R., Garder, P. and Lord, D., 2001 τα αποτελέσματα έδειξαν πως με τις μετατροπές αυτές υπήρξαν μειώσεις κατά 40 % στις συντριβές και κατά 80% των τραυματισμών. Αυτές οι ερευνητικές προσπάθειες ήταν πολύτιμες για τον εντοπισμό κάποιων παραγόντων που θα βοηθούσαν στην μετατροπή των υφιστάμενων διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους, για να οδηγήσουν σε μείωση της συχνότητα και της σοβαρότητας της συντριβής. Οι παράγοντες αυτοί συμπεριλαμβάνουν τον έλεγχο για ασφαλείς μετατροπές των διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους. Για παράδειγμα θα περιλαμβάνει την μετατροπή αμφίδρομων ή πολλών κατευθύνσεων διασταυρώσεων σε κόμβους μονής ή διπλής λωρίδας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως αυτές οι μετατροπές θα ωφελήσουν περισσότερο στην μείωση της σοβαρότητας των ατυχημάτων παρά στη συχνότητα. Ακόμα ένας παράγοντας είναι ο αριθμός των λωρίδων, όπου οι κυκλικοί κόμβοι μονής λωρίδας έδειξαν να είναι πιο ασφαλείς από τους κόμβους με περισσότερες λωρίδες.

Επίσης έρευνες από Srinivasan, R., Haas., 2011, παρουσίασαν μελέτες που συνδέουν τη ρύθμιση της ταχύτητας και της μέσης ετήσιας ημερήσιας κίνησης (AADT) με τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους. Τα οφέλη της ασφαλείας φαίνεται να μειώνονται με την αύξηση του AADT. Χρησιμοποιώντας δεδομένα που εξάχθηκαν από την μέθοδο ποιοτικού ελέγχου, διαπιστώθηκε πως καθώς αυξάνεται το AADT, τα συνολικά ατυχήματα μπορεί να είναι υψηλότερα στους κυκλικούς κόμβους. Άρα βάση των αποτελεσμάτων της μετατροπής των διασταυρώσεων σε κυκλικούς κόμβους μέσα από τις έρευνες, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της ασφάλεια των κυκλικών κόμβων εκτός από τον προέλεγχο των μετατροπών, των αριθμών των λωρίδων είναι επίσης και η ρύθμιση της ταχύτητας και η μέση ετήσια ημερήσια κίνηση (AADT).

Η διεθνής βιβλιογραφία έχει περισσότερες μελέτες που περιλαμβάνουν την ανάπτυξη μοντέλου για την πρόβλεψη συντριβής, που εστιάζει στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των κυκλικών κόμβων τα οποία επηρεάζουν τη συχνότητα της πρόσκρουσης. Οι έρευνες ήταν περιορισμένες στη σύνδεση των χαρακτηριστικών των κυκλικών κόμβων με την σοβαρότητα της συντριβής. Οι μελέτες ήταν πιο στοχευμένες στην πρόβλεψη πιο συγκεκριμένων τύπων συντριβής έτσι ώστε να κατανοηθούν καλύτερα τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού ενός κυκλικού κόμβου που επηρεάζουν στην εμφάνιση των ατυχημάτων. Αυτοί οι τύποι συντριβής μπορούσαν να αποδώσουν συνδέσεις με το δυναμικό σοβαρότητας του ατυχήματος. Ένα παράδειγμα είναι τα ατυχήματα με πλευρική σύγκρουση που τείνουν να είναι λιγότερο σοβαρά σε σχέση με αλλού είδος συγκρούσεις. Μέσα στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν μελέτες από Αυστραλία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ηνωμένες Πολιτείες, και τη Νέα Ζηλανδία. Οι σπουδαιότερες μελέτες που εξετάστηκαν είναι Maycock, G. and R. D. Hall., 1984, Arndt, 1994 and 1998, και Brüde, U., and J. Larsson , 2000 που είχαν αναθεωρηθεί προηγουμένως ως μέρος των Rodegerdts et al. (2007). Επιπλέον, ο φόρτος των οχημάτων είναι ένα χαρακτηριστικό που επηρεάζει τη συχνότητα των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους. Υπάρχει έρευνα που κατηγοριοποιεί τον φόρτο που εισέρχεται και κυκλοφορεί (AADT) στον κυκλικό κόμβο, όταν είναι εφικτό να διαχωριστή από το σύνολο που εισέρχεται στο AADT της διασταύρωσης. Σε περιπτώσεις όπου λαμβάνουν μέρος πεζοί, ποδηλάτες και

μοτοσυκλέτες οι πληροφορίες για τη πρόβλεψη συντριβής είναι μοναδικές σε αυτές τις περιπτώσεις, όπου προκαλούνται και πιο σοβαρά ατυχήματα.

Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά που συνδέεται με τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους είναι ο αριθμός των λωρίδων. Αρκετές μελέτες έδειξαν πως η συχνότητα των ατυχημάτων στους κόμβους μεγαλώνει με την αύξηση του αριθμού των λωρίδων (Arndt, 1994) και 1998 · Brude and Larsson, 2000; Turner et al., 2009). Arndt (1994 και 1998) και Brude και Larsson (2000). Επίσης μελετήθηκε το συνολικό πλάτος στην είσοδο των κυκλικών κόμβων όπου διαπιστώθηκε πως με την αύξηση του, οι πιθανότητες σύγκρουσης αυξάνονται και αυτές σε αυτό το σημείο Maycock and Hall (1984).

Επίσης ένα ευρύ φάσμα από μελέτες και έρευνες έδειξαν την σύνδεση των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα η έρευνα από Maycock and Hall (1984), έχει συμπεριλάβει και ποσοτικοποιήσει μοντέλα για την πρόβλεψη σύγκρουσης στους κυκλικούς κόμβους. Καμία έρευνα δεν περιλαμβάνει μελέτη για ένα ξεχωριστό γεωμετρικό χαρακτηριστικό, με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα εύρος πληροφοριών στη διάθεση των ερευνητών για τις αντίστοιχες έρευνες αλλά και για τον σχεδιασμό των κόμβων σε διάφορες χώρες.

Ειδικότερα έρευνες που έγιναν στις Ηνωμένες Πολιτείες, Rodegerdtset αϊ. (2007), έφτασαν στο συμπέρασμα πως με την αύξηση των διαστάσεων κάποιων γεωμετρικών χαρακτηριστικών υπάρχουν αλλαγές που συνδέονται με τα ατυχήματα. Τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν είναι τα ακόλουθα :

- Με την αύξηση του πλάτους στις εισόδους αυξάνονται και τα ατυχήματα στις εισόδους.
- Με την αύξηση της κεντρικής διαμέτρου του νησιού, μειώνονται τα ατυχήματα κατά την είσοδο και κυκλοφορία στους κόμβους.
- Με την αύξηση της γωνίας μεταξύ των σκελών του κόμβου, μειώνονται τα ατυχήματα κατά την είσοδο και κυκλοφορία στους κόμβους.
- Με την αύξηση του πλάτους στους κυκλικούς κόμβους αυξάνονται οι συγκρούσεις κατά την έξοδο και την κυκλοφορία στους κόμβους.

- Με την αύξηση του πλάτους των λωρίδων αυξάνονται και οι συγκρούσεις.

Ακόμα ένα χαρακτηριστικό που συνδέεται με την συχνότητα και την σοβαρότητα των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους είναι η ταχύτητα. Η έρευνα Turner et al. (2009), βρήκε σημαντικά αποτελέσματα για τη σχέση μεταξύ διαφορετικών μετρήσεων ταχύτητας και της συχνότητας συγκρούσεων, με διαφορετικούς τύπους συντριβής. Σημαντικό ρόλο έπαιξε η μεταβλητή της μέση ταχύτητας ελεύθερης ροής των οχημάτων, για τα μοντέλα πρόβλεψής πρόσκρουσης κατά την είσοδο και κυκλοφορία των οχημάτων στους κυκλικούς κόμβους αλλά και κατά την είσοδο ποδηλάτων. Οχήματα που μπορούν να αναπτύξουν μεγαλύτερη ταχύτητα στους κυκλικούς κόμβους τείνουν να έχουν αύξηση στο σύνολο των ατυχημάτων κατά την είσοδο, κυκλοφορία αλλά και να χάνουν τον έλεγχο πιο εύκολα μέσα στους κυκλικούς κόμβους.

Η ταχύτητα κατά την είσοδο των οχημάτων στους κόμβους δεν ήταν μεταβλητή για τα μοντέλα σύγκρουσης, για αυτούς τους τύπους ατυχημάτων. Έρευνες όμως που έγιναν, Turner et al. (2009) και Arndt (1994 and 1998), παρουσίασαν μια εμφανή σχέση μεταξύ της ταχύτητας εισόδου στους κόμβους και την ύπαρξη ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως όσο πιο μεγάλη είναι η μείωση της ταχύτητας κατά την διάρκεια της κυκλοφορίας των οχημάτων μέσα στους κυκλικούς κόμβους, τόσο μεγαλώνουν και οι πιθανότητες ατυχημάτων. Τέλος, μελέτες που έγιναν από Rodegerdts et al. (2007), έδειξαν τη συμβολή της ταχύτητας στη συχνότητα σύγκρουσης στους κυκλικούς κόμβους. Ανέπτυξαν μοντέλα χρησιμοποιώντας AADT, βασισμένα σε διάφορες μετρήσεις ταχυτήτων, σε τέσσερα διαφορετικά σημεία του κυκλικού κόμβου. Τα μοντέλα με βάση την ταχύτητα που ανέπτυξαν, δεν έδωσαν επαρκή στοιχεία. Ωστόσο, περαιτέρω διερεύνηση που έγινε για την ταχύτητα των οχημάτων, έδειξε να είναι πολύ υποσχόμενα, ως προγνωστικός δείκτης για την συχνότητα σύγκρουσης στους κυκλικούς κόμβους.

Επιπρόσθετα χαρακτηρίστηκα που μπορούν να συμβάλουν στην συχνότητα και την σοβαρότητα των ατυχημάτων είναι η αύξηση της απόστασης ορατότητας του οδηγού. Έρευνα που έγινε από Maycock και Hall (1984), έχει συσχετίσει την αύξηση των ατυχημάτων με τον τρόπο οδήγησης αλλά και των ατυχημάτων γενικά στους κυκλικούς κόμβους. Πιο πρόσφατη έρευνα από Turner et al. (2009), έρχεται να επιβεβαιώσει αυτά τα ευρήματα που σχετίζονται με την αύξηση της απόστασης ορατότητας του οδηγού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με την αύξηση αυτής της απόστασης, συνδέονται τα ατυχήματα όπου οι οδηγοί χάνουν τον έλεγχο πιο εύκολα κατά την είσοδο τους και κυκλοφορία τους

στους κυκλικούς κόμβους. Η σχέση της απόστασης ορατότητας του οδηγού και των ατυχημάτων με κριτήριο τον οδηγό αλλά και των ατυχημάτων στην είσοδο και στην κυκλοφορία στους κυκλικούς κόμβους δεν συμπεριλήφθηκαν στο προτεινόμενο μοντέλο συντριβής. Όμως η σχέση αυτή έδειξε να είναι σημαντική για εναλλακτικά μοντέλα.

2.5 Συχνότητα ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους σε σχέση με άλλου τύπου διασταυρώσεων.

Η συχνότητα των ατυχημάτων που εκτυλίσσονται στους κυκλικούς κόμβους, δεν είναι πάντα μικρότερη από τα ατυχήματα που γίνονται σε άλλου τύπου διασταυρώσεων. Έχει αποδειχθεί όμως πως όταν οι κυκλικοί κόμβοι έχουν ένα σωστό σχεδιασμό καταλήγουν σε μια αποτελεσματική μέθοδο ελέγχου της κυκλοφορίας. Αυτός ο έλεγχος κυκλοφορίας έδειξε να συμβάλει στη μείωση τόσο της συχνότητας όσο και της σοβαρότητας των ατυχημάτων. Πιο συγκεκριμένα η απόδοση της ασφάλειας υπερτερεί στους κυκλικούς κόμβους με πιο μικρή χωρητικότητα (κυκλικοί κόμβοι μικρής και μεσαίας χωρητικότητας) παρά στους κόμβους με μεγαλύτερη χωρητικότητα ή πολλαπλών λωρίδων. Επίσης η μείωση της ακτίνας κατά την είσοδο στους κυκλικούς κόμβους επέφερε και μείωση στις μετωπικές συγκρούσεις. Μείωση υπήρξε και στην εμφάνισής της ορθής γωνίας, δεξιάς στροφής και στα ατυχήματα πλευρικής σάρωσης. Οι συγκρούσεις που συμβαίνουν στους κυκλικούς κόμβους έδειξαν γενικά να είναι λιγότερο σοβαρές από τα ατυχήματα των διασταυρώσεων. Όμως επειδή οι οδηγοί στους κυκλικούς κόμβους έχουν μεγαλύτερη ελευθερία στο να αποφασίσουν πότε θα εισέλθουν σε ένα κόμβο, αυτό αποτελεί στο να υπάρχουν περισσότερα σφάλματα από τους οδηγούς μέσα στους κόμβους παρά στις συμβατικές διασταυρώσεις.

2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν τις ικανότητες των οδηγών στους κυκλικούς κόμβους σε δρόμους χαμηλής ταχύτητας αλλά και σε δρόμους υψηλής ταχύτητας.

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις ικανότητες των οδηγών στους κυκλικούς κόμβους χαμηλής ταχύτητας αλλά και σε κυκλικούς κόμβους που βρίσκονται σε δρόμους υψηλής ταχύτητας. Σημαντικό ρόλο παίζει η συμβολή που δημιουργείται κατά την είσοδο των οδηγών στους κυκλικούς κόμβους. Επίσης σημαντικό είναι να ληφθούν υπόψιν και οι επιπτώσεις της νύχτας όπου η ορατότητα είναι πιο χαμηλή.

Ο επαρκής φωτισμός στους δρόμους είναι πολύ σημαντικός παράγοντας. Ακόμα ένας συντελεστής που παίζει ρόλο είναι η επαρκή ικανότητα των οδηγών όσον αφορά τις διαβάσεις πεζών στους κυκλικούς κόμβους και η απαραίτητη σήμανση. Στους κυκλικούς κόμβους υψηλής ταχύτητας με αριθμό λωρίδων μεγαλύτερη από μια άρα με μεγαλύτερη χωρητικότητα, κατά την είσοδο των οχημάτων παρατηρήθηκε μείωση των ατυχημάτων. Για την διατήρηση ενός υψηλού επιπέδου ασφαλείας στους κυκλικούς κόμβους, υπάρχουν κάποιοι συντελεστές που αφορούν στον σχεδιασμό των κόμβων και συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη του.



Εικόνα 2.6.1: Κυκλικός κόμβος μιας λωρίδας.[38]



Εικόνα 2.6.2: Κυκλικός κόμβος δύο λωρίδων.[33]

Οι συντελεστές αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- Ο γεωμετρικός σχεδιασμός όπου θα πρέπει να ελαχιστοποιεί τις σχετικές ταχύτητες μεταξύ των οχημάτων.
- Η μελέτη που γίνεται για τους κυκλικούς κόμβους πρέπει να μην επιτρέπει στα οχήματα να κινούνται με υψηλές ταχύτητες, έτσι ώστε σε περιπτώσεις πιθανών ατυχημάτων οι οδηγοί να μπορούν να ελέγξουν το όχημα τους.
- Πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες προσέγγισης κατά την είσοδο και κυκλοφορία στους κυκλικούς κόμβους. Όπως επίσης και οι κατάλληλες αποστάσεις για τη σωστή θέση ορατότητας των οδηγών.
- Ο φωτισμός των κυκλικών κόμβων είναι σημαντικό να είναι επαρκής αλλά να αποφευχθεί να είναι παραπλανητικός.

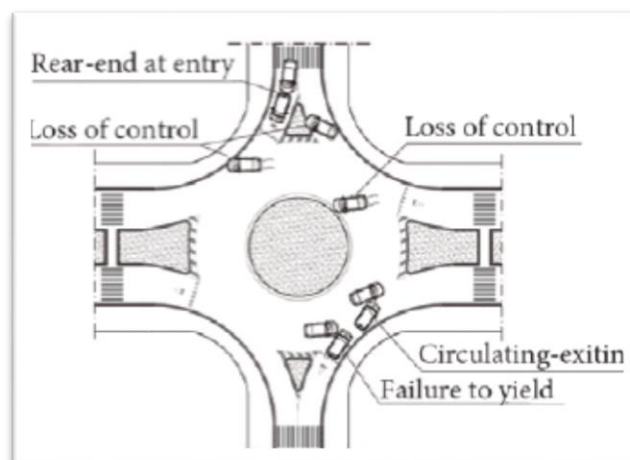
- Ο σχεδιασμός πρέπει να περιλαμβάνει την εγκατάσταση εγκάρσιων σημάτων οδοστρώματος, έτσι ώστε οι οδηγοί να μειώνουν την ταχύτητα τους όπου χρειάζεται.

Όλοι οι παραπάνω συντελεστές συμβάλουν στην συμμόρφωση των οδηγών μέσα στους κυκλικούς κόμβους.

2.7 Τύποι ατυχημάτων που μπορούν να προκληθούν στους κυκλικούς κόμβους.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ατυχημάτων που μπορούν να προκληθούν στους κυκλικούς κόμβους, καθώς και ποικίλες αιτίες που μπορούν να τα προκαλέσουν. Οι πλευρικές συγκρούσεις είναι πιο συχνό φαινόμενο μέσα στους κυκλικούς κόμβους σε σχέση με τις συγκρούσεις των οχημάτων με ένα σταθερό αντικείμενο.

Οι συγκρούσεις με ένα σταθερό αντικείμενο οφείλονται συνήθως στην συμπεριφορά των οδηγών. Επίσης καταγράφονται αρκετά ατυχήματα που συμβαίνουν κατά την διάρκεια της νύχτας. Τα ατυχήματα αυτά δεν συνδέονται με τον φόρτο στους κυκλικούς κόμβους, αλλά στην συμπεριφορά των οδηγών εκείνες τις ώρες, όπου έχουν μεγαλύτερη ελευθερία. Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας για τα ατυχήματα το βράδυ είναι και κατανάλωση του αλκοόλ.



Εικόνα 2.7.1: Διάφορα είδη ατυχημάτων.[37]

3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Εισαγωγή:

Αυτή η ενότητα συμπεριλαμβάνει το θεωρητικό υπόβαθρο που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη του αντικειμένου της Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης συμπεριλαμβάνει βασικές στατιστικές μεθόδους ανάλυσης. Αρχικά έγινε μια συλλογή των βασικών εννοιών που αφορούν στο θέμα της Διπλωματικής Εργασίας καθώς και μια συνοπτική περιγραφή τους. Ακολούθησε η μέθοδος της στατιστικής κατανομής που είχε ως βάση τα ατυχήματα στους κυκλικούς κόμβους, όπου κατανεμήθηκαν σε δύο κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι η συμβολή και ο μερισμός. Στη συνέχεια έγινε μια αναλυτική περιγραφή για τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων ο οποίος περιλαμβάνουν την γραμμική και την λογαριθμική παλινδρόμηση. Τέλος έγινε αναφορά ως προς τους στατικούς ελέγχους μαζί με τα κριτήρια αποδοχής και απόρριψης του μοντέλου επεξεργασίας δεδομένων (R-studio), όπως επίσης και των θεωρητικών στοιχείων λειτουργίας του λογισμικού.

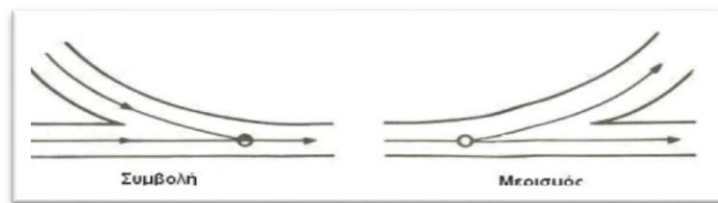
3.2 Βασικές Έννοιες:

- **Κυκλοφοριακή ροή** είναι η κίνηση των οχημάτων και των πεζών σε μία λωρίδα, προς μία κατεύθυνση. Χαρακτηρίζεται από τα μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής που είναι ο φόρτος, η ταχύτητα και η πυκνότητα. Επίσης περιέχει και τον χωρικό και χρονικό διαχωρισμό.
- **Κυκλοφορικός φόρτος** εμπεριέχει τον συνολικό αριθμό οχημάτων που περνούν από ένα σημείο ή μια διατομή μίας λωρίδας ή μίας οδού στη μονάδα του χρόνου. Συνήθως αποδίδεται στον αριθμό των οχημάτων ανά μονάδα χρόνου(π.χ. ώρα, ημέρα).

- **Ρυθμός ροής** χαρακτηρίζεται από τον συνολικό αριθμό των οχημάτων που περνούν από ένα σημείο ή μία διατομή μίας λωρίδας ή μίας οδού σε διάρκεια λιγότερης της μίας ώρας. Συνήθως η διάρκεια του ρυθμού ροής είναι 15 λεπτά.
- **Συντελεστής ώρας αιχμής- ΣΩΑ** προσδιορίζεται ως ο αριθμός των οχημάτων που περνούν από μια διατομή μίας λωρίδας ή μίας οδού μέσα σε χρονικό διάστημα της μίας ώρας προς τον τετραπλάσιο αριθμό των οχημάτων που περνούν από την συγκεκριμένη διατομή σε χρονικό διάστημα 15 λεπτών συνεχόμενα της ώρας, όπου υπάρχει και ο μεγαλύτερος φόρτος στην κυκλοφορία.

$$\Sigma\Omega A = V / 4 \times V_{m \times 15}$$

- **Συμβολή** ορίζεται ως η είσοδος των οχημάτων σε ένα κυκλικό κόμβο μαζί με την κυκλική κίνηση τους μέσα στον κόμβο.
- **Μερισμός** ορίζεται ως η έξοδος των οχημάτων από ένα κυκλικό κόμβο.



Εικόνα 3.2.1: Συμβολή και μερισμός.[40]

- **Ζήτηση και φόρτος:** η ζήτηση είναι το βασικό μέτρο της κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί ένα εξεταζόμενο στοιχείο και συμπεριλαμβάνει τα οχήματα που φτάνουν. Ο φόρτος από την άλλη αναφέρεται στα οχήματα τα οποία αποχωρούν. Η ζήτηση είναι αμοιβαία με τον φόρτο όταν δεν υπάρχει σχηματισμός ουράς.
- **Εφαρμογές κυκλοφοριακής ικανότητας** συμπεριλαμβάνουν κάποιες αρχές μαζί με τις εφαρμογές τους, για την εκτίμηση της κυκλοφοριακής επικοινωνίας διαφόρων στοιχείων που συμπεριλαμβάνονται σε ένα σύστημα μεταφορών. Οι βασικοί στόχοι της ανάλυσης αυτής είναι η διαπίστωση και η διερεύνηση των προβλημάτων και των αιτιών, η επιλογή βελτίωσης και η τελική αξιολόγηση.

Συμπεριλαμβάνει τρεις κατηγορίες επιπέδων ανάλυσης, την λειτουργική ανάλυση, την ανάλυση μελέτης και την ανάλυση σχεδιασμού.

- Η λειτουργική ανάλυση αφορά τις ήδη υπάρχουσες ή τις νέες συνθήκες με σκοπό την παροχή πληροφοριών και λήψη αποφάσεων για βελτιώσεις χαμηλού κόστους.
- Η ανάλυση μελέτης γίνεται για την συλλογή νέων λεπτομερών χαρακτηριστικών για αλλαγές που θα επιφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα εξυπηρέτησης. Η συγκεκριμένη ανάλυση μελέτης είναι συνήθως μεσοπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη.
- Η ανάλυση σχεδιασμού αφορά την μακροχρόνια απόδοση στρατηγικών στόχων.

Τέλος τα αποτελέσματα από τους υπολογισμούς για τις εφαρμογές κυκλοφοριακής ικανότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περιβαλλοντική αλλά και για οικονομική ανάλυση.

- **Μετρήσεις σε σημείο** περιλαμβάνουν τις απευθείας μετρήσεις που είναι ο φόρτος και ο χρονικός διαχωρισμός. Επίσης, απευθείας μπορεί να μετρηθεί και η ταχύτητα σε σημείο με ειδικά όργανα όπως είναι το ραντάρ και οι ανιχνευτές μικροκυμάτων. Η μέτρηση της πυκνότητας δεν είναι δυνατή να γίνει απευθείας σε σημείο, λόγω του ότι το μέγεθος αυτό είναι σε μήκος οδού. Έτσι σε σημείο μπορεί να μετρηθεί η κατάληψη.
- **CMF (crash modification factor)** ορίζεται ως ο συντελεστής τροποποίησής συντριβής (δείκτης ατυχημάτων). Είναι ο συντελεστής που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του προσδοκώμενου αριθμού σφαλμάτων μετά από την εφαρμογή μίας παραμέτρου, σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία.

3.3 Βασικές έννοιες στατιστικής ανάλυσης:

- **Πληθυσμός (population)** είναι ο όρος που αναφέρεται σε ένα σύνολο μελετών που απασχολεί την στατιστική έρευνα. Αφορά ένα σύνολο στοιχείων που είναι πολύ συγκεκριμένα. Ένας πληθυσμός ενδέχεται να είναι είτε θεωρητικός είτε πραγματικός.
- **Δείγμα (sample)** ορίζεται ως ένα υποσύνολο του πληθυσμού. Οι περισσότερες έρευνες βασίζονται στα δείγματα για το λόγο ότι οι ιδιότητες που αφορούν τον πληθυσμό, δεν είναι δυνατόν να καταγραφούν. Τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν από μια μελέτη του δείγματος, αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τα αποτελέσματα για ολόκληρο τον πληθυσμό, εφόσον το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό.
- **Ποιοτικές μεταβλητές (qualitative variables)** αφορούν τις μεταβλητές όπου οι δυνατές τους τιμές ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Η παράσταση των τιμών για αυτές τις μεταβλητές γίνεται με την χρήση αριθμών αλλά μόνο για συμβολική χρήση και δεν αντιστοιχούν σε μονάδες μέτρησης.
- **Ποσοτικές μεταβλητές (quantitative variables)** είναι οι μεταβλητές όπου οι τιμές τους συμπεριλαμβάνουν αριθμούς και έχουν σημασία για την μέτρηση τους. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες στις διακριτές μεταβλητές και στις συνεχείς. Η διακριτή μεταβλητή εμπεριέχει την μικρότερη, μη μηδενική διαφορά δύο τιμών με σταθερή ποσότητα. Ενώ η συνεχή μεταβλητή εμπεριέχει δύο τιμές που διαφέρουν κατά οποιαδήποτε μικρή ποσότητα, αφού μπορούν να έχουν όλες τις τιμές σε ένα διάστημα.
- **Συσχέτιση μεταβλητών-Συντελεστής συσχέτισης** αφορούν σε δύο τυχαίες, συνεχείς μεταβλητές (X , Y). Αποτελείται από τον συντελεστή συσχέτισης (correlation coefficient). Ο συντελεστής αυτός καθορίζει την γραμμική συσχέτιση των δύο αυτών μεταβλητών με διασπορά και συνδυασπορά. Επίσης ο συντελεστής συσχέτισης, δείχνει τον τρόπο και τον βαθμό που οι δύο αυτές μεταβλητές συσχετίζονται και δεν εξαρτάται από την μονάδα μέτρησης των X και Y και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1,1]$. Οι τιμές που δείχνουν ισχυρή θετική συσχέτιση βρίσκονται κοντά στο 1, ενώ οι τιμές που δείχνουν ισχυρή αρνητική συσχέτιση

βρίσκονται -1 . Τέλος οι τιμές που βρίσκονται κοντά στο 0 δείχνουν γραμμική ανεξαρτησία των X και Y .

3.4 Μαθηματικά μοντέλα:

Οι μελέτες που αφορούν την οδική ασφάλεια έχουν ως βασικό τους στόχο την διερεύνηση ενός ή περισσότερων παραγόντων που επηρεάζουν την πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα που εξάγονται από τις μελέτες αυτές έχουν στόχο την ανάδειξη της σημασίας αυτών των παραγόντων, όπως επίσης και τη ποσοτικοποίηση της επιρροής τους σε κάποια μεταβλητή για την οδική ασφάλεια. Στον σκοπό αυτό συνεισφέρει ο κλάδος της στατιστικής όπου με την ανάλυση της παλινδρόμησης (regression analysis) μελετάται η σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, έτσι ώστε να είναι ισχυρή η πρόβλεψη της μίας σε σχέση με τις άλλες.

Ο όρος εξαρτημένη μεταβλητή αφορά την μεταβλητή όπου η τιμή της είναι αυτή που θα προβλεφθεί. Ενώ η ανεξάρτητη μεταβλητή αφορά στη μεταβλητή, η οποία χρησιμοποιείται για να βρεθεί η εξαρτημένη μεταβλητή. Η επιλογή της εξαρτημένης μεταβλητής γίνεται και κατευθύνεται με βάση την ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία έχει καθορισμένες τιμές. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου συνεισφέρει στο να προσδιορίσει αν μία ή ο συνδυασμός ανεξάρτητων μεταβλητών μπορούν να επιφέρουν μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής. Η ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου συντείνει στην ανάπτυξη μαθηματικών εξισώσεων, που παρουσιάζουν την σχέση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών. Επιπλέον ένα βασικό κριτήριο επιλογής για την ανάπτυξη ενός μαθηματικού μοντέλου είναι αν η εξαρτημένη μεταβλητή διακρίνεται ως συνεχής ή διακριτή.

- **Γραμμική παλινδρόμηση** αποτελεί ένα από τους γνωστότερους και πιο κατανοητούς αλγορίθμους στην επιστήμη της στατιστικής. Η γραμμική παλινδρόμηση ανήκει τόσο στη στατιστική όσο και στην μηχανική μάθηση. Η χρήση της στον κλάδο της στατιστικής προσδίδει μια γραμμική προσέγγιση για την ανάπτυξη μοντέλων. Η μοντελοποίηση αυτή γίνεται για τη σχέση μεταξύ μιας κλίμακας απόκρισης και μίας ή περισσότερων επεξηγηματικών μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές είναι γνωστές ως εξαρτημένες ή ανεξάρτητες μεταβλητές. Στην περίπτωση μίας εξαρτημένης μεταβλητής η διαδικασία αποδίδεται ως απλή γραμμική παλινδρόμηση, ενώ στην περίπτωση περισσότερων από μία η διαδικασία

ονομάζεται πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Ο όρος αυτός διακρίνεται από την πολυμεταβλητή γραμμική παλινδρόμηση, όπου υπάρχουν πολλαπλές συσχετιζόμενες, εξαρτώμενες μεταβλητές και όχι μία ενιαία κλιμακωτή. Στην γραμμική παλινδρόμηση τα μοντέλα ανάπτυξης περιέχουν γραμμικές συναρτήσεις για την πρόβλεψη, όπου οι άγνωστες παράμετροι εκτιμούνται από τα δεδομένα. Τα μοντέλα αυτά ονομάζονται γραμμικά μοντέλα. Συνήθως ο μέσος όρος της απόκρισης δεδομένων των τιμών των επεξηγηματικών μεταβλητών είναι σε συνάρτηση με την λειτουργία αυτών των τιμών.

Απλή γραμμική παλινδρόμηση : $Y = B_0 + B_1 * X$

Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση: $Y = B_0 + B_{i,1} * X_{i,1} + B_{i,2} * X_{i,2} + \dots + B_{i,n} * X_{i,n}$

Όπου $i = 1, 2, \dots, n$

- **Λογαριθμική παλινδρόμηση** αποτελείται από μια τροποποίηση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης και πιο συγκεκριμένα στον τομέα που αφορά την οδική ασφάλεια όπου μελετώνται οι επιδράσεις διαφόρων παραμέτρων για κάποιο συντελεστή ατυχημάτων. Σε αυτή την περίπτωση η εξαρτημένη μεταβλητή παρουσιάζεται με θετικές τιμές. Από την άλλη η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, εξαρτημένων και ανεξάρτητων είναι εκθετικές.

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = B_0 + B_1 * X$$

- **Μέθοδος ποιοτικού ελέγχου** είναι ο έλεγχος που βασίζεται στην μέθοδο που ακολουθείτε από την βιομηχανία για τα παραγόμενα προϊόντα με βάση τη δειγματοληψία. Εφαρμόζεται κυρίως για τις ομοιόμορφες θέσεις ενός οδικού δικτύου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται συνήθως για την δημιουργία ορίων ελέγχου. Τα όρια αυτά αρχικά χρειάζονται την εκτίμηση ενός μέσου όρου, δηλαδή μίας πιθανότητας, η οποία ισούται με τον συντελεστή ατυχημάτων. Στη μέθοδος ποιοτικού ελέγχου φαίνεται πως η καλύτερη εκτίμηση για τον συντελεστή ατυχημάτων σε μία θέση, είναι ένας μέσος συντελεστής ατυχημάτων. Ο μέσος αυτός συντελεστής προκύπτει από το πηλίκο ενός συνολικού αριθμού ατυχημάτων ως προς το συνολικό αριθμό οχηματοχιλιομέτρων των οδικών τμημάτων της

ομάδας που εξετάζεται ή ως προς σύνολο των οχημάτων που εισέρχονται και εξέρχονται στους κόμβους που επίσης ανήκουν στην εξεταζόμενη ομάδα. Επίσης στην μέθοδο ποιοτικού ελέγχου μπορούν να συμπεριληφθούν τα οδικά τμήματα και οι κόμβοι που καταγράφουν τα λιγότερα ατυχήματα που θα περίμεναν τυχαία, σε κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης.

3.5 Κριτήρια αποδοχής μοντέλου:

Τα κριτήρια αποδοχής μοντέλου για την γραμμική παλινδρόμηση περιλαμβάνουν:

- Την τιμή p-value όπου για κάθε όρο εξετάζεται η μηδενική υπόθεση, όπου ο συντελεστής είναι ίσος με μηδέν (χωρίς αποτέλεσμα). Όταν η τιμή του p-value είναι χαμηλή δηλαδή $p (<0,05)$, η μηδενική υπόθεση μπορεί να απορριφθεί.
- Για άλλους τομείς τα πρότυπα για μια αξιόπιστη αξιολόγηση του R-Squared μπορούν να είναι αρκετά υψηλότερα, όπως 0.9 ή και παραπάνω. Στα οικονομικά γενικά το R-Squared θεωρείται σε υψηλό επίπεδο συσχέτισης όταν η τιμή του είναι πάνω από 0.7 . Λαμβάνοντας επίσης υπόψιν πως αν η τιμή είναι χαμηλότερη από 0.4 το επίπεδο συσχέτισης είναι χαμηλό. Όταν υπάρξει αρνητική τιμή του R-Squared, τείνει η πρόβλεψη να είναι λιγότερο ακριβής από την μέση τιμή των δεδομένων που καθορίστηκαν με την πάροδο του χρόνου.
- Να υπάρχει γραμμική συσχέτιση.
- Να υπάρχει κανονικότητα πολλαπλών μεταβλητών.
- Να υπάρχει συσχέτιση.

Τα κριτήρια αποδοχής μοντέλου για την λογαριθμικής παλινδρόμηση περιλαμβάνουν:

- Πρέπει να περιέχονται πάνω από δύο μεταβλητές.
- Πρέπει να υπάρχει μαθηματικό μοντέλο για να μπορούν να εξαχθούν αποτελέσματα.

- Πρέπει να εμφανίζει εκθετικό διάγραμμα και μη γραμμική καμπύλη.
- Δεν απαιτείται γραμμική συσχέτιση.
- Τα σφάλματα (error terms- residual) δεν απαιτούν να ακολουθείται κανονική κατανομή.
- Μικρή ή καθόλου πολυγραμμικότητα μεταξύ ανεξάρτητων μεταβλητών.
- Απαιτεί μεγάλου μεγέθους δείγματος.

4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΥΡΙΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία εξετάζεται η συμπεριφορά των ατυχημάτων σε σχέση με κάποιες παραμέτρους στους κυκλικούς κόμβους. Η έρευνα αυτή διεξήχθη στην Ελλάδα και κυρίως σε δύο δήμους το Περιστερί και το Ψυχικό (Νέο Ψυχικό και Παλαιό Ψυχικό). Η επιλογή των κόμβων αυτών έγινε με βάση τον τρόπο σχεδιασμού τους (αριθμό των σκελών), την τοποθεσία και τον αριθμό των οχημάτων που δέχεται ο κόμβος αυτός. Από τον Δήμο Περιστερίου επιλέχθηκε ένας κυκλικός κόμβος και από τον Δήμο Ψυχικό επιλέχθηκαν 3 κυκλικοί κόμβοι.

Ο Δήμος Περιστερίου στην Ελλάδα είναι ο 8ος πολυπληθέστερος δήμος. Επίσης, βρίσκεται στον δυτικό τομέα της Αθήνας και είναι μια αστική περιοχή όπου αποτελείται από περίπου 140 χιλιάδες κατοίκους. Το Περιστερί εκτείνεται 4.5 χιλιόμετρα βορειοδυτικά του κέντρου της πρωτεύουσας μέχρι τους πρόποδες του ορεινού όγκου του Ποικίλου. Είναι μια πόλη των 10 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Το Περιστερί συνορεύει βόρεια με τον Δήμο Ιλίου στα ανατολικά με τον δήμο Αθηναίων, στα νότια με το Αιγάλεω, στα δυτικά με το Χαϊδάρι και τέλος στα βορειοδυτικά με την Πετρούπολη.

Ο κυκλικός κόμβος στο Περιστερί που επιλέχθηκε είναι ο κόμβος στο Μπουρνάζι (Πλατεία Μπουρναζίου). Ο κόμβος αυτός έχει έξι σκέλη. Καθημερινά περνούν από τον κόμβο αυτό χιλιάδες οχήματα. Διάμηκες του κόμβου αυτού περνά ένας από τους κυριότερους δρόμους η Λεωφόρος Κηφισού ή αλλιώς ο αυτοκινητόδρομος Πειραιώς Αθηνών – Θεσσαλονίκης Ευζώνων. Αρκετά οχήματα καθώς βγαίνουν από τον αυτοκινητόδρομο περνούν μέσα από την πλατεία Μπουρναζίου είτε γιατί διαμένουν στην περιοχή είτε για να μεταβούν στους γύρω δήμους. Η πλατεία Μπουρναζίου περιτριγυρίζεται από πολλές καφετέριες εστιατόρια όπου αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προσελκύει κόσμο. Επίσης, υπάρχουν σε κοντινή απόσταση αρκετά καταστήματα, διάφορες υπηρεσίες και χώροι διασκέδασης.

Πέρα από τα έξι σκέλη που περιέχει υπάρχει και ένα πεζόδρομος όπου μεγάλος αριθμός ατόμων μεταβαίνει στον πεζόδρομο αυτό, για να περάσει τον χρόνο του περπατώντας ή για να μεταβούν σε μια καφετέρια η ακόμα και για φαγητό.

Ο κυκλικός κόμβος αυτός είναι δύο λωρίδων. Τα έξι τμήματα όπου συνδέονται με τον κόμβο αυτό είναι:

1. Λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως
2. Σπετσών
3. Παρασκευοπούλου
4. Κύπρου
5. Λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως
6. Χαρίλαου Τρικούπη



Εικόνα 4.1: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Μπουρναζίου, Δήμος Περιστερίου.[27]

Από τα έξι τμήματα όπου συνδέεται ο κόμβος αυτός παρατηρήθηκε ότι η λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως είναι ο δρόμος όπου προσελκύει τα περισσότερα οχήματα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται συμφόρηση. Πιθανό η λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως να μην μπορεί να καλύψει την ζήτηση που υπάρχει από τους οδηγούς. Ο κόμβος αυτός είναι μη σηματοδοτούμενος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν διαβάσεις. Αυτό τον καθιστά επικίνδυνο προς τους πεζούς και αντίστοιχα στους ποδηλάτες γιατί οι οδηγοί δεν δίνουν τόση έμφαση στην ασφάλεια των γύρω τους.

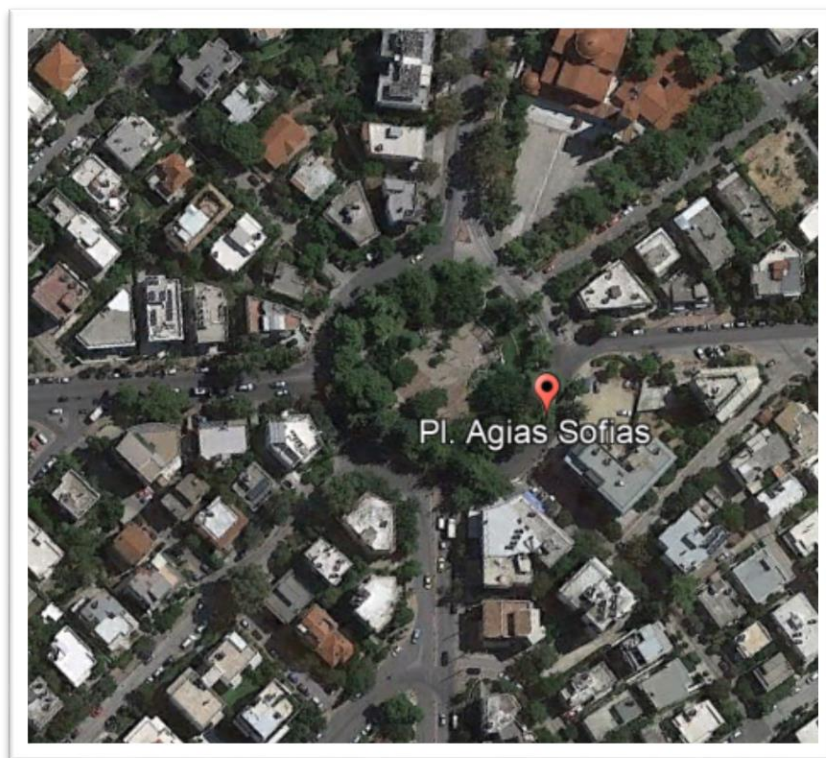
Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι άλλοι τρεις κόμβοι που μελετήθηκαν στον Δήμο Ψυχικού.

Ένας από τους δώδεκα δήμους του Βόρειου τμήματος της Αθήνας στην περιφέρεια της Αττικής και συνορεύει με το κέντρο της Αθήνας είναι ο Δήμος Φιλοθέης – Ψυχικού. Ο δήμος Φιλοθέης Ψυχικού επισημοποιήθηκε το 2010 με την εκτέλεση του σχεδίου Καλλικράτης με την συγκατάθεση των παλαιότερων δήμων του ψυχικού, νέου ψυχικού και Φιλοθέης. Στη νέα ονομασία δεν περιλαμβάνεται και το Νέο ψυχικό. Το 2011 υλοποιήθηκε η απογραφή του πληθυσμού με συνολικό αριθμό περίπου στις 27 χιλιάδες. Παρατηρήθηκε μείωση του πληθυσμού με βάση την απογραφή που έγινε το 2001 με πληθυσμό στις 35 χιλιάδες με έδρα το ψυχικό. Η έκταση του ανέρχεται στα 6.2 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Η κοινότητα του Ψυχικού εκτείνεται γύρω από την Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου όπου στη συνέχεια ακολουθεί η πλατεία Ελευθέριου Βενιζέλου και οι πλατείες αυτές συνδέονται μεταξύ τους με την Λεωφόρο Διαμαντίδου.

Το Νέο Ψυχικό βρίσκεται ανατολικά της Λεωφόρου Κηφισίας, όπου αναπτύχθηκε γύρω από την Πλατεία Αγίας Σοφίας.

Ο πρώτος κόμβος που εξετάστηκε είναι ο κυκλικός κόμβος Αγίας Σοφίας στο Νέο Ψυχικό. Ο κυκλικός κόμβος αυτός είναι πεντασκελής, δύο λωρίδων στην κυκλική του κίνηση. Ο κόμβος αυτός φορτίζεται από αρκετά οχήματα καθημερινά. Πλησίον του κόμβου περνά η λεωφόρος Κηφισίας όπου είναι μια από τις κυριότερες λεωφόρους της Αθήνας και συνδέεται με την λεωφόρο Αλεξάνδρας. Χιλιάδες οχήματα περνούν καθημερινά. Επίσης, διακατέχεται από αρκετές γραμμές λεωφορείων. Περιτριγυρίζεται από εστιατόρια, καφετέριες, καταστήματα, τένις κλαμπ, κέντρα υγείας, σχολεία που έχει σαν αποτέλεσμα να προσελκύει κόσμο αλλά και πολλά οχήματα.



Εικόνα 4.2: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Αγίας Σοφίας, Δήμος Νέου Ψυχικού.[27]

Ο κυκλικός κόμβος αυτός είναι δύο λωρίδων. Τα πέντε τμήματα όπου συνδέονται με τον κόμβο αυτό είναι:

1. Γρηγορίου Ξενόπουλου
2. Σικελιανού – Αγίας Σοφίας
3. Σεφέρη
4. Βασιλείου - Σηματοδοτούμενος
5. Σικελιανού – Σηματοδοτούμενος

Στον συγκεκριμένο κυκλικό κόμβο παρατηρήθηκαν οι ιδιαιτερότητες που υπάρχουν σε σχέση με τον κυκλικό κόμβο στην πλατεία Μπουρναζίου.

Ο κόμβος αυτός είναι σηματοδοτούμενος. Η σηματοδότηση βρίσκεται στην οδό βασιλείου και Σικελιανού κατά την είσοδο στον κυκλικό κόμβο. Εντός του κυκλικού κόμβου υπάρχει επίσης σηματοδότηση για να μπορεί να συγχρονιστεί με την οδό κατά την είσοδο και έξοδο οχημάτων από τον κυκλικό κόμβο. Ο λόγος ύπαρξης της σηματοδότησης, υποδηλώνει την ζήτηση που υπάρχει στον κόμβο αυτό. Επιπρόσθετα, υπάρχουν και

διαβάσεις που είναι αρκετά σημαντικές για τους πεζούς και τους ποδηλάτες όπου τους προσδίδει ένα αίσθημα ασφάλειας.



Εικόνα 4.3: Σηματοδότηση στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας στην οδό Σικελιανού.[27]



Εικόνα 4.4: Σηματοδότηση στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας στην οδό Βασιλείου.[27]

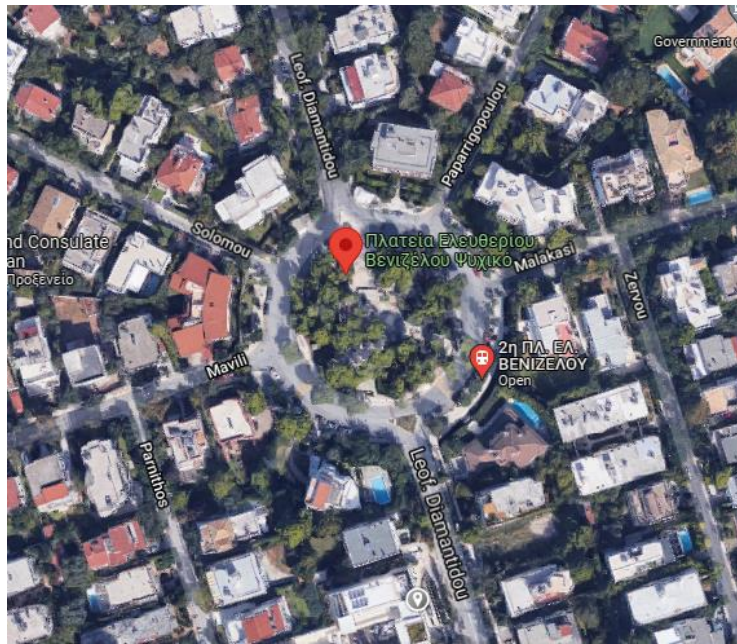


Εικόνα 4.5: Σηματοδότηση στην Πλατεία Αγίας Σοφίας εντός του κυκλικού κόμβου.[27]

Ο δεύτερος κόμβος που εξετάστηκε στο Ψυχικό είναι η Πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου. Είναι ένας κυκλικός κόμβος με έξι σκέλη και μιας λωρίδας στην κυκλική του κίνηση. Ο κόμβος αυτός δεν φορτίζεται με πάρα πολλά οχήματα καθημερινά σε σχέση με τους άλλους δυο κόμβους που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Επίσης, υπάρχει αστική γραμμή λεωφορείου που πέρνα από τον κόμβο αυτό. Δεν περιτριγυρίζεται από εστιατόρια, καφετέριες, καταστήματα, τένις κλαμπ, κέντρα υγείας και σχολεία σε κοντινή απόσταση. Ο συγκεκριμένος κόμβος εξυπηρετεί κυρίως τους κατοίκους που διαμένουν τριγύρω.

Ο κυκλικός κόμβος αυτός είναι μιας λωρίδας. Τα έξι τμήματα όπου συνδέονται με τον κόμβο αυτό είναι:

1. Λεωφόρος Διαμαντίδου
2. Σολωμού
3. Μαβίλη
4. Λεωφόρος Διαμαντίδου
5. Μαλακάσι
6. Παπαρηγοπούλου

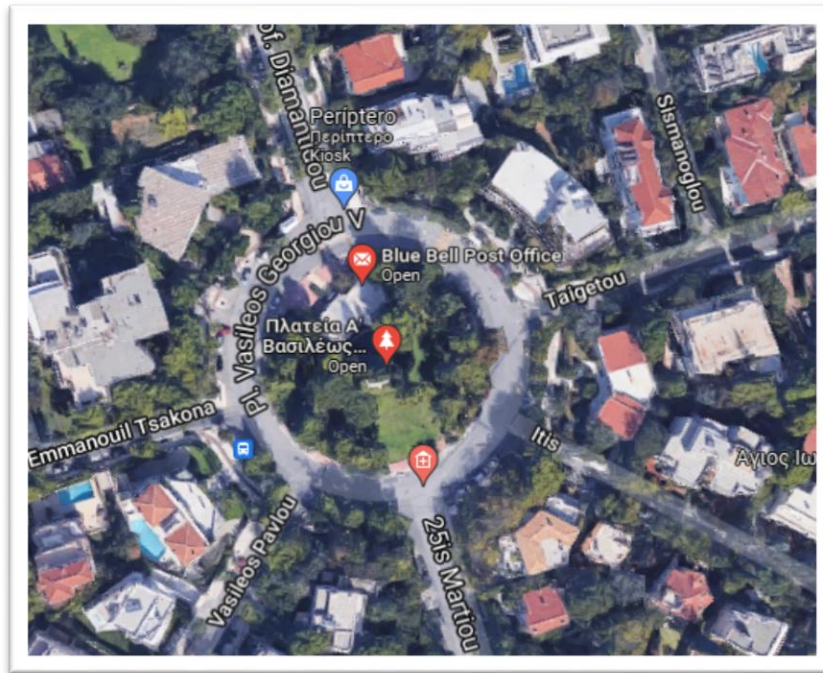


Εικόνα 4.6: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Ελευθερίου Βενιζέλου, Δήμος Ψυχικού.[27]

Τέλος, ο τελευταίος κυκλικός κόμβος που εξετάστηκε στο Ψυχικό και γενικότερα στην παρούσα Διπλωματική Εργασία είναι η Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου. Η πλατεία αυτή βρίσκεται στο Παλιό Ψυχικό. Είναι κυκλικός κόμβος με έξι σκέλη και μιας λωρίδας στην κυκλική του κίνηση. Ο κόμβος αυτός δεν φορτίζεται με πάρα πολλά οχήματα καθημερινά. Επίσης, υπάρχει αστική γραμμή λεωφορείου που πέρνα από τον κόμβο αυτό. Δεν περιτριγυρίζεται από εστιατόρια, καφετέριες, καταστήματα, τένις κλαμπ, κέντρα υγείας, σχολεία σε κοντινή απόσταση. Ο συγκεκριμένος κόμβος εξυπηρετεί κυρίως του κατοίκου που διαμένουν εκεί γύρω.

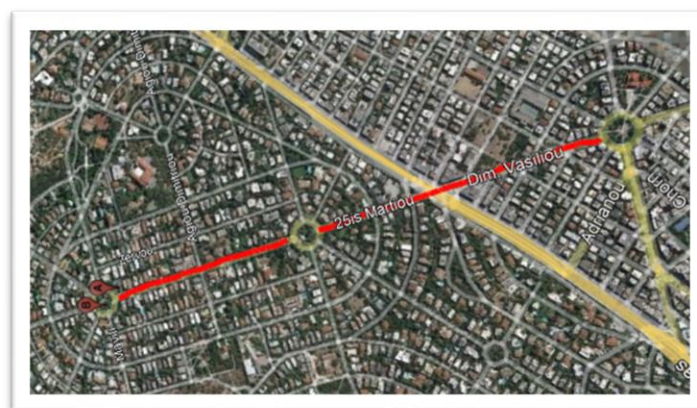
Ο κυκλικός κόμβος αυτός είναι μιας λωρίδας. Τα έξι τμήματα όπου συνδέονται με τον κόμβο αυτό είναι:

1. Λεωφόρος Διαμαντίδου
2. Εμμανουήλ Τσακώνα
3. Βασ. Παύλου
4. 25^{ης} Μαρτίου
5. Οίτης
6. Ταύγετου



Εικόνα 4.7: Κυκλικός κόμβος Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου, Δήμος Ψυχικού.[27]

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι τρεις κόμβοι που εξετάστηκαν στο Ψυχικό (παλιό και Νέο ψυχικό) βρίσκονται σε μια ευθεία. Ξεκινώντας από την Πλατεία Αγίας Σοφίας η οδός Βασιλείου γίνεται 25^{ης} Μαρτίου και μεταβαίνει στην Πλατεία Α Βασιλέως Γεωργίου και στην συνέχεια η λεωφόρος Διαμαντίδου οδηγεί στην Πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου. Οι τρεις κόμβοι αυτοί έχουν σαν αποτέλεσμα την κατανομή των οχημάτων μεταξύ τους και παρατηρείται συσχέτιση. Για παράδειγμα αν υπάρξει συντήρηση σε ένα από τους κόμβους αυτούς θα επηρεαστούν και οι τρεις.



Εικόνα 4.8: Οι τρεις κόμβοι στο Δήμο Ψυχικού.[27]

Η υλοποίηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας βασίζεται στους πιο πάνω τέσσερις κυκλικούς κόμβους. Οι κόμβοι αυτοί χωρίστηκαν σε 2 κατηγορίες σε κυκλικούς κόμβους μιάς και δύο λωρίδων. Κάνοντας την απαραίτητη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και χρησιμοποιώντας τις καταλληλότερες μεθοδολογίες, η ανάλυση αυτή αποσκοπεί στο να εξαχθούν τα συμπεράσματα όσων αφορά την επίδραση των παραγόντων που αναλύθηκαν σε σχέση με τα ατυχήματα. Τέλος ακολουθώντας αυτά τα βήματα εξάχθηκαν τα συμπεράσματα και προτάθηκαν οι βέλτιστες αλλαγές που μπορούν να ακολουθηθούν ώστε να υπάρξουν ασφαλέστεροι και πιο λειτουργικοί κυκλικοί κόμβοι.

5

ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Εισαγωγή:

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία συγκέντρωσης και επεξεργασίας των δεδομένων, με σκοπό τον έλεγχο και την αξιολόγηση τους έτσι ώστε να υπάρχει μια σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση τους. Το πρώτο στάδιο που ακολουθήθηκε είναι η διαδικασία συλλογής δεδομένων. Έπειτα, ακολούθησε το στάδιο επεξεργασίας όπου εξηγείται ο τρόπος και η μεθοδολογία που έγινε για την ανάλυση των δεδομένων στο λογισμικό στατιστικής ανάλυσης (R – Studio). Τα διαγράμματα που εξάχθηκαν έγιναν με την χρήση του λογιστικού φύλλου Microsoft Excel. Τέλος, με βάση τα πιο πάνω βήματα που ακολουθήθηκαν εξάχθηκαν αποτελέσματα και συμπεράσματα που αφορούσαν την Διπλωματική Εργασία.

5.2 Συλλογή Δεδομένων:

Η συλλογή των δεδομένων έγινε κυρίως από τους τέσσερις κυκλικούς κόμβους που εξετάστηκαν, για να επιτευχθεί ο στόχος της Διπλωματικής Εργασίας. Η συλλογή των στατιστικών στοιχείων που αφορούν τα ατυχήματα στην Ελλάδα, κυρίως για το Δήμο Περιστερίου και Ψυχικού, έχουν δοθεί από την διεύθυνση τροχαίας. Συγκεκριμένα οι πληροφορίες αυτές αφορούν την περίοδο από τον Ιανουάριο του 2015 μέχρι και τον Αύγουστο του 2021. Επίσης, από τις διευθύνσεις τροχαίας δόθηκαν πέρα από τα ατυχήματα, την χρονική στιγμή και στοιχεία για τα αίτια που προκλήθηκαν τα ατύχημα αλλά και τα σημεία όπου διεξήχθησαν (δεν προσδιορίζεται για όλα τα ατυχήματα η τοποθεσία και ο λόγος). Στα πλείστα ατυχήματα το κύριο αίτιο, οφειλόταν στην προτεραιότητα. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε πως τα περισσότερα ατυχήματα, προκλήθηκαν κατά την είσοδο των οχημάτων σε κυκλικό κόμβο (συμβολή).

Πέρα από τα στοιχεία που έχουν δοθεί από τις διευθύνσεις τροχαίας, οι περιοχές αυτές έχουν επισκεφθεί έτσι ώστε να γίνει μια καταγραφή για το τι περιλαμβάνει κάθε περιοχή αλλά και τα χαρακτηριστικά τους. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά που συγκεντρώθηκαν αφορούν την υπάρξει σηματοδότησης και διαβάσεων στους κόμβους, στοιχεία για την συμπεριφορά των οδηγών κατά στην είσοδο και έξοδο από τον κυκλικό κόμβο, αν σταθμεύουν οχήματα μέσα στον κυκλικό κόμβο και τυχόν προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν. Επιπλέον, πέρα από τα χαρακτηριστικά και το οπτικό υλικό που συγκεντρώθηκαν, υλοποιήθηκαν και κάποιες μετρήσεις που αφορούν τον υπολογισμό των φόρτων των οχημάτων σε όλες τις κινήσεις του κυκλικού κόμβου. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν την ώρα αιχμής, για δύο ώρες συγκεντρώνοντας τον αριθμό των οχημάτων που εισέρχονται, εξέρχονται αλλά και την κίνηση τους μέσα στον κυκλικό κόμβο ανά 15 λεπτά. Έπειτα, μετά από την επεξεργασία των στοιχείων των φόρτων που συγκεντρώθηκαν, υπολογίστηκε ο φόρτος ανά ώρα που δέχεται ο κάθε κυκλικός κόμβος στην ώρα αιχμής.

Οι συλλογή αυτών των στοιχείων έγινε για όλους τους κυκλικούς κόμβους που εξετάστηκαν. Έχοντας υπολογίσει τον φόρτο των οχημάτων ανά ώρα, υπολογίστηκε και ο ρυθμός ροής.

5.3 Πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων:

Το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε είναι το R – Studio όπου κύριος σκοπός του προγράμματος αυτού είναι η στατιστική ανάλυση βάσεων δεδομένων και η δημιουργία γραφημάτων όπου μπορούν να παραστούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων. Επίσης, είναι πιο αποτελεσματική από το χρήση Microsoft Office Excel γιατί δίνεται η δυνατότητα μετάβασης σε περισσότερες ενέργειες όσον αφορά τη στατιστική ανάλυση, εφαρμόζοντάς πιο σύνθετες μεθόδους και η χρήση του είναι πιο εύκολη.

5.4 Επεξεργασία δεδομένων:

Μετά την ολοκλήρωση του σταδίου συλλογής δεδομένων ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων. Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων στο υπολογιστικό φύλλο Microsoft Office Excel. Έπειτα, έγινε η μορφοποίηση και η ταξινόμηση των δεδομένων για την δημιουργία των τελικών πινάκων έχοντας την κατάλληλη μορφή για να μπορούν να είναι συμβατές οι μεταβλητές για την ανάγνωση από το στατιστικό πρόγραμμα

R – Studio που χρησιμοποιήθηκε. Με την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα αυτό επιλέχθηκαν οι μέθοδοι για να εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα.

Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι εντοπίστηκαν και οι παράμετροι που δεν έχουν άμεση συσχέτιση με την επιλογή του μοντέλου που αποφασίστηκε να ερευνηθεί. Οι έρευνα αυτή περιέχει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Το πλήθος των δεδομένων που αναπτύχθηκε ήταν σχετικά μικρό. Χρήση μικρού μεγέθους δείγματος. Ακόμη υπάρχουν μοντέλα με ικανοποιητικό δείγμα δεδομένων και αυτό οφείλεται κυρίως στο σενάριο που δημιουργήθηκε.

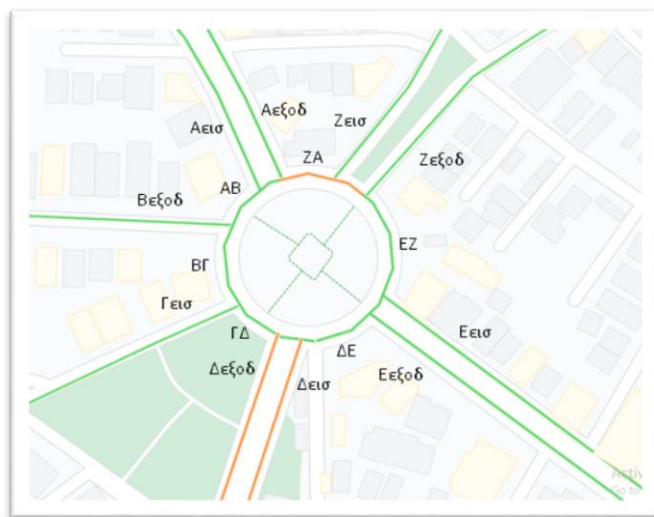
Τέλος επιλέχθηκε η καταλληλότερη μέθοδος μέσα από σειρά δοκιμών για κάθε μοντέλο που δημιουργήθηκε έτσι ώστε να επιτευχθούν τα βέλτιστα μοντέλα. Με βάση τα τελικά αποτελέσματα προκύπτουν και τα τελικά συμπεράσματα.

5.4.1 Επεξεργασία αρχικής βάσης δεδομένων:

Αρχικά, μετά την ολοκλήρωση της συλλογής των δεδομένων, έγινε η επεξεργασία των δεδομένων για κάθε κόμβο ξεχωριστά.

Το πρώτο χαρακτηριστικό μέγεθος που συγκεντρώθηκε ήταν ο φόρτος των οχημάτων ανά ώρα. Οι μετρήσεις έγιναν επί τόπου κατά την επίσκεψη στην περιοχή για να γίνει μια λεπτομερώς καταγραφή των στοιχείων για την Διπλωματική Εργασία. Οι μετρήσεις υλοποιήθηκαν για δύο ώρες σε ώρα αιχμής ανά 15 λεπτά και με την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων υπολογίστηκε ο φόρτος ανά ώρα. Πιο κάτω αναπαρίστανται η διαδικασία υπολογισμού του φόρτου με πρώτο τον κυκλικό κόμβο στην πλατεία Μπουρναζίου.

Η φωτογραφία τραβήχτηκε από το Google Map και στην εικόνα αναγράφονται όλα τα σημεία που μετρήθηκαν ταυτόχρονα ανά 15 λεπτά για δύο ώρες για να γίνουν σωστά οι μετρήσεις. Παρουσιάζεται και ο πίνακας με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν.



Εικόνα 5.4.1.1: Τρόπος συλλογής δεδομένων στην Πλατεία Μπουρναζίου.[26]

ΧΡΟΝΟΣ (Λεπτά)	Α		Β	Γ	Δ		Ε		Ζ	
	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ
15'	194	213	83	126	237	111	196	187	155	189
30'	213	198	75	112	215	88	179	175	145	180
45'	185	226	92	137	254	120	204	192	168	198
60'	172	202	102	106	229	108	185	175	142	178
75'	198	209	87	132	244	119	192	195	149	172
90'	178	225	81	116	227	102	207	202	137	168
105'	180	204	79	122	232	106	189	182	147	186
120'	201	217	94	103	224	107	181	177	139	170

Πίνακα 5.4.1.1:Μετρήσεις οχημάτων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

ΧΡΟΝΟΣ (Λεπτά)	ΑΒ	ΒΓ	ΓΔ	ΔΕ	ΕΖ	ΖΑ
15'	357	59	483	642	642	274
30'	310	23	437	620	620	235
45'	400	88	534	684	684	308
60'	371	128	492	597	597	269
75'	369	53	494	650	650	282
90'	366	93	491	609	609	285
105'	344	60	470	622	622	265
120'	350	101	467	581	581	256

Πίνακας 5.4.1.2: Μετρήσεις οχημάτων των κινήσεων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

Με την κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων βρέθηκε ο φόρτος ανά ώρα για κάθε σημείο που χρειάστηκε και αναγράφεται στην πιο πάνω φωτογραφία.

Τέλος προκύπτει:

Φόρτος οχημάτων ανά ώρα											
Α		Β		Γ		Δ		Ε		Ζ	
ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ	ΕΙΣΟΔΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ
761	847	347	477	931	431	767	743	591	721		
ΑΒ	ΒΓ	ΓΔ	ΔΕ	ΕΖ	ΖΑ						
1001	654	1131	1632	1656	1087						

Πίνακας 5.4.1.3: Φόρτος οχημάτων Πλατείας Μπουρναζίου.

Θα παραστεί πιο κάτω εκτενείς περιγραφή των φόρτων.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε και ο συντελεστής ΣΩΑ με βάση τις μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν.

Για την 1η ώρα, Μέγιστος φόρτος 15 συνεχόμενων λεπτών εντός της ώρας									
Α (οχήματα/ώρα)		B	Γ	Δ		E		Z	
Εισοδ	Εξοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ
213	226	102	137	254	120	204	192	168	198
AB	BΓ	ΓΔ	ΔΕ	EZ	ZA				
267	175	312	446	458	308				
Υπολογισμός ΣΩΑ									
Α (οχήματα/ώρα)		B	Γ	Δ		E		Z	
0.90	0.93	0.86	0.88	0.92	0.89	0.94	0.95	0.91	0.94
AB	BΓ	ΓΔ	ΔΕ	EZ	ZA				
0.95	0.94	0.91	0.92	0.92	0.88				
Μέσος όρος ΣΩΑ για όλες τις κατευθύνσεις									
0.91									

Πίνακας 5.4.1.4: Συντελεστής ώρας αιχμής Πλατείας Μπουρναζίου.

Για την 2η ώρα, Μέγιστος φόρτος 15 συνεχόμενων λεπτών εντός της ώρας									
Α (οχήματα/ώρα)		B	Γ	Δ		E		Z	
Εισοδ	Εξοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ
201	225	94	132	244	119	207	202	149	186
AB	BΓ	ΓΔ	ΔΕ	EZ	ZA				
271	184	316	441	438	285				
Υπολογισμός ΣΩΑ									
Α (οχήματα/ώρα)		B	Γ	Δ		E		Z	
0.94	0.95	0.91	0.90	0.95	0.91	0.93	0.94	0.96	0.94
AB	BΓ	ΓΔ	ΔΕ	EZ	ZA				
0.91	0.88	0.89	0.92	0.93	0.95				
Ο συντελεστής ΣΩΑ που προκύπτει είναι:									
Μέσος όρος ΣΩΑ για όλες τις κατευθύνσεις									
0.92									

Πίνακας 5.4.1.5: Συντελεστής ώρας αιχμής Πλατείας Μπουρναζίου.

Ρυθμός ροής:

ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 1Η ΩΡΑ (0'-60') , οχήματα/ώρα										
	Α (οχήματα/15')		B	Γ	Δ		Ε		Ζ	
	Εισοδ	Εξοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ
MIN	712	816	316	412	896	408	724	708	548	672
MAX	804	900	376	488	928	428	828	808	588	744
	AB	ΒΓ	ΓΔ	ΔΕ	ΕΖ	ΖΑ				
MIN	761	847	347	412	896	428				
MAX	804	868	376	477	931	431				
ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ 2Η ΩΡΑ (60'-120') , οχήματα/ώρα										
	Α (οχήματα/15')		B	Γ	Δ		Ε		Ζ	
	Εισοδ	Εξοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ	Εισοδ	Εξοδ
MIN	688	792	300	412	860	352	716	700	548	672
MAX	852	904	408	548	1016	480	828	808	672	792
	AB	ΒΓ	ΓΔ	ΔΕ	ΕΖ	ΖΑ				
MIN	712	816	316	412	896	408				
MAX	804	900	376	528	976	476				
ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΙΝΑΙ:										
MIN	608									
MAX	686									
ΤΕΛΙΚΟ	639									

Πίνακας 5.4.1.6: Ρυθμός ροής Πλατείας Μπουρναζίου.

Ο κυκλικός κόμβος της πλατείας Μπουρναζίου δέχεται συνολικά 639 οχήματα που περνούν από τον κόμβο αυτό σε διάρκεια μια ώρας (ρυθμός ροής).

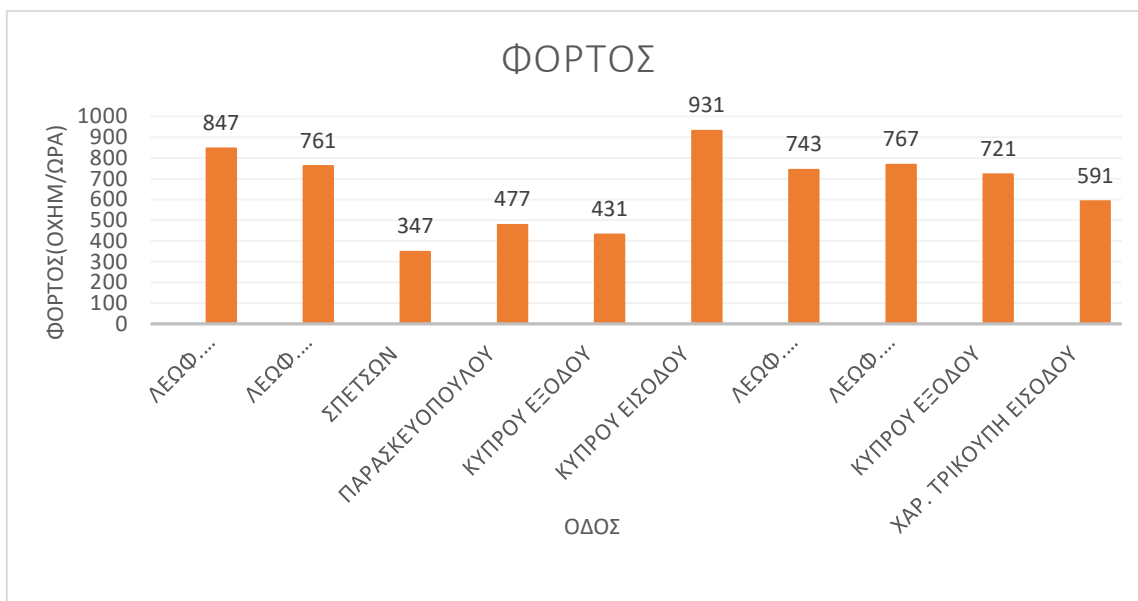
Επιπλέον στους πίνακες που θα παραστούν θα υπάρχουν εκτός από τον φόρτο και πληροφορίες για τον αριθμό των λωρίδων για κάθε τμήμα και επίσης πληροφορίες για το πλάτος της λωρίδας. Ο κόμβος αυτός είναι μη σηματοδοτούμενος.



Εικόνα 5.4.1.2: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Μπουρναζίου.[27]

ΔΡΟΜΟΙ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ
ΛΕΩΦ. ΚΩΝΣΤΑΝΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ ΕΞΟΔΟΥ	847	1
ΛΕΩΦ. ΚΩΝΣΤΑΝΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	761	2
ΣΠΕΤΣΩΝ	347	1
ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ	477	1
ΚΥΠΡΟΥ ΕΞΟΔΟΥ	431	1
ΚΥΠΡΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ	931	1
ΛΕΩΦ. ΚΩΝΣΤΑΝΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ ΕΞΟΔΟΥ	743	2
ΛΕΩΦ. ΚΩΝΣΤΑΝΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	767	1
ΚΥΠΡΟΥ ΕΞΟΔΟΥ	721	1
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	591	2

Πίνακας 5.4.1.7: Φόρτος των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.



Διάγραμμα 5.4.1.1: Φόρτος των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΠΑΧΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (Μ)
ΛΕΩΦ ΚΩΝΣΤ. - ΣΠΕΤΣΩΝ	1001	2	11
ΣΠΕΤΣΩΝ - ΠΑΤΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ	654	2	12.3
ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ - ΚΥΠΡΟΥ	1131	2	13
ΚΥΠΡΟΥ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΠΟΥΛΟΥ	1632	2	11.5
ΛΕΩΦ ΚΩΝΣΤ. - ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ	1656	2	12.5
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΛΟΥ	1087	2	12.5
		M.O.	12.0

Πίνακας 5.4.1.8: Φόρτος στο εσωτερικό του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.



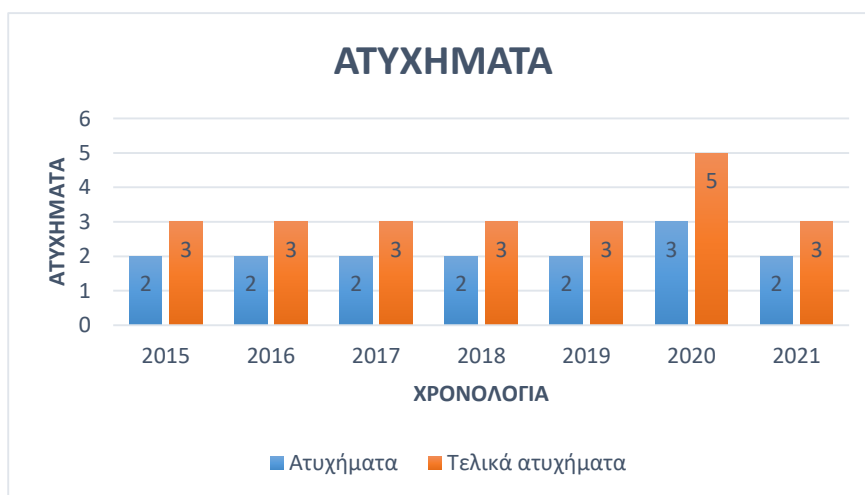
Διάγραμμα 5.4.1.2: Φόρτος στο εσωτερικό του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

Ο κυκλικός κόμβος του Μπουρναζίου στην κυκλική κίνηση του είναι κόμβος δύο λωρίδων. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η λεωφόρος Κωνσταντινουπόλεως δημιουργούσε το μεγαλύτερο πρόβλημα στον κυκλικό κόμβο λόγω των σταθμευμένων οχημάτων επί της οδού και της στάθμευσης μέσα στον κυκλικό κόμβο. Το πρόβλημα αυτό της στάθμευσης παρατηρήθηκε επίσης και στις άλλες οδούς. Αυτό προκαλεί το κύριο πρόβλημα που είναι η δημιουργία ουράς, γιατί ίσως ο κόμβος να μην μπορεί να καλύψει όλο τον φόρτο οχημάτων που περνούν καθημερινά αλλά και σε ώρα αιχμής.

Πέρα από τα χαρακτηριστικά μεγέθη που υπολογίστηκαν συλλέγηκαν και τα ατυχήματα. Τα ατυχήματα που δόθηκαν αφορούν τα έτη 2015 μέχρι τον Αύγουστο του 2021. Με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων που συγκεντρώθηκαν παρατηρήθηκε ότι ήταν λίγα. Τα ατυχήματα αυτά καταγράφηκαν από την τροχαία. Επιπλέον, έγινε μια παραδοχή και θεωρήθηκε προσαύξηση στα ατυχήματα κατά 50% υπολογίζοντας ότι υπήρξαν ακόμα 50% των ατυχημάτων που δεν καταγράφηκαν, δηλαδή οι οδηγοί δεν χρειάστηκαν την παρέμβαση της τροχαίας (κατηγοριοποίηση μικρές υλικές ζημιές).

Χρονιά	Ατυχήματα	Προσαύξηση 50%	Τελικά ατυχήματα	Μ.Ο
2015	2		3	4
2016	2		3	
2017	2		3	
2018	2		3	
2019	2		3	
2020	3		5	
2021	2		3	
			23	

Πίνακας 5.4.1.9: Ατυχήματα Πλατείας Μπουρναζίου.



Διάγραμμα 5.4.1.3: Ατυχήματα Πλατείας Μπουρναζίου.

Στην συνέχεια μετά την συγκέντρωση των χαρακτηριστικών μεγεθών και των ατυχημάτων ακολούθησε μια περαιτέρω συνδυαστική ανάλυση αυτών των μεγεθών και κατανεμήθηκαν σε δύο κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές είναι η συμβολή και ο μερισμός.

Με βάση τα ατυχήματα που συλλέχθηκαν παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα ατυχήματα ανήκουν στην συμβολή και όχι στον μερισμό. Έτσι, θεωρήθηκε ότι η κατανομή των ατυχημάτων θα γίνει στο 70% σε συμβολή και στο 30% σε μερισμό. Τέλος το 75% κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (Μ.Ο 4 ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ)			
ΣΥΜΒΟΛΗ	70%	2.8	3
ΜΕΡΙΣΜΟΣ	30%	1.2	2

Πίνακας 5.4.1.10: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

Έγινε η κατανομή των ατυχημάτων προς συμβολή και μερισμό και λόγω του ότι δεν βγαίνει ακέραιος αριθμός στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω.

ΣΥΜΒΟΛΗ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	3	75%	2	2
		25%	1	1

Πίνακας 5.4.1.11: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	2	75%	1.5	1
		25%	0.5	1

Πίνακας 5.4.1.12: Μερισμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

Λόγω του μικρού δείγματος ατυχημάτων που υπάρχει κατά την συμβολή και μερισμό, τα ατυχήματα που αναλογούν για τις κατηγορίες μιας και δυο λωρίδων οδών κατανεμήθηκαν με βάση τον φόρτο. Το τμήμα της οδού με τον μεγαλύτερο φόρτο φορτίστηκε με τα περισσότερα ατυχήματα και έπειτα το αμέσως επόμενο.

Τελικοί πίνακες που προέκυψαν κατά την συμβολή και μερισμό.

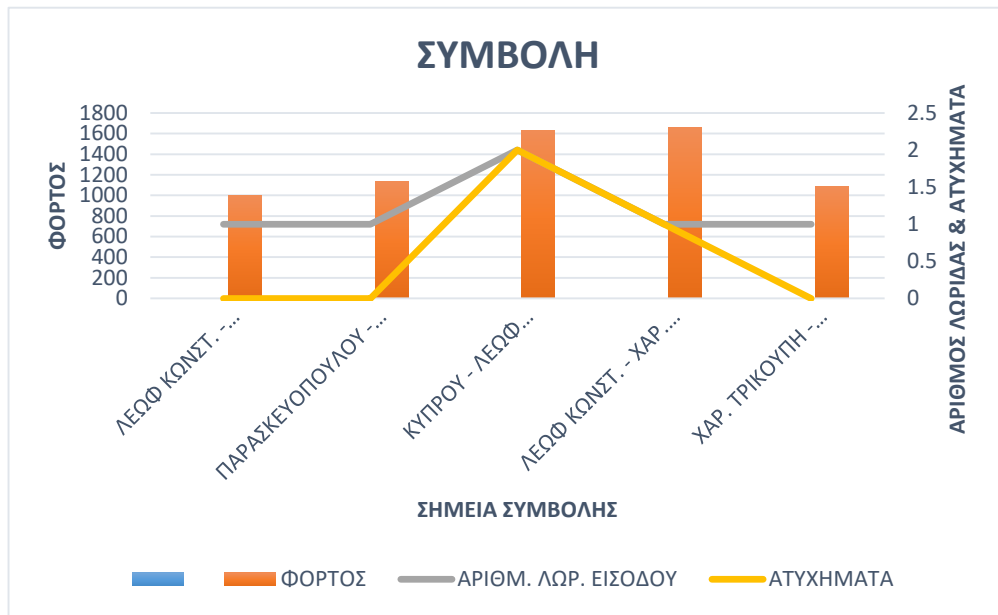
ΣΥΜΒΟΛΗ				
ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΙΣΟΔΟΥ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΛΕΩΦ ΚΩΝΣΤ. - ΣΠΕΤΣΩΝ	1001	1	0	12
ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ - ΚΥΠΡΟΥ	1131	1	0	12
ΚΥΠΡΟΥ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΠΟΥΛΟΥ	1632	2	2	12
ΛΕΩΦ ΚΩΝΣΤ. - ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ	1656	1	1	12
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΛΟΥ	1087	1	0	12

Πίνακας 5.4.1.13: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

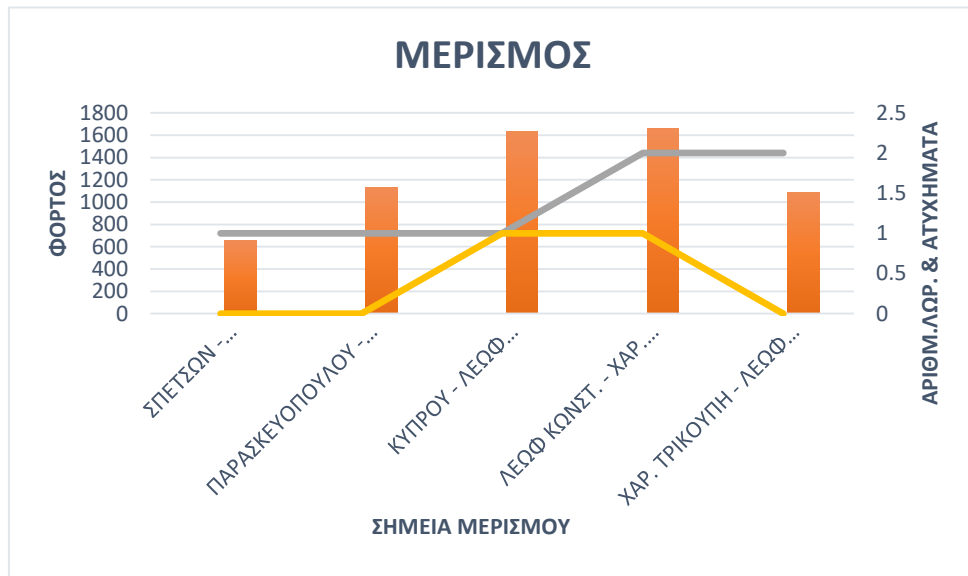
ΜΕΡΙΣΜΟΣ				
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΡΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΞΟΔ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΣΠΕΤΣΩΝ - ΠΑΤΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ	654	1	0	12
ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΥ - ΚΥΠΡΟΥ	1131	1	0	12
ΚΥΠΡΟΥ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΠΟΥΛΟΥ	1632	1	1	12
ΛΕΩΦ ΚΩΝΣΤ. - ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ	1656	2	1	12
ΧΑΡ. ΤΡΙΚΟΥΠΗ - ΛΕΩΦ ΚΩΝ/ΛΟΥ	1087	2	0	12

Πίνακας 5.4.1.13: Τελικός Πίνακας μερισμού Πλατείας Μπουρναζίου.

Με τα βήματα αυτά ολοκληρώθηκε η ανάλυση των δεδομένων και η προετοιμασία των αποτελεσμάτων που προέκυψαν για την εισαγωγή στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης R- Studio. Η επεξεργασία αυτή θα αναφερθεί στο επόμενο κεφάλαιο.



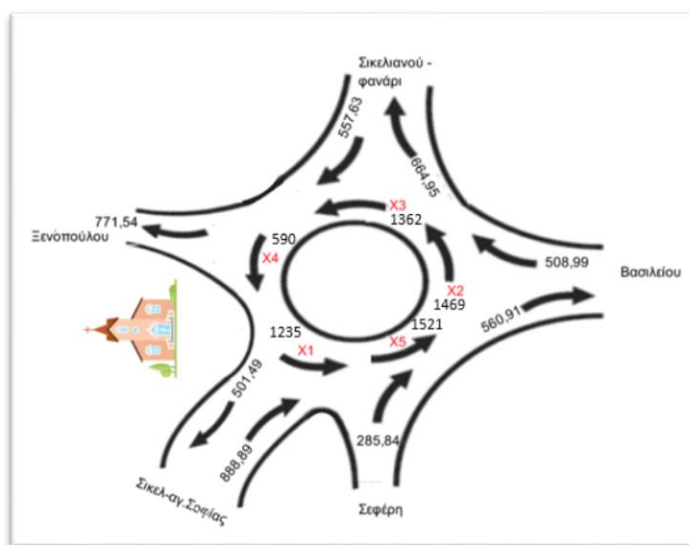
Διάγραμμα 5.4.1.4: Χαρακτηριστικά συμβολής του κυκλικού κόμβου Πλατείας



Διάγραμμα 5.4.1.5: Χαρακτηριστικά μερισμού του κυκλικού κόμβου Πλατείας Μπουρναζίου.

Οι επόμενοι κόμβοι που αξιολογήθηκαν αφορούν το Δήμο Ψυχικού (Παλαιό Ψυχικό και Νέο Ψυχικό).

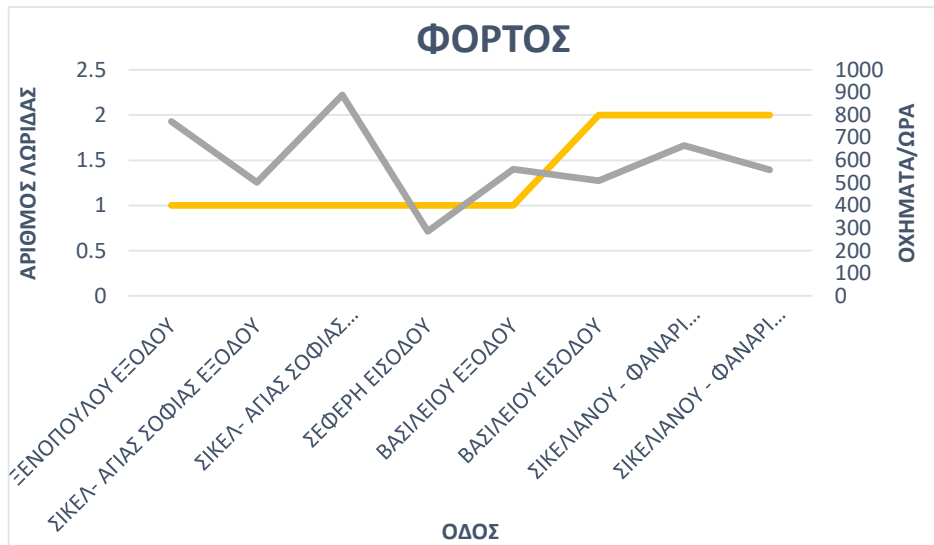
Ο κόμβος στο Νέο Ψυχικό είναι η πλατεία Αγίας Σοφίας. Είναι κόμβος δύο λωρίδων. Ο φόρτος με τα περισσότερα οχήματα που εισέρχονται στον κόμβο αυτό είναι από την οδό Σικελιανού και τα περισσότερα οχήματα που εξέρχονται είναι από την οδό Ξενοπούλου. Επίσης, ο κόμβος αυτός είναι σηματοδοτούμενος, υπάρχει φανάρι στην οδό Σικελιανού και στην οδό Βασιλείου.



Εικόνα 5.4.1.3: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Αγίας Σοφίας.

ΔΡΟΜΟΙ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ
ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΞΟΔΟΥ	772	1
ΣΙΚΕΛ- ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ ΕΞΟΔΟΥ	502	1
ΣΙΚΕΛ- ΑΓΙΑΣ ΣΟΦΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	889	1
ΣΕΦΕΡΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	286	1
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΕΞΟΔΟΥ	561	1
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΕΙΣΟΔΟΥ	509	2
ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ - ΦΑΝΑΡΙ ΕΞΟΔΟΥ	665	2
ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ - ΦΑΝΑΡΙ ΕΙΣΟΔΟΥ	558	2

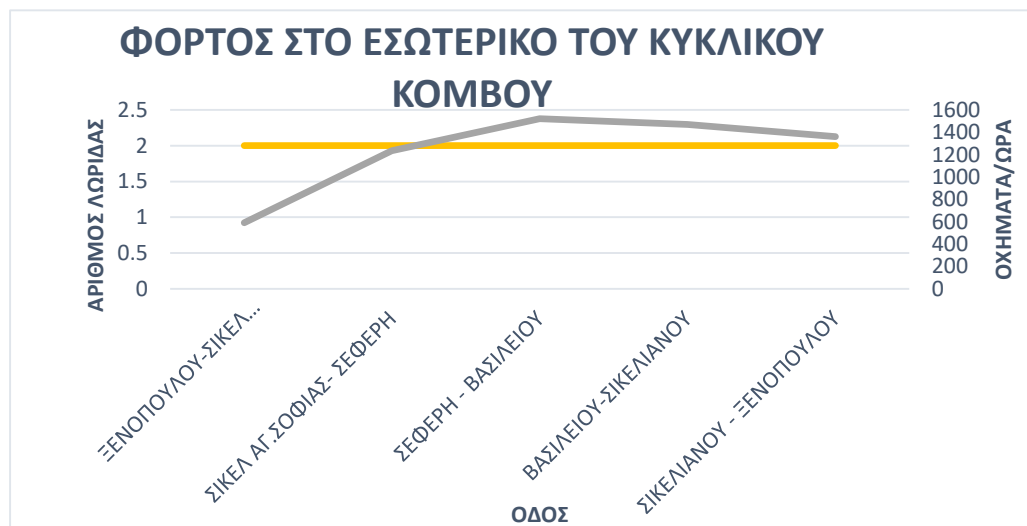
Πίνακας 5.4.1.15: Φόρτος οχημάτων των σκελών κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.



Διάγραμμα 5.4.1.6: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΠΑΧΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (Μ)
ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΙΚΕΛ ΑΓ.ΣΟΦΙΑΣ	590	2	8.3
ΣΙΚΕΛ ΑΓ.ΣΟΦΙΑΣ- ΣΕΦΕΡΗ	1235	2	9.1
ΣΕΦΕΡΗ - ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	1521	2	7.9
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ-ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ	1469	2	10.5
ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ - ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ	1362	2	10
		Μ.Ο	9

Πίνακας 5.4.1.16: Φόρτος οχημάτων της κίνησης εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.



Διάγραμμα 5.4.1.7: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.

Έγινε παραδοχή και θεωρήθηκε προσαύξηση στα ατυχήματα κατά 50% υπολογίζοντας ότι υπήρξαν ακόμα 50% των ατυχημάτων που δεν καταγράφηκαν, δηλαδή

οι οδηγοί δεν χρειάστηκαν την παρέμβαση της τροχαίας (κατηγοριοποίηση μικρές υλικές ζημιές).

Χρονιά	Ατυχήματα	Προσαύξηση 50%	Τελικά ατυχήματα	M.O	
2015	2		3	5	
2016	3		5		
2017	2		3		
2018	4		6		
2019	5		8		
2020	4		6		
2021	2		3		
			34		

Πίνακας 5.4.1.17: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.



Διάγραμμα 5.4.1.8: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας.

Με βάση τα ατυχήματα που συλλέχθηκαν παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα ατυχήματα κατηγοριοποιούνται στην συμβολή και όχι στον μερισμό. Έτσι, θεωρήθηκε ότι τα ατυχήματα κατανεμήθηκαν στο 70% σε συμβολή και στο 30% σε μερισμό. Τέλος το 75% κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (M.O 5 ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ)			
ΣΥΜΒΟΛΗ	70%	3.5	4
ΜΕΡΙΣΜΟΣ	30%	1.5	2

Πίνακας 5.4.1.18: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.

Έγινε η κατανομή των ατυχημάτων προς συμβολή και μερισμό και λόγω του ότι δεν βγαίνει ακέραιος αριθμός στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω.

ΣΥΜΒΟΛΗ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	4	75%	2	3
		25%	1	1

Πίνακας 5.4.1.19: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.

ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	2	75%	1.5	2
		25%	0.5	1

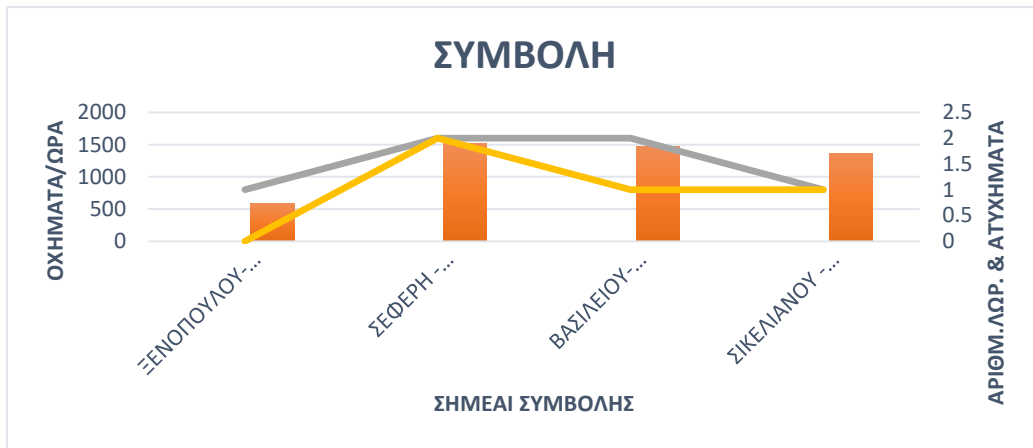
Πίνακας 5.4.1.20: Μερισμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.

Λόγω του μικρού δείγματος των ατυχημάτων που υπάρχει κατά την συμβολή και μερισμό τα ατυχήματα που αναλογούν για τις κατηγορίες μιας και δυο λωρίδων οδών κατανεμήθηκαν με βάση τον φόρτο. Το τμήμα της οδού με τον μεγαλύτερο φόρτο φορτίστηκε με τα περισσότερα ατυχήματα και έπειτα το αμέσως επόμενο.

Τελικοί πίνακες που προέκυψαν κατά την συμβολή και μερισμό.

ΣΥΜΒΟΛΗ				
ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΞΟΔ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΙΚΕΛ ΑΓ.ΣΟΦΙΑΣ	590	1	0	9
ΣΕΦΕΡΗ - ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	1521	2	2	9
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ-ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ	1469	2	1	9
ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ - ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ	1362	1	1	9

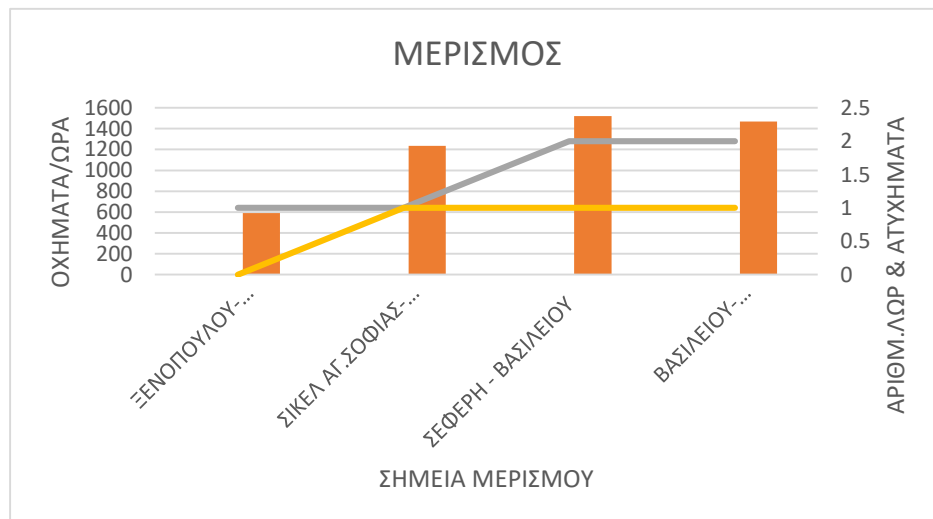
Πίνακας 5.4.1.21: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.



Διάγραμμα 5.4.1.9: Χαρακτηριστικά συμβολής στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας

ΜΕΡΙΣΜΟ				
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΡΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΞΟΔ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΞΕΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΙΚΕΛ ΑΓ.ΣΟΦΙΑΣ	590	1	0	9
ΣΙΚΕΛ ΑΓ.ΣΟΦΙΑΣ- ΣΕΦΕΡΗ	1235	1	1	9
ΣΕΦΕΡΗ - ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	1521	2	1	9
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ-ΣΙΚΕΛΙΑΝΟΥ	1469	2	1	9

Πίνακας 5.4.1.221: Τελικός Πίνακας μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Αγίας Σοφίας.



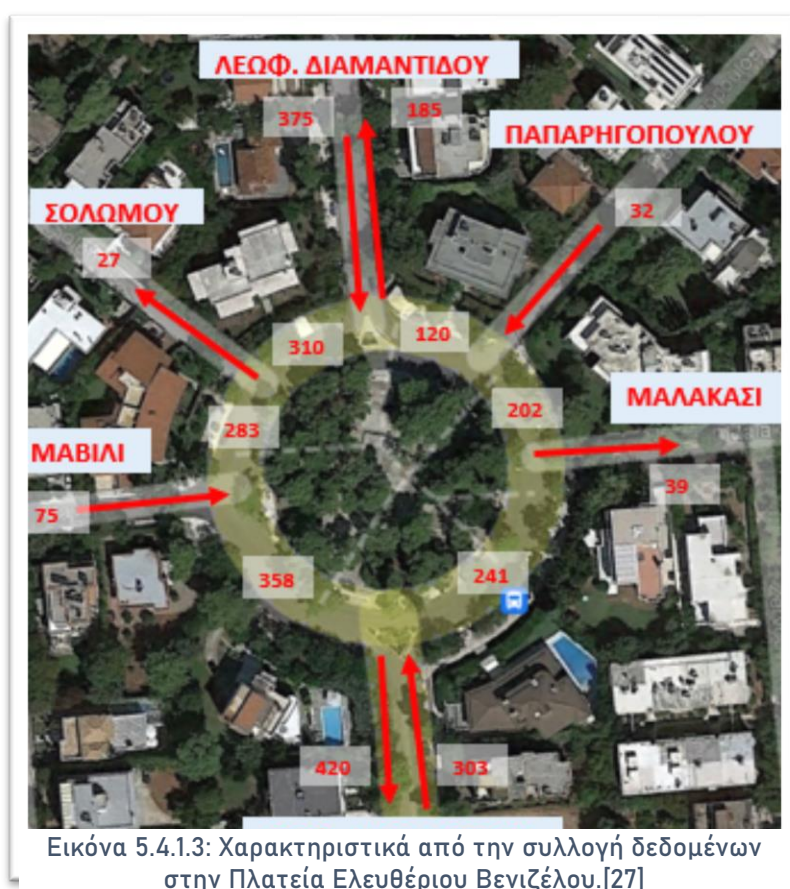
Διάγραμμα 5.4.1.10: Χαρακτηριστικά μερισμού στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Αγίας Σοφίας.

Ολοκληρώνοντας την επεξεργασία των δεδομένων για την πλατεία Αγίας Σοφίας και τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν με την μέχρι στιγμής ανάλυση εισαχθήκαν στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης.

Οι δύο κόμβοι που αναφέρθηκαν πιο πάνω, η πλατεία Μπουρναζίου και η πλατεία Αγίας Σοφίας είναι κυκλική κόμβοι δύο λωρίδων κίνησης. Οι δύο λωρίδες κίνησης στο κυκλικό κόμβο αποτελούν το ένα από τα δύο σενάρια που εξετάζονται. Το δεύτερο σενάριο αποτελεί μια λωρίδα κίνησης. Τα μοντέλα που αποφασίστηκαν να δημιουργηθούν είναι βασισμένα σε αυτά τα δύο σενάρια.

Κυκλικοί κόμβοι μιας λωρίδας στην κυκλική κίνηση:

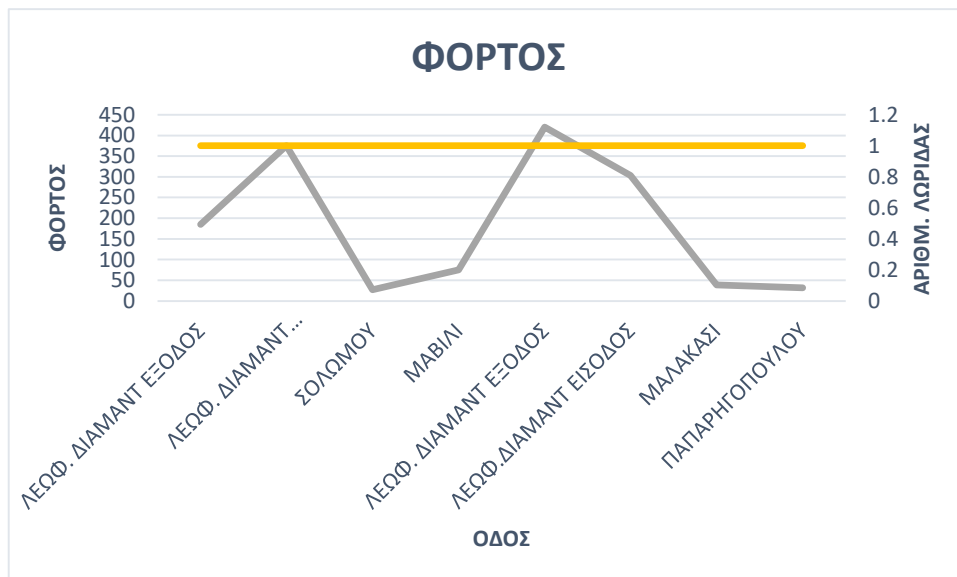
Οι δύο κόμβοι που αξιολογήθηκαν είναι στον Δήμο Παλαιού Ψυχικού. Ο πρώτος κόμβος που θα παραστεί είναι στην Πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου.



Στον κόμβο αυτό παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα οχήματα που εισέρχονται και εξέρχονται είναι από την Λεωφόρο Διαμαντίδου. Είναι ένας από τους κεντρικότερους δρόμους που συνδέει το Νέο Ψυχικό με το Παλαιό Ψυχικό. Είναι μη σηματοδοτούμενος. Επίσης, ένα από τα θετικά στοιχεία που παρατηρήθηκαν είναι ότι δεν σταθμεύουν πολλά οχήματα στον κόμβο αυτό και έτσι δεν δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα στην κυκλοφορία.

ΔΡΟΜΟΙ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ
ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ ΕΞΟΔΟΣ	185	1
ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ ΕΙΣΟΔΟΣ	375	1
ΣΟΛΩΜΟΥ	27	1
ΜΑΒΙΛΙ	75	1
ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ ΕΞΟΔΟΣ	420	1
ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ ΕΙΣΟΔΟΣ	303	1
ΜΑΛΑΚΑΣΙ	39	1
ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ	32	1

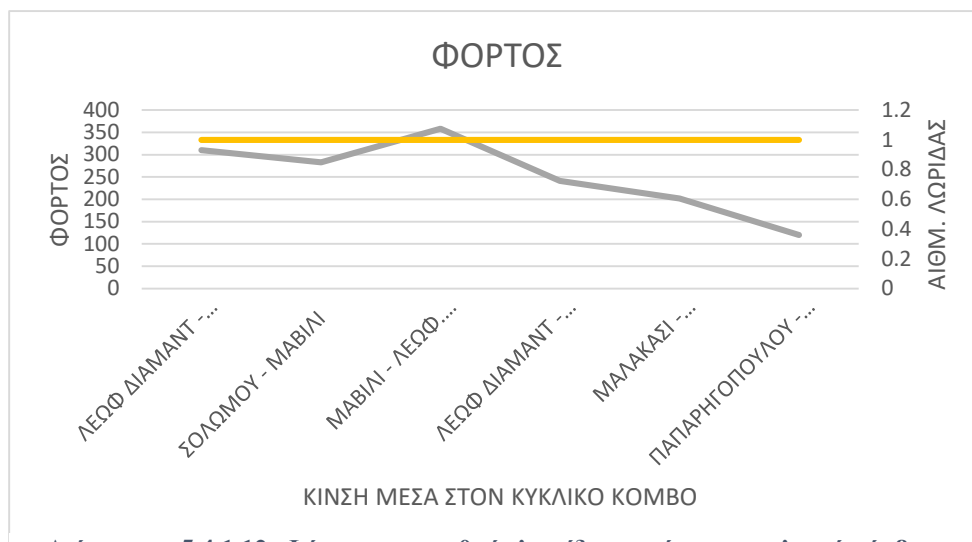
Πίνακας 5.4.1.23: Φόρτος οχημάτων των σκελών του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.



Διάγραμμα 5.4.1.11: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΠΑΧΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (Μ)
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ - ΣΟΛΩΜΟΥ	310	1	11.3
ΣΟΛΩΜΟΥ - ΜΑΒΙΛΙ	283	1	11.5
ΜΑΒΙΛΙ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ	358	1	11.4
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ - ΜΑΛΑΚΑΣΙ	241	1	11.2
ΜΑΛΑΚΑΣΙ - ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ	202	1	11.1
ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ	120	1	11.4
		Μ.Ο	11

Πίνακας 5.4.1.24: Φόρτος οχημάτων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.



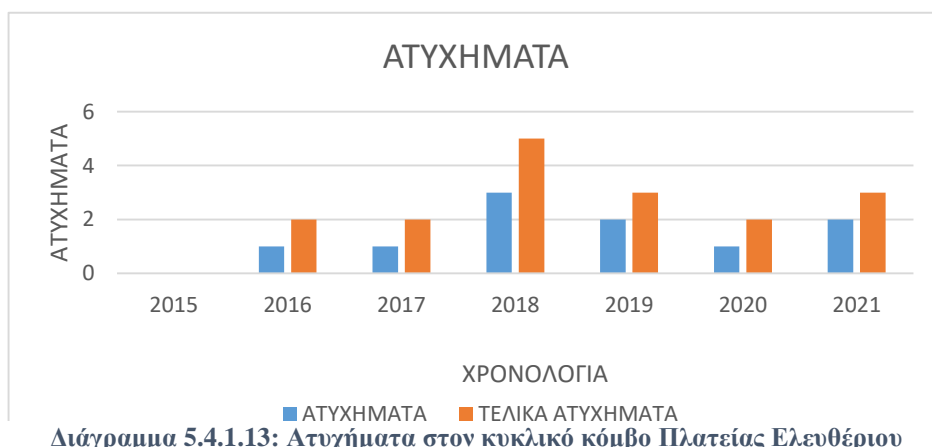
Διάγραμμα 5.4.1.12: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέρου Βενιζέλου.

Έγινε παραδοχή και θεωρήθηκε προσαύξηση στα ατυχήματα κατά 50% υπολογίζοντας ότι υπήρξαν ακόμα 50% των ατυχημάτων που δεν καταγράφηκαν, δηλαδή οι οδηγοί δεν χρειάστηκαν την παρέμβαση της τροχαίας (κατηγοριοποίηση μικρές υλικές ζημιές).

Χρονιά	Ατυχήματα	Προσαύξηση 50%	Τελικά ατυχήματα	M.O
2015	0		0	3
2016	1		2	
2017	1		2	
2018	3		5	
2019	2		3	
2020	1		2	
2021	2		3	

17

Πίνακας 5.4.1.25: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέρου Βενιζέλου.



Διάγραμμα 5.4.1.13: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατείας Ελευθέρου

Με βάση τα ατυχήματα που συλλέχθηκαν παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα ατυχήματα κατηγοριοποιούνται στην συμβολή και όχι στον μερισμό. Έτσι, θεωρήθηκε πως τα ατυχήματα θα κατανεμηθούν στο 70% σε συμβολή και στο 30% σε μερισμό. Το 75% κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα, αλλά επειδή στους κόμβους με μια λωρίδα δεν υπάρχουν οδοί που εισέρχονται και εξέρχονται με δύο λωρίδες η κατανομή γίνεται στο 100%, δεν διαχωρίζονται σε 70 – 30%.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (Μ.Ο 3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ)			
ΣΥΜΒΟΛΗ	70%	2.1	3
ΜΕΡΙΣΜΟΣ	30%	0.9	1

Πίνακας 5.4.1.26: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

Έγινε η κατανομή των ατυχημάτων προς συμβολή και μερισμό και λόγω του ότι δεν βγαίνει ακέραιος αριθμός στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω.

ΣΥΜΒΟΛΗ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	3	100%	1	3

Πίνακας 5.4.1.27: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	1	100%	1	1

Πίνακας 5.4.1.28: Μερισμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

Λόγω του μικρού δείγματος ατυχημάτων που υπάρχει κατά την συμβολή και τον μερισμό τα ατυχήματα που αναλογούν για τις κατηγορίες μιας και δυο λωρίδων οδών κατανεμήθηκαν με βάση τον φόρτο. Το τμήμα της οδού με τον μεγαλύτερο φόρτο φορτίστηκε με τα περισσότερα ατυχήματα και έπειτα το αμέσως επόμενο.

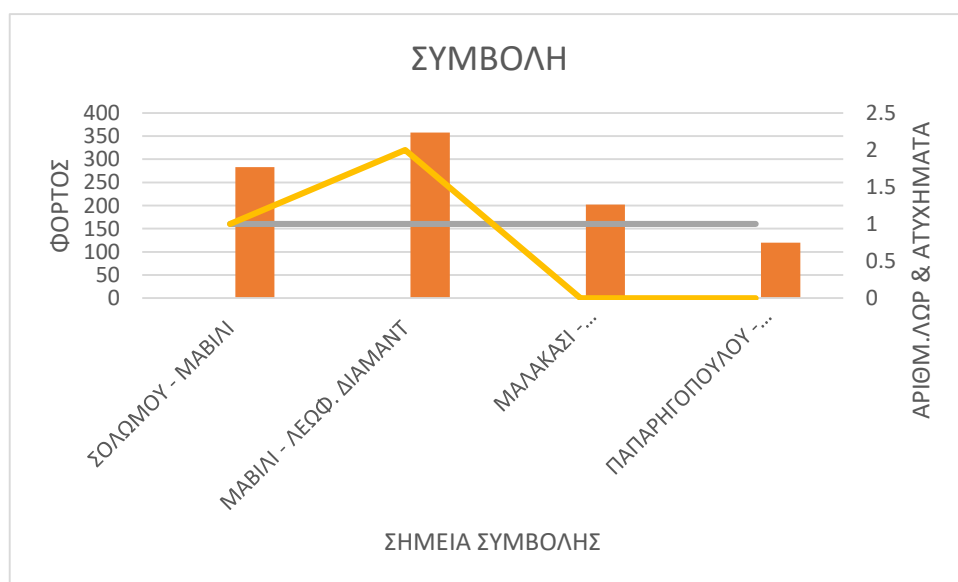
Τελικοί πίνακες που προέκυψαν κατά την συμβολή και μερισμό.

ΣΥΜΒΟΛΗ				
ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΞΟΔ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΣΟΛΩΜΟΥ - ΜΑΒΙΛΙ	283	1	1	11
ΜΑΒΙΛΙ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ	358		2	11
ΜΑΛΑΚΑΣΙ - ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ	202		0	11
ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ - ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ	120		0	11

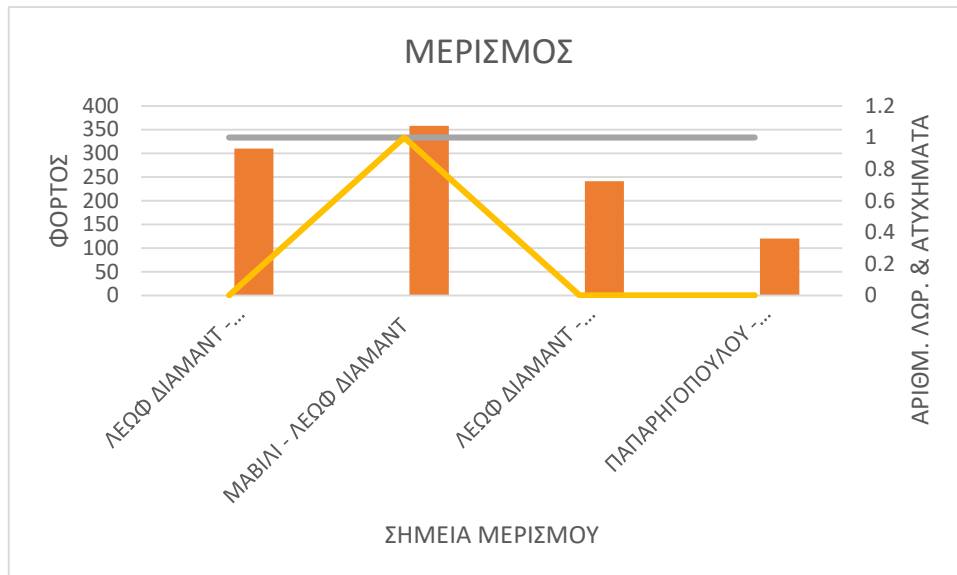
Πίνακας 5.4.1.29: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

ΜΕΡΙΣΜΟ				
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΡΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ. ΕΞΟΔ	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ - ΣΟΛΩΜΟΥ	310	1	0	11
ΜΑΒΙΛΙ - ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ	358		1	11
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤ - ΜΑΛΑΚΑΣΙ	241		0	11
ΠΑΠΑΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤ	120		0	11

Πίνακας 5.4.1.30: Τελικός Πίνακας μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.



Διάγραμμα 5.4.1.14: Χαρακτηριστικά συμβολής του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.



Διάγραμμα 5.4.1.15: : Χαρακτηριστικά μερισμού του κυκλικού κόμβου Πλατείας Ελευθέριου Βενιζέλου.

Ο τελευταίος κόμβος που εξετάστηκε είναι ο κυκλικός κόμβος Α' Βασιλέως Γεωργίου στο Παλαιό Ψυχικό. Είναι κόμβος μίας λωρίδας και μη σηματοδοτούμενος. Επίσης, τα οχήματα δεν σταθμεύουν περιμετρικά του κυκλικού κόμβου. Επί της οδού παρατηρούνται σταθμευμένα οχήματα αλλά δεν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την λειτουργικότητα του κόμβου και δεν δημιουργείται μεγάλη ουρά σε βαθμό προβληματικό.

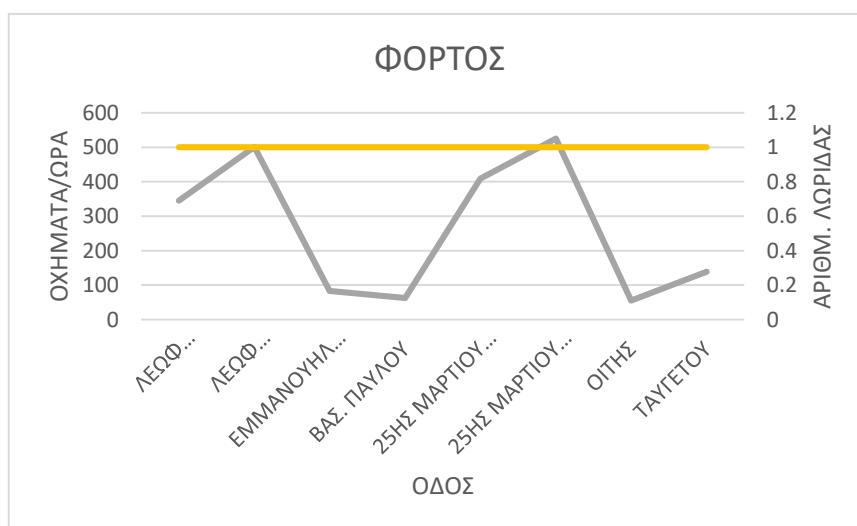


Εικόνα 5.4.1.4: Χαρακτηριστικά από την συλλογή δεδομένων στην Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.[27]

Η λεωφόρος Διαμαντίδου είναι ο δρόμος που φορτίζει τον κόμβο με τα περισσότερα οχήματα. Ακόμη συνδέεται με την πλατεία Ελευθερίου Βενιζέλου όπου αρκετά οχήματα που εισέρχονται στον κόμβο.

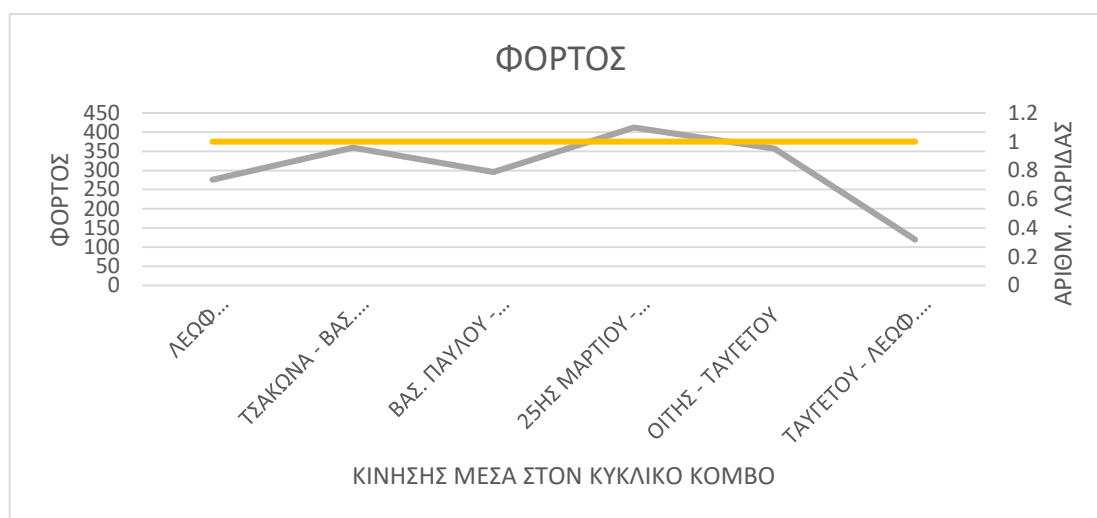
ΔΡΟΜΟΙ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ ΕΞΟΔΟΣ	345	1
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ ΕΙΣΟΔΟΣ	501	1
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΤΣΑΚΩΝΑ	83	1
ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ	63	1
25ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ ΕΞΟΔΟΣ	409	1
25ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ ΕΙΣΟΔΟΣ	525	1
ΟΙΤΗΣ	55	1
ΤΑΥΓΕΤΟΥ	139	1

Πίνακας 5.4.1.31: Φόρτος οχημάτων των σκελών κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.



Διάγραμμα 5.4.1.16: Φόρτος και αριθμός λωρίδων των σκελών στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.

ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ ΣΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΚΟΜΒΟ	ΠΑΧΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ (Μ)
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ - ΤΣΑΚΩΝΑ	276	1	8
ΤΣΑΚΩΝΑ - ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ	359	1	7.9
ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ - 25ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ	296	1	8.1
25ΗΣ ΜΑΡΤΙΟΥ - ΟΙΤΗΣ	412	1	7.7
ΟΙΤΗΣ - ΤΑΥΓΕΤΟΥ	357	1	7.8
ΤΑΥΓΕΤΟΥ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ	120	1	8
		Μ.Ο.	7.9

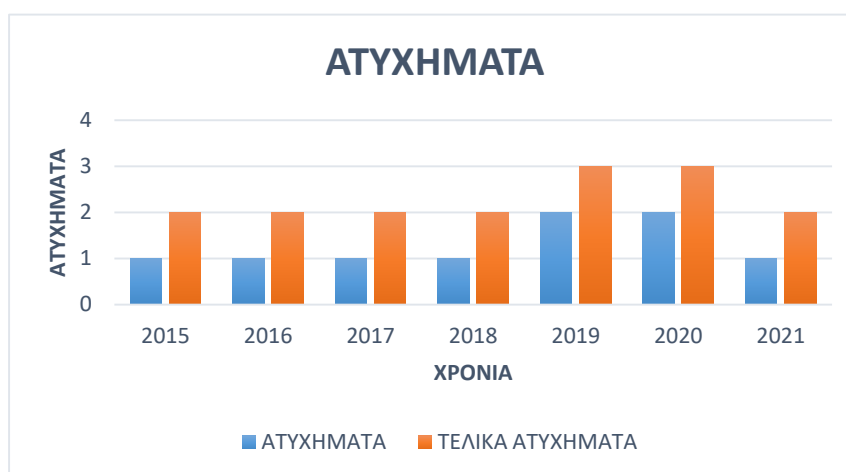


Διάγραμμα 5.4.1.17: Φόρτος και αριθμός λωρίδων εντός του κυκλικού κόμβου Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.

Έγινε παραδοχή και θεωρήθηκε προσαύξηση στα ατυχήματα κατά 50% υπολογίζοντας ότι υπήρξαν ακόμα 50% των ατυχημάτων που δεν καταγράφηκαν, δηλαδή οι οδηγοί δεν χρειάστηκαν την παρέμβαση της τροχαίας (κατηγοριοποίηση μικρές υλικές ζημιές).

Χρονιά	Ατυχήματα	Προσαυξηση 50%	Τελικά ατυχήματα	Μ.Ο
2015	1		2	3
2016	1		2	
2017	1		2	
2018	1		2	
2019	2		3	
2020	2		3	
2021	1		2	
			16	

Πίνακας 5.4.1.32: Ατυχήματα κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.



Διάγραμμα 5.4.1.18: Ατυχήματα στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.

Με βάση τα ατυχήματα που συλλέχθηκαν παρατηρήθηκε ότι τα περισσότερα ατυχήματα κατηγοριοποιούνται στην συμβολή και όχι στον μερισμό. Έτσι, θεωρήθηκε ότι η κατανομή των ατυχημάτων θα γίνει στο 70% σε συμβολή και το 30% σε μερισμό. Το 75% κατανέμεται στις εισόδους και εξόδους δύο λωρίδων και το 25% σε μία λωρίδα, αλλά επειδή στους κόμβους με μια λωρίδα δεν υπάρχουν οδοί που εισέρχονται και εξέρχονται με δύο λωρίδες, η κατανομή γίνεται στο 100%, δεν διαχωρίζονται σε 70 – 30%.

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ (Μ.Ο 3 ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ)			
ΣΥΜΒΟΛΗ	70%	2.1	3
ΜΕΡΙΣΜΟΣ	30%	0.9	1

Πίνακας 5.4.1.332: Κατανομή ατυχημάτων κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.

Έγινε η κατανομή των ατυχημάτων προς συμβολή και μερισμό και λόγω του ότι δεν βγαίνει ακέραιος αριθμός στρογγυλοποιήθηκε προς τα πάνω.

ΣΥΜΒΟΛΗ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	3	100%	1	3

Πίνακας 5.4.1.34: Συμβολή κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.

ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΑΤΥΧ	ΚΑΤΑΝΟΜΗ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΤΕΛ.ΑΤΥΧ
	1	100%	1	1

Πίνακας 5.4.1.35: Μερισμός κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.

Λόγω του μικρού δείγματος ατυχημάτων που υπάρχει κατά την συμβολή και μερισμό, τα ατυχήματα που αναλογούν για τις κατηγορίες μιας και δυο λωρίδων οδών κατανεμήθηκαν με βάση τον φόρτο. Το τμήμα της οδού με τον μεγαλύτερο φόρτο φορτίστηκε με τα περισσότερα ατυχήματα και έπειτα το αμέσως επόμενο.

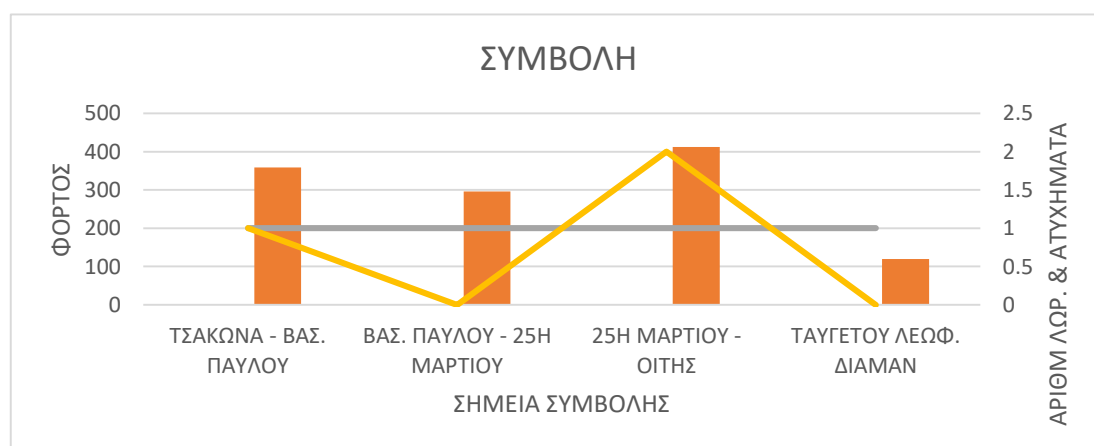
Τελικοί πίνακες που προέκυψαν κατά την συμβολή και μερισμό.

ΣΥΜΒΟΛΗ				
ΣΗΜΕΙΟ ΣΥΜΒΟΛΗΣ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΤΣΑΚΩΝΑ - ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ	359	1	1	7.9
ΒΑΣ. ΠΑΥΛΟΥ - 25Η ΜΑΡΤΙΟΥ	296		0	7.9
25Η ΜΑΡΤΙΟΥ - ΟΙΤΗΣ	412		2	7.9
ΤΑΥΓΕΤΟΥ ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝ	120		0	7.9

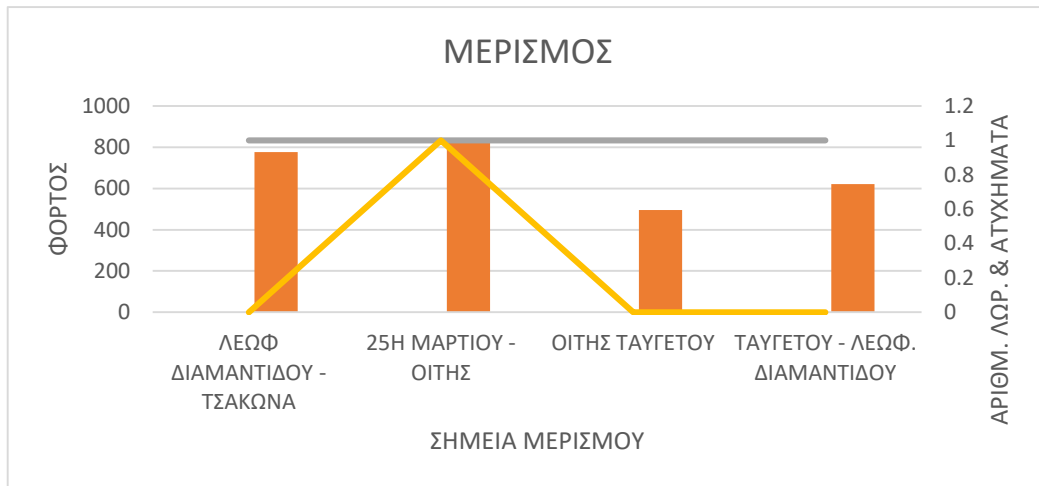
Πίνακας 5.4.1.363: Τελικός Πίνακας συμβολής κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.

ΜΕΡΙΣΜΟΣ				
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΡΙΣΜΟΥ	ΦΟΡΤΟΣ	ΑΡΙΘΜ. ΛΩΡ.	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΟΜΒΟΥ
ΛΕΩΦ ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ - ΤΣΑΚΩΝΑ	777	1	0	7.9
25Η ΜΑΡΤΙΟΥ - ΟΙΤΗΣ	821		1	7.9
ΟΙΤΗΣ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	496		0	7.9
ΤΑΥΓΕΤΟΥ - ΛΕΩΦ. ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΟΥ	621		0	7.9

Πίνακας 5.4.1.37: Τελικός Πίνακας Μερισμού κυκλικού κόμβου Πλατείας Α' Βασιλέως Γεωργίου.



Διάγραμμα 5.4.1.19: Χαρακτηριστικά συμβολής στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου



Διάγραμμα 5.4.1.20: Χαρακτηριστικά μερισμού στον κυκλικό κόμβο Πλατεία Α' Βασιλέως Γεωργίου.

6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή:

Σε αυτή την ενότητα θα επεξηγηθεί αναλυτικά η περιγραφή της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της Διπλωματικής Εργασίας. Επίσης, από την βιβλιογραφική ανασκόπηση διαφόρων ερευνών και από το θεωρητικό υπόβαθρο συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για την επεξεργασία δεδομένων και διαφόρων μεθόδων που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Η καλύτερη μεθοδολογία για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων της εργασίας που χρησιμοποιήθηκε και θα παρουσιαστεί αναλυτικά είναι η γραμμική παλινδρόμηση.

Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας και εξηγείται η διαδικασία ανάπτυξης των βέλτιστων μοντέλων για το δείγμα δεδομένων που υπήρξε. Για την εξαγωγή των βέλτιστων μοντέλων και αφενός των τελικών αποτελεσμάτων ο καθοριστικός παράγοντας που έλαβε μέρος είναι τα κριτήρια αποδοχής των μοντέλων αυτών.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι στην εφαρμογή της μεθοδολογίας δεν αναπτύχθηκε μόνο ένα μοντέλο. Αναπτύχθηκαν αρκετά μοντέλα τα όποια μερικά από αυτά δεν αποδείχτηκαν επαρκή για την εξαγωγή συμπερασμάτων και επομένως τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν βασίστηκαν μόνο στα τελικά μοντέλα που ήταν αποδεκτά.

Τέλος, αναφέρονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν με την υλοποίηση της μεθοδολογίας και η περιγραφή τους σύμφωνα με τη γενική ουσία της έρευνας.

6.2 Διαδικασία ανάπτυξης μοντέλων:

Η βάση δεδομένων που αξιοποιήθηκε στο στατιστικό πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων R – Studio είναι οι τελικοί πίνακες για την συμβολή και τον μερισμό που εξάχθηκαν και αναγράφονται στο προηγούμενο κεφάλαιο με την μορφή αυτή.

Το πρώτο στάδιο που επιτεύχθηκε ήταν η εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα με την σωστή μορφή που απαιτείται έτσι ώστε να μπορεί το λογισμικό αυτό να διαβάσει τα αρχεία που εισήχθησαν. Στη συνέχεια επιλέχθηκε η μέθοδος με την οποία θα γίνει η στατιστική ανάλυση. Η μέθοδος που επιλέχθηκε αρχικά ήταν η γραμμική παλινδρόμηση και στην συνέχεια δοκιμάστηκε και η λογαριθμική παλινδρόμηση έτσι ώστε να εντοπιστούν οι διαφορές στον τρόπο προσέγγισης των δεδομένων. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή της λογαριθμικής παλινδρόμησης δεν ήταν εφικτή, όχι γιατί δεν υπήρχαν αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές αλλά λόγω του μικρού δείγματος των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Οι πίνακες που έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα αυτό είναι οι τελικοί πίνακες που αναγράφονται στο προηγούμενο κεφάλαιο. Χρησιμοποιήθηκαν ως εξαρτημένες μεταβλητές τα ατυχήματα και ως ανεξάρτητες μεταβλητές ο φόρτος, ο αριθμός λωρίδας και το πλάτος λωρίδας. Ο σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι η εξέταση του τρόπου προσέγγισης των μεταβλητών αυτών στα ατυχήματα και αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους.

Αρχικά προτού δημιουργηθούν τα μαθηματικά μοντέλα οι τέσσερις κυκλικοί κόμβοι που εξετάστηκαν χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες, κυκλικοί κόμβοι μίας λωρίδας και κυκλικοί κόμβοι δύο λωρίδων. Στη συνέχεια αποφασίστηκε ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίστηκαν τα δεδομένα.

Για παράδειγμα στην κατηγορία μιας λωρίδας υπάρχουν δύο κυκλικοί κόμβοι και αποφασίστηκε να δημιουργηθούν τρία μαθηματικά μοντέλα:

α) Συμβολή β) Μερισμός γ) Συμβολή και μερισμός μαζί.

Αντίστοιχα δημιουργήθηκαν και για την κατηγορία δύο λωρίδων, για δύο κυκλικούς κόμβους πέντε μαθηματικά μοντέλα. Εφαρμόστηκε η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης και κάνοντας διάφορες δοκιμές έγινε προσπάθεια προσέγγισης του βέλτιστου μοντέλου.

Τέλος, μετά την ολοκλήρωση της φάσης των δοκιμών στα μαθηματικά μοντέλα αποφασίστηκε πια μοντέλα είναι επαρκή και αποδεκτά δηλαδή τηρούν τα απαραίτητα κριτήρια για την σωστή χρήση γραμμικής παλινδρόμησης. Από τα οκτώ μαθηματικά

μοντέλα που δημιουργήθηκαν τα πέντε από αυτά είναι αποδεκτά και τηρούν τα κριτήρια αποδοχής του μοντέλου.

Τα κριτήρια αποδοχής μοντέλου για την γραμμική παλινδρόμηση περιλαμβάνουν:

- Την τιμή p-value όπου για κάθε όρο εξετάζεται η μηδενική υπόθεση, όπου ο συντελεστής είναι ίσος με μηδέν (χωρίς αποτέλεσμα). Όταν η τιμή του p-value είναι χαμηλή δηλαδή $p (<0,05)$, η μηδενική υπόθεση μπορεί να απορριφθεί.
- Για άλλους τομείς τα πρότυπα για μια αξιόπιστη αξιολόγηση του R-Squared μπορούν να είναι αρκετά υψηλότερα, όπως 0.9 ή και παραπάνω. Στα οικονομικά γενικά όταν το R-Squared θεωρείται σε υψηλό επίπεδο συσχέτισης όταν η τιμή του είναι πάνω από 0.7 . Λαμβάνοντας επίσης υπόψιν πως αν η τιμή είναι χαμηλότερη από 0.4 το επίπεδο συσχέτισης είναι χαμηλό. Όταν υπάρξει αρνητική τιμή του R-Squared, τείνει η πρόβλεψη να είναι λιγότερο ακριβής από την μέση τιμή των δεδομένων που καθορίστηκαν με την πάροδο του χρόνου.
- Να υπάρχει γραμμική συσχέτιση.
- Να υπάρχει κανονικότητα πολλαπλών μεταβλητών.
- Να υπάρχει συσχέτιση.

Τα μαθηματικά μοντέλα τηρούσαν τα πιο πάνω κριτήρια, έτσι έχοντας τα τελικά μοντέλα εξάχθηκαν τα τελικά αποτελέσματα και αφενός τα συμπεράσματα μέσα από αυτά τα τελικά αποτελέσματα.

6.3 Αποτελέσματα μαθηματικών μοντέλων που επιλέχθηκαν.

Για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας τα μοντέλα που επιλέχθηκαν είναι:

- Συμβολή μιας λωρίδας.

Call:
lm(formula = SIMVOLI_ONE_LANE\$SIMV_ATIXIMATA1 ~ SIMVOLI_ONE_LANE\$SIMV_FORTOS1,
data = SIMVOLI_ONE_LANE)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.49917	-0.15093	0.08037	0.15375	0.50775

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.983673	0.346292	-2.841	0.0295 *
SIMVOLI_ONE_LANE\$SIMV_FORTOS1	0.006916	0.001202	5.754	0.0012 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3531 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8466, Adjusted R-squared: 0.821
F-statistic: 33.11 on 1 and 6 DF, p-value: 0.0012

- Μερισμός μιας λωρίδας.

Call:
lm(formula = MERISMOS_ONE_LANE\$MERIS_ATIXIMATA1 ~
MERISMOS_ONE_LANE\$MERIS_FORTOS1 +
MERISMOS_ONE_LANE\$Platos_Loridas2, data = MERISMOS_ONE_LANE)

Residuals:

1	2	3	4	5	6	7	8
0.160153	0.007956	0.132133	-0.300242	-0.432463	0.401505	-0.193791	0.224749

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.069057	2.082854	-2.434	0.0591 .
MERISMOS_ONE_LANE\$MERIS_FORTOS1	0.003459	0.001075	3.219	0.0235 *
MERISMOS_ONE_LANE\$Platos_Loridas2	0.402657	0.170658	2.359	0.0648 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3375 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6962, Adjusted R-squared: 0.5747
F-statistic: 5.729 on 2 and 5 DF, p-value: 0.05087

Για κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων τα μοντέλα που επιλέχθηκαν είναι:

- Συμβολή μιας λωρίδας εισόδου.

Call:

```
lm(formula = SIMVOLI_TWO_LANE$SIMV_ATIXIMATA1 ~ SIMVOLI_TWO_LANE$SIMV_FORTOS1 +
SIMVOLI_TWO_LANE$PLATOS_LORIDAS1, data = SIMVOLI_TWO_LANE)
```

Residuals:

1	2	3	4	5	6
0.06917	-0.12138	0.10909	-0.05689	0.06578	-0.06578

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.8868571	0.3867231	2.293	0.10564
SIMVOLI_TWO_LANE\$SIMV_FORTOS1	0.0014658	0.0001603	9.142	0.00277 **
SIMVOLI_TWO_LANE\$PLATOS_LORIDAS1	-0.2019380	0.0370319	-5.453	0.01211 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1202 on 3 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9675, Adjusted R-squared: 0.9459

F-statistic: 44.68 on 2 and 3 DF, p-value: 0.005854

- Μερισμός δύο λωρίδων.

Call:

```
lm(formula = MERISMOS_TWO_LANE$MERIS_ATIXIMATA2 ~ MERISMOS_TWO_LANE$MERIS_FORTOS2,
data = MERISMOS_TWO_LANE)
```

Residuals:

1	2	3	4
-0.18212	-0.07830	0.07977	0.18065

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.0304214	0.6784851	-2.993	0.0959
.MERISMOS_TWO_LANE\$MERIS_FORTOS2	.0019399	0.0004683	4.142	0.0536 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1979 on 2 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8956, Adjusted R-squared: 0.8434

F-statistic: 17.16 on 1 and 2 DF, p-value: 0.05364

- Συνολικό μοντέλο συμβολής και μερισμού.

Call:

lm(formula = TOTAL_TWO_LANE\$ATIXIMATA ~ TOTAL_TWO_LANE\$FORTOS +
TOTAL_TWO_LANE\$PLATOS_LORIDAS, data = TOTAL_TWO_LANE)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.33783	-0.24949	-0.09576	0.09194	0.93900

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.3438668	0.6918742	0.497	0.6264
TOTAL_TWO_LANE\$FORTOS	0.0015357	0.0002502	6.139	1.89e-05 ***
TOTAL_TWO_LANE\$PLATOS_LORIDAS	-0.1490982	0.0592848	-2.515	0.0238 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3741 on 15 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7376, Adjusted R-squared: 0.7026

F-statistic: 21.08 on 2 and 15 DF, p-value: 4.393e-05

Αυτά είναι τα τελικά αποτελέσματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση που υλοποιήθηκε και τα πέντε μαθηματικά μοντέλα που επιλέχθηκαν. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά εξάχθηκαν τα τελικά συμπεράσματα.

- Οι τελικοί συνοπτικοί πίνακες για τις δύο κατηγορίες συμπεριλαμβάνουν και την γραμμική εξίσωση που δημιουργήθηκε. Με βάση τους πίνακες αυτούς μπορούν να γίνουν προβλέψεις για τον δείκτη ατυχημάτων βασισμένες στα μεγέθη που έλαβαν μέρος έτσι ώστε να είναι αποδεκτό το μαθηματικό μοντέλο.

➤ Για κυκλικό κόμβο μιας λωρίδας:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	INTERCEPT	R - SQUARED	P - VALUE	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΑΤΟΥΣ ΛΩΡΙΔΑΣ
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.983673	0.821	0.0012	0.006916	-
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	-5.069057	0.5747	0.05087	0.0012159	0.402657
	EQUATION				
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ATIXIMATA = (-0.983673) + 0.006916 * (FORTOS)				
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ATIXIMATA = -5.069057 + 0.003459*(FORTOS) + 0.402657 * (PLATOS LORIDAS)				

Πίνακας 6.3.1: Τελικά αποτελέσματα που εξάχθηκαν από στατιστική επεξεργασία δεδομένων για κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας.

CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ)ΣΥΜΒΟΛΗ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΜΕΡΙΣΜΟΣ	
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.9201025	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.598302
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.25

Πίνακας 6.3.2:Συσχέτιση κυκλικού κόμβου μιας λωρίδας.

➤ Για κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	INTERCEPT	R – SQUARED	P - VALUE	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΤΟΥ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΑΤΟΥΣ ΛΩΡΙΔΑΣ
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	0.8868571	0.9459	0.005854	0.0014658	-0.201938
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ	-2.0304214	0.8434	0.05364	0.0019399	-
ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	0.3438668	0.7026	4.393*e^-0.5	0.0015357	-0.1490982
EQUATION					
ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = 0.8868571 + 0.0014658 * (FORTOS) + (-0.2019380)*PLATOS LORIDAS				
ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = (-2.0304214) + 0.0019399 * (FORTOS)				
ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	ΑΤΙΧΙΜΑΤΑ = (0.3438668) + 0.0015357 * (FORTOS) + (-0.1490982)*PLATOS LORIDAS				

Πίνακας 6.3.3:Τελικά αποτελέσματα που εξήχθησαν από στατιστική επεξεργασία δεδομένων για κυκλικό κόμβο δύο λωρίδων.

CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ)ΣΥΜΒΟΛΗ 1 ΛΩΡΙΔΑΣ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΜΕΡΙΣΜΟΣ 2 ΛΩΡΙΔΩΝ		CORELLATION (ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ) ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΜΕΡΙΣΜΟΣ	
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.8034595	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	NA	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΦΟΡΤΟ	0.791764
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.25	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-	ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ - ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	-0.27951

Πίνακας 6.3.4: Συσχέτιση κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων.

7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμπεράσματα:

Για κυκλικούς κόμβους μίας λωρίδας τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν είναι τα εξής:

- Όσον αφορά τον μερισμό μίας λωρίδας από τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν παρατηρήθηκε ότι ο δείκτης ατυχημάτων επηρεάζεται από τον φόρτο και το πλάτος λωρίδας. Άρα από την έρευνα που έγινε, εξακριβώθηκε πως η αύξηση του πλάτους λωρίδας συμβάλει και στην αύξηση των ατυχημάτων στους κυκλικούς κόμβους. Αυτό συμβαίνει κυρίως κατά τον μερισμό, δηλαδή όταν ένα όχημα εξέρχεται του κυκλικού κόμβου και ένα άλλο όχημα συνεχίζει την πορεία του εντός, λόγω του αυξημένου πλάτους της λωρίδας μπορεί να υπάρξει πλέξη των οχημάτων αυτών. Τα οχήματα αυτά λόγω του αυξημένου πλάτους λωρίδας καμιά φορά τείνουν να εμπλακούν σε ατύχημα.
- Για την συμβολή μιας λωρίδας παρατηρήθηκε ότι τα ατυχήματα εξαρτώνται από τον φόρτο. Το γεγονός ότι υπάρχει συσχέτιση στην περιοχή της συμβολής είναι λόγω του μικρού δείγματος δεδομένων που συλλέχθηκε. Αξίζει να σημειωθεί πως το μοντέλο αυτό θα μπορούσε να απορριφθεί γιατί η τιμή $P - value < 0.05$ αλλά δεν απορρίφθηκε λόγω ικανοποιητικής συσχέτισης που έδειξε να έχει με τον φόρτο.
- Όσο αυξάνεται ο φόρτος αυξάνεται και ο δείκτης ατυχημάτων.
- Κατά τον μερισμό η αύξηση του πλάτους λωρίδας έδειξε και αύξηση των ατυχημάτων. Στα οχήματα κατά την έξοδο από τον κυκλικό κόμβο με αυξημένο πλάτος λωρίδας υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα από ένα άλλο όχημα να εισέλθει

στην ίδια λωρίδα και να δημιουργηθεί πλέξη που τείνει στην αύξηση πιθανότητας ατυχήματος.

- Τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από τα μοντέλα που αφορούν κυρίως στον φόρτο είναι ικανοποιητικά, αλλά ενδέχεται περεταίρω μελέτη γιατί οι κόμβοι που εξετάστηκαν είναι λίγοι (τέσσερις).
- Στην παρούσα έρευνα υπήρξε πρόβλημα με το δείγμα των δεδομένων που συλλέχθηκε από την τροχαία λόγω του μικρού αριθμού. Τα πλείστα καταγεγραμμένα ατυχήματα που συλλέχθηκαν από την τροχαία αφορούσαν υλικές ζημιές αλλά υπήρξαν και περιπτώσεις ατυχημάτων που δεν καταγράφηκαν γιατί δεν ειδοποιήθηκε η τροχαία.

Για κυκλικούς κόμβους δύο λωρίδων τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν είναι τα εξής:

- Στην περίπτωση του κυκλικού κόμβου δύο λωρίδων εξάχθηκαν καλύτερα μοντέλα σε σχέση με τα μοντέλα που προέκυψαν από κυκλικό κόμβο μίας λωρίδας λόγω του μεγαλύτερου δείγματος δεδομένων που συλλέχθηκε.
- Κατά την συμβολή μίας λωρίδας το μοντέλο που προέκυψε ήταν αποδεκτό ενώ κατά την συμβολή δύο λωρίδων δεν ήταν αποδεκτό το μοντέλο έτσι απορρίφθηκε.
- Στην περίπτωση μερισμού δύο λωρίδων όπου δηλαδή υπάρχουν δύο λωρίδες κατά την έξοδο, ο φόρτος επηρεάζει αρνητικά. Όσον μεγαλύτερος είναι ο φόρτος τόσο περισσότερα και τα ατυχήματα. Συστήνεται να υπάρχει μερισμός μίας λωρίδας δηλαδή μια λωρίδα κατά την έξοδο και όχι δύο λωρίδες που έδειξαν να προκαλούν περισσότερα ατυχήματα. Αυτό εισηγείται και από τους γερμανικούς κανονισμούς.
- Κατά την συμβολή και μερισμό παρατηρήθηκε αρκετά καλή συσχέτιση του φόρτου και του πλάτους λωρίδας με τον δείκτη ατυχημάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με την αύξηση του φόρτου αυξάνονται τα ατυχήματα. Επίσης, με την μείωση του πλάτους λωρίδας τα ατυχήματα μειώνονται εφόσον περιορίζεται η πλέξη.

7.2 Μελλοντικές προτάσεις

Με βάση τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν από τα τελικά αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν και οι μελλοντικές προτάσεις.

- Για την βελτίωση της συλλογής δεδομένων των ατυχημάτων από την τροχαία συστήνεται μια καλύτερη συνεργασία μεταξύ της τροχαίας και των ασφαλιστικών εταιριών, έτσι ώστε να υπάρχει μια πλήρης καταγραφή των ατυχημάτων. Δηλαδή, χρήση μιας κοινής βάσης δεδομένων για να μπορεί η τροχαία να ενημερώνεται για τα ατυχήματα που προέκυψαν και δεν χρειάστηκε η παρέμβαση της.
- Να ληφθούν μέτρα μείωσης ταχύτητας στην αρχή του κυκλικού κόμβου, ούτως ώστε τα ατυχήματα που συμβαίνουν να αφορούν μόνο υλικές ζημιές χωρίς σοβαρότερες επιπτώσεις.
- Συνιστάται κατά τον μερισμό να υπάρχει μια λωρίδα εξόδου γιατί στατιστικά αποδείχτηκε πως με αυτό τον τρόπο ο αριθμός των ατυχημάτων είναι μικρότερος.
- Η στάθμευση κατά την είσοδο, έξοδο και εντός του κυκλικού κόμβου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην λειτουργικότητα του κόμβου, άρα και την αύξηση των ατυχημάτων. Η δημιουργία ειδικών χώρων στάθμευσης στους κόμβους αλλά και η τοποθέτηση μικρών πλαστικών πασσάλων προς αποφυγή της στάθμευσης θα ωφελήσει στην ροή του κυκλικού κόμβου και επομένως στην μείωση των ατυχημάτων.

8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Al-Madani, H., 2011. A Model to Predict Capacity of Multi-Lane Roundabouts under high Demand Flows in Bahrain. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 6(1), pp.21-33.
2. Kim, S. and Choi, J., 2013. Safety analysis of roundabout designs based on geometric and speed characteristics. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(6), pp.1446-1454.
3. Kamla, J., Parry, T. and Dawson, A., 2016. Roundabout Accident Prediction Model: Random-Parameter Negative Binomial Approach. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2585(1), pp.11-19.
4. Park, J., Abdel-Aty, M., Lee, J. and Lee, C., 2015. Developing crash modification functions to assess safety effects of adding bike lanes for urban arterials with different roadway and socio-economic characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 74, pp.179-191.
5. Wood, J., Donnell, E. and Porter, R., 2015. Comparison of safety effect estimates obtained from empirical Bayes before–after study, propensity scores-potential outcomes framework, and regression model with cross-sectional data. *Accident Analysis & Prevention*, 75, pp.144-154.
6. Elvik, R., 2011. Developing an accident modification function for speed enforcement. *Safety Science*, 49(6), pp.920-925.

7. Sacchi, E., Sayed, T. and El-Basyouny, K., 2014. Collision modification functions: Incorporating changes over time. *Accident Analysis & Prevention*, 70, pp.46-54.
8. Al-Marafi, M., Somasundaraswaran, K. and Ayers, R., 2020. Developing crash modification factors for roundabouts using a cross-sectional method. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(3), pp.362-374.
9. Montella, A., Turner, S., Chiaradonna, S. and Aldridge, D., 2012. Proposals for Improvement of the Italian Roundabout Geometric Design Standard. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 53, pp.189-202.
10. Persaud, B., Retting, R., Garder, P. and Lord, D., 2001. Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States: Empirical Bayes Observational Before-After Study. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1751(1), pp.1-8.
11. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2019. Safety and Operational Performance of Roundabouts. 8(6S3), pp.198-203.
12. Giuffre', O. and Granà, A., 2012. Understanding Safety-Related Issues for Pedestrians at Modern Roundabouts. *Journal of Sustainable Development*, 5(4).
13. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2019. Safety and Operational Performance of Roundabouts. 8(6S3), pp.198-203.
14. Srinivasan, R., Haas, P., Dhakar, N., Hormel, R., Torbic, D. and Harwood, D., (2011), Development and Calibration of Highway Safety Manual Equations for Florida Conditions. Florida Department of Transportation
15. Persaud, B., Retting, R., Garder, P. and Lord, D., 2001. Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States: Empirical Bayes

Observational Before-After Study. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1751(1), pp.1-8.

16. Maycock, G. and R. D. Hall. Accidents at 4-Arm Roundabouts. Report LR 1120. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1984
17. Arndt, O. K. Relationship Between Roundabout Geometry and Accident Rates. M.E. thesis. Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland, Australia, June 1994
18. Brüde, U., and J. Larsson. What Roundabout Design Provides the Highest Possible Safety? In Nordic Road and Transport Research ,No. 2. Swedish National Road and Transport Research Institute, 2000.
19. Chiu), Y., 2016. R for Data Science Cookbook. Birmingham: Packt Publishing, Limited.
20. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι., (1994). “Οδική Ασφάλεια”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
21. Κοκκολάκης Γ., Σπηλιώτης Ι. (2008). “Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική με Εφαρμογές”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2010.
22. ΕΛ.ΣΤΑΤ. – Ελληνική Στατιστική Αρχή. <http://www.statistics.gr/>
23. Λογαριθμική Κανονική Παλινδρόμηση (log- linear regression) <https://methods.sagepub.com/book/learning-statistics-using-r/i2891.xm>
24. Κατανομή και Παλινδρόμηση Poisson (Poisson regression) <https://towardsdatascience.com/the-poisson-distribution-and-poisson-process-explained-4e2cb17d459>

25. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γκόλιας Ι., (2009). “Κυκλοφοριακή Τεχνική”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
26. Google Maps. <https://maps.google.com/>
27. Google Earth: <https://earth.google.com/>
28. Photoshop: https://www.adobe.com/cy_en/products/photoshop.html
29. Rodegerdts, L., 2007. Roundabouts in the United States. Washington, D.C: Transportation Research Board.
30. Crown, R. B. Entryway Roundabout: Review of Operation and Safety. Report to City of Clearwater, FL, 2000.
31. Ferguson, E., Bonneson, J., Rodegerdts, L., Foster, N., Persaud, B., Lyon, C. and Rhoades, D., 2019. Development of roundabout crash prediction models and methods.
32. Τακαβακίδου Β.,2019. Μελέτη κυκλικού κόμβου.
33. Κοκκόλης Σ.,2017. Σχεδιασμός νησίδων προσαρμογής σε κυκλικό κόμβο.
34. Abdullah Ayed F. Alqahtani., 2019. Comparative analysis of roundabout capacity.
35. Yi He., 2017. Safety effectiveness analysis of roundabout in Louisiana.
36. Δημήτρης Ν., 2012. Γεωμετρικός σχεδιασμός ισόπεδων κυκλικών κόμβων,
37. Mauro, R., Cattani, M. and Guerrieri, M., 2015. Evaluation of the safety performance of turbo roundabouts by means of a potential accident rate model. The Baltic journal of road and bridge engineering, 10(1), pp.28-38.

38. Ευαγγελία Μόσχους., 2018. Αξιολόγηση ασφαλείας κατά την κίνηση σε έναν κυκλικό κόμβο.
39. Περπίνια, Μ., 2017. Εκτίμηση της αντίληψης των οδηγών για τη λειτουργία και την ποιότητα εξυπηρέτησης αστικών και περαστικών ισόπεδων κυκλικών κόμβων. [online] Available at: <<http://ikee.lib.auth.gr/record/295033/files/GRI-2017-20571.pdf>>
40. Παπαδιώτα Ι., 2012. Σχεδιασμός και αξιολόγηση ισόπεδων κόμβων.
41. Tollazzi, T., Renčelj, M. and Turnšek, S., 2012. New Type of Roundabout: Roundabout with “Depressed” Lanes for Right Turning – “Flower Roundabout”. PROMET – Traffic & Transportation, 23(5), pp.353-358.