



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Διπλωματική Εργασία

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΒΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΟΔΗΓΩΝ ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ ΜΕ ΦΩΤΕΙΝΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Κατωπόδης Μάριος

Επίβλεψη: Σπυροπούλου Ιωάννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ  
ΤΕΧΝΙΚΗΣ



Αθήνα, 2021



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF  
ATHENS**

**SCHOOL OF RURAL, SURVEING AND  
GEOINFORMATICS ENGINEERING**

DEP. OF INFRASTRUCTURE AND RURAL DEVELOPMENT

Diploma Thesis

**INVESTIGATION OF THE CONTRIBUTORY FACTOR OF RED LIGHT  
VIOLATION AT URBAN INTERSECTIONS**

Katopodis Marios

Supervisor: Spyropoulou Ioanna, Associate Professor NTUA

**LABORATORY OF  
TRANSPORTATION ENGINEERING**



**Athens, 2021**

## Πρόλογος

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κα Ιωάννα Σπυροπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια Τομέα Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης, για την ανάθεση της εργασίας και τη συνεχόμενη και ουσιώδη βοήθεια που παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.*

*Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου που ήταν δίπλα μου, αλλά και με στήριζαν σε όλη την πορεία των φοιτητικών μου χρόνων.*

*Μάριος Κατωπόδης*

*Αθήνα, 2021*

*ΔΗΛΩΣΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ*

*Δηλώνω ότι η διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί στο σύνολο της δική μου εργασία, και κανένα τμήμα της δεν έχει χρησιμοποιηθεί για την κτήση άλλου τίτλου σπουδών. Όπου έχει χρησιμοποιηθεί υλικό από άλλες πηγές, αυτές έχουν αναφερθεί με ακρίβεια και πληρότητα.*

*Κατωπόδης Μάριος*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στον προσδιορισμό των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των οδηγών που παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη σε αστικούς κόμβους. Για τον σκοπό αυτό διεξήχθη έρευνα πεδίου μέσω παρατηρήσεων σε δύο κόμβους στην περιοχή του Πειραιά. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 15 ώρες παρατηρήσεων στους δύο κόμβους, στις οποίες καταγράφηκαν 740 οδηγοί εκ των οποίων οι 309 είχαν παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ενώ 331 δεν υπέπεσαν σε παράβαση παρόλο που είχαν αυτή τη δυνατότητα. Κατά την διάρκεια των μετρήσεων καταγράφηκαν μια σειρά από παραμέτρους που θεωρήθηκε ότι μπορεί να επηρεάζουν την απόφαση του οδηγού. Οι παράμετροι αυτοί επιλέχθηκαν με βάση αντίστοιχες διεθνείς έρευνες, και διαχωρίζονται σε παραμέτρους που αφορούν το οδικό δίκτυο, τις επικρατούσες συνθήκες κυκλοφορίας αλλά και χαρακτηριστικά του οδηγού. Η μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με καταγραφές παρατηρητή και βιντεοκάμερας. Την καταγραφή των μετρήσεων ακολούθησε η επεξεργασία και στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν μέσω του μοντέλου logit. Συγκεντρωτικά σχεδιάστηκαν 3 μοντέλα που παρουσιάζουν τη συμπεριφορά του συνόλου του δείγματος, ενώ σχεδιάστηκαν μοντέλα και για τους υπο-πληθυσμούς των οδηγών που αφορούν τις επιμέρους προσβάσεις των κόμβων για να προσδιοριστεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους. Συνολικά, τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι οι νεότεροι σε ηλικία οδηγοί είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ενώ αντίθετα το φύλο του οδηγού δεν φαίνεται να έχει κάποια επίδραση. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των μοντέλων υποδεικνύουν ότι οι οδηγοί που κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ενώ εκείνοι που κατευθύνονται είτε δεξιά είτε αριστερά είναι πιο επιρρεπής σε παράβαση. Τέλος, η παρουσία πεζών στον κόμβο αποθαρρύνει τους οδηγούς να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ενώ σημειώθηκαν και διαφορές στην οδική συμπεριφορά των οδηγών ανάλογα τον τύπο οχήματος, με τα δίκυκλα να είναι πιο επιρρεπή στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.

## ABSTRACT

The present thesis aims to determine the parameters that affect the behavior of drivers committing red light violations at urban intersections. For this purpose, a field survey was conducted through observations on two intersections in the area of Piraeus. A total of 15 hours of observations were made at these intersections resulting in a sample size of 740 drivers in total. 309 drivers had violated the red light, while 331 had not, even though they had the opportunity to do so. Within the field study, a number of parameters were recorded that were considered to be influential considering drivers' behaviour. These parameters were selected based on the findings of a literature review on a substantial number of international research papers. The reported parameters were classified in 3 categories: a) parameters concerning the road network, b) parameters concerning traffic conditions, and c) parameters concerning the driver's characteristics. The measurements were conducted through observations from an observer, while video recordings were also performed. Data collection was followed by statistical analysis of the data through the logit model. Three models were designed representing the behaviour of the whole sample, while additional models were also designed for each distinct approach in order to identify potential differences between them. Overall, the results indicate that younger drivers are more likely to violate the red light, while on the contrary driver gender does not seem to have any effect. Moreover, drivers who tend to drive at higher speeds are more likely to violate the red light, while turn right or left at the junction are more prone to violate the red light. Finally, the presence of pedestrians at the intersections discourages drivers from violating the red light, while differences in driver behaviour were identified considering different vehicle types, with motorcycles being more prone to red light violations.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 9 -
2.ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	- 11 -
2.1 Εισαγωγή .....	- 11 -
2.2 Παραβατική συμπεριφορά οδηγών .....	- 11 -
2.3 Παράμετροι που επιδρούν στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη ..	- 14 -
2.4 Μέτρα αντιμετώπισης της παραβατικής συμπεριφοράς στους φωτεινούς σηματοδότες.....	- 31 -
3.ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ.....	- 33 -
3.1 Εισαγωγή .....	- 33 -
3.2 Επιλογή κόμβων μελέτης.....	- 33 -
3.2.1 Πέτρου Ράλλη-Ηφαίστου.....	- 34 -
3.2.2 Αγίου Δημητρίου-Αγχιάλου.....	- 36 -
3.3 Συλλογή δεδομένων - Εξοπλισμός συλλογής δεδομένων.....	- 38 -
3.3.1 Συλλογή δεδομένων μέσω βιντεοκάμερας.....	- 38 -
3.3.2 Συλλογή δεδομένων μέσω παρατηρήσεων .....	- 41 -
3.4 Παράμετροι έρευνας .....	- 42 -
3.4.1 Ύπαρξη συνεπιβατών .....	- 43 -
3.4.2 Φύλο και ηλικία οδηγού.....	- 44 -
3.4.3 Κατηγορία οχήματος.....	- 44 -
3.4.4 Λωρίδα κυκλοφορίας .....	- 45 -
3.4.5 Κατεύθυνση οχήματος .....	- 46 -
3.4.6 Ταχύτητα οχήματος.....	- 47 -
3.4.7 Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας .....	- 47 -
3.4.8 Διάρκεια κόκκινης και πράσινης ένδειξης φωτεινού σηματοδότη .....	- 48 -
3.4.9 Χρήση κινητού τηλεφώνου.....	- 48 -
3.4.10 Ύπαρξη πεζών.....	- 48 -
3.4.11 Ύπαρξη παραβατών .....	- 48 -
3.4.12 Κυκλοφοριακός φόρτος .....	- 48 -
3.4.13 Χρόνος που μεσολάβησε μετά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη .....	- 49 -
3.4.14 Ημέρα και ώρα.....	- 49 -
3.5 Πραγματοποίηση έρευνας πεδίου .....	- 49 -
3.5.1 Δοκιμαστικές μετρήσεις.....	- 49 -

3.5.2	Πραγματοποίηση μετρήσεων .....	- 49 -
3.6	Χαρακτηριστικά δείγματος – Αθροιστική ανάλυση .....	- 50 -
4.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	- 59 -
4.1	Εισαγωγή .....	- 59 -
4.2	Μοντέλα διακριτών επιλογών.....	- 59 -
4.2.1.	Μοντέλο logit.....	- 60 -
4.2.3.	Μοντέλο probit .....	- 61 -
4.3	Ανάλυση αποτελεσμάτων .....	- 61 -
4.3.1	Καταγραφή δεδομένων και η αποκωδικοποίησή τους.....	- 61 -
4.3.2	H R και το περιβάλλον της .....	- 64 -
4.3.3	Παράδειγμα διαδικασία ανάλυσης δεδομένων στην R.....	- 65 -
4.3.3	Ανάλυση μοντέλων .....	- 66 -
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	- 78 -
5.1	Εισαγωγή .....	- 78 -
5.2	Περιορισμοί έρευνας.....	- 78 -
5.3	Συμπεράσματα έρευνας .....	- 78 -
5.4	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	- 80 -



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρκετές ζωές σε όλη την υφήλιο χάνονται σε οδικά ατυχήματα που οφείλονται σε παραβιάσεις του κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Μια από τις σημαντικότερες παραβιάσεις του κώδικα οδικής κυκλοφορίας που μπορεί να οδηγήσει οδικά ατυχήματα είναι η παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Ένας οδηγός παραβιάζει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη όταν διασχίζει τον κόμβο ενώ ο φωτεινός σηματοδότης είναι κόκκινος. Είναι κρίσιμο, λοιπόν, να διερευνηθούν τα αίτια και οι παράμετροι επιρροής που μπορεί να οδηγήσουν σε μια τέτοια παραβίαση ώστε να σχεδιαστούν κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης για τον περιορισμό των ανεπιθύμητων επιπτώσεων που πέρα από σωματικές και ψυχικές, είναι και οικονομικές. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην έρευνα των παραμέτρων επιρροής που συσχετίζονται με την παραβατική συμπεριφορά των οδηγών στους φωτεινούς σηματοδότες σε αστικές περιοχές.

Η διπλωματική εργασία είναι σημαντικό να είναι σωστά δομημένη και ευανάγνωστη ώστε να μπορεί να την ακολουθήσει ο αναγνώστης. Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιείται ανάλυση αντίστοιχων διεθνών ερευνών που έχουν εκπονηθεί από ερευνητές. Το κεφάλαιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς βοήθησε στον εμπλουτισμό των γνώσεων και στην ευκαιρία να δημιουργηθούν νέες ιδέες για θέματα που αφορούσαν τη διπλωματική εργασία και την έρευνα. Αρχικά αναπτύσσεται μια σειρά από παραβατικές συμπεριφορές οδηγών όσον αφορά την παραβίαση του κώδικα οδικής κυκλοφορίας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η ανάλυση των αντίστοιχων ερευνών που έχουν εκπονηθεί και αφορούσαν την παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Τέλος, γίνεται αναφορά σε μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου αυτού, όπως αυτά τα έχουν διατυπωθεί σε αντίστοιχες έρευνες.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εκτενής ανάλυση της διαδικασίας των μετρήσεων στο πεδίο. Πιο συγκεκριμένα στην αρχή του κεφαλαίου αναλύονται τα κριτήρια με τα οποία πραγματοποιήθηκε η επιλογή των κόμβων μελέτης, καθώς επίσης περιγράφονται και οι κόμβοι που επιλέχθηκαν. Στη συνέχεια αναφέρεται ο τρόπος συλλογής των δεδομένων, καθώς και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξή του. Έπειτα πραγματοποιείται ανάλυση των παραμέτρων που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τέλος, ο παρουσιάζεται μία αρχική ανάλυση του δείγματος που συλλέχθηκε από τις μετρήσεις στο πεδίο, καθώς επίσης και διαγράμματα που αναπαριστούν κάποιες σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις μετρήσεις. Αρχικά πραγματοποιείται μια αναφορά στο μαθηματικό μοντέλο logit που χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων αλλά και της οικογένειας που ανήκει, δηλαδή των μοντέλων διακριτών επιλογών. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην R και το περιβάλλον της όπου πραγματοποιήθηκαν οι στατιστικές αναλύσεις των δεδομένων. Τέλος, πραγματοποιείται η παρουσίαση των επτά μοντέλων που δημιουργήθηκαν και των παραμέτρων περιγράφοντας τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζουν το κάθε μοντέλο.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται κάποιοι περιορισμοί που συναντήθηκαν κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας στο στάδιο των μετρήσεων. Στη συνέχεια αναλύονται τα συμπεράσματα στα οποία οδήγησε η ανάλυση των δεδομένων με τις παραμέτρους που βρέθηκαν να επηρεάζουν ή όχι την απόφαση του οδηγού σε

σχέση με την παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Τέλος, παρατίθενται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## 2.ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

### 2.1 Εισαγωγή

Με την τεχνολογική εξέλιξη των τελευταίων δεκαετιών και την επακόλουθη ανάδειξη των αυτοκινήτων και των μοτοσικλετών ως ένα από τα κυριότερα μέσα μεταφοράς των ανθρώπων, τα οδικά ατυχήματα αποτελούν από τις κυριότερες αιτίες απώλειας ζωής ή τραυματισμού ατόμων.

Κατά το έτος 2018 η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) ανακοίνωσε ότι σε ολόκληρη τη χώρα συνέβησαν 10373 τροχαία ατυχήματα τα οποία προκάλεσαν τον θάνατο ή τον τραυματισμό ατόμων. Πιο αναλυτικά από τα πρόσωπα που ενεπλάκησαν στα οδικά τροχαία ατυχήματα τα 700 έχασαν την ζωή τους, τα 727 αποκόμισαν βαριά τραύματα ενώ τα 12.422 υπέστησαν ελαφρά τραύματα. Σύμφωνα πάντα με την ΕΛΣΤΑΤ από το σύνολο των 700 νεκρών, 265 επέβαιναν σε επιβατικά οχήματα (37,9%), 217 σε δίτροχα, συμπεριλαμβανομένων μοτοποδηλάτων (31,0%) και 146 ήταν πεζοί (20,9%).

Τα οδικά ατυχήματα δεν αποτελούν ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρείται μόνο στον ελλαδικό χώρο αλλά συναντάται παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, περίπου 1.35 εκατομμύρια άνθρωποι χάνουν τη ζωή τους κάθε χρόνο εξαιτίας των οδικών ατυχημάτων, ενώ 20-50 εκατομμύρια άνθρωποι υποφέρουν από τραυματισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι περισσότερες χώρες να δαπανούν στα οδικά ατυχήματα το 3% του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος τους. Τα ατυχήματα αυτά πλήττουν κατά κύριο λόγο τους ευάλωτους χρήστες του οδικού δικτύου δηλαδή του πεζούς, τους ποδηλάτες και τους δικυκλιστές. (Πηγή: WHO,2020)

### 2.2 Παραβατική συμπεριφορά οδηγών

Τα οδικά ατυχήματα που καταγράφονται προκαλούνται από διάφορα αίτια, υποσύνολο των οποίων αποτελούν οι παραβάσεις του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.). Σύμφωνα με τη Διεύθυνση Τροχαίας Αστυνόμευσης οι συνηθέστερες παραβάσεις του Κ.Ο.Κ. είναι η παραβίαση του ορίου ταχύτητας, η μη χρήση κράνους και η μη κατοχή άδειας οδήγησης. Παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι καταγεγραμμένες παραβάσεις για τα έτη 2018 και 2019 σύμφωνα με την ελληνική τροχαία.

Πίνακας 2.1 Πίνακας επικίνδυνων παραβάσεων έτους 2018-2019 (Πηγή: Ιστοσελίδα ελληνικής αστυνομίας)

ΕΙΔΟΣ ΠΑΡΑΒΑΣΗΣ	2019	2018	ΔΙΑΦΟΡΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Παραβίαση προτεραιότητας	2236	2270	-34	-
Παραβίαση ερυθρού σηματοδότη	14899	14931	-32	0.002143192
Αντικανονικοί ελιγμοί	7602	4593	3009	0.655127368
Κίνηση στο αντίθετο ρεύμα	11711	11364	347	0.030535023
Αντικανονικό προσπέρασμα	6181	6706	-525	-0.0782881
Κίνηση στην αριστερή λωρίδα - Μη κίνηση στο άκρο δεξιό της οδού	458	310	148	0.477419355
Μη χρήση ζώνης ασφαλείας	34594	33380	1214	0.036369083
Μη χρήση παιδικών καθισμάτων	1048	920	128	0.139130435
Μη χρήση κράνους	52089	52706	-617	-
Παραβάσεις οχημάτων (ΚΤΕΟ)	23594	25845	-2251	-0.08709615
Παραβάσεις ταχύτητας	234169	213333	20836	0.097668903
Παραβίαση χρήσης κινητού τηλεφώνου	15746	18224	-2478	0.135974539
Φθαρμένα ελαστικά	5998	5785	213	0.03681936
Μη κατοχή άδειας οδήγησης	50456	46970	3486	0.074217586
Μέθη	31557	33394	-1837	0.055009882
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΒΑΣΕΩΝ</b>	<b>492338</b>	<b>428759</b>	<b>63579</b>	<b>0.1482861</b>

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα ο αριθμός των οδικών ατυχημάτων που καταγράφονται ετησίως και αφορούν τη μη συμμόρφωση των οδηγών με τον Κ.Ο.Κ. στις διασταυρώσεις με ένδειξη φωτεινού σηματοδότη είναι σημαντικός. Σύμφωνα στον ΚΟΚ οι οδηγοί των οχημάτων υποχρεούνται να συμμορφώνονται με τις πιο κάτω ενδείξεις των φωτεινών σηματοδοτών ρύθμισης της κυκλοφορίας, εκτός αν η ρύθμιση αυτή πραγματοποιείται από τροχονόμο κατά διάφορο τρόπο. Μερικές από τις πιο σημαντικές ενδείξεις των φωτεινών σηματοδοτών είναι οι εξής:

- α) Πράσινο σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός προχωρεί κατευθείαν μπροστά ή στρίβει προς τα δεξιά ή αριστερά, εκτός αν άλλο σήμα ή πινακίδα απαγορεύει την κατευθείαν κίνηση ή στροφή. Ο οδηγός υποχρεούται, και αν ακόμη ο φωτεινός σηματοδότης δείχνει πράσινο φως, κινούμενος κατευθείαν μπροστά, να παραχωρεί προτεραιότητα σε άλλο όχημα ή πεζό που κινείται ακόμη από προηγούμενη σηματοδότηση, στρίβοντας δε να παραχωρεί προτεραιότητα στους πεζούς, οι οποίοι κινούνται στην οδό στην οποία πρόκειται να εισέλθει.
- β) Ερυθρό σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός υποχρεούται να σταματήσει προ της ειδικής γραμμής στάσης ή, αν δεν υπάρχει τέτοια, σε αρκετή απόσταση ανάντη από τον σηματοδότη, ώστε η σηματοδότηση να είναι σε αυτόν ευχερώς ορατή, να παραμένει δε σε στάση μέχρι ότου ανάψει το πράσινο φως. Επίσης υποχρεούται να μην εισέρχεται στον

κόμβο και να μην κινείται πάνω στις διαβάσεις πεζών, εάν ο σηματοδότης είναι τοποθετημένος στο μέσο ή στην απέναντι πλευρά του κόμβου.

- γ) Κίτρινο σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός υποχρεούται να σταματήσει, όπως και προ ερυθρού φωτός, εκτός αν βρίσκεται τόσο κοντά στο σηματοδότη, ώστε να μην μπορεί να το πραγματοποιήσει με ασφάλεια.
- δ) Πράσινο φως με μορφή ενός ή περισσότερων βελών: Ο οδηγός μπορεί να προχωρήσει μόνο προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος ή τα βέλη. Βέλος προς τα πάνω σημαίνει υποχρεωτική κίνηση κατευθείαν μπροστά.
- ε) Ερυθρό φως με μορφή βέλους: Ο οδηγός απαγορεύεται να κινηθεί προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος και υποχρεούται να σταματήσει το όχημά του, όπως και προ ερυθρού φωτός κυκλικής μορφής.
- στ) Κίτρινο φως με μορφή βέλους, το οποίο είναι σταθερό ή αναβοσβήνει: Ο οδηγός έχει τις αυτές υποχρεώσεις όπως και προ κίτρινου φωτός κυκλικής μορφής.

Ο Liu (2007) κατέγραψε 1538 οδηγικές συμπεριφορές με σκοπό να διερευνήσει τους παράγοντες που σχετίζονται με την παραβίαση του ορίου ταχύτητας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων υπέδειξε ότι η ταχύτητα με την οποία οι οδηγοί προσεγγίζουν τον κόμβο εξαρτάται από την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, τον τύπο του οχήματος, το φύλο, την ώρα και την περιοχή. Η επικινδυνότητα της παραβίασης του ορίου ταχύτητας σε προαστιακούς οδούς είναι σχεδόν έξι φορές μεγαλύτερο σε σύγκριση με τις αστικές οδούς. Ακόμη η πιθανότητα παραβίασης του ορίου ταχύτητας στις ώρες αιχμής είναι τρεις φορές χαμηλότερη σε σχέση με τις ώρες εκτός αιχμής. Τέλος όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των οδηγών οι πιο πιθανοί παραβάτες είναι άντρες ηλικίας κάτω των 55 χρόνων.

Η Høye (2020) διερεύνησε ατυχήματα που είχαν καταγραφεί στη Νορβηγία το διάστημα 2005-2015 με σκοπό να εντοπίσει μοτίβα που αφορούν την υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και της οδήγησης κάτω υπό την επήρεια ουσιών (αλκοόλ ή/και ναρκωτικών). Εντόπισε ότι οι οδηγοί που ανήκουν σε προαναφερθείσες κατηγορίες είναι πιο πιθανό να μη χρησιμοποιούν ζώνη ασφαλείας, να μην έχουν δίπλωμα οδήγησης, να ανήκουν στο αντρικό φύλο καθώς και να οδηγούν σε δρόμους με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο. Τέλος, οι οδηγοί που υπερβαίνουν το όριο ταχύτητας είναι κατά κύριο λόγο νεότεροι σε ηλικία.

Μια άλλη παραβατική συμπεριφορά που ερεύνησαν οι Strine et al.(2010) είναι η μη χρήση ζώνης ασφαλείας κατά την οδήγηση. Η έρευνα αυτή, για τον προσδιορισμό των στοιχείων που σχετίζονται με αυτό το φαινόμενο βασίστηκε σε χαρακτηριστικά που ανέφεραν οι οδηγοί. Από αυτή τη διερεύνηση προέκυψε ότι με την αύξηση της ηλικίας αυξάνεται και η χρήση της ζώνης ασφαλείας. Επιπλέον το αντρικό φύλο φαίνεται να είναι πιο επιρρεπές στη μη χρήση της. Ένας άλλος παράγοντας που συσχετίζεται με τη χρήση της ζώνης ασφαλείας είναι η εκπαίδευση, με τα άτομα με κάποια πανεπιστημιακή εκπαίδευση να τείνουν να τη χρησιμοποιούν περισσότερο. Τέλος και η οικογενειακή κατάσταση του ατόμου συσχετίζεται με την χρήση της, με τους ανθρώπους που έχουν πρόσφατα παντρευτεί, τους συνταξιούχους και τους σπιτονοικοκύρηδες να τη χρησιμοποιούν πιο συχνά.

Μια ακόμη σημαντική παραβατική συμπεριφορά που παρατηρείται συχνά είναι η χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την οδήγηση. Το φαινόμενο αυτό το διερεύνησαν στην Ελλάδα οι Yannis et al.

(2013). Η έρευνα αυτή υπέδειξε ότι τις εργάσιμες μέρες, τις απογευματινές ώρες και για τις ηλικίες 16-55 η πιθανότητα χρήσης κινητού τηλεφώνου είναι μεγαλύτερη. Ακόμη στις αστικές οδούς ή στο εθνικό οδικό δίκτυο και για το αντρικό φύλο μειώνεται η πιθανότητα χρήσης του κινητού τηλεφώνου. Τα αποτελέσματα που αφορούσαν την επιρροή του φύλου φανέρωσαν ότι οι άντρες οδηγοί είναι κατά 23% λιγότερο πιθανό να χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο κατά την οδήγηση συγκριτικά με το γυναικείο φύλο. Τέλος, οι νεαροί οδηγοί (ηλικίας 16-24 χρόνων) είναι περίπου τέσσερις φορές πιο πιθανό να χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο κατά την οδήγηση.

### 2.3 Παράμετροι που επιδρούν στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη

Όπως σημειώθηκε μια από τις κυριότερες αιτίες των οδικών ατυχημάτων στους κόμβους είναι η παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Για τον λόγο αυτό έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες με σκοπό να διερευνήσουν τους παράγοντες που οδηγούν τους οδηγούς σε αυτή την παραβατική συμπεριφορά. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να αφορούν χαρακτηριστικά των οδηγών, όπως είναι η ηλικία, το φύλο, η παρουσία συνεπιβάτη ή να σχετίζονται με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διασταυρώσεων όπως είναι ο αριθμός των λωρίδων και το πλάτος τους. Οι έρευνες που αναλύθηκαν για την παρούσα διερεύνηση ήταν από διάφορες περιοχές του κόσμου όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1 Περιοχές υλοποίησης αντίστοιχων ερευνών

Σκοπός της ανάλυσης των ερευνών ανά τον κόσμο ήταν η διερεύνηση αντίστοιχων ερευνών για την καταγραφή του επιστημονικού υποβάθρου στον συγκεκριμένο τομέα. Για κάθε άρθρο καταγραφόταν το περιβάλλον που πραγματοποιήθηκε η έρευνα (κόμβους, ώρα παρατηρήσεων,

ημέρα), η μέθοδος συλλογής των δεδομένων (παρατηρητές, κάμερα), το δείγμα, ο τρόπος ανάλυσης των παρατηρήσεων καθώς και τα συμπεράσματα της εκάστοτε έρευνας. Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των άρθρων που μελετήθηκαν.

Οι Wang et al.(2016), διερεύνησαν τους παράγοντες που έχουν σημαντική επίδραση στην παραβατικότητα των οδηγών στους φωτεινούς σηματοδότες των κόμβων. Για τον σκοπό αυτό συνέλλεξαν παρατηρήσεις από τέσσερις κόμβους της Σανγκάης. Οι 2 κόμβοι ήταν αστικοί και οι άλλοι 2 προαστιακοί. Όλοι οι κόμβοι είχαν 8 λωρίδες στον κύριο άξονα ενώ 2 είχαν 6 στον δευτερεύοντα, ένας είχε 5 και άλλος ένας 8. Οι παρατηρήσεις αυτές αφορούσαν τόσο τους οδηγούς που διέσχιζαν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη όσο και αυτούς που δεν πραγματοποίησαν την εν λόγω παράβαση και συλλέχθηκαν από παρατηρητές αλλά και ελέγχθηκαν από βιντεοσκοπήσεις που πραγματοποιούνταν παράλληλα. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μερικές μικρές διαφορές του Κ.Ο.Κ. με τους κανονισμούς στην Κίνα όπως για παράδειγμα η απαγόρευση διέλευσης από τον κόμβο με κίτρινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη.



Τα κριτήρια για την επιλογή των κόμβων για τη συγκεκριμένη διερεύνηση ήταν τα εξής:

- Οι κόμβοι να βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές της πόλης
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος να είναι αρκετά υψηλός ώστε να καταγραφεί ένα ικανοποιητικό δείγμα
- Οι φωτεινοί σηματοδότες να περιέχουν επιτρεπόμενη δεξιά φάση
- Οι φωτεινοί σηματοδότες να έχουν χρονομετρημένη ένδειξη για τη διάρκεια της φάσης

Τα οχήματα τα οποία καταγράφονταν ως παραβάτες ήταν εκείνα τα οποία διέσχισαν τον κόμβο τελευταία με κόκκινη ένδειξη, ενώ αν παρατηρούνταν περισσότερες από μια τέτοιες περιπτώσεις καταγραφόταν μόνο το τελευταίο όχημα. Επίσης καταγράφονταν και οι οδηγοί οι οποίοι δεν παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη όταν στον ίδιο κύκλο υπήρχε παραβάτης και απείχαν μήκος μέχρι ενός αυτοκινήτου από τη γειτονική λωρίδα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν τις ώρες μεταξύ 7:00π.μ.-10:00π.μ. ,την πρωινή ώρα αιχμής, και στο διάστημα Απριλίου Μαΐου του 2012. Συνολικά καταγράφηκαν 304 παραβάσεις και 317 περιπτώσεις προς σύγκριση που δεν υπέπεσαν σε παράβαση.

Τα δεδομένα που καταγράφηκαν ήταν τα εξής:

- Κυκλοφοριακός φόρτος
- Κύκλος φωτεινού σηματοδότη
- Παραβάτες φωτεινού σηματοδότη και προορισμός τους (ευθεία ή δεξιά)



- Χρονικό διάστημα μεταξύ της κόκκινης ένδειξης και της χρονικής στιγμής κατά την οποία υπέπεσαν σε παράβαση οι οδηγοί
- Θέση στην ροή της κυκλοφορίας (στην αρχή ή στην μέση)
- Τύπος διπλώματος (τοπικό ή όχι)
- Τύπος οχήματος ( επιβατικό και άλλα)
- Μέγεθος οχήματος (μικρό μεσαίο μεγάλο, το μικρό όχημα έχει χωρητικότητα λιγότερη από πέντε επιβάτες ενώ το μεγάλο περισσότερη από δέκα επιβάτες)
- Φύλο οδηγού
- Χρήση ζώνης
- Χρήση κινητού τηλεφώνου
- Παρουσία η όχι επιβατών

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν 2 είδη λογιστικής παλινδρόμησης. Η απλή λογιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε για τις μεταβλητές από την πλευρά των χαρακτηριστικών των οδηγών, τις συνθήκες οδήγησης και του τύπο οχήματος. Για την ανάλυση δεδομένων που αφορούσαν τους διάφορους τύπους διασταυρώσεων και ρυθμίσεις των φωτεινών σηματοδοτών σχεδιάστηκαν λογιστικά μοντέλα παλινδρόμησης με τυχαίες επιδράσεις.

Η ανάλυση των ωριαίων φόρτων σε συνδυασμό με τις μελετώμενες κινήσεις, έδειξε ότι αναλογικά οι οδηγοί που κατευθύνονται δεξιά όταν διασχίζουν τον κόμβο είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Όσον αφορά τη θέση των οδηγών στη ροή της κυκλοφορίας και την παραβατικότητα η έρευνα έδειξε ότι από τους παραβάτες κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (88%) τα οχήματα δεν "οδηγούσαν" τη ροή, δηλαδή δεν ήταν στην αρχή της. Περαιτέρω περίπου οι μισές παραβάσεις έγιναν σε ένα διάστημα 0.4 δευτερολέπτων μετά την κόκκινη ένδειξη με τις παραβάσεις να μειώνονται όσο αυξάνεται το διάστημα ενώ το ποσοστό αυτό αυξανόταν πάλι 3 δευτερόλεπτα προτού η ένδειξη γίνει πράσινη. Επιπλέον, τα επιβατικά οχήματα με μεγάλη επιτάχυνση ήταν πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση ενώ το μέγεθος των οχημάτων δεν έδειξε να έχει κάποια επίδραση.

Τέλος, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των οδηγών εκείνα τα οποία φαίνονται να προσδιορίζουν τους πιο επιρρεπείς οδηγούς είναι το αντρικό φύλο και η μη παρουσία συνεπιβατών ενώ η χρήση κινητού τηλεφώνου και η μη χρήση ζώνης δεν φαίνεται να έχει κάποια επίδραση.

Οι Porter και Berry (2001) μέσω ερωτηματολογίου, σε ένα δείγμα 880 οδηγών, διερεύνησαν την παραβατική συμπεριφορά στους κόμβους. Οι οδηγοί ρωτήθηκαν για τις τελευταίες 10 φορές που εισήλθαν σε κόμβο, σε πόσες από αυτές παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, πόσο πιθανό θα ήταν να την παραβίαζαν αν είχαν συνεπιβάτη, αν πιστεύαν ότι η παραβίαση ήταν τόσο σοβαρή όσο και η θέα των επιπτώσεών της καθώς και προσωπικές απόψεις μέτρα για την μείωση της παραβατικότητας.

Το δείγμα συλλέχθηκε τυχαία, από μια βάση δεδομένων με οδηγούς της Αμερικής. Πάνω από το μισό δείγμα είχε πανεπιστημιακή εμπειρία (είτε ως φοιτητές είτε ως εκπαιδευτικοί), τρεις στους δέκα είχαν επαγγελματική απασχόληση ενώ δύο στους δέκα ήταν συνταξιούχοι και ένας στους δέκα ήταν εργάτες όπως το ίδιο ποσοστό ισχύει και για αυτούς που ασχολούνταν με τα οικιακά.



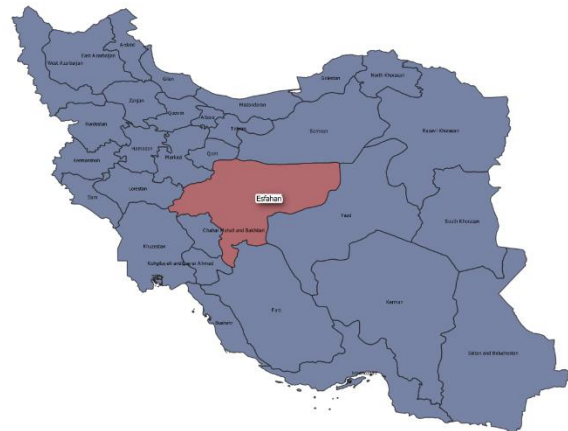
Το μισό δείγμα αποτελούταν από οδηγούς ηλικίας 46 και άνω, ενώ οι νεαροί οδηγοί αποτελούσαν το 20% του δείγματος.

Από τους ερωτηθέντες το 80% δεν είχε παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, κατά τις δέκα τελευταίες φορές που διέσχισαν τον κόμβο. Η ανάλυση των δημογραφικών χαρακτηριστικών των παραβατών έγινε με προοδευτική βηματική ιεραρχική λογιστική παλινδρόμηση. Μόνο ο παράγοντας της ηλικίας φαίνεται να επηρεάζει την παραβατικότητα, με τα αποτελέσματα του μοντέλου να μην αλλάζουν όταν εισέρχονται σε αυτό και άλλοι παράγοντες ταυτόχρονα με την ηλικία. Όσον αφορά την ηλικία φαίνεται ότι οι οδηγοί που ανήκουν στις ηλικιακές κατηγορίες 36-45, 46-55 και 56+ είναι λιγότερο πιθανό να διέλθουν από τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη σε σχέση με τους οδηγούς που ανήκουν στις ηλικίες 18-25 ετών, ενώ οι ηλικίες 26-35 δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από την μικρότερη ηλικιακή κατηγορία των 18-25.

Τέλος ένας παράγοντας που φαίνεται να επηρεάζει και να μειώνει την παραβατική συμπεριφορά στους κόμβους είναι η ύπαρξη συνεπιβάτη. Όταν οι οδηγοί δεν έχουν κάποιον συνεπιβάτη, τότε υπάρχει πιθανότητα 25,6% να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη, ενώ με την ύπαρξη συνεπιβάτη αυτό το ποσοστό μειώνεται κατά 10 περίπου μονάδες και αν πρόκειται για ανήλικο συνεπιβάτη τότε το ποσό περιορίζεται στο 4,8%.

Για την έρευνα αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί που υπήρξαν, με το αρσενικό φύλο και τους νεότερους οδηγούς, που θεωρούνται ως οι πιθανότεροι παραβάτες, να μην έχουν τόσο μεγάλη ανταπόκριση στην τηλεφωνική έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Επισημαίνεται ότι μια έρευνα πεδίου, σε τέτοια θέματα, έχει πιο αξιόπιστα δεδομένα από μια τηλεφωνική έρευνα.

Οι Kashani et al. (2020) πραγματοποίησαν έρευνα στην περιοχή του Ισφαχάν του Ιράν με σκοπό να αναγνωρίσουν τα χαρακτηριστικά των οδηγών και των οχημάτων τα οποία επηρεάζουν τα ατυχήματα λόγω παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Η διερεύνηση υλοποιήθηκε με βάση τα ατυχήματα που είχαν καταγραφεί στο Ισφαχάν την περίοδο 2012-2016 με 9765 οδηγούς να έχουν αναμιχθεί σε ατυχήματα αυτή την πενταετία.



Οι μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ήταν 6 με τις 5 από αυτές να αφορούν χαρακτηριστικά του οδηγού, ενώ η μια αφορούσε τον τύπο του οχήματος. Πιο συγκεκριμένα τα χαρακτηριστικά του οδηγού που καταγράφηκαν ήταν: η κατάσταση του οδηγού (αν ήταν υπεύθυνος του ατυχήματος ή όχι), ο τύπος της άδειας, το μορφωτικό επίπεδο, το φύλο και η ηλικία.

Για την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση δένδρων ταξινόμησης και παλινδρόμηση με μηχανική μάθηση. Σύμφωνα με την έρευνα οδηγοί ηλικίας 22.5 και άνω οι οποίοι οδηγούν Ι.Χ. αυτοκίνητο, καθώς επίσης μορφωτικό επίπεδο διδακτορικού είναι πιο πιθανό

να μην είναι η υπαίτιοι των ατυχημάτων που καταγράφηκαν λόγω παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και οι οδηγοί ηλικίας 51.5 και νεότεροι με μορφωτικό επίπεδο τύπου πτυχίου ή και μεταπτυχιακού και με δίπλωμα διετών σπουδών κα χαμηλότερα. Μια άλλη κατηγορία που είναι πιθανό να μην είναι υπεύθυνοι για τις αιτίες του ατυχήματος είναι οι οδηγοί ηλικίας μεταξύ 22.5 και 51.5. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο τύπος του οχήματος είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που αφορούν ατυχήματα λόγω παραβιάσεων της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη στους κόμβους και πιο συγκεκριμένα με τα δίκυκλα, μίνι λεωφορεία, λεωφορεία, φορτηγά, τροχόσπιτα, ασθενοφόρα και γεωργικά οχήματα να παρουσιάζουν αυξημένη επικινδυνότητα. Τέλος οι οδηγοί που ανήκουν στην ηλικιακή κατηγορία 18 με 22.5 είναι συνήθως υπαίτιοι για αρκετά ατυχήματα και λόγω της απειρίας που τους συνοδεύει και λόγω του νεανικού τους χαρακτήρα.

Ο Al-Atawi (2014) διερεύνησε την επίδραση των γεωμετρικών και χωρικών χαρακτηριστικών στην παραβατική συμπεριφορά των οδηγών. Για τον σκοπό αυτό συνέλλεξε δεδομένα από 38 κόμβους στο Ταμπούκ της Σαουδικής Αραβίας μέσω βιντεοσκόπησης. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν τη χρονική περίοδο 17 Σεπτεμβρίου με 24 Οκτωβρίου του 2011. Η συλλογή τους πραγματοποιήθηκε τις εργάσιμες μέρες, δηλαδή Σάββατο με Τετάρτη (για τη Σαουδική Αραβία), τις πρωινές ώρες ( 6π.μ.-10π.μ.) και τις απογευματινές ώρες (6μ.μ.-9μ.μ.). Πιο συγκεκριμένα τα δεδομένα τα οποία αξιοποίησε η έρευνα ήταν τα εξής:



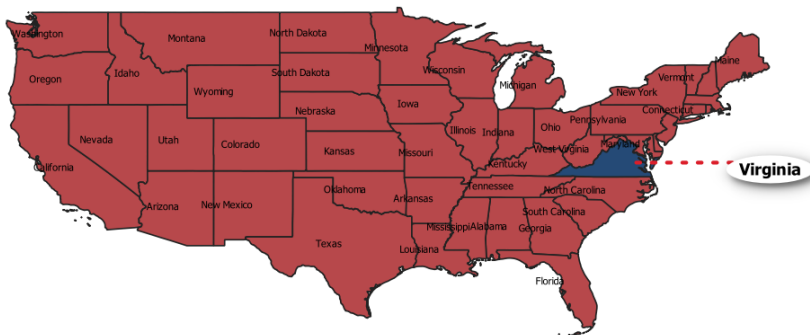
- Χαρακτηριστικά του κόμβου, τα οποία περιλαμβάνουν τον τύπο του κόμβου, τον αριθμό των λωρίδων, το πλάτος του δρόμου, το όριο ταχύτητας και τον κύκλο του φωτεινού σηματοδότη
- Κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, δηλαδή τον κυκλοφοριακό φόρτο σε κάθε κατεύθυνση και τον συνολικό κυκλοφοριακό φόρτο
- Αριθμό παραβάσεων της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν διάφορες στατιστικές μέθοδοι. Στατιστικά μεγέθη όπως ποσοστά, μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις αξιοποιήθηκαν για τις ανεξάρτητες μεταβλητές της έρευνας. Η έρευνα επίσης αξιοποίησε και τις στατιστικές t-test και τον έλεγχο  $\chi^2$ . Ακόμη η στατιστική παλινδρόμηση χρησιμοποιήθηκε για να αξιολογήσει το μέγεθος της επίδρασης των ανεξάρτητων μεταβλητών στις εξαρτημένες.

Ο μέσος όρος των παραβιάσεων στο χρονικό διάστημα των παρατηρήσεων ήταν 503 για κάθε κόμβο κάτι το οποίο μεταφράζεται σε 84 παραβιάσεις την ώρα για κάθε κόμβο. Το ποσοστό των οχημάτων που διέσχισαν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη ήταν 22% το οποίο αναλογεί σε μια παράβαση κάθε πέντε οχήματα τα οποία είχαν τη δυνατότητα να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη.

Οι παραβάσεις είναι πιο πιθανό να πραγματοποιηθούν την απογευματινή περίοδο σε σχέση με την πρωινή περίοδο. Το 24% των οδηγών υπέπεσαν σε παράβαση, σε σχέση με αυτούς που είχαν τη δυνατότητα να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη, τις απογευματινές ώρες ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για την πρωινή περίοδο ήταν 20%. Ακόμη οι παραβάσεις της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη μειώνονται με την αύξηση του πλάτους του δρόμου, τον κύκλο της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη και την ταχύτητα. Τέλος, η αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου σηματοδοτεί και την αύξηση για τάση παραβίασης της κόκκινης ένδειξης.

Οι Retting και Williams (1996) διερεύνησαν τα χαρακτηριστικά των οδηγών και των οχημάτων που παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη σε σχέση με εκείνα των οδηγών οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη αλλά δεν το διέπραξαν.



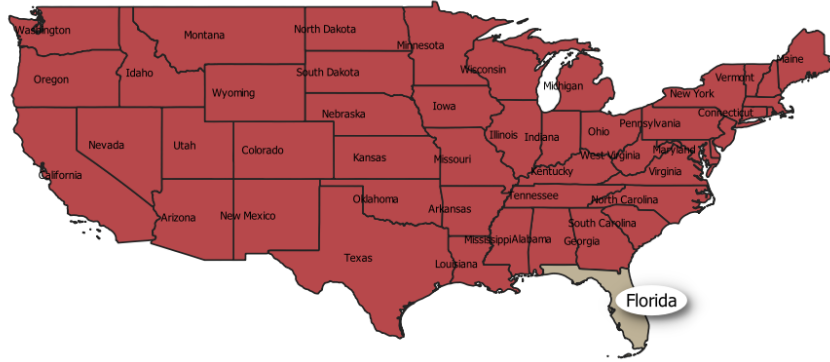
Η έρευνα υλοποιήθηκε το 1994 στην κομητεία Άρλινγκτον, της Βιρτζίνια, σε έναν κόμβο 8 λωρίδων ανατολικά προς δυτικά και 4 λωρίδων από βορρά προς νότο. Για τη συλλογή των δεδομένων επιστρατεύτηκαν παρατηρητές και χρησιμοποιήθηκε και ηλεκτρονικός εξοπλισμός με κάμερες. Οι παρατηρητές παρατήρησαν τα οχήματα τα οποία προσέγγιζαν τον κόμβο μετά την εμφάνιση της κίτρινης ένδειξης και κατέγραψαν χαρακτηριστικά των οχημάτων, που διέσχισαν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη, όπως τον τύπο του οχήματος, την εκτιμώμενη ηλικία, το φύλο και τη χρήση της ζώνης ασφαλείας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το τελευταίο όχημα που διέσχισε τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη. Στην περίπτωση που δεν υπήρχε κάποια παράβαση οι παρατηρητές κατέγραφαν τα χαρακτηριστικά των οδηγών που πρώτοι προσέγγισαν τον κόμβο μετά την κίτρινη ένδειξη και δεν τη διέσχισαν με κόκκινη ένδειξη.

Συνολικά κατεγράφηκαν 234 ώρες παρατηρήσεων σε μια περίοδο 8 εβδομάδων του Φεβρουαρίου, Μαρτίου και Απριλίου του 1994. Οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν τις καθημερινές ημέρες μεταξύ 9π.μ.-5μ.μ. και σε συνθήκες όπου το οδόστρωμα ήταν στεγνό. Τα οχήματα τα οποία δεν συνέχιζαν ευθεία στον κόμβο εξαιρέθηκαν από τις παρατηρήσεις .

Για τη στατιστική αξιολόγηση των παρατηρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος  $\chi^2$ . Συνολικά κατεγράφηκαν 1373 παρατηρήσεις εκ των οποίων οι 462 αφορούσαν παραβάτες γεγονός που αντιστοιχεί σε 2 παραβάσεις για κάθε ώρα παρατήρησης. Οι παραβάτες ταξινομήθηκαν με βάση τον χρόνο που διέσχισαν τον κόμβο αφού είχε σηματοδοτηθεί κόκκινη ένδειξη. Ένας στους δύο παραβάτες εισήλθε μετά από 0.5-0.9 δευτερόλεπτα της κόκκινης ένδειξης, τρεις στους δέκα μετά από 1.0-1.4 δευτερόλεπτα, ένας στους δέκα μετά από 1,5-1.9 δευτερόλεπτα ενώ σε ένα ποσοστό 7% των παραβατών εισήλθαν μετά από τουλάχιστον 2 δευτερόλεπτα. Διαφορές που αφορούσαν του διάφορους τύπους οχημάτων ανάμεσα στους παραβάτες και σε εκείνους που δεν υπέπεσαν σε παράβαση δεν βρέθηκαν, ενώ οι παραβάτες ήταν πιο πιθανό να οδηγούσαν όχημα παλιάς χρονολογίας ή μεγάλα οχήματα. Επιπλέον η απόφαση των οδηγών φαίνεται να μην επηρεάζεται

από το φύλο των οδηγών. Κατά μέσο όρο οι παραβάτες ήταν νεότεροι σε ηλικία και συγκεκριμένα κάτω των 30 ετών, με το 26% να είναι παραβάτες ενώ μόλις σε ποσοστό 14% συμμορφώνονται με την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Εν συνεχεία, οδηγοί με ιστορικό με παραβιάσεις του ορίου ταχύτητας ήταν τρεις φορές πιο πιθανό να είναι παραβάτες, με τους οδηγούς κάτω των 30 να είναι πιο πιθανό να έχουν κάποιο τέτοιο ιστορικό. Τέλος, οι οδηγοί που δεν φορούσαν ζώνη ασφαλείας ήταν πιο πιθανό να ανήκουν στην κατηγορία των οδηγών που διέσχισαν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη.

Οι Elmitiny et al. (2009) διερεύνησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του οδηγού να διασχίσει τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη. Για τον σκοπό αυτό τοποθέτησαν τρεις κάμερες, στην οδό ταχείας κυκλοφορίας Alafaya Trail & Corporate Blvd στο Ορλάντο και μελέτησαν την κατεύθυνση του κύριου άξονα με 5 λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, εκ των οποίων μια αποκλειστική δεξιά και μια αποκλειστική αριστερή. Κατεγράφηκαν οι εξής πληροφορίες:



- Η απόφαση του οδηγού για το αν θα διασχίσει τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη
- Η λωρίδα κυκλοφορίας του οχήματος
- Η θέση του οχήματος στην κυκλοφοριακή ροή
- Ο τύπος του οχήματος
- Η ταχύτητα και η απόσταση του οχήματος από την γραμμή στοπ στην κίτρινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη

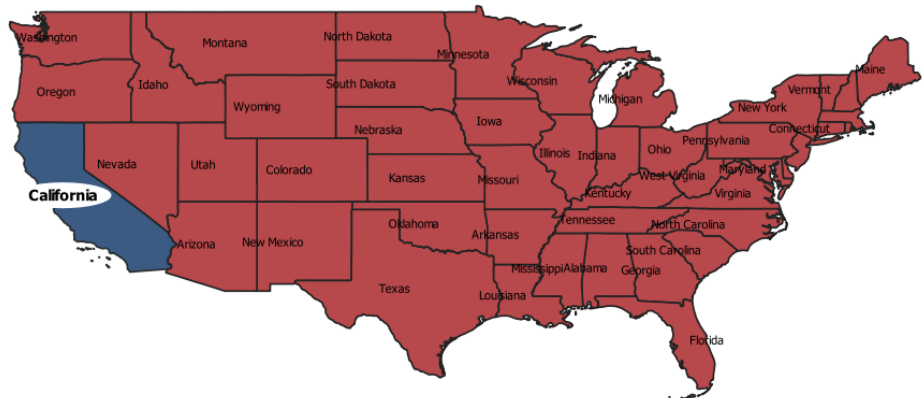
Πιο αναλυτικά για την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν 36 ώρες βίντεο, με τις 8 ώρες να είναι σε περίοδο αιχμής (4:30μ.μ. με 6:00μ.μ.) και τις 28 ώρες (1:30μ.μ. με 4:30μ.μ.) εκτός αιχμής. Συνολικά παρατηρήθηκαν 1292 οδηγικές συμπεριφορές ενώ στο δείγμα δεν συμπεριλαμβάνονται τα οχήματα που αναγκάστηκαν να σταματήσουν λόγω στάσης του προπορευόμενου οχήματος.

Η μέση ταχύτητα που καταγράφηκε ήταν 78.4χλμ/ω λίγο ανώτερη από το επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας. Μέσω της στατιστικής ανάλυσης, η ανάλυση της διασποράς έδειξε ότι οι εξεταζόμενοι παράμετροι έχουν σημαντική επίδραση στην ταχύτητα του οχήματος. Ταυτόχρονα η ταχύτητα των οχημάτων που διέπραξαν παράβαση σε σχέση με αυτών που δεν υπέπεσαν σε παράβαση, είναι πανομοιότυπες .

Από τις 1292 παρατηρήσεις οι 601 οδηγοί σταμάτησαν στον φωτεινό σηματοδότη, οι 691 διέσχισαν τον κόμβο (με κίτρινη ένδειξη) και οι 227 υπέπεσαν σε παράβαση. Για την απόφαση αυτή των οδηγών καθοριστικό ρόλο παίζει η απόσταση του εκάστοτε οδηγού από τον κόμβο. Για απόσταση μικρότερη από τα 49 μέτρα οι οδηγοί είναι πολύ πιο πιθανό να διασχίσουν τον κόμβο ενώ για απόσταση μεγαλύτερη από 146 μέτρα οι οδηγοί σταματούν στον κόμβο. Όταν οι οδηγοί απέχουν από τον κόμβο 85-97 μέτρα οι πιθανότητες να σταματήσουν στον κόμβο ή να τον διασχίσουν είναι μοιρασμένες. Τέλος, οι περισσότερες παραβάσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ των αποστάσεων 85-116 μέτρων όπου η επιλογή του οδηγού εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινείται. Αν η ταχύτητα του οχήματος είναι μεγαλύτερη από τα 81χλμ/ω, τότε είναι πιο πιθανό ο οδηγός να διασχίσει τον κόμβο, ενώ αν είναι μικρότερη είναι πιο πιθανό να σταματήσει. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι οδηγοί που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα είναι πιο πιθανό να διασχίσουν τον κόμβο όταν ακολουθούν κάποιο όχημα παρά όταν προπορεύονται άλλων οχημάτων.

Στα πλαίσια της ανάπτυξης αποτελεσματικών συστημάτων για τη μείωση των παραβάσεων στους κόμβους με φωτεινούς σηματοδότες μελετήθηκαν από τους Yang και Najm (2007) οι παράγοντες και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιούνται τέτοιες παραβάσεις.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε 11 σηματοδοτούμενους κόμβους στο Σακραμέντο της Καλιφόρνιας με χρονικό ορίζοντα πάνω από τέσσερα χρόνια (1999-2003). Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την έρευνά τους στα χρόνια αυτά, πάρθηκαν από κάμερες που είχαν τοποθετηθεί στους κόμβους με την συμβολή της αστυνομίας του Σακραμέντο.



Κατά τη διάρκεια της έρευνας καταγράφηκαν 46997 παραβάσεις. Οι μεταβλητές που συγκέντρωσε η αστυνομία του Σακραμέντο για την έρευνα ήταν οι εξής:

- Ο κόμβος που πραγματοποιήθηκε η παράβαση
- Η μέρα και ώρα της παράβασης
- Ηλικία και φύλο του παραβάτη
- Τύπος και ηλικία οχήματος
- Ταχύτητα του οχήματος κατά την παράβαση
- Ο χρόνος που πέρασε το όχημα μετά την κόκκινη ένδειξη

Οι παρατηρήσεις έδειξαν ότι οι οδηγοί ηλικιών μεταξύ 20-29 έχουν τη μεγαλύτερη τάση να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη ενώ ακολουθούν οι οδηγοί ηλικίας 30-39 ετών με πολύ παρεμφερή ποσοστά, και οι οδηγοί 40-49 ετών. Τέλος μόνο μικρό

ποσοστό οδηγών ηλικιών 60-69 και άνω των 70 διασχίζει τον κόμβο κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.

Στη συνέχεια, αναλύθηκαν οι παραβάσεις με βάση την ταχύτητα διάσχισης, με την μέγιστη μετρημένη ταχύτητα που σημειώθηκε κατά την παράβαση να είναι τα 140χλμ/ω, ενώ η μέση ταχύτητα στον υπό μελέτη κόμβο να είναι τα 50,9χλμ/ω. Δεδομένου ότι το υψηλότερο όριο ταχύτητας στους μελετώμενους κόμβους ήταν τα 72.4χλμ/ω παρατηρήθηκε ότι το 13.7% το παραβίασε. Οι πιο πολλές παραβάσεις έγιναν με ταχύτητες της τάξης των 27.2-30.4 χλμ/ω.

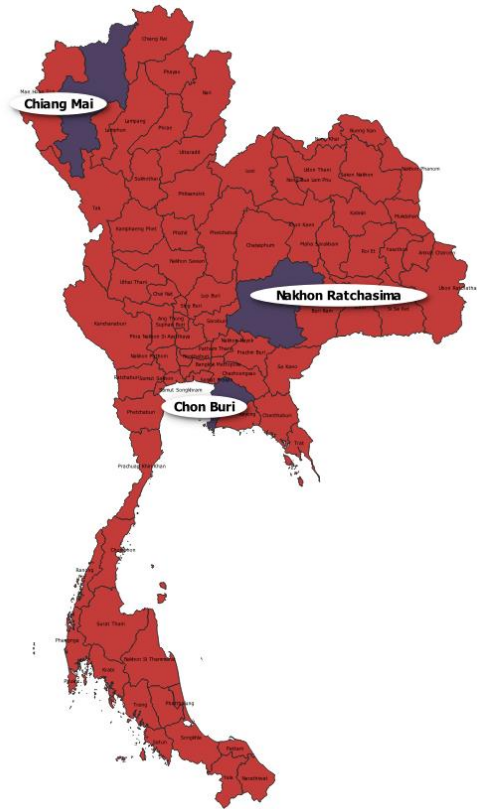
Όσον αφορά το χρονικό διάστημα της έναρξης της κόκκινη ένδειξης κατά το οποίο σημειώθηκε η παράβαση, η έρευνα έδειξε ότι αυτό κυμαίνεται μεταξύ 0.2 δευτερολέπτων και 30 δευτερολέπτων. Οι οδηγοί οι οποίοι διέσχισαν τον κόμβο μετά από 2 δευτερόλεπτα από την έναρξη της κόκκινης ένδειξης θεωρήθηκαν ως σκόπιμοι παραβάτες και ο αριθμός τους ανέρχεται στους 2703 για τη συγκεκριμένη έρευνα.

Για την αξιολόγηση της επίδρασης του φύλου, της ηλικίας, του χρόνου της παράβασης, του έτους κατασκευής του οχήματος και της θέσης της παράβασης σε σχέση με την ταχύτητα του οχήματος πραγματοποιήθηκε λογιστική παλινδρόμηση. Τα αποτελέσματα του μοντέλου υποδεικνύουν ότι όσο αυξάνεται η ηλικία τόσο η πιθανότητα παραβίασης με ταχύτητα μεγαλύτερη του ορίου ταχύτητας μειώνεται, ενώ υποδηλώνουν ότι η πιθανότητα ένας νέος οδηγός να παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας είναι 1.5 φορά η πιθανότητα να το διαπράξει ένας μεσήλικας. Για τις ώρες 6 π.μ. με 9 π.μ., 10 π.μ. με 3 μ.μ. και 4 μ.μ. με 7 μ.μ. η πιθανότητα οι οδηγοί να διασχίσουν τον κόμβο με ταχύτητα μεγαλύτερη από το όριο ταχύτητας είναι μικρότερη σε σχέση με την περίοδο 4 μ.μ. με 7 μ.μ..

Στη συνέχεια οι συγγραφείς πραγματοποίησαν και μια δεύτερη λογιστική παλινδρόμηση σε σχέση με το χρονικό διάστημα από την έναρξη της κόκκινης ένδειξης κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι παραβάσεις, με το χρονικό όριο να είναι τα 2 δευτερόλεπτα. Οι οδηγοί που παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη μετά τα 2 δευτερόλεπτα θεωρήθηκαν ότι εκτός από αυτούς που το πραγματοποίησαν σκόπιμα υπήρχαν και εκείνοι που το έκαναν από απροσεξία. Υπολογίστηκε ότι όταν ο χρόνος είναι πάνω από 2 δευτερόλεπτα η πιθανότητα παράβασης αυξάνεται όσο αυξάνεται η ηλικία, ενώ τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι μεγαλύτεροι οδηγοί είναι 1.2 φορές πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη μετά από 2 δευτερόλεπτα από ότι οι νέοι. Αυτό εξηγείται και από τη μειωμένη αντανακλαστική ικανότητα των μεσήλικων. Οι αρνητικοί συντελεστές για τα χρονικά διαστήματα 6 π.μ. με 9 π.μ., 10 π.μ. με 3 μ.μ. και 4 μ.μ. με 7 μ.μ. σε σχέση με το χρονικό διάστημα 8 μ.μ. με 5 π.μ. υποδεικνύουν ότι οι οδηγοί που παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη σε αυτές τις περιόδους έχουν χαμηλότερη πιθανότητα να διασχίσουν τον κόμβο μετά τα 2 δευτερόλεπτα. Τέλος, όταν ο χρόνος είναι μεγαλύτερος των 2 δευτερολέπτων οι παραβάσεις για την περίοδο 8 μ.μ. με 5 π.μ. είναι πιο πιθανές.



Οι Jensupakarn και Kanitrong (2018) ερεύνησαν παράγοντες που οδηγούν τους οδηγούς στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, όπως είναι ανθρώπινα χαρακτηριστικά, φυσικές συνθήκες στους κόμβους, κυκλοφοριακές συνθήκες και χαρακτηριστικά της λειτουργία του φωτεινού σηματοδότη. Για τον σκοπό αυτό έγιναν παρατηρήσεις σε 92 κόμβους στις περιοχές Τσιάνγκ Μάι, Νακόν Ρατσασίμα και Τσον Μπούρι της Ταϊλάνδης.



Στόχοι της έρευνας αυτής είναι οι εξής:

- Να καθορίσει τα χαρακτηριστικά (φύλο, ηλικία, χρήση κράνους, παρουσία ή όχι συνεπιβάτη και τύπος μοτοσυκλέτας) των μοτοσικλετιστών παραβατών μέσω παρατηρήσεων από βιντεοσκοπήσεις κάμερας. Σε κάθε κύκλο του φωτεινού σηματοδότη καταγραφόταν η τελευταία μοτοσυκλέτα που διέσχισε τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη και η πρώτη που σταμάτησε στον κόμβο με την κόκκινη ένδειξη.
- Να καθορίσει τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά των παραβατών και μοτοσικλετιστών και αυτοκινήτων, μέσω ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιά περιελάμβανε 3 ενότητες που αφορούσαν, τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του οδηγού (ηλικία, φύλο, εκπαίδευση), τη συμπεριφορά του οδηγού (κατοχή διπλώματος, χρήση ζώνης/κράνους και αν έχουν παραβιάσει την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη) καθώς και τη γνώμη των οδηγών για την πιθανότητα ποινής τους όταν διαπράττουν παράβαση. Συνολικά ρωτήθηκαν 45806 μοτοσικλετιστές και 45724 οδηγοί Ι.Χ..
- Να καθορίσει τους παράγοντες που σχετίζουν χαρακτηριστικά του κόμβου (αριθμός λωρίδων, πλάτος λωρίδων, ύπαρξη διαχωριστικής νησίδας, πλάτος διαχωριστικής νησίδας κ.α.), της λειτουργίας του φωτεινού σηματοδότη (διάρκεια κύκλου φωτεινού σηματοδότη, διάστημα κίτρινης ένδειξης) και των κυκλοφοριακών συνθηκών (κυκλοφοριακός φόρτος, ταχύτητα προσέγγισης οχημάτων) με τους παραβάτες μέσω παρατηρήσεων.

Τα χαρακτηριστικά για τον πρώτο στόχο της έρευνας, αναλύθηκαν με δυαδικά λογιστικά μοντέλα παλινδρόμησης. Από την ανάλυση είναι φανερό ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την παραβατική συμπεριφορά των μοτοσικλετιστών είναι η ηλικία, το φύλο, η χρήση κράνους, η παρουσία συνεπιβάτη, ο τύπος μοτοσυκλέτας και η κατεύθυνση του οδηγού στον κόμβο. Πιο συγκεκριμένα οι άντρες μοτοσικλετιστές είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη σε σύγκριση με το γυναικείο φύλο. Ακόμη, η ηλικία αποτελεί έναν επιπλέον σημαντικό παράγοντα, καθώς οι μεγαλύτεροι σε ηλικία συνηθίζουν να σταματάνε στην κόκκινη κίτρινη ένδειξη. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι οι μοτοσικλετιστές που δεν χρησιμοποιούν το κράνος τους

τείνουν να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη σε αντίθεση με εκείνους που το χρησιμοποιούν. Η παρουσία συνεπιβάτη παρατηρήθηκε να έχει θετική επίδραση, καθώς χωρίς παρουσία συνεπιβάτη οι μοτοσικλετιστές είναι πιο πιθανό να μην υπακούσουν στην ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Τέλος, δύο τελευταίοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά είναι ο τύπος της μοτοσικλέτας, με τους οδηγούς αυτόματων μοτοσικλετών να είναι λιγότερο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη και η κατεύθυνση που κινούνται οι οδηγοί, με τους μοτοσικλετιστές που κατευθύνονται ευθεία στον κόμβο να είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση.

Η ανάλυση των ερωτηματολογίων για τον δεύτερο στόχο πραγματοποιήθηκε με δυαδικά λογιστικά μοντέλα παλινδρόμησης. Για τους μοτοσικλετιστές τα αποτελέσματα ήταν ίδια με αυτά που προέκυψαν από την ανάλυση του πρώτου στόχου. Όσον αφορά του οδηγούς οχημάτων η ανάλυση υπέδειξε τους νεαρούς οδηγούς, τους άντρες, τους οδηγούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο ως πιο πιθανούς να αγνοήσουν την κόκκινη ένδειξη. Τέλος οδηγοί που χρησιμοποιούν τη ζώνη ασφαλείας είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση.

Η ανάλυση του τρίτου στόχου πραγματοποιήθηκε με πολυπαραγοντική γραμμική παλινδρόμηση. Η κατεύθυνση των οδηγών στον κόμβο καθορίζει σημαντικά τον ρυθμό των παραβάσεων καθώς τα οχήματα που κατευθύνονται ευθεία στον κόμβο είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση σε σχέση με εκείνα τα οποία ακολουθούν δεξιά ή αριστερή πορεία. Επιπλέον τις νυχτερινές ώρες οι οδηγοί έχουν την τάση να παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη. Όσο ο αριθμός των λωρίδων αυξάνεται τόσο αυξάνεται ο ρυθμός των παραβάσεων, ενώ πιο πλατιές λωρίδες κυκλοφορίας αυξάνουν την πιθανότητα παράβασης. Σε κόμβους με φωτεινούς σηματοδότες αντίστροφης συναντάται και χαμηλότερος ρυθμός παραβίασης της κόκκινης ένδειξης, ενώ χαμηλή διάρκεια κίτρινης ένδειξης αυξάνει την τάση παραβίασης. Τέλος η ταχύτητα προσέγγισης στον κόμβο έχει αρνητική επίδραση στον ρυθμό των παραβάσεων αν και αναμενόταν να έχει θετική.

Οι Achaah και Aidoo (2020) διερεύνησαν την παραβατικότητα των οδηγών σε κόμβους στην μητροπολιτική περιοχή του Κουσάμι στην Γκάνα. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε 10 τυχαίους κόμβους με φωτεινό σηματοδότη σε διάστημα 2 εβδομάδων, από τις 8 Μαρτίου μέχρι τις 17 Μαρτίου. Οι παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας πραγματοποιήθηκαν σε 3 χρονικά διαστήματα, τις πρωινές ώρες (6:30-8:30π.μ.), το μεσημέρι (12:00-2:00μ.μ.) και το απόγευμα (4:00-6:00μ.μ.).

Οι παρατηρήσεις έγιναν μέσω λίστας την οποία συμπλήρωναν οι παρατηρητές κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων. Η λίστα αυτή περιλάμβανε τα εξής χαρακτηριστικά για τους οδηγούς:

- Πραγματοποίηση ή όχι παραβίασης
- Εκτιμώμενη ηλικία (>20, 26-60, >60)
- Φύλο (αρσενικό-θηλυκό)
- Χρήση ζώνης ή όχι
- Παρουσία επιβατών ή όχι



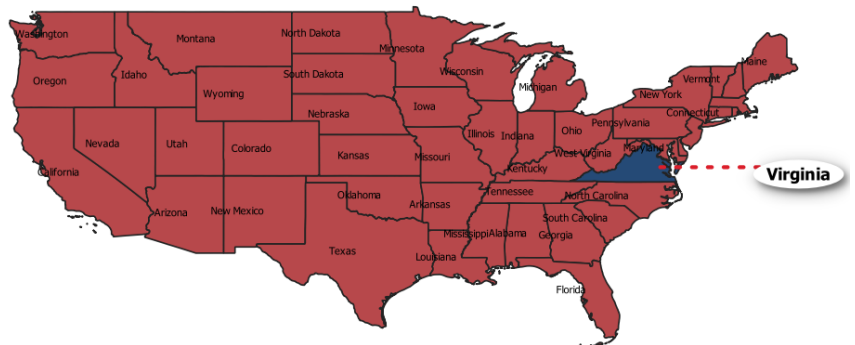


- Χρονικό διάστημα (πρωί, μεσημέρι ή βράδυ)
- Τύπος οχήματος (σεντάν, μεσαίο ή μεγάλο)
- Τύπος κόμβου (τετρασκελής η κόμβος T)
- Ημέρα της εβδομάδας
- Απόσταση οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη (<50μ, 50-100μ, >100μ)

Τα χαρακτηριστικά αυτά σημειώθηκαν για το τελευταίο όχημα που διέσχισε το κόμβο. Οι παράγοντες αυτοί συσχετίστηκαν με τις παραβάσεις με δυαδικό logit μοντέλο καθώς η εξαρτημένη μεταβλητή λαμβάνει τιμές ναι ή όχι, δηλαδή αν θα διασχίσει ο οδηγός τον κόμβο ή όχι με κόκκινη ένδειξη. Η επιλογή αυτή σχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές που συλλέχθηκαν για κάθε οδηγό. Από τα 2911 οχήματα που παρατηρήθηκαν το 95% των περιπτώσεων αφορούσε άνδρες που στην πλειοψηφία τους ήταν οδηγοί ηλικίας 26-60 χρονών. Μόλις δύο στους δέκα φορούσαν ζώνη ασφαλείας ενώ το 76% αυτών είχε συνεπιβάτη.

Ο ρυθμός των παραβάσεων ήταν 35% ενώ η συχνότητά τους επηρεαζόταν από όλους τους παράγοντες που παρατηρήθηκαν εκτός από την ώρα και την ημέρα παρατήρησης. Η πλειοψηφία τους (69%) πραγματοποιήθηκε σε τετρασκελείς κόμβους, ενώ ένας στους δύο παραβάτες βρισκόταν μεταξύ 50 κα 100 μέτρων μέσα στην κυκλοφοριακή ροή ανάντη της γραμμής στάσης από την έναρξη της κόκκινης ένδειξης. Άνδρες οδηγοί ήταν πολύ πιο πιθανό (80%) να είναι παραβάτες, ενώ και για τους οδηγούς που ανήκαν στην ηλικιακή κατηγορία <26 ήταν πιο πιθανό να διέσχιζαν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη σε σχέση με τις άλλες ηλικιακές κατηγορίες. Ακόμη, οδηγοί που φορούσαν ζώνη ασφαλείας ήταν 70% λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση, ενώ η παρουσία συνεπιβατών συνεπαγόταν 30% χαμηλότερη πιθανότητα της παραβατικότητας. Τέλος, και το μέγεθος του οχήματος επηρέαζε την παραβατικότητα καθώς μεσαία και μεγάλα οχήματα ήταν πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη σε σύγκριση με τα σεντάν οχήματα. Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την παραβατικότητα ήταν η διάρκεια του κύκλου του φωτεινού σηματοδότη, καθώς όσο αυξανόταν η διάρκειά του, τόσο πιο συχνές ήταν οι παραβάσεις.

Οι Porter and England (2000) με σκοπό να μειώσουν τα επικίνδυνα ατυχήματα διερεύνησαν τη συχνότητα και τα χαρακτηριστικά των παραβατών στις κόκκινες ενδείξεις του φωτεινού σηματοδότη. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποίησαν 5112 παρατηρήσεις οδηγών σε 6 σηματοδοτούμενους κόμβους σε 3 πόλεις της νότιας Βιρτζίνιας μεταξύ του Φεβρουαρίου και του Απριλίου του 1997.



Οι παρατηρήσεις οι οποίες κατεγράφηκαν αφορούσαν τον τελευταίο οδηγό που διέσχισε τον κόμβο και δεν καταγράφονταν όλοι οι παραβάτες οι οποίοι μπορεί να παραβίαζαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη

στον ίδιο κύκλο. Επιπλέον, όταν παρατηρούσαν δύο ή τρεις παραβάσεις ταυτόχρονα οι παρατηρητές επέλεξαν μία από αυτές. Τέλος, δεν συμπεριέλαβαν στις μετρήσεις τους οδηγούς οι οποίοι έστριβαν δεξιά στον κόμβο παρά μόνο αυτούς οι οποίοι συνέχιζαν είτε ευθεία είτε αριστερά. Από τις 5112 παρατηρήσεις καταγράφηκαν λεπτομερώς εκείνες οι οποίες αφορούσαν οδηγούς που διέσχισαν τον κόμβο με κίτρινη ή κόκκινη ένδειξη (n=3786).

Τα δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν ήταν:

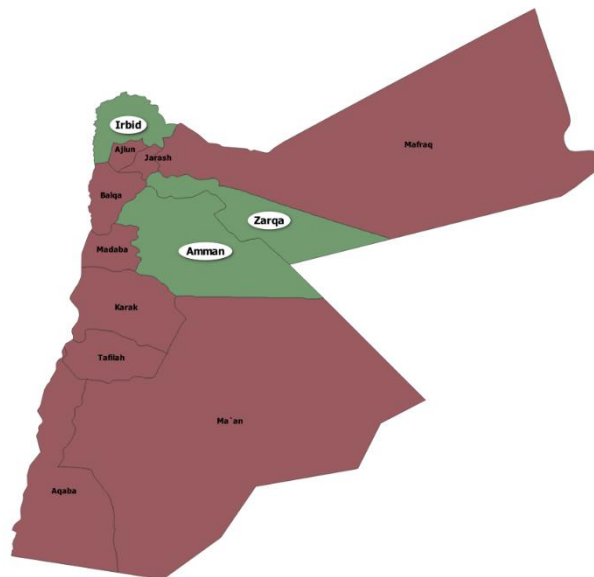
- Ο χρόνος έναρξης της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη
- Η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη όταν διέσχισε τον κόμβο το τελευταίο όχημα
- Το φύλο του οδηγού
- Η χρήση ζώνης ασφαλείας
- Η εκτιμώμενη ηλικία οδηγού
- Η εθνικότητα (Ασιατική, Αφροαμερικάνικη, Ισπανική κλπ)
- Η κατεύθυνση του οδηγού (αριστερά, δεξιά και ευθεία)
- Ο τύπος οχήματος (επιβατικά, δίκυκλα, λεωφορεία κλπ)
- Η χρονολογία μοντέλου του οχήματος

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από παρατηρητές σε δίωρα διαστήματα μεταξύ 3μ.μ.-6μ.μ. λόγω του ότι σε αυτά τα διαστήματα κατεγράφησαν τα περισσότερα ατυχήματα. Μετρήθηκαν τουλάχιστον 1798 παραβάσεις, οι οποίες αντιστοιχούν σε 10 παραβάσεις για κάθε μια ώρα παρατήρησης.

Η έρευνα για να διαφοροποιήσει τους οδηγούς που διέσχισαν τον κόμβο με κίτρινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη με αυτούς που τον διέσχισαν με κόκκινη χρησιμοποίησε ιεραρχικό βηματικό προς τα εμπρός λογιστικό μοντέλο παλινδρόμησης. Τα δύο είδη μεταβλητών για αυτή την παλινδρόμηση ήταν η περιοχή, ο καιρός, η ώρα (1<sup>η</sup> κατηγορία) και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά (ηλικία, φύλο, εθνικότητα, κατεύθυνση οδηγού, τύπος και χρονολογία οχήματος). Η περιοχή, μέσω του κυκλοφοριακού φόρτου και των διαστάσεων του κόμβου, επηρέαζε τον ρυθμό των παραβάσεων με τις παραβάσεις να αυξάνονται όσο αυξάνονταν ο κυκλοφοριακός φόρτος και ο αριθμός των λωρίδων. Όσον αφορά την επίδραση της ώρας (για το διάστημα της ημέρας που γινόταν), αυτή δεν ήταν σημαντική. Τέλος, από τα δημογραφικά χαρακτηριστικά αυτά που είχαν επιρροή ήταν η χρήση ζώνης ασφαλείας και η εθνικότητα. Οι οδηγοί που δεν φορούσαν ζώνη ασφαλείας ήταν πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, ενώ και οι Αφροαμερικάνοι ήταν πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση. Τέλος, η έρευνα δεν αξιολόγησε τα ιστορικά των οδηγών και δεν χρησιμοποιήθηκαν τα ηλικιακά δεδομένα.

Οι Al-Omari και Al-Masaeid (2003) διερεύνησαν παραβάσεις που καταγράφηκαν σε κόμβους της Ιορδανίας. Οι παρατηρήσεις συλλέχθηκαν από 15 σηματοδοτούμενους κόμβους της Ιορδανίας στις περιοχές Αμάν, Ζάρκα, και Ιρμπίντ. Οι κόμβοι που επιλέχθηκαν ήταν σε υπεραστικές και προαστιακές περιοχές ώστε να αποφευχθεί η αστυνομική παρουσία η οποία μπορεί να είχε επιρροή πάνω στην οδηγική συμπεριφορά.

Οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη του 2000 τις πρωινές ώρες αιχμής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στους 1190 οδηγούς που είχαν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν παράβαση οι 153 υπέπεσαν σε παράβαση. Βρέθηκαν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά όπως είναι η ηλικία και ο τύπος του οχήματος το είδος του κόμβου, ο κυκλοφοριακός φόρτος και η ταχύτητα με την οποία οι οδηγοί προσεγγίζουν τον κόμβο. Το φύλο δεν εξετάστηκε καθώς είναι πολύ χαμηλό το ποσοστό των γυναικών το οποίο οδηγεί στην Ιορδανία.



Πιο αναλυτικά αναλύθηκαν τρεις ηλικιακές κατηγορίες (18-30, 31-50 και >50), τρεις τύποι οχήματος (επιβατικά οχήματα, οχήματα τύπου ταξί λεωφορείου και βανάκια καθώς και τύπου φορτηγών). Οχήματα τα οποία είχαν προπορευόμενο όχημα, το οποίο είχε τη δυνατότητα για παράβαση αλλά δεν την διέπραξαν, δεν καταχωρήθηκαν στις μετρήσεις καθώς δεν είχαν τη δυνατότητα για παράβαση εξαιτίας του προπορευόμενου οχήματος.

Η κάθε κατηγορία αξιολογήθηκε με Pearson τεστ  $\chi^2$ . Οι νέοι οδηγοί (18-30) παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ποσοστό παραβατικότητας, ενώ παρεμφερές ποσοστό αλλά λίγο χαμηλότερο παρουσιάζουν οι ηλικίες 31-50. Το χαμηλότερο με διαφορά ποσοστό παρατηρήθηκε στην τρίτη ηλικιακή κατηγορία των 50 ετών και άνω. Όσον αφορά τον τύπο του οχήματος το μεγαλύτερο ποσοστό παραβατικότητας παρουσίασαν τα φορτηγά οχήματα, ενώ παρεμφερείς τιμές παρουσιάζουν τα μικρά οχήματα. Το χαμηλότερο ποσοστό παρατηρήθηκε στα ταξί και τα βαν. Επιπλέον τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι ο τύπος του κόμβου δεν είχε ιδιαίτερη σημασία. Τέλος, σημειώθηκε ότι όσο ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξανόταν τόσο μειωνόταν η παραβατικότητα.

Οι Retting et al. (1998) μελέτησαν την παραβατική συμπεριφορά σε έναν κόμβο στο Άρλινγκτον της Βιρτζίνια. Οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο μέσω κάμερας όσο και μέσω παρατηρητών. Συνολικά καταγράφηκαν 1373 παρατηρήσεις με 464 παραβάσεις της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη σε 234 ώρες παρατήρησης.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις οι παραβάτες ήταν πιο πιθανό να είναι νεότεροι σε ηλικία, να μην χρησιμοποιούν τη ζώνη ασφαλείας, να έχουν φτωχότερο οδηγικό ιστορικό και να οδηγούν μικρότερα και παλαιότερα οχήματα. Τέλος, δεν εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις με βάση το φύλο του οδηγού.

Οι Alver et al. (2014) επικεντρώθηκαν στην παραβατική συμπεριφορά των νεότερων ηλικιών (18-29) με σκοπό να διερευνήσουν τη σχέση μεταξύ οδηγικής συμπεριφοράς καθώς και οδηγικών παραβάσεων με τους νεότερους οδηγούς. Η επιλογή αυτής της ηλικιακής κατηγορίας πραγματοποιήθηκε καθώς είναι εκείνη η οποία εμπλέκεται πιο συχνά σε ατυχήματα και έχει την

τάση να παραβιάζει τους κώδικες οδηγικής κυκλοφορίας σε σχέση με τις άλλες ηλικιακές κατηγορίες.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου σε τέσσερις πόλεις της Τουρκίας (Αϊδίνιο, Ιζμίρ, Μανίσα και Ουσάκ). Συνολικά ρωτήθηκαν 2057 άτομα για να καθοριστεί η οδηγική συμπεριφορά σε



σχέση με τα κοινωνικά χαρακτηριστικά, την κουλτούρα και την εκπαίδευση. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε συνολικά 64 ερωτήσεις. Τμήμα του ερωτηματολογίου στόχευε στον προσδιορισμό χαρακτηριστικών όπως ηλικία, φύλο, εκπαιδευτική κατάσταση και εισόδημα ενώ το άλλο στην παρουσίαση του οδηγικού προφίλ του εκάστοτε ερωτηθέντα.

Για την παραβατική συμπεριφορά μελετήθηκε η παραβίαση της κόκκινη ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, η μη χρήση ζώνης ασφαλείας, η παραβίαση του ορίου ταχύτητας και η οδήγηση υπό την επήρεια αλκοόλ ή ουσιών. Όσον αφορά την παραβίαση της κόκκινης ένδειξης το δείγμα κρίθηκε ανεπαρκές καθώς από τους 2057 ερωτηθέντες μόλις οι 53 δήλωσαν ότι έχουν υποπέσει σε τέτοια παράβαση. Για τη μη χρήση ζώνης ασφαλείας αποκλείστηκαν τα άτομα τα οποία χρησιμοποιούν πάντα τη ζώνη ασφαλείας σύμφωνα με τις απαντήσεις τους. Οι οδηγοί χρησιμοποιούν τη ζώνη ασφαλείας πιο συχνά σε οδούς δύο κατευθύνσεων (αδιαίρετες ή διαιρεμένες) και αυτοκινητόδρομους σε σχέση με αστικές οδούς. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απουσία συνεπιβάτη αυξάνει τις πιθανότητες μη χρήσης ζώνης ασφαλείας από τους οδηγούς. Τέλος, οι άντρες τείνουν να χρησιμοποιούν τη χρήση ζώνης ασφαλείας περισσότερο σε σχέση με το γυναικείο φύλο στην περιοχή Ιζμίρ. Επιπλέον, η πιθανότητα παραβίασης του ορίου ταχύτητας αυξάνεται όταν οι συνεπιβάτες είναι φίλοι του οδηγού ενώ αν πρόκειται για συγγενικά του πρόσωπα τότε μειώνεται. Ακόμη οι οδηγοί οι οποίοι έχουν λάβει κλήση για μη χρήση ζώνης ασφαλείας και για παραβίαση του ορίου ταχύτητας τείνουν να σέβονται τα όρια ταχύτητας λιγότερο σε σύγκριση με τους οδηγούς με φτωχό οδηγικό ιστορικό. Τέλος, η παρουσία συγγενικών προσώπων μειώνει την πιθανότητα οδήγησης υπό την επήρεια αλκοόλ ή άλλων ουσιών ενώ οδηγοί που χρησιμοποιούν το κινητό τους τηλέφωνο ή έχουν λάβει κλήση λόγω παραβίασης της κόκκινης ένδειξης έχουν τάση να οδηγούν περισσότερο υπό την επήρεια αλκοόλ ή άλλων ουσιών.

Ο Χήρας (2019) διερεύνησε τους παράγοντες που επηρεάζουν την παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη από τους οδηγούς. Η έρευνα διεξήχθη στην περιοχή της Αθήνας με χρήση ερωτηματολογίου, ο σχεδιασμός του οποίου πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των εκδηλωμένων προτιμήσεων. Στην έρευνα πεδίου που πραγματοποιήθηκε πρόσωπο με πρόσωπο συμμετείχαν 102 οδηγοί οχημάτων οι οποίοι επιλέχθηκαν με τυχαία δειγματοληψία και άλλοι 252 συμμετέχοντες συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο ηλεκτρονικά.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο των διακριτών επιλογών με την οποία αναπτύχθηκαν μοντέλα probit. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι οδηγοί επηρεάζονται κυρίως από

τους αυξημένους κυκλοφοριακούς φόρτους στις καθημερινές τους διαδρομές. Επιπλέον η παραβίαση του φωτεινού σηματοδότη δε συσχετίζεται με τη μη χρήση ζώνης ασφαλείας ή κράνους ή με την εμπειρία οδήγησης. Ακόμη εντοπίστηκε συσχέτιση με τους οδηγούς που κάνουν επαγγελματική χρήση του οχήματός τους, οι οποίοι τείνουν να παραβιάζουν περισσότερο την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Ένα ακόμα συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι ότι η αύξηση στον αριθμό των προστίμων από την αστυνομία δεν δείχνει να μεταβάλλει προς το καλύτερο την παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Τέλος σημαντικό ρόλο στην παραβατική συμπεριφορά των οδηγών παίζουν και άλλες παράμετροι όπως το φύλο, η ηλικία και το εισόδημα. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως οι άνδρες είναι πιο επιρρεπής συγκριτικά με τις γυναίκες στην παραβίαση του φωτεινού σηματοδότη, ενώ οι μεγαλύτερες ηλικίες και άτομα με μεγαλύτερα εισοδήματα παρουσιάζουν μικρότερη πιθανότητα να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά δύο πίνακες που αφορούν το δείγμα, τις συνθήκες μετρήσεων, τις μεθόδους ανάλυσης και τους παράγοντες που παρατηρήθηκαν για τις προαναφερθείσες έρευνες.

Πίνακας 2.2 Δείγματα και συνθήκες μετρήσεων ερευνών

	ΔΕΙΓΜΑ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
A field investigation of red-light-running in Shanghai, China (2016)	621 μετρήσεις Παρατηρητές και κάμερα	4 κόμβοι 8 κύριος άξονας και 6 ο δευτερεύον οι 2 8 κύριος άξονας και 5 ο δευτερεύον η 1 8 κύριος άξονας και 8 ο δευτερεύον η 1 7:00π.μ. - 10:00π.μ.
A nationwide survey of self reported RLR (2001)	880 οδηγοί Ερωτηματολόγιο	-
Analysis of Driver and Vehicle Characteristics Involved in RLR, ISFAHAN IRAN (2020)	9765 οδηγοί	Ανάλυση ατυχημάτων
Characteristics of red light running violations in urban areas in Tabuk, Saudi Arabia (2014)	Κατά μ.ό. 503 παραβάσεις για κάθε κόμβο	38 κόμβοι 17 Σεπτεμβρίου με 24 Οκτωβρίου Εργάσιμες μέρες 6:00π.μ. -10:00π.μ. και 6:00μ.μ.- 9:00μ.μ.
Characteristics of Red Light Violators Results of a field investigation (1996)	1373 παρατηρήσεις Παρατηρητές και κάμερα	1 κόμβος 8 κύριος άξονας 4 ο δευτερεύοντας 9:00 π.μ. – 5:00 μ.μ.
Classification analysis of drivers' stop/go decision (2009)	1292 οδηγοί Κάμερα	Οδός ταχείας κυκλοφορίας Μελέτη της μια κατεύθυνσης του δρόμου με 5 λωρίδες εκ των οποίων 1 αποκλειστική δεξιά και 1 αποκλειστική αριστερή 1:30μ.μ. - 6:00 μ.μ.
Examining driver behavior using data gathered from red light photo enforcement cameras (2007)	46997 παραβάσεις Κάμερες	11 κόμβοι
Influences of motorcycle rider and driver characteristics and road environment on red light running behavior at signalized intersections (2018)	45806 μοτοσυκλετιστές και 45724 οδηγοί οχημάτων (στο ερωτηματολόγιο) Κάμερα και ερωτηματολόγιο	92 κόμβοι
Modelling risk factors for red light violation in the Kumasi Metropolis, Ghana (2020)	2911 παρατηρήσεις παρατηρητές	10 αστικοί κόμβοι 6:30π.μ.-8:30π.μ. , 12:00μ.μ.-2:00μ.μ. και 4:00-6:00μ.μ. 8-17 Μαρτίου



Predicting Red-Light Running Behavior: A Traffic Safety Study in Three Urban Settings (2000)	5112 παρατηρήσεις Παρατηρητές	6 αστικοί κόμβοι 3:00μ.μ.-6:00μ.μ.
Red Light Violations at Rural and Suburban Signalized Intersections in Jordan (2003)	1190 οδηγοί	15 κόμβοι αγροτικές και προαστιακές Πρωινές ώρες αιχμής
Red-Light Running and Sensible Countermeasures Summary of Research Findings (1998)	1373 παρατηρήσεις Παρατηρητές και κάμερα	1 κόμβος
Interaction between socio-demographic characteristics: Traffic rule violations and traffic crash history for young drivers (2014)	2057 άτομα Ερωτηματολόγιο	-

Πίνακας 2.3 Μέθοδος ανάλυσης αποτελεσμάτων και παράγοντες που ερευνηθήκαν

	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΣΤΗΚΑΝ
A field investigation of red-light-running in Shanghai, China (2016)	Συνήθης λογιστική παλινδρόμηση (για χαρακτηριστικά πεζών) Random effects logistic regression (για χαρακτηριστικά διασταυρώσεων)	Κατεύθυνση στον κόμβο Θέση οχήματος στην κυκλοφοριακή ροή Τύπος και μέγεθος οχήματος Φύλο Παρουσία επιβατών Χρήση ζώνη ή κινητού
A nationwide survey of self reported RLR (2001)	Forward stepwise hierarchical logistic regression	Ηλικία Παρουσία συνεπιβάτη Φύλο
Analysis of Driver and Vehicle Characteristics Involved in RLR, ISFAHAN IRAN (2020)	Classification and regression trees for machine learning	Φύλο Ηλικία Τύπος οχήματος
Characteristics of red light running violations in urban areas in Tabuk, Saudi Arabia (2014)	Στατιστικοί παράμετροι(μ.ό. κλπ.) t-test , έλεγχος $\chi^2$ στατιστική παλινδρόμηση	Ώρα ημέρας Ταχύτητα παραβάσεων Αριθμός και πλάτος λωρίδων / τύπος κόμβου Κυκλοφοριακός φόρτος / κύκλος φ.σ.
Characteristics of Red Light Violators Results of a field investigation (1996)	έλεγχος $\chi^2$	Τύπος και χρονολογία οχήματος Φύλο και ηλικία Χρήση ζώνης
Classification analysis of drivers' stop/go decision (2009)	Ανάλυση διασποράς Classification tree model	Απόσταση από φ.σ. και λωρίδα κυκλοφορίας Ταχύτητα και θέση οχήματος Τύπος οχήματος
Examining driver behavior using data gathered from red light photo enforcement cameras (2007)	Λογιστική παλινδρόμηση	Ηλικία Ταχύτητα και όχημα Συσχετισμός χρόνου και ηλικίας Μέρα και ώρα
Influences of motorcycle rider and driver characteristics and road environment on red light running behavior at signalized intersections (2018)	Binary regression logistic model Multiple linear regression	Ηλικία και φύλο Χρήση κράνου/ζώνης Παρουσία συνεπιβάτη Τύπος μοτοσικλέτας Αριθμός και πλάτος λωρίδων Ώρα και κατεύθυνση στον κόμβο Διάρκεια κίτρινης ένδειξης και ταχύτητα
Modelling risk factors for red light violation in the Kumasi Metropolis, Ghana (2020)	Δυαδικό logistic μοντέλο	Ηλικία και φύλο Χρήση ζώνης και παρουσία συνεπιβάτη Ώρα και ημέρα Τύπος οχήματος και κόμβο Διάρκεια φ.σ. και απόσταση οχήματος
Predicting Red-Light Running Behavior: A Traffic Safety Study in Three Urban Settings (2000)	Hierarchical forward step logistic regression model	Φύλο και ηλικία Τύπος και χρονολογία οχήματος Χρήση ζώνης Κυκλοφοριακός φόρτος και ώρα
Red Light Violations at Rural and Suburban	Pearson τεστ $\chi^2$	Ηλικία Τύπος οχήματος και κόμβο Κυκλοφοριακός φόρτος και ταχύτητα

Signalized Intersections in Jordan (2003)		
Red-Light Running and Sensible Countermeasures Summary of Research Findings (1998)	-	Ηλικία και φύλο Χρήση ζώνης Τύπος και μέγεθος οχήματος
Interaction between socio-demographic characteristics: Traffic ruleviolations and traffic crash history for young drivers (2014)	Λογαδικό logistic μοντέλο	Ηλικία και φύλο Εκπαιδευτική κατάσταση Εισόδημα Χρήση ζώνης Παρουσία συνεπιβάτη Οδηγικό ιστορικό

**2.4 Μέτρα αντιμετώπισης της παραβατικής συμπεριφοράς στους φωτεινούς σηματοδότες**  
Όπως έχει σημειωθεί η παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη είναι μια από τις κυριότερες παραβάσεις των οδηγών και σχετίζονται με πρόκληση οδικών ατυχημάτων. Για τον σκοπό αυτό κρίνεται κρίσιμο να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό αυτού του φαινομένου.

Οι Retting et al. (1998) διαχώρισαν τα αντίμετρα σε μηχανικά μέτρα και μέτρα επιβολής. Η παρουσία φωτεινών σηματοδοτών σε διασταυρώσεις με χαμηλό κυκλοφοριακό φόρτο συμβάλλει στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη και κατά συνέπεια στην αύξηση της πιθανότητας να σημειωθεί κάποιο ατύχημα. Έτσι η αντικατάσταση του φωτεινού σηματοδότη, σε διασταυρώσεις με χαμηλό κυκλοφορικό φόρτο, με πινακίδες παραχώρησης προτεραιότητας κρίνεται πιο ασφαλής.

Ένα άλλο αντίμετρο που προτείνεται από την εν λόγω έρευνα είναι η ορθή επιλογή της διάρκειας της κίτρινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Η αύξηση της διάρκειας του φωτεινού σηματοδότη μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των οχημάτων που διέρχονται στον κόμβο με κόκκινη ένδειξη όπως αναφέρουν τόσο οι Retting et al. (1998) όσο και οι Retting και Williams (1996). Ανεπαρκή διαστήματα της κίτρινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη μπορεί να οδηγήσουν τους οδηγούς να εισέλθουν στον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη. Η απόφαση του οδηγού σε τέτοιες περιπτώσεις εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινείται καθώς και από την απόσταση του από τον φωτεινό σηματοδότη. Για τον προσδιορισμό του κατάλληλου διαστήματος της κίτρινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη η ITE (1998) έχει προτείνει κάποιες εξισώσεις.

Ακόμη ένα μέτρο που προτείνεται από τους Retting et al. (1998) είναι η επιβολή καμερών από τις οποίες μπορούν να φωτογραφηθούν οι πινακίδες των οχημάτων τα οποία παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη. Με αυτή την μέθοδο μπορούν να περιοριστούν οι παραδοσιακές μέθοδοι επιβολής του νόμου με τη φυσική παρουσία του αστυνομικού, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι επικίνδυνο. Τον ίδιο τρόπο για την αντιμετώπιση της παραβίασης του κόκκινου σηματοδότη προτείνουν και οι Retting και Williams (1996) καθώς η πιθανή καταδίωξη του παραβάτη από τους αστυνομικούς μέσα στον κυκλοφοριακό φόρτο της πόλης μπορεί να αποδειχθεί μοιραία τόσο για τους αστυνομικούς όσο και για τα λοιπά οχήματα που κινούνται στο δίκτυο αλλά και για τους πεζούς. Μια έρευνα σε τυχαίο δείγμα οδηγών στην περιοχή της Βρετανικής Κολούμπια του Καναδά από τους Zuo και Cooper (1991) φανέρωσε ότι η πλειοψηφία των οδηγών (70%-82%) έχει θετική άποψη για το συγκεκριμένο μέτρο.

Οι Jensupakarn και Kanitprong (2018) ως ένα επιπλέον μέτρο προτείνουν τους φωτεινούς σηματοδότες με χρονομετρημένη την εκάστοτε φάση του φωτεινού σηματοδότη. Με αυτό τον τρόπο οι παραβάτες της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη μπορεί να μειωθούν καθώς οι οδηγοί θα έχουν την δυνατότητα να υπολογίσουν αν μπορούν να διασχίσουν τον κόμβο με ασφάλεια ή αν θα πρέπει να μειώσουν ταχύτητα και να ακινητοποιήσουν το όχημά τους.

Οι Porter και Berry (2001) μέσω ερωτηματολογίου αναζήτησαν ιδέες από τους οδηγούς για την αντιμετώπιση της παραβατικής συμπεριφοράς. Οι περισσότερες ιδέες αφορούσαν αστυνόμευση, αύξηση του προστίμου και φωτογράφιση των παραβατών. Ακόμη προτάθηκε και η εκπαίδευση πάνω στο αντίστοιχο ζήτημα.

Οι κυκλικοί κόμβοι, όπου αυτοί είναι δυνατό να κατασκευαστούν μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Οι οδηγοί που εισέρχονται σε έναν κυκλικό κόμβο υποχρεώνονται να μειώσουν την ταχύτητα εισόδου τους μειώνοντας έτσι και τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στη Μεγάλη Βρετανία (NCHRP, 2010) έδειξαν λιγότερα ατυχήματα σε σχέση με τους σηματοδοτούμενους κόμβους για τα ίδια επίπεδα κυκλοφοριακού φόρτου.

Τέλος, ένα ακόμη μέτρο που προτείνουν οι Felicio et al. (2015) είναι η βελτίωση του φωτισμού στους κόμβους. Η έρευνα τους έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας το ποσοστό ατυχημάτων είναι μεγαλύτερο από αυτό κατά την διάρκεια την ημέρας. Το γεγονός αυτό οφείλεται και στη μειωμένη ορατότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Έτσι, ο σωστός φωτισμός των κόμβων κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο οποίος μπορεί να πραγματοποιηθεί με ηλεκτροφωτισμό, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα οδήγησης κατά τις νυχτερινές ώρες.



## 3. ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

### 3.1 Εισαγωγή

Η έρευνα είναι μια λογική και συστηματική αναζήτηση νέων και χρήσιμων πληροφοριών για ένα συγκεκριμένο θέμα. Πρόκειται για τη διαδικασία εύρεσης λύσεων σε επιστημονικά και κοινωνικά προβλήματα μέσω αντικειμενικής και συστηματικής ανάλυσης (Isaac and Michael, 1971).

Ένα από τα πιο σημαντικά στάδια στον τομέα των συγκοινωνιακών ερευνών είναι η συλλογή δεδομένων. Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες και προσεγγίσεις συλλογής δεδομένων, όπως: σημειακές κυκλοφοριακές μετρήσεις (π.χ. με ανιχνευτές, κάμερες, αισθητήρες τύπου radar/laser/infrared), μετρήσεις διαδρομής (π.χ. με χρήση ανίχνευσης Bluetooth, ανάγνωση πινακίδας κυκλοφορίας, GPS, κινητά τηλέφωνα) και έρευνες πεδίου (ερωτηματολόγιο, road side surveys, διαδικτυακές, τηλεφωνικές) (Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015). Για τη συλλογή δεδομένων στο πεδίο για την εν λόγω διπλωματική εργασία έγινε χρήση κάμερας καθώς επίσης και επί τόπου παρατηρήσεων παραμέτρων. Η χειροκίνητη καταγραφή δεδομένων αν και δεν αποτελεί τεχνολογία συλλογής δεδομένων, είναι απαραίτητη καθώς θα ήταν ανεπαρκής η πλήρης κατανόηση των συμβάντων αν χρησιμοποιούταν αποκλειστικά η βιντεοκάμερα για την έρευνα πεδίου.

### 3.2 Επιλογή κόμβων μελέτης

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο κόμβους που λειτουργούν με φωτεινή σηματοδότηση. Για την επιλογή των κόμβων έπρεπε να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί που υπήρχαν καθώς επίσης να πληρούνται και κάποια κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, δεν θα μπορούσε να επιλεγεί κόμβος με περισσότερες από δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και αυτό διότι οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν από ένα άτομο και ο ταυτόχρονος προσδιορισμός πολλών παραμέτρων για μεγάλο αριθμό οχημάτων θα μπορούσε να οδηγήσει σε εσφαλμένες και ελλιπείς παρατηρήσεις. Η χρήση κάμερας δεν θα μπορούσε να βοηθήσει στο εν λόγω πρόβλημα καθώς αρκετές παράμετροι προσδιορίζονταν επί τόπου στο πεδίο των παρατηρήσεων από τον παρατηρητή. Ένα ακόμα κριτήριο στην επιλογή των κόμβων ήταν και η ύπαρξη σχετικά υψηλού φόρτου οχημάτων ώστε να υπάρξει και αρκετά μεγάλος αριθμός δείγματος που θα οδηγήσει και σε καλύτερα στατιστικά μοντέλα και συμπεράσματα.

Τελικά οι κόμβοι που επιλέχθηκαν ήταν οι Πέτρου Ράλλη – Ηφαίστου και Αγκιάλου – Αγίου Δημητρίου. Ο κόμβος Πέτρου Ράλλη – Ηφαίστου αποτελείται από έναν άξονα με δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και έναν άλλο άξονα με μια λωρίδα κυκλοφορίας. Στο κόμβο Αγκιάλου – Αγίου Δημητρίου και οι δύο άξονες αποτελούνται από μια λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η διαφοροποίηση στον αριθμό των λωρίδων κατεύθυνσης στους δύο κόμβους ήταν συνειδητή, καθώς μια από τις παραμέτρους που παρατηρήθηκαν ήταν και ο αριθμός των λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Ακόμη λόγω του περιορισμού στην επιλογή του αριθμού των λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση επιλέχθηκε ο μέγιστος δυνατός αριθμός λωρίδων (δύο λωρίδες) για τον ένα κόμβο.

### 3.2.1 Πέτρου Ράλλη-Ηφαίστου

Ο ένας από τους δύο κόμβους που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν η Πέτρου Ράλλη-Ηφαίστου. Ο κόμβος αυτός βρίσκεται στην περιοχή της Νίκαιας και στο παρακάτω απόσπασμα φαίνεται η πανοραμική άποψη του.



Σχήμα 3.1 Πανοραμική άποψη κόμβου Πέτρου Ράλλη-Ηφαίστου ( Πηγή: Google maps)

Ο κυκλοφοριακός φόρτος των οχημάτων τα οποία κινούνται επί της Πέτρου Ράλλη είναι ιδιαίτερα υψηλός καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, ενώ παρατηρείται και μεγάλος αριθμός οδηγών οι οποίοι παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Επιπλέον συχνά υπάρχουν και πεζοί οι οποίοι επιθυμούν να διασχίσουν κάθετα τον δρόμο μέσω της διάβασης πεζών που υπάρχει.

Οι οδηγοί που κινούνται επί της Πέτρου Ράλλη κατευθύνονται κυρίως προς περιοχές όπως το Αιγάλεω, ο Πειραιάς και το Κερατσίνι, ενώ μπορεί να προέρχονται από περιοχές όπως η Νίκαια το Πέραμα. Παρακάτω φαίνεται η πρόσβαση που εξετάστηκε επί της Πέτρου Ράλλη.



Σχήμα 3..2 Άξονας Πέτρου Ράλλη (Πηγή: Google maps)

Αντίθετα ο κυκλοφοριακός φόρτος των οχημάτων που κινούνται επί της Ηφαίστου είναι χαμηλός συγκριτικά με αυτόν της Πέτρου Ράλλη. Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί σε αυτό το ρεύμα είναι ότι υπάρχει ένας σχετικά υψηλός ρυθμός παραβιάσεων της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Η πιο πιθανή εξήγηση είναι το γεγονός ότι η πράσινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα σε αντίθεση με την κόκκινη ένδειξη που διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι οι οδηγοί για να εξοικονομήσουν χρόνο επιλέγουν, όταν έχουν την ευκαιρία και σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα μετά την κόκκινη ένδειξη, να παραβιάσουν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

Οι οδηγοί που κινούνται επί της Ηφαίστου κατευθύνονται κυρίως προς περιοχές όπως το Αιγάλεω, ο Πειραιάς, το Κερατσίνι, ενώ μπορεί να προέρχονται από περιοχές όπως αυτή της Νίκαιας. Παρακάτω φαίνεται η εξεταζόμενη πρόσβαση επί της Ηφαίστου.

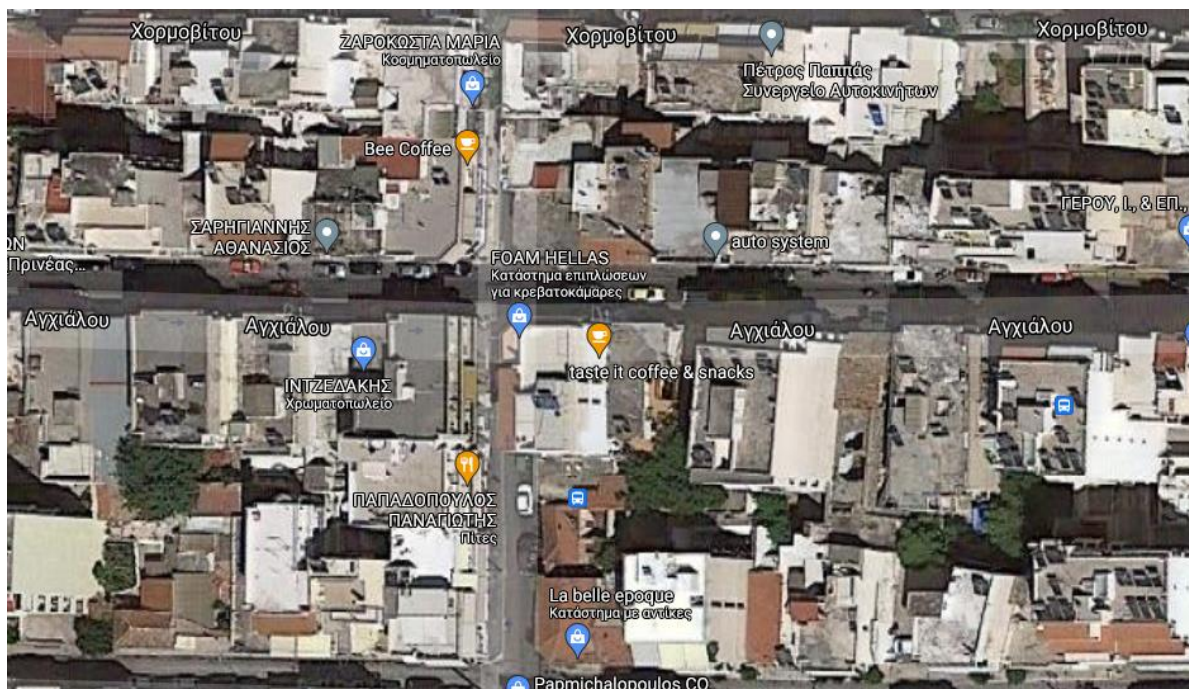




Σχήμα 3.3 Άξονας Ηφαίστου (Πηγή: Google maps)

### 3.2.2 Αγίου Δημητρίου-Αγχιάλου

Ο δεύτερος κόμβος που πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις ήταν αυτός της Αγίου Δημητρίου-Αγχιάλου. Ο κόμβος αυτός βρίσκεται στην περιοχή του Πειραιά και στο παρακάτω απόσπασμα φαίνεται η πανοραμική άποψη του.



Σχήμα 3.4 Πανοραμική άποψη κόμβου Αγίου Δημητρίου-Αγχιάλου (Πηγή: Google maps)

Ο κυκλοφοριακός φόρτος επί της Αγχιάλου είναι σχετικά υψηλός με τον αριθμό των παραβάσεων να είναι σχετικά υψηλός αλλά όπως είναι και προφανές χαμηλότερος από το ρεύμα της Πέτρου Ράλλη που έχει δύο λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση.

Τα οχήματα που κινούνται επί του ρεύματος αυτού συνήθως μπορεί να προέρχονται από περιοχές όπως το Πέραμα, το Κερατσίνι η Νίκαια και κατευθύνονται κατά κύριο λόγο προς τον Πειραιά. Στο παρακάτω απόσπασμα φαίνεται η εξεταζόμενη πρόσβαση επί της Αγχιάλου.



Σχήμα 3.5 Άξονας Αγχιάλου (Πηγή: Google maps)

Ο κυκλοφοριακός φόρτος στο ρεύμα της Αγίου Δημητρίου είναι λίγο χαμηλότερος από αυτόν της οδού Αγχιάλου. Λόγω των έργων που πραγματοποιούνται στην περιοχή για το μετρό της Αγίας Σοφίας ο δρόμος της Αιτωλικού (παράλληλος δρόμος της Αγίου Δημητρίου) έχει αποκλειστεί στο ύψος της περιοχής των έργων. Για αυτό τον λόγο πολλά οχήματα επιλέγουν τη διαδρομή μέσω της οδού του Αγίου Δημητρίου για να μετακινηθούν και έτσι ο κυκλοφοριακός φόρτος στην εν λόγω οδό είναι αυξημένος συγκριτικά με τα προηγούμενα χρόνια.

Τα οχήματα τα οποία κινούνται σε αυτό το ρεύμα προέρχονται κατά κύριο λόγο από τον Πειραιά και μπορεί να κατευθύνονται σε περιοχές όπως η Νίκαια, το Πέραμα και το Κερατσίνι. Στο παρακάτω απόσπασμα φαίνεται ο άξονας της Αγίου Δημητρίου.





Σχήμα 3.6 Άξονας Αγίου Δημητρίου (Πηγή: Google maps)

### 3.3 Συλλογή δεδομένων - Εξοπλισμός συλλογής δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε τόσο μέσω παρατηρήσεων από τον παρατηρητή όσο και μέσω καταγραφής οπτικοακουστικού υλικού με τη χρήση βιντεοκάμερας. Η υλοποίηση των μετρήσεων δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί δίχως τη βοήθεια ενός από τους προαναφερθέντες τρόπους συλλογής δεδομένων. Ο λόγος είναι ο μεγάλος όγκος δεδομένων που έπρεπε να καταγραφούν ταυτόχρονα καθώς επίσης και στους περιορισμούς που ο κάθε ένας τρόπος μπορεί να έχει, όπως για παράδειγμα ο ευκρινής προσδιορισμός της ηλικίας του οδηγού μέσω της βιντεοκάμερας οπότε και προσδιορίστηκε μέσω των παρατηρήσεων από τον παρατηρητή. Τα οχήματα τα οποία καταγράφονταν ως παρατηρήσεις ήταν εκείνα τα οποία παραβίαζαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη (παραβάτες) καθώς επίσης και εκείνα που ενώ είχαν την δυνατότητα να την παραβιάσουν δεν το διέπρατταν (μη-παραβάτες). Τα οχήματα τα οποία θεωρήθηκαν ότι είχαν την ευκαιρία να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη ήταν εκείνα που προπορεύονταν της ουράς των αυτοκινήτων και κατέφθαναν στον κόμβο εντός ολίγων δευτερολέπτων.

#### 3.3.1 Συλλογή δεδομένων μέσω βιντεοκάμερας

Η βιντεοκάμερα που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις ήταν η Sony HDR-CX116 HD. Πρόκειται για μια βιντεοκάμερα με αισθητήρα Exmor R CMOS μεγέθους 1/4", ανάλυση 3.1MP που χρησιμοποιεί φακό Carl Zeiss με δυνατότητα 25 φορές οπτικού ζουμ χωρίς αλλοίωση της ανάλυσης. Η διάρκεια βιντεοσκόπησης με την εν λόγω βιντεοκάμερα είναι δύο ώρες σε 1080p HD.



Σχήμα 3.7 Βιντεοκάμερα Sony HDR-CX116

Το κυριότερο μέλημα στην τοποθέτηση της κάμερας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν να μπορεί ο παρατηρητής, όταν θα παρακολουθεί το οπτικοακουστικό υλικό, να διακρίνει με ευκρίνεια την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη καθώς επίσης να μπορεί να καταγράφει τις παραμέτρους που επιθυμεί. Πιο συγκεκριμένα, να μπορεί να καταλαβαίνει πότε ο φωτεινός σηματοδότης έχει κόκκινη ένδειξη και πότε πράσινη έτσι ώστε να είναι δυνατός ο διαχωρισμός των οδηγών σε παραβάτες και μη. Η πρώτη επιλογή που θα μπορούσε να γίνει ήταν να τοποθετηθεί η κάμερα στο πεζοδρόμιο του μελετώμενου άξονα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ευδιάκριτος ο φωτεινός σηματοδότης των οδηγών. Στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε μια τέτοια πιθανή διάταξη. Με πορτοκαλί βέλος προσδιορίζεται η περιοχή τοποθέτησης της κάμερας ενώ με πράσινο βέλος το σημείο παρατήρησης της κάμερας, ώστε να είναι εμφανές το στάδιο του φωτεινού σηματοδότη των οχημάτων.



Σχήμα 3.8 Πιθανή τοποθέτησης βιντεοκάμερας για παρατηρήσεις



Αυτή η επιλογή τοποθέτησης της βιντεοκάμερας απορρίφθηκε καθώς θα καθιστούσε κάποιες παραμέτρους δυσδιάκριτες όπως για παράδειγμα το φύλο και την ηλικία του οδηγού, λόγω της γωνίας μεταξύ του οπτικού πεδίου της βιντεοκάμερας και της κίνησης των οχημάτων. Πέραν τούτου, καθώς μια τέτοια δυσκολία θα μπορούσε να λυθεί από τον παρατηρητή με μερικές επιπλέον παρατηρήσεις, η παρουσία βιντεοκάμερας σε εμφανές σημείο θα μπορούσε να αποθαρρύνει τους οδηγούς των οχημάτων να συμπεριφερθούν χωρίς κάποια επίδραση στην επιλογή που θα πραγματοποιούσαν χωρίς την παρουσία της βιντεοκάμερας. Ένα τέτοιο γεγονός θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της εγκυρότητας των μετρήσεων, καθώς η συμπεριφορά των οδηγών θα ήταν πολύ πιθανό να επηρεαστεί από την παρουσία της βιντεοκάμερας. Δηλαδή, οι οδηγοί να αλλάξουν την απόφασή τους σχετικά με το αν θα διασχίσουν ή όχι με κόκκινη ένδειξη τον κόμβο. Η εμφανής τοποθέτηση κάμερας θα μπορούσε ακόμα και να οδηγήσει τους οδηγούς σε απότομη πέδηση, καθώς θα καταλάβαιναν ότι βιντεοσκοπούνται, καθιστώντας πιθανό να προκληθεί κάποιο οδικό ατύχημα.

Η επόμενη επιλογή για την τοποθέτηση της βιντεοκάμερας ήταν να τοποθετηθεί στο κάθετο ρεύμα του μελετώμενου ρεύματος όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Με πορτοκαλί βέλος προσδιορίζεται η περιοχή τοποθέτησης της κάμερας, ενώ με πράσινο βέλος το σημείο παρατήρησης της κάμερας.



Σχήμα 3.9 Παράδειγμα τελικής τοποθέτησης βιντεοκάμερας για παρατηρήσεις

Αυτή τη φορά για τον προσδιορισμό της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη η βιντεοκάμερα παρατηρούσε τον φωτεινό σηματοδότη των πεζών. Πιο αναλυτικά, όταν η ένδειξη για τους πεζούς



ήταν κόκκινη για τα οχήματα ήταν πράσινη και όταν ήταν πράσινη για τους πεζούς για τα οχήματα ήταν κόκκινη. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αποσαφηνίσουμε την έννοια του κοινού κόκκινου που υπάρχει σε κάθε κόμβο αλλά δεν επηρεάζει τον προαναφερόμενο τρόπο παρατήρησης. Όταν στην διεύθυνση Βόρρα-Νότου ενός κόμβου ο φωτεινός σηματοδότης γίνεται κόκκινος τότε στη διεύθυνση Ανατολή-Δύση η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη παραμένει και αυτή κόκκινη για ένα διάστημα λίγων δευτερολέπτων και δεν γίνεται αυτομάτως πράσινη. Το διάστημα αυτό που και οι δύο φωτεινοί σηματοδότες έχουν κόκκινη ένδειξη ονομάζεται κοινό κόκκινο. Αυτό γίνεται για να δοθεί κάποιο χρονικό διάστημα στο όχημα το οποίο εισήλθε στον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη να εξέλθει από αυτή πριν αρχίσει η κίνηση σε εμπλεκόμενο ρεύμα. Το κοινό κόκκινο δεν επηρεάζει με κάποιο τρόπο την ένδειξη για τους πεζούς, καθώς όταν η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη στους πεζούς γίνεται κόκκινη τότε αυτομάτως για τα οχήματα γίνεται πράσινη, στον συγκεκριμένο κόμβο.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα της τοποθέτησης της κάμερας στον εν λόγω σημείο ήταν και το γεγονός ότι δεν μπορούσε να γίνεται αντιληπτή από τα διερχόμενα οχήματα. Με αυτό τον τρόπο οι οδηγοί θα ενεργούσαν δίχως την επιρροή που θα μπορούσε να έχει η ενδεχόμενη βιντεοσκόπησή τους στην επιλογή που θα έκαναν.

Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν μέσω του οπτικοακουστικού υλικού ήταν το φύλο του οδηγού, πληροφορίες που σχετίζονται με τους συνεπιβάτες (ύπαρξη ή όχι, αριθμός συνεπιβατών, αριθμός ανήλικων συνεπιβατών, αριθμός ενήλικων συνεπιβατών), τύπος του οχήματος, λωρίδα κυκλοφορίας οχήματος, ο χρόνος που μεσολάβησε από την κόκκινη ένδειξη μέχρι το όχημα να ακινητοποιηθεί στη γραμμή στάσης ή να διασχίσει τον κόμβο, η χρήση κινητού τηλεφώνου, η ύπαρξη πεζών και ο αριθμός των παραβατών που προηγήθηκαν του παρατηρούμενου οχήματος.

Για την καταγραφή των παραπάνω παραμέτρων, ο παρατηρητής του βίντεο σταματούσε το βίντεο στη στιγμή του ενδιαφέροντος και κατέγραφε τις παραμέτρους που τον ενδιέφεραν. Για την παράμετρο που αφορά τον χρόνο που μεσολάβησε από την κόκκινη ένδειξη μέχρι το όχημα να ακινητοποιηθεί στη γραμμή στάσης ή να διασχίσει τον κόμβο ο παρατηρητής χρησιμοποιούσε και χρονόμετρο.

### 3.3.2 Συλλογή δεδομένων μέσω παρατηρήσεων

Για τη συλλογή δεδομένων μέσω παρατηρήσεων αξιοποιήθηκε το παρακάτω έντυπο παρατηρήσεων μέσω του οποίου ο παρατηρητής κατέγραφε τις παραμέτρους που αφορούσαν την ηλικία του οδηγού, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του οχήματος καθώς και το επίπεδο κυκλοφοριακού φόρτου που επικρατούσε τη δεδομένη χρονική στιγμή.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΑΡΑΒΙΑΣΗ Φ.Σ.			ΜΗ ΠΑΡΑΒΙΑΣΗ Φ.Σ.		
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	31-50	>50	18-30	31-50	>50
ΤΑΧΗΤΥΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ	ΧΑΜΗΛΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΥΨΗΛΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΕΥΘΕΙΑ	ΔΕΞΙΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ
ΦΟΡΤΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ	ΧΑΜΗΛΟΣ	ΜΕΣΑΙΟΣ	ΥΨΗΛΟΣ

Σχήμα 3.10 Έντυπο παρατηρήσεων

Η ηλικία του οδηγού προτιμήθηκε να προσδιορίζεται μέσω παρατηρήσεων καθώς σε πολλές περιπτώσεις η ευκρίνεια της βιντεοκάμερας σε συνδυασμό με τον φωτισμό που μπορεί να επικρατούσε δεν καθιστούσε εφικτό τον προσδιορισμό της ηλικίας του οδηγού. Ακόμη η κατεύθυνση του οχήματος λόγω της τοποθέτησης της βιντεοκάμερας δεν ήταν πάντα ευδιάκριτη από το οπτικοακουστικό υλικό. Τέλος, τόσο η ταχύτητα όσο και ο κυκλοφοριακός φόρτος αν και μπορούσαν να προσδιορισθούν μέσω του οπτικοακουστικού υλικού προτιμήθηκε να προσδιορισθούν μέσω παρατηρήσεων για εξοικονόμηση χρόνου καθώς ήδη οι παράμετροι που προσδιορίζονταν μέσω βιντεοκάμερας ήταν αρκετές.

### 3.4 Παράμετροι έρευνας

Στο δεύτερο κεφάλαιο της εν λόγω διπλωματικής εργασίας μελετήθηκαν αντίστοιχα άρθρα που αφορούσαν τη παραβατική συμπεριφορά των οδηγών στους κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση. Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1 στις έρευνες τους μελέτησαν μια σειρά από παραμέτρους που επηρεάζουν ή και όχι την απόφαση του οδηγού κατά την οδήγηση. Κάποιες από αυτές αποδείχθηκε ότι επηρεάζουν ενώ άλλες όχι.

Πίνακας 3.1: Συχνότητα εμφάνισης μελετώμενων παραγόντων από τις αντίστοιχες έρευνες που μελετήθηκαν

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ
ΦΥΛΟ	IX	(9/13)	69.23%
ΗΛΙΚΙΑ	IX	(9/13)	69.23%
ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΗ ΧΡΗΣΗ ΖΩΝΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑ/ΚΡΑΝΟΥΣ	X	(10/13)	76.92%
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ/ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΑΣ	VI	(6/13)	46.15%
ΜΕΓΕΘΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	V	(10/13)	76.92%
ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	II	(2/13)	15.38%
ΘΕΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ	II	(2/13)	15.38%
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	II	(2/13)	15.38%
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟΝ Φ.Σ.	IV	(4/13)	30.77%
ΩΡΑ ΗΜΕΡΑΣ	II	(2/13)	15.38%
ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ	IV	(4/13)	30.77%
ΠΛΑΤΟΣ ΛΩΡΙΔΩΝ	II	(2/13)	15.38%
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΦΟΡΤΟΣ	II	(2/13)	15.38%
ΔΙΑΡΚΕΙΑ Φ.Σ.	III	(3/13)	23.08%

Ανάμεσα στις παραμέτρους που μελετήθηκαν άλλες εντοπίζονται στην πλειοψηφία των ερευνών ενώ άλλες μόνο σε ορισμένες. Όπως παρουσιάζεται και στον παραπάνω πίνακα οι παράμετροι με τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης ήταν: το φύλο (9/13), η ηλικία (9/13), η παρουσία συνεπιβάτη (10/13), καθώς και το μέγεθος του οχήματος (10/13). Αντίθετα οι παράμετροι που ερευνήθηκαν σε χαμηλότερο βαθμό ήταν: η χρονολογία του οχήματος (2/13), η θέση του οχήματος στην κυκλοφορία (2/13), η ταχύτητα του οχήματος (2/13), η ώρα της ημέρας (2/13), το πλάτος της λωρίδας (2/13), ο κυκλοφοριακός φόρτος (2/13) καθώς και ο κύκλος του φωτεινού σηματοδότη.

Για την επιλογή των παραμέτρων της διπλωματικής εργασίας αξιοποιήθηκαν συμπεράσματα από τα άρθρα που μελετήθηκαν, καθώς επίσης και προσωπικές εκτιμήσεις για παραμέτρους που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόφαση του οδηγού να διασχίσει τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη.

#### 3.4.1 Ύπαρξη συνεπιβατών

Η παρουσία ή όχι συνεπιβάτη είναι η παράμετρος η οποία έχει διερευνηθεί περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη παράμετρο (μαζί με το μέγεθος του οχήματος) στις έρευνες που αναλύθηκαν. Η παράμετρος αυτή φαίνεται να επιδρά θετικά στην απόφαση του οδηγού καθώς η παρουσία συνεπιβάτη μειώνει την πιθανότητα ο οδηγός να διασχίσει τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη. Η παρουσία κι άλλων ατόμων στο όχημα, όπως είναι λογικό, αυξάνει το αίσθημα ευθύνης του οδηγού και τον οδηγεί σε πιο προσεκτικές και υπεύθυνες αποφάσεις κατά την οδήγησή του. Επομένως η εν λόγω παράμετρος προστέθηκε στις παρατηρήσεις που

πραγματοποιήθηκαν. Εκτός από την παρουσία ή όχι συνεπιβάτη καταγραφόταν και ο αριθμός συνεπιβατών σε περίπτωση που υπήρχε κάποιος συνεπιβάτης.

Επιπλέον, η ηλικία του συνεπιβάτη μπορεί να αποδειχθεί ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οδηγική συμπεριφορά του οδηγού. Διαφορετική οδηγική συμπεριφορά αναμένεται να παρουσιάσει ο οδηγός παρουσία ενός ανήλικου συνεπιβάτη και διαφορετική παρουσία ενός ενήλικου συνεπιβάτη. Αναλυτικότερα, η παρουσία ενός ανήλικου συνεπιβάτη μπορεί να οδηγήσει στην όξυνση της παρατηρητικότητας και αύξηση του αισθήματος ευθύνης του οδηγού και να μειώσει τις πιθανότητες παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Για τον λόγο αυτό η συγκεκριμένη παράμετρος θα κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με την ηλικία του συνεπιβάτη σε ανήλικο ή ενήλικο συνεπιβάτη.

### 3.4.2 Φύλο και ηλικία οδηγού

Τόσο ο παράγοντας του φύλου, όσο και ο παράγοντας της ηλικίας του εκάστοτε οδηγού έχουν διερευνηθεί από τη πλειοψηφία των διεθνών ερευνών (69.23%) εκ των οποίων σχεδόν όλες οι έρευνες υπέδειξαν ότι έχουν σημαντική συμβολή στην απόφαση του οδηγού να διασχίσει ή όχι τον κόμβο κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.

Είναι ευρέως γνωστό ότι η νεαρή ηλικία χαρακτηρίζεται από έντονη παρορμητικότητα και άγνοια κινδύνου. Τα γνωρίσματα αυτά δεν θα μπορούσαν να μην διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οδηγική συμπεριφορά του οδηγού. Οι έρευνες έδειξαν ότι οι νεαροί οδηγοί είναι πιο επιρρεπείς στην παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με τους μεγαλύτερους σε ηλικία οδηγούς.

Λόγω του ότι ο προσδιορισμός της ηλικίας θα εκτιμηθεί εμπειρικά μέσω παρατηρήσεων στο πεδίο καθώς η ανάλυση της κάμερας που θα χρησιμοποιηθεί δεν καθιστά, σε πολλές περιπτώσεις, εύκολο τον προσδιορισμό της ηλικίας, οι ηλικιακές κατηγορίες δεν είναι εφικτό να αποτελούνται από μικρά διαστήματα ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα, οι μελετώμενες ηλικιακές κατηγορίες θα είναι: 18-30 (δικαίωμα για δίπλωμα οδήγησης έχουν οι πολίτες από 18 και άνω), 31-50 και >50.

Ακόμη τα δύο φύλα διαφοροποιούνται ως προς τα γνωρίσματά τους. Το αντρικό φύλο, σύμφωνα με την πλειοψηφία των ερευνών, παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό παραβατικότητας συγκριτικά με το γυναικείο φύλο που χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ικανότητα υπομονής.

Επομένως κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθούν τόσο η παράμετρος της ηλικίας, όσο και του φύλου σε σχέση με την παραβατικότητα των οδηγών στους κόμβους με φωτεινό σηματοδότη.

### 3.4.3 Κατηγορία οχήματος

Τόσο ο τύπος του οχήματος (46.15%) όσο και το μέγεθος του οχήματος (76.92%) διερευνήθηκαν από τις περισσότερες έρευνες. Αν και υπήρχαν έρευνες που δεν υποδείκνυαν την επιρροή του τύπου του οχήματος στην παραβατική συμπεριφορά οδηγών, οι περισσότερες υπέδειξαν ότι ο συγκεκριμένος παράγοντας επηρεάζει την απόφαση του οδηγού. Το εύρος της μελέτης του τύπου-

μεγέθους του οχήματος και η επιρροή τους στην απόφαση των οδηγών οδήγησε στην παρατήρησή τους κατά την διάρκεια των μετρήσεων στην έρευνα πεδίου.

Πιο συγκεκριμένα η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης διακρίνει τα οχήματα και τα ρυμουλκούμενα σε 4 βασικές κατηγορίες ([https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/vehicles/vehicle\\_categories\\_el](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/vehicle_categories_el)):

- Κατηγορία L: Μοτοποδήλατα και μοτοσυκλέτες, καθώς και οχήματα παντός εδάφους ("quad") και άλλα μικρά οχήματα με 3 ή 4 τροχούς.
- Κατηγορία M: Οχήματα με 4 τουλάχιστον τροχούς σχεδιασμένα για τη μεταφορά επιβατών - κυρίως, αυτοκίνητα.
- Κατηγορία N: Οχήματα σχεδιασμένα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, τα οποία υποδιαιρούνται περαιτέρω ανάλογα με το μέγεθός τους. Πρόκειται κυρίως για φορτηγά και ημιφορτηγά.
- Κατηγορία O: Ρυμουλκούμενα και ημιρυμουλκούμενα.

Για τις ανάγκες της έρευνας τα ταξί, τα λεωφορεία και τα φορτηγά διακρίθηκαν σε διαφορετική κατηγορία. Τα λεωφορεία κατηγοριοποιήθηκαν σε ξεχωριστή κατηγορία καθώς εξυπηρετούν πολίτες και το αίσθημα της ευθύνης του οδηγού είναι ενισχυμένο και η πιθανότητα να επιλέξουν να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη είναι περιορισμένη. Αντίθετα οι οδηγοί ταξί και φορτηγών εμφανίζουν υψηλή παραβατικότητα με τους οδηγούς ταξί να υποπίπτουν συχνά σε παραβίαση της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.

Η διαμόρφωση των τελικών κατηγοριών οχημάτων που παρατηρήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Κατηγορίες οχημάτων

Κατηγορίες οχημάτων	
Κατηγορία I:	μοτοποδήλατα, σκούτερ, μοτοσυκλέτες
Κατηγορία II:	επιβατικά IX
Κατηγορία III:	ταξί
Κατηγορία IV:	ημιφορτηγά, μικρά φορτηγά
Κατηγορία V:	λεωφορεία, τρόλεϊ
Κατηγορία VI:	φορτηγά
Κατηγορία VII:	φορτηγά με ρυμουλκούμενο

#### 3.4.4 Λωρίδα κυκλοφορίας

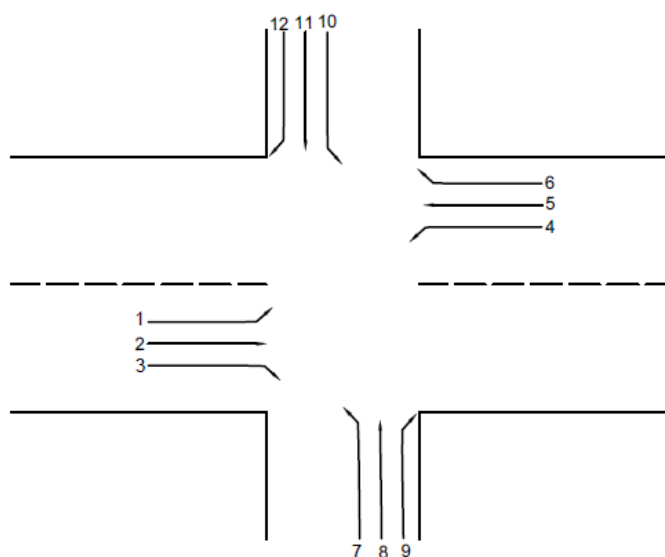
Αν και η θέση, η λωρίδα δηλαδή κυκλοφορίας του οχήματος στον άξονα, διερευνήθηκε μόλις από δύο έρευνες στο σύνολο των ερευνών που αναλύθηκαν, ο παράγοντας αυτός μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση του οδηγού και κατά συνέπεια καταγράφηκε στην παρούσα εργασία.

### 3.4.5 Κατεύθυνση οχήματος

Επιπλέον η κατεύθυνση του οδηγού στον εκάστοτε κόμβο, δηλαδή αν θα κατευθυνθεί ευθεία δεξιά ή αριστερά, μπορεί να επηρεάζει την απόφαση του οδηγού.

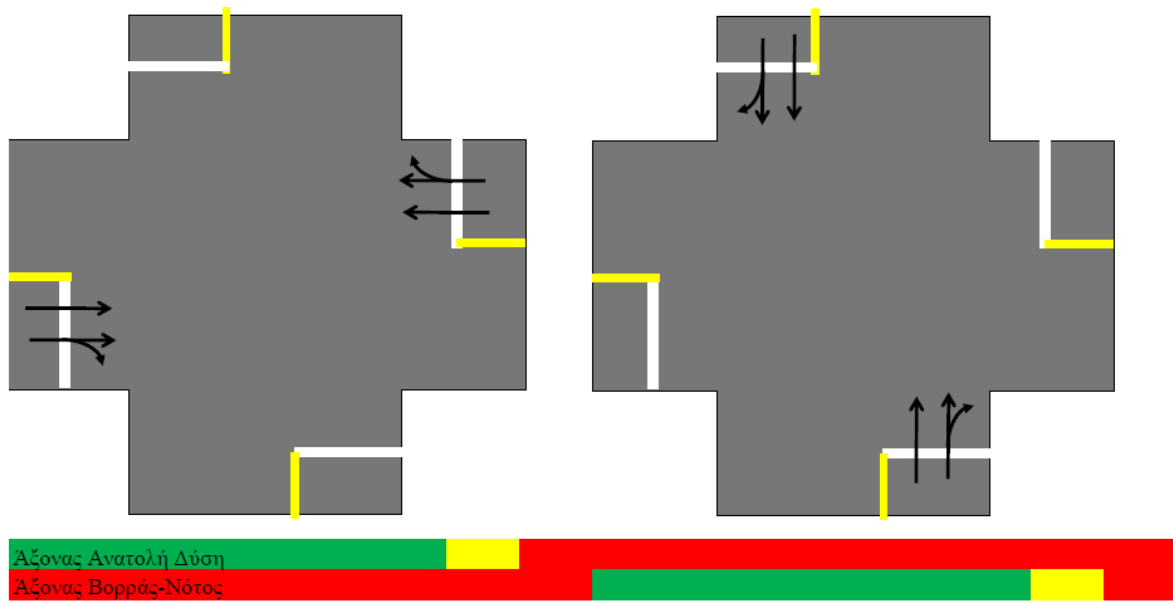
Η κίνηση των οχημάτων σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση καθορίζεται από τις ενδείξεις του φωτεινού σηματοδότη οι οποίες εναλλάσσονται διαδοχικά στις επιμέρους κινήσεις του κόμβου.

Οι ισόπεδοι κόμβοι με φωτεινή σηματοδότηση είναι από τους πιο συχνούς κόμβους που συναντώνται στα αστικά οδικά δίκτυα. Ενδεικτικά σε έναν ισόπεδο τετρασκελή κόμβο με παραχώρηση προτεραιότητας μέσω φωτεινού σηματοδότη, όπου σε κάθε ρεύμα τα οχήματα επιτρέπονται να κατευθυνθούν προς όλες τις κατευθύνσεις, οι κινήσεις διαμορφώνονται ως εξής:



Σχήμα 3.11: Κινήσεις οχημάτων σε έναν τετρασκελή κόμβο

Τα προγράμματα φωτεινής σηματοδότησης λειτουργούν με στάδια. Στάδιο φωτεινής σηματοδότησης είναι κάθε διακριτό τμήμα του κύκλου σηματοδότησης που κατανέμεται σε μια κίνηση κυκλοφορίας ή σε ένα συνδυασμό κινήσεων που έχουν το δικαίωμα να διασχίσουν τον κόμβο ταυτόχρονα, και κατά τη διάρκεια του οποίου δεν πραγματοποιούνται μεταβολές στις ενδείξεις του φωτεινού σηματοδότη. Ενδεικτικά ο παρακάτω κόμβο αποτελείται από 2 στάδια.



Σχήμα 3.12: Παράδειγμα προγράμματος φωτεινής σηματοδότησης (Πηγή: Αντωνίου και Σπυροπούλου, 2015)

Όταν ο οδηγός κινείται στον πρωτεύοντα άξονα είναι πιο πιθανό να παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη σε σχέση με εκείνον που θα κινείται στο δευτερεύοντα άξονα. Βέβαια αν η διάρκεια της πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη είναι σύντομη για τους οδηγούς του δευτερεύοντα άξονα και ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι υψηλός τότε, οι η πιθανότητες παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού από τους οδηγούς αυξάνεται.

### 3.4.6 Ταχύτητα οχήματος

Στην κυκλοφοριακή τεχνική η ταχύτητα μπορεί να διακριθεί σε δύο διαστάσεις, την χωρική και την χρονική. Η μέση χρονική ταχύτητα αφορά τον αριθμητικό μέσο όρο των στιγμιαίων ταχυτήτων των οχημάτων που διέρχονται από την διατομή του κόμβου. Η μέση χωρική ταχύτητα αφορά τον αριθμητικό μέσο όρο των στιγμιαίων ταχυτήτων των οχημάτων που βρίσκονται σε κάποιο οδικό τμήμα σε δεδομένη χρονική στιγμή.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία η ταχύτητα που υπολογιζόταν (υψηλή, μεσαία ή χαμηλή) ήταν αυτή που είχε το όχημα όταν αυτό προσέγγιζε τον κόμβο. Η ταχύτητα αυτή μπορεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση του οδηγού αν θα σταματήσει ή όχι στην κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Λόγω της δυσκολίας ακριβούς προσδιορισμού της ταχύτητας του εκάστοτε οχήματος αυτή κατηγοριοποιήθηκε σε χαμηλή, μεσαία και υψηλή.

### 3.4.7 Αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας

Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν την γεωμετρία του κόμβου, που μελετήθηκαν στους διάφορους κόμβους όπου πραγματοποιήθηκαν οι παρατηρήσεις. Ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι συνδυσασμένος και με τον αριθμό λωρίδων καθώς ένας άξονας με υψηλότερο κυκλοφοριακό φόρτο



θα αποτελείται από περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας συγκριτικά με έναν άξονα χαμηλότερου κυκλοφοριακού φόρτου.

#### 3.4.8 Διάρκεια κόκκινης και πράσινης ένδειξης φωτεινού σηματοδότη

Η διάρκεια της κόκκινης και πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη είναι μια ακόμη παράμετρος που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Ανάλογα με τον κυκλοφοριακό φόρτο των οχημάτων του άξονα και σε συνδυασμό με τη διάρκεια της κόκκινης ή πράσινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη ένας οδηγός μπορεί να παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη με σκοπό να εξοικονομήσει χρόνο.

#### 3.4.9 Χρήση κινητού τηλεφώνου

Ένα φαινόμενο που παρατηρείται σε ορισμένους οδηγούς είναι η χρήση κινητού τηλεφώνου, είτε με τη μορφή γραφής μηνυμάτων είτε με τη μορφή ομιλίας, παρόλο που αυτό απαγορεύεται κατά την οδήγηση καθώς μπορεί να αποβεί μοιραίο. Για αυτό και προστέθηκε στις παρατηρήσεις ως μια παράμετρος που μπορεί να επηρεάζει την απόφαση του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα σε περίπτωση που γινόταν χρήση κινητού τηλεφώνου από τον οδηγό, γινόταν διαχωρισμός για το αν πρόκειται για ομιλία στο κινητό ή σύνταξη γραπτών μηνυμάτων.

#### 3.4.10 Ύπαρξη πεζών

Η ύπαρξη πεζών στον κόμβο κατά τη διέλευση των οχημάτων μπορεί να αποτρέψει τους οδηγούς να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα με σοβαρές επιπτώσεις στον πεζό όσο και στον οδηγό. Για τον λόγο αυτό κατά την διάρκεια των παρατηρήσεων καταγραφόταν αν υπήρχαν ή όχι πεζοί.

#### 3.4.11 Ύπαρξη παραβατών

Μια ακόμη παράμετρος που προστέθηκε στις παρατηρήσεις που έγιναν ήταν η ύπαρξη παραβάσεων από τα προπορευόμενα οχήματα για κάθε όχημα. Για παράδειγμα αν σε έναν κύκλο της φωτεινής σηματοδότησης παρατηρηθούν 2 παραβάσεις τότε για το 1<sup>ο</sup> όχημα που έκανε την παράβαση ο αριθμός των προπορευόμενων παραβατών θα είναι μηδενικός, ενώ για το 2<sup>ο</sup> όχημα που έκανε την παράβαση ο αριθμός αυτός θα είναι ένα. Για το όχημα το οποίο ακινητοποιήθηκε από τον οδηγό στην κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη ο αριθμός θα είναι 2.

#### 3.4.12 Κυκλοφοριακός φόρτος

Ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι ένα μέγεθος με χρονική διάσταση και αποτελεί τον συνολικό αριθμό οχημάτων που διέρχονται από μια διατομή στην μονάδα του χρόνου. Ο τρόπος μέτρησης του αφορά τον αριθμό των οχημάτων που διέρχονται από την διατομή σε διάρκεια κάποιας περιόδου ο οποίος ανάγεται στην ώρα. Για την εν λόγω διπλωματική εργασία ο κυκλοφοριακός φόρτος προσδιοριζόταν εμπειρικά ως χαμηλός, μεσαίος ή υψηλός για κάθε όχημα που καταγραφόταν.



### 3.4.13 Χρόνος που μεσολάβησε μετά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη

Για κάθε όχημα που καταγραφόταν στις μετρήσεις ένας ακόμα παράγοντας που υπολογιζόταν ήταν το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ της έναρξης της κόκκινης ένδειξης και της ώρας καταγραφής. Για τους μεν παραβάτες ο χρόνος αυτός αφορούσε το χρονικό διάστημα από την αλλαγή του φωτεινού σηματοδότη σε κόκκινη ένδειξη μέχρις ότου το όχημα διέλθει από την γραμμή στάσης ενώ για τους δε μη-παραβάτες μέχρι το όχημα να ακινητοποιηθεί ανάντη της γραμμής στάσης.

### 3.4.14 Ημέρα και ώρα

Τέλος, σε κάθε μέτρηση που γινόταν καταγραφόταν η ημέρα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και η ώρα, δηλαδή αν ήταν πρωί, μεσημέρι ή απόγευμα και πάντα υπό την παρουσία ηλιοφάνειας και όχι κατά τη διάρκεια της νύχτας.

## 3.5 Πραγματοποίηση έρευνας πεδίου

### 3.5.1 Δοκιμαστικές μετρήσεις

Σαν αρχικό στάδιο για την πραγματοποίηση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν δοκιμαστικές μετρήσεις με την βιντεοκάμερα. Με αυτό τον τρόπο επήλθε η σωστή τοποθέτησή της βιντεοκάμερας όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο. Οι δοκιμαστικές μετρήσεις πέραν της βοήθειας τους στον προσδιορισμό της ορθής τοποθέτησης της βιντεοκάμερας βοήθησαν και στον προσδιορισμό των παραμέτρων που είναι προτιμότερο να καταγράφονται μέσω του οπτικοακουστικού υλικού. Με αυτό τον τρόπο διαχωρίστηκαν ποιες παράμετροι θα προσδιοριστούν μέσω παρατηρήσεων και ποιες μέσω του οπτικοακουστικού υλικού. Πέραν από τον διαχωρισμό των παρατηρήσεων όσον αφορά τον τρόπο συλλογής τους, οι δοκιμαστικές μετρήσεις βοήθησαν και στο να καταστήσουν κάποιες παραμέτρους ως εφικτές ή όχι για τον προσδιορισμό τους. Για παράδειγμα, η χρήση ζώνης ασφαλείας ακούγεται ως μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα παράμετρος, η οποία και έχει διερευνηθεί από αντίστοιχες έρευνες, προς παρατήρηση που θα μπορούσε να επηρεάσει το επικείμενο στατιστικό μοντέλο, όμως ήταν ιδιαίτερα δυσδιάκριτο να παρατηρηθεί τόσο μέσω των παρατηρήσεων όσο και μέσω του οπτικοακουστικού υλικού οπότε και αποκλείστηκε από τις παρατηρήσεις. Εν τέλει οι δοκιμαστικές μετρήσεις βοήθησαν στα εξής:

- Προσδιορισμό ορθής τοποθέτησης βιντεοκάμερας
- Διαχωρισμό παραμέτρων ως προς τον τρόπο συλλογής τους
- Αποκλεισμό παραμέτρων που δεν ήταν ευδιάκριτες προς παρατήρηση

### 3.5.2 Πραγματοποίηση μετρήσεων

Ύστερα από την ολοκλήρωση των δοκιμαστικών μετρήσεων ακολούθησαν οι παρατηρήσεις για τη συλλογή δεδομένων. Η έρευνα πεδίου πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικές ημέρες και ώρες. Μετρήσεις έγιναν τόσο κατά τις πρωινές ώρες όσο και κατά τις μεσημεριανές και απογευματινές.

Βραδινές μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν καθώς παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως προϋπόθεση την παρουσία φυσικού φωτισμού μέσω του ήλιου.

Πιο αναλυτικά, στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ώρες (των μετρήσεων), η ημέρα και η ώρα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

Πίνακας 3.3 Ωρες και μέρες μετρήσεων

Αξονας	Ωρες μετρήσεων (h)	Ημέρα μετρήσεων	Ώρα ημέρας
Πέτρου Ράλλη	3	Τετάρτη/Παρασκευή	Απόγευμα/Πρωί
Ηφαίστου	4	Τρίτη/Παρασκευή	Απόγευμα/Πρωί
Αγγιάλου	4	Πέμπτη/Παρασκευή	Πρωί/Πρωί
Αγίου Δημητρίου	4	Πέμπτη/ Πέμπτη	Πρωί/Μεσημέρι

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα πραγματοποιήθηκαν συνολικά 15 ώρες παρατηρήσεων χωρίς να προσμετρώνται σε αυτές και οι ώρες των δοκιμαστικών μετρήσεων που υπολογίζονται περίπου στις 6 ώρες. Στόχος των μετρήσεων ήταν να συγκεντρωθούν περίπου 150 παραβάτες σε κάθε κόμβο και 300 συνολικά, στόχος που επετεύχθη, με σκοπό να συγκεντρωθεί ένα ικανό δείγμα για τη στατιστική ανάλυση.

### 3.6 Χαρακτηριστικά δείγματος – Αθροιστική ανάλυση

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος όπως αυτά διαμορφώθηκαν μέσα από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ταυτότητα του δείγματος, δηλαδή των οδηγών που παρατηρήθηκαν.

Πίνακας 3.4 Ταυτότητα δείγματος

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	Ποσοστό δείγματος
ΟΔΗΓΟΣ	ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	309	42%
	ΜΗ ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	431	58%
ΦΥΛΟ	ΑΡΣΕΝΙΚΟ	581	79%
	ΘΥΛΗΚΟ	153	21%
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	115	16%
	31-50	343	47%
	50>	265	37%
ΥΠΑΡΞΗ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΩΝ	ΝΑΙ	183	25%
	ΌΧΙ	549	75%
ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΗ	ΕΝΗΛΙΚΟΣ	161	82%
	ΑΝΗΛΙΚΟΣ	35	18%

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΑ,ΣΚΟΥΤΕΡ,Μ ΟΤΟΣΥΚΚΛΕΤΕΣ	192	26%
	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΙΧ	407	55%
	ΤΑΞΙ	74	10%
	ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ	52	7%
	ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ,ΤΡΟΛΕΙ	7	1%
	ΦΟΡΤΗΓΑ	8	1%
	ΦΟΡΤΗΓΑ ΜΕ ΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ	0	0%
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΧΑΜΗΛΗ	425	57%
	ΜΕΣΑΙΑ	275	37%
	ΥΨΗΛΗ	40	5%
ΥΠΑΡΞΗ ΠΕΖΩΝ	ΝΑΙ	185	25%
	ΌΧΙ	555	75%
ΚΟΜΒΟΣ (ΟΔΗΓΟΙ)	ΠΕΤΡΟΥ ΡΑΛΛΗ	221	30%
	ΗΦΑΙΣΤΟΥ	98	13%
	ΑΓΧΙΑΛΟΥ	236	32%
	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	185	25%
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	548	74%
	ΔΕΞΙΑ	118	16%
	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	74	10%

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία παρατηρούμε ότι συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων είναι 740 οδηγοί οι οποίοι είχαν την δυνατότητα να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη, εκ των οποίων οι 431 δεν την παραβίασαν. Το γεγονός αυτό μεταφράζεται ότι από τους παρατηρηθέντες οδηγούς περίπου το 40% αυτών παραβίασε την φωτεινή ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό και ανησυχητικό όταν αφορά οδηγική συμπεριφορά που μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα.

Όσον αφορά την κατανομή του φύλου των οδηγών αυτή αποτελείται κυρίως από άνδρες με τις παρατηρήσεις που αφορούσαν γυναίκες να είναι μόλις 153 από τις 734 (ο αριθμός των παρατηρήσεων στην εκάστοτε κατηγορία μπορεί να μην ταυτίζεται με τον συνολικό αριθμό των παρατηρήσεων καθώς για ορισμένους λόγους κάθε φορά μπορεί να μην ήταν ευδιάκριτο σε κάποιες παρατηρήσεις). Αυτό μπορεί να οφείλεται και στα δημογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής αλλά και στο γενικότερο σύνολο στην κατανομή των οδηγών σύμφωνα με το φύλο.

Η ηλικιακή κατανομή του δείγματος είναι πιο ισοδύναμα κατανεμημένη, συγκριτικά με την κατανομή του φύλου, με τους οδηγούς όμως 31-50 να κυριαρχούν με ποσοστό (47%) και να ακολουθούν οι οδηγοί της ηλικιακής κατηγορίας 50>.

Σχεδόν 3 στα 10 οχήματα είχαν τουλάχιστον ένα συνεπιβάτη, ενώ κατά κύριο λόγο (82%) ο/οι συνεπιβάτης/συνεπιβάτες ήταν ενήλικος/ενήλικοι. Στο όχημα βέβαια μπορούσαν να υπάρχουν και ανήλικοι και ενήλικοι συνεπιβάτες ταυτοχρόνως,

Το είδος του οχήματος που επικρατούσε κατά κύριο λόγο στις μετρήσεις, όπως είναι λογικό, ήταν τα επιβατικά Ι.Χ. (55% ), ενώ σε μεγάλο σχετικά ποσοστό ακολούθησαν τα μοτοποδήλατα, σκούτερ και μοτοσυκλέτες. Αντίθετα μικρό ποσοστό συμμετοχής είχαν τα βαρέα οχήματα (φορτηγά, ημιφορτηγά, λεωφορεία κλπ.).

Κατά κύριο λόγο οι οδηγοί προσέγγιζαν με χαμηλή και μεσαία ταχύτητα τους κόμβους (57% και 37% αντίστοιχα) γεγονός που είναι και λογικό καθώς ο αριθμός των μη παραβατών είναι υψηλότερος από αυτόν των παραβατών, με τους μη-παραβάτες να κινούνται συνήθως με χαμηλή ταχύτητα οπότε έχουν και τη δυνατότητα να σταματήσουν στον κόμβο εγκαίρως.

Μια άλλη παράμετρος που παρατηρήθηκε στις μετρήσεις ήταν και η ύπαρξη πεζών στον κόμβο οι οποίοι ήθελαν να τον διασχίσουν. Η παρουσία τους δεν ήταν και τόσο συχνή καθώς μόλις 3 στις 10 φορές παρατηρούνταν ύπαρξη πεζών.

Η κατανομή των μετρήσεων στους κόμβους ήταν σχετικά ισοδύναμη. Το ρεύμα της Ηφαίστου είχε τον μικρότερο κυκλοφοριακό φόρτο από τα 4 ρεύματα και ως συνέπεια και τις λιγότερες παρατηρήσεις, ενώ στα άλλα 3 ρεύματα ο αριθμός των παρατηρήσεων ήταν σχεδόν ίδιος.

Τέλος, οι οδηγοί κατευθύνονταν κατά κύριο λόγο ευθεία (74%), ενώ τα ποσοστά δεξιών ή αριστερών στροφών ήταν πανομοιότυπα (16% και 10% αντίστοιχα).

Στους δύο παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν αποκλειστικά τους παραβάτες της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη και τους μη-παραβάτες αντίστοιχα.

Πίνακας 3.5 Ταυτότητα παραβατών

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	Ποσοστό δείγματος
ΟΔΗΓΟΣ	ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	309	100%
	ΜΗ ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	0	0%
ΦΥΛΟ	ΑΡΣΕΝΙΚΟ	258	84%
	ΘΥΛΗΚΟ	50	16%
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	70	23%
	31-50	146	49%
	50>	84	28%
ΥΠΑΡΞΗ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΩΝ	ΝΑΙ	61	20%
	ΌΧΙ	246	80%
ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΗ	ΕΝΗΛΙΚΟΣ	57	90%
	ΑΝΗΛΙΚΟΣ	6	10%
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΑ, ΣΚΟΥΤΕΡ, Μ ΟΤΟΣΥΚΛΕΤΕΣ	124	40%
	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΙΧ	135	44%
	ΤΑΞΙ	27	9%

	ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ	22	7%
	ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ, ΤΡΟΛΕΙ	0	0%
	ΦΟΡΤΗΓΑ	1	0%
	ΦΟΡΤΗΓΑ ΜΕ ΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ	0	0%
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΨΗΛΗ	40	13%
	ΜΕΣΑΙΑ	171	55%
	ΧΑΜΗΛΗ	98	32%
ΥΠΑΡΞΗ ΠΕΖΩΝ	ΝΑΙ	51	17%
	ΌΧΙ	258	83%
ΚΟΜΒΟΣ (ΟΔΗΓΟΙ)	ΠΕΤΡΟΥ ΡΑΛΛΗ	98	32%
	ΗΦΑΙΣΤΟΥ	52	17%
	ΑΓΧΙΑΛΟΥ	88	28%
	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	71	23%
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	208	67%
	ΔΕΞΙΑ	61	20%
	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	40	13%

Πίνακας 3.6 Ταυτότητα μη παραβατών

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΔΕΙΓΜΑ	Ποσοστό δείγματος
ΟΔΗΓΟΣ	ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	0	0%
	ΜΗ ΠΑΡΑΒΑΤΗΣ	431	100%
ΦΥΛΟ	ΑΡΣΕΝΙΚΟ	323	76%
	ΘΥΛΗΚΟ	103	24%
ΗΛΙΚΙΑ	18-30	45	11%
	31-50	197	47%
	50>	181	43%
ΥΠΑΡΞΗ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΩΝ	ΝΑΙ	122	29%
	ΌΧΙ	303	71%
ΕΙΔΟΣ ΣΥΝΕΠΙΒΑΤΗ	ΕΝΗΛΙΚΟΣ	104	78%
	ΑΝΗΛΙΚΟΣ	29	22%
ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	ΜΟΤΟΠΟΔΗΛΑΤΑ, ΣΚΟΥΤΕΡ, Μ ΟΤΟΣΥΚΛΕΤΕΣ	68	16%
	ΕΠΙΒΑΤΙΚΑ ΙΧ	272	63%
	ΤΑΞΙ	47	11%
	ΗΜΙΦΟΡΤΗΓΑ	30	7%
	ΛΕΩΦΟΡΕΙΑ, ΤΡΟΛΕΙ	7	2%
	ΦΟΡΤΗΓΑ	7	2%

	ΦΟΡΤΗΓΑ ΜΕ ΡΥΜΟΥΛΚΟΥΜΕΝΟ	0	0%
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΥΨΗΛΗ	0	0%
	ΜΕΣΑΙΑ	104	24%
	ΧΑΜΗΛΗ	327	76%
ΥΠΑΡΞΗ ΠΕΖΩΝ	ΝΑΙ	134	31%
	ΌΧΙ	297	69%
ΚΟΜΒΟΣ (ΟΔΗΓΟΙ)	ΠΕΤΡΟΥ ΡΑΛΛΗ	123	29%
	ΗΦΑΙΣΤΟΥ	46	11%
	ΑΓΧΙΑΛΟΥ	148	34%
	ΑΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	114	26%
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΕΥΘΕΙΑ	340	79%
	ΔΕΞΙΑ	57	13%
	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	34	8%

Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι η κατανομή της ηλικιακής κατηγορίας, του φύλου και της ύπαρξης κάποιου συνεπιβάτη, τόσο στους παραβάτες όσο και στο μη-παραβάτες, είναι πανομοιότυπη για την εκάστοτε κατηγορία. Στους μη-παραβάτες ο αριθμός των ανήλικων συνεπιβατών είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο αριθμό στην κατηγορία των παραβατών, ενώ αν και η κατηγορία των επιβατικών Ι.Χ. αποτελεί σχεδόν το μισό δείγμα, παρατηρούμε ότι όσον αφορά τους παραβάτες οι οδηγοί των δίκυκλων αποτελούν σχεδόν το μισό δείγμα (40%) των παραβατών της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Η τελευταία διαφορά μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών παρατηρείται στην παράμετρο της ταχύτητας, ενώ όσο αφορά τις εναπομείναντες παραμέτρους η κατανομή είναι πανομοιότυπη για τα δύο δείγματα. Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί που παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη κινούνταν κυρίως με μεσαία ταχύτητα, ενώ εκείνοι που δεν την παραβίασαν κινούνταν κυρίως με χαμηλή ταχύτητα όπως είναι αναμενόμενο.

Για το παρακάτω διάγραμμα οι οδηγοί διακρίθηκαν σε 3 ξεχωριστές κατηγορίες όσον αφορά την παραβίαση που πραγματοποίησαν. Η πρώτη κατηγορία αφορά τους οδηγούς που ακούσια παραβίασαν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Οι οδηγοί αυτοί είχαν ως πρόθεση να διασχίσουν τον κόμβο με κίτρινη ένδειξη φωτεινού σηματοδότη προτού αυτή μετατραπεί σε κόκκινη. Πιο συγκεκριμένα οι οδηγοί εκείνοι που εισήλθαν στον κόμβο σε χρονικό διάστημα 0.2-1.5 δευτερολέπτων μετά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη θεωρήθηκαν ως "ακούσιοι" παραβάτες. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι οδηγοί εκείνοι που εκούσια παραβίασαν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη και αφορά εκείνους που εισήλθαν στον κόμβο σε χρονικό διάστημα 1.5-6 δευτερολέπτων μετά την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Τέλος δημιουργήθηκε μια ξεχωριστή κατηγορία που αφορούσε αποκλειστικά τους οδηγούς δίκυκλων οι οποίοι παραβίαζαν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη μετά από αρκετό μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι οδηγοί αυτοί αφού πρώτα είχαν ακινητοποιήσει το δίκυκλό τους σύμφωνα με την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, αφού πρώτα έλεγχαν ότι στο αντίθετο ρεύμα δεν υπάρχουν επερχόμενα οχήματα, παραβίαζαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Οι οδηγοί εκείνοι οι οποίοι διέσχισαν τον κόμβο μετά

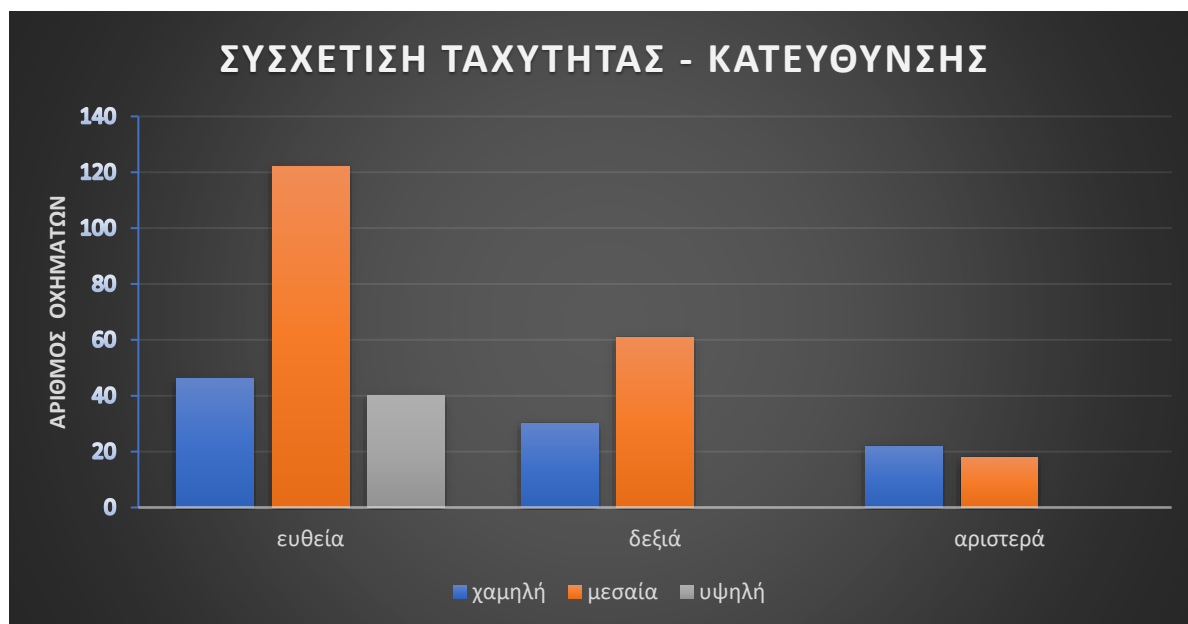
από 6 δευτερόλεπτα ανήκαν σε αυτή την κατηγορία. Στο διάγραμμα που ακολουθεί έγινε συσχέτιση της κατηγορίας (ακούσιοι, εκούσιοι και μοτοσικλέςτες) του οδηγού που ανήκει και της ταχύτητας (χαμηλή, υψηλή και μεσαία) που πραγματοποίησε την παράβαση.



Σχήμα 3.13: Συσχέτιση κατηγορίας οδηγού και ταχύτητας

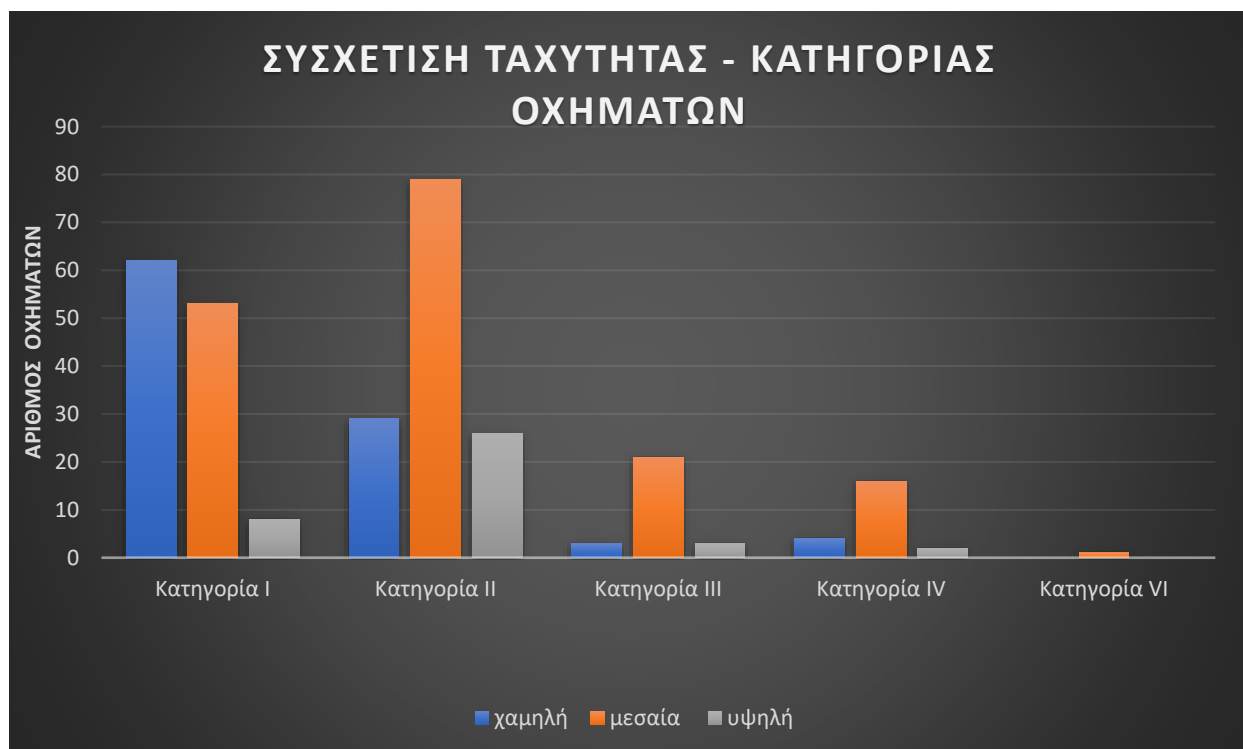
Αν παρατηρήσουμε τις μπλε μπάρες, αθροιστικά, θα διακρίνουμε ότι οι περισσότερες παραβάσεις έγιναν σε χρονικό διάστημα κάτω των 1.5 δευτερολέπτων ενώ οι παραβάσεις που έγιναν σε χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 6 δευτερολέπτων (γκρι μπάρα) είναι περισσότερες από αυτές που έγιναν στο διάστημα 1.5-6 δευτερολέπτων (πορτοκαλί μπάρα). Όσον αφορά τους οδηγούς δίκυκλων οχημάτων που παραβίασαν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη μετά από 6 δευτερόλεπτα, παρατηρούμε ότι οι παραβάσεις που τα αφορούσαν έγιναν σχεδόν αποκλειστικά με χαμηλή ταχύτητα ενώ με υψηλή δεν έγινε καμία γεγονός που είναι αναμενόμενο. Οι ακούσιοι παραβάτες κατά την διάρκεια την παράβασής κινούνταν με μεσαία ταχύτητα κατά κύριο λόγο ενώ οι εκούσιοι κινούνταν τόσο με μεσαία όσο και χαμηλή αλλά λιγότερο με υψηλή ταχύτητα (μόλις 2 οχήματα κοντά στα 2 δευτερόλεπτα).





*Σχήμα 3.14: Συσχέτιση κατεύθυνσης ταχύτητας*

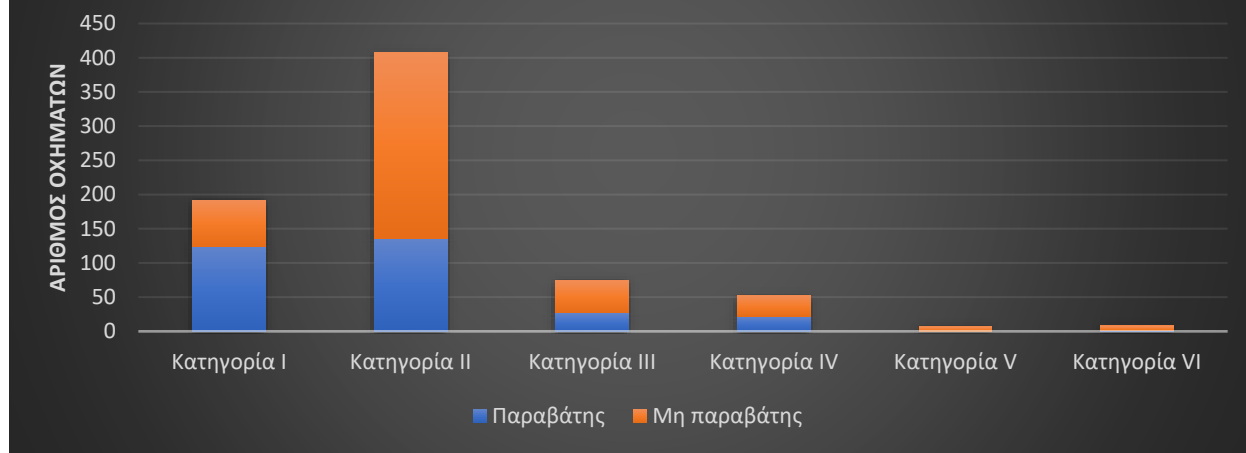
Στο διάγραμμα 3.14 γίνεται συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας των οχημάτων που παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη και της κατεύθυνσης που ακολούθησαν. Όπως παρατηρούμε από το διάγραμμα κανένα όχημα που παραβίασε την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη και κατευθύνθηκε είτε δεξιά είτε αριστερά δεν κινούταν με υψηλή ταχύτητα. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο καθώς τα οχήματα για να ακολουθήσουν αυτές τις πορείες υποχρεώνονται να μειώσουν ταχύτητα. Τα οχήματα τα οποία κινήθηκαν ευθεία μετά την παράβαση ανέπτυσαν κυρίως μεσαίες ταχύτητες ενώ ίδιος αριθμός οχημάτων ανέπτυξε χαμηλή ή υψηλή ταχύτητα.



*Σχήμα 3.15: Συσχέτιση ταχύτητας κατηγορίας οχημάτων*

Στο διάγραμμα 3.15 απεικονίζεται η συσχέτιση ταχύτητας και τύπου οχημάτων που παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Όπως είναι φανερό και από την ταυτότητα του δείγματος οι δύο κατηγορίες που κυριαρχούν στις παραβάσεις είναι τα Ι.Χ. και τα δίκυκλα. Στα Ι.Χ. οι παραβάσεις γίνονται κυρίως με μεσαία ταχύτητα ενώ για τα δίκυκλα γίνονται τόσο με χαμηλή ταχύτητα όσο και με μεσαία. Ο λόγος που υπάρχουν τόσα πολλά δίκυκλα που έχουν παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη με χαμηλή ταχύτητα είναι το γεγονός ότι πολλά δίκυκλα εισέρχονται στον κόμβο μετά το πέρας αρκετών δευτερολέπτων από την κόκκινη ένδειξη αφού πρώτα έχουν ελέγξει για διερχόμενα οχήματα από το αντίθετο ρεύμα. Για τις άλλες κατηγορίες που έχουν καταγραφεί παραβάσεις η ταχύτητα παράβασης που κυριαρχεί είναι η μεσαία (Οι κατηγορίες οχημάτων που παρατηρήθηκαν βρίσκονται στο πίνακα 3.2).

## ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΠΑΡΑΒΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΗ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ



Σχήμα 3.16: Συσχέτιση παραβατών και μη ανά κατηγορία οχήματος

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συσχέτιση της παραβίασης ή μη ανά κάθε κατηγορίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατηγορία των δίκυκλων. Στην εν λόγω κατηγορία παρατηρούμε ότι οι παραβιάσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι σημαντικά περισσότερες από τις μη παραβιάσεις. Το γεγονός αυτό γεννά ανησυχίες όσον αφορά την οδική συμπεριφορά των οδηγών δίκυκλων. Όσον αφορά τα Ι.Χ. αλλά και τα ταξί και εκεί ο ρυθμός παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη είναι υψηλός, αλλά ο αριθμός των μη παραβατών είναι αρκετά μεγαλύτερος από αυτόν των παραβατών. Επιπλέον και οι οδηγοί των μικρών φορτηγών και ημιφορτηγών παρουσιάζουν ανησυχητική τάση παραβίασης της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη με σχεδόν έναν στους δύο οδηγούς να υποπίπτουν σε παράβαση. Τέλος, οι οδηγοί λεωφορείων και φορτηγών παρουσιάζουν σχετικά ίδια συμπεριφορά αφού στον ίδιο αριθμό παρατηρήσεων καταγράφηκε μόλις μια παραβίαση από φορτηγό.

## 4.ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 4.1 Εισαγωγή

Επόμενο στάδιο μετά τη συλλογή δεδομένων, που παρουσιάστηκε στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο, αποτελεί η στατιστική ανάλυση αυτών για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την οδηγική συμπεριφορά των οδηγών. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο των μαθηματικών μοντέλων που αξιοποιήθηκαν για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο και η στατιστική ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων από την έρευνα πεδίου που προηγήθηκε.

### 4.2 Μοντέλα διακριτών επιλογών

Τα μοντέλα διακριτών επιλογών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη συγκοινωνιακή έρευνα τα τελευταία 49 χρόνια. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται για να παρέχουν μια λεπτομερή αναπαράσταση των σύνθετων στοιχείων των συγκοινωνιακών (Michel Bierlaire, 1997).

Περιγράφουν την απόφαση που μπορεί να πάρει κάποιος ανάμεσα σε διάφορες εναλλακτικές επιλογές που έχει στην διάθεσή του. Τα άτομα που παίρνουν τις αποφάσεις μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών μπορεί να ανήκουν σε οποιαδήποτε κατηγορία της κοινωνίας όπως μέτοχοι, ενοικιαστές ή και οδηγοί οχημάτων που αφορούν την εν λόγω έρευνα ενώ οι εναλλακτικές επιλογές ποικίλουν ανάλογα την περίπτωση κάθε φορά. Οι εναλλακτικές επιλογές οφείλουν να πληρούν 3 κριτήρια για να είναι αποδεκτές από το μοντέλο (Kenneth Train, 2009):

- Οι εναλλακτικές επιλογές πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειόμενες. Η επιλογή της μια εναλλακτικής αυτομάτως αποκλείει τις άλλες εναλλακτικές. Το άτομο που λαμβάνει την απόφαση μπορεί να επιλέξει μόνο μια εναλλακτική.
- Το άτομο υποχρεούται να επιλέξει μια από τις εναλλακτικές, οι οποίες θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις επιλογές που έχει το άτομο.
- Ο αριθμός των εναλλακτικών επιλογών πρέπει να είναι πεπερασμένος. Αυτή η απαίτηση διακρίνει τη διακριτή ανάλυση από την ανάλυση παλινδρόμησης στην οποία η εξαρτημένη μεταβλητή μπορεί να λαμβάνει έναν άπειρο αριθμό τιμών.

Κάθε απόφαση που λαμβάνει το άτομο του αποκομίζει ένα επίπεδο χρησιμότητας (ή κέρδους) για τη κάθε εναλλακτική. Το κέρδος της εναλλακτικής που θα επιλέξει το άτομο είναι γνωστό για αυτό αλλά όχι για τον ερευνητή. Ο αποφασίζων επιλέγει την εναλλακτική που θα του παρέχει το μεγαλύτερο όφελος. Όσον αφορά τον ερευνητή, αυτός δεν παρατηρεί τη χρησιμότητα της απόφασης του ατόμου αλλά παρατηρεί τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών επιλογών του αποφασίζων καθώς και τα χαρακτηριστικά της απόφασης του ατόμου και προσδιορίζει μια εξίσωση που συσχετίζει τα παρατηρούμενα μεγέθη με τη χρησιμότητα της απόφασης του ατόμου. Η εξίσωση αυτή εξαρτάται από τις παραμέτρους που είναι άγνωστες στον ερευνητή και επομένως υπολογίζονται στατιστικά. Τα διάφορα μοντέλα διακριτών επιλογών παρουσιάζουν διαφορετική προσέγγιση όσον αφορά τις υποθέσεις που γίνονται για τις άγνωστες παραμέτρους (Kenneth Train, 2009).

Τα μοντέλα διακριτών επιλογών για την μοντελοποίηση συμπεριφορών διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα αθροιστικά και τα εξατομικευμένα.

Τα αθροιστικά μοντέλα υιοθετούν μια μακροσκοπική θεώρηση του προβλήματος και ως εκ τούτου αναλύουν τα χαρακτηριστικά στο σύνολο του πληθυσμού που εξετάζεται. Ο υπολογισμός των ποσοστών ή των απόλυτων μεγεθών ζήτησης γίνεται με βάση μέσες τιμές χαρακτηριστικών του πληθυσμού. Κατά συνέπεια τα αθροιστικά μοντέλα είναι λιγότερο λεπτομερή με χαμηλότερη ακρίβεια πρόβλεψης αλλά τα απαιτούμενα στοιχεία για τη διαμόρφωση του μοντέλου είναι πιο εύκολα διαθέσιμα και το κόστος συλλογής τους είναι χαμηλό.

Αντίθετα, τα εξατομικευμένα μοντέλα υιοθετούν μια μικροσκοπική θεώρηση του προβλήματος και αναλύουν τα χαρακτηριστικά και τις επιλογές του κάθε μετακινούμενου ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζουν την πιθανότητα ο κάθε μετακινούμενος να κάνει μια συγκεκριμένη επιλογή. Ως εκ τούτου τα εξατομικευμένα μοντέλα έχουν μεγαλύτερη λεπτομέρεια ανάλυσης και επεξηγούν τη συμπεριφορά του κάθε μετακινούμενου με βάση τα χαρακτηριστικά του. Κατά συνέπεια παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια πρόβλεψης συγκριτικά με τα αθροιστικά μοντέλα αλλά απαιτούν μεγάλο αριθμό στοιχείων με το κόστος συλλογής των στοιχείων και ανάπτυξης του μοντέλου να είναι υψηλότερο.

#### 4.2.1. Μοντέλο logit

Το μοντέλο logit είναι το απλούστερο και πιο διαδεδομένο μοντέλο διακριτών επιλογών. Το όφελος που αποκομίζει ο αποφασίζων από την επιλογή μιας εναλλακτικής απαρτίζεται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι οι γνωστές παράμετροι από τους ερευνητές και το δεύτερο είναι οι άγνωστες παράμετροι που αντιμετωπίζονται ως τυχαίες από τους αναλυτές. Το μοντέλο logit βασίζεται στην παραδοχή ότι τα τυχαία σφάλματα ακολουθούν κατανομή ακραίων τιμών τύπου I (Gumbel) (Kenneth Train, 2009).

Η έκφραση που προσδιορίζει την πιθανότητα επιλογής μιας εναλλακτικής από ένα άτομο είναι η εξής (Kenneth Train, 2009) :

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_j e^{V_{nj}}}$$

Η πιθανότητα  $P_{ni}$  παίρνει τιμές αποκλειστικά από μηδέν έως ένα. Όταν το  $V_{ni}$ , όπου  $V_{ni}$  η συνάρτηση που συσχετίζει τα παρατηρούμενα μεγέθη με την απόφαση του ατόμου, αυξάνεται η πιθανότητα  $P_{ni}$  πλησιάζει την τιμή ένα. Ενώ αντίθετα όταν το  $V_{ni}$  μειώνεται η πιθανότητα  $P_{ni}$  πλησιάζει το μηδέν. Η πιθανότητα logit για μια εναλλακτική δεν είναι ποτέ ίση με μηδέν. Αν οι ερευνητές θεωρούν ότι μια πιθανότητα δεν είναι πιθανό να επιλεγεί από τον αποφασίζων τότε μπορούν να αποκλείσουν αυτή την εναλλακτική από το μοντέλο. Η πιθανότητα μια εναλλακτική να είναι ακριβώς ίση με ένα υπάρχει όταν στο σετ επιλογών η εν λόγω εναλλακτική είναι η μοναδική.

### 4.2.3. Μοντέλο probit

Ο πρώτος που σκέφτηκε την ιδέα του μοντέλου probit ήταν ο Bliss (1934) σε ένα άρθρο που δημοσίευσε στην AAAS. Αξιοποίησε το μοντέλο probit για να προσδιορίσει τα πιο αποτελεσματικά παρασιτοκτόνα για την αντιμετώπιση των εντόμων που κατέστρεφαν την παραγωγή των σταφυλιών. Ο πρώτος που χρησιμοποίησε την ανάλυση probit για να κάνει οικονομικές προβλέψεις για τις επιχειρήσεις ήταν ο Zmijewski (1984), όπου συνέλεξε δεδομένα από 96 αποτυχημένες εταιρίες και 3880 μη αποτυχημένες για την περίοδο 1972-1978.

Τα μοντέλα probit βασίζονται στην παραδοχή ότι τα τυχαία σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Το πλεονέκτημά τους συγκριτικά με τα μοντέλα logit είναι ότι έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν τη συσχέτιση μεταξύ των εναλλακτικών επιλογών. Ωστόσο εξαιτίας της πολυπλοκότητά τους στη διαμόρφωσή τους έχουν αναπτυχθεί πολύ λίγες εφαρμογές (Ben-Akiva and Bierlaire, 1999).

Η ωφέλεια αναλύεται σε δύο συνιστώσες και διανυσματικά περιγράφεται από την σχέση:

$$U_n = V_n + \varepsilon_n$$

Όπου  $U_n$  είναι η συνολική ωφέλεια,  $V_n$  είναι η αντικειμενική ωφέλεια και  $\varepsilon_n$  είναι η αντιληπτή ωφέλεια. Τη σχέση αυτή μπορεί να την παραστήσουμε γραφικά σε πίνακες διαστάσεων  $J_n * 1$  όπου  $J$  οι εναλλακτικές επιλογές.

Η πιθανότητα ένας μετακινούμενος  $n$  να επιλέξει μια εναλλακτική περιγράφεται από την σχέση:

$$P(i|C_n) = P(\Delta_i U_n \leq 0)$$

Όπου  $\Delta_i$  είναι ο πίνακας  $J_{n-1} * J_n$  και ο οποίος στη στήλη  $i$  έχει παντού την τιμή -1. Όταν αφαιρεθεί η στήλη αυτή προκύπτει ο πίνακας σφαλμάτων μέσω το οποίου επιλύεται το μοντέλο.

## 4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Επόμενο βήμα της συλλογής δεδομένων ήταν η ανάλυση αυτών για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ανάλυση τους έγινε με λογιστική παλινδρόμηση δυαδική (binary logit model) μέσω της γλώσσας προγραμματισμού R. Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση ήταν η glm μέσω της βιβλιοθήκης ggplot2. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σύντομη σύνοψη του περιβάλλοντος της R και των εντολών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και η ανάλυση των μοντέλων που δημιουργήθηκαν από τα δεδομένα.

### 4.3.1 Καταγραφή δεδομένων και η αποκωδικοποίησή τους

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων σε μορφή .xlsx στην οποία πραγματοποιούταν η καταγραφή των παρατηρήσεων με έναν σωστά δομημένο τρόπο ώστε οι παρατηρήσεις να είναι ευανάγνωστες. Για κάθε παρατήρηση-οδηγό καταγραφόταν η κάθε παράμετρος κωδικοποιημένη με αριθμούς ώστε μετά να εισαχθεί στην R για περαιτέρω ανάλυση. Η κωδικοποίηση των παραμέτρων έγινε ως εξής:

- driver: 1-> παραβάτης  
0-> μη παραβάτης

- approach: 1-> Πέτρου Ράλλη  
2-> Ηφαίστου  
3-> Αγγιάλου  
4-> Αγίου Δημητρίου
- age: 1-> 18-30  
2-> 31-50  
3-> >50
- gender: 1-> Αρσενικό  
2-> Θηλυκό
- pas: 1-> ύπαρξη συνεπιβάτη στο όχημα  
2-> μη ύπαρξη συνεπιβάτη στο όχημα
- no\_pas: Αριθμός συνεπιβατών
- under\_pas: 1-> ύπαρξη ανήλικου συνεπιβάτη  
2-> μη ύπαρξη ανήλικου συνεπιβάτη
- no\_under\_pas: ο αριθμός των ανήλικων συνεπιβατών
- adult\_pas: 1-> ύπαρξη ενήλικου συνεπιβάτη  
2-> μη ύπαρξη ενήλικου συνεπιβάτη
- no\_adult\_pas: ο αριθμός των ενήλικων συνεπιβατών
- vehicle: 1-> Κατηγορία I (μοτοποδήλατα, σκούτερ, μοτοσυκλέτες)  
2-> Κατηγορία II (επιβατικά ΙΧ)  
3-> Κατηγορία III (ταξί)  
4-> Κατηγορία IV (ημιφορτηγά, μικρά φορτηγά)  
5-> Κατηγορία V (λεωφορεία, τρόλεϊ)  
6-> Κατηγορία VI (φορτηγά)  
7-> Κατηγορία VII (φορτηγά με ρυμουλκούμενο)
- direction: 1-> ευθεία  
2-> δεξιά  
3-> αριστερά
- no\_lanes: αριθμός λωρίδων
- lane: 1-> αριστερή λωρίδα  
2-> δεξιά λωρίδα
- velocity: 1-> χαμηλή  
2-> μεσαία  
3-> υψηλή
- time\_after\_red : το χρονικό διάστημα μεταξύ του χρόνου διάσχισης ή στάσης και της έναρξης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη



- time\_after\_red\_xwris\_mhxanes: το χρονικό διάστημα μεταξύ του χρόνου διάσχισης ή στάσης και της έναρξης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη χωρίς τις μηχανές που παραβίαζαν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη μετά από χρόνο μεγαλύτερο των 6 δευτερολέπτων
- time\_after\_red\_3categories: 1-> η κατηγορία των ακούσιων παραβατών  
2-> η κατηγορία των εκούσιων παραβατών  
3-> η κατηγορία των μηχανών που παραβίασαν τον φωτεινό σηματοδότη μετά από χρόνο μεγαλύτερο των 6 δευτερολέπτων
- red: η διάρκεια της κόκκινης ένδειξης
- green: η διάρκεια της πράσινης ένδειξης
- phone: 0 -> Δεν γίνεται χρήση κινητού τηλεφώνου  
1-> Ομιλία μέσω τηλεφώνου  
2-> Ομιλία μέσω γραπτών μηνυμάτων
- volume: 1-> Χαμηλός φόρτος  
2-> Μεσαίος φόρτος  
3-> Υψηλός φόρτος
- pedestrians: 1-> Ύπαρξη πεζών  
2-> Μη ύπαρξη πεζών
- no\_violations: Ο αριθμός των παραβάσεων που είχαν προηγηθεί του παρατηρούμενου οχήματος
- day: 1-> Δευτέρα  
2-> Τρίτη  
3-> Τετάρτη  
4-> Πέμπτη  
5-> Παρασκευή  
6-> Σάββατο  
7-> Κυριακή
- time: 1-> Πρωί  
2-> Μεσημέρι  
3-> Απόγευμα

Στη βάση που δημιουργήθηκε για κάθε παρατηρούμενο όχημα εγγραφόταν και ένας αντίστοιχος αριθμός για κάθε παράμετρο. Για παράδειγμα οι πρώτες 25 παρατηρήσεις-οδηγοί φαίνονται στην παρακάτω εικόνα με τις αντίστοιχες κωδικοποιημένες τιμές των παραμέτρων τους. Σημειώνεται ότι η βάση περιέχει και άλλες παραμέτρους που δεν είναι δυνατόν να απεικονισθούν όλες στην παρακάτω εικόνα.

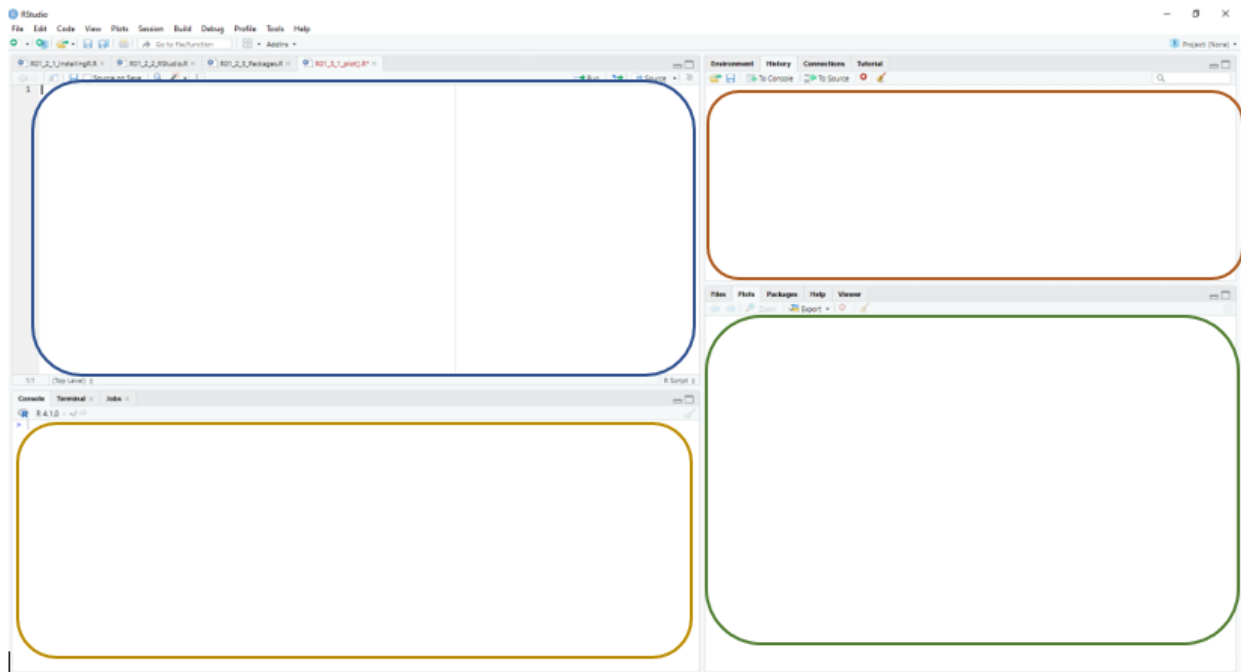
A/A	driver	approach	age	gender	pas	no_pas	under_pas	no_under_pas	adult_pas	no_adult_pas	vehicle
1	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	2
2	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	4
3	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
4	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	2
5	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
6	1	1	2	1	2	0	2	0	2	0	1
7	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	1
8	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
9	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
10	1	1	3	1	1	1	2	0	1	1	3
11	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	2
12	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
13	1	1	1	1	2	0	2	0	2	0	1
14	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
15	1	1	2	1	2	0	2	0	2	0	4
16	1	1	1	1	2	0	2	0	2	0	2
17	1	1	2	1	2	0	2	0	2	0	2
18	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
19	1	1	3	1	2	0	2	0	2	0	2
20	1	1	3	1	1	1	2	0	1	1	2
21	1	1	1	1	2	0	2	0	2	0	1
22	1	1	3	1	1	1	2	0	1	1	2
23	1	1	1	1	2	0	2	0	2	0	1
24	1	1	1	1	2	0	1	2	2	0	1
25	1	1	3	1	1	1	2	0	1	1	4

Σχήμα 4.1 Δείγμα από τη βάση δεδομένων

#### 4.3.2 Η R και το περιβάλλον της

Όπως προαναφέρθηκε η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στην R. Η γλώσσα προγραμματισμού R είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και από τις πιο διάσημες γλώσσες για την στατιστική ανάλυση δεδομένων. Ένας από τους πιο σημαντικούς λόγους που η R είναι ευρέως γνωστή είναι το γεγονός ότι είναι ελεύθερη και ανοιχτή γλώσσα προγραμματισμού. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό που είναι διαθέσιμα στον χρήστη την καθιστά τόσο διαδεδομένη.

Το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε κατά τον προγραμματισμό ήταν το R-studio το οποίο διατίθεται για όλα τα λογισμικά και είναι ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη. Στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται το περιβάλλον εργασίας του R-studio. Η κεντρική κονσόλα χωρίζεται σε 4 περιοχές. Πάνω αριστερά (με μπλε περίγραμμα) βρίσκεται η περιοχή προγραμματισμού όπου ο χρήστης συντάσσει τον κώδικα. Στο κάτω μέρος αυτού βρίσκεται η κονσόλα (με κίτρινο περίγραμμα) όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματα του κώδικα που τρέχει ο χρήστης. Πάνω δεξιά (με πορτοκαλί περίγραμμα) βρίσκεται η περιοχή όπου εμφανίζονται οι μεταβλητές που έχει χρησιμοποιήσει ο χρήστης στον κώδικά του. Τέλος στο κάτω μέρος αυτού (με πράσινο περίγραμμα) βρίσκονται αρχεία και φάκελοι του κώδικα καθώς επίσης εκεί εμφανίζονται και τυχόν διαγράμματα που θέλει να εμφανίσει ο χρήστης



Σχήμα 4.2 Περιβάλλον R-studio

#### 4.3.3 Παράδειγμα διαδικασία ανάλυσης δεδομένων στην R

Για την εισαγωγή των δεδομένων στην R χρειάζεται να αποθηκευτεί η βάση σε μορφή .csv. Η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων στην R απεικονίζεται στο παρακάτω παράδειγμα.

```

1
2 #importing .csv file
3 mydata <- read.csv("data.csv", header=TRUE, sep=";")
4 mydata

```

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η ανάλυση των δεδομένων για το κάθε μοντέλο που δημιουργήθηκε έγινε με λογιστική παλινδρόμηση δυαδική (binary logit model). Για την υλοποίηση του εν λόγω τρόπου ανάλυσης των δεδομένων έπρεπε να εισαχθούν μια σειρά από έτοιμα πακέτα (packages) που είναι διατεθειμένα στην R. Κάθε package περιέχει έτοιμο κώδικα που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης με σκοπό να βρει τα αντίστοιχα αποτελέσματα που θέλει για τα δεδομένα του.

Για να χρησιμοποιήσει ο χρήστης κάποιο package πρέπει αρχικά να το κάνει διαθέσιμο στο hard drive του υπολογιστή του με την εντολή install και στη συνέχεια να το φορτώσει στην R με την εντολή library ή require.

Στη συνέχεια, αφού έγιναν διαθέσιμα όλα τα δεδομένα που χρειαζόταν ο κώδικας για να πραγματοποιήσει την ανάλυση, έγινε η συγγραφή του κώδικα όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα, το οποίο όμως δεν απεικονίζει την τελική μορφή του κώδικα αλλά μια πιο απλή.

```
mod1 <- glm(driver ~ as.factor(mydata$age)+as.factor(mydata$vehicle), data = mydata, family = "binomial")  
summary(mod1)
```

Τα μέρη του κώδικα που φαίνονται είναι τα εξής:

- `Glm`: είναι η συνάρτηση που παράγει γενικευμένα γραμμικά μοντέλα (generalized linear models)
- `Driver~`: στην αρχή σημαίνει ότι θέλουμε να μοντελοποιήσουμε τους οδηγούς χρησιμοποιώντας τις υπόλοιπες μεταβλητές που βάζουμε
- Δεξιά από το σημείο που δηλώνεται η εξαρτημένη μεταβλητή εισάγονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές (στο εν λόγω παράδειγμα η ηλικία και ο τύπος του οχήματος)
- `Family=" binomial"`: Η κατηγορία `binomial` της `Glm` υλοποιεί λογιστική παλινδρόμηση
- `Summary(mod1)`: Δίνει την ανάλυση για τη λογιστική παλινδρόμηση

Τέλος οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εισάγονται στο μοντέλο μπορεί να είναι τριών ειδών:

- `as.factor`: δηλώνει ότι η εν λόγω μεταβλητή είναι κάποιος παράγοντας (π.χ. τύπος αυτοκινήτου)
- `as.numeric`: δηλώνει ότι η εν λόγω μεταβλητή είναι φυσικός αριθμός (π.χ. time after red)
- `as.integer`: δηλώνει ότι η εν λόγω μεταβλητή είναι ακέραιος αριθμός (π.χ. ο αριθμός των συνεπιβατών)

#### 4.3.3 Ανάλυση μοντέλων

Για να προκύψουν τα τελικά μοντέλα χρειάστηκαν να γίνουν αρκετές δοκιμές με όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Όσες μεταβλητές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές για το μοντέλο ή δεν οδηγούσαν σε εύλογα συμπεράσματα αφαιρούνταν από το μοντέλο. Χρειάστηκε να γίνουν αρκετές δοκιμές με διάφορους συνδυασμούς των ανεξάρτητων μεταβλητών ώστε να προκύψει το εκάστοτε μοντέλο. Σε κάθε μοντέλο ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρήθηκαν οι οδηγοί που παρατηρήθηκαν, παραβάτες και μη. Τελικά δημιουργήθηκαν επτά μοντέλα εκ των οποίων τα τρία αφορούσαν όλες τις διασταυρώσεις ενώ τα υπόλοιπα τέσσερα αφορούσαν τον κάθε ένα άξονα από τις δύο διασταυρώσεις. Τα μοντέλα με τις ανεξάρτητες μεταβλητές του καθενός παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα όπου:

- Μοντέλα I,II,III: πρόκειται για τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν έχοντας ως δεδομένα όλες τις παρατηρήσεις για όλες τις διασταυρώσεις
- Μοντέλο IV: πρόκειται για το μοντέλο που δημιουργήθηκε έχοντας ως δεδομένα τις παρατηρήσεις για τον άξονα της Πέτρου Ράλλη
- Μοντέλο V: πρόκειται για το μοντέλο που δημιουργήθηκε έχοντας ως δεδομένα τις παρατηρήσεις για τον άξονα της Ηφαίστου
- Μοντέλο VI: πρόκειται για το μοντέλο που δημιουργήθηκε έχοντας ως δεδομένα τις παρατηρήσεις για τον άξονα της Αγχιάλου
- Μοντέλο VII: πρόκειται για το μοντέλο που δημιουργήθηκε έχοντας ως δεδομένα τις παρατηρήσεις για τον άξονα της Αγίου Δημητρίου

Πίνακας 4.1: Ανεξάρτητες μεταβλητές για κάθε μοντέλο

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ\ ΜΟΝΤΕΛΑ	ΜΟΝΤΕΛΟ I	ΜΟΝΤΕΛΟ II	ΜΟΝΤΕΛΟ III	ΜΟΝΤΕΛΟ IV	ΜΟΝΤΕΛΟ V	ΜΟΝΤΕΛΟ VI	ΜΟΝΤΕΛΟ VII
approach							
age	×	×		×		×	×
gender							
pas							
no_pas					×		
under_pas							
no_under_pas	×	×	×				
adult_pas							
no_adult_pas							
vehicle	×		×		×		
direction	×	×	×			×	×
lane			×				
no_lanes	×	×					
velocity	×	×	×	×	×	×	×
time_after_red	×			×			
time_after_red_xwris_mhaxn			×				
time_after_red_3categories		×					
red	×						
green							
phone				×			
volume							
pedestrians	×	×				×	×
no_violations							
day							
time		×	×				

Αξίζει να σημειωθεί τότε μια μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική για το μοντέλο και τότε όχι. Για να οριστεί μια μεταβλητή στατιστικά σημαντική προσδιορίζεται ο δείκτης z-value και ανάλογα με το επίπεδο εμπιστοσύνης που επιδιώκουμε ο δείκτης πρέπει να έχει τιμές μεγαλύτερες από το κάθε όριο του επιπέδου εμπιστοσύνης. Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι οριακές τιμές z-value για το κάθε επίπεδο εμπιστοσύνης.

Πίνακας 4.2 Τιμές z-value και επίπεδα εμπιστοσύνη

z-value	Επίπεδο εμπιστοσύνης
1.65	90%
1.96	95%
2.33	98%
2.58	99%

Για τα μοντέλα υπολογίστηκαν επίσης κάποιοι δείκτες ώστε να προσδιοριστεί ποιο είναι το μοντέλο εκείνο που δίνει την ακριβέστερη περιγραφή. Πιο συγκεκριμένα, έγινε υπολογισμός των AIC, Log likelihood και Initial log likelihood.



Το κριτήριο πληροφοριών Akaike (AIC) είναι μια μαθηματική μέθοδος που αξιολογεί την ποιότητα των στατιστικών μοντέλων για ένα ορισμένο σύνολο δεδομένων. Η AIC αξιοποιείται για να συγκρίνει διαφορετικά πιθανά μοντέλα και να καθορίσει ποιο από αυτά ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα. Προσδιορίζεται από :

- Τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στο κάθε μοντέλο
- Τη μέγιστη πιθανοφάνεια του μοντέλου

Σύμφωνα με τον AIC το καλύτερο μοντέλο είναι αυτό που προσαρμόζεται πιο καλά χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν πιο λίγες μεταβλητές, ενώ όσο μικρότερος είναι ο αριθμός AIC τόσο το καλύτερο για το μοντέλο. (<https://www.scribbr.com/statistics/akaike-information-criterion/>)

Όπως γίνεται αντιληπτό η σύγκριση του δείκτη AIC έχει νόημα να πραγματοποιηθεί μόνο για τα τρία πρώτα μοντέλα όπου έχουν κοινή βάση δεδομένων αν και ο προσδιορισμός του έγινε για όλα τα μοντέλα.

Όσον αφορά τη στατιστική πιθανότητα (likelihood), αυτή προσδιορίζει το πόσο καλά ταιριάζει ένα δείγμα σε ένα στατιστικό μοντέλο για δοσμένες τιμές των άγνωστων παραμέτρων. Εξηγεί το πόσο καλά μια παράμετρος ( $\theta$ ) εξηγεί τα παρατηρούμενα μεγέθη. Η λογαριθμική πιθανότητα (log likelihood), που αποτελεί τον λογάριθμο της πιθανότητας, αξιολογεί το μοντέλο με τον ίδιο τρόπο μόνο που προτιμάται για τους παρακάτω λόγους(<https://www.statisticshowto.com/log-likelihood-function/>):

- Η log likelihood είναι συνήθως υπολογιστικά πιο απλή
- Οι πιθανότητες είναι μικροί αριθμοί που καθιστούν δύσκολη την αναπαράστασή τους ενώ λογαριθμίζοντάς τους γίνεται πιο ευπαρουσίαστη η αναπαράστασή τους

Για το κάθε μοντέλο θεωρητικά έπρεπε να ισχύει ότι το log likelihood, όταν θα μπουν στο μοντέλο οι ανεξάρτητες μεταβλητές, θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερο του initial log likelihood, δηλαδή του log likelihood του μοντέλου δίχως να έχουν προστεθεί σε αυτό οι ανεξάρτητες μεταβλητές.

Ένα ακόμα στοιχείο που αξίζει να σημειωθεί πριν τον σχολιασμό των μοντέλων είναι ότι η R θέτει ως επίπεδο σύγκρισης το πρώτο. Για παράδειγμα για την ηλικία θα θέσει ως επίπεδο σύγκρισης το age=1 (18-30) το οποίο θα το συγκρίνει με τα επίπεδα age=2 (31-50) και age=3 (>50).

#### 4.3.3.1 Σχεδιασμός μοντέλων παραβατικότητας για το σύνολο των παρατηρήσεων

Το πρώτο μοντέλο που δημιουργήθηκε έχοντας ως βάση όλες τις παρατηρήσεις από τον κάθε άξονα είχε την εξής μορφή:

```
mod_teliko<-glm(driver
~as.factor(mydata$direction)+as.factor(no_lanes)+as.numeric(mydata$no_under_pas)+as.integer
(mydata$time_after_red) + as.factor(mydata$age) + as.factor(mydata$vehicle==2)+
as.factor(mydata$vehicle==3)+as.factor(mydata$vehicle==4)+ as.factor(mydata$vehicle==5 |
mydata$vehicle==6)+as.factor(mydata$pedestrians)+as.integer(mydata$red)+as.factor(mydata$v
elocity==2 | mydata$velocity==3), data = mydata, family = "binomial")
```

Η στατιστική ανάλυση και οι δείκτες του εν λόγω μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 4.3 Αποτελέσματα ανάλυσης πρώτου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	-2.367	-4.139
Κατεύθυνση: δεξιά	1.002	3.370
Κατεύθυνση: αριστερή	1.467	4.225
Αριθμός λωρίδων	0.343	1.474
Αριθμός ανήλικων συνεπιβατών	-0.794	-1.620
Χρόνος που μεσολάβησε μετά την κόκκινη ένδειξη	0.078	3.533
Ηλικιακή κατηγορία: 31-50	-0.477	-1.653
Ηλικιακή κατηγορία: >50	-0.709	-2.335
Τύπος οχήματος: Ι.Χ.	-1.441	-5.499
Τύπος οχήματος: Ταξί	-1.316	-3.425
Τύπος οχήματος: Ημιφορτηγά/μικρά φορτηγά	-1.254	-2.928
Τύπος οχήματος: Λεωφορεία και φορτηγά	-3.424	-2.890
Ύπαρξη πεζών: Όχι	0.814	3.270
Διάρκεια κόκκινης ένδειξης	0.016	2.125
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή ταχύτητα	2.763	12.035
Αριθμός παρατηρήσεων	740	
Initial log likelihood	-502.83	
Final log likelihood	-329.62	
AIC	689.92	

Παρατηρούμε ότι η παράμετρος no\_lanes έχει μικρότερη τιμή από την οριακή τιμή z-value για επίπεδο εμπιστοσύνης 90%, ωστόσο η προσθήκη της εν λόγω μεταβλητής στο μοντέλο βελτιώνει αρκετά την εικόνα του ενώ το πρόσημο του συντελεστή της μας οδηγεί στο εύλογο συμπέρασμα ότι όσες περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας υπάρχουν τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα παραβίασης του φωτεινού σηματοδότη. Για αυτούς τους λόγους η παράμετρος αυτή διατηρήθηκε στο μοντέλο.

Από τον πίνακα 4.3 προκύπτει ότι:

- Οι οδηγοί οι οποίοι κατευθύνονται αριστερά ή δεξιά του άξονα κυκλοφορίας τους είναι πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση συγκριτικά με εκείνους που κατευθύνονται ευθεία (το μοντέλο δείχνει επίσης εκείνους που κατευθύνονται αριστερά να είναι πιο επιρρεπής).
- Όσο περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας τόσο πιο πιθανό να υπάρχουν περισσότερες παραβάσεις γεγονός που είναι αναμενόμενο καθώς όσες περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα να είναι μεγαλύτερος ο παραβατικός πληθυσμός.

- Όσον αναφορά την ανεξάρτητη μεταβλητή `no_under_pas` προκύπτει ότι μεγαλύτερος αριθμός ανήλικων συνεπιβατών στο όχημα μειώνει την πιθανότητα παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη γεγονός που είναι αναμενόμενο καθώς το αίσθημα ευθύνης είναι αυξημένο.
- Στη συνέχεια η ανεξάρτητη μεταβλητή που φαίνεται στον πίνακα είναι η `time_after_red` όπου ο συντελεστής της δηλώνει ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος από τη στιγμή που το όχημα βρίσκεται στη γραμμή στάσης έως τη στιγμή έναρξης της κόκκινης ένδειξης τόσο πιο πιθανό είναι να πραγματοποιηθεί παράβαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Αυτό το αποτέλεσμα ξενίζει εκ πρώτης όψεως αλλά μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι αρκετά δίκυκλα παραβίαζαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη μετά από αρκετή ώρα και επίσης ο συντελεστής της εν λόγω παραμέτρου είναι αρκετά χαμηλός ( $= 0.07831$ ).
- Η ανάλυση των ηλικιακών κατηγοριών οδήγησε επίσης σε ένα αναμενόμενο αποτέλεσμα για το εν λόγω μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα έδειξε ότι η ηλικιακή κατηγορία 18-30 είναι η πιο επιρρεπής σε παραβιάσεις της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη με την ηλικιακή κατηγορία 31-50 να ακολουθεί, ενώ η ηλικιακή κατηγορία  $>50$  είναι η ουραγός σε αυτή την κατηγορία.
- Μια άλλη σημαντική κατηγορία στην ανάλυση ήταν ο τύπος οχήματος. Από τους συντελεστές προκύπτει ότι τα δίκυκλα είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη από οποιοδήποτε άλλο τύπο οχήματος. Παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους έχουν τα ταξί και τα μικρά φορτηγά που ακολουθούν στην κατάταξη τα δίκυκλα ενώ τα Ι.Χ. είναι ακόμα λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση από τις προαναφερθέντες κατηγορίες. Τέλος, η κατηγορία των οχημάτων που είναι το λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση, τα οποία τοποθετήθηκαν και σε μια κατηγορία στο μοντέλο καθώς στο δείγμα τους είχαν παρόμοια συμπεριφορά, ήταν τα λεωφορεία και τα φορτηγά γεγονός που είναι αναμενόμενο.
- Η παράμετρος `pedestrians` έδειξε ότι πιθανότητα να πραγματοποιηθεί παράβαση της κόκκινης ένδειξης φωτεινού σηματοδότη ενώ στον κόμβο βρίσκονται πεζή είναι μειωμένη συγκριτικά με το αν δεν υπήρχαν πεζή γεγονός που δικαιολογείται από το αίσθημα ευθύνης των οδηγών απέναντι στην ανθρώπινη ζωή.
- Όσον αφορά τον χρόνο της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, η παράμετρος αυτή έδειξε ότι όσο ο χρόνος της κόκκινης ένδειξης αυξάνεται τόσο πιο πιθανό είναι να γίνει παράβαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη από κάποιο όχημα γεγονός που φανερώνει την ανυπομονησία μερικών οδηγών.
- Τέλος, οι οδηγοί που κινούνται με μεγαλύτερες ταχύτητες είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς οι οδηγοί που πρόκειται να υποπέσουν σε παράβαση επιταχύνουν για να διασχίσουν τον κόμβο γρηγορότερα.
- Ο δείκτης `initial log likelihood` είναι μικρότερος του `final log likelihood` γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε και ένα δεύτερο μοντέλο που είχε ως βάση δεδομένων το σύνολο των παρατηρήσεων. Το δεύτερο μοντέλο που δημιουργήθηκε είχε την εξής μορφή:

```
mod_3categ <- glm(driver ~ as.integer(mydata$no_under_pas)+ as.factor(mydata$time)+
as.integer(mydata$no_lanes) + as.factor(mydata$pedestrians)+ as.factor(mydata$velocity>=2)+
as.factor(mydata$direction)+as.factor(mydata$time_after_red_3categories)+as.factor(mydata$age)
), data = mydata, family = "binomial")
```

Η στατιστική ανάλυση του δεύτερου μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα ανάλυσης δεύτερου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	-2.110	-2.892
Αριθμός ανήλικων συνεπιβατών	-2.045	-2.486
Ώρα: Μεσημέρι	-0.905	-2.113
Ώρα: Απόγευμα	-0.664	-1.674
Αριθμός λωρίδων	1.344	3.400
Ύπαρξη πεζών: Όχι	1.037	2.954
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή ταχύτητα	3.020	8.995
Κατεύθυνση: Δεξιά	1.480	3.686
Κατεύθυνση: Αριστερή	1.405	3.070
Εκούσιοι παραβάτες	-4.464	-12.050
Παραβάτες μηχανές (>6sec)	3.994	3.767
Ηλικιακή κατηγορία: 31-50	-0.806	-1.772
Ηλικιακή κατηγορία: >50	-0.771	-1.645
Αριθμός παρατηρήσεων		740
Initial log likelihood		-502.83
Final log likelihood		-170.46
AIC		367.43

Από τον πίνακα 4.4 προκύπτει ότι:

- Όπως και στο πρώτο μοντέλο όσο ο αριθμός των ανήλικων συνεπιβατών αυξάνεται τόσο μειώνεται και η πιθανότητα να παραβιάσει ο οδηγός την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Τις πρωινές ώρες οι οδηγοί είναι πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση γεγονός το οποίο μπορεί να εξηγηθεί από τους οδηγούς που ενδεχομένως βιάζονται να φθάσουν στην εργασία τους ενώ από τις τρεις περιόδους της ημέρας λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση είναι το μεσημέρι.
- Ακόμη και σε αυτό το μοντέλο φαίνεται ότι με την αύξηση των λωρίδων κυκλοφορίας σε έναν κόμβο αυξάνεται και η πιθανότητα παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη.
- Όσον αφορά την παράμετρο ύπαρξης πεζών στον κόμβο κατά την διέλευση του οχήματος και σε αυτή την περίπτωση η ύπαρξη πεζών αποτρέπει τους οδηγούς από το να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Τα οχήματα που κινούνται με πιο υψηλές ταχύτητες και σε αυτό το μοντέλο είναι πιο πιθανό να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

- Επίσης τα οχήματα τα οποία κατευθύνονται είτε δεξιά είτε αριστερά μετά την διέλευση τους από τον κόμβο είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με αυτά που κατευθύνονται ευθεία.
- Όσον αφορά τις τρεις κατηγορίες οχημάτων, ακούσιοι εκούσιοι και δίκυκλα, πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση είναι τα δίκυκλα που διασχίζουν τον κόμβο μετά από αρκετό χρονικό διάστημα μετά η ακούσιοι και τέλος οι εκούσιοι παραβάτες.
- Τέλος η ανάλυση των ηλικιακών κατηγοριών σε αυτό το μοντέλο έδειξε ότι οι ηλικιακές κατηγορίες 31-50 και >50 έχουν παρόμοια συμπεριφορά και είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση συγκριτικά με την ηλικιακή κατηγορία 18-30 γεγονός που είναι αναμενόμενο.
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

Έπειτα δημιουργήθηκε και ένα τρίτο μοντέλο το οποίο ήταν και το τελευταίο που περιείχε όλη την βάση δεδομένων και είχε την εξής μορφή:

```
mod_xwris_mhxanes<-glm(driver~
as.factor(lane)+as.factor(time>=2)+as.integer(mydata$no_under_pas)+as.factor(mydata$velocity
>=2)+as.factor(mydata$direction>=2)+as.factor(mydata$vehicle==2)+as.factor(mydata$vehicle
==3)+as.factor(mydata$vehicle==4)+as.factor(mydata$vehicle==5|mydata$vehicle==6)+as.num
eric(mydata$time_after_red_xwris_mhxanes),data=mydata,family="binomial")
```

Η στατιστική ανάλυση του τρίτου μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας 4.5 Αποτελέσματα ανάλυσης τρίτου μοντέλο

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	1.727	3.830
Δεξιά λωρίδα κυκλοφορίας	1.651	2.940
Ωρα: Μεσημέρι και απόγευμα	-0.587	-1.990
Αριθμός ανήλικων συνεπιβατών	-1.548	-1.893
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή	2.810	9.149
Κατεύθυνση: Δεξιά και αριστερή	1.496	4.459
Τύπος οχήματος: I.X.	-1.438	-3.733
Τύπος οχήματος: Ταξί	-1.318	-2.442
Τύπος οχήματος: Ημιφορτηγά/μικρά φορτηγά	-1.488	-2.370
Τύπος οχήματος: Λεωφορεία και φορτηγά	-3.802	-2.749
Χρόνος που μεσολάβησε μετά την κόκκινη ένδειξη χωρίς την κατηγορία "μηχανές"	-1.753	-10.914

Από τον πίνακα 4.5 προκύπτει ότι:

- Τα οχήματα που κινούνταν στη δεξιά λωρίδα είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό και συσχετίζεται με την κατεύθυνση των οχημάτων καθώς όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως αλλά και σε αυτό το μοντέλο τα οχήματα που κινούνται είτε δεξιά είτε αριστερά παραβιάζουν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη πιο συχνά. Αυτό συσχετίζεται με τη λωρίδα κυκλοφορίας καθώς στην Πέτρου Ράλλη (ο μόνος άξονας με δύο λωρίδες κυκλοφορίας) τα οχήματα που κινούνταν στην δεξιά λωρίδα συνήθως έστριβαν δεξιά.
- Τις πρωινές ώρες, γεγονός που αναδεικνύει και το δεύτερο μοντέλο όπως αναφέρθηκε, οι οδηγοί των οχημάτων είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Όπως και στα προηγούμενα μοντέλα, όσο ο αριθμός των ανήλικων συνεπιβατών αυξάνεται τόσο μειώνονται και οι πιθανότητες ο οδηγός να παραβιάσει την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Και σε αυτό το μοντέλο τα οχήματα που κινούνταν με μεγαλύτερες ταχύτητες ήταν πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με αυτά που κινούνταν με χαμηλές ταχύτητες.
- Ακόμη τα οχήματα που κατευθύνονταν είτε δεξιά είτε αριστερά κατά τη διέλευση τους από τον κόμβο ήταν πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση συγκριτικά με αυτά που κατευθύνονταν ευθεία.
- Όσον αφορά τον τύπο του οχήματος και σε αυτό το μοντέλο τα δίκυκλα είναι οι πιο επιρρεπή στις παραβάσεις με τα Ι.Χ., τα ταξί και τα μικρά φορτηγά να έχουν παρόμοια συμπεριφορά. Τα λεωφορεία και τα φορτηγά, τα οποία ομαδοποιήθηκαν μαζί λόγω της παρόμοιας συμπεριφορά τους, παρουσιάζουν τις λιγότερες πιθανότητες να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Τέλος, σε αυτό το μοντέλο, σε αντίθεση με το πρώτο, όσο ο αυξάνεται ο χρόνος από την στιγμή που το όχημα βρίσκεται σε στάση έως τη στιγμή έναρξης μειώνονται και οι πιθανότητες παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Αυτή η διαφορά των μοντέλων ήταν αναμενόμενη καθώς στο εν λόγω μοντέλο είχαν αφαιρεθεί οι μηχανές που παραβίασαν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη με χρόνο μεγαλύτερο από έξη δευτερόλεπτα.
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

#### 4.3.3.2 Σχεδιασμός μοντέλων παραβατικότητας ανά άξονα

Το επόμενο μοντέλο που δημιουργήθηκε αφορούσε τον άξονα της Πέτρου Ράλλη. Το τέταρτο μοντέλο είχε την εξής μορφή:

```
mod_aksona1<-glm(driver ~ as.factor(aksona1$phone)+  
as.numeric(aksona1$time_after_red)+as.factor(aksona1$age)+as.factor(aksona1$velocity>=2),  
data = aksona1, family = "binomial" ).
```

Η στατιστική ανάλυση του τέταρτου μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.



Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα τέταρτου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	-1.253	-2.374
Ομιλία στο κινητό τηλέφωνο: Ναι	1.746	1.700
Χρόνος που μεσολάβησε μετά την κόκκινη ένδειξη	0.158	4.332
Ηλικιακή κατηγορία: 31-50	-1.699	-3.026
Ηλικιακή κατηγορία: >50	-1.601	-2.866
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή	3.178	7.458
Αριθμός παρατηρήσεων		221
Initial log likelihood		-151.77
Final log likelihood		--99.87
AIC		212.14

Από τον πίνακα 4.6 προκύπτει ότι:

- Οι οδηγοί που κάνουν χρήση κινητού τηλεφώνου μέσω ομιλίας ( phone=1) είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από την απροσεξία που μπορεί να παρουσιάσει κάποιος από την χρήση κινητού τηλεφώνου.
- Όπως και στο πρώτο μοντέλο η μεταβλητή time after red δείχνει ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος μετά την κόκκινη ένδειξη τόσο πιο πιθανό να γίνει παράβαση γεγονός που οφείλεται, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στα δίκυκλα που παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη καθυστερημένα.
- Όσον αφορά την ηλικία η ηλικιακή κατηγορία 18-30 εξακολουθεί και σε αυτό το μοντέλο να είναι η πιο επιρρεπής με της άλλες δύο ηλικιακές κατηγορίες να έχουν παρόμοια συμπεριφορά
- Τέλος και σε αυτό το μοντέλο οι οδηγοί που κινούνται με χαμηλές ταχύτητες είναι λιγότερο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

Το επόμενο μοντέλο που δημιουργήθηκε αξιοποίησε ως βάση δεδομένων τις παρατηρήσεις από τον άξονα της Ηφαίστου. Το πέμπτο μοντέλο είχε την εξής μορφή:

```
mod_aksona2 <- glm(driver~ as.integer(aksona2$no_pas) + as.factor(aksona2$velocity>=2)+
as.factor(aksona2$vehicle) ,data = aksona2, family = "binomial" ).
```

Η στατιστική ανάλυση του πέμπτου μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα πέμπτου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	1.325	1.924
Αριθμός συνεπιβατών	-1.733	-2.707
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή	2.730	4.471

Τύπος οχήματος: I.X.	-1.915	-2.520
Τύπος οχήματος: Ταξί	-3.492	-2.192
Τύπος οχήματος: Ημιφορτηγά/μικρά φορτηγά	-3.127	-2.413
Αριθμός παρατηρήσεων	98	
Initial log likelihood	-67.74	
Final log likelihood	-48.30	
AIC	109.51	

Από τον πίνακα 4.7 προκύπτει ότι:

- Όσο ο αριθμός αυξάνεται ο αριθμός των συνεπιβατών του οχήματος τόσο μειώνονται οι πιθανότητες να πραγματοποιηθεί παραβίαση του φωτεινού σηματοδότη, γεγονός που είναι αναμενόμενο καθώς το αίσθημα ευθύνης είναι αυξημένο για μεγαλύτερο αριθμό συνεπιβατών.
- Τα οχήματα που κινούνται με χαμηλές ταχύτητες και σε αυτό το μοντέλο είναι λιγότερο πιθανό να παραβιάσουν την ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με αυτά που κινούνται με μεσαία ή υψηλή ταχύτητα.
- Τέλος οι οδηγοί ταξί και μικρών φορτηγών έχουν παρόμοια συμπεριφορά για μια ακόμη φορά αλλά στον εν λόγω άξονα τα I.X. παρουσιάζονται ως πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση ενώ τα δίκυκλα εξακολουθούν να είναι πιο επιρρεπείς από όλες τις κατηγορίες. (στον εν λόγω άξονα υπήρχαν καταγραφές για οχήματα μέχρι κατηγορίας IV).
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

Το επόμενο μοντέλο που δημιουργήθηκε αξιοποίησε ως βάση δεδομένων τις παρατηρήσεις από τον άξονα της Αγγιάλου. Το έκτο μοντέλο είχε την εξής μορφή:

```
mod_aksona3 <- glm(driver~ as.factor(pedestrians)+as.factor(velocity>=2)+
as.factor(direction)+ as.factor(age),data = aksona3,family = "binomial").
```

Η στατιστική ανάλυση του έκτου μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.8 Αποτελέσματα έκτου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	-1.997	-3.065
Ύπαρξη πεζών: Όχι	1.212	2.360
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή	1.945	5.581
Κατεύθυνση: Αριστερή	1.730	4.049
Ηλικιακή κατηγορία: 31-50	-0.987	-2.009
Ηλικιακή κατηγορία: >50	-1.142	-2.207
Αριθμός παρατηρήσεων	236	
Initial log likelihood	-155.87	
Final log likelihood	-120.31	
AIC	253.00	

Από τον πίνακα 4.8 προκύπτει ότι:

- Η ύπαρξη πεζών φαίνεται να έχει θετική επίδραση στην αποτροπή των οδηγών από το να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη καθώς ο συντελεστής της παραμέτρου είναι θετικός.
- Σε ένα ακόμα μοντέλο προκύπτει ότι οι οδηγοί που παραβιάζουν την κόκκινη ένδειξη κινούταν με μεσαία ή υψηλή ταχύτητα.
- Οι οδηγοί οι οποίοι κατευθύνονται αριστερά από την Αγκιάλου είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με εκείνους που κατευθύνονται ευθεία.
- Τέλος η ηλικιακή κατηγορία 18-30 είναι πιο επιρρεπής από τις άλλες δύο ηλικιακές κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζουν πανομοιότυπη συμπεριφορά με την ηλικιακή κατηγορία 31-50 να είναι λίγο πιο επιρρεπής από την ηλικιακή κατηγορία >50.
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

Το επόμενο μοντέλο που δημιουργήθηκε αξιοποίησε ως βάση δεδομένων τις παρατηρήσεις από τον άξονα της Αγίου Δημητρίου. Το έβδομο μοντέλο είχε την εξής μορφή:

```
mod_aksona4 <-
glm(driver~as.factor(pedestrians)+as.factor(age)+as.factor(direction)+as.factor(velocity>=2),data = aksona4,family = "binomial").
```

Η στατιστική ανάλυση έβδομου του μοντέλου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.9 Αποτελέσματα έβδομου μοντέλου

Παράμετροι	Συντελεστές	z-value
Σταθερός όρος	-1.562	-2.304
Ύπαρξη πεζών: Όχι	1.056	1.836
Ηλικιακή κατηγορία: 31-50	-0.954	-1.837
Ηλικιακή κατηγορία: >50	-2.148	-3.535
Κατεύθυνση: Δεξιά	1.120	1.841
Ταχύτητα: Μεσαία και υψηλή	2.647	6.390
Αριθμός παρατηρήσεων		185
Initial log likelihood		-123.19
Final log likelihood		-82.79
AIC		178.07

Από τον πίνακα 4.9 προκύπτει ότι:

- Η ύπαρξη πεζών έχει θετική επίδραση στην αποτροπή των οδηγών από το να διασχίσουν τον κόμβο με κόκκινη ένδειξη και σε αυτό το μοντέλο.
- Και σε αυτό το μοντέλο ισχύει ότι η ηλικία 18-30 είναι πιο επιρρεπής σε παραβιάσεις της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη με την ηλικία 31-50 να ακολουθεί ενώ η ηλικιακή ομάδα >50 είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσει σε παράβαση.
- Η κατεύθυνση του οχήματος είναι άλλη μια παράμετρος που παρουσιάζει την ίδια επίδραση με τα άλλα μοντέλα, όπου τα οχήματα που κατευθύνονται δεξιά για τον

συγκεκριμένο άξονα να είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

- Τέλος και σε αυτό το μοντέλο τα οχήματα που κινούνται με χαμηλές ταχύτητες είναι λιγότερο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.
- Ο δείκτης initial log likelihood είναι μικρότερος του final log likelihood γεγονός που ήταν αναμενόμενο.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1 Εισαγωγή

Η παραβίαση της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη των κόμβων από τους οδηγούς των οχημάτων μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά ανεπιθύμητα αποτελέσματα μέχρι και την απώλεια ανθρώπινης ζωής. Ο αυξημένος αριθμός παραβάσεων σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση εγείρει σοβαρές ανησυχίες με πολλές έρευνες να έχουν διεξαχθεί σε αυτό το πεδίο.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η διερεύνηση των παραμέτρων επιρροής της παραβατικότητας των οδηγών σε κόμβους με φωτεινή σηματοδότηση. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις σε δύο κόμβους στην περιοχή του Πειραιά μέσω της χρήσης βιντεοκάμερας αλλά και της καταγραφής παρατηρήσεων. Οι δύο κόμβοι που επιλέχθηκαν ήταν οι Πέτρου Ράλλη – Ηφαίστου και Αγγιάλου – Αγίου Δημητρίου. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 15 ώρες παρατηρήσεων στους δύο κόμβους και συλλέχθηκαν πληροφορίες για 740 οδηγούς. Από αυτούς οι 309 αφορούσαν παραβάτες της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη, ενώ οι 431 αφορούσαν οδηγούς που ενώ είχαν την δυνατότητα να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη δεν το πραγματοποίησαν. Οδηγοί οι οποίοι καταγράφονταν ως μη παραβάτες ήταν αυτοί που κατέφθαναν στον κόμβο εντός ολίγων δευτερολέπτων από την έναρξη της κόκκινης ένδειξης και βρίσκονταν στην αρχή της ουράς αναμονής, καθώς εκείνοι που κατέφθαναν μετά από αρκετά δευτερόλεπτα και βρίσκονταν στην αρχή της ουράς δεν θεωρήθηκε ότι είχαν στην πραγματικότητα δυνατότητα να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη.

### 5.2 Περιορισμοί έρευνας

Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας παρουσιάστηκαν κάποιοι περιορισμοί που αφορούσαν το πεδίο των παρατηρήσεων. Πιο συγκεκριμένα οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν από ένα άτομο με αποτέλεσμα να υπάρχουν ορισμένες παράμετροι που να μην είναι δυνατόν να καταγραφούν στις μετρήσεις όπως είναι η απόσταση του οχήματος που πραγματοποίησε την παράβαση ή όχι από το φωτεινό σηματοδότη, όταν η ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη γίνεται κόκκινη. Ένας άλλος περιορισμός εντοπίζεται στην ανάλυση της βιντεοκάμερας καθώς σε συνδυασμό με τον φωτισμό που επικρατούσε καθιστούσε ασαφείς κάποιες παραμέτρους, ενώ άλλες δεν ήταν ευδιάκριτες με αποτέλεσμα να αφαιρεθούν από τις παρατηρούμενες παραμέτρους. Παράδειγμα τέτοιας παραμέτρου αποτελεί η χρήση ζώνης ασφαλείας. Επιπλέον, η ανάλυση αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρως αντιπροσωπευτική της συμπεριφοράς των οδηγών συνολικά στους αστικούς κόμβους καθώς η έρευνα πεδίου πραγματοποιήθηκε σε δύο μόνο κόμβους. Παρόλα αυτά, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση έρχονται σε συμφωνία με τα αντίστοιχα της διεθνούς βιβλιογραφίας.

### 5.3 Συμπεράσματα έρευνας

Σύμφωνα με τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν για τον προσδιορισμό του τρόπου επίδρασης των παραμέτρων, παρατηρούμε ότι και στα επτά μοντέλα παρουσιάζεται η παράμετρος της ταχύτητας με τους οδηγούς που κινούνται με μεσαίες ή υψηλές ταχύτητες να είναι πιθανότερο να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη συγκριτικά με εκείνους που

κινούνται με χαμηλές ταχύτητες. Οι Wang et al.(2016) είχαν παρουσιάσει το ίδιο συμπέρασμα με τους οδηγούς που κινούνται με μεγάλη επιτάχυνση να είναι πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση. Μια ακόμη παράμετρος που βρέθηκε να έχει επίδραση στην απόφαση των οδηγών είναι η κατεύθυνση που θα ακολουθούσαν. Οι οδηγοί που κατευθύνονταν είτε αριστερά είτε δεξιά βρέθηκε να είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη. Στο ίδιο συμπέρασμα είχαν καταλήξει και οι Wang et al.(2016) που σύμφωνα με την έρευνά τους οι οδηγοί που κατευθύνονται δεξιά όταν διασχίζουν τον κόμβο είναι πιο πιθανό να υποπέσουν σε παράβαση.

Μια επιπλέον παράμετρος που επιδρά σχετικά με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα μοντέλα είναι η ηλικία του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα, σε όλα τα μοντέλα που συναντάται η εν λόγω παράμετρος οι νεότεροι οδηγοί ηλικίας 18-30 είναι πιο πιθανό να παραβιάσουν την κόκκινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη με τις ηλικιακές κατηγορίες 31-50 και >50+ να παρουσιάζουν σχεδόν σε όλα τα μοντέλα πανομοιότυπη συμπεριφορά μεταξύ τους. Σε αρκετές έρευνες έχει βρεθεί ότι οι νεότεροι οδηγοί παρουσιάζουν αυξημένη παραβατική συμπεριφορά συγκριτικά με τις άλλες ηλικιακές κατηγορίες. Οι Retting και Williams (1996), σε μια από αυτές τις έρευνες, είχαν διαπιστώσει ότι οι παραβάτες ήταν νεότεροι σε ηλικία και συγκεκριμένα κάτω των 30 ετών. Μια παράμετρος που ενώ αναμενόταν να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση του οδηγού, αλλά σύμφωνα με τα μοντέλα δεν την επηρεάζει είναι το φύλο του οδηγού. Σε πολλές έρευνες είχε διατυπωθεί ότι οι άνδρες είναι πιο επιρρεπείς συγκριτικά με τις γυναίκες (για παράδειγμα: Wang et al., 2016). Ωστόσο οι Retting και Williams (1996) είχαν οδηγηθεί στο ίδιο συμπέρασμα δηλαδή η ανάλυσή τους υπέδειξε ότι το φύλο δεν επηρεάζει την απόφαση των οδηγών. Επιπλέον, ο τύπος του οχήματος αποτελεί μία ακόμα παράμετρο επιρροής η οποία ήταν παρούσα στα περισσότερα μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, ο τύπος οχήματος που φαίνεται να παρουσιάζει τους πιο επιρρεπείς οδηγούς είναι οι μοτοσυκλέτες ενώ τα Ι.Χ., τα ταξί και τα μικρά φορτηγά ακολουθούν με παρεμφερή συμπεριφορά. Επιπλέον, ο τύπος οχήματος που είναι λιγότερο πιθανό να υποπέσει σε παράβαση είναι τα λεωφορεία και τα φορτηγά. Αντίθετα με τα αποτελέσματα των μοντέλων, οι Al-Omagi και Al-Masaeid (2003) υπέδειξαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό παραβατικότητας παρουσιάστηκε από τα φορτηγά, ενώ τα ταξί και τα βαν είχαν το χαμηλότερο ποσοστό. Τα στοιχεία αυτά αφορούσαν συμπεριφορά οδηγών σε υπεραστικές και προαστιακές περιοχές. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Retting και Williams (1996) δεν βρέθηκαν διαφορές που να αφορούσαν τον τύπο του οχήματος μεταξύ στους παραβάτες και στους μη παραβάτες. Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία σε σχέση με τον τύπο οχήματος είναι αντικρουόμενα. Μια παράμετρος που θα περιμέναμε ότι θα αύξανε την παραβατικότητα είναι η χρήση κινητού τηλεφώνου, είτε μέσω γραφής μηνυμάτων είτε μέσω ομιλίας, καθώς συσχετίζεται με απόσπαση προσοχής. Ωστόσο, κάτι τέτοιο έγινε αντιληπτό μόνο στην ανάλυση ενός άξονα. Βέβαια αυτό μπορεί να οφείλεται στο σχετικά μικρό δείγμα.

Η επόμενη παράμετρος που εμφανίζεται συχνά στα μοντέλα που δημιουργήθηκαν είναι ο αριθμός συνεπιβατών. Είτε αυτός ο αριθμός αναφερόταν γενικά στον τύπο του συνεπιβάτη είτε σε ανήλικους συνεπιβάτες το αποτέλεσμα ήταν να μειώνεται η πιθανότητα παραβίασης της κόκκινης ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη. Αντίστοιχες έρευνες έχουν δείξει κάτι ανάλογο με την παρουσία του συνεπιβάτη να επιδρά θετικά στην απόφαση του οδηγού σύμφωνα με τους Porter και Berry (2001). Αυτό προφανώς συσχετίζεται με την αυξημένη αίσθηση ευθύνης που έχουν οι



οδηγοί που μεταφέρουν επιβάτες ή στην αυξημένη ανάγκη για παρουσίαση ορθής οδηγικής συμπεριφοράς παρουσία συνεπιβατών. Ένα ακόμα συμπέρασμα που διατυπώνεται μέσα από τα μοντέλα είναι το γεγονός ότι η παρουσία πεζών στον κόμβο αποθαρρύνει τους οδηγούς να υποπέσουν σε παράβαση. Η παρουσία πεζών στον κόμβο μειώνει την πιθανότητα παραβίασης της ένδειξης του φωτεινού σηματοδότη γεγονός που είναι αναμενόμενο καθώς δημιουργείται αίσθημα ευθύνης για την ανθρώπινη ζωή.

Επιπλέον τα μοντέλα δεν υπέδειξαν κάποια συσχέτιση μεταξύ των κυκλοφοριακών φόρτων και των παραβιάσεων, σε αντίθεση με το συμπέρασμα των Porter and England (2000) κατά το οποίο όσο αυξανόταν ο κυκλοφοριακός φόρτος αυξάνονταν και οι παραβιάσεις. Επισημαίνεται όμως ότι στα στοιχεία της έρευνας τους αφορούσαν αποκλειστικά τους παραβάτες χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι μη παραβάτες. Τέλος τα μοντέλα υπέδειξαν ότι τις πρωινές ώρες οι πιθανότητες να πραγματοποιηθούν παραβάσεις είναι μεγαλύτερες από ότι στις μεσημεριανές και πρωινές ώρες. Αντίθετα ο Al-Atawi (2014) συμπέρανε ότι οι παραβάσεις είναι πιο πιθανό να πραγματοποιηθούν τις απογευματινές ώρες, ενώ τα αποτελέσματα των Porter και England (2000) υπέδειξαν ότι η επίδραση της ώρας δεν είναι σημαντική.

#### 5.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η συλλογή δεδομένων στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε σε δύο κόμβους. Ωστόσο ενδιαφέρον παρουσιάζει να πραγματοποιηθούν μετρήσεις σε αρκετούς κόμβους διαφόρων χαρακτηριστικών όπως διαφορετικοί κύκλοι φωτεινής σηματοδότησης, διαφορετικοί τύποι κόμβων και διαφορετικός αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας. Σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα θα ήταν περισσότερο αντιπροσωπευτικά της παραβατικής συμπεριφοράς των οδηγών σε αστικούς κόμβους. Επιπλέον, μέσω αυτής της ποικιλίας μετρήσεων θα προσδιοριστούν πιο ακριβή στοιχεία που αφορούν τη γεωμετρία του κόμβου και τον προγραμματισμό της φωτεινής σηματοδότησης. Η πραγματοποίηση μετρήσεων σε άξονες με περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας απαιτεί και μεγαλύτερο αριθμό παρατηρητών, καθώς επίσης και πιθανή καλύτερη ανάλυση κάμερας ώστε να μην χάνονται δεδομένα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Περισσότεροι παρατηρητές θα μπορούσαν να βοηθήσουν και σε μια ακόμη ενδιαφέρουσα πρόταση. Μια παράμετρος που δεν παρατηρήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, λόγω της δυσκολίας καταγραφής της από ένα άτομο, ήταν η απόσταση του εκάστοτε οχήματος από τον φωτεινό σηματοδότη. Η συγκεκριμένη παράμετρος έχει υποδειχθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία ως παράμετρος επιρροής. Άλλη μια παράμετρος που δεν μπορούσε να καταγραφεί και μια καλύτερης ανάλυσης κάμερα θα είχε ενδιαφέρον είναι η χρήση ζώνης ασφάλειας. Η χρήση ζώνης ασφαλείας έχει μελετηθεί από αρκετές αντίστοιχες έρευνες και φαίνεται να επηρεάζει την απόφαση του οδηγού, με εκείνους που δεν την χρησιμοποιούν να είναι περισσότερο επιρρεπής σε παραβάσεις. Τέλος, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μία αντίστοιχη έρευνα με τις παρατηρήσεις να γίνονται τις βραδινές ώρες χωρίς τη παρουσία φυσικού φωτισμού από τον ήλιο και να προσδιοριστεί αν υπάρχουν ή όχι διαφοροποιήσεις στις παραμέτρους επιρροής σε σχέση με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν υπό την παρουσία φυσικού φωτός.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

### **ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Achaah και Aidoo (2020), Modelling risk factors for red light violation in the Kumasi Metropolis, Ghana

Alver et al. (2014), Interaction between socio-demographic characteristics: Traffic rule violations and traffic crash history for young drivers

Al-Atawi (2014), Characteristics of red light running violations in urban areas in Tabuk, Kingdom of Saudi Arabia

Al-Omari και Al-Masaeid (2003), Red Light Violations at Rural and Suburban Signalized Intersections in Jordan

Ben-Akiva and Michel Bierlaire (1999) DISCRETE CHOICE METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO SHORT TERM TRAVEL DECISIONS

Bliss, C. I. (1934), The Method of Probits. *Science*, 79, 9-38

Elmitiny et al. (2009), Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation

Finney, D. J. (1947), Probit Analysis: A Statistical treatment of the Sig Moid Response Curve

Høye (2020), Speeding and impaired driving in fatal crashes—Results from in-depth investigations

Isaac and Michael (1971), Handbook in research and evaluation

Jensupakarn και Kanitpong (2018), Influences of motorcycle rider and driver characteristics and road environment on red light running behavior at signalized intersections

Kashani et al. (2020), Analysis of Driver and Vehicle Characteristics Involved in Red-Light Running Crashes: Isfahan, Iran

Liu (2007), Association of intersection approach speed with driver characteristics, vehicle type and traffic conditions comparing urban and suburban areas

Porter και Berry (2001), A nationwide survey of self-reported red light running: measuring prevalence, predictors, and perceived consequences

Porter και England (2000), Predicting Red-Light Running Behavior: A Traffic Safety Study in Three Urban Settings

Retting et al. (1998), Red-Light Running and Sensible Countermeasures

Retting και Williams (1996), Characteristics of Red Light Violators: Results of a Field Investigation

Strine et al. (2010), Geographic and sociodemographic variation in self-reported seat belt use in the United States

Wang et al. (2016), A field investigation of red-light-running in Shanghai, China

Yannis et al. (2013), An analysis of mobile phone use by car drivers in Greece

Yang και Najm (2007), Examining driver behavior using data gathered from red light photo enforcement cameras

Zmijewski, M. (1984), Methodological Issues Related to the Estimation of Financial Distress Prediction Models. Journal of Accounting

## **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Αντωνίου και Σπυροπούλου (2015), Αρχές κυκλοφοριακής τεχνικής και προσομοίωσης

Χήρας (2019), ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΒΙΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΟΚΚΙΝΗΣ ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΕΙΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗ

## **ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**

(Kenneth Train 2009), <https://eml.berkeley.edu/books/choice2.html>

(Michel Bierlaire, 1997),

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.36.6894&rep=rep1&type=pdf>

[http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo\\_content&perform=view&id=81882&Itemid=73&lang=](http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=81882&Itemid=73&lang=)

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

[https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/vehicles/vehicle\\_categories\\_el](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/vehicle_categories_el)

<https://www.scribbr.com/statistics/akaike-information-criterion/>

<https://www.statisticshowto.com/log-likelihood-function/>

