



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής

Διερεύνηση της συμπεριφοράς των Δικυκλιστών κατά τη διάρκεια
της Προσπέρασης σε αστικές αρτηρίες



Επιμέλεια Εργασίας: Εμμανουήλ Ν. Μπαρμπουνάκης

Επιβλέπουσα: Ελένη Ι. Βλαχογιάννη

Οκτώβριος 2012

στην οικογένειά μου
και στη Βασιλική

Ευχαριστίες

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα κα Ελένη Βλαχογιάννη, Λέκτορα της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, για τη σημαντική υποστήριξή της κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας και την αμέριστη συμπαράστασή της καθόλο το διάστημα που αυτή διήρκεσε. Η διάθεσή της για συζήτηση οποιουδήποτε προβληματισμού και απορίας συνέβαλλε απεριόριστα στο να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές της σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ και ιδιαίτερα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής που κατάφεραν με τις γνώσεις τις οποίες απλόχερα μας προσφέρουν, να αγαπήσω ακόμη περισσότερο το αντικείμενο που επέλεξα να σπουδάσω, να με εξοπλίσουν με τα κατάλληλα εφόδια και να μου μεταφέρουν την ευθύνη και σημασία του να είσαι Μηχανικός στη σύγχρονη εποχή.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ολόψυχα την οικογένειά μου, τους φίλους και κοντινά μου πρόσωπα που ήταν δίπλα μου όλο αυτό το διάστημα. Η ενθάρρυνση και προτροπή τους για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας ήταν καταλυτικός παράγοντας στο να συνεχίσω να προσπαθώ ακόμη και όταν οι δυσκολίες που παρουσιάζονταν φάνταζαν αξεπέραστες.

Σύνοψη

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το δικυκλιστή στην απόφασή του να προσπεράσει ή όχι ένα προπορευόμενο όχημα και διερευνάται η σημαντικότητα του κάθε παράγοντα με τη χρήση στατιστικών πρότυπων λογιστικής παλινδρόμησης. Τα απαραίτητα δεδομένα συλλέγονται μέσω πραγματικών μετρήσεων χρησιμοποιώντας προχωρημένες τεχνικές ανάλυσης βίντεο. Τα βίντεο εγγράφονται σε ένα δρόμο δύο λωρίδων κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση έτσι ώστε όλοι οι πιθανοί τρόποι προσπέρασης να μπορούν να παρατηρηθούν. Οι διαφορετικοί τρόποι που μπορεί να προσπεράσει ένας δικυκλιστής διαχωρίζονται ανάλογα με την λωρίδα που τα δύο αντικείμενα οχήματα κινούνται. Όταν κινούνται στην ίδια λωρίδα ο δικυκλιστής πρέπει να αλλάξει τη λωρίδα που κινείται (Προσπέραση Αλλαγής Λωρίδας) ενώ όταν όχι, ο δικυκλιστής προσπερνάει από την ελεύθερη λωρίδα που ήδη κινείται (Προσπέραση με Ελεύθερη Λωρίδα). Η στατιστική ανάλυση με βάση τη λογιστική παλινδρόμηση δείχνει ότι παράγοντες όπως οι ταχύτητες των οχημάτων, χωρικοί διαχωρισμοί, η ύπαρξη ενός βαρέους οχήματος κτλ. παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόφαση του δικυκλιστή για το αν θα προσπεράσει ή όχι το όχημα που προπορεύεται. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια αδυναμία πλήρους αποτύπωσης του φαινομένου που μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες που δεν έχουν παρατηρηθεί, όπως η συμπεριφορά του οδηγού. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση πιο πολύπλοκων συμπεριφορών που θα προκύψουν σε οδούς με περισσότερες από 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση, ή εξαιτίας συμπεριφορά των ταξί και λεωφορείων.

Λέξεις Κλειδιά: προσπέραση, δίκυκλο, μοτοσυκλέτες, μοτοποδήλατα, οδός δύο λωρίδων

Abstract

The aim of this thesis is the modeling of the Powered-Two Wheeler (PTW) driver decision to overtake and the identification of the significant factors, such as speed or traffic consistence that surround the subject two-wheeler using statistical logistic regression models. The data are collected using advanced video analysis techniques. The videos are recorded on a two-lane road so that all possible ways of overtaking may be observed and recorded. The different ways of how a PTW driver is overtaking another vehicle is identified according to the traffic lane the two subject vehicles are moving. When they move on the same lane the motorcyclist needs to change the lane he is moving (lane changing overtake) and when not, the motorcyclist overtakes the vehicle moving in the front while staying on the same lane (on the fly). The statistical analysis shows that factors such as the two-wheelers engine capacity, speed of vehicles, headways, the existence of a heavy vehicle etc. play an important role on whether the PTW driver will overtake the vehicle moving in the front. In addition, based on the results, the effect of some unobserved factors, such as driver's behavior, may be important to improve the explanatory power of the models and should be further investigated. Furthermore, the models should be extended to 3 lane urban arterials, since the addition of one lane can increase the alternatives a two wheeler can take into consideration when overtaking.

Key Words: overtaking, Powered-Two Wheeler, motorcycles, mopeds, two lane road

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	17
1.1 Ορισμός των Μηχανοκίνητων Δικύκλων	17
1.2 Ιστορική Αναδρομή των Μηχανοκίνητων Δικύκλων	17
1.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Μοτοσυκλέτας	19
1.4 Επικρατούσα Κατάσταση Παγκοσμίως	20
1.5 Επικρατούσα Κατάσταση στην Ελλάδα	21
1.5.1 Τρόποι προσπέρασης βάσει των λωρίδων κυκλοφορίας	23
1.5.2 Κίνηση Μοτοσυκλετών σε οδό με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση	24
1.5.3 Αιτίες Προσπέρασης των Μοτοσυκλετών	25
1.6 Σκοπός Διπλωματικής	26
1.7 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας	26
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	28
2.1 Ανάλυση προγενέστερης έρευνας βασισμένη στην προσομοίωση	28
2.2 Ανάλυση προγενέστερης έρευνας βασισμένη σε πραγματικές μετρήσεις	32
2.3 Συμπεράσματα	40
3. Μεθοδολογία	41
3.1 Επιλογή του αριθμού των λωρίδων	41
3.2 Λήψη Δεδομένων	44
3.2.1 Διαθέσιμος Εξοπλισμός	46
3.3 Επεξεργασία Δεδομένων	46
3.4 Το Λογισμικό Trajectory Extractor	47
3.4.1 Οδηγίες κατά την εγγραφή του βίντεο	50
3.4.2 Αποτελέσματα από το Trajectory Extractor	51
3.4.3 Διαδικασία λήψης των δεδομένων	52
4. Διαδικασία Στατιστικής Ανάλυσης	55
4.1 Περιοχή Μελέτης	55
4.1.1 Καθορισμός Παραγόντων για την Επιλογή	55

4.1.2 Επιλογή της θέσης λήψης των βίντεο	56
4.2 Στοιχεία που μετρούνται στην Επεξεργασία των βίντεο	58
4.3 Λήψη Δεδομένων	58
4.3.1 Βιντεοσκόπηση	58
4.3.2 Παρουσίαση των προσπεράσεων που μελετούνται	59
4.3.3 Σφάλμα των μετρήσεων	60
4.3.4 Παρουσίαση των μεταβλητών που μετρούνται	61
4.3.5 Παρουσίαση των μεταβλητών που δημιουργούνται	63
4.4 Μεθοδολογία ανάλυσης των στατιστικών δεδομένων	64
4.4.1 Λογιστική Παλινδρόμηση	64
4.4.2 Έλεγχος ικανοποίησης υποθέσεων πριν τη Λογιστική Παλινδρόμηση	65
4.4.3 Προσδιορισμός του Μοντέλου Λογιστικής Παλινδρόμησης	65
4.4.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων	66
4.5 Στατιστικές Αναλύσεις	67
4.5.1 Πίνακες Συσχέτισης για το Σύνολο των Μετρήσεων	67
4.5.2 Στατιστικές Αναλύσεις για το Σύνολο των Μετρήσεων	74
1η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff	74
2η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm	78
3η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1	84
4η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή s_y & Opening	88
5η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή DistanceXY	93
4.5.3 Στατιστικές Αναλύσεις για τα δίκυκλα μικρού κυβισμού	97
6η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff	97
7η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff	101
8η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή DistanceXY	103
9η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1	107
10η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm	111
4.5.4 Στατιστικές Αναλύσεις για τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού	115
11η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm	115
12η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1	119

4.5.5 Στατιστικές Αναλύσεις για προσπεράσεις On The Fly	122
13η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Veh_RL	123
14η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Lane	125
15η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff	128
4.5.6 Στατιστικές Αναλύσεις για προσπεράσεις Lane Changing	131
16η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm	131
17η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff & s_x	135
4.5.7 Συνολική Αξιολόγηση των Μοντέλων	139
5. Συμπεράσματα	142
5.1 Εισαγωγή	142
5.2 Μεθοδολογία & Συμπεράσματα Στατιστικής Ανάλυσης	143
5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	148
Βιβλιογραφία	149

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Περιπτώσεων Προσπεράσεων ανά Μέγεθος Κυβισμού	59
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός Πίνακας Περιπτώσεων Προσπεράσεων ανά Είδος Προσπέρασης	60
Πίνακας 3: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για το σύνολο των μετρήσεων	69
Πίνακας 4: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για τα δίκυκλα μικρού κυβισμού	70
Πίνακας 5: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού	71
Πίνακας 6: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για προσπεράσεις με Ελεύθερη Λωρίδα (On The Fly)	72
Πίνακας 7: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για προσπεράσεις με Αλλαγή Λωρίδας (Lane Changing)	73
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης	74
Πίνακας 9: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης	75
Πίνακας 10: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης	76
Πίνακας 11: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης	77
Πίνακας 12: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης	78
Πίνακας 13: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή	79
Πίνακας 14: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης	80
Πίνακας 15: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης	81
Πίνακας 16: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης	83
Πίνακας 17: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 3ης Στατιστικής Ανάλυσης	85
Πίνακας 18: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle3 Type σε Ψευδομεταβλητή	86
Πίνακας 19: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 3ης Στατιστικής Ανάλυσης	86

Πίνακας 20: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης	87
Πίνακας 21: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης	88
Πίνακας 22: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης	89
Πίνακας 23: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης	90
Πίνακας 25: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης	93
Πίνακας 26: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης	94
Πίνακας 27: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης	94
Πίνακας 28: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης	96
Πίνακας 29: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 6ης Στατιστικής Ανάλυσης	98
Πίνακας 30: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle3 Type σε Ψευδομεταβλητή	99
Πίνακας 31: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 6ης Στατιστικής Ανάλυσης	99
Πίνακας 32: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 6ης Στατιστικής Ανάλυσης	100
Πίνακας 33: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης	101
Πίνακας 34: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης	102
Πίνακας 35: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης	102
Πίνακας 36: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης	104
Πίνακας 37: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή	105
Πίνακας 38: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης	105
Πίνακας 39: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης	106
Πίνακας 40: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης	107
Πίνακας 41: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης	108

Πίνακας 42: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης	109
Πίνακας 43: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης	110
Πίνακας 44: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης	111
Πίνακας 45: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης	112
Πίνακας 46: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης	112
Πίνακας 47: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης	113
Πίνακας 48: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης	114
Πίνακας 49: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης	116
Πίνακας 50: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης	116
Πίνακας 51: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης	117
Πίνακας 52: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης	118
Πίνακας 53: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης	119
Πίνακας 54: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή	120
Πίνακας 55: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης	121
Πίνακας 56: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης	121
Πίνακας 57: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης	123
Πίνακας 58: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης	124
Πίνακας 59: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης	124
Πίνακας 60: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης	126
Πίνακας 61: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης	126
Πίνακας 62: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης	127
Πίνακας 63: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης	128

Πίνακας 64: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης	129
Πίνακας 65: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης	130
Πίνακας 66: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης	131
Πίνακας 67: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή	132
Πίνακας 68: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης	132
Πίνακας 69: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης	133
Πίνακας 70: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης	134
Πίνακας 71: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης	135
Πίνακας 72: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή	136
Πίνακας 73: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης	137
Πίνακας 74: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης	137
Πίνακας 75: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης	138
Πίνακας 76: Συγκεντρωτικός Πίνακας Αξιολόγησης Μοντέλων	139

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Αριθμός Μοτοσυκλετών έναντι Αριθμό Αυτοκινήτων ανά χώρα.	20
Διάγραμμα 2: Εκατομμύρια αυτοκινήτων (γαλάζιο) και μοτοσυκλετών (σκούρο μπλε) στις πρώτες 20 χώρες με τις περισσότερες μοτοσυκλέτες.	21
Διάγραμμα 3: Δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ της Ελλάδας για το διάστημα 1993-2003	22
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Ροής της Μεθοδολογίας από την καταγραφή των βίντεο έως τη συλλογή των δεδομένων	45
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff	76
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_y	78
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm	81
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	84
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1	88
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening	91
Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_y	92
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	95
Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	97
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff	100
Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff	103
Διάγραμμα 16: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	106
Διάγραμμα 17: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1	109
Διάγραμμα 18: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening	110
Διάγραμμα 19: Διάγραμμα Πιθανότητας-d0	111
Διάγραμμα 20: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm	114
Διάγραμμα 21: Διάγραμμα Πιθανότητας-d2	115
Διάγραμμα 22: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm	118
Διάγραμμα 23: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	119
Διάγραμμα 24: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1	122
Διάγραμμα 25: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	125
Διάγραμμα 26: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening	127

Διάγραμμα 27: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1	128
Διάγραμμα 28: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening	130
Διάγραμμα 29: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm	134
Διάγραμμα 30: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY	135
Διάγραμμα 31: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff	138
Διάγραμμα 32: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_x	139

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Σκαρίφημα για το μοντέλο της έρευνας των Meng et al	29
Εικόνα 2: Τρόπος κίνησης των μοτοσυκλετών σύμφωνα με τους Bonte et al	29
Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής σύμφωνα με την έρευνα των Minh et al	36
Εικόνα 4: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Διαμήκους Πορείας	37
Εικόνα 5: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Λοξής & Πλευρικής Πορείας	38
Εικόνα 6: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Επιλογής Πορείας	39
Εικόνα 7: Η κάμερα που τραβήχτηκαν όλα τα αναγκαία βίντεο της μελέτης	46
Εικόνα 8: Παράθυρο για τη βαθμονόμηση του Trajectory Extractor	48
Εικόνα 9: Μέσα στις παρενθέσεις εμφανίζονται οι εικονικές και πραγματικές συντεταγμένες αντίστοιχα	49
Εικόνα 10: Το προβολικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στο Trajectory Extractor για τη βαθμονόμηση του βίντεο που έχουν εγγραφεί	49
Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από το Trajectory Extractor για επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας του	52
Εικόνα 12: Φωτογραφία της πεζογέφυρας Calatrava στο σημείο που έγιναν οι μετρήσεις.	56
Εικόνα 13: Χάρτης από την ευρύτερη περιοχή του σταθμού Μετρό Κατεχάκη.	57
Εικόνα 14: Φωτογραφίες που ελήφθησαν την ημέρα των μετρήσεων με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε να έχει στηθεί και να καταγράφει την κυκλοφορία στη Λεωφόρο Μεσογείων στο ρεύμα προς Αθήνα.	57
Εικόνα 15: Αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση του Trajectory Extractor.	61
Εικόνα 16: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία προδιορισμού του μοντέλου Λογιστικής Παλινδρόμησης στο λογισμικό SPSS	66

Ευρετήριο Σχημάτων

Σχήμα 1: Σχηματική Απεικόνιση των πιθανών κινήσεων μιας μοτοσυκλέτας σε οδό με 3 λωρίδες ανάκτεύθυνση κυκλοφορίας	42
Σχήμα 2: Πρώτη περίπτωση προσπέρσης με ελεύθερη λωρίδα κίνησης (On the Fly)	43
Σχήμα 3: Δεύτερη περίπτωση προσπέρσης με ελιγμό αλλαγής λωρίδας (Lane Changing)	44
Σχήμα 4: Σκαρίφημα για ορισμό των μεταβλητών που θα μετρηθούν κατά την επεξεργασία των βίντεο	63

1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμός των Μηχανοκίνητων Δικύκλων

Η μοτοσυκλέτα ή αλλιώς μηχανή ή μοτοποδήλατο ονομάζεται το δίτροχο μηχανοκίνητο όχημα το οποίο είναι σχεδιασμένο για εξυπηρετεί σκοπούς όπως ταξίδια (μεγάλων ή μικρών αποστάσεων), αστική μετακίνηση, μηχανοκίνητο αθλητισμό και εκτός δρόμου διαδρομές [1].

1.2 Ιστορική Αναδρομή των Μηχανοκίνητων Δικύκλων

Η ιστορία και η εξέλιξη της μοτοσυκλέτας συνδέονται στενά με τη μαγεία της ταχύτητας. Ενώ η εξέλιξη του ποδηλάτου διήρκεσε 50 χρόνια, από την ξύλινη κατασκευή χωρίς πετάλια, τη «Draisine» (ντραϊζίνα) του Γερμανού Karl Drais von Sauerbronn το 1817, μέχρι το δίτροχο «Velocipede» με πετάλια του Michaux το 1817 (που έκανε για πρώτη φορά δυνατή τη μετακίνηση χωρίς περπάτημα ή χρήση αλόγων), η εξέλιξη της μοτοσυκλέτας ήταν πολύ ραγδαία. Ήταν άλλωστε η λογική συνέχεια μετά το ποδήλατο. Γιατί παρ' όλο που το ποδήλατο έκανε πιο εύκολη και πιο γρήγορη την μετακίνηση, απαιτούσε μυική δύναμη. Αυτό ακριβώς το μειονέκτημα πυροδότησε το ζήλο των πρώτων κατασκευαστών μοτοσυκλέτας να μετατρέψουν το ποδήλατο σε μηχανοκίνητο δίτροχο.

Νέους ορίζοντες άνοιξε το 1876 ο κινητήρας εσωτερικής καύσης, ο αποκαλούμενος και κινητήρας Otto κατά το όνομα του εφευρέτη του Nikolaus Otto. Βάσει αυτού, οι Gottlieb Daimler, Wilhelm Maybach και Carl Benz κατασκεύασαν λίγα χρόνια αργότερα το βενζινοκινητήρα, που ήταν πιο ελαφρύς και γρήγορος από τους κινητήρες Otto. Το 1892 ο Rudolf Diesel ολοκλήρωσε την παλέτα κινητήρων του 19ου αιώνα με τον πετρελαιοκινητήρα ή κινητήρα ντίζελ, ενώ ο κινητήρας Winkel του Felix Wankel (περιστροφικός κινητήρας) εμφανίστηκε πολύ αργότερα και συγκεκριμένα το 1957.

Το 1885 οι Daimler και Maybach κατασκεύασαν την πρώτη εσωτερικής καύσης μοτοσυκλέτα που κινούνταν με πετρέλαιο και ονομάστηκε «Petroleum Reitwagen». Το συγκεκριμένο όχημα δε θύμιζε καθόλου τα ποδήλατα της εποχής και επίσης δε λάμβανε υπόψη τις αρχές της δυναμικής των δικύκλων και των ποδηλάτων που αναπτύχθηκαν περίπου 70 χρόνια νωρίτερα. Αντ' αυτού, στηριζόταν σε δύο εξωτερικούς τροχούς να μείνει

όρθιο καθώς έστριβε. Σχεδιάστηκε περισσότερο σαν δοκίμιο για τη νέα τους μηχανή, παρά ένα πρωτότυπο όχημα. Πολλοί απορρίπτουν βέβαια το Reitwagen σαν την πρώτη μοτοσυκλέτα του κόσμου μιας και δεν ήταν ατμοκίνητη. Αν όμως ένα δίκυκλο όχημα για να θεωρηθεί μοτοσυκλέτα πρέπει να είναι ατμοκίνητο, τότε το όνομα Michaux κάνει εκ νέου την εμφάνιση του. Δύο χρόνια μετά την πρωτοποριακή τους εφεύρεση, οι Γάλλοι αδελφοί εξόπλισαν το «Velocipede» με μια μικρή ατμομηχανή. Όμως για την καθημερινή χρήση η κατασκευή αυτή αποδείχθηκε ακατάλληλη, γιατί το όχημα κινδύνευε να πιάσει φωτιά, σε περίπτωση πτώσης για παράδειγμα. Ατμοκίνητη ήταν και η αμερικάνικη «Roper Velocipede» του 1869.

Αργότερα και πιο συγκεκριμένα το 1894, ξεκίνησε η πρώτη μαζική παραγωγή μηχανής. Κατασκευάστηκε από τους Hilderbrand & Wolfm και ήταν η πρώτη που πήρε τον τίτλο «μοτοσυκλέτα». Μέχρι τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο ο μεγαλύτερος κατασκευαστής στον κόσμο ήταν Ινδός, παράγωντας παραπάνω από 20.000 μοτοσυκλέτες το χρόνο. Μέχρι το 1920, αυτή η τιμή πέρασε στον Harley-Davidson που πουλούσε σε 67 χώρες σε όλο τον κόσμο. Στα τέλη του 1920 ή αρχές του 1930, η DKW πήρε τη θέση του μεγαλύτερου κατασκευαστή. Μετά το Β' Παγκόσμιο ο όμιλος BSA έγινε ο μεγαλύτερος κατασκευαστής μοτοσυκλετών στον κόσμο, παράγωντας μέχρι και 75.000 μηχανές το χρόνο μέσα στη δεκαετία του '50. Η Γερμανική εταιρία NSU είχε την ίδια θέση από το 1955 μέχρι τη δεκαετία του '70.

Τη δεκαετία του 1950, ξεκίνησε η ιδέα των αγωνιστικών μοτοσυκλετών. Οι NSU και Moto Guzzi ήταν πρωτοπόρες σε αυτή την εξέλιξη, παράγωντας και οι δύο πολύ ριζοσπαστικά σχέδια. Η NSU παρήγαγε τα πιο προχωρημένα από αυτά, αλλά μετά τα θανατηφόρα δυστυχήματα τεσσάρων οδηγών της τις αγωνιστικές περιόδους 1954-1956, εγκατέλειψαν κάθε περαιτέρω εξέλιξη των μηχανών και διέκοψαν τη συμμετοχή τους στο Πρωτάθλημα Αγώνων Μοτοσυκλέτας. Η Moto Guzzi παρήγαγε ανταγωνιστικές μοτοσυκλέτες και μέχρι το 1957 όλες σχεδόν οι νίκες έρχοταν από ατμοκίνητες μοτοσυκλέτες. Από τη δεκαετία του '60 μέχρι το '90, οι μικρές δίχρονες μοτοσυκλέτες ήταν διαδεδομένες παγκοσμίως, εξαιτίας της δουλειάς του Walter Kaaden τη δεκαετία του '50 στον τομέα των κινητήρων.

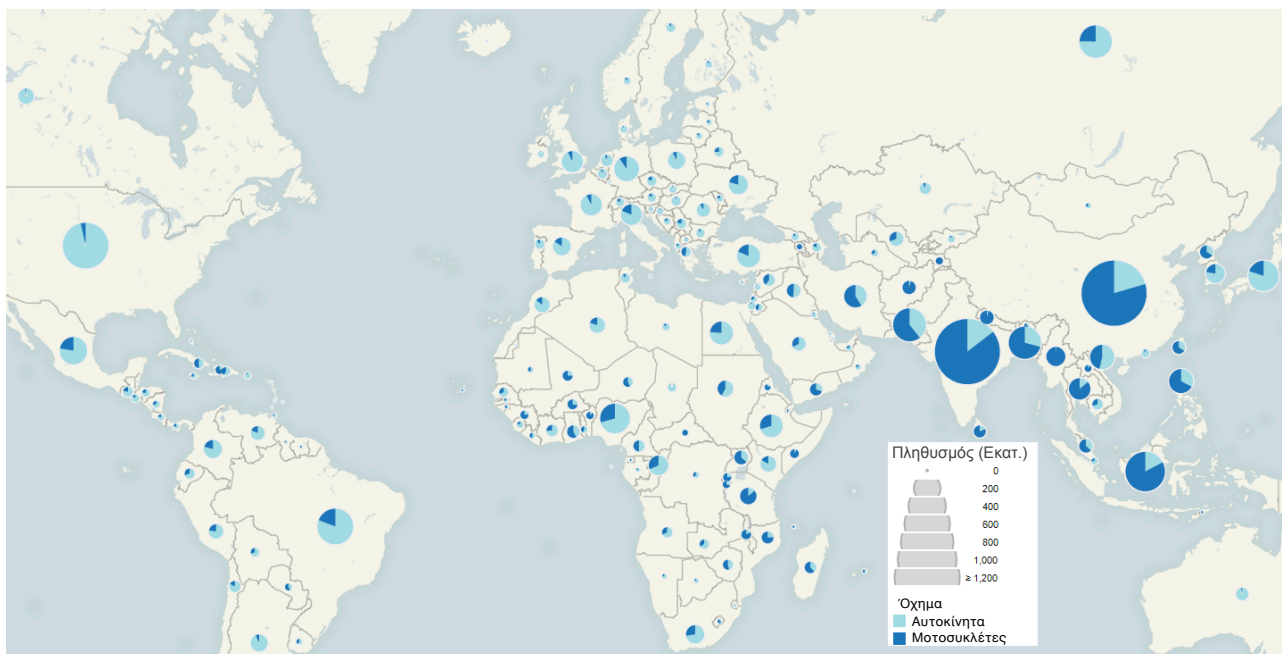
Σήμερα, στη βιομηχανία Μοτοσυκλετών κυριαρχούν οι Ιαπωνικές εταιρίες όπως η Honda, η Kawasaki, η Suzuki και η Yamaha, αν και η Harley-Davidson και η BMW συνεχίζουν να είναι διάσημες και να διατηρούν σημαντικό μερίδιο στην αγορά. Άλλες σημαντικές εταιρίες του χώρου είναι ο ιταλικός όμιλος εταιρών Piaggio, η KTM, η Triumph και η Ducati [1].

1.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Μοτοσυκλέτας

Η μοτοσυκλέτα χρησιμοποιείται ευρέως στη σύγχρονη κοινωνία σαν ένα γρήγορο και ευέλικτο μέσο μεταφοράς. Οι σύγχρονοι κινητήρες προσδίδουν μεγάλη ισχύ και καλή αναλογία κιλών ανά ίππο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη ταχύτητα των μοτοσυκλετών, ενώ σε συνδυασμό με το περιορισμένο τους μέγεθος -και συγκεκριμένα το μικρό τους πλάτος- δίνεται η δυνατότητα προσπέρασης των υπολοίπων οχημάτων. Τα παραπάνω τις καθιστούν ασφαλέστερες όσον αφορά την ενεργητική ασφάλεια, καθώς αποκτούν τη δυνατότητα ευέλικτων ελιγμών. Επιπλέον, είναι πιο οικονομικό μέσο μετακίνησης απ' ότι το αυτοκίνητο τόσο κατά την αγορά όσο και την συντήρηση, αφού τα τέλη κυκλοφορίας, τα ασφάλιστρα και η κατανάλωση ανά χιλιόμετρο είναι χαμηλότερα σε σχέση με το αυτοκίνητο, καθιστώντας τις μοτοσυκλέτες πιο προσιτές. Τέλος, η στάθμευση των μοτοσυκλετών είναι σχετικά πιο εύκολη καθιστώντας τις πιο ελκυστικές στο αστικό περιβάλλον.

Εν αντιθέσει με τα παραπάνω, η μοτοσυκλέτα υστερεί αρκετά στον τομέα της παθητικής ασφάλειας, αφού η συνεχής έκθεση του αναβάτη στους κινδύνους μπορεί να μετατρέψει οποιοδήποτε ατύχημα, σε μικρό έως ένα σοβαρό τραυματισμό. Το μικρό μέγεθος της μοτοσυκλέτας την κάνει να μην είναι τόσο διακριτή καθώς κινείται, με αποτέλεσμα την αυξημένη πιθανότητα ατυχήματος. Επίσης, το γεγονός ότι η μοτοσυκλέτα είναι δίτροχο όχημα έχει άμεση συνέπεια στην ασφάλεια του αναβάτη λόγω ισορροπίας και επίδρασης της κίνησης των άλλων οχημάτων. Τέλος, το ότι μπορεί να μεταφέρει το πολύ δύο άτομα είναι άλλο ένα μειονέκτημα της σε σχέση με άλλα οχήματα.

1.4 Επικρατούσα Κατάσταση Παγκοσμίως



Διάγραμμα 1: Αριθμός Μοτοσυκλετών έναντι Αριθμό Αυτοκινήτων ανά χώρα. Το μέγεθος της πίτας δείχνει τον πληθυσμό. (Πηγή: Wikipedia 2012)

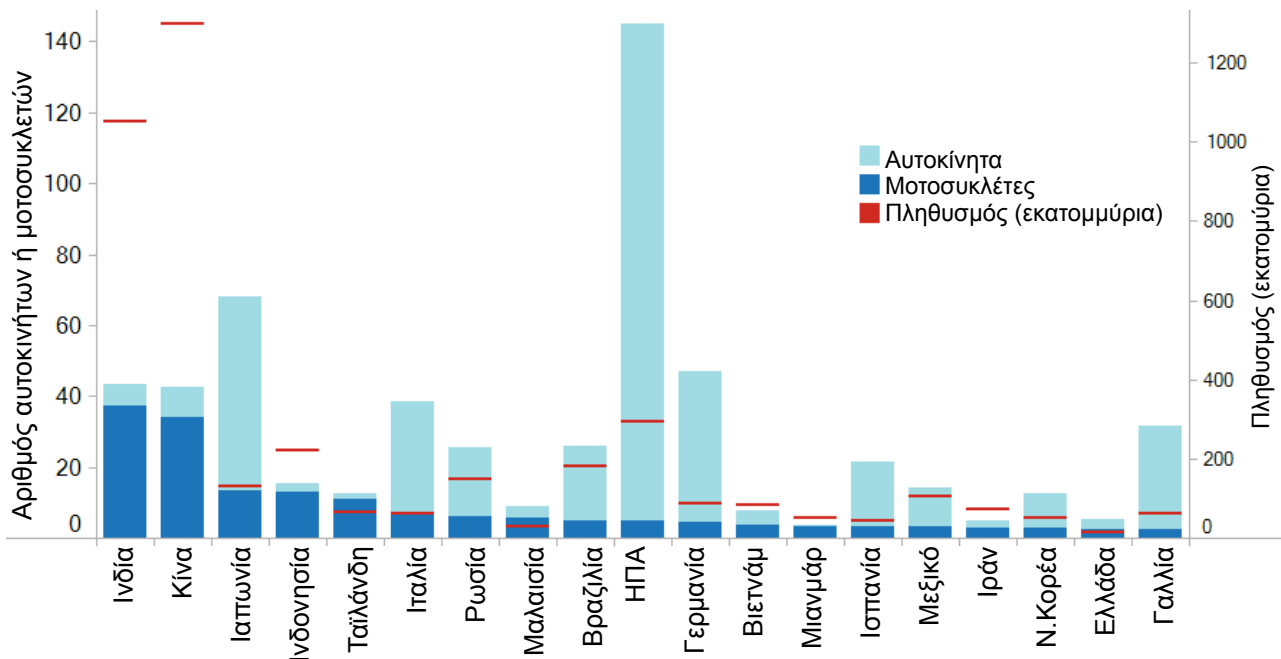
Σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο, οι μοτοσυκλέτες είναι το κύριο μέσο από μηχανοκίνητα μέσα μεταφοράς. Σύμφωνα με την κυβέρνηση της Ταϊβάν, για παράδειγμα, ο αριθμός των αυτοκινήτων ανά δέκα χιλιάδες πληθυσμό είναι περίπου 2.500, και ο αριθμός των μοτοσυκλετών είναι περίπου 5.000. Σε ορισμένα σημεία, όπως το Βιετνάμ, τα μέσα μηχανοκίνητης μεταφοράς αποτελούνται κυρίως από μοτοσυκλέτες λόγω της έλλειψης των μέσων μαζικής μεταφοράς και τα χαμηλά επίπεδα εισοδήματος που θέτουν αυτοκίνητα μακριά για πολλούς.

Οι τέσσερις μεγαλύτερες αγορές μοτοσυκλετών στον κόσμο, είναι όλες στην Ασία: Κίνα, Ινδία, Ινδονησία και το Βιετνάμ. Η μοτοσυκλέτα είναι επίσης δημοφιλής σε συνοριακές πόλεις της Βραζιλίας. Εν μέσω της παγκόσμιας οικονομικής ύφεσης του 2008, το μερίδιο αγοράς μοτοσυκλετών αυξήθηκε κατά 6,5%.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αύξηση στη δημοτικότητα των μοτοσυκλετών και σε άλλες χώρες. Στις ΗΠΑ, οι εγγραφές αυξήθηκαν κατά 51% μεταξύ 2000 και 2005. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση των τιμών των καυσίμων και κυκλοφοριακής συμφόρησης στις πόλεις. Μια έρευνα καταναλωτών των ιδιοκτητών μοτοσυκλέτας και σκούτερ, κυρίως των Ηνωμένων Πολιτειών, αναφέρει ότι οδήγησαν κατά μέσο όρο μόλις 1.000 μίλια (1.600 χλμ) ανά έτος, 82% για αναψυχή και 38% για τις μετακινήσεις. Οι Αμερικανοί αναφέρουν

10.000-12.000 μίλια (16,000-19,000 χλμ) ανά έτος για τα αυτοκίνητά τους και τα ελαφρά φορτηγά [2].

1.5 Επικρατούσα Κατάσταση στην Ελλάδα



Διάγραμμα 2: Εκατομμύρια αυτοκινήτων (γαλάζιο) και μοτοσυκλετών (σκούρο μπλε) στις πρώτες 20 χώρες με τις περισσότερες μοτοσυκλέτες. Πληθυσμός με κόκκινο. (Πηγή: Wikipedia 2012)

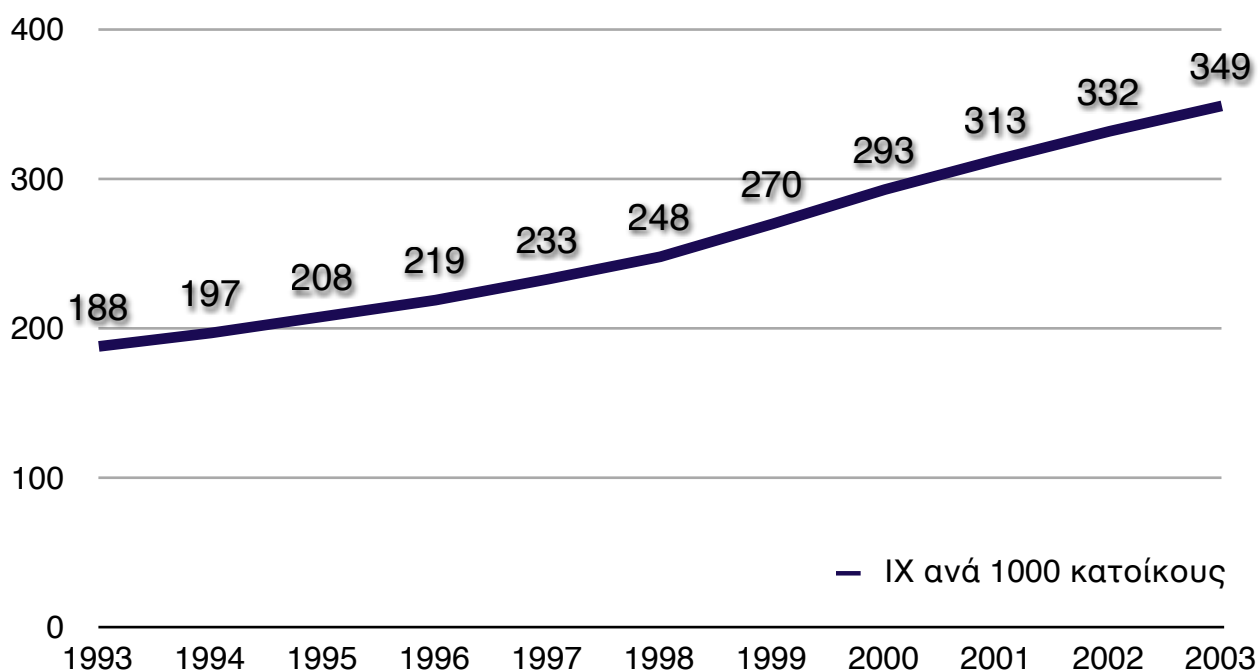
Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις 20 πρώτες ανά τον κόσμο με τις περισσότερες μοτοσυκλέτες. Όπως προαναφέρθηκε, η μηχανή ως μέσο μετακίνησης είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη αφού είναι ευέλικτη και οικονομική. Πρωτοχρησιμοποιήθηκε κυρίως για λόγους οικονομίας καθώς η αγορά αυτοκινήτου ήταν ιδιαίτερα δαπανηρή και οι οικονομικές ευκολίες ελάχιστες, ενώ ήταν προτιμότερη λύση σε σχέση με τη χρήση των ΜΜΜ.

Τα τελευταία χρόνια όμως η αγορά ΙΧ στην Ελλάδα σταμάτησε να αποτελεί πολυτέλεια για λίγους, με συνέπεια να αυξηθεί κατακόρυφα ο αριθμός των αυτοκινήτων ανά νοικοκυριό και ως αποτέλεσμα αυτού και ο συνολικός αριθμός οχημάτων. Το παραπάνω επιβεβαιώνεται και από το Διάγραμμα 3 σε περίοδο 10 ετών [3].

Η σχεδίαση και η οργάνωση οδών και πόλεων είχε πραγματοποιηθεί τον καιρό που τα οχήματα ήταν περιορισμένα σε αριθμό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να παρατηρείται κυκλοφοριακή συμφόρηση στις περισσότερες αστικές οδικές αρτηρίες κυρίως σε ώρες αιχμής. Το παραπάνω φαινόμενο αναγκάζει πολλούς από τους μετακινούμενους να

χρησιμοποιούν τις μοτοσυκλέτες για την καθημερινή τους μεταφορά, αφού λόγω της προαναφερθείσας ευελιξίας, τους δίνεται η δυνατότητα να ελίσσονται, να προσπερνάνε και να μην περιμένουν σε ουρές.

Πολλές φορές για παράδειγμα παρατηρείται το φαινόμενο σε έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση με μικρές ταχύτητες, μεγάλους φόρτους και μεγάλη πυκνότητα, τα οχήματα της οδού να ακολουθούν κατά κανόνα την κίνηση που σταματούν και ξεκινούν (stop 'n' go). Το μικρό όμως μέγεθος της μοτοσυκλέτας, επιτρέπει στους αναβάτες να προσπερνούν ανάμεσα από τα οχήματα και να βρίσκονται τελικά στην αρχή της ουράς. Βεβαίως, οι ταχύτητες που έχουν οι μοτοσυκλέτες κατά το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι μικρότερες απ' ότι στην ελεύθερη ροή, όμως αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες των υπόλοιπων οχημάτων. Οι αναβάτες μπορούν τελικά σε ικανοποιητικό βαθμό να διανύσουν την απόσταση που επιθυμούν σε εύλογο χρονικό διάστημα και πιο εύκολα υπολογίσιμο σε εν αντιθέσει με τους οδηγούς ΙΧ ή άλλων οχημάτων που είναι δυσκολότερο να προβλεφθεί. Η παραπάνω ευκολία που προσφέρει η χρήση της μοτοσυκλέτας σε συνδυασμό με τα οικονομικά κριτήρια που έχουν αναφερθεί πολλές φορές καθιστούν μονόδρομο στην επιλογή για το μέσο μεταφοράς πολλών Ελλήνων πολιτών.



**Διάγραμμα 3: Δείκτης ιδιοκτησίας ΙΧ της Ελλάδας για το διάστημα 1993-2003
(Πηγή: Eurostat 2012)**

1.5.1 Τρόποι προσπέρασης βάσει των λωρίδων κυκλοφορίας

Οι τρεις περιπτώσεις οι οποίες αναλύονται οι οδοί είναι με μία, δύο και τρεις λωρίδες στην κατεύθυνση που εξετάζεται.

Αρχικά, σε περίπτωση μίας (1) λωρίδας θα πρέπει να εξετάσουμε αν ο αναβάτης της μοτοσυκλέτας έχει το σκοπό να προσπεράσει ή όχι. Αν όχι τότε κινείται συνήθως πίσω από κάποιο προπορευόμενο όχημα. Οι κανόνες ασφαλείας [4] προτίνουν την κίνηση σε κάποιο από τα δύο ίχνη των τροχών του αυτοκινήτου, κατά προτίμηση το αριστερό, αφού κατ' αυτόν τον τρόπο είναι πιο εύκολη η αποφυγή σύγκρουσης μέσω ελλιγμού ενώ σε περίπτωση εμποδίου, ο κραδασμός του αυτοκινήτου θα προειδοποιήσει τον αναβάτη. Σε περίπτωση προσπέρασης, ο αναβάτης έχει τη δυνατότητα να προσπεράσει από δεξιά ή από αριστερά το όχημα. Στην πρώτη περίπτωση, πέραν του ότι ένας τέτοιος ελιγμός είναι παράνομος, είναι ταυτόχρονα αρκετά επικίνδυνος, αφού ο οδηγός μπορεί να μην έχει αντιληφθεί τον αναβάτη και κάνει οποιαδήποτε στιγμή δεξιά. Στη δεύτερη θα πρέπει να εξεταστεί το διαθέσιμο πλάτος όπως και η πιθανή είσοδος στην αντίθετη κατεύθυνση, αν δεν υπάρχει προστατευτικό κιγκλίδωμα.

Σε περίπτωση τριών (3) λωρίδων η κίνηση των μοτοσυκλετών είναι πολύπλοκη και σαφώς πιο ελεύθερη. Εφόσον ο αναβάτης έχει το σκοπό να προσπεράσει τα προπορευόμενα οχήματα, τότε παίζουν ρόλο πολλοί περισσότερες παράμετροι σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση, αφού πέραν των χωρικών διαχωρισμών θα πρέπει να έχει υπόψη του και τις ταχύτητες που επικρατούν ανά λωρίδα, το διαθέσιμο μήκος μπροστά από το προπορευόμενο όχημα αλλά και το αν η λωρίδα που μια δεδομένη στιγμή είναι ελεύθερη, τη στιγμή της προσπέρασης είναι κατειλημμένη. Τα παραπάνω κάνουν πολύπλοκη την κατηγοριοποίηση και μελέτη τους.

Τέλος, η περίπτωση των δύο (2) λωρίδων είναι η πιο συνήθης για τα ελληνικά δεδομένα. Επειδή μάλιστα οι κινήσεις είναι πιο περιορισμένες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν και πιο εύκολα. Πιο συγκεκριμένα, σε περίπτωση προσπέρασης παρατηρούνται δύο περιπτώσεις. Όταν η στάθμη εξυπηρέτησης είναι υψηλή, ο αναβάτης επιλέγει την ελεύθερη λωρίδα για να προσπεράσει κάποιο όχημα, είτε αυτό κινείται στη δεξιά είτε στην αριστερή. Συνήθης περίπτωση όταν η πυκνότητα των οχημάτων αυξάνεται είναι η λεγόμενη κίνηση «ζικ-ζακ» καθώς τα κενά διαστήματα μεταξύ των οχημάτων δεν επιτρέπουν διαφορετική κίνηση στους αναβάτες. Υπάρχει και η όχι τόσο συνήθης περίπτωση της προσπέρασης ενός οχήματος που κινείται στην αριστερή λωρίδα από τα

αριστερά, αλλά μόνο όταν δεν υπάρχει προστατευτικό κιγκλιδωμά και εισέρχεται η μοτοσυκλέτα στην αντίθετη κατεύθυνση.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση των δύο (2) λωρίδων κατεύθυνσης αφού ναι μεν οι κινήσεις των μοτοσυκλετών είναι πιο περιοσμένες σε σχέση με τις τρεις (3) λωρίδες, είναι δε πιο εύκολες στο να μελετηθούν. Πέραν του περιορισμένου αριθμού περιπτώσεων στη μία (1) λωρίδα, η σχέση με την ύπαρξη διαχωριστικού κιγκλιδώματος ή όχι θα έκαναν τη μελέτη ιδιαίτερα δύσκολη λόγω της μελέτης κίνησης και της αντίθετης κατεύθυνσης.

1.5.2 Κίνηση Μοτοσυκλετών σε οδό με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση

Στην περίπτωση των δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση προκύπτουν συγκεκριμένες κινήσεις και προσπεράσεις για τις μοτοσυκλέτες αφού η διέξοδοι δεν είναι πολλές. Συγκεκριμένα, όπως διατυπώθηκε παραπάνω, οι περιπτώσεις προσπέρασης ενός οχήματος είναι δύο.

Σε περίπτωση που το προπορευόμενο όχημα κινείται στη δεξιά λωρίδα και η αριστερή είναι ελεύθερη από οχήματα για ένα εύλογο μήκος μπροστά του, ο αναβάτης, εφόσον επιθυμεί να προσπεράσει, τείνει να κινείται σε αυτή και λόγω διαφοράς ταχύτητας τελικά ολοκληρώνει την προσπεράση έχοντας κρατήσει την κατάλληλη απόσταση ασφαλείας.

Στη δεύτερη όμως περίπτωση που υπάρχουν οχήματα και στις δύο λωρίδες με μικρότερη από πριν πυκνότητα, ο αναβάτης μπορεί να επιλέξει ή όχι την προσπέραση και σε αυτό παίζουν ρόλο περισσότερες παράμετροι από πριν. Η κίνησή του μπορεί να είναι είτε «ζικ-ζακ» ώστε να προσπεράσει πολλαπλά οχήματα, είτε να αλλάξει λωρίδα και αναλόγως τις συνθήκες που επικρατούν να προσπεράσει το πρώτο όχημα και να ακολουθήσει το δεύτερο. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η κίνηση των οχημάτων που έρχονται, αφού κατά τον ελιγμό για την αλλαγή λωρίδας υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης.

Τέλος, σε περίπτωση που υπάρχουν υψηλοί φόρτοι, υψηλή πυκνότητα και χαμηλές ταχύτητες, ο αναβάτης μπορεί να επιλέξει να περάσει ανάμεσα από τα οχήματα που κινούνται στις δύο λωρίδες παράλληλα μεταξύ τους (filtering). Και σε αυτή όμως την περίπτωση ο κίνδυνος σύγκρουσης είναι μεγάλος αφού λόγω του μικρού πλάτους που έχει διαθέσιμο ο αναβάτης για να περάσει οποιοδήποτε ελιγμός ενός από τα δύο οχήματα μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα.

Γενικότερα, κάθε περίπτωση προσπέρασης είναι ξεχωριστή και επαφίεται στην κρίση του αναβάτη και κατά πόσο μπορεί και νιώθει άνετα να διέλθει από το χώρο που έχει ανά περίπτωση. Παράγοντες όπως η εμπειρία του αναβάτη, η ηλικία του, το πόσο επιθετικός οδηγός είναι, το αν φοράει κράνος, οι δυνατότητες επιτάχυνσης της μοτοσυκλέτας κ.α. παίζουν ρόλο στη λήψη της απόφασης για το αν θα πραγματοποιηθεί μια προσπέραση ή όχι. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι δεν μπορεί να ακολουθηθεί κάποιος ρητός κανόνας ως προς τα χαρακτηριστικά της κίνησής τους καθώς το περιορισμένο τους πλάτος τις καθιστά ευέλικτες και ο ανθρώπινος παράγοντας εισέρχεται στη διαδικασία της προσπέρασης.

1.5.3 Αιτίες Προσπέρασης των Μοτοσυκλετών

Στην έρευνά τους οι Minh et al [5] κάνουν μια καταγραφή των αιτιών για τις οποίες οι μοτοσυκλέτες κάνουν μανούβρες. Αυτές οι αιτίες είναι:

- Επιθυμία να βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση όταν έχει κίνηση. Όταν για παράδειγμα υπάρχει σηματοδοτούμενος κόμβος, οι μοτοσυκλετιστές τείνουν να κινηθούν μπροστά και να σταματήσουν όσο το δυνατό πιο κοντά στον κόμβο.
- Επιθυμία να μη βρίσκονται πίσω από φορτηγό λόγω της προτίμησης ενός πλατέως και καθαρού οπτικού πεδίου.
- Προετοιμασία για στροφή
- Προσπάθεια να αποφύγουν ένα εμπόδιο όπως για παράδειγμα πεζούς

Μία επίσης βασική αιτία που δεν έχει επισημανθεί στην έρευνα των Minh et al [5] είναι η επιθυμία των μοτοσυκλετιστών να κινηθούν γρηγορότερα σε σχέση με τα υπόλοιπα οχήματα που κινούνται στην οδό. Αυτό συμβαίνει σε χώρες όπου κατ' εξοχήν υπάρχει συμφόρηση, χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων είναι η Ελλάδα, όπου είναι συνήθης η ύπαρξη οδών με λίγες λωρίδες κυκλοφορίας και η κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ο βαθύτερος λόγος που δεν έχει αναφερθεί η παραπάνω αιτία, είναι επειδή η μελέτη έχει γίνει στο Βιετνάμ, μια αναπτυσσόμενη χώρα, που το βιοτικό επίπεδο δεν επιτρέπει εύκολα την αγορά αυτοκινήτου και η μοτοσυκλέτα είναι συχνά η μόνη διέξοδος. Εκεί λοιπόν παρατηρείται συμφόρηση από μοτοσυκλέτες και όχι από άλλα οχήματα με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η οδηγική συμπεριφορά των αναβατών αλλά και τα χαρακτηριστικά κίνησης των οχημάτων.

1.6 Σκοπός Διπλωματικής

Αν και κάθε περίπτωση προσπέρασης είναι ξεχωριστή, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να διερευνηθούν τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας (ταχύτητα, χωρικός διαχωρισμός κ.α.) που επικρατούν τη στιγμή που ο οδηγός αποφασίζει αν θα προσπεράσει κάποιο προπορευόμενο όχημα. Ο προβληματισμός που τέθηκε είναι τι συμβαίνει στην περίπτωση που μία μοτοσυκλέτα κινείται πίσω από ένα όχημα, είτε στην ίδια λωρίδα, είτε στην άλλη από αυτή που κινείται το όχημα και το αν προσπερνάει η όχι.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να ερευνηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν το δικυκλιστή στην απόφαση του να προσπεράσει ή όχι ένα προπορευόμενο όχημα, η σημαντικότητα του καθενός και να δημιουργηθούν κατάλληλα μοντέλα πρόβλεψης του φαινομένου της προσπέρασης.

Η διερεύνηση του φαινομένου θα βασιστεί σε πραγματικές μετρήσεις που συλλέγονται με βίντεο. Η διαδικασία της λήψης βίντεο προτιμήθηκε από την προσομοίωση, μιας και η δεύτερη δεν περιγράφει την κατάσταση επακριβώς και ουσιαστικά λαμβάνει ως δεδομένο μέρος της συνολικής κίνησης των μοτοσυκλετών. Η επιλογή της θέσης μέτρησης γίνεται με βάση περιορισμούς, όπως να μη βρίσκεται κοντά σε σηματοδοτούμενο κόμβο για να είναι όσο πιο συνεχής γίνεται η κυκλοφορία και όχι διακοπτόμενη. Η βάση δεδομένων που προκύπτει από τη συλλογή των μετρήσεων επεξεργάζεται στατιστικά με στόχο να αναπτυχθούν μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης που περιγράφουν τη σχέση της πιθανότητας του μοτοσυκλετιστή να προσπεράσει με τις ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως η ταχύτητα των οχημάτων που εμπλέκονται στο φαινόμενο, χωρικοί διαχωρισμοί μεταξύ τους, ύπαρξη ή όχι βαρέους οχήματος κτλ.

1.7 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία χωρίζεται στα παρακάτω κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται η μοτοσυκλέτα ως μέσο μετακίνησης, γίνεται μια ιστορική αναδρομή στην πορεία της, αναλύεται η χρήση της τόσο σε παγκόσμιο όσο και εθνικό επίπεδο και γίνεται εισαγωγή στο φαινόμενο της προσπέρασης και γενικότερα της έρευνας που ακολουθεί.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σε προηγούμενες έρευνες. Η ανασκόπηση αυτή δεν περιλαμβάνει μόνο έρευνες που έγιναν με πραγματικές μετρήσεις,

όπως στην τρέχουσα έρευνα, αλλά περιέχονται και έρευνες που έγιναν με βάση την προσομοίωση.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία που ακολουθείται για τη διαδικασία της συλλογής στοιχείων. Περιγράφονται τα μεγέθη που μετρούνται και οι συνθήκες μέτρησης, ενώ επίσης παρουσιάζεται και το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη συλλογή των στοιχείων της έρευνας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στις στατιστικές αναλύσεις, το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται, τα στατιστικά αποτελέσματα από τη διαδικασία της Λογιστικής Παλινδρόμησης και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από κάθε στατιστική ανάλυση ξεχωριστά.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικότερα συμπεράσματα της έρευνας αυτής όσον αφορά στις συνθήκες μελέτης, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τους παράγοντες που παίζουν ρόλο στο φαινόμενο της προσπέρασης. Επιπλέον, γίνεται μια σύνοψη των μοντέλων που δημιουργήθηκαν ενώ ακολουθούν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η μοτοσυκλέτα λόγω της ευελιξίας της ως μέσο μεταφοράς δίνει το δικαίωμα στον αναβάτη να επιλέξει τον τρόπο που θα κινηθεί. Η κίνηση όμως αυτή δεν περιορίζεται οπωσδήποτε στον ίδιο τρόπο με τον οποίο κινούνται τα υπόλοιπα οχήματα που ακολουθούν τις λωρίδες κυκλοφορίας. Ως εκ τούτου, η έρευνα γύρω από την κίνηση των μοτοσυκλετών είναι περιορισμένη μιας και είναι δύσκολη η κωδικοποίησή της.

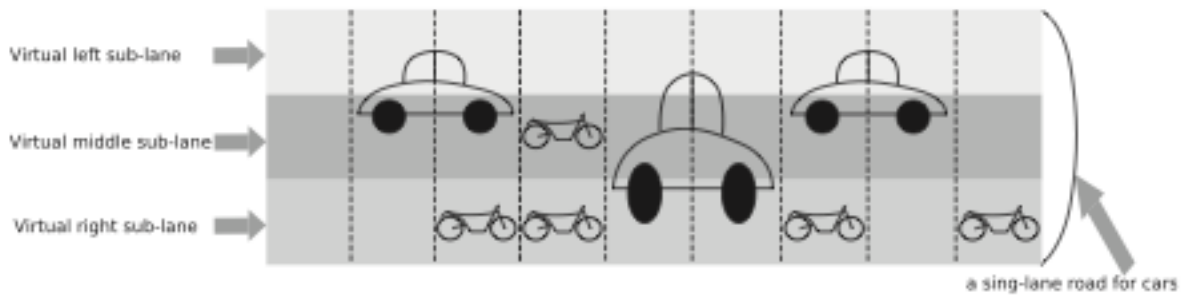
Αρκετές έρευνες από τις προϋπάρχουσες βασίζονται στην προσομοίωση. Παρ' όλ' αυτά, έχουν γίνει περαιτέρω έρευνες με πραγματικές μετρήσεις. Στα παρακάτω υποκεφάλαια θα αναλυθεί η βιβλιογραφία ως προς τη χρησιμοποιηθείσα μεθοδολογία και τα εξαγόμενα αποτελέσματα.

2.1 Ανάλυση προγενέστερης έρευνας βασισμένη στην προσομοίωση

Από τις πρώτες έρευνες της ροής των μοτοσυκλετών με προσομοίωση ήταν των Cho et al [6]. Στη συγκεκριμένη έρευνα προτείνεται ένα μοντέλο της κυκλοφοριακής ροής των μοτοσυκλετών που στηρίζεται σε δύο υπομοντέλα. Συγκεκριμένα, θεωρεί ότι η κίνηση της μοτοσυκλέτας είναι διδιάστατη που περιέχει την διαμήκη και πλευρική κίνηση. Η μεν πρώτη την μετακινεί προς τα μπροστά, η δε δεύτερη τη βοηθάει στο να έχει καλύτερη τοποθέτηση στην οδό. Η ροή των μοτοσυκλετών επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της μηχανής, αλληλεπιδράσεις με τα άλλα οχήματα και το εξωτερικό περιβάλλον, παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στα μοντέλα της έρευνας. Τέλος, παρουσιάζεται και μια προσομοίωση της ροής των μοτοσυκλετών και σύμφωνα με τα αποτελέσματα είναι λογικό το μοντέλο που προτείνεται και σε θέση να αποτυπώσει κάποια από τα φαινόμενα που παρατηρούνται.

Μία ακόμη έρευνα που βασίστηκε στη μέθοδο της προσομοίωσης είναι των Meng et al [7]. Η συγκεκριμένη έρευνα είχε ως βάση της τη θεωρία των υπολωρίδων. Συγκεκριμένα, όλα τα προγράμματα προσομοίωσης δεν λάμβαναν υπόψη το γεγονός ότι 2 ή περισσότερες μοτοσυκλέτες μπορεί να κινούνται παράλληλα στην ίδια λωρίδα κυκλοφορίας. Στη περίπτωση των Meng et al, θεωρήθηκε ότι μία λωρίδα κυκλοφορίας ισοδυναμεί με 3 υπολωρίδες. Σε κάθε υπολωρίδα μπορεί να κινηθεί μία μοτοσυκλέτα. Προκύπτει λοιπόν ότι η μέγιστη χωρητικότητα μιας λωρίδας είναι μέχρι 3 μηχανές σε μια λωρίδα ταυτόχρονα.

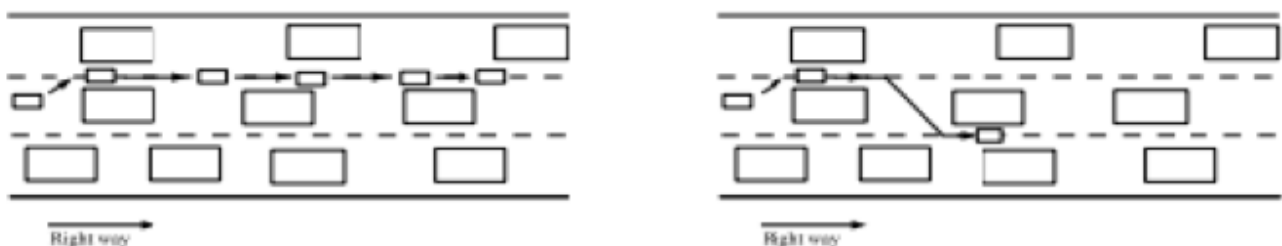
Αυτό όμως δε λήφθηκε υπόψη στην προσομοίωση αφού σε κάθε θέση θα υπάρχει ένα όχημα ή κενή θέση.



Εικόνα 1: Σκαρίφημα για το μοντέλο της έρευνας των Meng et al (Πηγή: [7])

Όπως φαίνεται και στο προηγούμενο σκαρίφημα, στην ίδια λωρίδα μπορεί να συνυρπάξει όχημα με μοτοσυκλέτα, μόνο αν η μοτοσυκλέτα βρίσκεται σε μία από τις τέσσερις άκρες του οχήματος (μπροστά αριστερά/δεξιά ή πίσω αριστερά/δεξιά). Η συγκεκριμένη έρευνα επιπλέον έγινε για οδό με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση ενώ δε λήφθηκε υπόψη η περίπτωση μια μοτοσυκλέτας που εισέρχεται στο αντίθετο ρεύμα για να προσπεράσει το όχημα στο ρεύμα κίνησής της, όταν το διαθέσιμο πλάτος από το άκρο της οδού δεν επαρκεί για κάποιον μοτοσυκλετιστή. Η έρευνα αυτή έγινε με σκοπό να προκύψουν αποτελέσματα για το φόρτο και την πυκνότητα καθώς επίσης και τα διαγράμματα του συντελεστή αλλαγής λωρίδας σε συνάρτηση με την πυκνότητα τόσο των μηχανών όσο και των υπόλοιπων οχημάτων.

Οι Bonte et al [8] παρουσιάζουν ακόμη μια έρευνα που βασίζεται στην προσομοίωση, αν και σε αντίθεση με την προαναφερθείσα, δεν λαμβάνει υπόψη την κίνηση των μοτοσυκλετών σε 3 υπολωρίδες όπου μπορούσαν να συνυπάρξουν στην ίδια λωρίδα κίνησης μοτοσυκλέτα και όχημα. Στη συγκεκριμένη έρευνα, ένα όχημα μπορεί να πάρει οποιαδήποτε θέση μέσα στη λωρίδα και είναι εφικτό να κινηθούν παράλληλα όχημα και μοτοσυκλέτα, ενώ έχει ως σκοπό να παρουσιάσει τις ιδεατές λωρίδες και να αναλυθεί ο τρόπος κίνησης των μοτοσυκλετών για διάφορες κυκλοφοριακές ρυθμίσεις.



Εικόνα 2: Τρόπος κίνησης των μοτοσυκλετών σύμφωνα με τους Bonte et al (Πηγή: [8])

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2, ενώ τα αυτοκίνητα σε έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση προσπαθούν να κινηθούν στη λωρίδα με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα, οι μοτοσυκλέτες κινούνται ενδιάμεσα από τα οχήματα, εκεί που το πλάτος μεταξύ των οχημάτων είναι αρκετά μεγάλο για την ασφαλή διέλευση της μηχανής. Το πλάτος αυτό, όπως αναφέρεται στην έρευνα, όπως και το είδος του δρόμου, δεν είναι καθορισμένο αλλά εξαρτάται από την κυκλοφορία και το είδος των οχημάτων. Όσον αφορά λοιπόν στην κίνηση των μηχανών λαμβάνεται κατά την προσομοίωση ότι η μηχανή μπορεί να περάσει ενδιάμεσα από δύο οχήματα ή να προσπεράσει με αλλαγή λωρίδας δύο οχήματα στην ίδια λωρίδα. Πριν από τη διαδικασία της προσπέρασης μπορούν να αναφερθούν οι 4 πιθανές περιπτώσεις ιδεατών λωρίδων που ακολουθούν οι μοτοσυκλέτες για να προσπεράσουν.

- Η επιλεγμένη λωρίδα να είναι πραγματική και ελεύθερη.
- Το προπορευόμενο όχημα να αλλάξει λωρίδα ανοίγοντας χώρο διέλευσης
- Η επιλογή να βασίζεται στη σχέση του συντελεστή ταχύτητας-πλάτους
- Η επιλογή να γίνεται με βάση την μεγαλύτερη σε πλάτος λωρίδα

Για τις συκεκεριμένες λωρίδες δεν μπορεί να αναφερθεί ότι έχουν καθορισμένο πλάτος αλλά αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με το πλάτος του δρόμου, τη θέση των προπορευόμενων οχημάτων και το είδος των οχημάτων.

Οι Dey et al [9] δημοσίευσαν μια ανάλογη έρευνα η οποία βασίζεται στην προσομοίωση. Οι παράμετροι που έπρεπε να μετρηθούν σε αυτή ήταν οι ακόλουθες:

- Τρόπος άφιξης οχήματος
- Είδος οχήματος
- Πλευρική Θέση οχήματος ως προς την οδό
- Ταχύτητα
- Όρια Ασφαλείας μεταξύ των οχημάτων
- Μανούβρες προσπέρασης
- Χαρακτηριστικά επιτάχυνσης κατά την προσπέραση
- Πλευρική απόσταση κατά τη διάρκεια της προσπέρασης

Στόχος της έρευνας αυτής ήταν να αρχικά να συγκεντρωθούν στοιχεία από διάφορα μέρη της Ινδίας και να αναλυθούν οι παράμετροι που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αφού συγκεντρώθηκαν τα κατάλληλα στοιχεία, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης όπου θα ενσωματώνονταν αυτά τα χαρακτηριστικά για να αναλυθούν τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού. Η παραδοχή, η οποία αναγκάστηκαν να λάβουν υπόψη τους για την προσομοίωση, είναι η θέση τους οχήματος στη λωρίδα. Τα οχήματα τοποθετούνται σε

απόσταση 0.5 μέτρα από την άκρη του δρόμου και 0.5 μέτρα από κάθε πλευρά όταν βρίσκεται στο κέντρο του δρόμου. Για τα ποδήλατα και τις μηχανές ισχύει ότι τοποθετούνται εντός 1 μέτρου από τον ώμο. Όσον αφορά στην πλευρική απόσταση, εκεί γίνεται η παραδοχή ότι το όχημα που προσπερνά βρίσκεται πάνω από 1.5 μέτρο από τον κεντρικό άξονα του οχήματος που προσπερνά. Αντίστοιχες παραδοχές γίνονται για τον τρόπο κίνησης των μοτοσυκλετών. Πιο αναλυτικά, οι μοτοσυκλέτες:

- Κινούνται σε ελεύθερη ροή
- Επιβραδύνουν για να ακολουθήσουν το προπορευόμενο όχημα
- Ακολουθεί για να επιταχύνει
- Μετακινείται πλευρικά για να προσπεράσει
- Κινείται παράλληλα με το όχημα που προσπερνά
- Κινείται πάλι πλευρικά για να αποκτήσει την πλευρική του θέση

Οι Lan et al [10] ανέπτυξαν και αυτοί ένα μοντέλο προσομοίωσης Cellular Automata με σκοπό να εξηγήσουν τις ξαφνικές επιβραδύνσεις ενός οχήματος που συναντά κάποιο εμπόδιο ή συναντά έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Αν και δεν ασχολούνται ξεχωριστά με τις μοτοσυκλέτες και την κίνησή τους, παρουσιάζει ενδιαφέρον το γεγονός ότι ασχολούνται και αυτοί με οδό με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση. Επιπλέον, ο διαχωρισμός των λωρίδων έγινε είτε με τρεις υπολωρίδες με πλάτος 1,25 μέτρα είτε με πέντε υπολωρίδες των 0,75 μέτρων. Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται κατά την αλλαγή λωρίδας οπότε και το όχημα περνά σε διάφορες χρονικές στιγμές από τις υπολωρίδες αυτές, ενώ και άλλες έρευνες πραγματοποιούν αυτή την κατηγοριοποίηση των υπολωρίδων αυτών.

Επιπλέον, οι Dey και Chandra [11] στήριξαν και αυτοί την έρευνά τους στην προσομοίωση. Οι παράμετροι που έπρεπε να ληφθούν υπόψη για τη συγκεκριμένη έρευνα ήταν:

- Τύπος Οχημάτων
- Πλευρικές Αποστάσεις Οχημάτων
- Ταχύτητα
- Μανούβρες Προσπεράσεων
- Επιταχύνσεις κατά την Προσπέραση
- Χρονικά Κενά
- Χρονικοί Διαχωρισμοί συναρτήσει των Ταχυτήτων

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να προκύψει η σχέση μεταξύ του χρονικού διαχωρισμού των οχημάτων και της ταχύτητας. Από το διάγραμμα που προέκυψε παρατηρείται ότι ο

χρονικός διαχωρισμός μειώνεται ίσως εκθετικά όσο αυξάνεται η ταχύτητα κίνησης των οχημάτων. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο που προέκυψε ήταν ότι οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι οι μεγαλύτεροι για βαρέα οχήματα και οι μικρότεροι για τις μοτοσυκλέτες, γεγονός που συνδέεται άμεσα με τις αποστάσεις ασφαλείας που κρατούνται για κάθε κατηγορία οχήματος. Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε για 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση, στοιχείο που αποτελεί κοινό σημείο με την τρέχουσα έρευνα.

Τέλος, άλλη μία έρευνα των Lan et al [12] βασίστηκε στο μοντέλο Cellular Automata που αναφέρθηκε παραπάνω, όμως βελτιώθηκε ως προς τον τρόπο που λάμβανε υπόψη τα οχήματα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η “κοινή μονάδα” (common unit - CU) για να ορίσει το χώρο που καταλαμβάνουν στην οδό τα διαφορετικά οχήματα και τις αποστάσεις ασφαλείας. Μια οδός 2 λωρίδων κυκλοφορίας με 3,75 μέτρα η καθεμία, θεωρήθηκε πλάτους 6 CU. Έτσι κάθε μοτοσυκλέτα καταλάμβανε 2x1 CU ενώ κάθε αυτοκίνητο 6x2 CU. Το περιεχόμενο της μελέτης παρέμεινε όμοιο με την προηγούμενη έρευνα, όμως βελτιώθηκε πολύ το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ενώ τα αποτελέσματα ερχόταν και σε συμφωνία με την έρευνα των Meng et al [7] που αναφέρθηκε παραπάνω.

Συνοψίζοντας, τα υπάρχοντα πρότυπα προσομοίωσης λαμβάνουν ναί μεν υπόψη την κίνηση των μοτοσυκλετών, παρ' όλ' αυτά είναι πολύ περιορισμένες οι κινήσεις αυτών, όπως και οι θέσεις των οχημάτων στην οδό. Αυτό δεν καθιστά την έρευνα ολοκληρωμένη αφού υπάρχουν περιπτώσεις που δεν λαμβάνονται υπόψη.

2.2 Ανάλυση προγενέστερης έρευνας βασισμένη σε πραγματικές μετρήσεις

Η περίπτωση των ερευνών που βασίζονται σε πραγματικές μετρήσεις είναι πιο κοντινή στην τρέχουσα έρευνα και θα ακολουθηθεί μια χρονολογική σειρά στην παρουσίασή τους.

Οι Beymer et al [13] πραγματοποίησαν μια έρευνα με σκοπό τη συλλογή κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών μέσω ενός συστήματος παρακολούθησης της κυκλοφορίας από βίντεο και βελτίωσης του έως τότε τρόπου συλλογής των απαραίτητων στοιχείων. Μέχρι τον καιρό που οι Beymer et al πραγματοποίησαν την έρευνά τους, συνηθέστερος τρόπος μέτρησης κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών ήταν οι φορατές. Η καταγραφή βίντεο παρ' όλ' αυτά, είχε κάποια πλεονεκτήματα που θα βοηθούσαν περαιτέρω στην έρευνα, όπως για παράδειγμα το μικρότερο κόστος τοποθέτησης καμερών, απ' ότι η εκσκαφή του οδοστρώματος και τοποθέτηση των φορατών, και η μέτρηση περισσότερων παραμέτρων, όπως ξαφνικές επιταχύνσεις/επιβραδύνσεις, μήκος ουρών κτλ. Βέβαια, αν και η καταγραφή βίντεο επέτρεπε τη συλλογή περισσότερων κυκλοφοριακών μεγεθών, υπήρχαν

παράγοντες που αλλοίωαν την εγγυρότητά τους. Για παράδειγμα, ένα συχνό φαινόμενο που παρατηρείται κατά την κυκλοφοριακή συμφόρηση είναι οι μικροί χωρικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα δύο οχήματα να προσμετρούνται ως ένα αφού η κάμερα δεν μπορούσε να διαχωρίσει τα δύο οχήματα. Ρόλο σε αυτό έπαιζαν και οι σκιές των οχημάτων αναλόγως την ώρα που γινόταν η καταγραφή του βίντεο. Επιπλέον, ένα άλλο πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί ήταν η ποικιλία των οχημάτων (από βαρέα οχήματα μέχρι μοτοσυκλέτες) και η ποικιλία των κυκλοφορικών συνθηκών (από ελεύθερη ροή έως και πυκνή συμφόρηση). Επίσης, εκτός από τις διαφορετικές ώρες καταγραφής που αναφέρθηκαν παραπάνω, έπρεπε να αντιμετωπιστεί και η διαφορά των καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα, μια πιθανή κακοκαιρία με βροχή ή ομίχλη δυσκόλευαν περαιτέρω την έγγυρη συλλογή στοιχείων μέσω βίντεο. Τέλος, επειδή δεν ήταν δυνατόν να μετρώνται όλα τα οχήματα, όσα από αυτά περνούσαν πολύ κοντά τοποθετούνταν στην ίδια κατηγορία αφού συνήθως είχαν τα ίδια χαρακτηριστικά. Μετά την επίλυση των παραπάνω προβλημάτων, λήφθηκαν τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να προκύψουν τα απαραίτητα αποτελέσματα για παραμέτρους όπως φόρτο, ταχύτητα, πυκνότητα και το χωρικό διαχωρισμό των οχημάτων.

Μία άλλη έρευνα που έγινε με πραγματικές μετρήσεις 2 χρόνια αργότερα ήταν των Neubert et al [14], που ασχολήθηκαν με στοιχεία που λάμβαναν από ανιχνευτές σε αυτοκινητοδρόμους στη Γερμανία. Αν και δεν σχετίζεται άμεσα με το θέμα της έρευνάς μας, βασίστηκε και αυτή σε πραγματικές μετρήσεις. Συγκεκριμένα, προέκυψαν για την περιοχή μελέτης που επέλεξαν οι κατανομές χρονικού διαχωρισμού και η σχέση μεταξύ της ταχύτητας και της απόστασης, ανάλυση δηλαδή μικροσκοπικών μεγεθών. Παρουσιάστηκε το διάγραμμα φόρτου-πυκνότητας, ταχύτητας σε σχέση με το χωρικό διαχωρισμό και το διάγραμμα του χωρικού διαχωρισμού με τη διαφορά ταχυτήτων των οχημάτων στη σειρά. Βέβαια, εκτός από την αποτύπωση των διαγραμμάτων που προαναφέρθηκαν, σκοπός της έρευνας ήταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων για διάφορα επίπεδα εξυπηρέτησης.

Η έρευνα του Oketch [15] στηρίχθηκε επίσης σε πραγματικές μετρήσεις, που όμως δεν συνέλλεξε ο ίδιος. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησε ένα μοντέλο που χώριζε τις κινήσεις των μοτοσυκλετών σε διαμήκεις και πλευρικές κινήσεις ενώ στη συνέχεια βαθμονόμησε και επικύρωσε το μοντέλο παίρνοντας δεδομένα από την Καρλσρούη της Γερμανίας και Ναϊρόμπι της Κένυας. Η έρευνα είχε ως σκοπό να κάνει μία πρώτη προσέγγιση στην επίπτωση των μοτοσυκλετών ή ποδηλάτων στην κυκλοφορία όσον αφορά μακροσκοπικά μεγέθη της οδού όπως ταχύτητες, φόρτους και ροές κορεσμού.

Άλλο ένα άρθρο που δεν έχει άμεση σχέση με το θέμα της συγκεκριμένης έρευνας είναι η μελέτη των Minh et al [16], που είχαν ως στόχο τη συλλογή στοιχείων για την παρουσίαση των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών στην πόλη Hanoi του Βιετνάμ. Και εδώ προέκυψαν διαγράμματα ταχύτητας-διαχωρισμού και ταχύτητας-φόρτου αλλά ασχολήθηκαν και με χρονικούς διαχωρισμούς. Οι μετρήσεις έγιναν με καλό καιρό σε ξηρό οδόστρωμα, μακριά από σηματοδοτούμενους κόμβους, ώστε να εξασφαλίζεται ελεύθερη ροή όπως και στην παρούσα έρευνα. Άλλο ένα κοινό σημείο είναι ότι ένα μεγάλο μέρος των μετρήσεων έγινε σε δρόμο με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση διαχωρισμένες από την αντίθετη κυκλοφορία.

Και η έρευνα του Abul-Magd [17] στηρίχθηκε σε πραγματικές μετρήσεις σε ολλανδικούς και γερμανικούς αυτοκινητοδρόμους με στόχο την κατανομή των χρονικών και χωρικών διαχωρισμών. Αποτέλεσμα της έρευνας ήταν η διαπίστωση ότι η πυκνότητα ακολουθεί κατανομή Poisson σε ελεύθερη ροή και κατανομή τυχαιότητας σε κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Η έρευνα των Hemakom et al [18] έχει ίσως πιο άμεση σχέση με την τρέχουσα έρευνα αφού παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες. Συγκεκριμένα, στην έρευνά τους λήφθηκαν βίντεο από την Μπανκόγκ, πρωτεύουσα μιας αναπτυσσόμενης χώρας με χαμηλό βιοτικό επίπεδο, όπου παρατηρείται μεγάλο ποσοστό μοτοσυκλετών. Για αυτή την έρευνα συλλέχθηκαν βίντεο από την πραγματική κυκλοφορία και έπειτα αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης μέσω του οποίου θα γινόταν ο απαραίτητος έλεγχος των στοιχείων που συλλέχθηκαν. Στη συγκεκριμένη έρευνα αναπτύχθηκαν δύο αλγόριθμοι, ένας για την αλλαγή λωρίδας και ένας για τους ελιγμούς των μηχανών σε περίπτωση συμφόρησης. Και σε αυτή την έρευνα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος διαχωρισμού των λωρίδων σε τρεις υπολωρίδες, όμως αυτό που την ξεχωρίζει είναι ότι σε μία λωρίδα μπορεί να συνυπάρξει μια μοτοσυκλέτα με ένα αυτοκίνητο. Συγκεκριμένα, επειδή ένα αυτοκίνητο καταλαμβάνει τις δύο από τις τρεις υπολωρίδες, θεωρείται ότι μια μηχανή μπορεί να κινείται στην υπολωρίδα που μένει ελεύθερη. Στη συνέχεια παρατίθενται τα στοιχεία που μετρήθηκαν για κάθε ένα από τα δύο μοντέλα.

1. Για το μοντέλο της αλλαγής λωρίδας μετρήθηκαν τα εξής:

- Αριθμός Αυτοκινήτων και Μοτοσυκλετών
- Ποσοστό λωρίδων με μηχανές και οχήματα
- Η λωρίδα των μηχανών και αυτοκινήτων πριν από την αλλαγή λωρίδας για προσπέραση και ο τύπος των οχημάτων
- Οι νέες λωρίδες των μηχανών μετά την προσπέραση

- Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις των αποστάσεων από τα προπορευόμενα οχήματα

2. Για το μοντέλο ελιγμών μετρήθηκαν τα εξής:

- Αριθμός Αυτοκινήτων και Μοτοσυκλετών
- Το ποσοστό των λωρίδων που χρησιμοποιείται ταυτόχρονα και από μηχανές και από οχήματα
- Οι αρχικές λωρίδες των μηχανών πριν από τον ελιγμό και οι παράμετροι της ουράς
- Οι νέες λωρίδες των μηχανών μετά τον πρώτο ελιγμό, οι τελικές λωρίδες των μηχανών και οι πιθανότητες των προαναφερθέντων λωρίδων

Βάσει των μετρήσεων που ελήφθησαν διαπιστώθηκε ένα σφάλμα μικρότερο του 8% για το χρόνο ταξιδιού, την ταχύτητα και το χρόνο αναμονής στην ουρά. Στο τέλος του συγκεκριμένου άρθρου αναφέρεται ότι θα πρέπει να αυξηθεί η ποικιλία ώστε να μειωθεί το σφάλμα.

Μία ακόμη έρευνα που ασχολείται με χρονικούς διαχωρισμούς είναι της Cecile Appert-Rolland [19]. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η συσχέτιση του συντελεστή ταχύτητας με το χρονικό διαχωρισμό, οι συσχετίσεις των ταχυτήτων, οι συσχετίσεις μεταξύ των ταχυτήτων για μη γειτονικά οχήματα στην ίδια λωρίδα και η κατανομή του χρονικού διαχωρισμού για μη γειτονικά οχήματα. Βασικό συμπέρασμά της το οποίο χρήζει αναφοράς είναι ότι οι χρονικοί διαχωρισμοί στη δεξιά λωρίδα είναι μικρότεροι και αυτό οφείλεται κατά κανόνα στην επιθυμία οδηγών για ελιγμό προσπέρασης.

Όπως έχει διαπιστωθεί μέχρι στιγμής, οι περισσότερες έρευνες έγιναν με βάση την προσομοίωση, ενώ όσες έγιναν με πραγματικές μετρήσεις ασχολήθηκαν περισσότερο με χωρικούς διαχωρισμούς, εκτός από αυτή των Bonte et al [8]. Η έρευνα των Minh et al [5] αποτελεί ίσως το μοναδικό άρθρο στη βιβλιογραφία που προσπαθεί να μιμηθεί τη συμπεριφορά των μοτοσυκλετιστών και έχει ως στόχο να παρουσιάσει το μοντέλο κίνησης των μηχανών σε σηματοδοτούμενους κόμβους εξετάζοντας τη δυναμική κίνηση των μηχανών μέσω των ιδεατών λωρίδων ενδιάμεσα από τα οχήματα. Το μοντέλο για την περιγραφή της κίνησης βασίζεται σε 4 υπομοντέλα ικανά να περιγράψουν επακριβώς όλες τις πιθανές κινήσεις των μηχανών. Τα 4 υπομοντέλα είναι τα εξής:

1. Δυναμική Λωρίδα Μοτοσυκλέτας: Λόγω των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους οι μοτοσυκλέτες είναι πιο ευέλικτες από τα άλλα οχήματα και ίσως να μην ακολουθούν τις αρχές των λωρίδων όπως κάνουν τα άλλα οχήματα. Είναι λοιπόν σημαντικό να ορισθεί μια Δυναμική Λωρίδα Μοτοσυκλέτας, μια εικονική λωρίδα, για να αποτυπώσει τις ευέλικτες κινήσεις των μοτοσυκλετών.

2. Οριακός Χωρικός Διαχωρισμός για το μοντέλο Μανούβρων: Ορίζει πότε ένας μοτοσυκλετιστής χρειάζεται να κάνει μανούβρα ώστε να αποκτήσει ένα πλεονέκτημα στην ταχύτητά του. Η απόσταση από το μπροστινό όχημα τότε συγκρίνεται με το χωρικό διαχωρισμό του μοντέλου. Αν η απόσταση από το μπροστινό όχημα είναι μικρότερη από τον οριακό χωρικό διαχωρισμό, ο μοτοσυκλετιστής ξεκινά να αναζητά μια καλύτερη λωρίδα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα ροής, τότε ξεκινάει το επόμενο βήμα της μεθοδολογίας. Αλλιώς, ο μοτοσυκλετιστής μένει στην τρέχουσα λωρίδα.
3. Μοντέλο Επιλογής Λωρίδας: Αναγνωρίζει την κατεύθυνση στην οποία ένα μοτοσυκλετιστής έχει σκοπό να κινηθεί, όπως την τρέχουσα, τη δεξιά ή την αριστερή λωρίδα.
4. Μοντέλο Αποδοχής του Κενού: Αναγνωρίζει αν τα κενά στην επόμενη λωρίδα είναι αποδεκτά για την αλλαγή λωρίδας ή όχι. Αν ένα κενό δεν είναι αποδεκτό, τότε ο μοτοσυκλετιστής κάνει μανούβρα στην τρέχουσα λωρίδα· αλλιώς παραμένει στην τρέχουσα λωρίδα.

Όπως φαίνεται, και στην έρευνα των Minh et al [5], αλλά και στην τρέχουσα συλλέχθησαν βίντεο από την κυκλοφορία για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων ενώ η ακρίβεια του μοντέλου τους ήταν 77,88%.



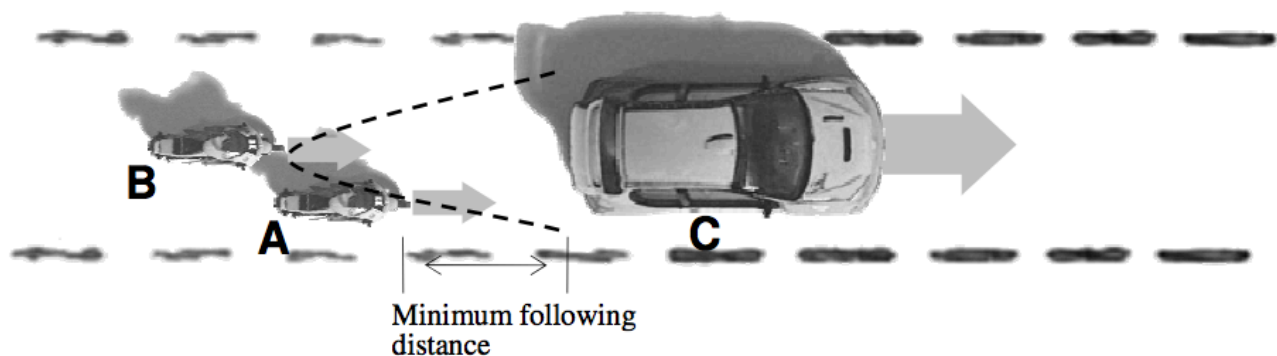
Εικόνα 3: Διάγραμμα ροής σύμφωνα με την έρευνα των Minh et al (Πηγή: [5])

Η έρευνα του Lee [20] επικεντρώθηκε στη μελέτη των τροχιών που ακολουθούν οι μοτοσυκλέτες κατά την κίνησή τους. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας ανέπτυξε ένα πρόγραμμα για την καταγραφή των τροχιών χειροκίνητα μέσω των βίντεο, με το όνομα Trajectory Extractor. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε και στην τρέχουσα έρευνα και θα γίνει εκτενής ανάλυση στο κεφάλαιο 3 που περιγράφεται η μεθοδολογία.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Lee, οι κινήσεις των μοτοσυκλετών μπορούν να μοντελοποιηθούν και συνεπώς αναπτύχθηκαν τρία μοντέλα, για κάθε ένα από τα οποία έγινε διαφορετική βαθμονόμηση ενώ τα δεδομένα προέκυψαν από λήψη βίντεο και έπειτα αναλύθηκαν στο Trajectory Extractor. Τέλος, αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για την αναπαράσταση της κίνησης των μηχανών και πραγματοποιήθηκαν τρεις αναλύσεις από τις οποίες προέκυψε ότι το πρόγραμμα προσομοίωσης είναι ικανό να επεξηγήσει την κίνηση των μηχανών.

Τα τρία μοντέλα που αναπτύχθηκαν από τον Lee είναι τα εξής:

1. Μοντέλο Διαμήκους Πορείας (Longitudinal Headway Model)



Εικόνα 4: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Διαμήκους Πορείας (Πηγή: [20])

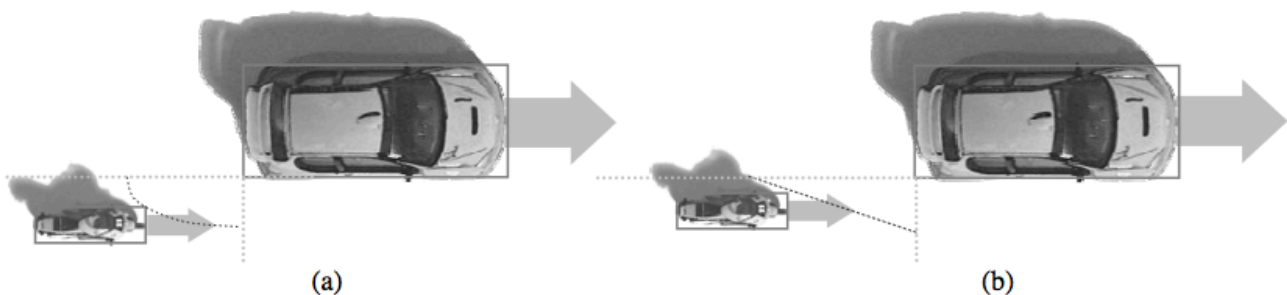
Παρατηρείται ότι η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα ενός δικύκλου εξαρτάται από τη σχετική θέση του με το προπορευόμενο όχημα. Με βάση μια τέτοια παρατήρηση και υπόθεση, το μοντέλο εξετάστηκε σε δύο σενάρια, αφού ο μοτοσυκλετιστής τείνει να ακολουθήσει δύο διαφορετικές στρατηγικές για να αποφύγει μια πιθανή σύγκρουση με το προπορευόμενο όχημα· είτε να επιβραδύνει εγκαίρως, είτε να κάνει πλάγια μανούβρα.

Στην πρώτη περίπτωση, οι μεταβλητές από τις οποίες εξαρτάται η οριζόντια απόσταση είναι οι ταχύτητες των δύο οχημάτων, επιβραδυνσεις των δύο οχημάτων και ο χρόνος αντίδρασης. Στην δεύτερη περίπτωση, οι μεταβλητές παραμένουν οι ίδιες, μόνο που

προστίθεται η εγκάρσια απόσταση από την άκρη του προπορευόμενου οχήματος που θα έχει ο οδηγός μετά τη μανούβρα.

Παρ' όλα αυτά, το συγκεκριμένο μοντέλο δεν είναι ικανό να περιγράψει πλήρως την αλληλεπίδραση μεταξύ της ακολουθίας και της πλευρικής θέσης των μοτοσυκλετών γι' αυτό και αναπτύχθηκε το ακόλουθο μοντέλο.

2. Μοντέλο Λοξής & Πλευρικής Πορείας (The Oblique & Lateral Headway Model)



Εικόνα 5: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Λοξής & Πλευρικής Πορείας (Πηγή: [20])

Όταν ένας μοτοσυκλετιστής ακολουθεί ένα άλλο όχημα λοξά, η απόσταση που κρατάει από το προπορευόμενο όχημα δεν έχει ως σκοπό απλώς για να αποφευχθεί μια οπίσθια σύγκρουση. Μερικά πλάγιες κινήσεις και τα μη παρατηρήσιμοι ψυχολογικοί παράγοντες εμπλέκονται επίσης. Πολλές υποθέσεις έγιναν για τη διευκόλυνση της μοντελοποίησης όπως:

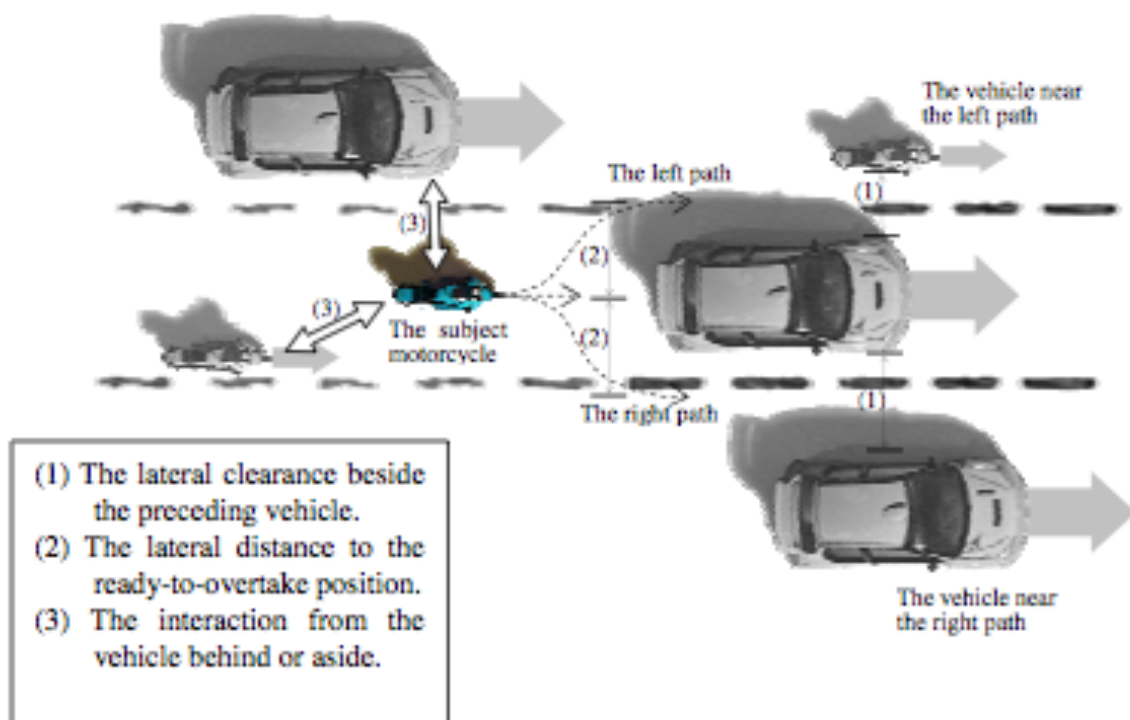
- οι παράγοντες που επηρεάζουν την λοξή απόσταση πορείας χωρίζονται στους διαμήκεις και στους εγκάρσιους
- παρατηρείται μια ελλειπτική καμπύλη ή ευθεία όπου ο μοτοσυκλετιστής δεν προτιμάει να βρίσκεται σε κάποιο σημείο έναντι άλλου
- η διαμήκης απόσταση είναι συνάρτηση της γωνίας ακολουθίας, της ταχύτητας του προπορευόμενου οχήματος και της διαφοράς ταχύτητας των δύο οχημάτων, ενώ η εγκάρσια απόσταση της γωνίας ακολουθίας και της διαφοράς ταχύτητας των δύο οχημάτων.

Μια υποπερίπτωση της λοξής πορείας, μπορεί να θεωρηθεί όταν $\theta=90^\circ$, δηλαδή όταν η μοτοσυκλέτα ακολουθεί ένα όχημα πλευρικά ή όταν το προσπερνάει. Η απόσταση αυτή είναι συνάρτηση μονάχα της διαφοράς ταχύτητας των δύο οχημάτων.

Στόχος του μοντέλου είναι να συμπληρώσει το προηγούμενο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω καθώς το πρώτο μοντέλο δεν καλύπτει την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαμήκων κινήσεων των μηχανών και των πλευρικών κινήσεων.

3. Μοντέλο Επιλογής Διαδρομής (Path Choice Model)

Το μοντέλο διαμήκους πορείας και το μοντέλο λοξής και πλευρικής πορείας αναπτύχθηκαν για να περιγράψουν τις βασικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ μιας μοτοσυκλέτας και ενός οχήματος ώστε να αποφευχθεί κάποια οπίσθια σύγκρουση. Πέραν όμως της αποφυγής σύγκρουσης, ο μοτοσυκλετιστής διατηρεί κατάλληλη απόσταση ασφαλείας που ταυτόχρονα τον βοηθάει να επιλέξει μια πορεία όταν εμπλέκεται σε κάποιο σύμπλεγμα οχημάτων.



Εικόνα 6: Σχηματική Απεικόνιση του Μοντέλου Επιλογής Πορείας (Πηγή: [20])

Το μοντέλο επιλογής διαδρομής περιγράφει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των μοτοσυκλετιστών. Η επιλογή αυτή λειτουργεί ως το βραχυπρόθεσμο σχέδιο για το αν πρέπει ή όχι να κάνει μια πλάγια κίνηση. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Οι παράγοντες οι οποίοι λήφθηκαν υπόψη από τον Lee είναι:

- οι ταχύτητες του προπορευόμενου οχήματος και των οχημάτων που το περιβάλλουν

- η πλευρική απόσταση από το όχημα που έχει σκοπό να προσπεράσει
- η κυκλοφοριακή κατάσταση μπροστά από το προπορευόμενο όχημα
- τα κενά δίπλα από το προπορευόμενο όχημα
- το μέγεθος του προπορευόμενου οχήματος
- οι επόμενες αποφάσεις που θα κληθεί να λάβει ο μοτοσυκλετιστής

Μετά την ανάλυση όλων των παραπάνω μοντέλων ο Lee στην εργασία του ανέπτυξε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για να αναπαραστήσει τη συμπεριφορά των μηχανών στη μεικτή κυκλοφορία. Μετά από τρεις διαφορετικές εφαρμογές με το πρόγραμμα προσομοίωσης, οι οποίες αναλύονται διεξοδικά, γίνεται αντιληπτό ότι μπορεί να αναπαραστήσει τη συμπεριφορά των μοτοσυκλετιστών σε μεικτή κυκλοφορία ικανοποιητικά.

2.3 Συμπεράσματα

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας καταδεικνύει ότι η κωδικοποίηση του τρόπου κίνησης των μοτοσυκλετιστών είναι ένα αρκετά δύσκολο πρόβλημα. Στα περισσότερα άρθρα που αναλύθηκαν παραπάνω χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση ώστε να αναπαρασταθεί ο τρόπος κίνησης των μηχανών. Παρ' όλα αυτά, οι περιπτώσεις των τροχιών που ακολουθούν οι μηχανές είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστούν στα πλαίσια της προσομοίωσης.

Αρκετοί ερευνητές προχώρησαν σε πραγματικές μετρήσεις που τους δίνουν τη δυνατότητα να έχουν πιο ακριβή δεδομένα που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Βασικός στόχος αυτών των μελετών ήταν η ενασχόληση με το φόρτο, ταχύτητες και χωρικούς ή χρονικούς διαχωρισμούς, χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους παράγοντες που λαμβάνει υπόψη του ο μοτοσυκλετιστής στην απόφασή του να προσπεράσει ή όχι.

Το Μοντέλο Επιλογής Διαδρομής του Lee [20] που αναλύθηκε προηγουμένως, ενσωματώνει την επιρροή της ταχύτητας, των χωρικών διαχωρισμών, το μέγεθος οχημάτων και της κυκλοφοριακής κατάστασης μπροστά από το προπορευόμενο όχημα. Παράγοντες που δεν ενσωματώνονται στο μοντέλο του Lee και χρήζουν διερεύνησης είναι η λωρίδα που ήδη κινείται ο μοτοσυκλετιστής, ο τύπος των οχημάτων που περιβάλλουν τη μοτοσυκλέτα και όχι μόνο του προπορευόμενου οχήματος. Η παρούσα διπλωματική εργασία θα εστιαστεί και στη διερεύνηση των παραπάνω παραγόντων. Θα αξιολογηθούν οι παράγοντες τόσο για προσπεράσεις που πραγματοποιούνται με αλλαγή λωρίδας όσο και για προσπεράσεις που πραγματοποιούνται χωρίς αλλαγή λωρίδας.

3. Μεθοδολογία

Ένα θέμα που δεν έχει μελετηθεί ιδιαίτερα στην παγκόσμια βιβλιογραφία είναι ο τρόπος κίνησης της μοτοσυκλέτας λόγω της ευελιξίας της και, λόγω του μικρού μεγέθους της, των πολλών διαφορετικών κινήσεων που μπορεί να πραγματοποιήσει. Οι περισσότερες έρευνες έχουν στηριχθεί στην προσομοίωση και ασχολήθηκαν με τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού και πιο συγκεκριμένα τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της. Συγκεκριμένα, η πλειονότητα των μελετών είχαν ως θέμα τη συλλογή στοιχείων για τα θεμελιώδη κυκλοφοριακά μεγέθη όπως ο φόρτος, η ταχύτητα και η πυκνότητα. Αρκετοί επίσης ασχολήθηκαν και με χωρικούς ή χρονικούς διαχωρισμούς. Ελάχιστα όμως έχουν ασχοληθεί με το φαινόμενο της προσπέρασης των μοτοσυκλετιστών και τους παράγοντες που παίζουν ρόλο στην απόφασή τους για προσπέραση ή όχι.

3.1 Επιλογή του αριθμού των λωρίδων

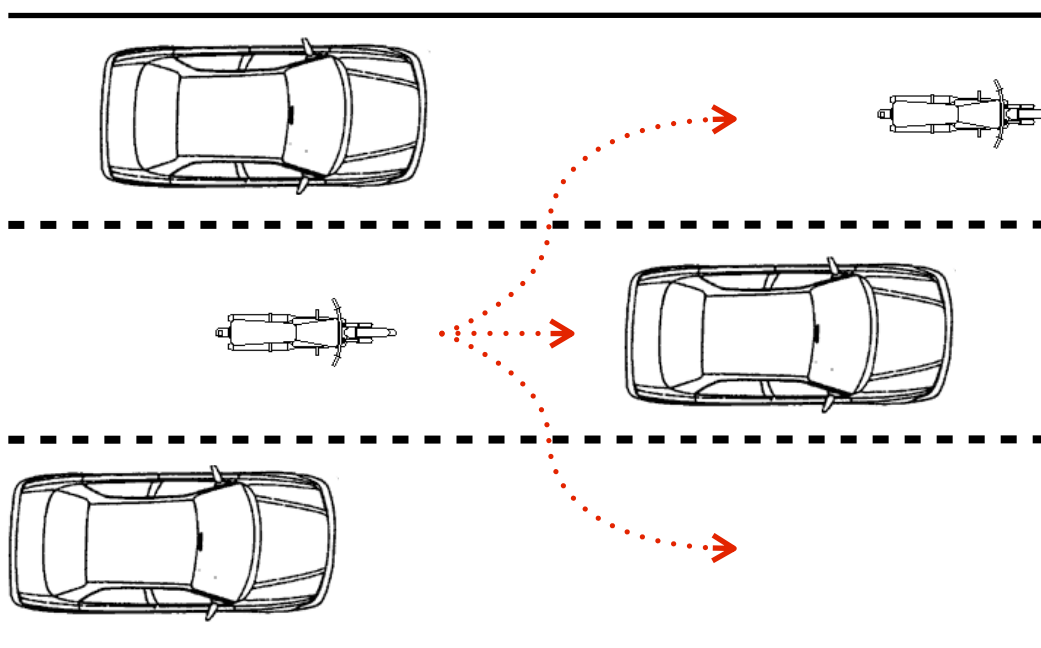
Ένα από τα πρώτα ερωτήματα που έπρεπε να απαντηθούν στην αρχή της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ο αριθμός των λωρίδων που θα έπρεπε να έχει η οδός που θα μελετήσουμε. Στην εισαγωγή (Παράγραφος 1.5.1) της εργασίας έγινε μία πρώτη ανάλυση των κινήσεων των μοτοσυκλετών σε οδούς από μία έως τρεις λωρίδες ανά κατεύθυνση.

Για αρχή εξετάστηκε η περίπτωση της οδού με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση. Αυτή όμως εγκαταλήφθηκε σχεδόν άμεσα για τους εξής λόγους.

1. Σε μια λωρίδα ανά κατεύθυνση - ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που υπάρχει διαχωριστική νησίδα - είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν προσπεράσεις λόγω του μικρού διαθέσιμου πλάτους. Συν τοις άλλοις, ακόμη και αν το πλάτος ήταν επαρκές οι κινήσεις των μοτοσυκλετών είναι πολύ περιορισμένες ενώ σε περίπτωση μη ύπαρξης κιγκλιδώματος, η είσοδος των μοτοσυκλετών που μελετούνται στο αντίθετο ρεύμα, θα έκανε πολύπλοκη την μελέτη του φαινομένου.
2. Υπήρχε αδυναμία εύρεσης κατάλληλου σημείου για την καταγραφή του βίντεο, αφού όπως θα δούμε στη συνέχεια, η κάμερα θα πρέπει να είναι σε υπερυψωμένο σημείο, δηλαδή μια γέφυρα.

3. Δεν θα μπορούσε να μελετηθεί το φαινόμενο προσπέρασης ενός οχήματος από μια μοτοσυκλέτα που βρίσκεται από πριν σε διαφορετική λωρίδα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η περίπτωση των τριών λωρίδων ανά κατεύθυνση καθώς η μορφή αυτή είναι συνήθης στις ελεύθερες λεωφόρους και οι μοτοσυκλέτες κινούνται πιο ελεύθερα με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγαλύτερο πλήθος ελιγμών. Παρατηρήθηκε όμως ότι οι περιπτώσεις των κινήσεων των μηχανών είναι πολλές με αποτέλεσμα να υπήρχε δυσκολία στην κωδικοποίησή τους και στην περαιτέρω επεξεργασία των στοιχείων που θα συλλεγούν. Και αυτή η περίπτωση απορρίφθηκε για τους εξής λόγους.



Σχήμα 1: Σχηματική Απεικόνιση των πιθανών κινήσεων μιας μοτοσυκλέτας σε οδό με 3 λωρίδες ανάκατεύθυνση κυκλοφορίας

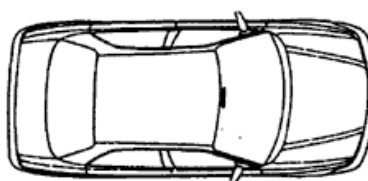
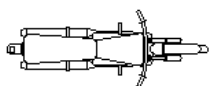
1. Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, τα δεδομένα που θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη σε μια τέτοια περίπτωση, εκτός του ότι είναι υπερβολικά σε αριθμό και θα δυσχεραίνουν περαιτέρω τη διαδικασία συλλογής τους, θα ήταν δύσκολο και ως προς τη θεώρησή τους. Για παράδειγμα, αν η μοτοσυκλέτα προσπεράσει το όχημα από αριστερά ή από δεξιά, υπάρχει διαφορετικό όχημα που την πλησιάζει στην νέα λωρίδα, ενώ και το κενό μπροστά από το όχημα που έχει σκοπό να προσπεράσει είναι διαφορετικό κάθε φορά. Τέλος, στην περίπτωση που η μοτοσυκλέτα δεν προσπερνάει το όχημα, θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη και τα δύο οχήματα που βρίσκονται πίσω και παράλληλα της,

με τις ανάλογες δυσκολίες ως προς την κωδικοποίηση των ανάλογων περιπτώσεων που θα προέκυπταν.

2. Ακόμη όμως κι αν αποφασιζόταν μία τέτοια διαδικασία, θα έπρεπε να ληφθεί ένας μεγάλος αριθμός περιπτώσεων αφού για κάθε είδος προσπέρασης θα έπρεπε να υπήρχε ένας αξιόλογος αριθμός προσπεράσεων για να διερευνηθούν.

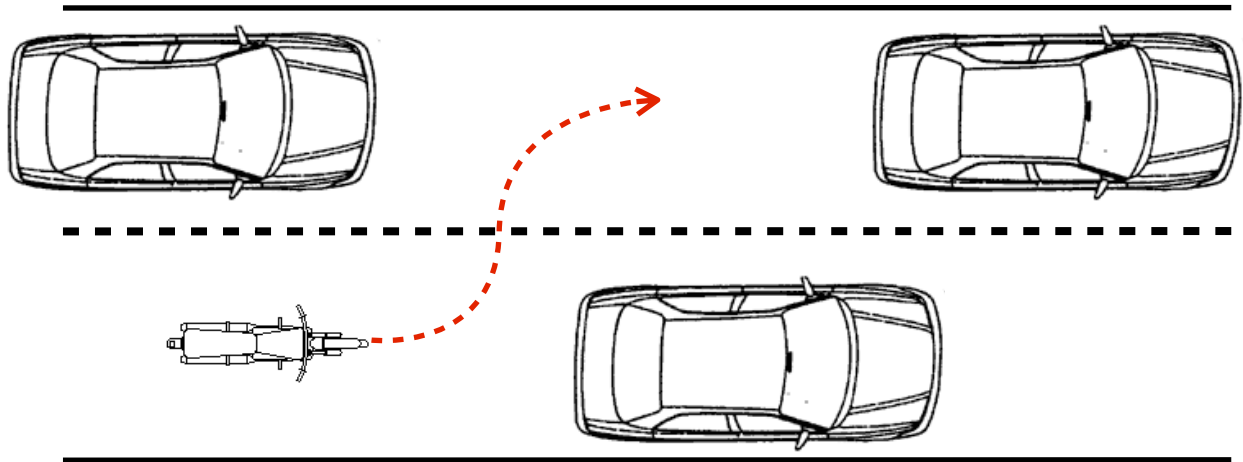
Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι αν και η οδός με 3 λωρίδες ανά κατεύθυνση είναι η πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση όσον αφορά την ποικιλία των προσπεράσεων και ελιγμών του φαινομένου που μελετάμε, είναι πολύ δύσκολη στη μελέτη γι' αυτό και η περίπτωση 2 λωρίδων ανά κατεύθυνση αποτελεί ουσιαστικά μονόδρομο.

Με μια πρώτη προσέγγιση και μετά από αρχική παρακολούθηση σε διάφορα σημεία της Αθήνας διαπιστώθηκε ότι πραγματοποιούνται προσπεράσεις από τις μοτοσυκλές σε κάπως καθορισμένες τροχιές που μπορούν να ομαδοποιηθούν. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι περιπτώσεις προσπέρασης και πως έγινε η τελική ομαδοποίησή τους.



Σχήμα 2: Πρώτη περίπτωση προσπέρασης με ελεύθερη λωρίδα κίνησης (On the Fly)

Στην περίπτωση που φαίνεται παραπάνω, η μοτοσυκλέτα κινείται σε διαφορετική λωρίδα από το όχημα που έχει επιλέξει να προσπεράσει ή όχι, ανεξαρτήτως αν υπάρχει κάποιο άλλο όχημα μπροστά. Ουσιαστικά, σε αυτή την περίπτωση συγκαταλέγονται όλες οι περιπτώσεις που ο μοτοσυκλετιστής δεν κάνει κάποιο ελιγμό για να προσπεράσει το όχημα, αλλά εκμεταλλεύεται τη διαφορά ταχύτητας και το κενό μπροστά από το όχημα για να ολοκληρώσει την προσπέρασή του.

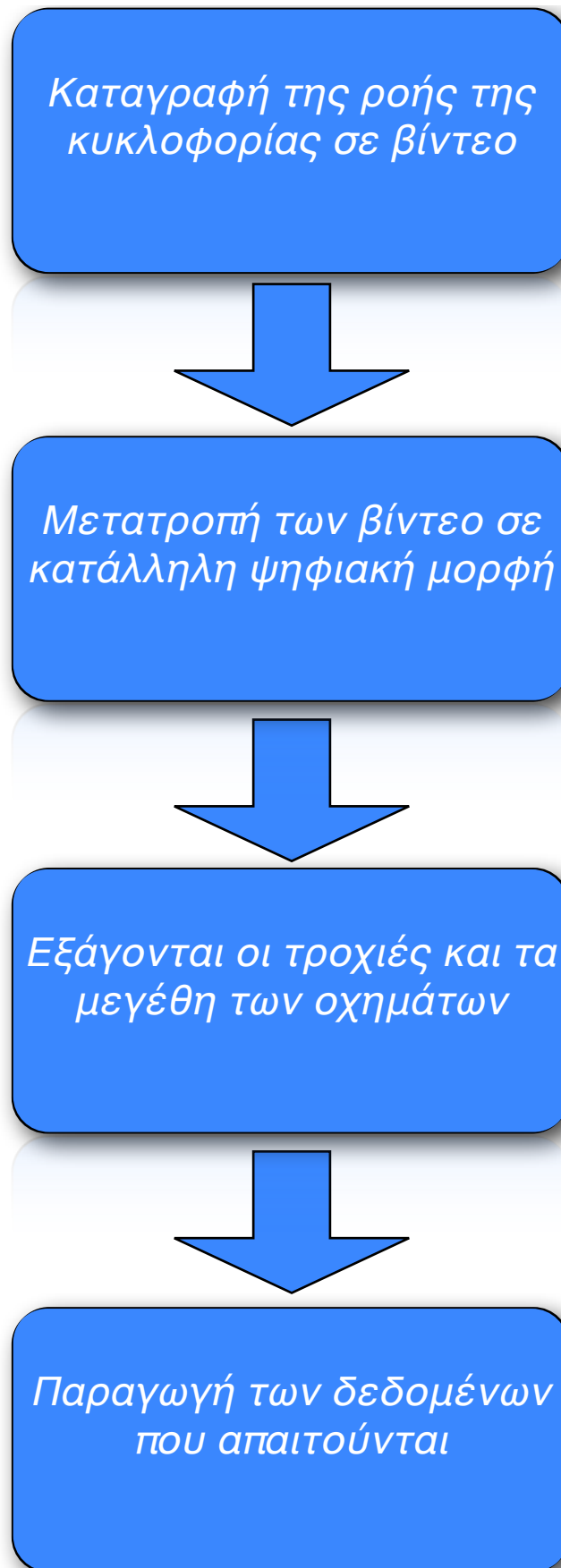


Σχήμα 3: Δεύτερη περίπτωση προσπέρασης με ελιγμό αλλαγής λωρίδας (Lane Changing)

Στην περίπτωση, συγκαταλέγονται όσες ο μοτοσυκλετιστής κάνει ελιγμό για την προσπέραση, όπως και οι περιπτώσεις προσπεράσεων «ζιγκ-ζαγκ» αφού ο μοτοσυκλετιστής κάνει ελιγμό για να προσπεράσει το πρώτο όχημα. Θεωρήθηκε ότι σε φαινόμενα «ζιγκ-ζαγκ» η δεύτερη προσπέραση είναι διαφορετική αφού έχουν αλλάξει οι ρόλοι αλληλεπίδρασης των οχημάτων και μελετάται σαν ξεχωριστό φαινόμενο.

3.2 Λήψη Δεδομένων

Για τη λήψη των δεδομένων που απαιτούνται στη συγκεκριμένη μελέτη, αρχικά θα εγγραφούν βίντεο από την κυκλοφορία σε συγκεκριμένο κόμβο. Έπειτα θα πρέπει να μετατραπούν σε κατάλληλη ψηφιακή μορφή ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν από το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιήσουμε και να εξαχθούν οι τροχιές και τα μεγέθη των οχημάτων. Έπειτα, θα είμαστε σε θέση να παράγουμε τα δεδομένα που απαιτούνται.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Ροής της Μεθοδολογίας από την καταγραφή των βίντεο έως τη συλλογή των δεδομένων

3.2.1 Διαθέσιμος Εξοπλισμός

Στο χώρο που φυλάσσονται τα μηχανήματα του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, υπήρχε όλος ο διαθέσιμος εξοπλισμός για τη λήψη των δεδομένων που απαιτούνται.

Συγκεκριμένα η καταγραφή της κυκλοφορίας έγινε με την κάμερα Sony Handycam HDR-SR7E που είχε αγοραστεί από το ΕΜΠ. Η συγκεκριμένη κάμερα υψηλής ανάλυσης, που φαίνεται στην Εικόνα 7, χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των βίντεο καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων.



Εικόνα 7: Η κάμερα που τραβήχτηκαν όλα τα αναγκαία βίντεο της μελέτης (Πηγή: [21])

Σε συνδυασμό με τον τρίποδα που βρέθηκε στο εργαστήριο υπήρχε όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός για τη σταθερή λήψη των βίντεο. Με δεδομένο ότι υπήρχε και προσωπικός υπολογιστής για την μετέπειτα επεξεργασία, υπήρχε όλος ο εξοπλισμός διαθέσιμος, ενώ προτιμήθηκε και η χρήση δεύτερης οθόνης στον υπολογιστή για μεγαλύτερο χώρο εργασίας κατά την επεξεργασία αρχικά των βίντεο και έπειτα των μετρήσεων.

3.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Μετά τη συλλογή των βίντεο θα πρέπει να προσδιοριστεί ο τρόπος με τον οποίο θα συλλέξουμε τα δεδομένα που απαιτούνται. Ένας διαδομένος τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων παγκοσμίως είναι το Autoscope όμως για τη συγκεκριμένη εργασία προτιμήθηκε το λογισμικό που ανέπτυξε ο Lee [20]. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε

ονομάζεται Trajectory Extractor και συγκεντρώνει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το Autoscope, ένα ευρέως διαδεδομένο εργαλείο ανάλυσης βίντεο.

3.4 Το Λογισμικό Trajectory Extractor

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δημιουργήθηκε στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του Lee [20] με σκοπό την καταγραφή των τροχιών των οχημάτων χειροκίνητα μέσα από βίντεο. Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί χρησιμοποιεί ως είσοδο βίντεο από πραγματικές συνθήκες κυκλοφορίας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι για την καλύτερη χρήση και βελτιστοποίηση των δεδομένων, απαιτούνται τα βίντεο να έχουν τραβηχτεί από κάποιο υπερυψωμένο σημείο.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το Trajectory Extractor αναλύονται παρακάτω:

1. Μπορούν να μετρηθούν όλες οι τροχιές και τα μεγέθη
2. Μπορεί οποιοδήποτε βίντεο να επανεξεταστεί και να αναλυθεί ξανά
3. Απλό σε χρήση χωρίς να χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη εκμάθηση
4. Δε χρειάζεται η παρουσία του ερευνητή κατά τη λήψη βίντεο
5. Συλλέγει δεδομένα με την αλληλεπίδραση πολλαπλών οχημάτων

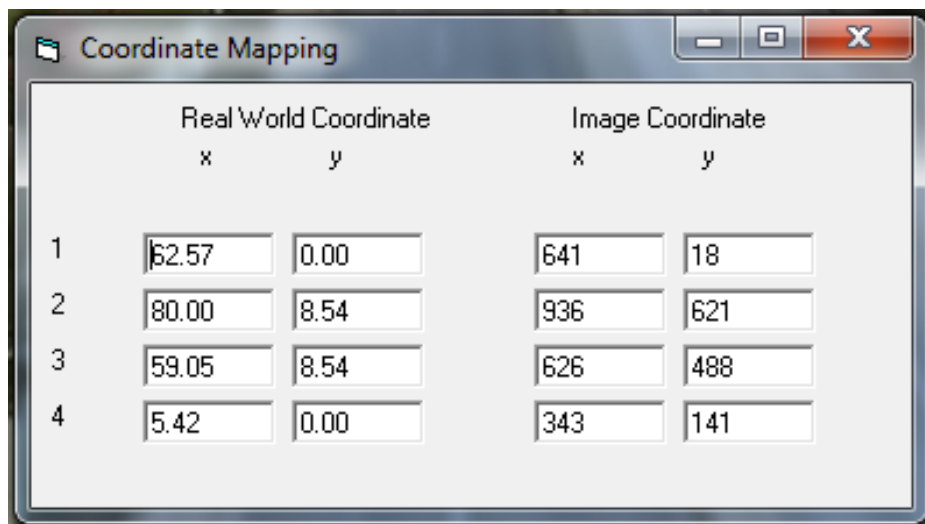
Τα μειονεκτήματά του είναι τα εξής:

1. Χρονοβόρα, μονότονη και επίπονη διαδικασία της ανάλυσης
2. Επηρεάζεται χρονικά από τα στοιχεία που απαιτούνται & από τις κυκλοφοριακές συνθήκες
3. Περιορισμένη περιοχή μελέτης (μέχρι 200m)
4. Ανάγκη για υπερυψωμένο σημείο πάνω από το μέσο της οδού
5. Πρώιμο στάδιο ανάπτυξης του λογισμικού με αρκετά λάθη στον κώδικα (bugs)

Προκύπτει λοιπόν πως το Trajectory Extractor είναι το κατάλληλο πρόγραμμα για κάποιον ερευνητή που είναι αποφασισμένος να αφιερώσει αρκετό χρόνο στη συλλογή στοιχείων ενώ είναι επίσης πολύ σημαντικό το πλεονέκτημα της αλληλεπίδρασης πολλαπλών οχημάτων όπως και η δυνατότητα επανάληψης κάποιας μέτρησης αν κριθεί αναγκαίο.

Το Trajectory Extractor χρησιμοποιεί ένα μοντέλο μετατροπής των συντεταγμένων του βίντεο σε πραγματικές συντεταγμένες για καλύτερα και πιο ακριβή αποτελέσματα. Συγκεκριμένα η μετατροπή των συντεταγμένων μεταξύ δύο επιπέδων μπορεί να πραγματοποιηθεί με γραμμική κλιμάκωση αν τα δύο αυτά επίπεδα είναι παράλληλα και παραληφθεί η προοπτική της εικόνας. Η διαδικασία για το παραπάνω έχει ως εξής:

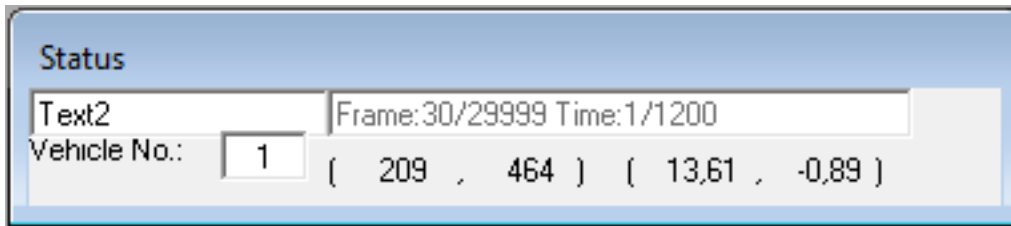
1. Αρχικά, θα πρέπει στο σημείο λήψης του βίντεο να μετρηθούν οι πραγματικές αποστάσεις εκτός κι αν είναι γνωστές με κάποιον τρόπο εκ των προτέρων. Βάσει του Projective Model για να μετατραπούν οι διαστάσεις του βίντεο σε πραγματικές διαστάσεις απαιτούνται 4 σημεία που θα πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με το δρόμο και να μην βρίσκονται στην ίδια ευθεία ανά 3 μεταξύ τους. Επιπλέον, θα πρέπει να είναι ευδιάκριτα μέσα στο βίντεο και να μην επηρεάζεται η οπτική τους από χρονικές ή καιρικές συνθήκες (σκιές για παράδειγμα) τουλάχιστον όταν θα γίνεται η βαθμονόμηση. Τα σημεία επίσης θα πρέπει να βρίσκονται εκατέρωθεν του δρόμου και ένα από αυτά θα πρέπει να οριστεί ως αρχή των αξόνων και να υπολογιστούν τα υπόλοιπα βάσει αυτού.
2. Έχοντας πάρει τα 4 αυτά σημεία, στο πρόγραμμα Trajectory Extractor εισάγεται και ανοίγει το βίντεο το οποίο πρέπει να έχει μορφή .AVI και να έχει ανάλυση το πολύ 960x540. Αυτό γίνεται μέσω του μενού File→Open και επιλογή του βίντεο που έχουμε για τη βαθμονόμηση.
3. Έπειτα, εμφανίζεται στην οθόνη μια εικόνα από το βίντεο που έχουμε εγγράψει. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει η βαθμονόμηση μέσα από το μενού File→Coordinate Mapping και εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (Εικόνα 8) που γίνεται η διαδικασία της βαθμονόμησης.



Εικόνα 8: Παράθυρο για τη βαθμονόμηση του Trajectory Extractor

4. Έχοντας τις πραγματικές συντεταγμένες μέσω των αποστάσεων που έχουμε μετρήσει, αναζητούμε στο βίντεο τα 4 σημεία που έχουμε επιλέξει. Μετακινώντας τον κέρσορα και τοποθετώντας τον πάνω στα σημεία αυτά

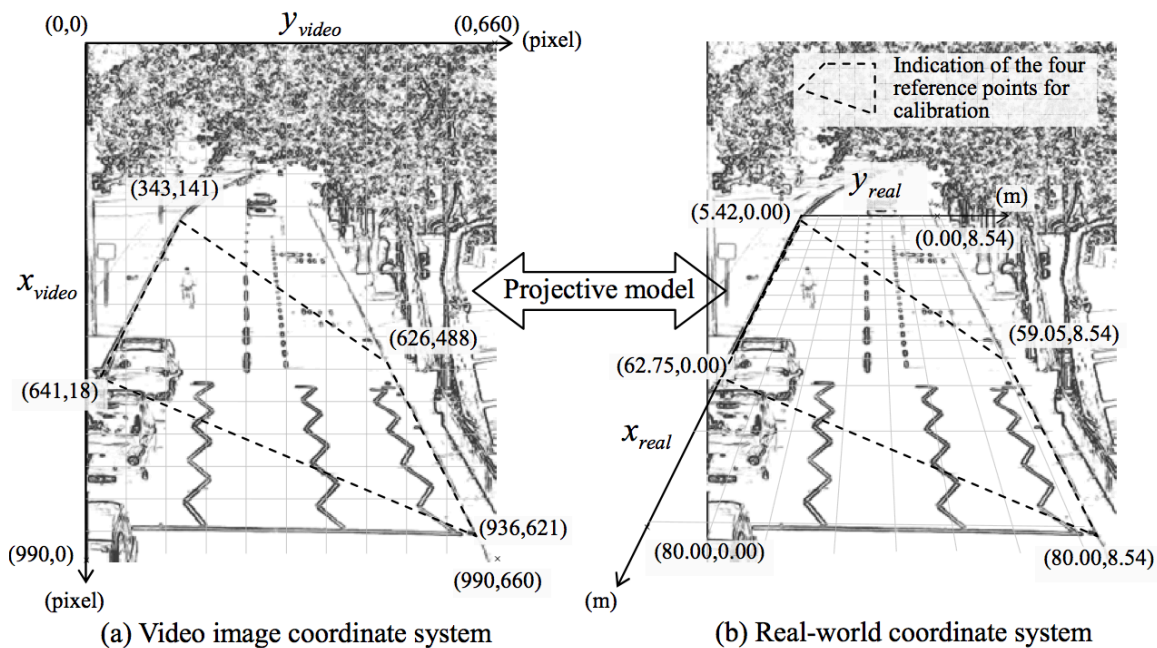
λαμβάνονται οι εικονικές συντεταγμένες μέσα στο βίντεο. Εμφανίζονται όπως στο παρακάτω παράθυρο του Trajectory Extractor (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Μέσα στις παρενθέσεις εμφανίζονται οι εικονικές και πραγματικές συντεταγμένες αντίστοιχα

- Αφού η διαδικασία επαναληφθεί μέχρι να γίνει αντιστοίχιση και των 4 σημείων και έχει συμπληρωθεί ο πίνακας του Coordinate Mapping (Εικόνα 8), κλείνοντας το παράθυρο ολοκληρώνουμε τη διαδικασία της βαθμονόμησης.

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση του προγράμματος μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητό μέσα από την εικόνα που υπάρχει στο Εγχειρίδιο Χρήσης του Trajectory Extractor [22].



Εικόνα 10: Το προβολικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στο Trajectory Extractor για τη βαθμονόμηση του βίντεο που έχουν εγγραφεί
 Πηγή:[22]

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10, μέσω της διαδικασίας που περιγράψαμε παραπάνω,

είναι δυνατό να έχουμε τις πραγματικές συντεταγμένες ενός οποιοδήποτε σημείου που βλέπουμε στην εικόνα του βίντεο απλά μετακινώντας τον κέρσορα μέσα στην εικόνα.

Οι μαθηματικοί τύποι που χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση του προγράμματος στο μοντέλο μετατροπής συντεταγμένων είναι οι εξής:

$$x_{real} = \frac{\alpha_1 x_{video} + \alpha_2 y_{video} + \alpha_3}{\alpha_4 x_{video} + \alpha_5 y_{video} + 1}$$
$$y_{real} = \frac{\alpha_6 x_{video} + \alpha_7 y_{video} + \alpha_8}{\alpha_4 x_{video} + \alpha_5 y_{video} + 1}$$

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω σχέσεις, το πρόγραμμα μέσω των 4 σημείων που του δίνουμε υπολογίζει τις σταθερές α_1 έως α_8 και έπειτα μπορεί να καθορίσει τις συντεταγμένες οποιοδήποτε σημείου μέσα στο βίντεο.

3.4.1 Οδηγίες κατά την εγγραφή του βίντεο

Στο εγχειρίδιο χρήσης του Trajectory Extractor [22] παρατίθενται οδηγίες που θα πρέπει να ακολουθήσει ο ερευνητής πριν και κατά την εγγραφή του βίντεο για μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις του και μείωση των σφαλμάτων κατά την εξαγωγή των δεδομένων.

1. Βιντεοκάμερα: Μία βιντεοκάμερα με υψηλότερη ευκρίνεια δίνει τη δυνατότητα στην εικόνα να έχει καλύτερη ανάλυση. Άρα θα έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στα δεδομένα που εξάγουμε.
2. Τοποθεσία της βιντεοκάμερας: Για να ελεγχθούν τα σφάλματα λόγω προοπτικής στις εικόνες, η βιντεοκάμερα θα πρέπει να τοποθετηθεί το ψηλότερο δυνατό και η γωνία εγγραφής θα πρέπει να είναι όσο πιο απότομη γίνεται.
3. Το εστιακό μήκος της βιντεοκάμερας: Θα πρέπει η βιντεοκάμερα να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εστιακό μήκος. Αυτό έχει να κάνει με τους φακούς της βιντεοκάμερας και θα πρέπει να αποφευχθούν φακοί με μεγάλη παραμόρφωση στα μεγάλα μήκη.
4. Ροή της κυκλοφορίας: Θα πρέπει να γίνεται σε ένα ενιαίο επίπεδο, δηλαδή να μην υπάρχουν κοίλες ή κυρτές κλίσεις στην οδό ή στροφές.

5. Πραγματικές συντεταγμένες: Για να μετατρέψουμε τις εικονικές συντεταγμένες σε πραγματικές συντεταγμένες, θα πρέπει τα τέσσερα σημεία που έχουμε προαναφέρει να μετρηθούν κατά την εγγραφή του βίντεο έτσι ώστε να μπορούν να υπολογιστούν οι συντελεστές του μοντέλου μετατροπής συντεταγμένων. Ανά τρία σημεία δεν θα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και όλα πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

3.4.2 Αποτελέσματα από το Trajectory Extractor

Τα αποτελέσματα του Trajectory Extractor καταγράφονται σε ένα .txt αρχείο μετά την ολοκλήρωση της καταγραφής της τροχιάς κάθε οχήματος. Μπορούν να μετρηθούν τα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός οχήματος
- Τύπος οχήματος (κατηγοριοποίηση)
- Μήκος οχήματος
- Πλάτος οχήματος
- Χρονική στιγμή του βίντεο
- Τετμημένη x του βίντεο
- Τεταγμένη y του βίντεο
- Τετμημένη x των πραγματικών μετρήσεων
- Τεταγμένη y των πραγματικών μετρήσεων
- Μετρήσεις αποστάσεων
- Ταχύτητα οχήματος
- Ταχύτητα ακολουθούντος οχήματος
- Επιτάχυνση οχήματος
- Επιτάχυνση ακολουθούντος οχήματος
- Θέσεις x και y του οχήματος σε διάφορα σημεία
 - (i) Μπροστά
 - (ii) Πίσω
 - (iii) Μπροστά & Αριστερά
 - (iv) Μπροστά & Δεξιά
 - (v) Πίσω & Αριστερά
 - (vi) Πίσω & Δεξιά

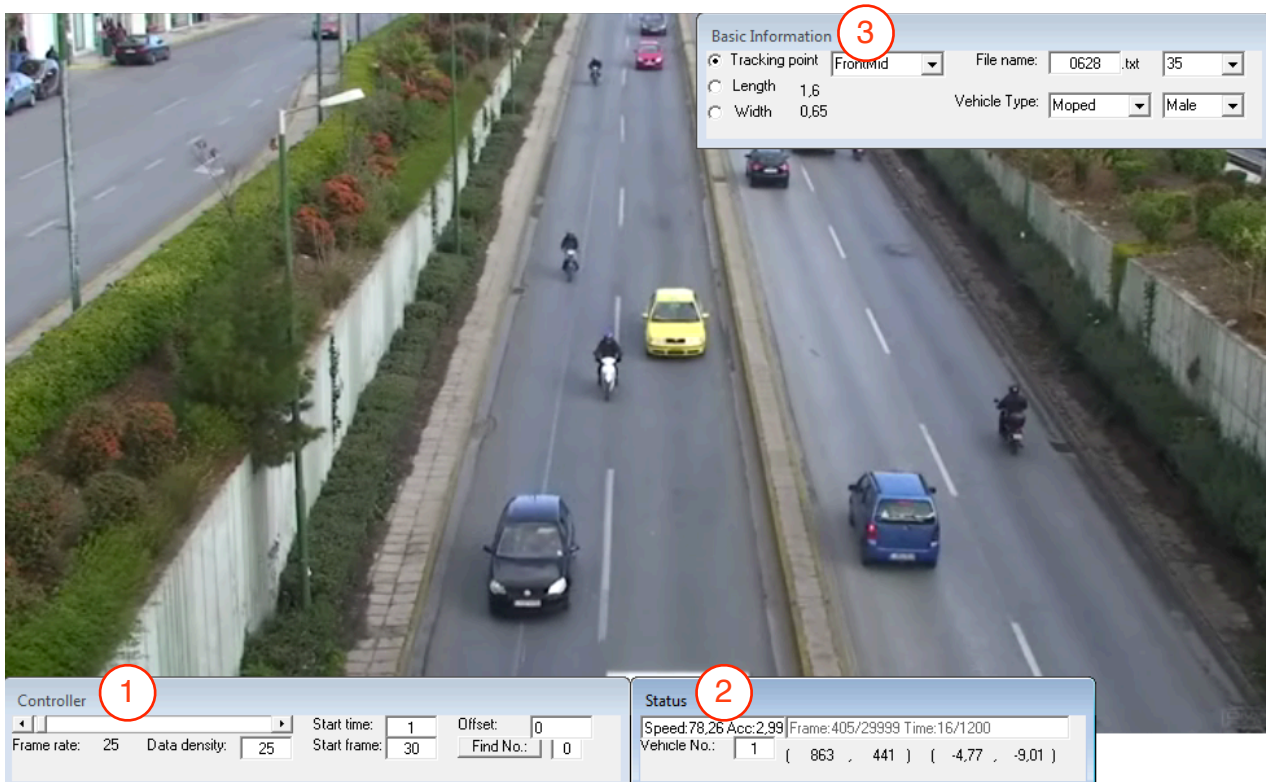
Για κάθε ένα όχημα ξεχωριστά μπορούν να προκύψουν όλες τις παραπάνω μετρήσεις. Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία για κάθε όχημα πραγματοποιείται η διαδικασία για άλλα

οχήματα. Κατά την επιστροφή αυτή καταγράφονται αυτόματα όλα τα δεδομένα σε αυτό το .txt αρχείο.

3.4.3 Διαδικασία λήψης των δεδομένων

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά πως γίνεται η διαδικασία λήψης και συλλογής των δεδομένων μέσα από την επεξεργασία των βίντεο που έχουμε εγγράψει.

Η εικόνα 11 αποτελεί ενδεικτικό του περιβάλλοντος στο οποίο γίνεται η εργασία στο Trajectory Extractor. Η συγκεκριμένη εικόνα αποτελεί επίσης στιγμιότυπο από τη διαδικασία λήψης των δεδομένων στα βίντεο που εγγράφηκαν για την τρέχουσα εργασία. Είναι φανερό το διαθέσιμο μήκος που έχει ο μελετητής στη διάθεσή του, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να διαγράψει τις τροχιές των οχημάτων που τον ενδιαφέρουν. Μέσα από αυτούς τους τρεις πίνακες που φαίνονται στο παράθυρο εργασίας μπορούν να προκύψουν όλα τα διαθέσιμα στοιχεία. Παρακάτω θα αναλυθεί το καθένα από αυτά ξεχωριστά.



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο από το Trajectory Extractor για επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας του
1. Πίνακας Controller
2. Πίνακας Status
3. Πίνακας Basic Information

Στον πίνακα Controller (1) έχουμε τις εξής επιλογές:

1. Μπορούμε να επιλέξουμε τη χρονική διαφορά ανάμεσα στα στιγμιότυπα. Συγκεκριμένα, επειδή το βίντεο έχει Frame Rate 25 frames/sec, ανάλογα την τιμή που παίρνει το Data Density μπορούμε να ρυθμίσουμε τη χρονική διαφορά που επιθυμούμε. Συγκεκριμένα για Data Density ίσο με 12,5 η διαφορά είναι 0,5 sec ενώ για 50 η διαφορά είναι 2 sec.
2. Μπορούμε μέσω του Start Time ή Start Frame να επιλέξουμε το χρονικό σημείο που θέλουμε να αρχίσει να τρέχει το βίντεο.

Στον πίνακα Status (2) έχουμε τις εξής επιλογές:

1. Εμφανίζεται η ταχύτητα με την ένδειξη Speed του οχήματος που έχουμε επιλέξει τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ουσιαστικά, μέσω των συντεταγμένων του βίντεο που έχουν μετατραπεί σε πραγματικές συντεταγμένες, έχουμε την απόσταση που διανύει το όχημα και διαιρώντας με το χρονικό διάστημα ανάμεσα στα δύο στιγμιότυπα προκύπτει η παραπάνω τιμή.
2. Ομοίως η διπλανή ένδειξη Acc δίνει την ένδειξη της επιτάχυνσης του οχήματος. Με αρνητικό πρόσημο εμφανίζεται τυχόν επιβράδυνση.
3. Εμφανίζονται οι εικονικές συντεταγμένες στην πρώτη παρένθεση, δηλαδή στο στιγμιότυπό μας (863 , 441) ενώ στη δεύτερη οι πραγματικές συντεταγμένες (-4,77 , -9,01) με αρχή των αξόνων το σημείο που θέσαμε κατά τη βαθμονόμηση.
4. Εμφανίζεται ο αριθμός του συγκεκριμένου στιγμιότυπου με την ένδειξη Frame (δηλαδή 405/29999) ενώ η διπλανή ένδειξη σε δευτερόλεπτα (16/1200). Η αναλογία μεταξύ των δύο είναι ότι $Frame = 25 * second$ όπως προαναφέρθηκε στα χαρακτηριστικά του βίντεο που εγγράψαμε.
5. Εμφανίζεται ο αριθμός του οχήματος που έχουμε επιλέξει να επισημάνουμε την τροχιά του.

Στον πίνακα Basic Information (3) έχουμε τις εξής επιλογές:

1. Εμφανίζεται το Tracking Point το οποίο είναι η επιλογή για τον καθορισμό της τροχιάς των οχημάτων. Είναι ουσιαστικά το σημείο πάνω στο όχημα το οποίο θα επιλέγει κάθε στιγμιότυπο ο χρήστης για να ακολουθηθεί η τροχιά του. Οι επιλογές που έχει είναι οι ακόλουθες:
 - (i) Μπροστά Κέντρο
 - (ii) Μπροστά Δεξιά
 - (iii) Μπροστά Αριστερά
 - (iv) Πίσω Κέντρο
 - (v) Πίσω Δεξιά
 - (vi) Πίσω Αριστερά

2. Εμφανίζεται η επιλογή Length, του μήκους του οχήματος που ακολουθούμε κάθε φορά. Με δύο κλικς στην αρχή και στο τέλος του οχήματος μπορούμε να το ορίσουμε
3. Ομοίως για το πλάτος του στην επιλογή Width.
4. Εμφανίζεται η επιλογή του τύπου του οχήματος που μελετάμε με τις εξής κατηγορίες:
 - (i) Μικρή μοτοσυκλέτα ή μοτοποδήλατο
 - (ii) Μεγάλη μοτοσυκλέτα
 - (iii) Αυτοκίνητο (ΙΧ)
 - (iv) Μικρό φορτηγό ή Βαν
 - (v) Λεωφορείο
 - (vi) Ποδήλατο
 - (vii) Ταξί
5. Εμφανίζεται η επιλογή του φύλου του οδηγού ή του αναβάτη.
6. Εμφανίζεται η επιλογή της ηλικίας του οδηγού ή του αναβάτη. Οι επιλογές που έχουμε είναι οι εξής:
 - (i) 20 ετών
 - (ii) 35 ετών
 - (iii) 55 ετών
 - (iv) 80 ετών

4. Διαδικασία Στατιστικής Ανάλυσης

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που θα προκύψουν μέσα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Πρώτα παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης και η διαδικασία με την οποία γίνεται η εγγραφή των βίντεο για τη συλλογή δεδομένων. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών ενώ στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία της Λογιστικής Παλινδρόμησης, του τρόπου με τον οποίο γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων. Επίσης, παρουσιάζονται τα στατιστικά μοντέλα ύστερα από τη διαδικασία της Λογιστικής Παλινδρόμησης της πιθανότητας να προσπεράσει ο μοτοσυκλετιστής ή όχι και των ανεξαρτήτων μεταβλητών.

4.1 Περιοχή Μελέτης

4.1.1 Καθορισμός Παραγόντων για την Επιλογή

Από τα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν κάποιοι περιορισμοί που έπρεπε να τηρεί η περιοχή μελέτης για να την επιλέξουμε ώστε να συλλέξουμε τα δεδομένα της έρευνας.

Συγκεκριμένα θα πρέπει:

- Να υπάρχουν 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση
- Να είναι διαχωρισμένα οι δύο διαφορετικές κατευθύνσεις κυκλοφορίας με νησίδα στη μέση, ώστε να μην εισέρχονται τα οχήματα από τη μία στην άλλη σε περίπτωση προσπέρασης
- Να μην υπάρχουν στροφές και κοίλες ή κυρτές καμπύλες στο δρόμο
- Το σημείο μελέτης να μην είναι κοντά σε σηματοδοτούμενο κόμβο ώστε να μην έχουμε ανάλογες επιβραδύνσεις ή επιταχύνσεις που οφείλονται στην κόκκινη ένδειξη.
- Να μην υπάρχουν είσοδοι/έξοδοι από καταστήματα ή βενζινάδικα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη φυσιολογική ροή των οχημάτων. Επιπλέον, για τον ίδιο λόγο δεν θα πρέπει να υπάρχουν στάσεις λεωφορείων ή ταξί, ενώ δεν θα έπρεπε να υπάρχουν και παρκαρισμένα οχήματα.
- Να υπάρχει υπερυψωμένο σημείο πάνω από την οδό που θα στηθεί η βιντεοκάμερά μας με οπτική αντίθετη προς τη ροή της κυκλοφορίας. Όσο ψηλότερα μπορούσε να στηθεί η κάμερα, τόσο το καλύτερο για την εγγυρότητα των μετρήσεών μας.

4.1.2 Επιλογή της θέσης λήψης των βίντεο

Έχοντας τους παραπάνω περιορισμούς, ξεκίνησε μια αναζήτηση για το κατάλληλο σημείο που θα μπορούσαμε να στήσουμε τη βιντεοκάμερά μας για να ληφθούν τα βίντεο στα πλαίσια αυτής της έρευνας. Ένα από τα πρώτα μέρη που τέθηκε ως πρόταση ήταν η πεζογέφυρα του Santiago Calatrava πάνω από τη Λεωφόρο Μεσογείων.

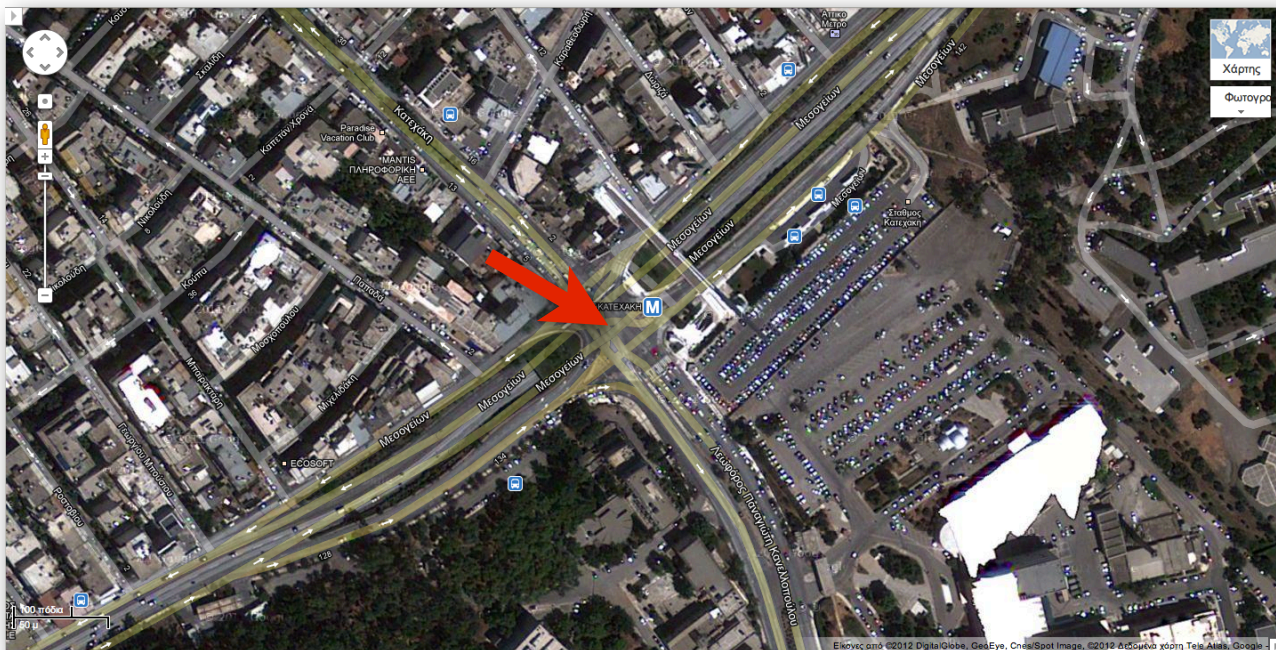
Η συγκεκριμένη πεζογέφυρα, που φαίνεται στην Εικόνα 12 [23], αποτελεί ένα πολύ σημαντικό αρχιτεκτόνημα, που κατασκευάστηκε στο σταθμό του Μετρό Κατεχάκη την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας.



*Εικόνα 12: Φωτογραφία της πεζογέφυρας Calatrava στο σημείο που έγιναν οι μετρήσεις.
Πηγή: [23]*

Η συγκεκριμένη πεζογέφυρα είναι κοντά στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και ως εκ τούτου υπήρχε η δυνατότητα επίσκεψης της περιοχής σε διάφορες ώρες και ημέρες πριν την καταγραφή των βίντεο για να πετύχουμε τη βέλτιστη δυνατή ροή για το φαινόμενο που θέλαμε, πριν δηλαδή την πρωινή ή μεσημεριανή αιχμή [24].

Παρακάτω φαίνονται στην εικόνα 13 [25] η περιοχή που επιλέχθηκε όπως και δύο φωτογραφίες από την ημέρα των μετρήσεων, που φαίνεται πως στήθηκε ο απαραίτητος εξοπλισμός.



**Εικόνα 13: Χάρτης από την ευρύτερη περιοχή του σταθμού Μετρό Κατεχάκη.
Πηγή: [25]**



Εικόνα 14: Φωτογραφίες που ελήφθησαν την ημέρα των μετρήσεων με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε να έχει στηθεί και να καταγράφει την κυκλοφορία στη Λεωφόρο Μεσογείων στο ρεύμα προς Αθήνα.

4.2 Στοιχεία που μετρούνται στην Επεξεργασία των βίντεο

Τα στοιχεία που μετρούνται κατά την επεξεργασία των βίντεο μέσω του Trajectory Extractor είναι τα ακόλουθα:

1. Λωρίδα που βρίσκεται το δίκυκλο που μελετάται (0 για Αριστερά, 1 για Δεξιά)
2. Είδος προσπέρασης (0 για Lane Changing, 1 για On the Fly)
3. Αν έγινε ή όχι η προσπέραση (0 αν δεν έγινε, 1 αν έγινε)
4. Τύπος Δικύκλου (0 για μικρού κυβισμού, 1 για μεγάλου κυβισμού)
5. Ταχύτητα Δικύκλου
6. Τύπος Οχήματος που προσπερνάται (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
7. Λωρίδα που βρίσκεται το όχημα που προσπερνάται (0 για Αριστερά, 1 για Δεξιά)
8. Ταχύτητα του οχήματος που προσπερνάται
9. Τύποι των τριών οχημάτων που περιβάλλουν το δίκυκλο-αντικείμενο (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
10. Ταχύτητες των τριών οχημάτων που περιβάλλουν το δίκυκλο αντικείμενο
11. Χωρικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων όπως φαίνονται στο σκαρίφημα
12. Ύπαρξη φάλαγγας (0 για όχι, 1 για Ναι)
13. Αριθμός Οχημάτων στη φάλαγγα
14. Αν φοράει κράνος ο δικυκλιστής (0 για όχι, 1 για Ναι)
15. Αν υπάρχει δεύτερος αναβάτης στο δίκυκλο-αντικείμενο (0 για όχι, 1 για Ναι)

Σχετικά με τις μετρήσεις 9,10 και 11 θα πρέπει να τονίσουμε ότι αν δεν υπήρχε στην αντίστοιχη σχετική θέση όχημα, τότε ο τύπος οχήματος, η ταχύτητα και ό,τι χωρικός διαχωρισμός αφορούσε αυτό το όχημα λάμβανε την τιμή 0.

4.3 Λήψη Δεδομένων

4.3.1 Βιντεοσκόπηση

Η βιντεοσκόπηση όπως προαναφέρθηκε έγινε στο ρεύμα προς Αθήνα της λεωφόρου Μεσογείων στο ύψος της λεωφόρου Κατεχάκη. Μετά από διαδοχικές επισκέψεις στην περιοχή σε διαφορετικές μέρες και ώρες, αποφασίστηκε ότι για το φαινόμενο που θέλουμε να μελετήσουμε θα πρέπει να βιντεοσκοπήσουμε μεσημεριανές ώρες, αφού και η ροή θα

ήταν ικανοποιητική και δεν θα υπήρχε κορεσμός όπως συνηθίζεται τις πρωινές ώρες. Για τα παραπάνω συμβουλευτήκαμε από τη θεωρία των Χρονικών Διακυμάνσεων Φόρτου [25], δηλαδή ότι μία οδός με σημαντική κυκλοφορία σε εργάσιμες ώρες παρουσιάζει υψηλότερο φόρτο το μήνα Δεκέμβριο από την Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία, αλλά όχι ακραίες τιμές. Επίσης, σε μια ελεύθερη λεωφόρο όπως την περιοχή μελέτης έπρεπε να αποφύγουμε τις μετρήσεις μέσα στο Σαββατοκύριακο αφού θα είχαμε χαμηλότερους φόρτους, μη αντιπροσωπευτικούς της πραγματικής κατάστασης και με λιγότερες περιπτώσεις του φαινομένου που μελετάμε [25]. Τέλος, για καθημερινές ημέρες συμβουλευόμενοι τις Ωριαίες Διακυμάνσεις [25] επιλέξαμε τις ώρες που προαναφέρθηκαν. Δεδομένου του ότι οι μετρήσεις έγιναν το μήνα Δεκέμβριο, σημαντικό παράγοντα έπαιξαν και οι καιρικές συνθήκες αφού σύμφωνα με τις απαιτήσεις που είχαμε θέσει το οδόστρωμα θα έπρεπε να είναι στεγνό και τη στιγμή της βιντεοσκόπησης να υπάρχει ηλιοφάνεια ώστε να υπάρχει ευκρίνεια κατά την επεξεργασία των βίντεο.

Η πρώτη βιντεοσκόπηση έγινε στις 6 Δεκεμβρίου 2012 μεταξύ 13:00-15:00 και η δεύτερη στις 20 Δεκεμβρίου 2012 μεταξύ 13:30-15:30. Ο λόγος για τον οποίο η βιντεοσκόπηση έγινε δύο διαφορετικές ημέρες είναι ότι η μπαταρία της κάμερας δεν διαρκεί παραπάνω από 2,5 ώρες και είχε γίνει η εκτίμηση ότι για να έχουμε επαρκή αριθμό περιπτώσεων θα χρειαζόμασταν περίπου 4-5 ώρες βίντεο.

4.3.2 Παρουσίαση των προσπεράσεων που μελετούνται

Για τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων ελήφθησαν συνολικά 850 μετρήσεις μέσα από 4,5 ώρες καταγραφής της κυκλοφορίας, για να υπάρχει ένα ικανοποιητικό δείγμα προς μελέτη. Η κατανομή των μετρήσεων έχει ως εξής:

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός Πίνακας Περιπτώσεων Προσπεράσεων ανά Μέγεθος Κυβισμού

Όχημα	Επιτυχημένες	Μη Επιτυχημένες	ΣΥΝΟΛΟ
Μικρού Κυβισμού (moped)	297	226	523
Μεγάλου Κυβισμού (motorcycle)	229	98	327
ΣΥΝΟΛΟ	526	324	850

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός Πίνακας Περιπτώσεων Προσπεράσεων ανά Είδος Προσπέρασης

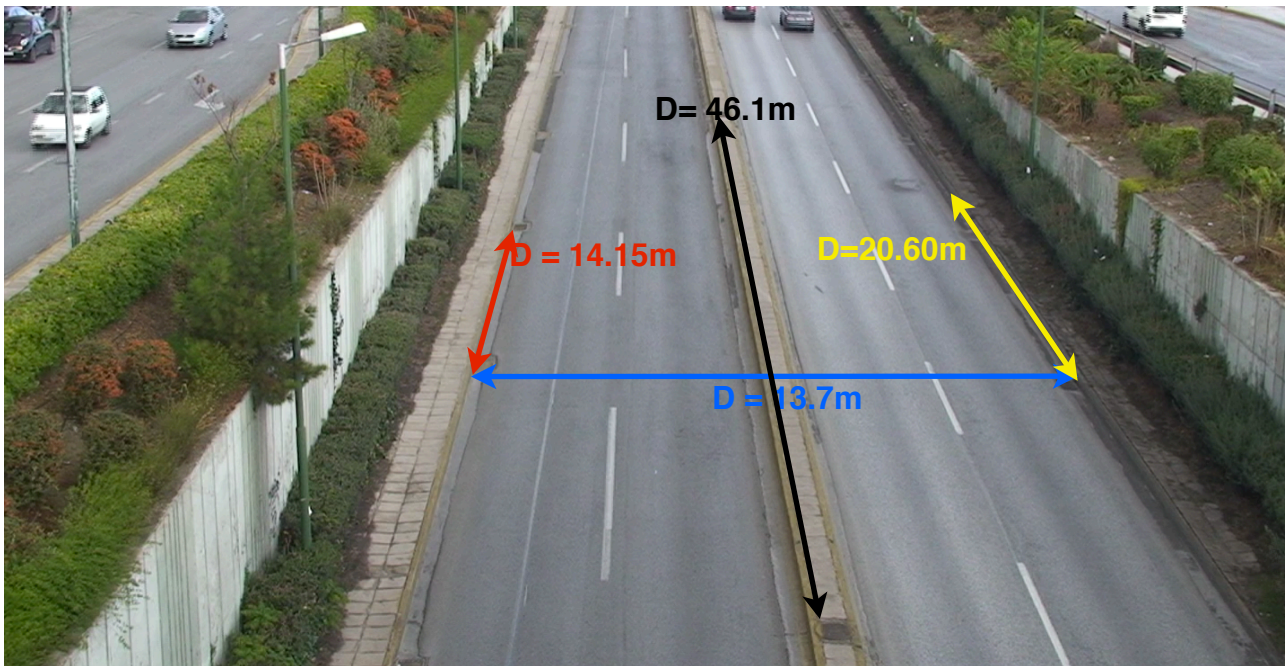
Τύπος Προσπέρασης	Επιτυχημένες	Μη Επιτυχημένες	ΣΥΝΟΛΟ
Χωρίς Ελιγμό (On the fly)	283	172	455
Με Ελιγμό (Lane Changing)	243	152	395
ΣΥΝΟΛΟ	526	324	850

4.3.3 Σφάλμα των μετρήσεων

Το manual του προγράμματος Trajectory Extractor [22] όπως και η διατριβή του Lee [20] δεν αναφέρει κάτι για το σφάλμα των μετρήσεων που γίνονται κατά τη διάρκεια επεξεργασία των βίντεο.

Παρ' όλ' αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή και έμφαση στο κομμάτι της βαθμονόμησης του Trajectory Extractor, διαδικασία που αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.4 της τρέχουσας εργασίας, αφού μικρές διαφορές μπορούν να προκαλέσουν αλλοίωση στα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αποστάσεων που θα χρησιμοποιούσαμε με μεγάλη ακρίβεια με τη χρήση μετροταινίας σε ακρίβεια εκατοστού. Θα μπορούσαμε να είχαμε κάνει τις μετρήσεις μέσω Google Earth όμως διαπιστώθηκε ότι το σφάλμα θα μπορούσε να πλησιάσει ακόμη και το ένα μέτρο. Έτσι, όταν η κυκλοφορία στην οδό ήταν μειωμένη έως ανύπαρκτη έγιναν όλες οι απαραίτητες μετρήσεις μηκών για τη βαθμονόμηση του προγράμματος.

Αξίζει να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι, λόγω του μεγάλου ύψους που στήθηκε η βιντεοκάμερα πάνω από την οδό, υπήρχε η δυνατότητα να μετρηθούν χαρακτηριστικά σημεία που ήταν εύκολο να διαχωριστούν από τα γειτονικά τους στο βίντεο, με αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της βαθμονόμησης άρα και μείωση στο σφάλμα των μετρήσεων. Επιλέχθηκαν χαρακτηριστικά σημεία, για παράδειγμα γωνίες αποχετεύσεων που υπήρχαν εκατέρωθεν της οδού, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 15: Αποστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση του Trajectory Extractor.

Για τη βαθμονόμηση των βίντεο στάλθηκε η παραπάνω εικόνα απευθείας στον καθηγητή Lee, μαζί με την περιγραφή του κάθε σημείου ξεχωριστά ώστε να γίνει σαφής η απόσταση που μετρήσαμε κάθε φορά.

Στη συνέχεια, μετά την απάντηση του καθηγητή, ανοίγοντας το Trajectory Extractor και γνωρίζοντας τα συγκεκριμένα σημεία, διαπιστώθηκε ότι η βαθμονόμηση είχε γίνει σωστά εκ μέρους του και οι αποστάσεις ήταν ακριβείς. Με κατάλληλο zoom in στο στιγμιότυπο του βίντεο, ήταν δυνατή η μέτρηση των αποστάσεων σε ακρίβεια εκατοστού, αφού εντοπιζόταν με τον κέρσορα τα δύο σημεία (pixel) που όριζαν τον εκάστοτε χωρικό διαχωρισμό.

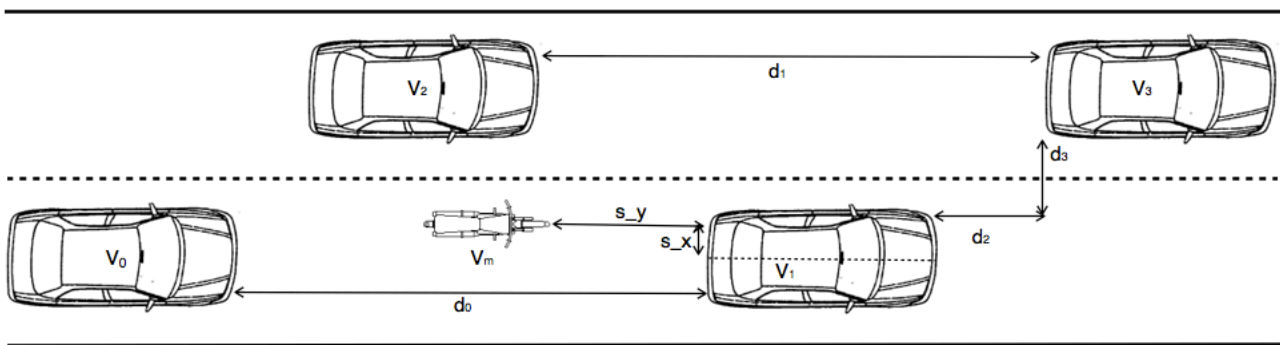
Όσον αφορά τις ταχύτητες, δεν έγινε κάποιος έλεγχος με συγκεκριμένο εξοπλισμό (πχ Laser), όμως τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν πολύ λογικά. Συν τοις άλλοις, ο τρόπος με τον οποίο το πρόγραμμα υπολόγιζε την ταχύτητα του εκάστοτε οχήματος, δηλαδή πρώτη παράγωγος της απόστασης για κάποια στιγμή του χρόνου, και δεδομένου ότι ο υπολογισμός των αποστάσεων έγινε με μεγάλη προσοχή, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το σφάλμα των μετρήσεων ήταν σχετικά μικρό.

4.3.4 Παρουσίαση των μεταβλητών που μετρούνται

Πριν την παρουσίαση της διαδικασίας παρουσίασης των στατιστικών αποτελεσμάτων αξίζει να παρουσιαστούν οι συμβολισμοί των μεταβλητών, όπως θα εμφανίζονται και στα στατιστικά μοντέλα. Οι συμβολισμοί αυτοί είναι οι ακόλουθοι:

- lane: Λωρίδα που βρίσκεται το δίκυκλο που μελετάται (0 για Αριστερά, 1 για Δεξιά)
- on_the_fly: Είδος προσπέρασης (0 για Lane Changing, 1 για On the Fly)
- over: Αν έγινε ή όχι η προσπέραση (0 αν δεν έγινε, 1 αν έγινε)
- Veh_TypeM: Τύπος Δικύκλου (0 για μικρού κυβισμού, 1 για μεγάλου κυβισμού)
- Vm: Ταχύτητα Δικύκλου (σε km/h)
- Veh_Type1: Τύπος Οχήματος που προσπερνάται (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
- Veh_RL: Λωρίδα που βρίσκεται το όχημα που προσπερνάται (0 για Αριστερά, 1 για Δεξιά)
- V1: Ταχύτητα του οχήματος που προσπερνάται (σε km/h)
- Veh_Type0: Τύπος Οχήματος 0 (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
- Veh_Type2: Τύπος Οχήματος 2 (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
- Veh_Type3: Τύπος Οχήματος 3 (1 για αυτοκίνητο, 2 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 3 για δίκυκλο μεγάλου κυβισμού, 4 για φορτηγό)
- platoon: Ύπαρξη φάλαγγας (0 για όχι, 1 για Ναι)
- sum_platoon: Αριθμός Οχημάτων στη φάλαγγα
- d0: Απόσταση μεταξύ οχήματος 0 και 1 (σε m)
- d1: Απόσταση μεταξύ οχήματος 2 και 3 (σε m)
- d2: Εγκάρσια απόσταση μεταξύ οχήματος 1 και 3 (σε m)
- d3: Οριζόντια απόσταση μεταξύ οχήματος 1 και 3 (σε m)
- s_x: Οριζόντια απόσταση Δικύκλου σε σχέση με το κέντρικό άξονα του οχήματος που προσπερνάται (σε m)
- s_y: Εγκάρσια απόσταση Δικύκλου σε σχέση με το κέντρικό άξονα του οχήματος που προσπερνάται (σε m)
- V2: Ταχύτητα οχήματος 2 (σε km/h)
- V3: Ταχύτητα οχήματος 3 (σε km/h)
- helmet: Αν φοράει κράνος ο δικυκλιστής (0 για όχι, 1 για Ναι)
- passenger: Αν υπάρχει δεύτερος αναβάτης στο δίκυκλο-αντικείμενο (0 για όχι, 1 για Ναι)

Ο τρόπος που ονομάζονται τα οχήματα 0,1,2 και 3 φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4: Σκαρίφημα για ορισμό των μεταβλητών που θα μετρηθούν κατά την επεξεργασία των βίντεο

4.3.5 Παρουσίαση των μεταβλητών που δημιουργούνται

Θεωρήθηκε ότι έπρεπε να δημιουργηθούν καινούριες μεταβλητές που θα βοηθούσαν στην στατιστική ανάλυση αλλά και στην επίλυση προβλημάτων που θα δημιουργούνταν από την κωδικοποίηση ορισμένων μεταβλητών.

Οι μεταβλητές αυτές και ο λόγος που δημιουργήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Diff: Διαφορά ταχυτήτων του αντικειμένου δικύκλου με το όχημα που αλληλεπιδρά. Η μαθηματική σχέση που την ορίζει είναι $Diff=V_m-V_1$. Προφανώς, αναλόγως το πρόσημο της μεταβλητής Diff, μπορούμε να καταλάβουμε ποιο από τα δύο οχήματα κινούνταν γρηγορότερα.
- DistanceXY: Ορίζεται η γραμμική απόσταση του μπροστινού μέρους του αντικειμένου δικύκλου από το πίσω μέρος του οχήματος που αλληλεπιδρά. Η μαθηματική σχέση που την ορίζει είναι $DistanceXY=(s_x^2+s_y^2)^{0.5}$. Δημιουργήθηκε αφού θεωρήθηκε ότι θα ήταν σημαντικό η απόσταση του δικύκλου αντικειμένου να εξεταστεί ως συνάρτηση των δύο αποστάσεων που μετρήθηκαν και όχι μεμονωμένα.
- Opening: Ορίζεται το «άνοιγμα» που έχει ο αναβάτης για να προσπεράσει το μπροστινό όχημα. Η μαθηματική σχέση που την ορίζει είναι $Opening=(d_2^2+d_3^2)^{0.5}$. Δημιουργήθηκε αφού θεωρήθηκε ότι θα ήταν σημαντικό εξεταστούν οι δύο αποστάσεις ως μία μεταβλητή. Επίσης, πολλές φορές μία από τις δύο αποστάσεις μετρούνταν ως μηδενική, είτε γιατί το όχημα 3 ήταν στην ίδια λωρίδα με το 1, είτε επειδή σε κάποιες από τις περιπτώσεις δεν υπήρχε το όχημα 3 στην οδό. Για να μην υπάρχουν μηδενικές τιμές της μεταβλητής Opening, όταν και $d_2=d_3=0$, αντικαταστάθηκαν όλες οι μηδενικές τιμές της με την τιμή 100m, δηλαδή μεγάλη απόσταση που μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν υπήρχε όχημα που να επηρεάζει το δίκυκλο αντικείμενο.

4.4 Μεθοδολογία ανάλυσης των στατιστικών δεδομένων

4.4.1 Λογιστική Παλινδρόμηση

Για την ανάλυση των στατιστικών δεδομένων που συλλέχθηκαν ακολουθήθηκε το μοντέλο της Λογιστικής Παλινδρόμησης. Η Λογιστική Παλινδρόμηση είναι μία τεχνική σχεδιασμένη για την πραγματοποίηση ανάλυσης δεδομένων που αφορούν την μελέτη και την πρόβλεψη τιμών κάποιας κατηγορικής εξαρτημένης μεταβλητής και χρησιμοποιεί ποσοτικές και ποιοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές.

Δεδομένου ότι η εξαρτημένη μεταβλητή είναι κατηγορική εξαρτημένη μεταβλητή δεν μπορούμε να προβλέψουμε μια αριθμητική τιμή για την χρήση της Λογιστικής Παλινδρόμησης. Αντ' αυτού, χρησιμοποιεί τη διωνυμική θεωρία πιθανοτήτων στην οποία υπάρχουν μόνο δύο τιμές για την πρόβλεψη· ότι η πιθανότητα είναι 1 αντί για 0, δηλαδή το γεγονός/άτομο ανήκει σε μια ομάδα και όχι το άλλο. Στην προκειμένη περίπτωση, 1 όταν το δίκυκλο προσπερνάει το όχημα και 0 όταν δεν συμβαίνει αυτό. Η Λογιστική Παλινδρόμηση δημιουργεί μια βελτιστοποιημένη εξίσωση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της μεγιστοποιημένης πιθανότητας, η οποία μεγιστοποιεί την πιθανότητα κατάταξης των παρατηρήσεων στην κατάλληλη κατηγορία δεδομένου των συντελεστών παλινδρόμησης.

Χαρακτηριστικό της Λογιστικής Παλινδρόμησης είναι ότι για τη σωστή εφαρμογή της απαιτείται μεγάλο δείγμα προκειμένου να παραγεί αξιόπιστο αποτέλεσμα. Ένας εμπειρικός κανόνας αναφέρει ότι το δείγμα θα πρέπει να είναι 30 φορές μεγαλύτερο από τον αριθμό των παραμέτρων που εκτιμά των μοντέλο.

4.4.2 Εξίσωση της Λογιστικής Παλινδρόμησης

Η έκφραση της εξίσωσης της Λογιστικής Παλινδρόμησης που είναι πιο διαδεδομένη είναι:

$$\ln(\text{odds}) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (1)$$

Το αριστερό μέλος της εξίσωσης περιέχει τις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής με την μορφή του λογαρίθμου των odd δηλαδή, του λογαρίθμου της σχέσης:

$$\text{odds} = \frac{\text{Πιθανότητα}}{(1 - \text{Πιθανότητα})} \leftrightarrow \text{Πιθανότητα} = \frac{\text{odds}}{(1 + \text{odds})} \quad (2)$$

Το δεξί μέλος της εξίσωσης περιέχει ένα γραμμικό συνδυασμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που συμμετέχουν στο μοντέλο της παλινδρόμησης. Η τιμή των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι αυτή που κάνει τις παρατηρηθείσες τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής πιο πιθανές, βάση του σετ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

4.4.2 Έλεγχος ικανοποίησης υποθέσεων πριν τη Λογιστική Παλινδρόμηση

Πριν την διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου της Λογιστικής παλινδρόμησης θα πρέπει να ελέγχουμε ότι:

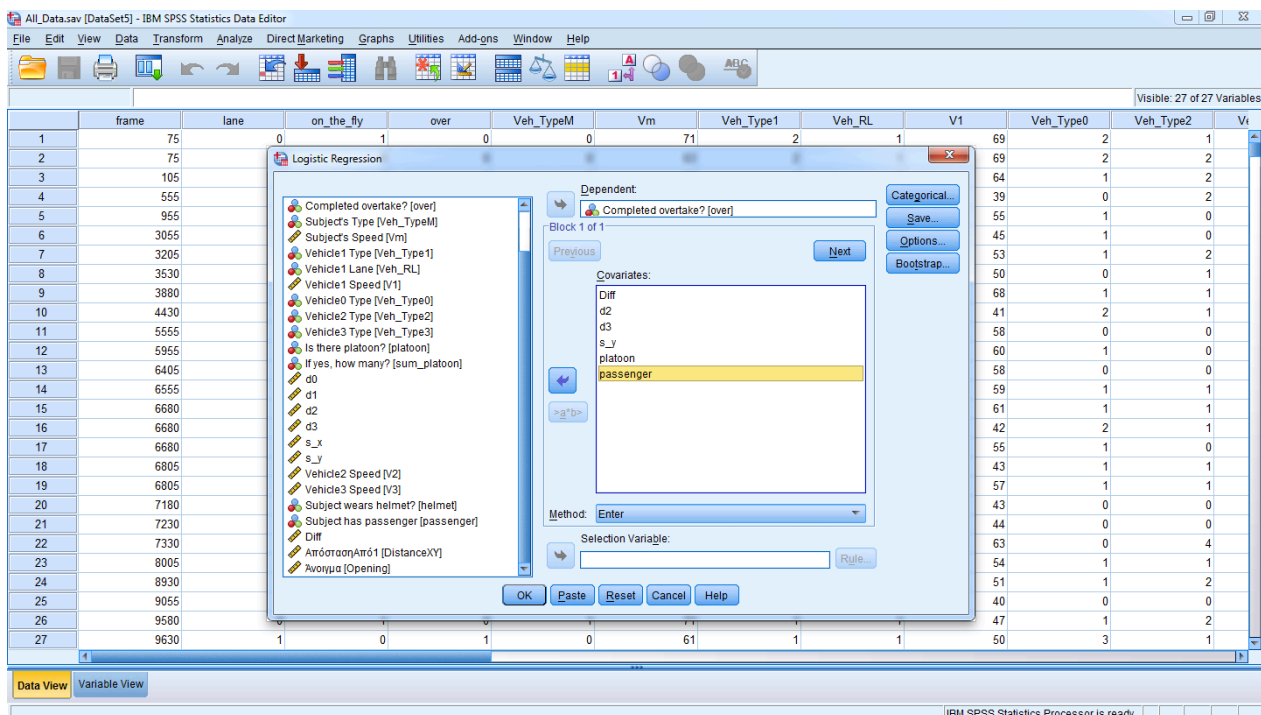
- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι ή ποσοτικές ή ποιοτικές (οι οποίες σε ένα επόμενο στάδιο θα μετατραπούν σε ψευδομεταβλητές).
- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές θα πρέπει να συσχετίζονται με την εξαρτημένη μεταβλητή και μάλιστα οι συνεχείς μεταβλητές θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους γραμμικά.

Στην πραγματικότητα η Λογιστική Παλινδρόμηση ακολουθεί τη λογική της Γραμμικής Παλινδρόμησης. Δηλαδή, για βέλτιστα αποτελέσματα, θα πρέπει οι ανεξάρτητες μεταβλητές να συνδέονται ισχυρά με την εξαρτημένη μεταβλητή και οι ανεξάρτητες μεταβλητές να είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους.

4.4.3 Προσδιορισμός του Μοντέλου Λογιστικής Παλινδρόμησης

Τα μοντέλα αναπτύσσονται στο λογισμικό SPSS.

Για την εφαρμογή της η Λογιστική Παλινδρόμηση απαιτεί κατηγορική εξαρτημένη μεταβλητή και κατηγορικές ή ποσοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές. Οι κατηγορικές μεταβλητές προκειμένου να εισαχθούν στο μοντέλο, πρέπει να μετασχηματισθούν σε ψευδομεταβλητές (dummy variables). Για την δημιουργία των ψευδομεταβλητών θα πρέπει μετά τον ορισμό όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών να προσδιορίσουν εκείνες που είναι κατηγορικές και για τις οποίες θα πρέπει να δημιουργηθούν ψευδομεταβλητές.



Εικόνα 16: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία προδιορισμού του μοντέλου Λογιστικής Παλινδρόμησης στο λογισμικό SPSS

4.4.4 Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Αρχικά, ελέγχεται ότι το μοντέλο της Παλινδρόμησης έχει δημιουργηθεί στο σύνολο των εγγραφών του αρχείου, δηλαδή το 100% των παρατηρήσεων. Αυτό γιατί πολλές φορές στη Λογιστική Παλινδρόμηση κρίνεται χρήσιμη η δημιουργία του μοντέλου πρόβλεψης σε ένα υποσύνολο του δείγματος και η επιβεβαίωσή της «καλής προσαρμογής» στο υπόλοιπο δείγμα.

Για την περιγραφή του μοντέλου θα παρουσιαστούν:

- Η **στήλη B** του πίνακα αναγράφει τις τιμές των συντελεστών των ανεξάρτητων μεταβλητών που συνδέονται στατιστικά σημαντικά με το εξαρτημένο μέγεθος.
- Η **στήλη SE** αναγράφει την Τιμή του τυπικού σφάλματος της εκτίμησης της τιμής του κάθε συντελεστή.
- Η **στήλη Wald** αναγράφει τις τιμές της στατιστικής συνάρτησης Wald βάσει της οποίας γίνεται ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας των συντελεστών βάση της χ^2 κατανομής.
- Η **στήλη sig.** αποδεικνύει την στατιστική σημαντικότητα των μεταβλητών που συμμετέχουν στον μοντέλο της παλινδρόμησης. Οι μεταβλητές με τιμές $\text{sig.} < 0,05$ είναι στατιστικά σημαντικές.

- Η **στήλη $\text{Exp}(B)$** αναγράφει το βαθμό τον οποίο, αν αυξηθεί η συγκεκριμένη μεταβλητή κατά μία μονάδα, επηρεάζεται την τιμή της αναλογίας πιθανοτήτων. Αυτό σημαίνει ότι όταν το $\text{Exp}(B) > 1$ τότε θα πρέπει να περιμένουμε μια αύξηση στην αναλογία πιθανοτήτων, ενώ όταν $\text{Exp}(B) < 1$ τότε μείωση.

4.5 Στατιστικές Αναλύσεις

Ο τρόπος με τον οποίο χειρίζονται οι μεταβλητές καθώς επιλέγονται για τη δημιουργία του μοντέλου είναι ο εξής:

1. Αρχικά διαπιστώνονται οι μεταβλητές που έχουν την υψηλότερη συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή *over*. Μεταβλητές όπως *Diff*, *Vm*, *s_y*, *DistanceXY*, *V1*, *Opening* και *Lane* έχουν τις υψηλότερες συσχετίσεις όπως αναμενόταν από τις παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.
2. Σε κάθε στατιστική ανάλυση επιλέγεται η μετρική μεταβλητή με υψηλή συσχέτιση (Βήμα 1) στην οποία θα δινόταν ένα εύρος τιμών που προέκυπτε μέσα από τις παρατηρήσεις. Έπειτα, με την εις άτοπο απαγωγή, λαμβάνοντας υπόψη κάθε φορά τη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, αφαιρούνταν εκείνες ώστε το τελικό σύνολο μεταβλητών να μην είναι συσχετισμένο μεταξύ τους.
3. Αφού γίνει εισαγωγή των μεταβλητών στο μοντέλο, γίνονται οι κατάλληλοι έλεγχοι και δοκιμές για να διαπιστωθεί ότι το ποσοστό επιτυχίας του μοντέλου είναι όντως το υψηλότερο δυνατόν έχοντας επιλέξει τη συγκεκριμένη μετρική μεταβλητή από το Βήμα 2. Επίσης, γίνεται έλεγχος για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου.
4. Γίνεται επεξεργασία του μοντέλου σε λογιστικό φύλλο και δημιουργία των κατάλληλων διαγραμμάτων που αποδεικνύουν τη σημαντικότητα του κάθε παράγοντα.
5. Επεξήγηση των αποτελεσμάτων και σχολιασμός χαρακτηριστικών τιμών και διαγραμμάτων.

4.5.1 Πίνακες Συσχέτισης για το Σύνολο των Μετρήσεων

Αρχικά παρουσιάζονται οι πίνακες συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία των μοντέλων. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο θα πρέπει οι ανεξάρτητες μεταβλητές να μην είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Οι παρακάτω πίνακες είναι συμμετρικοί ως προς τις διαγώνιές τους (γκρι στοιχεία) ενώ με κόκκινο σημειώνονται οι συσχετισμένες μεταξύ τους μεταβλητές.

Αυτό που παρατηρείται με μια πρώτη ανάλυση των πινάκων συσχετίσεων είναι ότι τις μεγαλύτερες συσχετίσεις παρουσιάζουν οι ίδιες μεταβλητές, αλλάζοντας κάθε φορά την τιμή της μεταξύ τους συσχέτισης κάθε φορά. Συγκεκριμένα, και στις 5 περιπτώσεις υψηλότερη συσχέτιση παρουσιάζεται με τη μεταβλητή Diff. Ως δεύτερη υψηλότερη είναι η μεταβλητή Vm, εκτός από τα δίκυκλα μικρού κυβισμού που είναι η DistanceXY.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι λόγω των ιδιομορφιών που παρουσιάζει η κίνηση των μικρών δίκυκλων (ελιγμοί, επιτάχυνση κτλ) σε σχέση με τις μοτοσυκλέτες, αλλά και της αίσθησης ασφάλειας που έχει ο αναβάτης, είναι σημαντικότεροι παράγοντες του περιβάλλοντος της μηχανής παρά τα χαρακτηριστικά κίνησης της ίδιας, αφού και η V1 παρουσιάζει μεγαλύτερη συσχέτιση από τη Vm.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η μεταβλητή V1 στον πίνακα συσχετίσεων δίκυκλων μεγάλου κυβισμού είναι χαμηλότερα σε συσχέτιση σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες. Αυτό συμβαίνει διότι οι μοτοσυκλέτες μεγάλου κυβισμού έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες και μεγάλες επιταχύνσεις, ενώ παρουσιάζουν και σχετική ευκολία στην εκτέλεση ελιγμών σε σχέση με αυτοκίνητα ή φορτηγά.

Τέλος, όπως η μόνη περίπτωση παρουσιάζεται υψηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή s_x είναι οι περιπτώσεις προσπέρασης Lane Changing. Σε αυτές ο μοτοσυκλετιστής πρέπει να εκτελέσει πλάγιο ελιγμό για να βρεθεί σε θέση να προσπεράσει το όχημα που κινείται μπροστά του, πράγμα που επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη σχετική θέση των δύο οχημάτων και δη την κάθετη απόστασή τους.

Πίνακας 3: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για το σύνολο των μετρήσεων

	Lane of Subject	Is it on the fly?	Completed overtake?	Subject's Type	Subject's Speed	Vehicle1 Type	Vehicle1 Lane	Vehicle1 Speed	Vehicle1 Type	Vehicle0 Type	Vehicle0 Speed	Vehicle0 Type	Vehicle2 Type	Vehicle2 Speed	Vehicle2 Type	Vehicle3 Type	Is there a platform?	If yes, how many?	d0	d1	d2	d3	s_x	s_y	Vehicle2 Speed	Vehicle3 Speed	Subject wears helmet?	Subject has passenger	Diff	DistanceXY	Opening				
Lane of Subject	1																																		
Is it on the fly?	-.262**	1																																	
Completed overtake?	-.174**	0.007	1																																
Subject's Type	-.154**	0.034	.133**	1																															
Subject's Speed	-.249**	.146**	.397**	.297**	1																														
Vehicle1 Type	-.130**	0.063	0.005	0.029	0.014	1																													
Vehicle1 Lane	-.085*	.110**	.158**	-.014	-.014	.287**	1																												
Vehicle1 Speed	-.025	.102**	-.265**	.085*	.387**	-.077*	-.276**	1																											
Vehicle1 Type	0.005	0.004	-.036	-.004	-.095**	.035	-.084*	-.075*	1																										
Vehicle2 Type	0.039	-.216**	-.058	0.008	-.086**	-.028	-.037	-.003	.119**	1																									
Vehicle2 Speed	-.043	0.025	-.082*	-.041	-.044	-.085*	-.146**	0.037	.113**	.111**	1																								
Vehicle2 Type	-.033	0.037	-.054	0.002	-.076*	0.058	0.03	-.080*	.107**	.113**	0.029	1																							
Vehicle3 Type	.092**	-.135**	-.074*	0.003	-.102**	-.094	0.03	-.008	.539**	.182**	0.029	0.005	.955**	1																					
Vehicle3 Speed	0.064	-.133**	-.052	-.021	-.130**	-.013	0.016	-.053	.157**	.534**	0.036	0.058	.073*	0.006	0.014	1																			
Vehicle3 Type	0.001	.124**	.095**	-.023	0.066	-.024	-.017	0.013	0.041	-.039	.346**	-.028	-.027	-.021	.361**	1																			
Vehicle3 Speed	.079*	.210**	-.079*	-.073*	-.151**	-.003	0.052	-.084*	.092**	.166**	.389**	0.047	0.041	.071*	.281**	.131**	1																		
Vehicle3 Type	-.142**	.378**	.067	.088*	-.137**	-.024	-.058	0.042	0.019	-.128**	-.043	-.016	-.041	-.045	-.071*	-.071*	1																		
Vehicle2 Speed	0.06	-.165**	-.352**	0.013	-.026	-.016	0.037	-.107**	-.100**	0.118	0.046	0.038	0.028	.091**	0.066	-.014	-.021	1																	
Vehicle3 Speed	.081*	-.310**	-.067	-.016	-.108**	0.025	-.135**	-.035	.140**	.734**	0.074*	0.025	0.025	.187**	.638**	-.041	.198**	-.160**	1																
Vehicle3 Type	-.059	0.064	.135**	.076*	-.123**	-.003	-.027	0.013	0.031	-.119**	-.135**	0.017	0.012	0.067	.368**	.393**	.562**	-.067	-.007	1															
Subject wears helmet?	0.025	-.031	-.086*	0.043	-.053	-.028	-.004	0.016	.184**	0.027	0.006	-.016	-.022	0.055	0	-.002	0.034	-.054	0.034	-.059	1														
Subject has passenger	-.230**	-.088*	.602**	.233**	.707**	.088*	.197**	-.378**	-.038	-.084*	-.073*	-.001	-.018	-.096**	-.090**	0.056	-.087**	-.105**	-.108**	0.014	0.039	0.011	-.097**	1											
Diff	0.03	-.084*	-.326**	0.039	-.001	-.032	0.028	.113**	-.088*	-.095	0.029	0.026	0.019	.080**	0.06	-.015	-.035	.229**	.926**	0.021	-.022	-.052	-.065	0.013	1										
Opening	-.106**	.297**	.176**	0.03	.251**	0.051	0.019	.108**	-.097**	-.188**	-.093**	-.013	-.016	-.089**	-.269**	0.034	-.602**	.113**	-.037	-.217**	-.762**	0.056	0.013	-.169**	0.013	1									

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 4: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για τα δίκυκλα μικρού κυβισμού

	Lane of Subject	Is it on the fly?	Completed overtake?	Subject's Speed	Vehicle1 Type	Vehicle1 Lane	Vehicle1 Speed	Vehicle1 Type	Vehicle0 Type	Vehicle2 Type	Vehicle3 Type	Is there a platoon?	If yes, how many?	d0	d1	d2	d3	s_x	s_y	Vehicle2 Speed	Vehicle3 Speed	Subject wears helmet?	Subject has passenger	Diff	DistanceXY	Opening
Lane of Subject	1																									
Is it on the fly?	-.294**	1																								
Completed overtake?	-.156**	-0.039	1																							
Subject's Speed	-.244**	.159**	.320**	1																						
Vehicle1 Type	-.117**	0.032	0.046	-0.007	1																					
Vehicle1 Lane	-0.055	-.181**	.145**	-.099*	.287**	1																				
Vehicle1 Speed	-0.013	.138**	-.355**	.421**	-.109*	-.330**	1																			
Vehicle0 Type	0.03	0.002	0.008	-.123**	0.041	-.128**	-.128**	1																		
Vehicle2 Type	0.073	-.229**	-0.025	-.099*	-0.033	0.006	-0.011	-.188**	0.062	-.106*	1															
Vehicle3 Type	0.01	-0.025	-0.07	-0.015	-.128**	-.183**	0.066	-.116**	.099*	-0.022	-0.02	1														
Is there platoon?	-0.037	0.025	-0.033	-.117**	0.043	0.046	-.118**	.097*	-0.017	-0.001	-.966**	1														
If yes, how many?	-0.034	0.029	-0.039	-.126**	0.059	0.049	-.118**	.097*	-0.017	-0.001	-.966**	0.059	1													
d0	.117**	-.126**	-0.08	-.157**	-0.02	-0.012	-0.074	.499**	.204**	0.021	0.021	0.059	0.076	1												
d1	0.059	-.159**	-0.001	-.132**	-0.036	0.042	-0.069	.171**	.537**	.263**	0.021	0.025	.155**	.155**	1											
d2	-0.019	.107*	.099*	0.047	-0.01	-0.04	-0.013	-0.006	-0.038	.341**	-0.051	-0.048	-.372**	.372**	-.048	1										
d3	-.108*	-.188**	-.088*	-.106*	0.021	0.062	-0.045	0.074	.147**	.410**	0.035	0.032	.258**	.128**	.128**	-.142**	1									
s_x	-.203**	.713**	0.01	.244**	-0.017	-.276**	.167**	0.025	-.234**	-.004	-0.006	0.005	-0.082	-.138**	.114**	-.142**	1									
s_y	0.063	-.166**	-.380**	-0.021	-0.022	0.012	.143**	-0.067	0.031	0.01	0.067	0.063	.124**	.054	-0.055	0.007	-.279**	1								
Vehicle2 Speed	.126**	-.339**	-0.032	-.170**	0.034	.215**	-.104*	.181**	.720**	0.049	0.026	0.029	.201**	.646**	-0.053	.181**	0.072	-.337**	1							
Vehicle3 Speed	0.027	-.121**	-.098*	-0.041	-0.008	0.051	0.018	.126**	.126**	.532**	0	0.001	0.039	.359**	.388**	.582**	-.086*	-.086*	-.086*	1						
Subject wears helmet?	-0.049	0.046	.116**	0.082	0.043	-0.006	-0.012	0.024	-0.049	0.013	0.066	0.054	0.014	0.004	0.031	-0.005	0.024	-0.027	0.008	-0.041	1					
Subject has passenger	0.012	-0.04	-.098*	-0.065	-0.021	-0.009	-0.004	.092*	0.03	-0.019	0.024	0.014	0.048	-0.02	-0.026	-0.032	-0.051	0.047	0.04	0	-.109*	1				
Diff	-.230**	0.038	.622**	.625**	.087*	.186**	-.444**	-0.011	-.088*	-0.071	-0.016	-0.023	-.091*	-0.07	0.058	-0.065	.098*	-.144**	-0.078	-0.057	-.091*	-0.061	1			
DistanceXY	0.055	-.108*	-.399**	-0.006	-0.031	-0.021	.173**	-0.065	0.015	0.01	0.064	0.061	.121**	0.041	-0.047	-0.012	-.197**	.994**	0.043	-0.025	-0.032	0.043	-.156**	1		
Opening	-0.081	.230**	.164**	.150**	0.013	-0.036	0.029	-.105*	-.173**	-.267**	-0.006	-0.016	-0.085	-0.066	-.404**	-.440**	-.206**	0.001	-0.001	-.217**	-.477**	0.034	0.004	-.123**	0.021	

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 5: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού

		Correlations																											
Lane of Subject		Lane of Subject	Is it on the fly?	Completed overtake?	Subject's Speed	Vehicle1 Type	Vehicle1 Lane	Vehicle1 Speed	Vehicle1 Type	Vehicle0 Type	Vehicle2 Type	Vehicle3 Type	Is there a platoon?	If yes, how many?	d0	d1	d2	d3	s_x	s_y	Vehicle2 Speed	Vehicle3 Speed	Subject wears helmet?	Subject has passenger	Diff	DistanceXY	Opening		
1	1																												
-2.05**	1																												
-1.58**	0.74																												
-1.83**	.124*	.468**	1																										
-1.53**	0.105	.489**	0.07	1																									
-1.39*	0.004	.489**	0.097	.288**	1																								
-0.012	0.041	.461**	.337**	.196**	.034	1																							
-0.05	0.01	.099	.046	.027	.123*	.009	.007	.045	1																				
-0.089	-0.101	-.091	-.058	-.021	-.09	0.003	-.013	.120*	1																				
-0.054	0.025	-.068	-.001	.062	.027	-.029	.121*	.092	.032	1																			
-0.033	0.049	-.081	-.026	.055	.001	-.016	.136*	.099	.013	.940**	1																		
0.058	-.150**	-.068	-.05	-.053	-.031	.087	.603**	.148**	.059	.057	.07	1																	
0.065	-.089	-.132*	.130**	.02	-.026	.026	.134*	.150**	.252**	.017	-.002	.247**	1																
0.022	.153**	.098	.110*	-.094	.017	.054	.109*	-.04	.353**	.007	.003	.344**	.133*	1															
0.006	-.242**	-.099	-.177**	-.04	.035	-.128*	.114*	.198**	.350**	.066	.057	.139*	.317**	.133*	1														
-.123*	.288**	.097	.078	-.032	.043	-.023	.027	-.104	-.067	-.025	-.019	-.037	-.008	-.007	-.039	1													
0.063	.166**	-.318**	-.044	-.007	.076	.051	-.151**	-.003	.105	-.009	-.024	.039	.086	.049	-.066	.223**	1												
0.008	-.264**	-.122*	-.037	.012	.013	.068	.076	.756**	.112*	.024	.02	.165**	.625**	-.024	.223**	-.003	.016	1											
.116*	-.152**	-.120*	-.194**	-.045	.045	-.04	.105	.150**	.591**	.042	.027	.109*	.382**	.400**	.532**	.168**	.012	.168**	1										
-0.048	.094	.151**	-.075	-.039	.004	.034	.128*	.023	-.022	-.153**	-.03	.066	-.001	.046	-.143**	.041	-.129*	.005	-.056	1									
0.06	-.022	-.085	-.073	.099	.234**	-.377**	-.062	-.089	-.059	.019	-.015	-.111*	-.110*	.071	-.083	.093	-.008	-.084	-.163**	.028	1								
-1.72**	0.093	.574**	.744**	.093	.234**	-.377**	-.062	-.089	-.059	.019	-.015	-.111*	-.110*	.071	-.083	.093	-.008	-.084	-.163**	.028	-.091	1							
0.01	-.055	-.244**	-.02	-.033	.097	.003	-.117*	-.032	.059	-.026	-.036	.025	.087	0.028	-.062	.446**	.841**	-.006	-.015	-.01	-.027	-.041	1						
-.126*	.321**	.248**	.371**	.046	.077	.164**	.0013	-.198**	-.298**	-.016	-.012	-.096	-.113*	.475**	-.481**	.084	.059	-.197**	-.509**	-.130*	.015	.248**	.073	1					

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 6: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για προσπεράσεις με Ελεύθερη Λωρίδα (On The Fly)

Lane of Subject	Correlations														DistanceXY	Opening											
	Lane of Subject	Completed overtake?	Subject's Type	Subject's Speed	Vehicle1 Type	Vehicle1 Lane	Vehicle1 Speed	Vehicle1 Type	Vehicle2 Type	Vehicle3 Type	Is there a platform?	If yes, how many?	d0	d1			d2	d3	s_x	s_y	Vehicle2 Speed	Vehicle3 Speed	Subject wears helmet?	Subject has passenger	Diff		
	1																										
Completed overtake?		1																									
Subject's Type			1																								
Subject's Speed				1																							
Vehicle1 Type					1																						
Vehicle1 Lane						1																					
Vehicle1 Speed							1																				
Vehicle2 Type								1																			
Vehicle3 Type									1																		
Is there a platform?										1																	
If yes, how many?											1																
d0												1															
d1													1														
d2														1													
d3															1												
s_x																1											
s_y																	1										
Vehicle2 Speed																		1									
Vehicle3 Speed																			1								
Subject wears helmet?																				1							
Subject has passenger																					1						
Diff																						1					
DistanceXY																							1				
Opening																								1			

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Πίνακας 7: Πίνακας συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών για προσπεράσεις με Αλλαγή Λωρίδας (Lane Changing)

		Correlations																										
		Lane of Subject	Completed overtake?	Subject's Type	Subject's Speed	Vehicle1 Type	Vehicle1 Lane	Vehicle1 Speed	Vehicle0 Type	Vehicle2 Type	Vehicle3 Type	Is there a platoon?	If yes, how many?	d0	d1	d2	d3	s_x	s_y	Vehicle2 Speed	Vehicle3 Speed	Subject wears helmet?	Subject has passenger	Diff	DistanceXY	Opening		
Lane of Subject		1																										
Completed overtake?		-0.082	1																									
Subject's Type		-2.00**	0.073	1																								
Subject's Speed		-2.54**	.462**	.299**	1																							
Vehicle1 Type		.148**	-0.049	-0.042	-0.034	1																						
Vehicle1 Lane		.714**	0.008	-.113*	-.188**	.237**	1																					
Vehicle1 Speed		-2.56**	-1.77**	.134**	.505**	-0.052	-2.92**	1																				
Vehicle0 Type		0.055	0.05	-0.044	-0.092	0.034	0.074	-.113*	1																			
Vehicle2 Type		-0.067	-0.043	0	-0.096	-0.055	0.007	.107*	0.008	0.023	1																	
Vehicle3 Type		-0.073	-0.069	0.002	-0.03	-0.043	-.158**	0.041	0.008	0.023	0.008	0.023	1															
Is there a platoon?		-0.024	-.100*	-0.003	-0.058	-0.018	0.005	0.032	0.085	-0.011	-0.048	0.085	-0.011	-0.048	.982**	1												
If yes, how many?		-0.014	-.108*	-0.012	-0.07	-0.012	0.008	0.032	.101*	-0.02	-0.049	.982**	0.023	0.016	0.023	0.016	1											
d0		0.02	-0.052	0.021	-0.08	-0.044	-0.048	-0.043	.535**	.162**	0.083	0.016	0.023	0.016	.193**	0.023	0.016	1										
d1		.101*	-0.019	-0.058	-0.077	-0.044	0.059	-0.09	.127*	-.347**	.204**	-0.036	-0.046	-0.077	0	.530**	0	.214**	0.049	1								
d2		0.062	.110*	-0.062	0.016	0.034	0.048	-0.058	0.017	-0.041	.212**	-0.07	-0.033	-0.005	.214**	.109**	0.049	0.049	1									
d3		0.061	-0.029	-0.042	-0.084	0.046	0.028	-.115*	0.05	0.061	.328**	-0.034	-0.033	-0.005	.214**	.109**	0.049	0.049	0.049	1								
s_x		-2.50**	.255**	0.096	.232**	0.031	-.118*	0.041	0.026	-0.098	-0.002	0.077	0.084	-0.001	-0.028	-0.013	.109**	0.049	0.049	0.049	1							
s_y		0.076	-3.72**	0.018	-0.075	-0.04	0.02	.119*	-0.053	0.057	0.004	0.043	0.04	.105*	.121*	0.029	-.149**	-.373**	0.029	0.029	0.029	1						
Vehicle2 Speed		.115*	-0.062	-0.048	-0.009	-0.032	.151**	-0.008	.161**	.605**	-0.014	0.022	0.018	.174**	.492**	0.035	0.06	-.119*	.113*	0.06	0.06	0.06	1					
Vehicle3 Speed		-1.06*	-0.071	-0.005	-0.033	0.014	0.085	-0.037	0.029	0.023	.479**	-0.011	-0.015	0.008	.360**	.275**	.515**	0.017	-0.087	0.06	0.06	0.06	0.06	1				
Subject wears helmet?		-0.063	.191**	0.053	.116*	-0.005	-0.082	-0.013	0.028	-0.046	-0.085	0.015	0.001	0.07	0.038	0.021	-0.051	.106*	-.106*	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	1			
Subject has passenger		0.008	-0.152**	0.031	-.128*	-0.013	-0.01	-0.025	.134**	0.017	0.049	0.022	0.014	0.083	-0.054	-0.022	-0.034	-0.063	0.04	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	1		
Diff		-0.066	.663**	.219**	.684**	0.006	0.038	-.384**	-0.007	-0.006	-0.068	-0.092	-.105*	-0.052	-0.009	0.067	0.005	.224**	-.184**	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	1	
DistanceXY		0.069	-.377**	0.02	-0.074	-0.038	0.016	-.126*	-0.053	0.051	0.004	0.043	0.042	.106*	.115*	0.028	-.150**	-.340**	.999**	.106*	-0.088	-0.088	-0.088	-0.088	-0.088	-0.088	1	
Opening		0.027	.137**	-0.047	.118*	0.053	0.036	0.075	-0.011	-0.062	-.277**	-0.015	-0.017	-0.018	.121*	.582**	-.449**	-0.031	.153**	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4.5.2 Στατιστικές Αναλύσεις για το Σύνολο των Μετρήσεων

1η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε τη μεταβλητή **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τη μεταβλητή **Diff** (διαφορά ταχύτητας), τις αποστάσεις **s_y**, **Opening**, **passenger** (αν υπάρχει επιβάτης στο δίκυκλο) και **platoon** (ύπαρξη φάλαγγας ή όχι). Ο Πίνακας 8 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 8: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	260	64	80,2
	Ολοκληρώθηκε	45	481	91,4
Συνολικό Ποσοστό				87,2

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **87,2%** δηλαδή το 87,2% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

· Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $481/(45+481)= 91,4\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

· Το Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $260/(260+64)= 80,2\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

· Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $64/(64+481)= 11,7\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

· Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $45/(260+45)= 14,8\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=590,241**>>0.

Έπειτα έχοντας τον πίνακα 9 δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 9: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Diff	0,214	0,016	177,698	1	0,000	1,238
s_y	-0,268	0,031	74,989	1	0,000	0,765
passenger	-0,645	0,628	1,057	1	0,304	0,524
platoon	-0,154	0,334	0,213	1	0,645	0,857
Opening	0,030	0,006	24,168	1	0,000	1,030
Σταθερά	-1,112	0,275	16,404	1	0,000	0,329

$$\text{odds} = e^{(-1,112 + 0,214 \cdot \text{Diff} - 0,268 \cdot s_y - 0,645 \cdot \text{passenger} - 0,154 \cdot \text{platoon} + 0,030 \cdot \text{Opening})}$$

Η μεταβλητή Diff παίρνει τιμές από -40 μέχρι +60 km/h. Οι υπόλοιπες μετρικές μεταβλητές (δηλαδή Opening και s_y) θα πάρουν τις ακραίες τιμές τους και τη μέση, αναλόγως κάθε φορά το πρόσημο του συντελεστή B.

Η μεταβλητή platoon παίρνει την τιμή 1 αν υπάρχει φάλαγγα ενώ παίρνει την τιμή 0 αν όχι. Αναλόγως και η passenger, αν υπάρχει ή όχι δεύτερος επιβάτης στο δίκυκλο.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.4.2 η σχέση που συνδέει τις εξαρτημένες μεταβλητές που προκύπτουν από το μοντέλο της Λογιστικής Παλινδρόμησης με την πιθανότητα P είναι:

$$P = \text{odds} / (1 + \text{odds})$$

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για τις τρεις διαφορετικές καμπύλες προκύπτει το διάγραμμα P-Diff.

Η γραμμή 1 και γραμμή 3 αποτελούν μια περιβάλλουσα του συγκεκριμένου μοντέλου. Λόγω του μεγάλου αριθμού συνδυασμών που μπορούν να παρουσιαστούν, παρουσιάζονται οι δύο ακραίες γραφικές παραστάσεις, έχοντας δηλαδή τιμή 1 σε όσους συντελεστές έχουν θετικό πρόσημο και 0 σε όσους έχουν αρνητικό για την γραμμή 1 και το αντίστροφο για τη γραμμή 3. Η γραμμή 2 αποτελεί μία ενδιάμεση περίπτωση, με τις μέσες τιμές στις μετρικές μεταβλητές και εκείνες που εμφάνιζαν τη μεγαλύτερη συχνότητα στις κατηγορικές.

Πίνακας 10: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Diff (km/h)	B1	0,214	0	0	0
s_y (m)	B2	-0,268	0	6,34	10
passenger	B3	-0,645	0	0	1
platoon	B4	-0,154	0	0	1
Opening (m)	B5	0,030	40	20	0
Σταθερά	-	-1,112		-	

Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα, οι δύο σημαντικότεροι στατιστικά παράγοντες, πέραν της μεταβλητής Diff, που επηρεάζουν την απόφαση του δικυκλιστή είναι οι μεταβλητές s_y, Opening.

Η ύπαρξη επιβάτη παίζει επίσης πολύ σημαντικό ρόλο, αφού ο δικυκλιστής θα πρέπει να έχει αναπτύξει από πιο πριν μεγάλη διαφορά ταχύτητας για να ολοκληρώσει μια προσπέραση.

Παρατηρείται ότι αν ο δικυκλιστής έχει «ανοιχτό πεδίο» για προσπέραση, δηλαδή όταν δεν υπάρχει προπορευόμενο όχημα ή ότι αυτό είναι σε μεγάλη απόσταση, ευνοούνται φαινόμενα προσπέρασης ακόμη και αν αρχικά έχει μικρότερη ταχύτητα από το όχημα που προσπερνάται, δηλαδή το δίκυκλο θα πρέπει να επιταχύνει για να το προσπεράσει. Συγκεκριμένα, όταν αυξάνεται κατά 1 μέτρο η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα, η αναλογία πιθανοτήτων αυξάνεται κατά 1,030 φορές.

Επιπλέον, όσο αυξάνεται η οριζόντια απόσταση από το όχημα που προσπερνάται τόσο μειώνεται η πιθανότητα προσπέρασης. Αυτό διότι ο δικυκλιστής θα πρέπει να επιταχύνει απότομα και για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για να είσαι σε θέση να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημα, ενώ όταν αυτό γίνει ίσως οι συνθήκες που επικρατούν μπροστά να έχουν μεταβληθεί και να μην ευνοούν την προσπέραση. Συγκεκριμένα, όταν αυξάνεται κατά 1 μέτρο η απόσταση s_y, τότε η αναλογία πιθανοτήτων μειώνεται κατά 0,765 φορές.

Η ύπαρξη φάλαγγας μειώνει την πιθανότητα προσπέρασης, αφού η αύξηση της πυκνότητας δυσκολεύει τους ελιγμούς του δίκυκλου, όχι όμως σε τόσο μεγάλο βαθμό όσο οι υπόλοιποι παράγοντες αφού όπως φαίνεται και από τον πίνακα είναι ο λιγότερο στατιστικά σημαντικός.

Τα ίδια συμπεράσματα μπορούν να παρουσιαστούν και στο παρακάτω διάγραμμα όπου αντί να μεταβάλλονται (άξονας τετμημένων) οι τιμές της μεταβλητής **Diff**, μεταβάλλονται οι τιμές της μεταβλητής **s_y**.

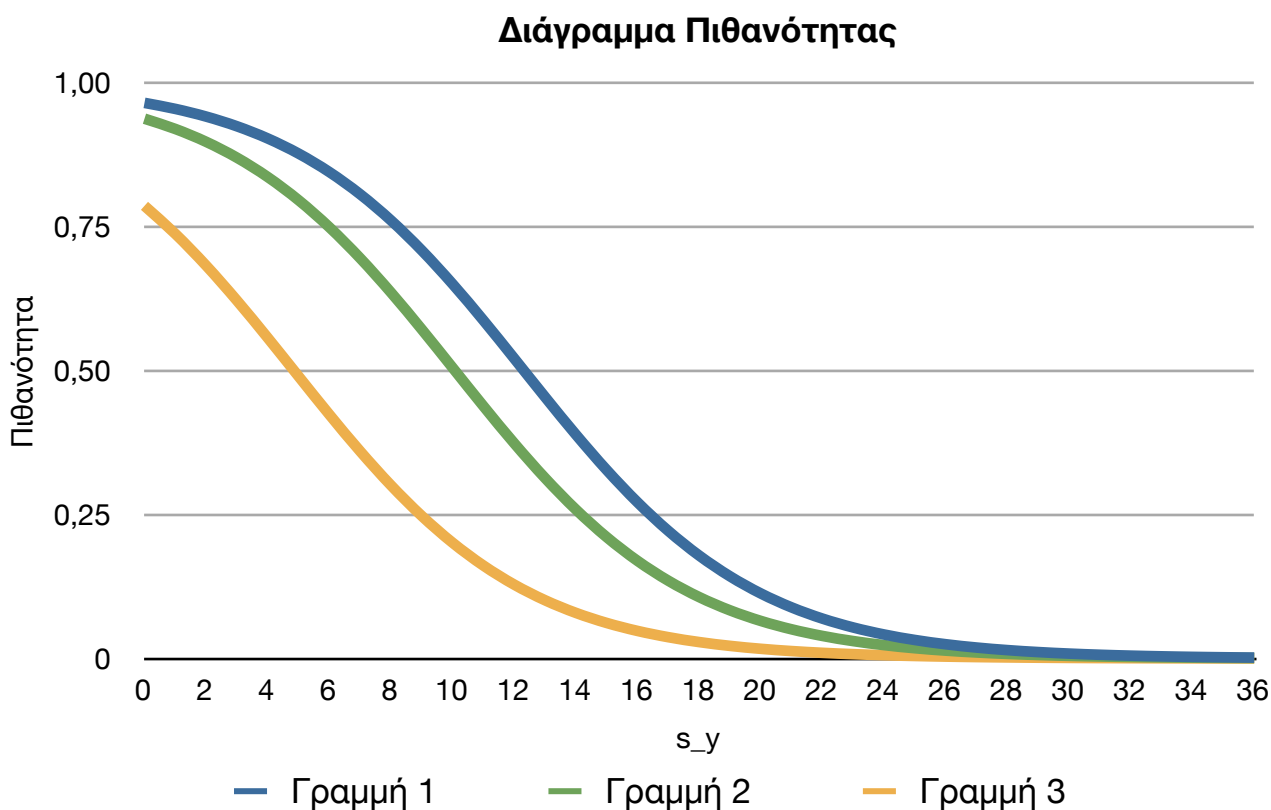
Οι τιμές της μεταβλητής s_y που εμφανίζονται ανήκουν στο διάστημα [0,36]m ενώ για τις υπόλοιπες μεταβλητές οι τιμές τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αξίζει να σημειωθεί πως παρόλο που μετρήθηκαν τιμές της μεταβλητής Diff μεγαλύτερες των 30km/h, οι τιμές αυτές είναι πολύ λίγες και δεν εμφανίζονται στο παρακάτω γράφημα.

Πίνακας 11: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 1ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
s_y (m)	B1	-0,268	[0,36]		
Opening (m)	B2	0,030	40	20	0
Diff (km/h)	B3	0,214	15	15	15
passenger	B4	-0,645	0	0	1
platoon	B5	-0,154	0	0	1
Σταθερά	-	-1,112	-		

Με χρήση του ίδιου μοντέλου προκύπτει το παρακάτω γράφημα:



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_y

2η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τη μεταβλητή **Vm**(ταχύτητα αντικειμένου δίκυκλου), τον τύπο του οχήματος που αλληλεπιδρά το δίκυκλο **Veh_Type1**, τις αποστάσεις **DistanceXY** και **Opening, passenger** (αν υπάρχει επιβάτης στο δίκυκλο) και **platoon**(ύπαρξη φάλαγγας ή όχι). Ο Πίνακας 12 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	211	113	65,1
	Ολοκληρώθηκε	73	453	86,1
Συνολικό Ποσοστό				78,1

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **78,1%** δηλαδή το 78,1% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $453/(73+453)= 86,1\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $211/(211+113)= 65,1\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $113/(113+453)= 20,0\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $73/(211+73)= 25,7\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=313,052**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type1 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους σε ψευδομεταβλητές μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 13: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου		
			[1]	[2]	[3]
Vehicle1 Type	Car	571	1	0	0
	Moped	190	0	1	0
	Motorcycle	25	0	0	1
	Truck	64	0	0	0

Έπειτα έχοντας τον επόμενο πίνακα δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Vm	0,085	0,008	102,927	1	0,000	1,089
Veh_Type1(1)	-0,563	0,331	2,902	1	0,088	0,569
Veh_Type1(2)	0,126	0,373	0,114	1	0,736	1,134
Veh_Type1(3)	-2,215	0,613	13,074	1	0,000	0,109
DistanceXY	-0,226	0,025	84,727	1	0,000	0,797
Opening	0,019	0,005	16,005	1	0,000	1,019
passenger	-1,086	0,544	3,975	1	0,046	0,338
platoon	-0,112	0,262	0,183	1	0,669	0,894
Σταθερά	-4,766	0,696	46,832	1	0,000	0,009

$$\text{odds} = e^{(-4,766+0,085*Vm-0,563*Veh_Type1(1)+0,126*Veh_Type1(2)-2,215*Veh_Type1(3)-0,226*DistanceXY+0,019*Opening-1,086*passenger-0,112*platoon)}$$

Η μεταβλητή Vm θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h. Οι υπόλοιπες μετρικές μεταβλητές (Opening και DistanceXY) θα πάρουν τις ακραίες και μέση τιμή τους, αναλόγως κάθε φορά το πρόσημο του συντελεστή.

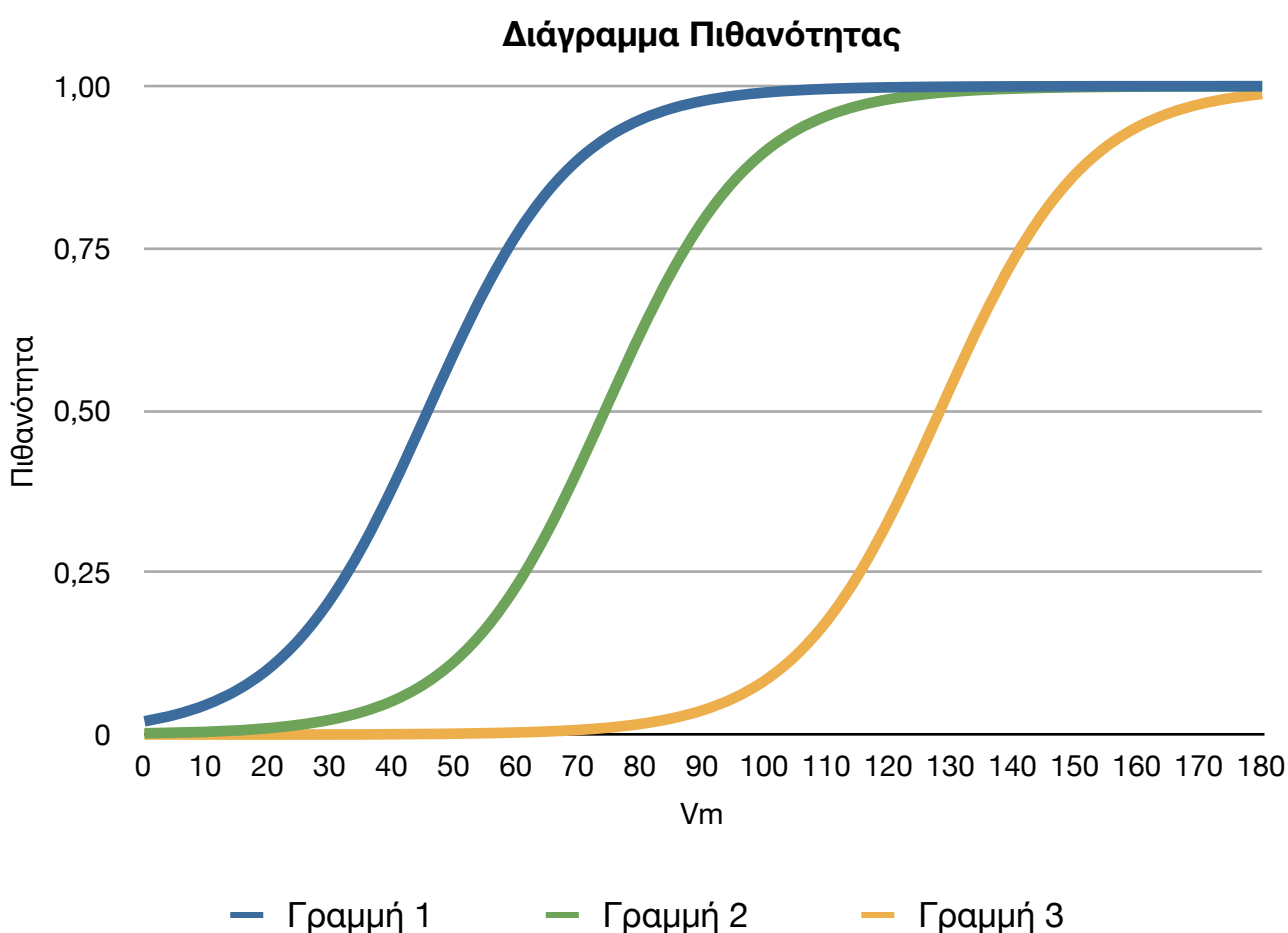
Η μεταβλητή platoon παίρνει την τιμή 1 αν υπάρχει φάλαγγα ενώ παίρνει την τιμή 0 αν όχι. Αναλόγως την κατηγορία του προπορευόμενου οχήματος δίνουμε την τιμή 0 ή 1 στην ανάλογη μεταβλητή, σύμφωνα με τον πίνακα ψευδομεταβλητών της Veh_Type1. Αναλόγως και η passenger, αν υπάρχει ή όχι επιβάτης στο δίκυκλο.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση πιθανότητας και αναλογίας πιθανοτήτων, και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για τις τρεις διαφορετικές καμπύλες προκύπτει το διάγραμμα P-Vm.

Η γραμμή 1 και γραμμή 3 αποτελούν μια περιβάλλουσα του συγκεκριμένου μοντέλου. Λόγω του μεγάλου αριθμού συνδυασμών που μπορούν να παρουσιαστούν, παρουσιάζονται οι δύο ακραίες γραφικές παραστάσεις, έχοντας δηλαδή τιμή 1 σε όσους συντελεστές έχουν θετικό πρόσημο και 0 σε όσους έχουν αρνητικό για την γραμμή 1 και το αντίστροφο για τη γραμμή 3. Η γραμμή 2 αποτελεί μία ενδιάμεση περίπτωση.

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Vm(km/h)	B1	0,088	[0,180]		
Veh_Type1(1)	B2	-0,563	0	1	0
Veh_Type1(2)	B3	0,126	1	0	0
Veh_Type1(3)	B4	-2,215	0	0	1
DistanceXY (m)	B5	-0,226	0	6	12
Opening (m)	B6	0,019	40	20	0
passenger	B7	-1,086	0	0	1
platoon	B8	-0,112	0	0	1
Σταθερά	-	-4,766	-		



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα, οι σημαντικότεροι παράγοντες στην προκειμένη περίπτωση που επηρεάζουν την απόφαση του δικυκλιστή είναι οι μεταβλητές Veh_Type1, DistanceXY και Opening.

Η ύπαρξη επιβάτη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, αφού ο δικυκλιστής θα πρέπει να έχει αναπτύξει από πιο πριν μεγάλη ταχύτητα για να ολοκληρώσει μια προσπέραση.

Συγκεκριμένα, αν στο δίκυκλο βρίσκονται δύο άτομα, τότε η ταχύτητα που θα πρέπει να έχει αναπτύξει ο δικυκλιστής για να έχει την ίδια πιθανότητα να προσπεράσει είναι ~20km/h η μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που θα είχε κρατώντας ίδιες τις υπόλοιπες παραμέτρους, αλλά μονάχα ένα άτομο πάνω στο δίκυκλο.

Παρατηρείται ότι το είδος του οχήματος που καλείται να προσπεράσει ο δικυκλιστής έχει επίσης μεγάλη σημασία στη διαδικασία λήψης της απόφασής του. Συγκεκριμένα, τα οχήματα που τείνει να προσπερνάει, σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο είναι σε σειρά 2κυκλο μικρού κυβισμού, φορτηγό, αυτοκίνητο και έπειτα 2κυκλομεγάλου κυβισμού.

Λόγω των μικρών ταχυτήτων και επιταχύνσεων που αναπτύσσουν τα δίκυκλα μικρού κυβισμού αλλά και το μικρό τους μέγεθος, ο δικυκλιστής τείνει να τα προσπερνά ευκολότερα από τα υπόλοιπα οχήματα. Μπορεί μάλιστα να τα προσπεράσει χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει λωρίδα αλλά κάνοντας έναν μικρό πλάγιο ελιγμό. Αντίθετα, ο λόγος για τον οποίο τείνει να προσπεράσει ένα φορτηγό, οφείλεται στο ότι νιώθει ανασφάλεια όντας πίσω από ένα βαρύ, μεγάλου όγκου όχημα. Το σημείο που έγιναν οι μετρήσεις ήταν κατηγορικό και κατάλληλο για προσπέραση, γεγονός που έκανε τους δικυκλιστές να προσπερνούν την πλειοψηφία των βαρέων οχημάτων με σχετική ευκολία όταν το επέτρεπαν οι συνθήκες. Η πλειοψηφία των περιπτώσεων που είχαμε ήταν ένα δίκυκλο να αλληλεπιδρά με ένα αυτοκίνητο, και όπως φαίνεται από τη γραμμή 2, έχοντας στα άλλα μεγέθη τις μέσες τιμές τους η πιθανότητα να προσπεράσει το δίκυκλο όταν κινείται με τη μέση ταχύτητα είναι στο 70%. Όσον αφορά τις μοτοσυκλέτες μεγάλου κυβισμού, προσπερνούνται σπάνια από άλλα δίκυκλα ή τείνουν να τα ακολουθούν δημιουργώντας φάλαγγα.

Επιπλέον, όσο αυξάνεται η απόσταση του δίκυκλου από το όχημα που καλείται να προσπεράσει τόσο μειώνεται η πιθανότητα προσπέρασης. Αυτό διότι ο δικυκλιστής θα πρέπει να επιταχύνει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να είσαι σε θέση να προσπεράσει το προπορευόμενο όχημα, ενώ όταν αυτό γίνει ίσως οι συνθήκες που επικρατούν μπροστά να έχουν μεταβληθεί και να μην ευνοούν την προσπέραση. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με αυτό το μοντέλο αν η απόσταση αυξηθεί κατά 1 μέτρο, τότε η αναλογία πιθανοτήτων μειώνεται κατά 0,797 φορές.

Αντίθετα, όσο αυξάνεται το άνοιγμα που έχει μπροστά του ο μοτοσυκλέτιστής τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα για προσπέραση. Συγκεκριμένα, για 1 μέτρο αύξηση του ανοίγματος, η αναλογία πιθανοτήτων αυξάνεται κατά 1,019 φορές.

Η ύπαρξη φάλαγγας μειώνει την πιθανότητα προσπέρασης όχι όμως σε τόσο μεγάλο βαθμό όσο οι υπόλοιποι παράγοντες, αφού η αύξηση της πυκνότητας δυσκολεύει τους ελιγμούς του δικύκλου.

Με τη χρήση του ίδιου μοντέλου δημιουργείται και άλλο ένα διάγραμμα πιθανότητας όμως τώρα στον άξονα των τετμημένων έχει τοποθετηθεί η μεταβλητή DistanceXY.

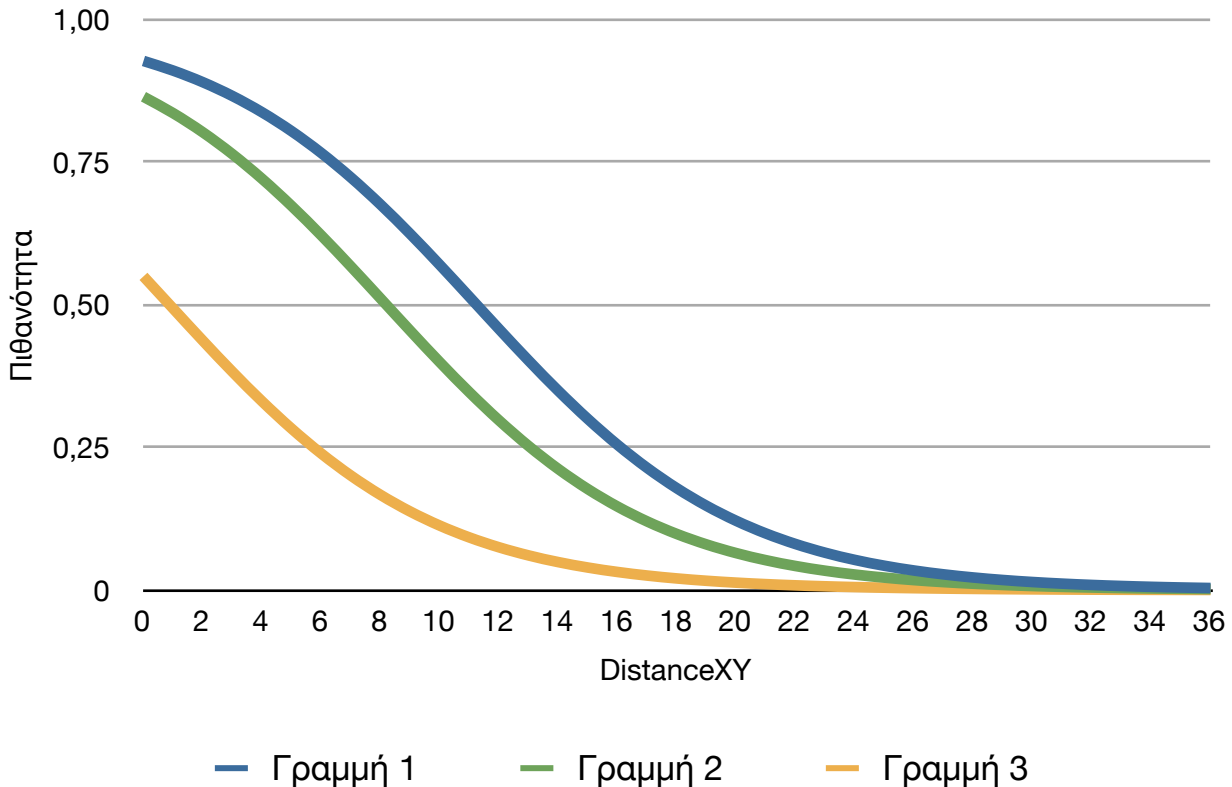
Η τιμή της ταχύτητας είναι κοντά στη μέση τιμή της ταχύτητας των δικύκλων που εξετάστηκαν κατά τη διαδικασία των μετρήσεων, όπως και η τιμή της μεταβλητής Opening.

Πίνακας 16: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 2ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
DistanceXY	B1	-0,226	[0,36]		
Veh_Type1(1)	B2	-0,563	0	1	0
Veh_Type1(2)	B3	0,126	1	0	0
Veh_Type1(3)	B4	-2,215	0	0	1
platoon	B5	-0,112	0	0	0
Opening	B6	0,019	20	20	20
Vm	B7	0,085	80	80	80
passenger	B8	-1,086	0	0	0
Σταθερά	-	-4,766	-		

Αξίζει να σημειωθεί ότι και στις τρεις καμπύλες, δεν λήφθηκαν υπόψη οι παράγοντες passenger και platoon για να φανεί καλύτερα η διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών τιμών της Veh_Type1.

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω γράφημα τα δίκυκλα μικρού κυβισμού ο δικυκλιστής τείνει να προσπερνάει τα δίκυκλα μικρού κυβισμού ακόμη και αν αρχικά η απόστασή τους είναι σχετικά μεγάλη, ενώ χαρακτηριστική είναι και η καμπύλη που αποδεικνύει ότι οι μοτοσυκλέτες μεγάλου κυβισμού την πλειοψηφία των περιπτώσεων δεν προσπερνούνται από κάποιο άλλο δίκυκλο.

3η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **V1, lane, VehType3, platoon, d2, helmet** και **passenger**. Ο Πίνακας 17 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 17: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 3ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	156	168	48,1
	Ολοκληρώθηκε	90	436	82,9
Συνολικό Ποσοστό				69,6

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **69,6%** δηλαδή το 69,6% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $436/(90+436)=$ **82,9%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $156/(156+168)=$ **48,1%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $168/(168+436)=$ **27,8%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $90/(156+90)=$ **36,6%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=171,977**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type3 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 18: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle3 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου			
			[1]	[2]	[3]	
Vehicle3 Type	0	158	0	0	0	0
	Car	538	1	0	0	0
	Moped	90	0	1	0	0
	Motorcycle	40	0	0	1	0
	Truck	24	0	0	0	1

Έπειτα έχοντας τον επόμενο πίνακα δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 3ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
V1	-0,072	0,008	78,491	1	0,000	0,931
lane	-0,736	0,160	21,121	1	0,000	0,479
Veh_Type3			41,933	4	0,000	
Veh_Type3(1)	-1,478	0,249	35,250	1	0,000	0,228
Veh_Type3(2)	-0,897	0,333	7,266	1	0,007	0,408
Veh_Type3(3)	-0,898	0,443	4,104	1	0,043	0,407
Veh_Type3(4)	-2,358	0,518	20,735	1	0,000	0,095
platoon	-0,511	0,239	4,569	1	0,033	0,600
d2	0,027	0,005	24,540	1	0,000	1,027
helmet	1,016	0,281	13,055	1	0,000	2,763
passenger	-0,987	0,468	4,441	1	0,035	0,373
Σταθερά	5,620	0,663	71,939	1	0,000	275,763

odds= $e^{(-5,620-0,072*V1-0,736*lane-1,478*Veh_Type3(1)-0,897* Veh_Type3(2)-0,898* Veh_Type3(3)-2,358* Veh_Type3(4)-0,511p*platoon+0,027*d2+1,016*helmet-0,987* passenger)}$

Η μεταβλητή V1 θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h.

Ο τρόπος με τον οποίο οι μεταβλητές platoon, helmet και passenger επηρεάζουν την απόφαση του μοτοσυκλετιστή έχει εξεταστεί σε προηγούμενα μοντέλα. Έτσι και στις τρεις περιπτώσεις που θα εξεταστούν ο αναβάτης φοράει κράνος, δεν έχει συνεπιβάτη και δεν υπάρχει φάλαγγα.

Επιπλέον, η τιμή d2 θα πάρει και στις τρεις περιπτώσεις τη μέση τιμή της, δηλαδή 20 μέτρα.

Επίσης, είναι φανερό από τον πίνακα 4 ότι όταν το όχημα 3 είναι φορτηγό, τότε μειώνονται δραστικά οι πιθανότητες για προσπέραση. Συγκεκριμένα, η αναλογία πιθανοτήτων μειώνεται κατά 0,095 φορές. Παράλληλα, ελάχιστη διαφορά υπάρχει όταν το όχημα 3 είναι μικρού ή μεγάλου κυβισμού.

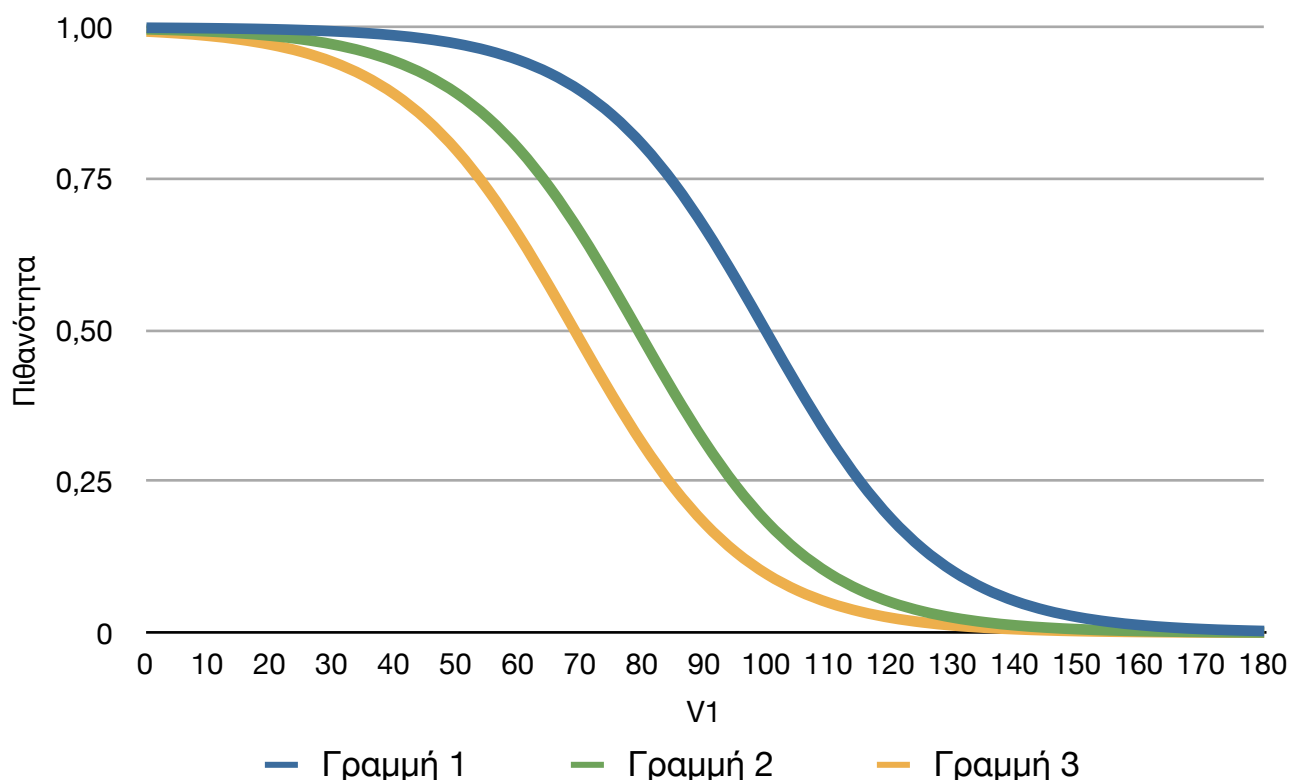
Ως εκ τούτου, στόχος του επόμενου διάγραμματος πιθανότητας είναι να αναδειχθεί η διαφορά στο να μην υπάρχει όχημα μπροστά από το σημείο που προσπερνάει ο μοτοσυκλετιστής και στη συνήθη περίπτωση να υπάρχει κάποιο αυτοκίνητο.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση πιθανότητας και αναλογίας πιθανοτήτων, και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για τις τρεις διαφορετικές καμπύλες προκύπτει το διάγραμμα P-V1.

Πίνακας 20: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
V1	B1	-0,072	[0,180]		
lane	B2	-0,736	0	0	1
Veh_Type3(1)	B3	-1,478	0	1	1
Veh_Type3(2)	B4	-0,897	1	0	0
Veh_Type3(3)	B5	-0,898	0	0	0
Veh_Type3(4)	B6	-2,358	0	0	0
platoon	B7	-0,511	0	0	0
d2	B8	0,027	20	20	20
helmet	B9	1,016	1	1	1
passenger	B10	-0,987	0	0	0
Σταθερά	-	-3,146	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 9: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1

4η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή s_y & Opening

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Opening, Veh_TypeM, Veh_RL, helmet, passenger & s_y**. Ο Πίνακας 22 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 21: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις			Προβλέψεις		
			Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
			Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	171	153	52,8	
	Ολοκληρώθηκε	71	455	86,5	
Συνολικό Ποσοστό					73,6

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **73,6%** δηλαδή το 73,6% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $455/(71+455)=$ **86,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $171/(171+153)=$ **52,8%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $153/(153+455)=$ **25,2%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $71/(171+71)=$ **29,3%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=216,071**>>0.

Έπειτα έχοντας τον επόμενο πίνακα δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Opening	0,027	0,004	37,566	1	0,000	1,028
Veh_TypeM	0,770	0,173	19,851	1	0,000	2,160
Veh_RL	0,958	0,172	31,120	1	0,000	2,605
helmet	0,766	0,278	7,589	1	0,006	2,151
passenger	-1,294	0,533	5,893	1	0,015	0,274
s_y	-0,225	0,022	104,230	1	0,000	0,798
Σταθερά	-0,270	0,328	0,679	1	0,410	0,763

$odds= e^{(-0,270+0,027*Opening+0,770*Veh_TypeM+0,958*Veh_RL+0,766*helmet-1,294*passenger-0,225*s_y)}$

Η μεταβλητή Opening θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +108 km/h. Η δεύτερη μετρική μεταβλητή s_y θα πάρει τη μέση της τιμή δηλαδή 7 m.

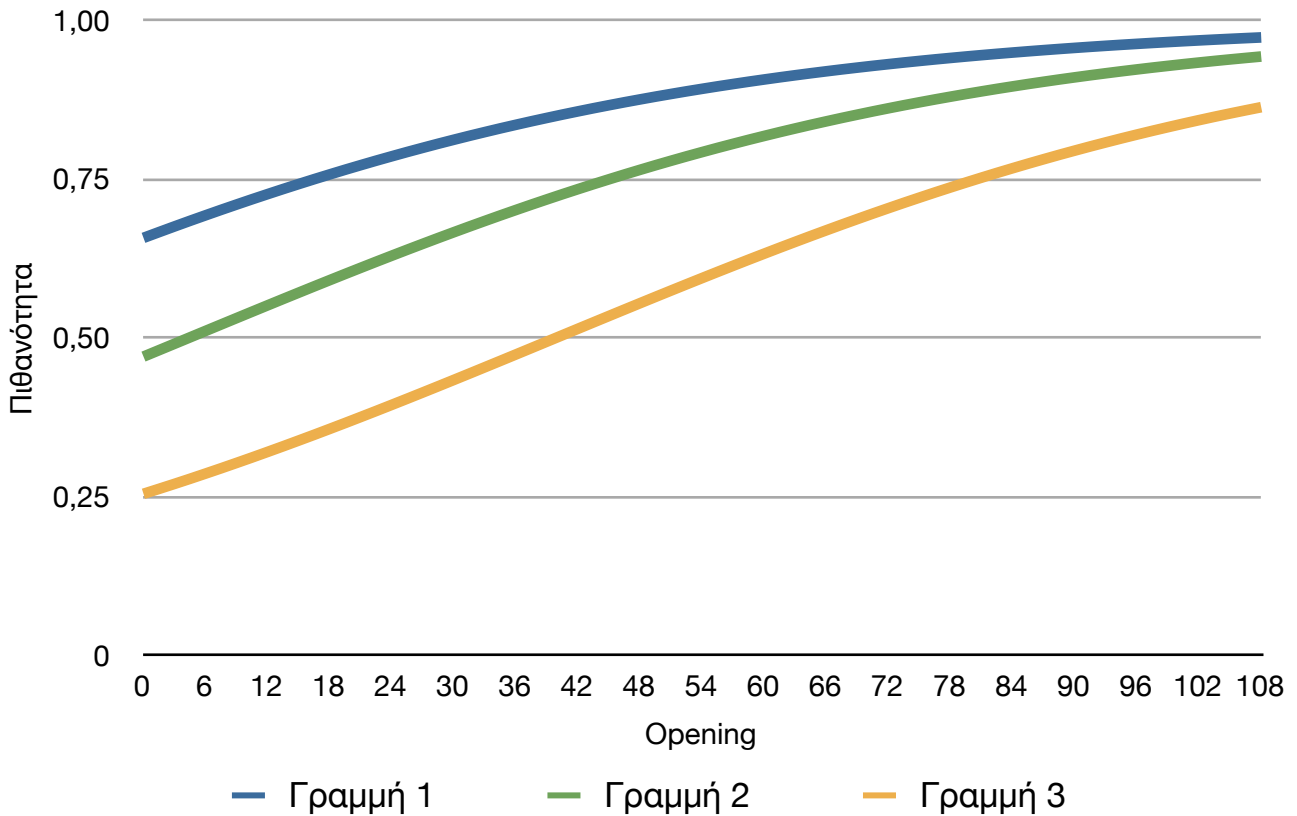
Αναλόγως την κατηγορία του δικύκλου (μικρού ή μεγάλου κυβισμού) δίνουμε την τιμή 0 ή 1 αντίστοιχα. Η μεταβλητή Veh_RL παίρνει την τιμή 0 για αριστερά και 1 για δεξιά λωρίδα κίνησης του οχήματος που προσπερνάται. Η μεταβλητή passenger παίρνει και στις τρεις περιπτώσεις την τιμή 0, αφού λήφθηκε υπόψη στο μοντέλο μονάχα για βελτίωση της ακρίβειάς του (στις προηγούμενες αναλύσεις έχει διαπιστωθεί η σημαντικότητα του συγκεκριμένου παράγοντας και πως μειώνει την αναλογία πιθανοτήτων). Τέλος, η μεταβλητή Veh_RL παίρνει την τιμή 0 για αριστερά και 1 για δεξιά λωρίδα κίνησης του οχήματος που προσπερνάται.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση πιθανότητας και αναλογίας πιθανοτήτων, και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα P-Opening.

Πίνακας 23: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Opening	B1	0,027			
Veh_TypeM	B2	0,770	1	0	0
Veh_RL	B3	0,958	1	1	0
helmet	B4	0,766	1	1	1
passenger	B5	-1,294	0	0	0
s_y	B6	-0,225	7	7	7
Σταθερά	-	-0,270		-	

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



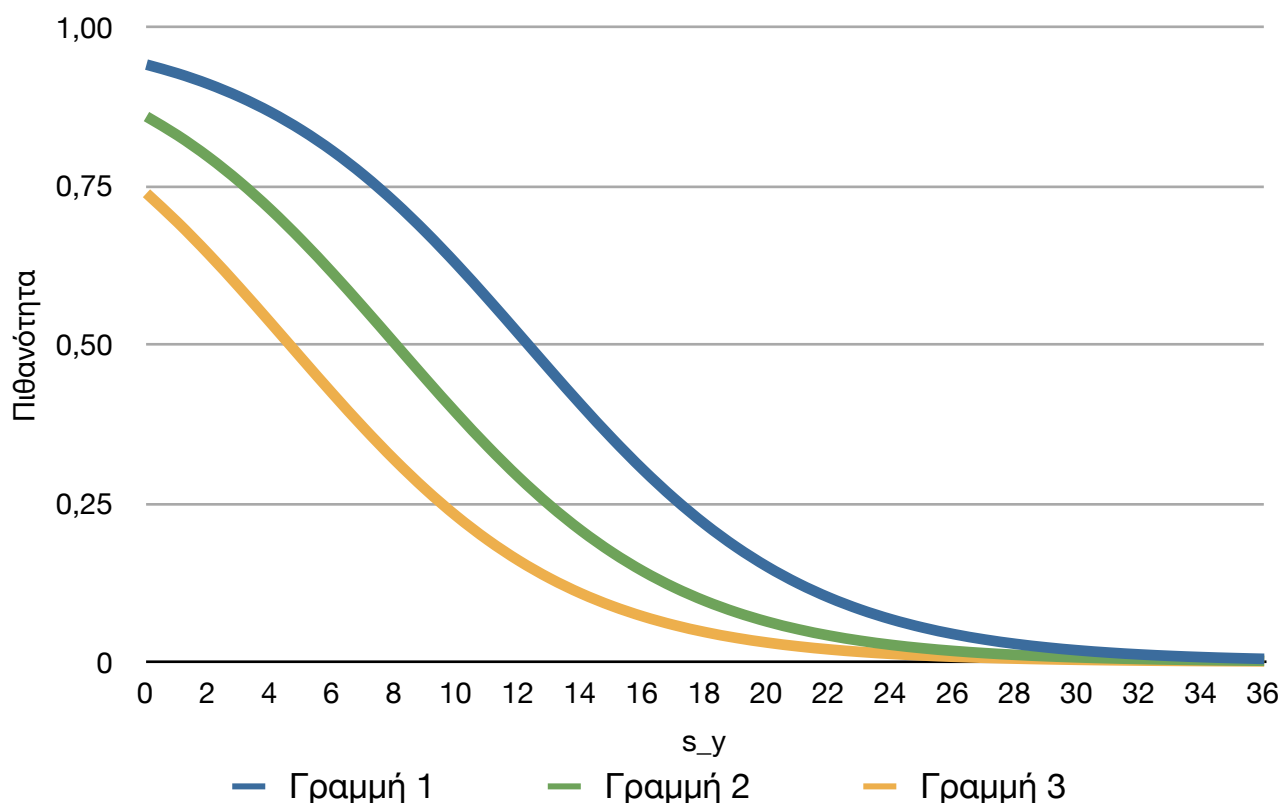
Διάγραμμα 10: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening

Στη δεύτερη περίπτωση κρατήθηκε σταθερή η μεταβλητή Opening με τη μέση της τιμή, ενώ η μεταβλητή s_y πήρε τιμές από 0 έως 36m.

Πίνακας 24: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 4ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
s_y	B1	-0,225			
Veh_TypeM	B2	0,770	1	1	0
Veh_RL	B3	0,958	1	0	0
helmet	B4	0,766	1	1	1
passenger	B5	-1,294	0	0	0
Opening	B6	0,027	20	20	20
Σταθερά	-	-0,270		-	

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 11: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_y

Τα παραπάνω διαγράμματα αποδεικνύουν ότι το άνοιγμα που βλέπει ο μοτοσυκλετιστής πριν προσπεράσει είναι μία σημαντική παράμετρος στην απόφασή του για προσπέραση ή όχι. Συγκεκριμένα, η πιθανότητα προσπέρασης πλησιάζει το 100% όταν το άνοιγμα είναι >100m. Θυμίζεται ότι όταν δεν υπήρχε το όχημα 3, τότε λήφθηκε η παραδοχή ότι το άνοιγμα ήταν 100m. Ουσιαστικά, όταν δεν υπάρχει όχημα μπροστά του, οι πιθανότητες αυξάνονται σημαντικά για προσπέραση αφού ο μοτοσυκλετιστής έχει ελεύθερο πεδίο για να κινηθεί με ασφάλεια όπως ο ίδιος επιθυμεί.

Όπως και στην Στατιστική Ανάλυση 1, αποδεικνύεται η σημασία της s_y και το πόσο δραστικά μειώνει τη πιθανότητα προσπέρασης πιθανή αύξησή της. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, αύξηση ενός μέτρου στην απόσταση από το όχημα που προσπερνάται προκαλεί μείωση της αναλογίας πιθανοτήτων κατά 0,798 φορές.

Πολλοί σημαντικοί παράγοντες αποδεικνύονται ο τύπος του αντικειμένου δίκυκλου, η λωρίδα που κινείται το όχημα που προσπερνάται και αν ο αναβάτης φοράει κράνος ή όχι, αφού πιθανή εναλλαγή της τιμής από 0 σε 1 προκαλεί τουλάχιστον διπλασιασμό στην αναλογία πιθανοτήτων.

5η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή DistanceXY

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τη μεταβλητή **DistanceXY**, **Veh_TypeM** (τον τύπο του δίκυκλου αντικειμένου), τη λωρίδα κίνησης του οχήματος που αλληλεπιδρά το δίκυκλο **Veh_RL**, την ταχύτητα **V3** του οχήματος που προπορεύεται, **passenger** (αν υπάρχει επιβάτης στο δίκυκλο) και **platoon** (ύπαρξη φάλαγγας ή όχι). Ο Πίνακας 25 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 25: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	153	171	47,2
	Ολοκληρώθηκε	74	452	85,9
Συνολικό Ποσοστό				71,2

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **71,2%** δηλαδή το 71,2% των κινήσεων των δίκυκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $452/(74+452)=$ **85,9%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $153/(153+171)=$ **47,2%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $171/(171+452)=$ **27,4%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $74/(153+74)=$ **32,6%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=167,086**>>0.

Έπειτα έχοντας τον επόμενο πίνακα δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 26: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
DistanceXY	-0,212	0,022	90,828	1	0,000	0,809
V3	-0,010	0,003	14,321	1	0,000	0,990
passenger	-1,296	0,506	6,557	1	0,010	0,274
Veh_TypeM	0,777	0,167	21,576	1	0,000	2,174
platoon	-0,319	0,239	1,778	1	0,182	0,727
Veh_RL	0,912	0,166	30,236	1	0,000	2,490
Σταθερά	1,786	0,261	46,798	1	0,000	5,968

odds= $e^{(1,786-0,212*DistanceXY-0,010*V3-1,296*passenger+0,777*Veh_TypeM-0,319*platoon +0,912*Veh_RL)}$

Η μεταβλητή DistanceXY θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +36m. Η δεύτερη μετρική μεταβλητή του μοντέλου V3 θα πάρει την μέση τιμή της και στις τρεις καμπύλες δηλαδή 75 km/h.

Η μεταβλητή passenger παίρνει και στις τρεις περιπτώσεις την τιμή 0, αφού λήφθηκε υπόψη στο μοντέλο για βελτίωση της ακρίβειάς του, ενώ στις προηγούμενες αναλύσεις έχει διαπιστωθεί πόσο σημαντικός παράγοντας είναι.

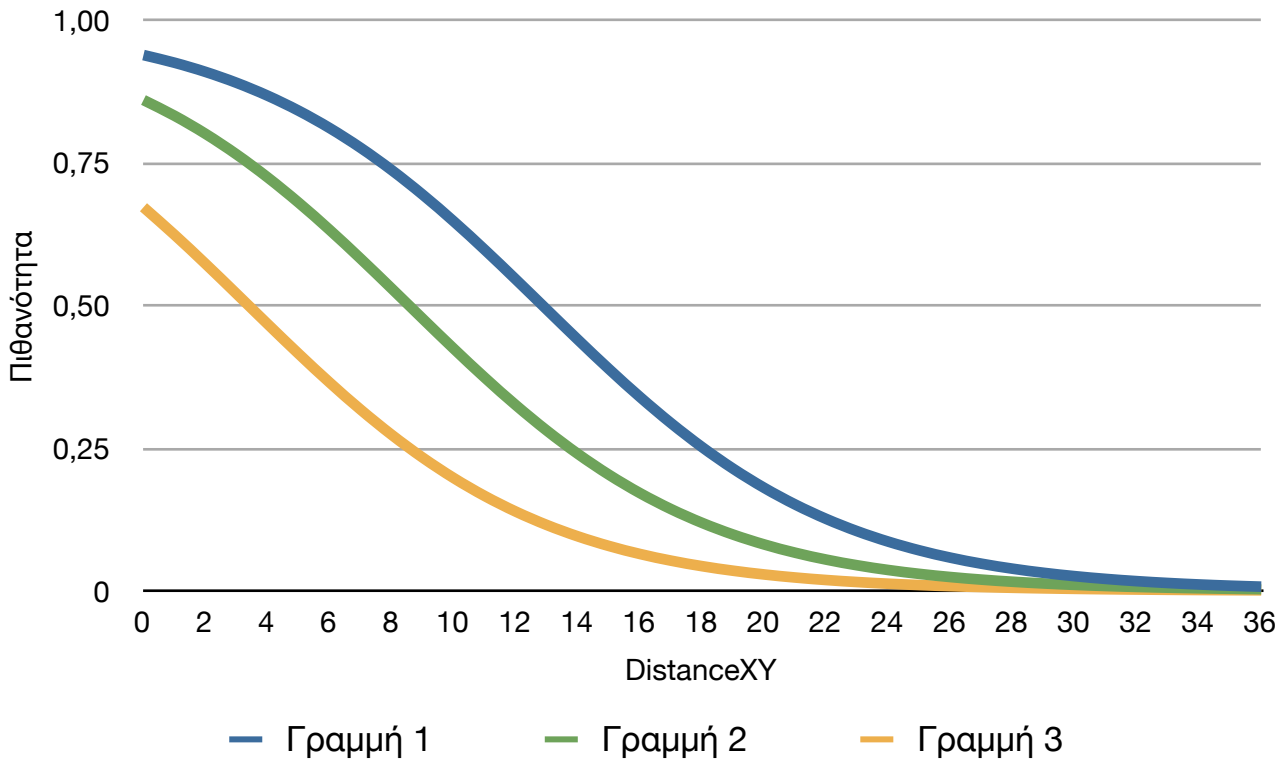
Η Veh_TypeM (0 για δίκυκλο μικρού κυβισμού, 1 για μεγάλου κυβισμού) και η Veh_RL(0 για αριστερά, 1 για δεξιά). Ομοίως και η μεταβλητή platoon παίρνει την τιμή 1 αν υπάρχει φάλαγγα ενώ παίρνει την τιμή 0 αν όχι.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση πιθανότητας και αναλογίας πιθανοτήτων, και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα P-DistanceXY.

Πίνακας 27: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
DistanceXY	B1	-0,212			
V3	B2	-0,010	75	75	75
passenger	B3	-1,296	0	0	0
Veh_TypeM	B4	0,777	1	1	0
platoon	B5	-0,319	0	0	1
Veh_RL	B6	0,912	1	0	0
Σταθερά	-	1,108		-	

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

Η διαφορά στην καμπύλη 1 και 2 δείχνει τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει η λωρίδα που κινείται το όχημα που προσπερνάται την απόφαση του δικυκλιστή (μεγάλου κυβισμού) για το αν θα προσπεράσει ή όχι. Παρατηρείται συγκεκριμένα ότι για τη μέση τιμή της μεταβλητής DistanceXY (≈ 7 μέτρα) η πιθανότητα να προσπεράσει μια μοτοσυκλέτα μεγάλου κυβισμού είναι στο 78% όταν το όχημα μπροστά της είναι στη δεξιά λωρίδα ενώ πέφτει στο 58% όταν αυτό κινείται στην αριστερή.

Το παραπάνω μοντέλο αποδεικνύει άλλη μια φορά ότι τα δίκυκλα μικρού κυβισμού έχουν μειωμένες πιθανότητες προσπέρασης κάποιου οχήματος όταν οι συνθήκες δεν είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές για το φαινόμενο.

Παρατηρείται επιπλέον ότι η καμπύλη Πιθανότητα-DistanceXY είναι παρόμοια με την καμπύλη Πιθανότητα- s_y . Θυμίζεται ότι η μεταβλητή DistanceXY έχει οριστεί ως $(s_x^2+s_y^2)^{0.5}$, ενώ από τον Πίνακα Συσχετίσεων παρατηρείται ότι η συσχέτιση μεταξύ DistanceXY και s_y είναι $0.926 \approx 1$. Εξάγεται για άλλη μια φορά το συμπέρασμα ότι η απόσταση s_y είναι σημαντικότερη της s_x στην απόφαση του δικυκλιστή για να προσπεράσει ή όχι, γεγονός που οφείλεται στην ευκολία πλαϊνών ελιγμών που μπορεί να εκτελέσει ένα δίκυκλο.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η τιμή $E_{\text{xp}}(B)$ της μεταβλητής $V3$ είναι μικρότερη του 1, αφού κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, όταν δεν υπήρχε το όχημα 3 στο φαινόμενο η τιμή της $V3$ ήταν 0. Δείχνει δηλαδή ότι όταν δεν υπάρχει όχημα μπροστά τότε σαφώς οι πιθανότητες για προσπέραση είναι αυξημένες.

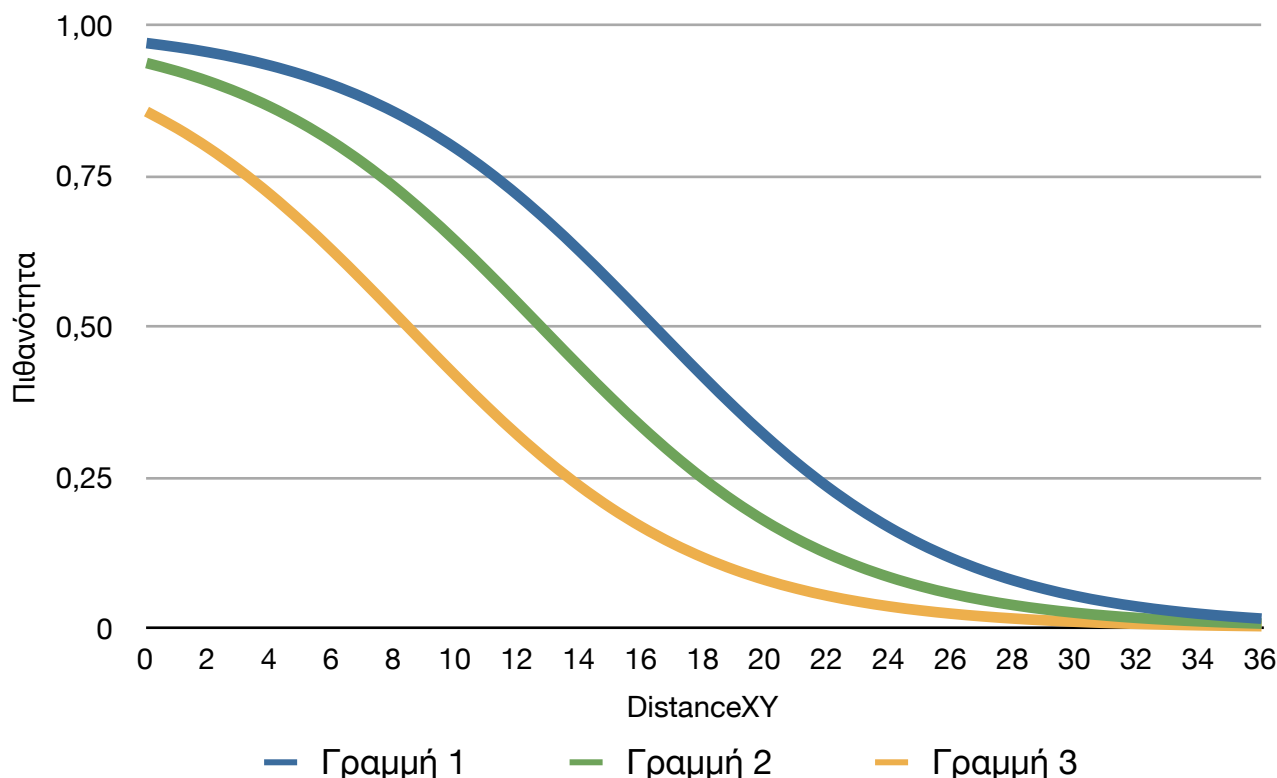
Παρακάτω φαίνεται η διαφορά στο διάγραμμα όταν $V3=0$, δηλαδή όταν δεν υπάρχει κάποιο όχημα μπροστά από το όχημα που προσπερνάται, όπως και η διαφοροποίηση στην πιθανότητα προσπέρασης ανάλογα με τη λωρίδα που κινείται το όχημα που προσπερνάται όταν το αντικείμενο δίκυκλο είναι μικρού κυβισμού.

Οι τιμές των μεταβλητών *passenger* και *platoon* είναι για άλλη μια φορά ίσες με το μηδέν ώστε να είναι καλύτερα εμφανής η σημασία των μεταβλητών *Veh_{RL}* και *Veh_TypeM*.

Πίνακας 28: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 5ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
DistanceXY	B1	-0,212	[0,36]		
V3	B2	-0,010	0	0	0
passenger	B3	-1,296	0	0	0
Veh_TypeM	B4	0,777	1	0	0
platoon	B5	-0,319	0	0	0
Veh_RL	B6	0,912	1	1	0
Σταθερά	-	1,108	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

4.5.3 Στατιστικές Αναλύσεις για τα δίκυκλα μικρού κυβισμού

Από την παράγραφο 4.5.1 που παρουσιάστηκαν οι πίνακες συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών του δείγματος μπορεί να παρατηρηθεί ότι η πλειοψηφία αυτών δεν έχει αλλάξει, όσον αφορά το ποια μεταβλητή είναι περισσότερο ή λιγότερο συσχετισμένη με την μεταβλητή.

Παρόλ' αυτά, επειδή η μελέτη των δίκυκλων μικρού κυβισμού παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσιάσουν διαγράμματα μεταβλητών που εξετάστηκαν και για το σύνολο του δείγματος ώστε να φανούν καλύτερα τυχόν διαφορές ή ομοιότητες.

6η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Diff, on_the_fly, Veh_Type3, platoon** και **passenger**. Ο Πίνακας 29 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 29: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου βης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	181	45	80,1
	Ολοκληρώθηκε	49	248	83,5
Συνολικό Ποσοστό				82,0

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **82,0%** δηλαδή το 82,0% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $248/(49+248)=$ **83,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $181/(181+45)=$ **80,1%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $45/(45+248)=$ **15,4%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $49/(181+49)=$ **21,3%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=309,090**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type3 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 30: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle3 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου			
			[1]	[2]	[3]	[4]
Vehicle3 Type	0	89	0	0	0	0
	Car	335	1	0	0	0
	Moped	58	0	1	0	0
	Motorcycle	26	0	0	1	0
	Truck	15	0	0	0	1

Έπειτα κοιτάμε τον επόμενο πίνακα και δημιουργούμε το μοντέλο το οποίο εκφράζεται ως εξής:

Πίνακας 31: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 6ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Diff	0,223	0,020	125,698	1	0,000	1,249
on_the_fly	-0,525	0,255	4,234	1	0,040	0,592
Veh_Type3(1)	-0,874	0,382	5,236	1	0,022	0,417
Veh_Type3(2)	0,193	0,520	0,137	1	0,711	1,212
Veh_Type3(3)	-0,522	0,628	0,692	1	0,406	0,593
Veh_Type3(4)	-1,421	0,810	3,075	1	0,079	0,241
platoon	-0,078	0,373	0,043	1	0,835	0,925
passenger	-1,452	0,932	2,428	1	0,119	0,234
Σταθερά	-1,254	0,406	9,524	1	0,002	0,285

odds= $e^{(-1,254+0,223*Diff-0,525*On_The_Fly-0,874*Veh_Type3(1)+0,193*Veh_Type3(2)-0,522*Veh_Type3(3)-1,421*Veh_Type3(4)-0,078*platoon-1,452*passenger)}$

Η μεταβλητή Diff θα πάρει τιμές από -40 μέχρι +60 km/h.

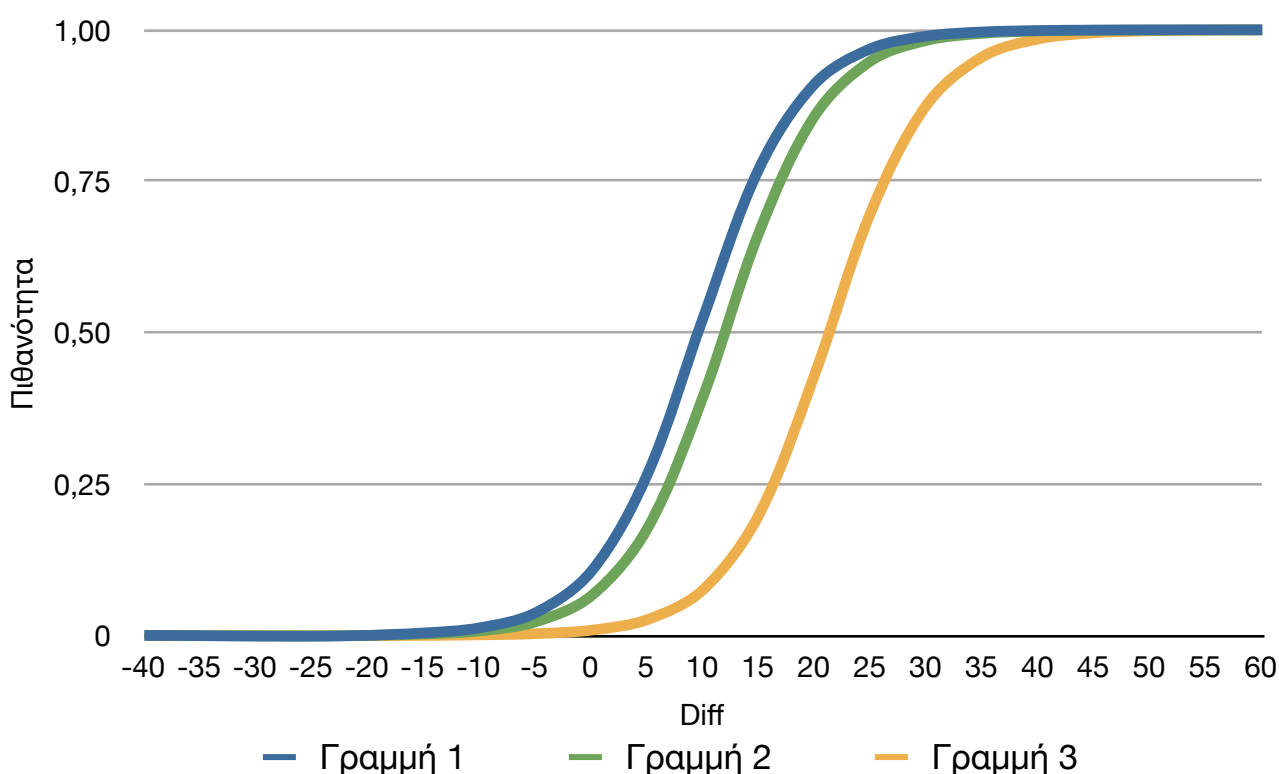
Είναι φανερό ότι στο συγκεκριμένο μοντέλο ο σημαντικότερος παράγοντας είναι η μεταβλητή on_the_fly, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο προσπερνάει το αντικείμενο δίκυκλο το όχημα που προπορεύεται αυτού. Υπενθυμίζεται ότι η τιμή της μεταβλητής είναι 0 όταν έχουμε αλλαγή λωρίδας ενώ παίρνει ως τιμή τη μονάδα όταν έχουμε προσπέραση «on the fly».

Η μεταβλητή passenger είναι επίσης σημαντική, όπως έχει προκύψει και από την επεξεργασία του συνόλου των μετρήσεων. Η αναλογία πιθανοτήτων επηρεάζεται και από την παρουσία φάλαγγας, όμως η συνεισφορά της μεταβλητής platoon στο μοντέλο είναι μικρή αφού sig.=0,835.

Πίνακας 32: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 6ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Diff	B1	0,223	[-40,+60]		
on_the_fly	B2	-0,525	0	1	1
Veh_Type3(1)	B3	-0,874	1	1	0
Veh_Type3(2)	B4	0,193	0	0	0
Veh_Type3(3)	B5	-0,522	0	0	0
Veh_Type3(4)	B6	-1,421	0	0	1
platoon	B7	-0,078	0	0	1
passenger	B8	-1,452	0	0	1
Σταθερά	-	-1,254	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff

Παρατηρείται ότι όταν έχουμε προσπέραση χωρίς αλλαγή λωρίδας τότε η αναλογία πιθανοτήτων είναι μειωμένη κατά το ήμισυ σε σχέση με όταν έχουμε αλλαγή λωρίδας. Συγκεκριμένα από το γράφημα μπορεί να γίνει εμφανές ότι ένα δίκυκλο μικρού κυβισμού με διαφορά ταχύτητας 10 km/h από το προπορευόμενο αυτοκίνητο έχει περίπου 15% περισσότερες πιθανότητες προσπέρασης με αλλαγή λωρίδας απ' ότι με προσπέραση «on the fly».

Μέσα από τις παρατηρήσεις μπορεί να εξηγηθεί το παραπάνω αποτέλεσμα ως εξής: Οι δικυκλιστές για λόγους ασφαλείας, πριν προβούν σε κάποια προσπέραση θέλουν να σιγουρευτούν ότι ο οδηγός του προπορευόμενου οχήματος τους έχει δει και τους λαμβάνει υπόψη. Σε προσπεράσεις «on the fly» αυτό πολλές φορές δεν γίνεται με αποτέλεσμα για να προσπεράσει ο δικυκλιστής να έχει αναπτύξει από πιο πριν μεγάλη διαφορά ταχύτητας, άρα ο οδηγός του αυτοκινήτου να τον έχει αντιληφθεί.

7η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff

Με την ίδια ανεξάρτητη μεταβλητή Diff ως βασική για τη δημιουργία του μοντέλου, θέτουμε ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Diff**, **d2**, **V3**, **platoon** και **passenger**. Ο Πίνακας 33 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 33: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	180	46	79,6
	Ολοκληρώθηκε	52	245	82,5
Συνολικό Ποσοστό				81,3

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **81,3%** δηλαδή το 81,3% των κινήσεων των δίκυκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $245/(52+245)=$ **82,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $180/(180+46)=$ **79,6%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $46/(46+245)=$ **15,8%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $52/(180+52)= 22,4\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=308,830**>>0.

Πίνακας 34: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Diff	0,216	0,019	127,925	1	0,000	1,241
platoon	-0,105	0,381	0,076	1	0,782	0,900
passenger	-1,233	0,973	1,606	1	0,205	0,291
d2	0,022	0,008	7,888	1	0,005	1,022
V3	-0,015	0,005	9,416	1	0,002	0,985
Σταθερά	-1,539	0,347	19,702	1	0,000	0,215

$$\text{odds} = e^{(-1,539+0,216*\text{Diff}-0,105*\text{platoon}-1,233*\text{passenger}+0,022*d2-0,015*V3)}$$

Η μεταβλητή Diff θα πάρει τιμές από -40 μέχρι +60 km/h.

Όπως φαίνεται από τη στήλη .sig σημαντικοί στατιστικά παράγοντες είναι οι μεταβλητές V3 και d2.

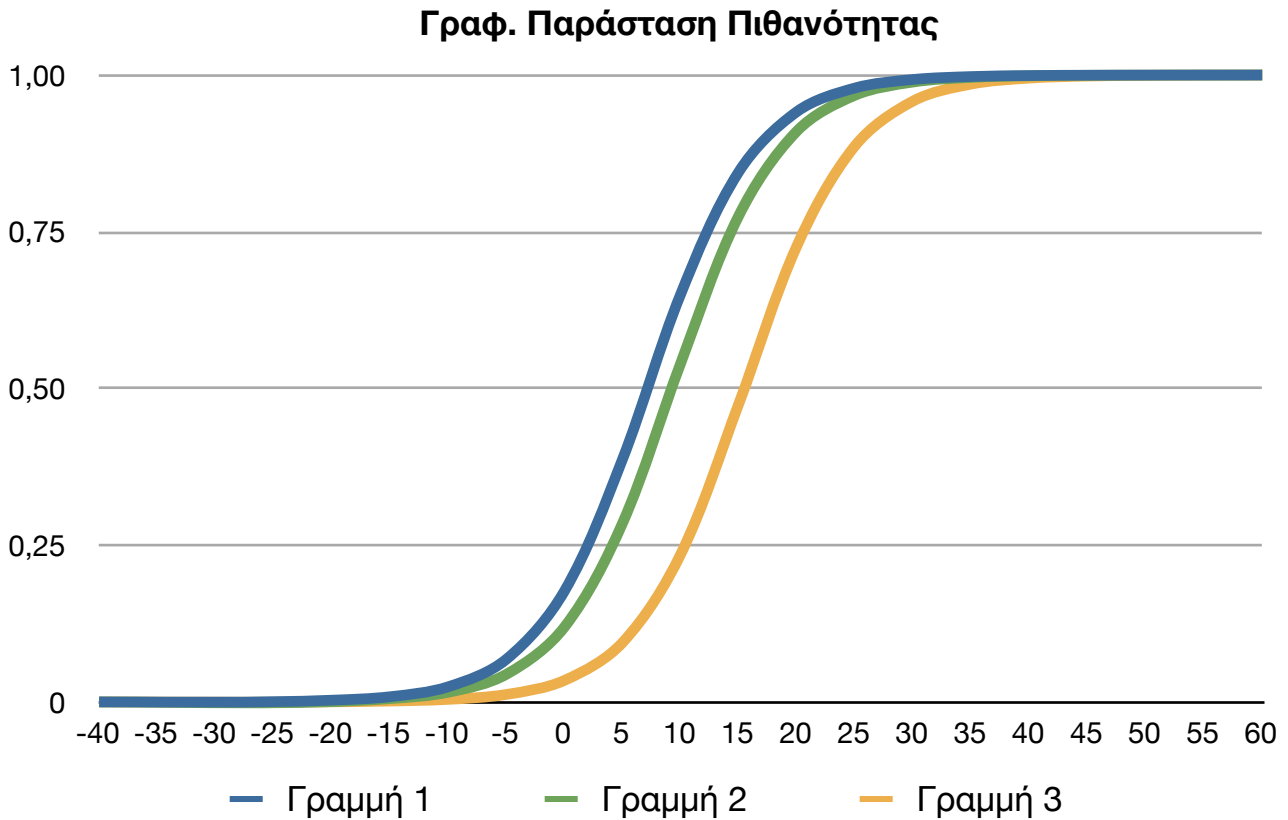
Οι μεταβλητές platoon και passenger ναι μεν επηρεάζει την αναλογία πιθανοτήτων αναλόγως την τιμή τους (0 ή 1) όμως δεν είναι τόσο σημαντικά όσο οι άλλοι δύο παράγοντες που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 35: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 7ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Diff	B1	0,216	[-40,+60]		
platoon	B2	-0,105	0	0	1
passenger	B3	-1,233	0	0	1
d2	B4	0,022	0	20	20
V3	B5	-0,015	0	60	60
Σταθερά	-	-1,539	-		

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, ένα δίκυκλο μικρού κυβισμού, που έχει ανοιχτό πεδίο μπροστά του, έχει αυξημένες πιθανότητες να προσπεράσει ακόμη και αν το προπορευόμενο όχημα είναι απέχει 20m μακριά από το όχημα που προσπερνάται και κινείται με 60km/h.

Επιπλέον, είναι εμφανής η μείωση των πιθανοτήτων να συμβεί προσπέραση όταν υπάρχει δεύτερος αναβάτης στο δίκυκλο και φάλαγγα μπροστά του, αφού η πορτοκαλί καμπύλη αποδεικνύει ότι ακόμη και όταν έχει αναπτυχθεί διαφορά ταχύτητας μεταξύ των δύο ίση με 15km/h η πιθανότητα για προσπέραση είναι στο 50%.



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff

8η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή DistanceXY

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **DistanceXY**, **lane**, **Veh_Type1**, **platoon**, **d2**, και **helmet**. Ο Πίνακας 36 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 36: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	125	101	55,3
	Ολοκληρώθηκε	49	248	83,5
Συνολικό Ποσοστό				71,3

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **71,3%** δηλαδή το 71,3% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $248/(49+248)=$ **83,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $125/(125+101)=$ **55,3%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $101/(101+248)=$ **28,9%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $49/(125+49)=$ **28,2%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=117,193**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type1 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους σε ψευδομεταβλητές μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 37: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου		
			[1]	[2]	[3]
Vehicle1 Type	Car	345	0	0	0
	Moped	129	1	1	0
	Motorcycle	12	0	1	0
	Truck	37	0	0	1

Χρησιμοποιώντας τη σχέση πιθανότητας και αναλογίας πιθανοτήτων και τις τιμές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα P-DistanceXY.

Πίνακας 38: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
DistanceXY	-0,245	0,030	64,695	1	0,000	0,783
lane	-0,709	0,207	11,683	1	0,001	0,492
Veh_Type1(1)	0,519	0,241	4,616	1	0,032	1,680
Veh_Type1(2)	-0,924	0,698	1,754	1	0,185	0,397
Veh_Type1(3)	-0,006	0,384	0,000	1	0,987	0,994
platoon	-0,104	0,306	0,115	1	0,734	0,901
d2	0,011	0,006	3,650	1	0,056	1,011
helmet	0,713	0,324	4,855	1	0,028	2,041
Σταθερά	1,452	0,407	12,756	1	0,000	4,272

odds= $e^{(1,452-0,245*DistanceXY-0,709*lane+0,519*Veh_Type1(1)-0,924*Veh_Type1(2)-0,006*Veh_Type1(3)-0,104*platoon+0,011*d2+0,713*helmet)}$

Η μεταβλητή DistanceXY θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +36 m.

Οι μεταβλητές platoon και helmet ναι μεν επηρεάζει την αναλογία πιθανοτήτων αναλόγως την τιμή τους (0 ή 1) όμως δεν είναι τόσο σημαντικές στατιστικά όσο οι άλλοι δύο παράγοντες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Γι' αυτό και θα πάρουν τις τιμές 0 και 1 αντίστοιχα ώστε να είναι εμφανής η επίδραση των άλλων παραγόντων.

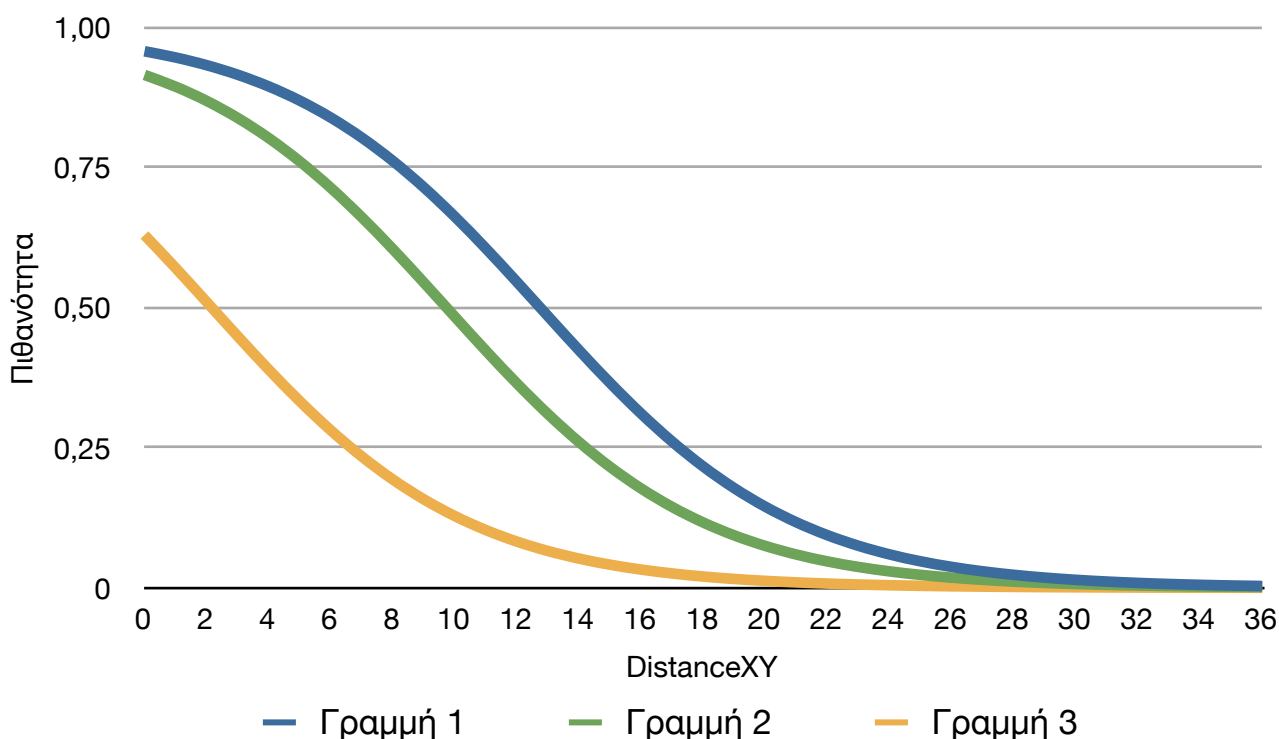
Πίνακας 39: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 8ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
DistanceXY	B1	-0,245	[0,36]		
lane	B2	-0,709	0	0	1
Veh_Type1(1)	B3	0,519	1	0	0
Veh_Type1(2)	B4	-0,924	0	0	1
Veh_Type1(3)	B5	-0,006	0	0	0
platoon	B6	-0,104	0	0	0
d2	B7	0,011	40	20	0
helmet	B8	0,713	1	1	1
Σταθερά	-	1,452	-		

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα, η παρατηρείται ότι δεν υπάρχει έντονη διαφοροποίηση στην καμπύλη της πιθανότητας-DistanceXY ανάλογα με τον τύπο του οχήματος που προσπερνάται. Παρουσιάζονται σχεδόν ίσες πιθανότητες να προσπεραστεί ένα αυτοκίνητο με ένα δίκυκλο χαμηλού κυβισμού που έχει μπροστά του διπλάσιο άνοιγμα.

Επιβεβαιώνεται άλλη μια φορά η σημασία της λωρίδας κίνησης του αντικείμενου δίκυκλου, αφού η αναλογία πιθανοτήτων μειώνεται κατά το ήμισυ.

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 16: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

9η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **V1, lane, d0, helmet** και **Opening**. Ο Πίνακας 40 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 40: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	134	92	59,3
	Ολοκληρώθηκε	61	236	79,5
Συνολικό Ποσοστό				70,7

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **70,7%** δηλαδή το 70,7% των κινήσεων των δίκυκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $236/(61+236)=$ **79,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $134/(134+92)=$ **59,3%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $92/(92+236)=$ **28,0%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $61/(134+61)=$ **31,3%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=116,556**>>0.

Πίνακας 41: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης

Variables in the Equation						
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
V1	-0,087	0,011	66,248	1	0,000	0,917
lane	-0,700	0,206	11,573	1	0,001	0,497
d0	-0,009	0,005	3,716	1	0,054	0,991
helmet	0,849	0,334	6,453	1	0,011	2,338
Opening	0,023	0,005	17,869	1	0,000	1,023
Σταθερά	5,309	0,780	46,326	1	0,000	202,080

$$\text{odds} = e^{(5,309 - 0,087 * V1 - 0,700 * \text{lane} - 0,009 * d0 + 0,849 * \text{helmet} - 0,023 * \text{Opening})}$$

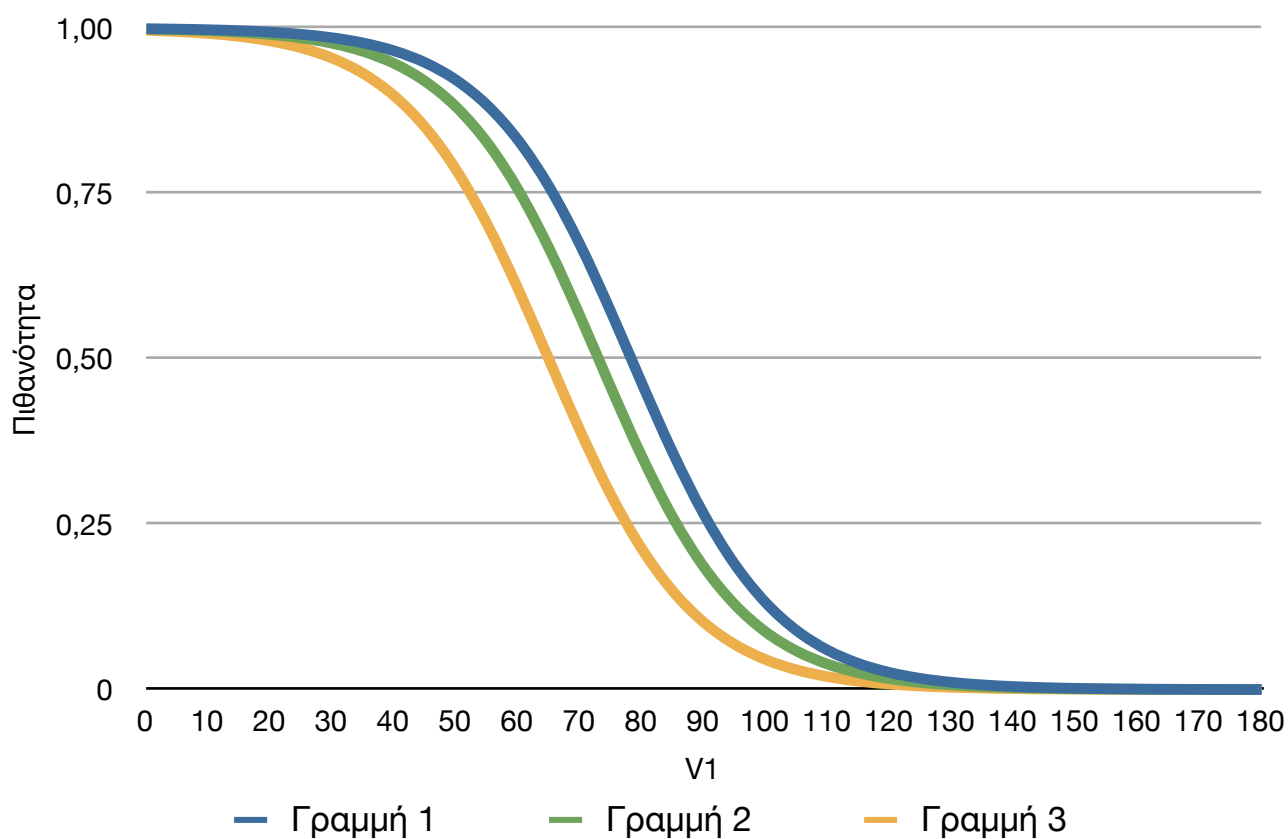
Η μεταβλητή V1 θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h.

Όπως φαίνεται από τη στήλη .sig σημαντικοί στατιστικά παράγοντες είναι οι μεταβλητές lane, Opening και helmet. Παρόλ' αυτά, η μεταβλητή helmet θα πάρει και στις 3 περιπτώσεις την τιμή 1, ώστε να διαπιστωθεί καλύτερα η επίδραση των άλλων παραγόντων.

Η μεταβλητή d0 είναι οριακά σημαντική, γι' αυτό και θα πάρει την ίδια τιμή και στις 3 περιπτώσεις, δηλαδή 30m που είναι ίση με τη μέση τιμή όπως προέκυψε από τις μετρήσεις. Παρατηρείται ότι όσο μειώνεται η απόσταση d0 τόσο αυξάνεται η πιθανότητα για προσπέραση αφού ο αναβάτης νιώθει μεγαλύτερη ασφάλεια όταν γύρω του είναι λιγότερα οχήματα για να μπορεί να εκτελεί με μεγαλύτερη ασφάλεια πιθανούς ελιγμούς.

Επιπλέον, παρουσιάζονται διαγράμματα Πιθανότητα-Opening και Πιθανότητα-d0 ώστε τα παραπάνω συμπεράσματα να εμφανιστούν και γραφικά.

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας

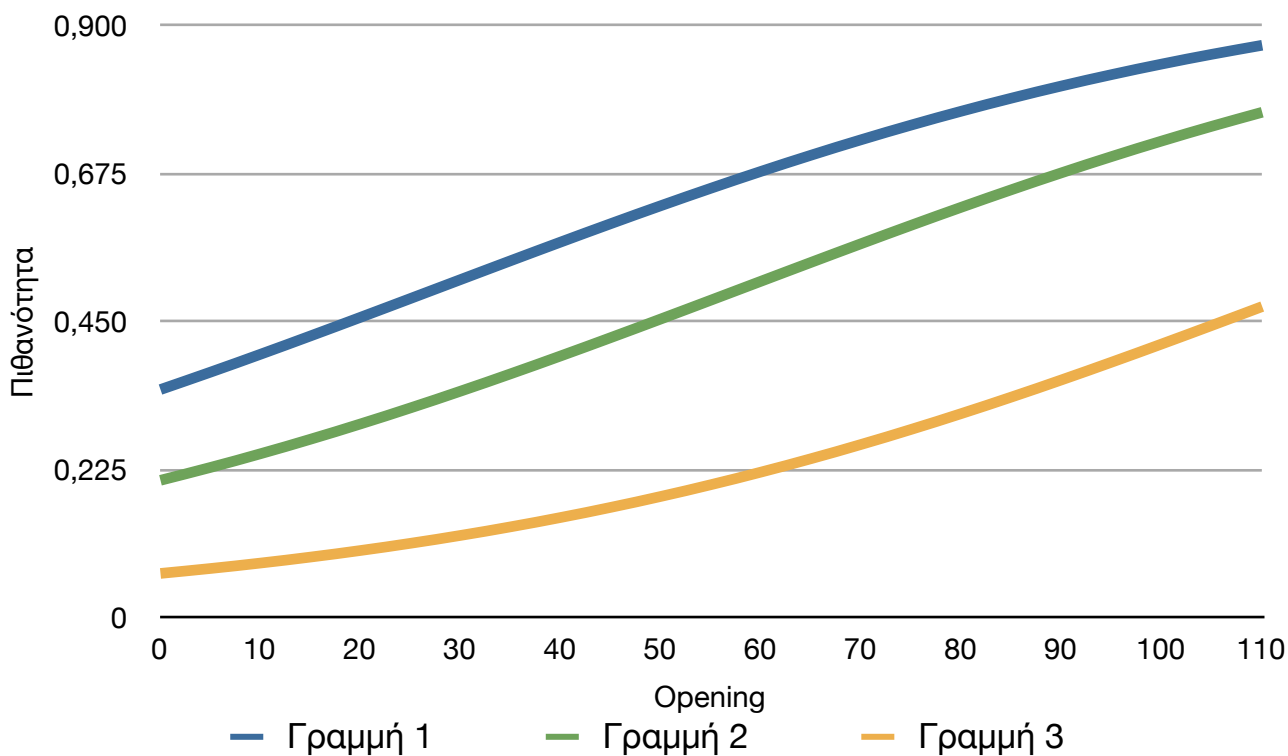


Διάγραμμα 17: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1

Πίνακας 42: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
V1	B1	-0,087	[0,180]		
lane	B2	-0,700	0	0	1
d0	B3	-0,009	30	30	30
helmet	B4	0,849	1	1	1
Opening	B5	0,023	40	20	20
Σταθερά	-	5,309	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας

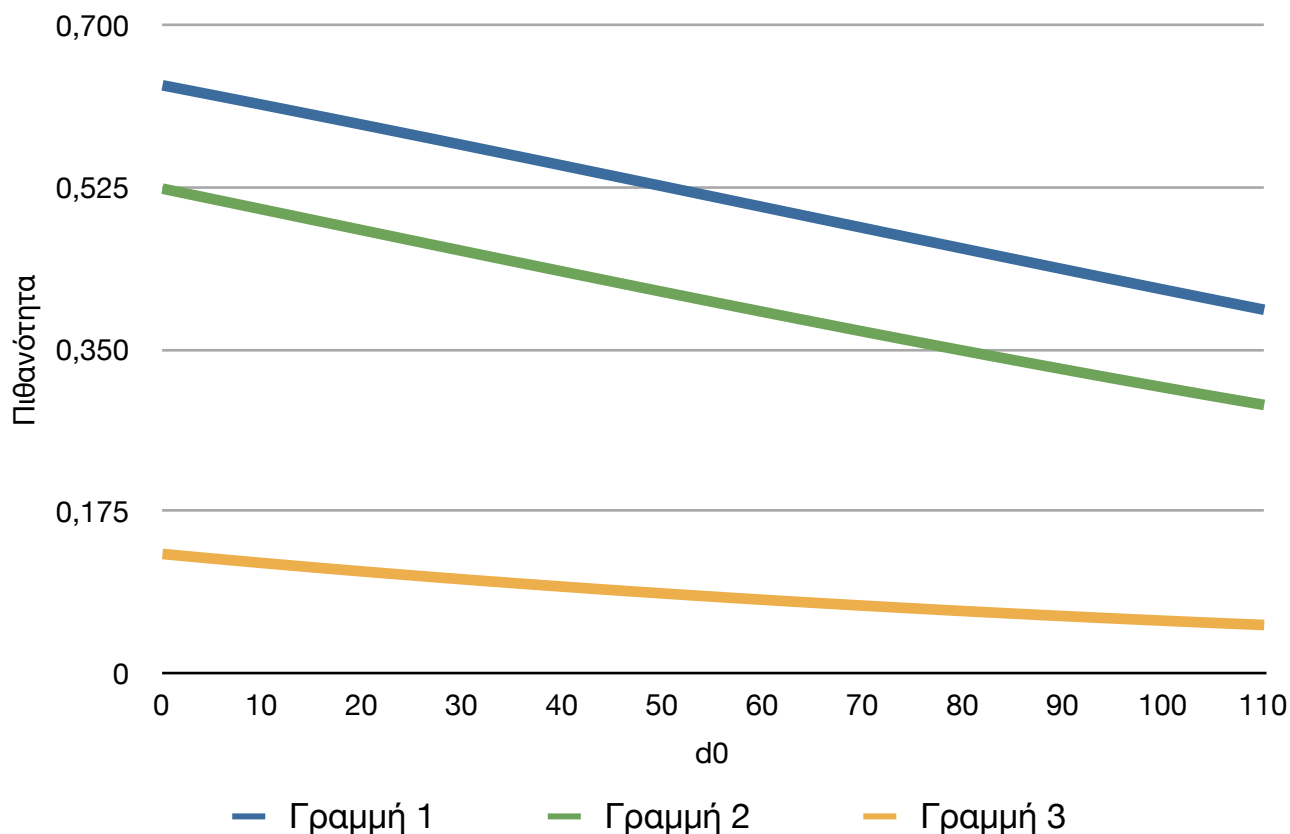


Διάγραμμα 18: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening

Πίνακας 43: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Opening	B1	0,023	[0,110]		
lane	B2	-0,700	0	1	1
d0	B3	-0,009	30	30	30
helmet	B4	0,849	1	1	1
v1	B5	-0,087	75	75	90
Σταθερά	-	5,309	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 19: Διάγραμμα Πιθανότητας-d0

Πίνακας 44: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 9ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
d0	B1	-0,009	[0,110]		
lane	B2	-0,700	0	0	1
Opening	B3	0,023	40	20	20
helmet	B4	0,849	1	1	1
V1	B5	-0,087	75	75	90
Σταθερά	-	5,309	-		

10η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Vm**, **VehType1**, **passenger**, **d2** και **DistanceXY**. Ο Πίνακας 45 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 45: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	145	81	64,2
	Ολοκληρώθηκε	50	247	83,2
Συνολικό Ποσοστό				75,0

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **75,0%** δηλαδή το 75,0% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $236/(61+236)=$ **83,2%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $134/(134+92)=$ **64,2%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $81/(81+247)=$ **24,7%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $50/(145+50)=$ **25,6%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=169,989**>>0.

Πίνακας 46: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Vm	0,073	0,010	51,931	1	0,000	1,076
Veh_Type1(1)	0,587	0,255	5,298	1	0,021	1,799
Veh_Type1(2)	-1,064	0,724	2,160	1	0,142	0,345
Veh_Type1(3)	0,305	0,412	0,547	1	0,460	1,356
passenger	-1,418	0,844	2,823	1	0,093	0,242
DistanceXY	-0,275	0,033	69,639	1	0,000	0,760
d2	0,010	0,006	3,017	1	0,082	1,010
Σταθερά	-3,855	0,786	24,076	1	0,000	0,021

$$\text{odds} = e^{(-3,855 + 0,073 * Vm + 0,587 * Veh_Type1(1) - 1,064 * Veh_Type1(2) + 0,305 * Veh_Type1(3) - 1,418 * passenger - 0,275 * DistanceXY + 0,010d2)}$$

Η μεταβλητή Vm θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h.

Η μεταβλητή DistanceXY προκύπτει ως η πιο σημαντική στατιστικά από τις υπόλοιπες, όμως έχει προηγηθεί η μελέτη της σημαντικότητάς της. Ως εκ τούτου και στις τρεις περιπτώσεις θα πάρει τη μέση τιμή της, δηλαδή 7m. Ομοίως με την μεταβλητή passenger που θα πάρει την τιμή 0.

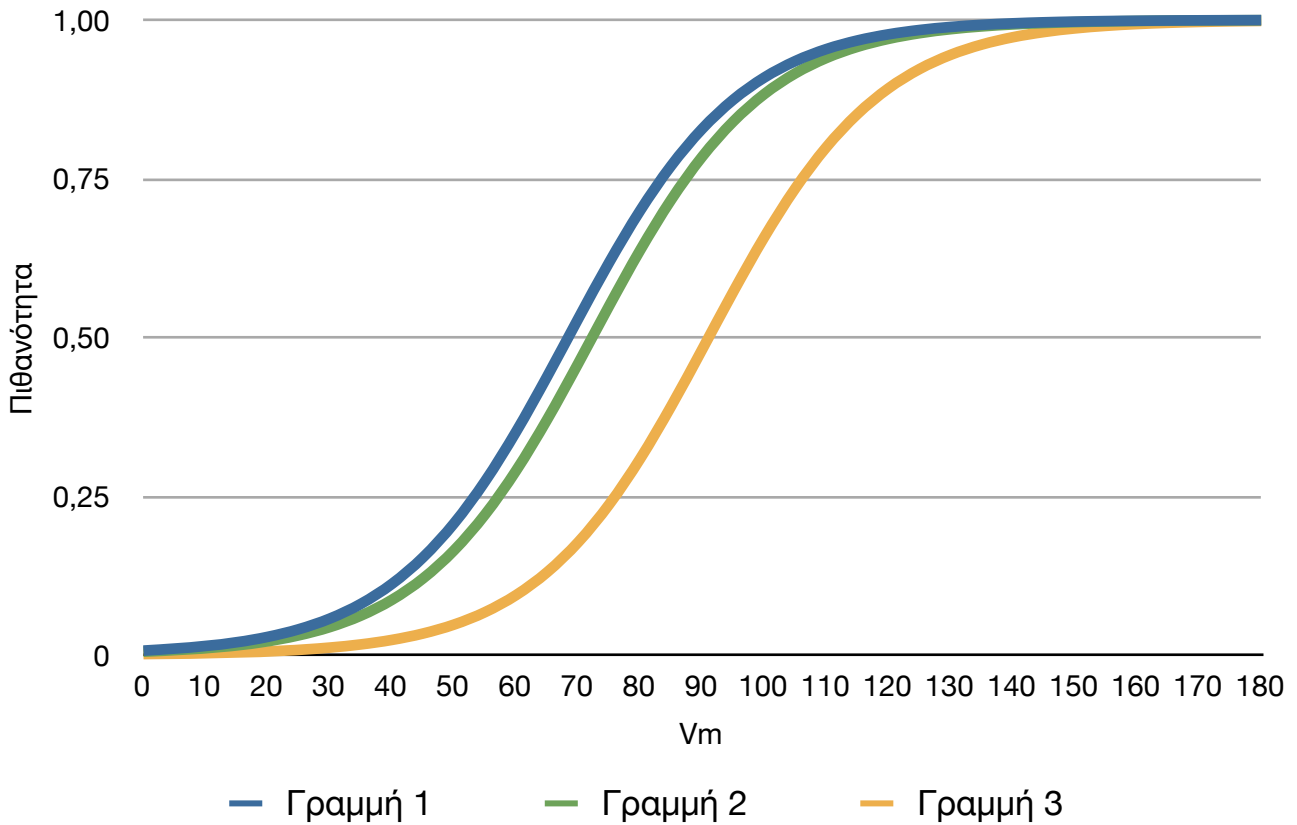
Η τιμή d2 στο πρώτο διάγραμμα παίρνει την μέση τιμή της, δηλαδή 20m ενώ στο δεύτερο διάγραμμα που ακολουθεί μεταφέρεται στον άξονα των τετμημένων για να δειχθεί γραμμικά η επίδραση που έχει στην πιθανότητα.

Στο διάγραμμα είναι ξεκάθαρη η επιρροή του VehType1 στην πιθανότητα να προσπεράσει κάποιο όχημα επιβεβαιώνοντας προηγούμενα συμπεράσματα για τη σειρά προτίμησης.

Πίνακας 47: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Vm	B1	0,073	[0,180]		
Veh_Type1(1)	B2	0,587	1	0	0
Veh_Type1(2)	B3	-1,064	0	0	1
Veh_Type1(3)	B4	0,305	0	1	0
passenger	B5	-1,418	0	0	0
DistanceXY	B6	-0,275	7	7	7
d2	B7	0,010	20	20	20
Σταθερά	-	-3,855	-		

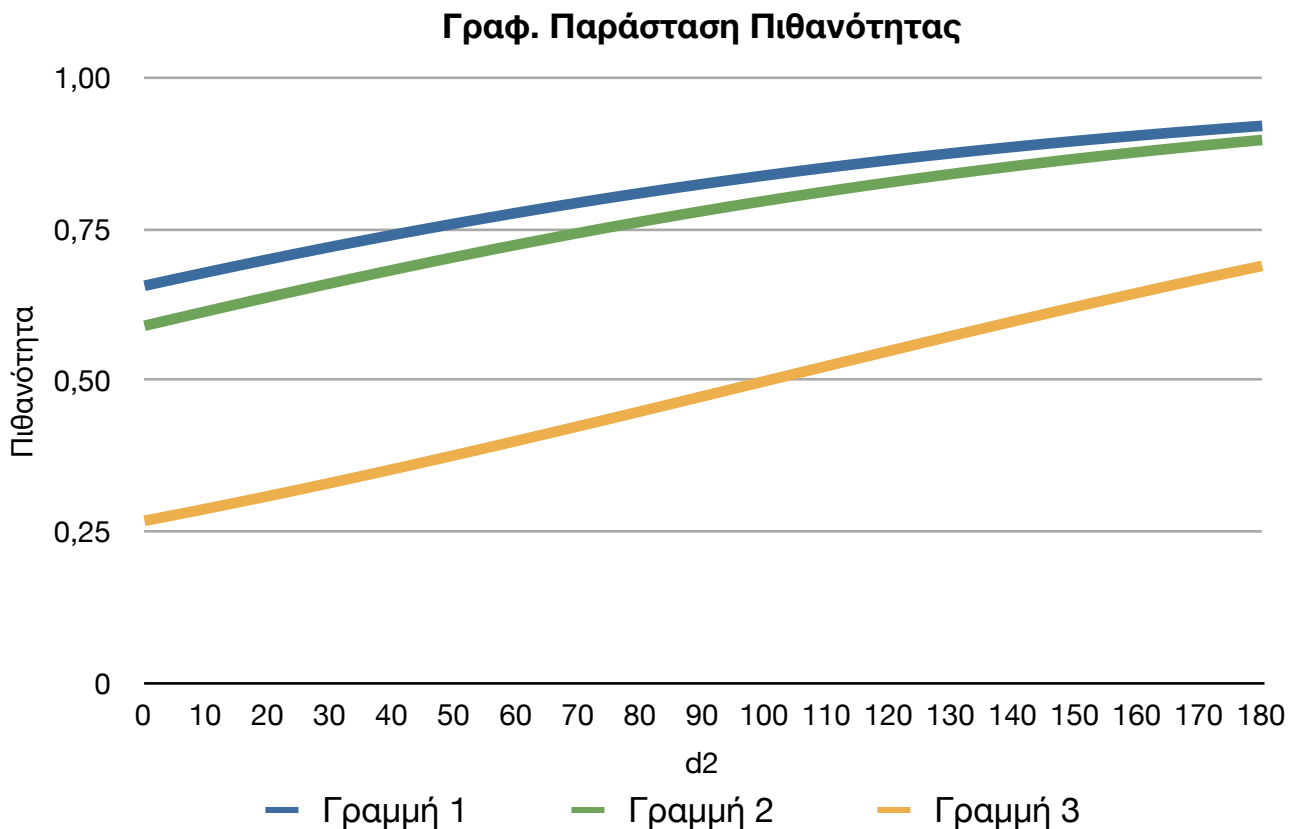
Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 20: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm

Πίνακας 48: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 10ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
d2	B1	0,010	[0,180]		
Veh_Type1(1)	B2	0,587	1	0	0
Veh_Type1(2)	B3	-1,064	0	0	1
Veh_Type1(3)	B4	0,305	0	1	0
passenger	B5	-1,418	0	0	0
DistanceXY	B6	-0,275	7	7	7
Vm	B7	0,073	80	80	80
Σταθερά	-	-3,855	-		



Διάγραμμα 21: Διάγραμμα Πιθανότητας-d2

4.5.4 Στατιστικές Αναλύσεις για τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού

Από τους πίνακες συσχετίσεων που παρατίθενται στην παράγραφο 4.5.1 είναι εμφανές ότι οι σημαντικές διαφορές που παρουσιάζονται στα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού από το σύνολο του δείγματος, είναι η σχετικά υψηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή Vm (ταχύτητα του δίκυκλου αντικειμένου) και η χαμηλότερη με τη μεταβλητή V1.

Ως εκ τούτου ακολουθούν δύο στατιστικές αναλύσεις με «βασικές» ανεξάρτητες μεταβλητές τη Vm και τη V1 για να παρουσιαστεί αριθμητικά το επίπεδο σημαντικότητας κάθε μεταβλητής.

11η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Vm**, **Veh_RL**, **platoon**, **V2**, **passenger** και **DistanceXY**. Ο Πίνακας 49 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 49: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	66	32	67,3
	Ολοκληρώθηκε	19	210	91,7
Συνολικό Ποσοστό				84,4

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **84,4%** δηλαδή το 84,4% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $210/(19+210)=$ **91,7%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $66/(66+32)=$ **67,3%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $32/(32+210)=$ **13,2%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $19/(66+19)=$ **22,4%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=133,323>>0**.

Πίνακας 50: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Vm	0,108	0,015	50,549	1	0,000	1,114
Veh_RL	1,123	0,321	12,266	1	0,000	3,073
platoon	-0,721	0,456	2,498	1	0,114	0,486
V2	-0,009	0,005	3,577	1	0,059	0,991
passenger	-0,502	0,769	0,427	1	0,514	0,605
DistanceXY	-0,174	0,039	20,285	1	0,000	0,841
Σταθερά	-7,048	1,260	31,268	1	0,000	0,001

$$\text{odds} = e^{(-7,048 + 0,108 * V_m + 1,123 * V_{eh_RL} - 0,721 * \text{platoon} - 0,009 * V_2 - 0,502 * \text{passenger} - 0,174 * \text{DistanceXY})}$$

Η μεταβλητή V_m θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h.

Η μεταβλητή DistanceXY προκύπτει ως η πιο σημαντική στατιστικά από τις υπόλοιπες, όμως έχει προηγηθεί γι' αυτό και η επιρροή της θα παρουσιαστεί και γραφικά σε δεύτερο διάγραμμα. Ως εκ τούτου, για το πρώτο διάγραμμα και στις τρεις περιπτώσεις θα πάρει τη μέση τιμή της, δηλαδή 7m. Ομοίως με την μεταβλητή passenger που θα πάρει την τιμή 0.

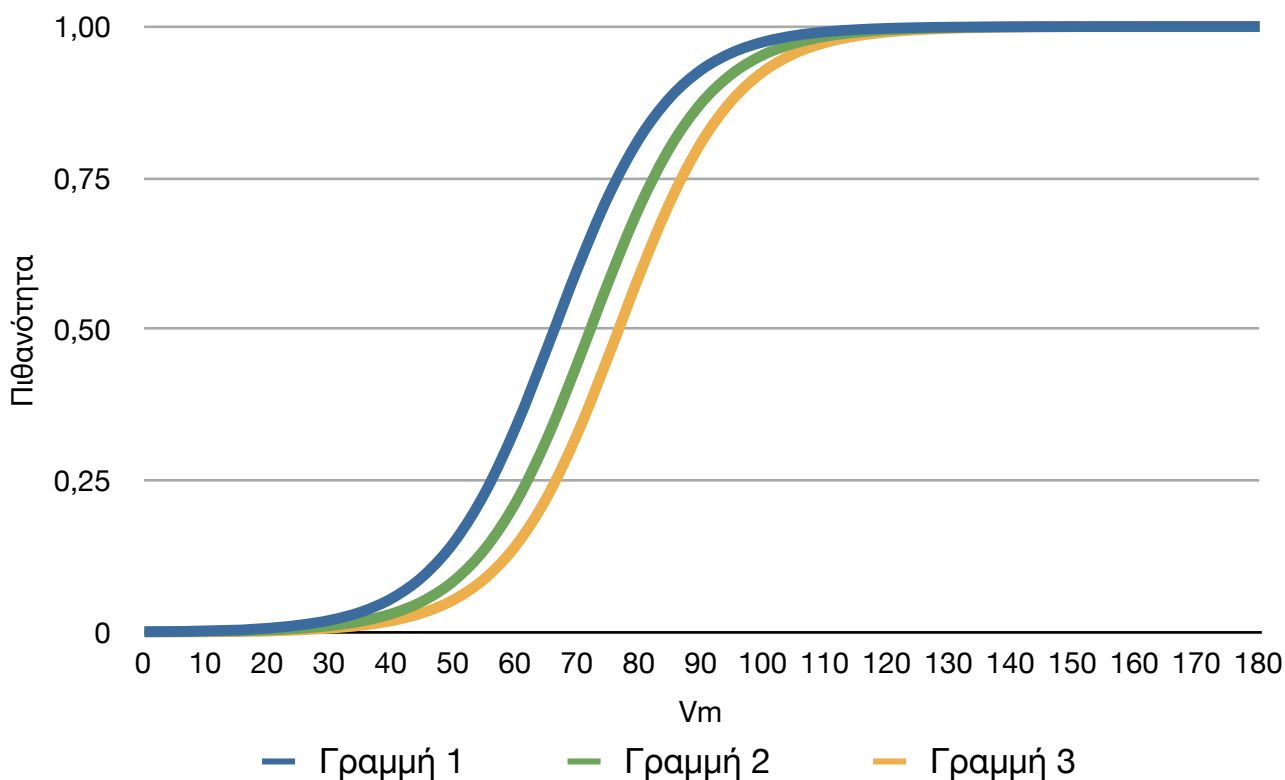
Η μεταβλητή V_{eh_RL} επίσης εμφανίζεται ως στατιστικά σημαντική. Συγκεκριμένα, παρατηρείται από τη στήλη $\text{Exp}(B)$ ότι όταν το όχημα που προσπερνάται κινείται στη δεξιά λωρίδα τότε η αναλογία πιθανοτήτων να προσπεραστεί από ένα δίκυκλο υψηλού κυβισμού είναι 3 φορές μεγαλύτερη.

Η τιμή V_2 θα πάρει την τιμή 0 και 70 km/h. Η πρώτη αντιπροσωπεύει το γεγονός ότι δεν υπήρχε στην περίπτωση που εξετάζεται όχημα να ακολουθεί, ενώ η δεύτερη είναι η μέση τιμή που παρουσιάστηκε για την ταχύτητα των οχημάτων τύπου 2, όπως κωδικοποιήθηκαν στην αρχή των μετρήσεων.

Πίνακας 51: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
V_m	B1	0,108	[0,180]		
V_{eh_RL}	B2	1,123	1	1	0
platoon	B3	-0,721	0	0	0
V_2	B4	-0,009	0	70	0
passenger	B5	-0,502	0	0	0
DistanceXY	B6	-0,174	7	7	7
Σταθερά	-	-3,855	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



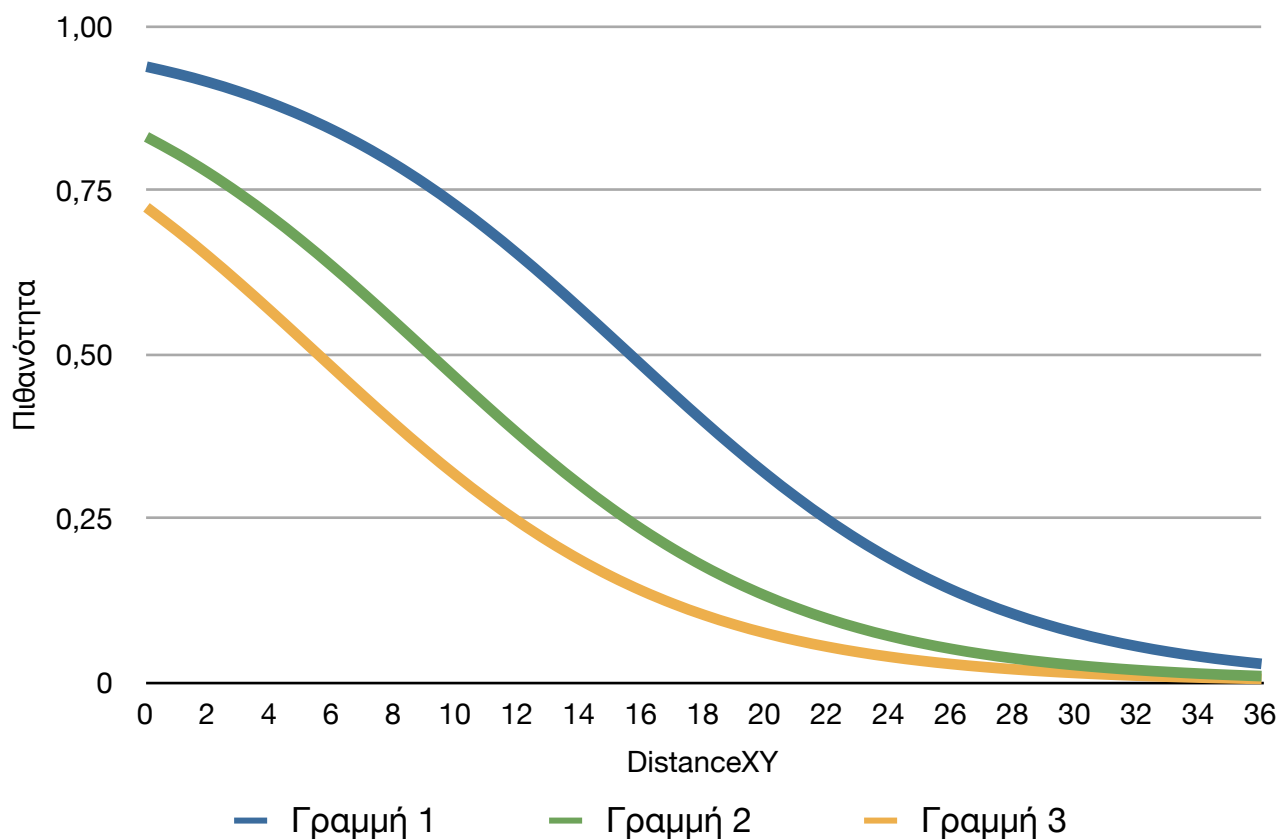
Διάγραμμα 22: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm

Παρατηρείται ότι όταν το ένα δίκυκλο μεγάλου κυβισμού κινείται με τη μέση ταχύτητα (80km/h) τότε η πιθανότητα να προσπεράσει ένα όχημα που κινείται στη δεξιά λωρίδα είναι 82% ενώ όταν κινείται στην αριστερή είναι 60%.

Πίνακας 52: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 11ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
DistanceXY	B1	-0,174	[0,36]		
Vm	B2	0,108	80	80	80
platoon	B3	-0,721	0	0	0
V2	B4	-0,009	0	0	70
passenger	B5	-0,502	0	0	0
Veh_RL	B6	1,123	1	0	0
Σταθερά	-	-7,048	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 23: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

12η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή V1

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **V1**, **Veh_Type1**, **platoon**, **d1**, **helmet**, **passenger** και **V3**. Ο Πίνακας 53 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 53: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	23	75	23,5
	Ολοκληρώθηκε	15	214	93,4
Συνολικό Ποσοστό				72,5

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **72,5%** δηλαδή το 72,5% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $214/(15+214)=$ **93,4%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $23/(23+75)=$ **23,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $75/(75+214)=$ **25,9%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $15/(23+15)=$ **39,5%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=48,702**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type1 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 54: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου		
			[1]	[2]	[3]
Vehicle1 Type	Car	335	1	0	0
	Moped	58	0	1	0
	Motorcycle	26	0	0	1
	Truck	15	0	0	0

Πίνακας 55: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
V1	-0,038	0,013	8,539	1	0,003	0,962
Veh_Type1(1)	-0,532	0,527	1,020	1	0,313	0,587
Veh_Type1(2)	1,323	0,693	3,639	1	0,056	3,754
Veh_Type1(3)	-0,661	0,857	0,594	1	0,441	0,516
platoon	-0,665	0,390	2,907	1	0,088	0,514
d1	-0,008	0,004	3,340	1	0,068	0,992
helmet	1,296	0,522	6,174	1	0,013	3,654
passenger	-1,008	0,677	2,217	1	0,136	0,365
V3	-0,007	0,005	2,195	1	0,138	0,993
Σταθερά	3,278	1,059	9,576	1	0,002	26,523

$$\text{odds} = e^{(-3,278 - 0,038 \cdot V1 - 0,532 \cdot \text{Veh_Type1}(1) + 1,323 \cdot \text{Veh_Type1}(2) - 0,661 \cdot \text{Veh_Type1}(3) - 0,665 \cdot \text{platoon} - 0,008 \cdot d1 + 1,296 \cdot \text{helmet} - 1,008 \cdot \text{passenger} - 0,007 \cdot V3)}$$

Η μεταβλητή V1 θα πάρει τιμές από 0 μέχρι +180 km/h.

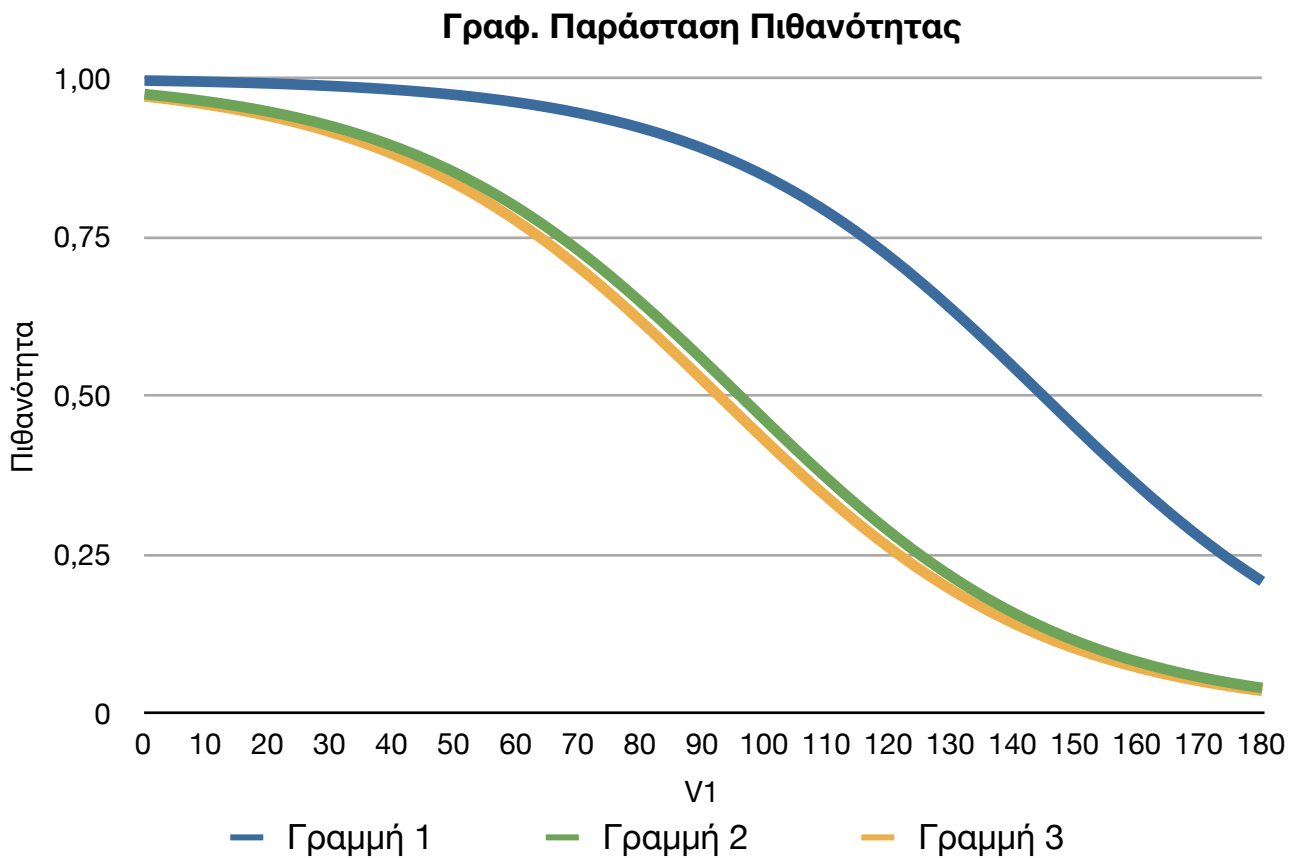
Η μόνη στατιστικά σημαντική μεταβλητή είναι η helmet, όμως και στις 3 περιπτώσεις θα πάρει την τιμή 1, δηλαδή ότι ο αναβάτης φοράει κράνος, γεγονός που είναι και το πιο σύνηθες. Το ίδιο θα συμβεί και με τις μεταβλητές platoon και passenger, ενώ η V3 θα πάρει την τιμή 0, δηλαδή ότι δεν υπάρχει το όχημα 3.

Η μεταβλητή d1 θα πάρει επίσης τη μέση τιμή της η οποία ισούται με 50m.

Στο γράφημα που ακολουθεί θα διαφοροποιείται στον άξονα των τετμημένων η μεταβλητή V1, ενώ οι 3 διαφορετικές καμπύλες θα αντιπροσωπεύουν δίκυκλο μικρού κυβισμού, αυτοκίνητο και δίκυκλο μεγάλου κυβισμού.

Πίνακας 56: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 12ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
V1	B1	-0,038	[0,180]		
Veh_Type1(1)	B2	-0,532	0	1	0
Veh_Type1(2)	B3	1,323	1	0	0
Veh_Type1(3)	B4	-0,661	0	0	1
platoon	B5	-0,665	0	0	0
d1	B6	-0,008	20	20	20
helmet	B7	1,296	0	0	0
passenger	B8	-1,008	0	0	0
V3	B9	-0,007	0	0	0
Σταθερά	-	-3,855	-		



Διάγραμμα 24: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1

4.5.5 Στατιστικές Αναλύσεις για προσπεράσεις On The Fly

Από τους πίνακες συσχετίσεων που παρατίθενται στην παράγραφο 4.5.1 παρατηρείται ότι οι υψηλές συσχετίσεις στις προσπεράσεις On the Fly παρουσιάζονται στις ίδιες μεταβλητές με το σύνολο του δείγματος.

Όπως αναμενόταν έχει ανέβει συγκριτικά με άλλες μεταβλητές η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών Over-Lane και Over-Veh_RL, ενώ αντίθετα έχει πέσει η συσχέτιση με τη μεταβλητή Opening.

Γι' αυτό το λόγο στις αναλύσεις που θα ακολουθήσουν θα παρουσιαστεί το επίπεδο σημαντικότητας των παραπάνω παραγόντων, ενώ θα δημιουργηθούν διάγραμμα που να καλύπτουν πλήθος περιπτώσεων για να γίνει καλύτερα κατανοητό το επίπεδο σημαντικότητας των λωρίδων κίνησης των δύο οχημάτων που αλληλεπιδρούν στην απόφαση του δικυκλιστή για προσπέραση ή όχι.

13η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Veh_RL

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Veh_RL**, **Veh_TypeM**, **platoon**, **V2**, **passenger** και **DistanceXY**. Ο Πίνακας 57 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 57: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	90	82	52,3
	Ολοκληρώθηκε	38	245	86,6
Συνολικό Ποσοστό				73,6

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **73,6%** δηλαδή το 73,6% των κινήσεων των δίκυκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $245/(38+245)=$ **86,6%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $90/(90+82)=$ **52,3%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $82/(82+245)=$ **25,1%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $38/(38+90)=$ **29,7%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=107,680**>>0.

Πίνακας 58: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Veh_RL	1,448	0,230	39,583	1	0,000	4,256
Veh_TypeM	1,006	0,235	18,312	1	0,000	2,736
platoon	-0,057	0,336	0,028	1	0,866	0,945
V2	-0,009	0,003	8,646	1	0,003	0,991
passenger	-0,249	0,734	0,115	1	0,734	0,779
DistanceXY	-0,217	0,034	41,583	1	0,000	0,805
Σταθερά	1,046	0,284	13,587	1	0,000	2,847

$odds=e^{(1,046+1,448*Veh_RL+1,006*Veh_TypeM-0,057*platoon-0,009*V2-0,249*passenger-0,217*DistanceXY)}$

Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές είναι οι DistanceXY, Veh_RL και Veh_TypeM.

Η μεταβλητή DistanceXY θα πάρει τιμές από 0 μέχρι 36 m. Οι υπόλοιπες δύο κατηγορικές μεταβλητές παίρνουν τιμές 0 ή 1, ενώ προκύπτουν 4 διαφορετικοί συνδυασμοί οι οποίοι θα παρουσιαστούν στο παρακάτω διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY.

Η μεταβλητή V2 θα πάρει τη μέση της τιμή η οποία είναι ίση 70 km/h, ενώ οι μεταβλητές passenger και platoon θα πάρουν τις τιμές 0, που είναι και οι συνήθεις περιπτώσεις.

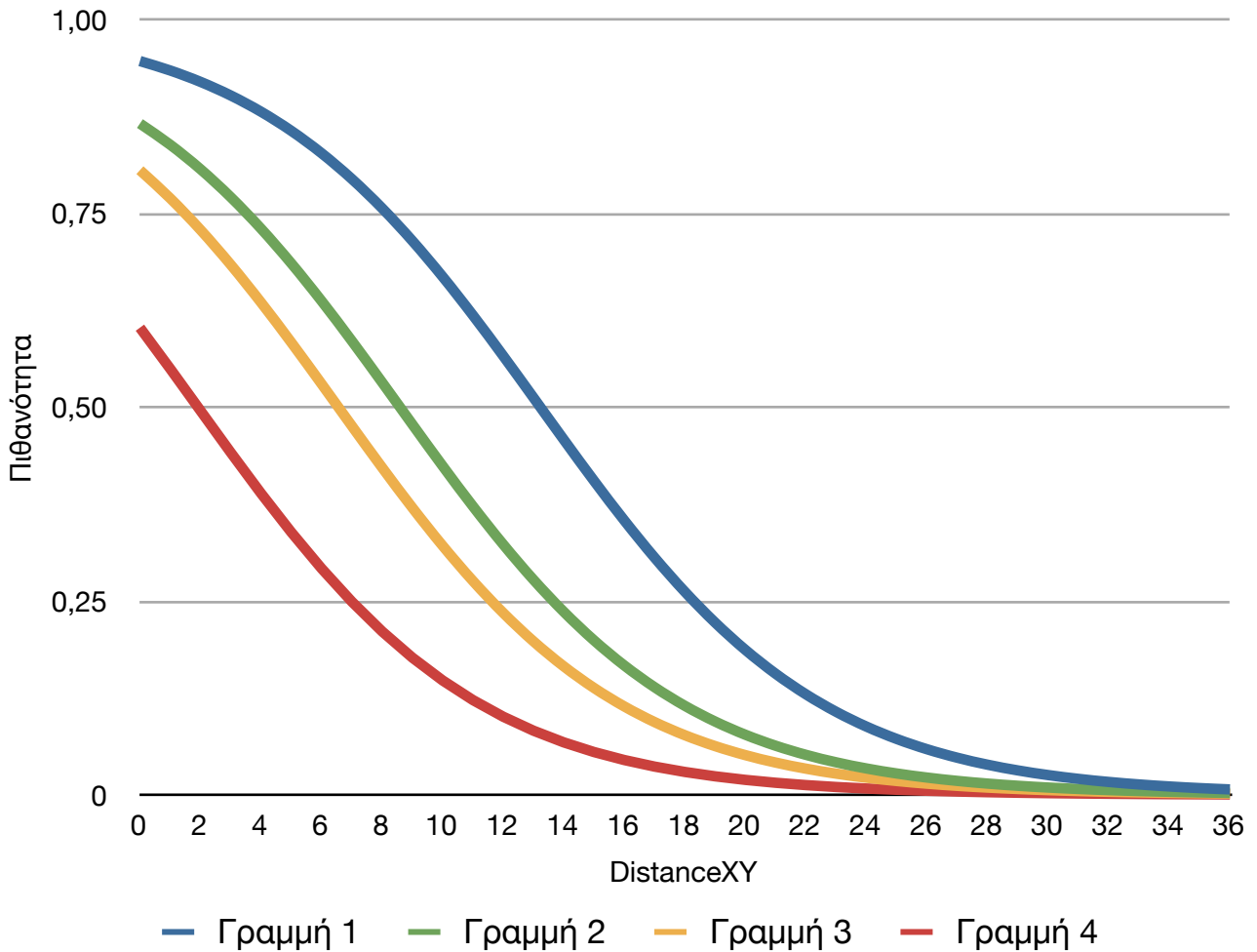
Πίνακας 59: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 13ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3	Γραμμή 4
DistanceXY	B1	-0,217	[0,36]			
Veh_TypeM	B2	1,006	1	0	1	0
platoon	B3	-0,057	0	0	0	0
V2	B4	-0,009	70	70	70	70
passenger	B5	-0,249	0	0	0	0
Veh_RL	B6	1,448	1	1	0	0
Σταθερά	-	1,046	-			

Από τη στήλη Exp(B) είναι φανερό ότι όταν το όχημα που προσπερνάται κινείται στην δεξιά λωρίδα η αναλογία πιθανοτήτων είναι 4,3 φορές αυξημένη απ' όταν κινείται στην αριστερή. Παρομοίως, τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού έχουν 2,7 φορές αυξημένη αναλογία πιθανοτήτων να προσπεράσουν απ' ότι τα δίκυκλα μικρού κυβισμού.

Παρατηρείται επίσης στο διάγραμμα που ακολουθεί ότι όταν η τιμή της DistanceXY είναι ίση με τη μέση της τιμή, δηλαδή στα 7m, τότε η μέγιστη πιθανότητα στην ευνοϊκότερη περίπτωση είναι 80% ενώ στη δυσμενέστερη 25%.

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 25: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

14η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Lane

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **lane**, **platoon**, **helmet**, **passenger** και **opening**. Ο Πίνακας 60 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 60: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	70	102	40,7
	Ολοκληρώθηκε	41	242	85,5
Συνολικό Ποσοστό				68,6

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **68,6%** δηλαδή το 68,6% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $242/(41+242)=$ **85,5%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $70/(70+102)=$ **40,7%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $102/(102+242)=$ **29,7%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $41/(41+70)=$ **36,9%**, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=61,514**>>0.

Πίνακας 61: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
lane	-1,106	0,209	28,014	1	0,000	0,331
Opening	0,028	0,006	25,458	1	0,000	1,029
platoon	-0,017	0,314	0,003	1	0,956	0,983
helmet	0,437	0,397	1,212	1	0,271	1,548
passenger	-0,049	0,727	0,005	1	0,946	0,952
Σταθερά	-0,236	0,412	0,329	1	0,566	0,790

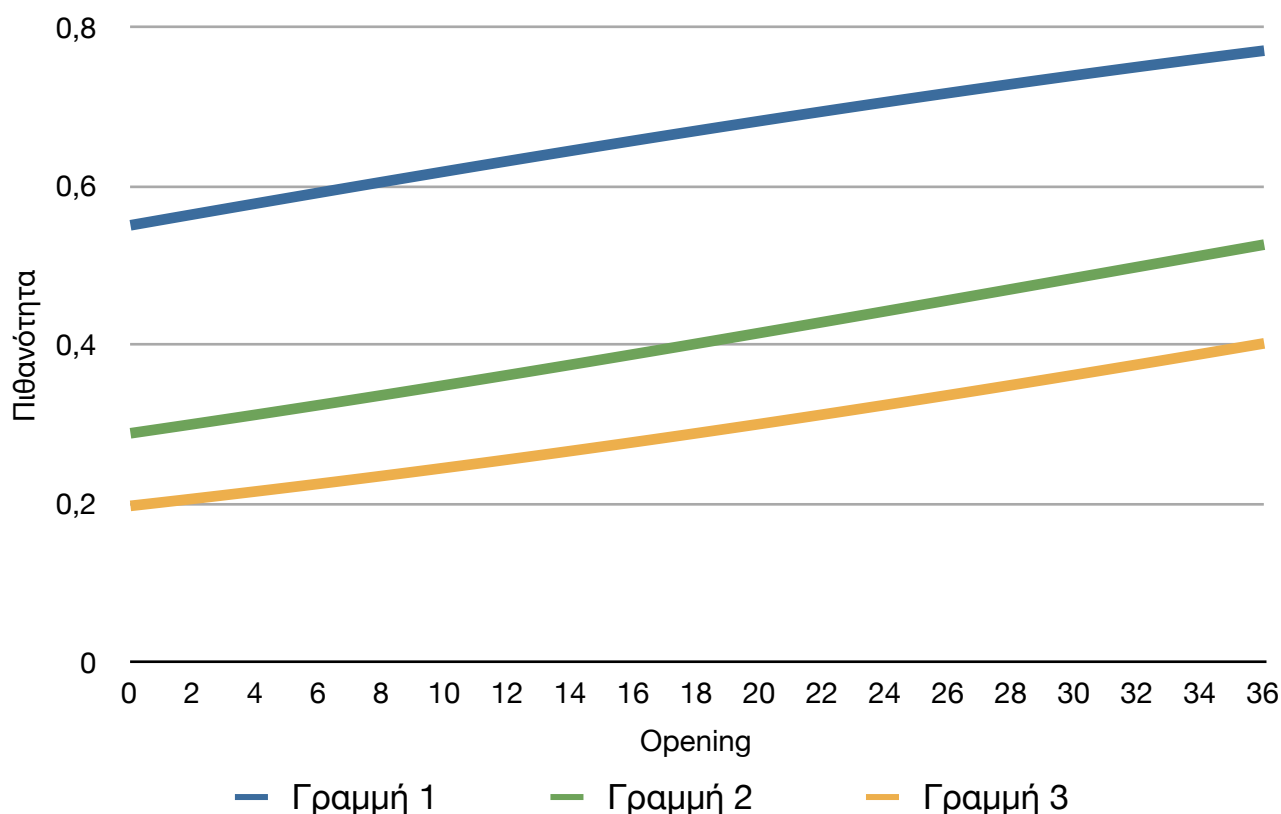
$odds=e^{(-0,236-1,106*lane+0,028*Opening-0,017*platoon+0,437*helmet-0,049*passenger)}$

Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές είναι οι lane και opening. Παρατηρείται μέσω της στήλης Exp(B) ότι όταν το αντικείμενο δίκυκλο κινείται στη δεξιά λωρίδα η αναλογία πιθανοτήτων είναι μειωμένη κατά 0.331 φορές, ενώ κάθε μέτρο αύξησης του ανοίγματος προκαλεί αύξηση κατά 1,029 φορές.

Πίνακας 62: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 14ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Opening	B1	0,028	[0,36]		
lane	B2	-1,106	0	1	1
platoon	B3	-0,017	0	0	1
helmet	B4	0,437	1	1	0
passenger	B5	-0,049	0	0	1
Σταθερά	-	-0,236	-		

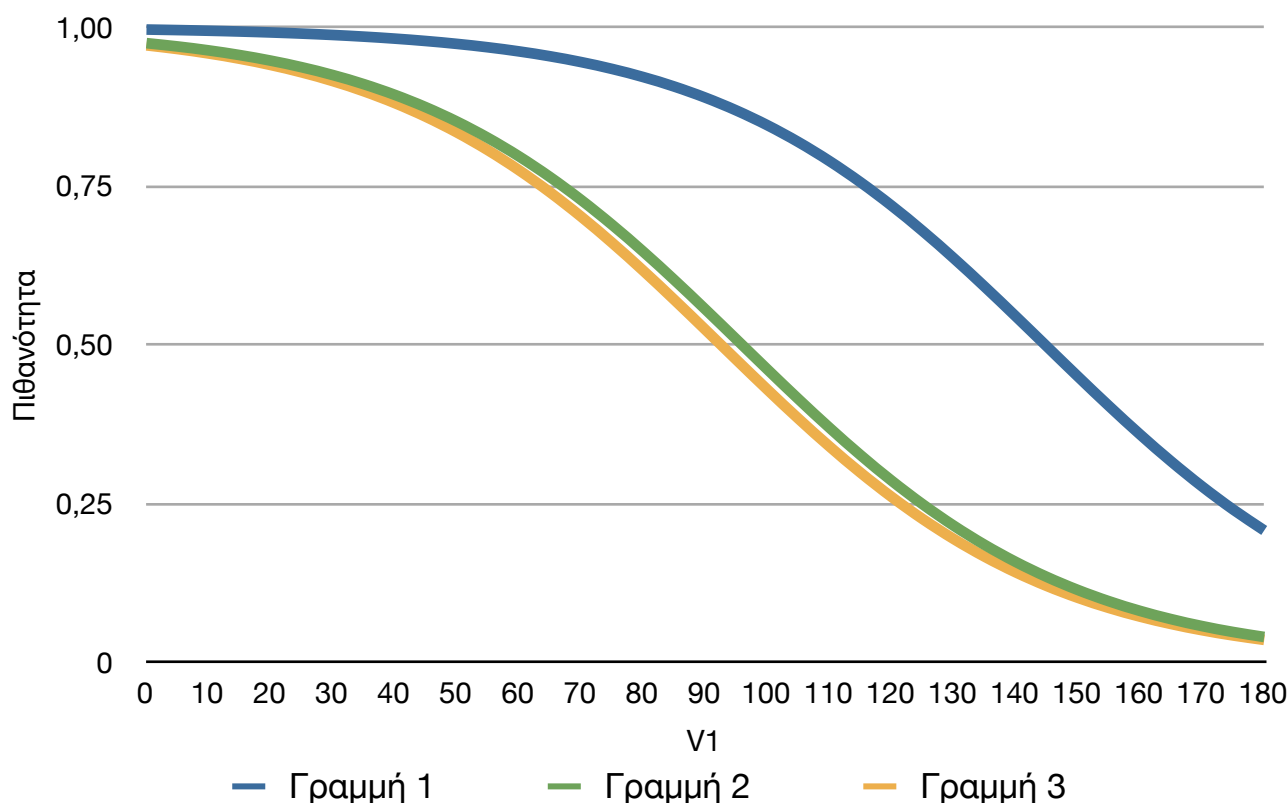
Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 26: Διάγραμμα Πιθανότητας-Opening

Παρατηρείται η έντονη διαφοροποίηση στην καμπύλη της πιθανότητας όταν το αντικείμενο δίκυκλο κινείται στην αριστερή λωρίδα σε σχέση με τη δεξιά. Παρατηρείται ότι για τη μέση τιμή της μεταβλητής Opening (=20m) τότε η πιθανότητα είναι κοντά στο 70% στην πρώτη περίπτωση ενώ στη δεύτερη στο 30%.

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 27: Διάγραμμα Πιθανότητας-V1

15η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Diff, platoon, d2, helmet** και **DistanceXY**. Ο Πίνακας 63 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 63: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	132	40	76,7
	Ολοκληρώθηκε	28	255	90,1
Συνολικό Ποσοστό				85,1

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **85,1%** δηλαδή το 85,1% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $255/(28+255)= 90,1\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $132/(40+132)= 76,7\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $40/(40+255)= 13,6\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $28/(132+28)= 17,5\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=275,384**>>0.

Πίνακας 64: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Diff	0,181	0,018	99,343	1	0,000	1,198
platoon	-0,312	0,417	0,561	1	0,454	0,733
d2	0,018	0,008	5,493	1	0,019	1,018
helmet	0,371	0,539	0,474	1	0,491	1,458
DistanceXY	-0,263	0,043	38,114	1	0,000	0,768
Σταθερά	-0,822	0,603	1,861	1	0,172	0,436

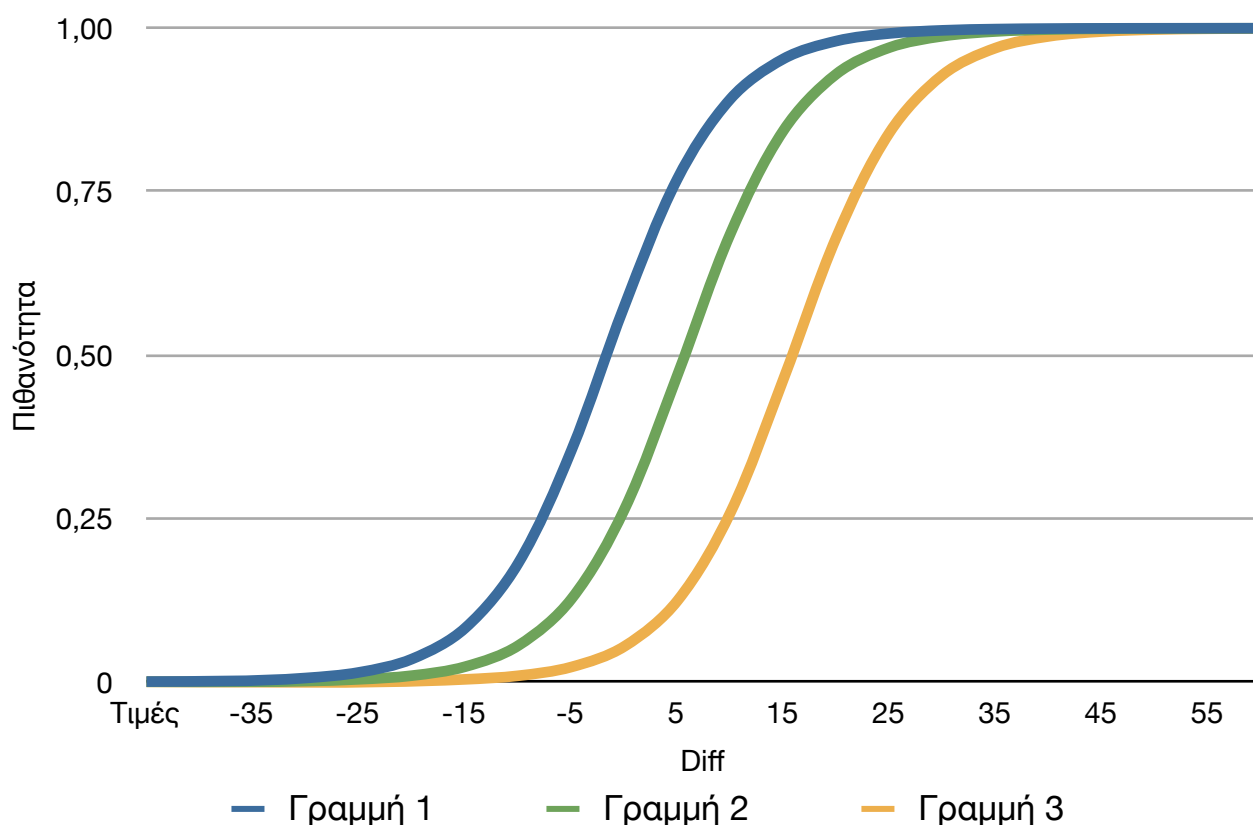
$$\text{odds} = e^{(-0,822 - 0,181 \cdot \text{Diff} - 0,312 \cdot \text{platoon} + 0,018 \cdot \text{d2} + 0,371 \cdot \text{helmet} - 0,264 \cdot \text{DistanceXY})}$$

Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές είναι οι Diff, DistanceXY και d2. Παρατηρείται μέσω της στήλης Exp(B) ότι όταν η διαφορά ταχύτητας των δύο οχημάτων είναι κατά 1 km/h μεγαλύτερη τότε η αναλογία πιθανοτήτων είναι αυξημένη κατά 1.198 ενώ κάθε μέτρο απομάκρυνσης του αντικειμένου δικύκλου από το όχημα που προσπερνάται τη μειώνει κατά 0.768 φορές.

Πίνακας 65: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 15ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3
Diff	B1	0,181	[-50,50]		
platoon	B2	-0,312	0	0	1
d2	B3	0,018	50	20	0
helmet	B4	0,371	1	1	0
DistanceXY	B5	-0,263	4	7	10
Σταθερά	-	-0,830	-		

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 28: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff

Τα αποτελέσματα δε διαφέρουν σημαντικά από τις προηγούμενες περιπτώσεις. Παρατηρείται δηλαδή ότι ακόμη και στη δυσχερέστερη περίπτωση, μία διαφορά ταχύτητας της τάξης των 15 km/h είναι αρκετή για να έχουμε 50% για προσπέραση. Από τη γραμμή 2, δηλαδή όταν οι τιμές των μεταβλητών παίρνουν τις μέσες τιμές παρατηρείται ότι η ίδια πιθανότητα προσπέρασης εμφανίζεται για διαφορά ταχύτητας 5km/h ενώ στην ευνοϊκότερη στα -5km/h.

4.5.6 Στατιστικές Αναλύσεις για προσπεράσεις Lane Changing

Από τους πίνακες συσχετίσεων που παρατίθενται στην παράγραφο 4.5.1 παρατηρείται ότι οι υψηλές συσχετίσεις στις προσπεράσεις Lane Changing παρουσιάζονται στις ίδιες μεταβλητές με το σύνολο του δείγματος.

Αυτό που διαφοροποιείται είναι η έντονη αύξηση της συσχέτισης με τη μεταβλητή Vm, δηλαδή την ταχύτητα του αντικειμένου δικύκλου όπως και η μεταβλητή s_x, δηλαδή η κάθετη απόσταση από τον άξονα του οχήματος που προσπερνάται. Επιπλέον, σημαντικά έχει ανέβει η συσχέτιση με τη μεταβλητή passenger και opening ενώ είναι η μόνη ομάδα περιπτώσεων που παρουσιάζεται συσχέτιση με τις μεταβλητές platoon και sum_platoon.

16η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Vm

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Vm**, **Veh_Type1**, **platoon**, **d2** και **DistanceXY**. Ο Πίνακας 66 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 66: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	103	49	67,8
	Ολοκληρώθηκε	33	210	86,4
Συνολικό Ποσοστό				79,2

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **79,2%** δηλαδή το 79,2% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $210/(33+210)=$ **86,4%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $103/(103+49)=$ **67,8%**, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $49/(49+210)= 18,9\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $33/(103+33)= 24,3\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=173,858**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type1 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 67: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου		
			[1]	[2]	[3]
Vehicle1 Type	Car	271	0	0	0
	Moped	94	1	0	0
	Motorcycle	6	0	1	0
	Truck	24	0	0	1

Πίνακας 68: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Vm	0,111	0,014	64,935	1	0,000	1,117
Veh_Type1(1)	-0,070	0,330	0,045	1	0,832	0,932
Veh_Type1(2)	-3,102	1,811	2,935	1	0,087	0,045
Veh_Type1(3)	-0,472	0,552	0,733	1	0,392	0,624
platoon	-0,461	0,419	1,212	1	0,271	0,630
d2	0,021	0,009	6,295	1	0,012	1,022
DistanceXY	-0,243	0,037	44,310	1	0,000	0,784
Σταθερά	-6,504	1,045	38,757	1	0,000	0,001

$odds=e^{(-6,504+0,111*Vm-0,070*Veh_Type1(1)-3,102*Veh_Type1(2)-0,472*Veh_Type1(3)-0,461*platoon+0,021*d2-0,243*DistanceXY)}$

Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές είναι οι Vm και DistanceXY.

Παρατηρείται μέσω της στήλης Expr(B) στην μεταβλητή Veh_Type1 ότι στις προσπεράσεις Lane Changing υπάρχει μια σημαντική διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες που είχε χωριστεί το δείγμα μας. Συγκεκριμένα, ο δικυκλιστής έχει περισσότερες πιθανότητες να προσπεράσει ένα αυτοκίνητο, έπειτα δίκυκλο μικρού κυβισμού, φορτηγό και τέλος δίκυκλο μεγάλου κυβισμού.

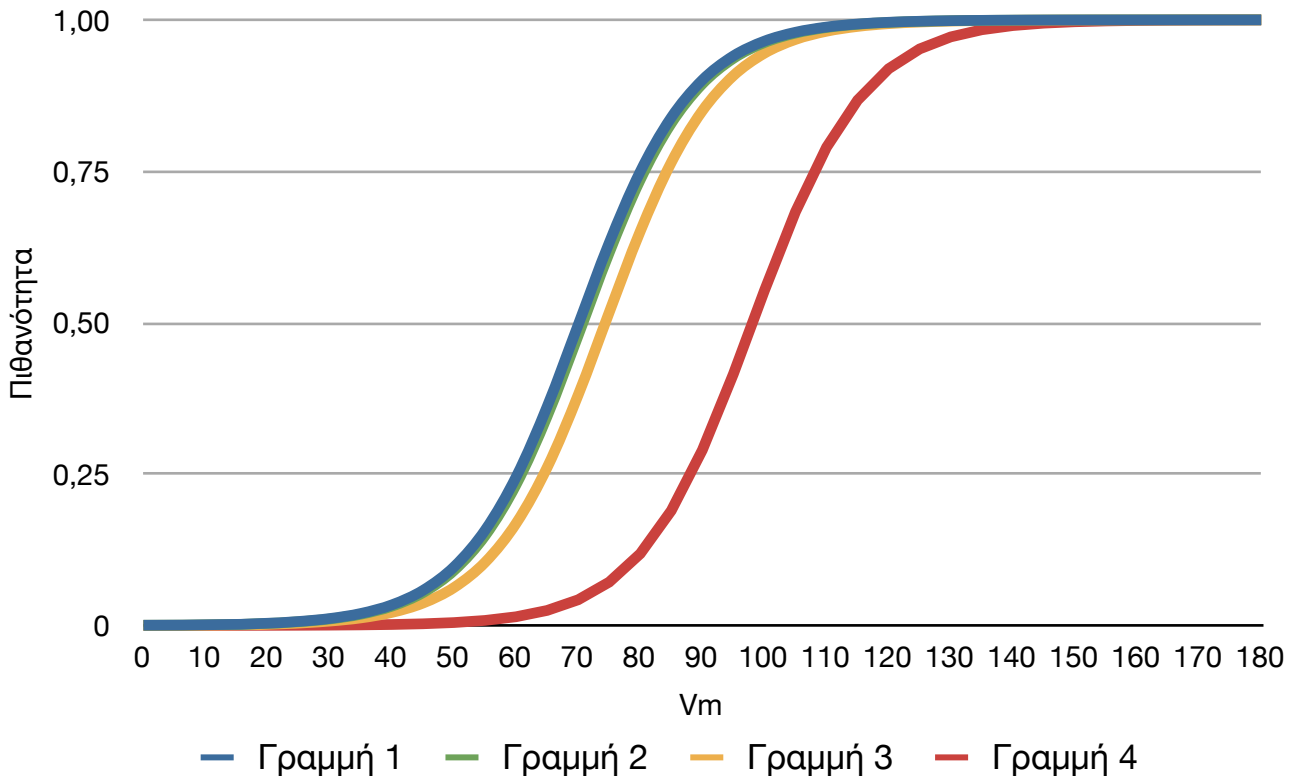
Το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία δύο διαγραμμάτων. Γι' αυτό σε καθένα από αυτά θα μένουν σταθερές ίσες με τη μέση τιμή όλες οι μετρικές μεταβλητές, ενώ θα μεταβάλλεται μονάχα αυτή που βρίσκεται στον άξονα των τετμημένων.

Η μεταβλητή platoon θα πάρει την τιμή 0 σε όλες τις περιπτώσεις αφού είναι και η πιο συνήθης περίπτωση όπως καταγράφηκε από τις μετρήσεις που έγιναν.

Πίνακας 69: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3	Γραμμή 4
Vm	B1	0,111	[0,180]			
Veh_Type1(1)	B2	-0,070	0	1	0	0
Veh_Type1(2)	B3	-3,102	0	0	0	1
Veh_Type1(3)	B4	-0,472	0	0	1	0
platoon	B5	-0,461	0	0	0	0
d2	B6	0,021	20	20	20	20
DistanceXY	B7	-0,243	7	7	7	7
Σταθερά	-	-6,504	-			

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 29: Διάγραμμα Πιθανότητας-Vm

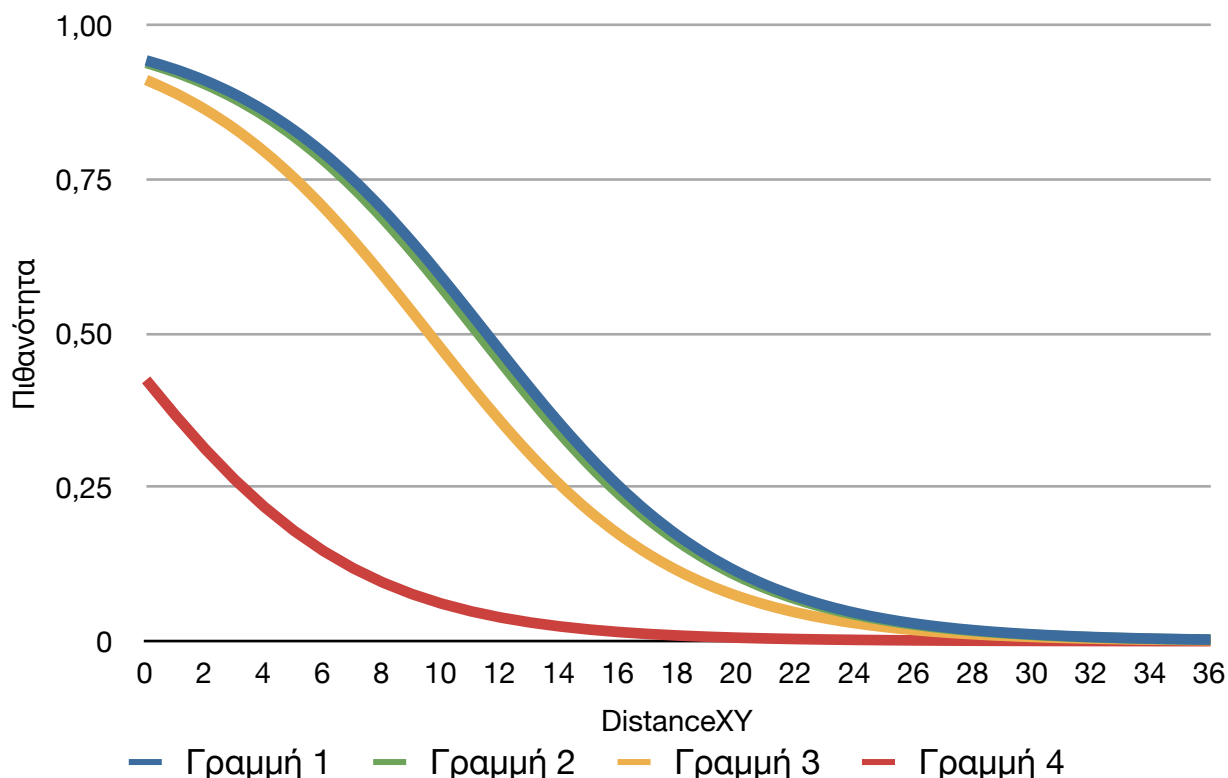
Παρατηρείται η μικρή διαφοροποίηση μεταξύ αυτοκινήτου, δίκυκλα μικρού κυβισμού και φορτηγών. Για να προσπεραστούν δίκυκλα μεγάλου κυβισμού απαιτείται μεγαλύτερη ταχύτητα (ώστε οι πιθανότητα προσπέρασης να είναι σχετικά μεγάλη) αφού στο σημείο που έγιναν οι μετρήσεις, οι μοτοσυκλέτες είχαν κατά πλειοψηφία μεγάλες ταχύτητες.

Τέλος, παρατηρείται ότι για την ταχύτητα των 80km/h που αποτελεί και τη μέση ταχύτητα στην περιοχή μελέτης, για τις δύο πρώτες κατηγορίες είναι κοντά στο 75%, για τα φορτηγά στο 65% ενώ για τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού μόλις στο 12%.

Πίνακας 70: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 16ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3	Γραμμή 4
DistanceXY	B1	-0,243	[0,36]			
Veh_Type1(1)	B2	-0,070	0	1	0	0
Veh_Type1(2)	B3	-3,102	0	0	0	1
Veh_Type1(3)	B4	-0,472	0	0	1	0
platoon	B5	-0,461	0	0	0	0
d2	B6	0,021	20	20	20	20
Vm	B7	0,111	80	80	80	80
Σταθερά	-	-0,236	-			

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 30: Διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY

Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και από το διάγραμμα Πιθανότητας-DistanceXY αφού είναι φανερό πως ακόμη και στην ευνοϊκότερη περίπτωση για προσπέραση ενός δίκυκλου μεγάλου κυβισμού, η πιθανότητα δεν είναι μεγαλύτερη από 50%.

17η Στατιστική Ανάλυση - Μεταβλητή Diff & s_x

Ως εξαρτημένη μεταβλητή βάζουμε το **over** (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) ενώ ως ανεξάρτητες μεταβλητές βάζουμε τις **Diff**, **s_x**, **Veh_TypeM**, **Veh_Type1** και **platoon**. Ο Πίνακας 71 δείχνει τα αποτελέσματα της Λογιστικής Παλινδρόμησης για την «καλή προσαρμογή» του μοντέλου.

Πίνακας 71: Αποτελέσματα Καλής Προσαρμογής του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παρατηρηθείσες Περιπτώσεις		Προβλέψεις		
		Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;		Ποσοστό Επιτυχίας
		Δεν Ολοκληρώθηκε	Ολοκληρώθηκε	
Ολοκληρώθηκε Προσπέραση;	Δεν Ολοκληρώθηκε	120	32	78,9
	Ολοκληρώθηκε	28	215	88,5
Συνολικό Ποσοστό				84,8

Προκύπτει ότι το μοντέλο έχει ακρίβεια **84,8%** δηλαδή το 84,8% των κινήσεων των δικύκλων που μελετάμε μπορούν να περιγραφούν επακριβώς από αυτό το μοντέλο.

·Η Ευαισθησία (Sensitivity) προκύπτει ως εξής: $215/(28+215)= 88,5\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις από τις συνολικές προσπεράσεις προέβλεψε το μοντέλο.

·Η Ειδικότητα (Specificity) προκύπτει ως εξής: $120/(120+32)= 78,9\%$, δηλαδή πόσες περιπτώσεις μη προσπέρασης προέβλεψε το μοντέλο.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Προσπέρασης (False Positive Rate) προκύπτει ως εξής: $32/(32+215)= 13,0\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι θα είχαμε προσπέραση.

·Το Ποσοστό Εσφαλμένων Προβλέψεων Αποτυχημένης Προσπέρασης (False Negative Rate) προκύπτει ως εξής: $28/(120+28)= 18,9\%$, δηλαδή πόσο συχνά το μοντέλο δεν προέβλεψε σωστά ότι δεν θα είχαμε προσπέραση.

Προκύπτει ότι με την είσοδο των μεταβλητών, ο δείκτης **Chi-square=264,619**>>0.

Η μεταβλητή Veh_Type1 μπορεί να πάρει 4 διαφορετικές τιμές, αναλόγως τον τύπο του οχήματος που προσπερνάει το δίκυκλο. Επειδή το μοντέλο μπορεί να δεχθεί μονάχα δυαδικά κατηγοριοποιημένες μεταβλητές, το SPSS δίνει τη δυνατότητα μετατροπής τους μέσα από τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 72: Πίνακας Μετατροπής Μεταβλητής Vehicle1 Type σε Ψευδομεταβλητή

		Συχνότητα	Κωδικοποίηση Παραμέτρου		
			[1]	[2]	[3]
Vehicle1 Type	Car	271	0	0	0
	Moped	94	1	0	0
	Motorcycle	6	0	1	0
	Truck	24	0	0	1

Πίνακας 73: Αποτελέσματα Προσδιορισμού του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Veh_TypeM	-0,309	0,347	0,792	1	0,373	0,734
Veh_Type1(1)	0,225	0,380	0,351	1	0,554	1,253
Veh_Type1(2)	-2,039	2,337	0,761	1	0,383	0,130
Veh_Type1(3)	-0,601	0,673	0,798	1	0,372	0,548
s_x	0,637	0,279	5,203	1	0,023	1,892
Diff	0,245	0,026	91,132	1	0,000	1,277
platoon	-0,364	0,484	0,564	1	0,453	0,695
Σταθερά	-2,935	0,469	39,190	1	0,000	0,053

$$\text{odds} = e^{(-2,935 - 0,309 \cdot \text{Veh_TypeM} + 0,225 \cdot \text{Veh_Type1}(1) - 2,039 \cdot \text{Veh_Type1}(2) - 0,601 \cdot \text{Veh_Type1}(3) + 0,637 \cdot s_x + 0,245 \cdot \text{Diff} - 0,364 \cdot \text{platoon})}$$

Στατιστικά σημαντικές μεταβλητές είναι οι Diff και s_x.

Παρατηρείται μέσω της στήλης Exp(B) στην μεταβλητή Veh_Type1 ότι στις προσπεράσεις Lane Changing ο δικυκλιστής έχει περισσότερες πιθανότητες να προσπεράσει ένα δίκυκλο μικρού κυβισμού, έπειτα αυτοκίνητο, φορτηγό και τέλος δίκυκλο μεγάλου κυβισμού.

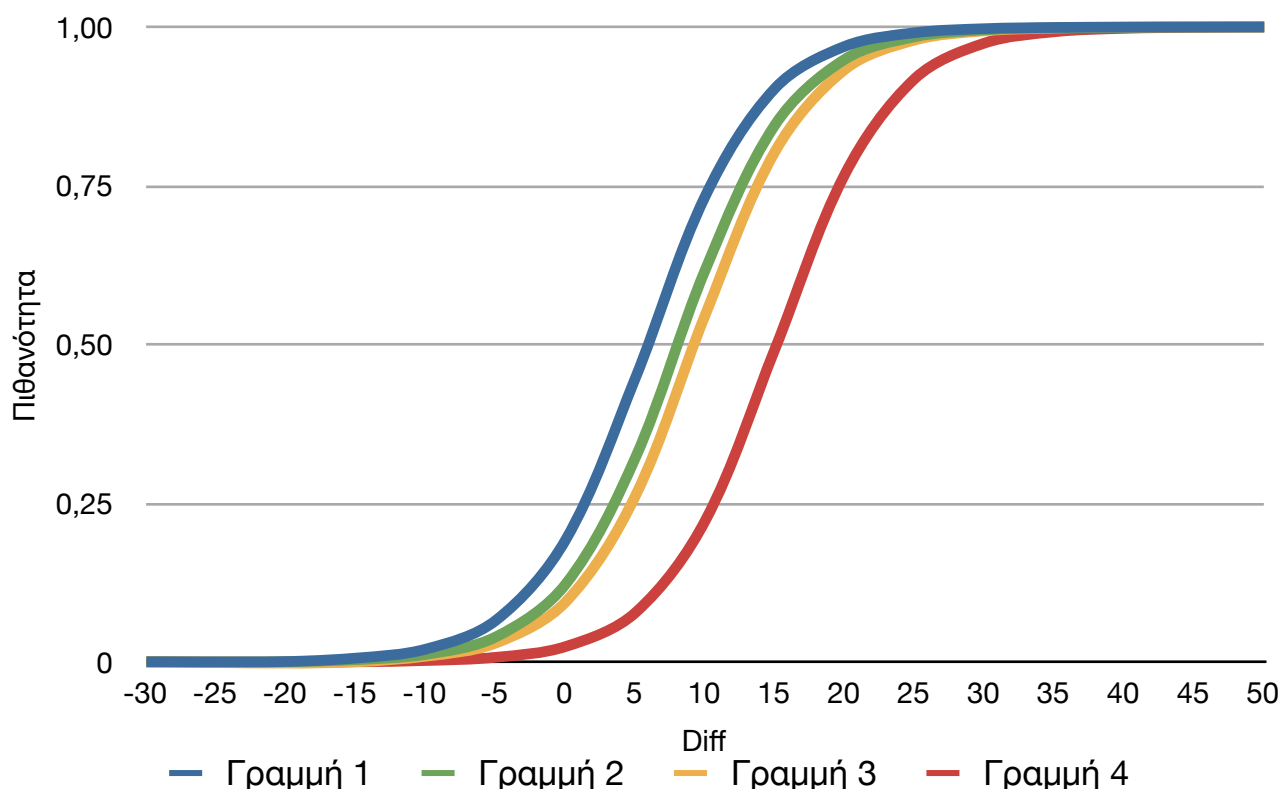
Το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία δύο διαγραμμάτων. Γι' αυτό σε καθένα από αυτά θα μένουν σταθερές ίσες με τη μέση τιμή όλες οι μετρικές μεταβλητές, ενώ θα μεταβάλλεται μονάχα αυτή που βρίσκεται στον άξονα των τετμημένων.

Η μεταβλητή platoon θα πάρει την τιμή 0 σε όλες τις περιπτώσεις αφού είναι και η πιο συνήθης περίπτωση όπως καταγράφηκε από τις μετρήσεις που έγιναν.

Πίνακας 74: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3	Γραμμή 4
Diff	B1	0,245	[-30,50]			
Veh_TypeM	B2	-0,309	0	1	0	0
Veh_Type1(1)	B3	0,225	1	0	0	0
Veh_Type1(2)	B4	-2,039	0	0	0	1
Veh_Type1(3)	B5	-0,601	0	0	1	0
platoon	B6	-0,364	0	0	0	0
s_x	B7	0,637	2	2	2	2
Σταθερά	-	-2,935	-			

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



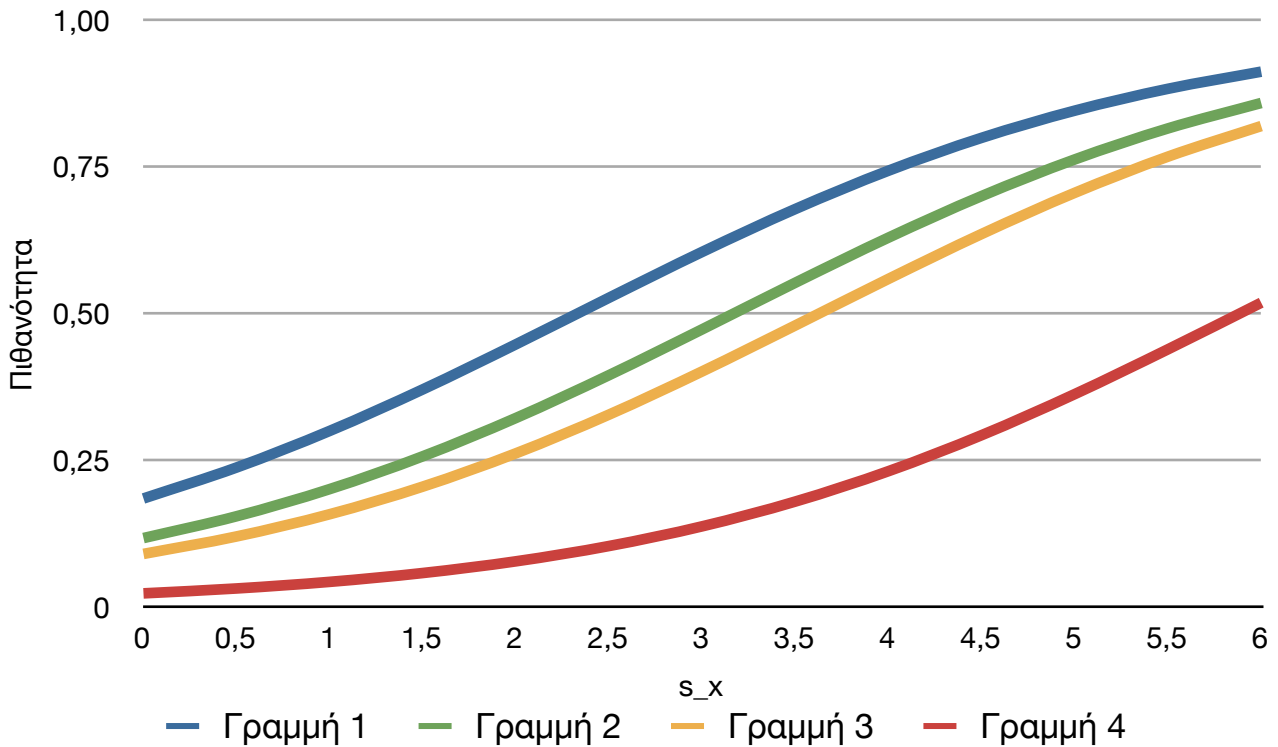
Διάγραμμα 31: Διάγραμμα Πιθανότητας-Diff

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει ότι υπάρχει μικρή διαφορά όταν ένα δίκυκλο μικρού κυβισμού (Veh_TypeM=0) προσπερνάει ένα όχημα ίδιας κατηγορία, από όταν ένα δίκυκλο μεγάλου κυβισμού προσπερνάει ένα αυτοκίνητο (πράσινη καμπύλη). Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη ευχέρια που έχουν τα δίκυκλα μικρού κυβισμού στους πλαϊνούς ελιγμούς σε σχέση με τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού, ειδικά όταν το όχημα που προπορεύεται έχει μεγαλύτερο όγκο από το όχημα αντικείμενο.

Πίνακας 75: Τιμές μεταβλητών του Μοντέλου 17ης Στατιστικής Ανάλυσης

Παράγοντες	Συντελεστές		Γραμμή 1	Γραμμή 2	Γραμμή 3	Γραμμή 4
s_x	B1	0,637	[0,6]			
Veh_TypeM	B2	-0,309	0	1	0	0
Veh_Type1(1)	B3	0,225	1	0	0	0
Veh_Type1(2)	B4	-2,039	0	0	0	1
Veh_Type1(3)	B5	-0,601	0	0	1	0
platoon	B6	-0,364	0	0	0	0
Diff	B7	0,245	5	5	5	5
Σταθερά	-	-2,935	-			

Γραφ. Παράσταση Πιθανότητας



Διάγραμμα 32: Διάγραμμα Πιθανότητας-s_x

4.5.7 Συνολική Αξιολόγηση των Μοντέλων

Παρακάτω, παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας των μοντέλων που δημιουργήθηκαν στις παραπάνω παραγράφους.

Πίνακας 76: Συγκεντρωτικός Πίνακας Αξιολόγησης Μοντέλων

Δεδομένα	Αρ. Στατ. Ανάλυσης	Ποσοστό Επιτυχίας	Ευαισθησία	Ειδικότητα	Λάθος Ποσοστό Προσπ.	Λάθος Ποσοστό Μη-Προσπ.	Δείκτης Chi-square
Όλες οι μετρήσεις	1	87,2%	91,4%	80,2%	11,7%	14,8%	590,241
	2	78,1%	86,1%	65,1%	20,0%	25,7%	313,052
	3	69,6%	82,9%	48,1%	27,8%	36,6%	171,977
	4	73,6%	86,5%	52,8%	25,2%	29,3%	216,071
	5	71,2%	85,9%	47,2%	27,4%	32,6%	167,086
	6	82,0%	83,5%	80,1%	15,4%	21,3%	309,090

Δεδομένα	Αρ. Στατ. Ανάλυσης	Ποσοστό Επιτυχίας	Ευαισθησία	Ειδικότητα	Λάθος Ποσοστό Προσπ.	Λάθος Ποσοστό Μη-Προσπ.	Δείκτης Chi-square
Δίκυκλα Μικρού Κυβισμού	7	81,3%	82,5%	79,6%	15,8%	22,4%	308,830
	8	71,3%	83,5%	55,3%	28,9%	28,2%	117,193
	9	70,7%	79,5%	59,3%	28,0%	31,3%	116,556
	10	75,0%	83,2%	64,2%	24,7%	25,6%	169,989
Δίκυκλα Μεγάλου Κυβισμού	11	84,4%	91,7%	67,3%	13,2%	22,4%	133,323
	12	72,5%	93,4%	23,5%	25,9%	39,5%	48,702
Προσπεράσεις Με Ελεύθερη Λωρίδα	13	73,6%	86,8%	52,3%	25,1%	29,7%	107,680
	14	68,6%	85,5%	40,7%	29,7%	36,9%	61,514
	15	85,1%	90,1%	76,7%	13,6%	17,5%	275,384
Προσπεράσεις Αλλαγής λωρίδας	16	69,2%	86,4%	67,8%	18,9%	24,3%	173,858
	17	84,8%	88,5%	78,9%	13,0%	18,9%	264,619

Ο πίνακας 76 αποτελεί ένα συγκετρωτικό πίνακα με τα ποσοστά καλής προσαρμογής κάθε μοντέλου που αναπτύχθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Τα στοιχεία που έχουν συμπεριληφθεί σε αυτόν είναι τα στοιχεία που προέκυπταν σε κάθε στατιστική ανάλυση για να ελεγχθεί πόσο αποτελεσματικό είναι το μοντέλο. Εκτός από τους δείκτες σωστής ή λανθασμένης πρόβλεψης του μοντέλου συμπεριλήφθηκε και η τιμή του δείκτη Chi-square. Υπενθυμίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του από το μηδέν, το μοντέλο με τις προβλεπτικές μεταβλητές είναι σημαντικά καλύτερο από το μοντέλο χωρίς προβλεπτικές μεταβολές, δηλαδή ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα.

Παρατηρείται ότι το υψηλότερο ποσοστό επιτυχίας παρουσιάζεται στην 1η στατιστική ανάλυση με 87,2% και ένας υψηλός δείκτης Chi square ίσος με 590,241. Το δείγμα αποτελεί όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, χωρίς διαχωρισμό αναλόγως του μεγέθους κυβισμού του δίκυκλου ή του τρόπου με τον οποίο προσπερνούσε το υποκείμενο δίκυκλο. Το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα και στους υπόλοιπους δείκτες εκτός από το δείκτη της ευαισθησίας, δηλαδή το ποσοστό των

επιτυχημένων προσπεράσεων που προβλέπονται σωστά.

Υψηλότερη ευαισθησία παρουσιάζεται στην 12η στατιστική ανάλυση, όπου το δείγμα είχε διαχωριστεί αναλόγως το μέγεθος κυβισμού του υποκείμενου δίκυκλου. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι και στις δύο αναλύσεις που έγιναν στα δίκυκλα υψηλού κυβισμού η Ευαισθησία παρουσιάζει υψηλό ποσοστό, αντίθετα με την ειδικότητα που οι τιμές είναι σχετικά χαμηλές. Αυτό συμβαίνει διότι τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού είχαν την τάση να προσπερνούν το προπορευόμενο όχημα αφήνοντας όχι επαρκή αριθμό μη προσπεράσεων για να μελετηθούν. Αντίθετα, στα δίκυκλα μικρού κυβισμού έχουμε καλύτερη ομοιογένεια μεταξύ των δεικτών και καλύτερα αποτελέσματα του δείκτη Chi-Square που οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό περιπτώσεων που υπήρχαν διαθέσιμα προς μελέτη.

Σε σχέση με το διαχωρισμό του δείγματος ανάλογα με τις προσπεράσεις με ελεύθερη λωρίδα ή με αλλαγή λωρίδας, παρατηρείται ότι τα βέλτιστα μοντέλα και των δύο κατηγοριοποιήσεων παρουσιάζουν παρόμοια ποσοστά επιτυχίας ομοιομορφία και στους υπόλοιπους δείκτες. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις συγκεκριμένες κατηγορίες σκοπός ήταν, πέραν της εύρεσης του βέλτιστου μοντέλου, η παρατήρηση της επίδρασης συγκεκριμένων παραγόντων, όπως για παράδειγμα η λωρίδα κίνησης του προπορευόμενου οχήματος για τις προσπεράσεις με ελεύθερη λωρίδα. Τα συγκεκριμένα μοντέλα να μεν είχαν χαμηλότερο ποσοστό επιτυχίας σε σχέση με τα μοντέλα που υπεισερχόταν μεταβλητές με υψηλότερη συσχέτιση που προσέφεραν περισσότερη πληροφορία στο μοντέλο (μεταβλητή Diff), έδιναν δε τη δυνατότητα να παρουσιαστεί καλύτερα το επίπεδο σημαντικότητας συγκεκριμένων μεταβλητών που παρουσιάζαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

5. Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται συμπερασματικά το θέμα αυτής της έρευνας, σχολιάζονται περιληπτικά τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4 και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα.

5.1 Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της έρευνας είναι να διερευνηθούν οι παράγοντες και οι συνθήκες που παίζουν ρόλο στην απόφαση του δικυκλιστή για το αν θα προσπεράσει ή όχι ένα προπορευόμενο όχημα. Ο τρόπος κίνησης της μοτοσυκλέτας, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, επιτρέπει σε αυτές να εκτελούν ελιγμούς και κινήσεις που, λόγω λιγότερης ευελιξίας, τα αυτοκίνητα αδυνατούν να τις κάνουν. Ως εκ τούτου, το φαινόμενο της προσπέρασης διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από το συνήθη που εκτελούν τα υπόλοιπα οχήματα (ΙΧ, φορτηγά κτλ) αφού διαφέρουν ως προς τον όγκο και πιο σημαντικά στο πλάτος τους. Συγκεκριμένα, οι λωρίδες κυκλοφορίας των οχημάτων έχουν διαμορφωθεί ως προς το πλάτος των μεγαλύτερων οχημάτων από τις μοτοσυκλέτες. Βάσει του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας οι μοτοσυκλέτες οφείλουν να συμμορφώνονται στους ίδιους κανόνες με τα υπόλοιπα οχήματα, παρ' όλα αυτά λόγω του μικρού τους πλάτους μπορεί να ακολουθήσουν διαφορετικές τροχιές από τις «προκαθορισμένες» που θα εκτελούσε ένα ΙΧ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι τα αυτοκίνητα για να προσπεράσουν ένα άλλο αυτοκίνητο οφείλουν να αλλάξουν λωρίδα κρατώντας τις απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας λόγω των μεγαλύτερων διαστάσεών τους. Αντίθετα, οι μοτοσυκλέτες μπορούν να προσπεράσουν κάνοντας μικρούς πλάγιους ελιγμούς χωρίς απαραίτητα να αλλάξουν λωρίδα, ενώ λόγω της ευελιξίας τους και της καλύτερης αντίληψης του χώρου από τον αναβάτη μπορούν να κρατούν μικρότερες αποστάσεις ασφαλείας. Επιπλέον, οι καλύτερες επιταχύνσεις που μπορούν να αναπτύξουν σε συνδυασμό με τα παραπάνω μετατρέπουν το φαινόμενο της προσπέρασης σε ένα ιδιαίτερο φαινόμενο.

Λόγω των ιδιοτήτων στις τροχιές των μοτοσυκλετών το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι πολύ δύσκολο στη μελέτη του. Στην παγκόσμια βιβλιογραφία υπάρχουν ελάχιστες αναφορές στο φαινόμενο της προσπέρασης και οι περισσότερες εξ αυτών βασίζονται σε

μεθόδους προσομοίωσης. Βασικός επίσης στόχος των περισσότερων μελετών ήταν η ενασχόληση με το φόρτο, ταχύτητες και χωρικούς ή χρονικούς διαχωρισμούς, χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους παράγοντες που λαμβάνει υπόψη του ο μοτοσυκλετιστής στην απόφασή του να προσπεράσει ή όχι κάποιο όχημα.

Η συγκεκριμένη έρευνα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για μια σειρά από λόγους.

Καταρχάς, από κυκλοφοριακής άποψης η προσπέραση των μοτοσυκλετών αποτελεί καθημερινό φαινόμενο που παρατηρείται συχνά. Ειδικά σε πόλεις όπως η Αθήνα που η συμφόρηση είναι καθημερινή και η χρήση των μοτοσυκλετών είναι ευρέως διαδεδομένη, η αλληλεπίδραση με άλλα οχήματα κάνει τους μοτοσυκλετιστές να επιλέγουν με διάφορους τρόπους να προσπεράσουν τα προπορευόμενα οχήματα. Είναι λοιπόν αρκετά σημαντικό να διαπιστωθούν οι συνθήκες που πρέπει να επικρατούν ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο σημαντικότητας κάθε παράγοντα που συμβάλλει στην απόφαση του μοτοσυκλετιστή. Επιπλέον, είναι σημαντικό να προκύψουν μεγέθη όπως ταχύτητες και αποστάσεις που ευνοούν τα φαινόμενα προσπέρασης ή διαφορά ταχύτητας από τα υπόλοιπα οχήματα.

Η έρευνα αυτή είναι όμως σημαντική και από άποψη ασφάλειας. Όπως προέκυψε από τη στατιστική ανάλυση, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων μία διαφορά ταχύτητας 15 km/h από το προπορευόμενο όχημα είναι αρκετή ώστε να ευνοήσει φαινόμενα προσπέρασης. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο μοτοσυκλετιστής προσπερνάει με μεγαλύτερες διαφορές ταχύτητες εκτίθεται σε μεγαλύτερους κινδύνους, καθώς αφού η κίνησή του επηρεάζεται συνεχώς από τα υπόλοιπα οχήματα, πρέπει να είναι συνεχώς σε θέση να αντιδράσει επαρκώς σε κάθε κίνηση που γίνεται ώστε να μην προκληθεί κάποιο ατύχημα.

Ειδικά στην περίπτωση της προσπέρασης όπου αλληλεπιδρούν περισσότερα από δύο οχήματα, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αποστάσεις και ταχύτητες και των υπολοίπων οχημάτων που μπορεί εξ αρχής να μην είναι εύκολα αντιληπτοί.

Είναι λοιπόν σημαντικό να ασχοληθεί κάποιος με την παρούσα έρευνα, αφού πέραν της βελτίωσης συγκεκριμένων κυκλοφοριακών συνθηκών μπορεί να συντελέσει σημαντικά στη μείωση των ατυχημάτων που συμβαίνουν καθημερινά.

5.2 Μεθοδολογία & Συμπεράσματα Στατιστικής Ανάλυσης

Ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά αυτής της έρευνας είναι ο τρόπος λήψης των δεδομένων. Όπως έχει αναφερθεί εκτενώς και στα προηγούμενα κεφάλαια, η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι η έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα είναι περιορισμένη. Ακόμη περισσότερο αν λάβει κανείς υπόψη του ότι η πλειοψηφία της προγενέστερης

έρευνας είναι βασισμένη σε δεδομένα που προέκυψαν μέσα από προσομοίωση και όχι πραγματικές τροχιές μοτοσυκλετών αφού είναι δύσκολο να κωδικοποιηθούν. Εξαιτίας αυτού, επιλέχθηκε η συγκεκριμένη έρευνα να βασιστεί σε πραγματικές μετρήσεις. Αυτό επέφερε και τις ανάλογες δυσκολίες αφού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Trajectory Extractor για τη συλλογή των δεδομένων, που είναι ακόμη στα στάδια της ανάπτυξης.

Έπειτα από παρατήρηση, προέκυψε ότι καλύτερη περίπτωση για να μελετήσει κάποιος το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελούν οι οδοί με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση και διαχωριστικό διάζωμα μεταξύ τους. Ύστερα, επιλέχθηκε το μέρος όπου θα πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις και συγκεκριμένα στη λεωφόρο Μεσογείων στο ύψος της πεζογέφυρας Κατεχάκη. Ύστερα από συστηματική παρατήρηση και εγγραφή βίντεο τα οποία αναλύθηκαν στο λογισμικό Trajectory Extractor προέκυψε ο τρόπος με τον οποίο θα διαχωρίζονται οι τρόποι προσπέρασης των δικύκλων. Αυτοί αποτελούν:

- Προσπέραση με Ελεύθερη Λωρίδα Κίνησης (On The Fly)
- Προσπέραση με Ελιγμό Αλλαγής Λωρίδας (Lane Changing)

Επιπλέον, έγινε διαχωρισμός των δικύκλων σε δύο κατηγορίες:

- Δίκυκλα μικρού κυβισμού (mopeds)
- Δίκυκλα μεγάλου κυβισμού (motorcycles)

Πέραν των παραπάνω δύο διαχωρισμών, έγιναν και οι εξής μετρήσεις από παρατήρηση του κάθε φαινομένου ξεχωριστά και ανάλυση μέσω του λογισμικού που επιλέχθηκε:

1. Λωρίδα που βρίσκεται το αντικείμενο δίκυκλο
2. Αν ολοκληρώθηκε το φαινόμενο προσπέρασης
3. Ταχύτητα Αντικειμένου Δικύκλου (σε km/h)
4. Τύπος Οχήματος που προσπερνάται
5. Λωρίδα που βρίσκεται το όχημα που προσπερνάται
6. Ταχύτητα του οχήματος που προσπερνάται (σε km/h)
7. Τύπος Οχήματος 0
8. Τύπος Οχήματος 2
9. Τύπος Οχήματος 3
10. Ύπαρξη φάλαγγας
11. Αριθμός Οχημάτων στη φάλαγγα
12. Απόσταση μεταξύ οχήματος 0 και 1 (σε m)
13. Απόσταση μεταξύ οχήματος 2 και 3 (σε m)

14. Εγκάρσια απόσταση μεταξύ οχήματος 1 και 3 (σε m)
15. Οριζόντια απόσταση μεταξύ οχήματος 1 και 3 (σε m)
16. Οριζόντια απόσταση Δικύκλου σε σχέση με το κέντρικό άξονα του οχήματος που προσπερνάται (σε m)
17. Εγκάρσια απόσταση Δικύκλου σε σχέση με το κέντρικό άξονα του οχήματος που προσπερνάται (σε m)
18. Ταχύτητα οχήματος 2 (σε km/h)
19. Ταχύτητα οχήματος 3 (σε km/h)
20. Αν φοράει κράνος ο δικυκλιστής
21. Αν υπάρχει δεύτερος αναβάτης στο δίκυκλο-αντικείμενο

Ολοκληρώνοντας τη διαδικασία λήψης των δεδομένων πραγματοποιήθηκε δημιουργία άλλων τριών μεταβλητών που κρίθηκε ότι θα ήταν σημαντικές στο βήμα της στατιστικής ανάλυσης. Αυτές είναι:

22. Διαφορά ταχύτητας μεταξύ του δίκυκλου αντικειμένου και του οχήματος που προσπερνάται
23. Απόσταση του δίκυκλου αντικειμένου και του οχήματος που προσπερνάται
24. Άνοιγμα που έχει μπροστά από το όχημα που προσπερνάται ο οδηγός

Έπειτα πραγματοποιήθηκε έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών. Σε αυτόν τον έλεγχο συμμετείχαν όλες οι μεταβλητές μεταξύ τους ενώ προέκυψαν οι πιο σημαντικές στατιστικά έχοντας ως εξαρτημένη μεταβλητή το αν ο οδηγός αποφάσισε ή όχι να προσπεράσει. Διαπιστώθηκε ότι και στις πέντες ομάδες μετρήσεων (Σύνολο, 2 ειδών προσπεράσεων και 2 κατηγορίες προσπεράσεων) σημαντικότερη στατιστικά μεταβλητή, όπως αναμενόταν, ήταν η διαφορά ταχύτητας μεταξύ του δίκυκλου αντικειμένου και του οχήματος που αλληλεπιδρούσε. Ενδιαφέροντα στοιχεία προέκυψαν ελέγχοντας τη σειρά κατάταξης σε κάθε ομάδα των μεταβλητών που είχαν την υψηλότερη συσχέτιση προς τη χαμηλότερη, αφού αν και η πλειοψηφία αυτών ήταν όμοια, παρουσιάζονταν είτε σε διαφορετική θέση είτε με σχετικά μεγάλη διαφορά στο βαθμό συσχέτισης.

Έπειτα, ακολούθησε η διαδικασία της Λογιστικής Παλινδρόμησης με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων, μία τεχνική σχεδιασμένη για την πραγματοποίηση ανάλυσης δεδομένων που αφορούν την μελέτη και την πρόβλεψη τιμών κάποιας κατηγορικής εξαρτημένης μεταβλητής. Επειδή η εξαρτημένη μεταβλητή *over* είναι ποιοτική (δηλαδή παίρνει τιμή 0 ή 1) δημιουργεί μια βελτιστοποιημένη εξίσωση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της μεγιστοποιημένης πιθανότητας. Με χρήση της εξίσωσης προέκυψαν μοντέλα που έπειτα

δίνοντας ανάλογες τιμές εμφανίστηκαν σε διαγράμματα Πιθανοτήτων για να γίνει καλύτερα κατανοητή η επίδραση ενός παράγοντα στην απόφαση του δικυκλιστή να προσπεράσει ή όχι. Τα μοντέλα δημιουργήθηκαν κάθε φορά έχοντας επιλέξει μια ανεξάρτητη μεταβλητή που παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή *over* ως «βασική» και έπειτα με τη μέθοδο της εις άτοπον απαγωγής επιλέγονταν οι υπόλοιπες μεταβλητές του μοντέλου, χωρίς να είναι συσχετισμένες μεταξύ τους.

Αξίζει να σχολιαστεί ότι αν και πολλές μεταβλητές τελικά δεν αποδείχτηκαν συσχετισμένες με τη μεταβλητή *over* (αν προσπέρασε ή όχι το αντικείμενο δίκυκλο) πρόσφεραν πληροφορίες στο μοντέλο, βελτιώνοντας το ποσοστό επιτυχίας του. Συγκεκριμένα, υπήρχαν περιπτώσεις που το μοντέλο πλησίασε ή ξεπερνούσε οριακά το 90%.

Από τις παραπάνω αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, τα σημαντικότερα αποτελέσματα είναι:

1. Σημαντικότερος παράγοντας στην απόφαση του δικυκλιστή να προσπεράσει ή όχι είναι η διαφορά ταχύτητα που έχει κάποια δεδομένη στιγμή με το προπορευόμενο όχημα.
2. Ακολουθούν σε συσχέτιση η ταχύτητα του δίκυκλου αντικειμένου, εκτός από τα δίκυκλα μικρού κυβισμού που αποδείχτηκε ότι η απόσταση που διατηρεί το δίκυκλο από το προπορευόμενο όχημα είναι πιο σημαντική.
3. Η ταχύτητα του οχήματος που προσπερνάται να μεν είναι σημαντική, αλλά δεν είναι στις πρώτες θέσεις συσχέτισης, ειδικά στην περίπτωση που το δίκυκλο αντικείμενο είναι μοτοσυκλέτα μεγάλου κυβισμού λόγω των σχετικά μεγάλων δυνατοτήτων της σε επιτάχυνση, τελική ταχύτητα και ευελιξία σε σχέση με οχήματα μεγαλύτερου όγκου.
4. Η κάθετη απόσταση από τον άξονα του οχήματος που προσπερνάται προκύπτει σημαντική μονάχα στις προσπεράσεις με αλλαγή λωρίδας αφού ο δικυκλιστής καλείται να εκτελέσει πλάγιους ελιγμούς.
5. Μια διαφορά ταχύτητας περίπου στα 15km/h είναι αρκετή ώστε ο μοτοσυκλετιστής να αποφασίσει να προσπεράσει το όχημα που προπορεύεται.
6. Όταν το δίκυκλο απέχει οριζόντια απόσταση μεγαλύτερη από 10m οι πιθανότητες για να εκτελέσει κάποια προσπέραση μειώνονται σημαντικά.
7. Τα οχήματα που προσπερνούνται με μεγαλύτερη πιθανότητα είναι σε φθίνουσα σειρά δίκυκλα μικρού κυβισμού, φορτηγά, αυτοκίνητα και δίκυκλα μεγάλου κυβισμού. Τα πρώτα αφού λόγω του μικρού τους όγκου ευνοούν φαινόμενα προσπέρασης όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες. Τα μεγάλα σε όγκο οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία) τείνουν να προσπερνούνται μιας και ο αναβάτης νιώθει ανασφάλεια όταν

τα ακολουθεί. Τα αυτοκίνητα προσπερνούνται όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες και το δίκυκλο θέλει να κινηθεί γρηγορότερα, ενώ οι μοτοσυκλέτες λόγω των μεγάλων ταχυτήτων τους τείνουν να μην προσπερνούνται δημιουργώντας φάλαγγες.

8. Ο δικυκλιστής προτιμάει να προσπεράσει όταν τον πλησιάζουν οχήματα από πίσω του, ενώ τείνει να μην προσπερνάει όταν δεν υπάρχει μεγάλο άνοιγμα μπροστά του. Συγκεκριμένα, η πιθανότητα προσπέρασης ενός οχήματος είναι ικανοποιητική (>50%) όταν το άνοιγμα μπροστά από το όχημα που προσπερνάται είναι πάνω από 15 μέτρα.
9. Στις προσπεράσεις με Ελεύθερη Λωρίδα είναι 4.3 φορές πιθανότερο να προσπεράσει ένα όχημα που κινείται στη δεξιά λωρίδα.
10. Τα δίκυκλα μεγάλου κυβισμού τείνουν να κάνουν περισσότερες προσπεράσεις, αφού παρατηρήθηκαν 229 προσπεράσεις έναντι 98 μη προσπεράσεων, δηλαδή το 70% των μοτοσυκλετών προσπέρασαν.
11. Η μέση ταχύτητα των δίκυκλων που προσπερνούσαν στην περιοχή μελέτης ήταν 82km/h ενώ αυτών που προσπερνούσαν στα 66km/h. Σημειώνεται ότι η υψηλότερη ταχύτητα που παρατηρήθηκε στην περιοχή ήταν 160 km/h από δίκυκλο μεγάλου κυβισμού.
12. Το 92% των αναβατών φορούσαν κράνος, ενώ όταν ο αναβάτης δεν φορούσε κράνος οι πιθανότητες προσπέρασης μειώνονταν δραστικά.
13. Μόλις το 3% των δίκυκλων είχαν δεύτερο αναβάτη, ενώ όταν υπήρχε, οι πιθανότητες προσπέρασης μειώνονταν έντονα.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονιστεί ότι κάποια από τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα αφού στο φαινόμενο της προσπέρασης των δίκυκλων πολύ σημαντικός είναι ο ανθρώπινος παράγοντας. Συγκεκριμένα, ο χαρακτήρας του δικυκλιστή, η ψυχολογική του κατάσταση εκείνη τη στιγμή, η πιθανότητα κατανάλωσης αλκοόλ και παράγοντες που επηρεάζουν την οδηγική επιθετικότητά του όταν καλείται να αντιμετωπίσει καταστάσεις αυξημένου κυκλοφοριακού φόρτου θεωρούνται πολύ σημαντικοί. Επιπλέον, αναμενόταν αν όχι για το σύνολο του δείγματος, τουλάχιστον σε μία από τις ομάδες που δημιουργήθηκαν να είναι στατιστικά σημαντικός παράγοντας η ταχύτητα του οχήματος 2 ή η απόσταση d1 όμως κάτι τέτοιο δεν έγινε. Πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι το σημείο που έγιναν οι μετρήσεις ήταν αρκετά μετά από σηματοδοτούμενο κόμβο, κατηφορικό όπου αναπτύσσονταν σχετικά υψηλές ταχύτητες και ο αναβάτης είχε την αίσθηση ότι τα οχήματα πίσω του υπολόγιζαν και πρόσεχαν κάθε του κίνηση.

5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το συγκεκριμένο θέμα είναι αναμφίβολα δύσκολο ως προς την μελέτη του, κυρίως λόγω των μη καθορισμένων τροχιών και ευελιξίας των δικύκλων. Παρ' όλ' αυτά, η έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα και η γνώση περαιτέρω πληροφοριών προσδίδει ενδιαφέρον ενώ για λόγους που αναλύθηκαν στην εισαγωγή θεωρείται ότι η γνώση γύρω από την κίνηση των δικύκλων και τον τρόπο με τον οποίο κινούνται στις αστικές οδούς όλο και θα αυξάνεται. Επιπλέον τα πλαίσια αυτής της έρευνας υπήρχαν κάποιοι περιορισμοί που οδήγησαν την έρευνα να επικεντρωθεί σε συγκεκριμένα σημεία περισσότερο και σε άλλα όχι. Ως εκ τούτου, κρίνεται σημαντικό να επιστημανθούν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο θέμα:

- Αρχικά, θα ήταν σημαντικό η έρευνα να προχωρήσει σε όλες τις πιθανές περιπτώσεις οδών και λεωφόρων. Η ανάπτυξη των πόλεων ανά την Ελλάδα, ή την Ευρώπη, διαφέρει σημαντικά και αυτό επηρεάζει τα πλάτη των οδών και τη διαμόρφωσή τους, δηλαδή τον αριθμό λωρίδων και την μη-ύπαρξη διαχωριστικού διαζώματος. Έπειτα, ο σχολιασμός και σύγκριση των αποτελεσμάτων θα μπορούσε να εξάγει ακόμη περισσότερα συμπεράσματα.
- Όπως προέκυψε από παρατηρήσεις κατά την τρέχουσα έρευνα αλλά μέσα από τη στατική ανάλυση, η πυκνότητα πίσω, τριγύρω και μπροστά από το δίκυκλο αντικείμενο παίζει σημαντικό ρόλο στην τροχιά που ακολουθεί ο δικυκλιστής. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε δεν μπορούσε να εξάγει αποτελέσματα για αυτή τη μεταβλητή, όμως θα μπορούσε να αποτελέσει ένα σημαντικό προς μελέτη παράγοντα.
- Θα ήταν ενδιαφέρον να εξεταστεί πως επηρεάζουν οι κινήσεις και στάσεις που κάνουν τα ταξί και λεωφορεία και πως μεταβάλλονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την τρέχουσα έρευνα.
- Λόγω της δυσκολίας στην συλλογή των δεδομένων η σύνδεση της παρούσας έρευνας με αποτελέσματα που προέκυψαν μέσω της μεθόδου της προσομοίωσης θα ήταν σημαντική για να διαπιστωθούν λάθη ή παραλείψεις στη μία ή άλλη μέθοδο για την βελτίωση της καθεμίας εξ αυτών.
- Τέλος, το συγκεκριμένο θέμα θα μπορούσε να προχωρήσει και σε θέματα οδικής ασφάλειας όπως προαναφέρθηκε, αφού το φαινόμενο της προσπέρασης είναι άμεσα συνδεδεμένο με πολλά ατυχήματα που συμβαίνουν στη χώρα μας και δη μέσα στις αστικές οδούς και λεωφόρους.

Βιβλιογραφία

¹Πηγή: Wikipedia 2012 - <http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle>

²Πηγή: Wikipedia 2012 - <http://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle>

³Πηγή: Eurostat http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&plugin=1&language=en&pcode=ts_dpc340

⁴Πηγή: “Μοτοσυκλέτα - Οδηγήστε έξυπνα και με ασφάλεια” Αττική Οδός

⁵Minh C. C., Sano K. and Matsumoto S. (2010) “Maneuvers of motorcycles in queues at signalized intersections”, *Journal of Advanced Transportation*, 10.1002, 1-15

⁶Cho H.-J., Wu Y.-T. (2004) “Modeling and Simulation of Motorcycle Traffic Flow”, 2004 *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 6262-6267

⁷Jian Ping Meng, Shi-qiang Dai, Li-yun Dong, Jie-fang Zhang (2007) “Cellular automaton model for mixed traffic flow with motorcycles”, *Physica A* 380 (2007) 470-480

⁸Bonte L., Espie S. and Mathieu P. (2007) “Virtual lanes interest for motorcycles simulation”, *5th European Workshop on Multi-Agent Systems*, 1-17

⁹Dey P. P., Chandra S. and Gangopadhyay S. (2008) “Simulation of Mixed Traffic Flow on Two-Lane Roads”, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 134, 361- 369

¹⁰Lan L. W., Chiou Y.-C., Lin Z.-S. and Hsu C.-C. (2009) “A refined cellular automation model to rectify impractical vehicular movement behavior”, *Physica A* 388, 3917-3930

¹¹Dey P. P. and Chandra S. (2009) “Desired Time Gap and Time Headway in Steady-State Car-Following on Two-Lane Roads”, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 135, 687-693

¹²Lan L. W., Chiou Y.-C., Lin Z.-S. and Hsu C.-C. (2010) “Cellular automaton simulations for mixed traffic with erratic motorcycles’ behaviours”, *Physica A* 389, 2077-2089

¹³Beymer D., McLauchlan P., Coifman B. and Malik J. (1997) “A real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters”, *Proceedings of the 1997 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR’97)*, 1-7

¹⁴Neubert L., Santen L., Schadschneider A. and Schreckenberg M. (1999), “Single-vehicle data of highway traffic: A statistical analysis”, *Physical Review E*, Vol. 60, Num. 6, 6480-6490

¹⁵T. Oketch (2003) “Modeled Performance Characteristics of Heterogeneous Traffic Streams Containing Non-Motorized Vehicles”, *TRB 2003 Annual Meeting CD-ROM*

¹⁶Minh C. C., Sano K. and Matsumoto S. (2005) “The Speed, Flow and Headway Analyses of Motorcycle Traffic”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 1496-1508

¹⁷Abul-Magd A. Y. (2007) “Modeling highway-traffic headway distributions using superstatistics”, *Physical Review E*, Vol. 76, 057101-1-057101-4

¹⁸Hemakom A., Pan-ngum S. and Narupiti S. (2008) “Development of the inner city following-lane changing model and meandering model of motorcycles”, *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 488-493

¹⁹Appert-Rolland C. (2009) “Experimental study of short-range interactions in vehicular traffic”, *Physical Review E*, Vol. 80, 036102-1-036102-5

²⁰Lee T.-C. (2007) “An Agent-Based Model to Simulate Motorcycle Behaviour in Mixed Traffic Flow”, A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of London and Diploma of Membership of Imperial College London, 1-227

²¹Πηγή: <http://www.sony.gr/product/hdd-avchd-hard-disk-drive/hdr-sr7e>

²²Lee T.-C., Polak J.W. and Bell M.G.H. (2008) “Trajectory Extractor User Manual”, Version 1.0, 1-15

²³Alan Karchmer, Architectural Photographer www.alankarchmer.com

²⁴Φρατζεσκάκης Ι., Γκόλιας Ι., Πιτσιάβα - Λατινοπούλου Μ. (2009), “Κυκλοφοριακή Τεχνική”, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

²⁵Πηγή: Google Maps 2012, maps.google.com

²⁶Washington S., Karlaftis M., Mannering F. (2010), “Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis, Second Edition”, CRC Press