

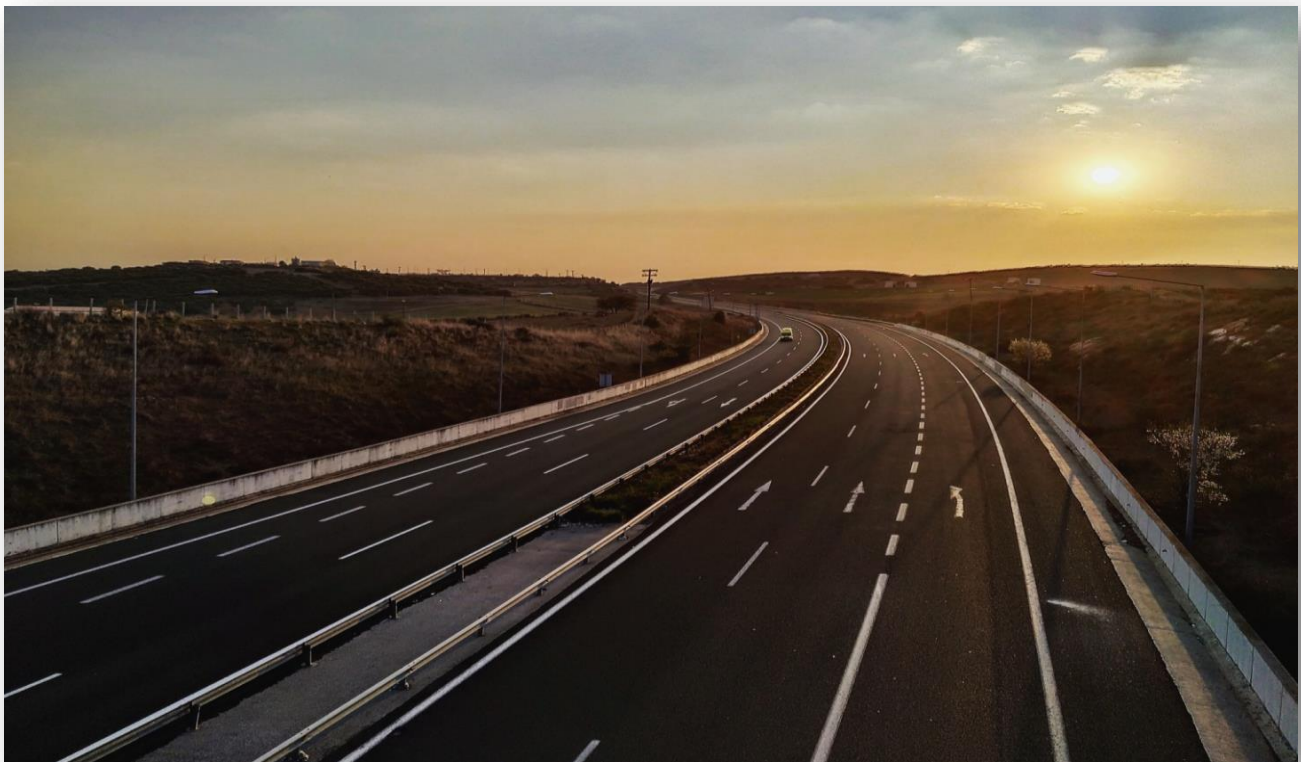


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΟΔΟ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ
ΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ



Μαριάννα Μάκρα CW6729

Επιβλέπων : Χριστίνα Μηλιώτη, Επίκουρη Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ
ΣΕ ΟΔΟ ΔΥΟ ΛΩΡΙΔΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ
ΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Μαριάννα Μάκρα(Cw6729)

Επιβλέπων : Χριστίνα Μηλιώτη ,Επίκουρη Καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α.

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2024



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
TRANSPORTATION ENGINEERING**

Diploma Thesis

**ESTIMATING ACCIDENTS IN A TWO-LANE ROAD ON THE BASIS
OF ITS GEOMETRIC CHARACTERISTICS.**

Student : Marianna Makra

Registration Number : Cw6729

Supervisor: Christina Milioti, UNIWA assistant Professor

ATHENS-EGALEO, APRIL 2024

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Μηλιώτη Χριστίνα, Επίκουρη καθηγήτρια ΠΑ.Δ.Α	Τυρινόπουλος Ιωάννης, Αναπληρωτής καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.	Βρυζίδης Ισαάκ, Επίκουρος καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © – Allrightsreserved

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου, ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

Μαριάννα Μάκρα, Απρίλιος 2024

© 2024 – Allrightsreserved

ΔΗΛΩΣΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Η Δηλούσα

Μαριάννα Μάκρα

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική διατριβή αποτελεί την ολοκλήρωση της φοίτησης μου στη σχολή Μηχανικών και πιο συγκεκριμένα στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών με κατεύθυνση συγκοινωνιολόγων, του πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Στην διαδρομή αυτή, θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω όλους, όσους συνέβαλαν με τον τρόπο τους και από τη θέση τους, στην περάτωση της έρευνας αυτής.

Πρώτα από όλα ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην επιβλέπουσα της διατριβής μου, την κυρία Χριστίνα Μηλιώτη, επίκουρη καθηγήτρια του ΠΑ.Δ.Α. για την ουσιαστική της επίβλεψη- καθοδήγηση της και για την πολύτιμη βοήθεια της σε κάθε βήμα της διατριβής μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω έναν άνθρωπο που χωρίς την δική του στήριξη και την δική του δύναμη δεν θα μπορούσα να ολοκληρώσω με τόση επιτυχία την διπλωματική εργασία μου, τον Διπλ. κ. Κωνσταντίνο Αποστολέρη, για τις καίριες παρεμβάσεις του και την πολύτιμη βοήθεια του στην διατριβή μου και την στήριξη του σε κάθε βήμα της εργασίας αυτής.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές μου που ήταν δίπλα μου και με βοήθησαν να πάρω όλες αυτές τις γνώσεις και να αναπτύξω αυτή την κριτική σκέψη που έχω σήμερα πάνω στο αντικείμενο του μηχανικού αλλά και την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με στηρίζουν σε κάθε βήμα μου. Όλοι έδειξαν κατανόηση και υπομονή και μου προσέφεραν την άμεση υποστήριξή τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόβλεψη των ατυχημάτων παίζει καθοριστικό ρόλο στον μετριασμό των επιπτώσεών τους. Η μελέτη αυτή εστιάζει στην ανάδειξη μιας νέας μεθοδολογίας για την κατάταξη των οδών με βάση την πιθανότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων προσαρμοσμένη σε δρόμους δύο λωρίδων με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην ανάλυση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου, επιδιώκοντας να ανακαλύψει μοτίβα και συσχετισμούς που συμβάλλουν, στον υπολογισμό μίας βαθμολογίας για κάθε άξονα και κάθε καμπύλη και στην ανάδειξη των επικίνδυνων θέσεων στην οδό. Η έρευνα χρησιμοποιεί ένα σύνολο δεδομένων από δρόμους στο Κεντάκυ που περιλαμβάνει πληροφορίες για καταγεγραμμένα ατυχήματα, και για γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα FM19 έγινε η προσομοίωση και η ανάλυση των οδικών αξόνων καθώς και η αποδελτίωση των ατυχημάτων. Στη συνέχεια έγινε χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS για τη διερεύνηση της συσχέτισης της νέας μεθοδολογίας με πραγματικά δεδομένα ατυχημάτων με στόχο την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της πιθανότητας ατυχημάτων σε ένα οδικό δίκτυο. Η ακριβής πρόβλεψη πιθανών εστιών ατυχημάτων με βάση το μοντέλο της νέας μεθοδολογίας, μπορεί να βοηθήσει στην εφαρμογή στοχευμένων μέτρων και παρεμβάσεων ασφαλείας. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της βαθμολογίας της νέας μεθοδολογίας και του πραγματικού αριθμού ατυχημάτων είναι ασθενής αλλά στατιστικά σημαντική. Με βάση τα ευρήματα της στατιστικής ανάλυσης, αναδείχθηκαν παράγοντες όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος, η ακτίνα που διαγράφει το όχημα καθώς και η επιρροή του μήκους του κυκλικού τόξου, που εάν ενσωματωθούν στην τελική βαθμολογία της μεθοδολογίας, θα υπάρξει αναβάθμιση του μοντέλου πρόβλεψης, και μία καλύτερη προσέγγιση της οδικής αξιολόγησης του οδικού δικτύου. Επίσης, πρόταση αυτής της μελέτης είναι αυτό το μοντέλο πρόβλεψης να συμβάλλει στο ευρύτερο πεδίο της έρευνας για την οδική ασφάλεια, παρέχοντας πολύτιμες γνώσεις για τους συγκοινωνιολόγους μηχανικούς και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς που εμπλέκονται στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας.

Λέξεις κλειδιά: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά, Οδική ασφάλεια, Ατυχήματα, FM 19, Συσχέτιση, Πρόβλεψη, Δύο λωρίδες κυκλοφορίας, Κυκλοφοριακός φόρτος.

ABSTRACT

Anticipating accidents plays a key role in mitigating their negative effects. This study focuses on the implementation of a new methodology in two-lane roads used for the classification of roads based on the probability of causing road accidents. This methodology is based on the analysis of the geometric characteristics of the road, seeking to discover patterns and correlations that contribute to the calculation of a score for each axis and each curve and to highlight the dangerous spots on the road. The research uses a dataset of roads in Kentucky that includes information on recorded crashes, geometric and traffic characteristics of roads. Using the FM19 program, the simulation and analysis of the road axes was carried out. The SPSS statistical program was then used to investigate the correlation between the new methodology and real accident data in order to understand the relationship between the geometric characteristics of roads and the probability of accidents in a road network. Accurately predicting accident hotspots based on the new methodology model can help to implement targeted safety measures and interventions. The research findings showed that the correlation between the new methodology score and the actual number of accidents is weak but statistically significant. The results of the statistical analysis showed that if we incorporate factors such as the traffic load, the radius of the vehicle as well as the influence of the length of the circular arc into the final score of the methodology, the prediction model will be improved. This study provides valuable insights for transport engineers and other stakeholders involved in evaluating road network and improving road safety.

Keywords: Geometric characteristics, driving safety, accidents, FM 19, pacification, prediction, two lane road, traffic load.

Περιεχόμενα

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2	Σκοπός της έρευνας	3
1.3	Βήματα διπλωματικής εργασίας	3
1.4	Δομή Διπλωματικής εργασίας	5
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	7
2.1	Εισαγωγή στην οδική ασφάλεια	7
2.2	Συνήθη Αίτια Οδικών Ατυχημάτων	8
2.3	Σύγχρονοι Τρόποι Βελτίωσης Οδικής Ασφάλειας	8
2.4	Κατηγορίες Οδού	9
2.5	Κυκλοφοριακός Φόρτος	11
2.6	Ταχύτητα	11
2.6.1	Επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$)	12
2.6.2	Ταχύτητα Μελέτης (V_e)	12
2.6.3	Λειτουργική Ταχύτητα (V_{85}) και ελκτικότητα (K_E)	13
2.6.4	Επιρροή της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια	15
2.6.5	Σύγκριση μέσης ταχύτητας με άλλες τιμές ταχύτητας	15
2.7	Γεωμετρία Οδικού Άξονα	16
2.7.1	Προβολή στο επίπεδο XY (Οριζοντιογραφία)	16
2.7.2	Μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας	17
2.7.3	Συντελεστής τριβής	19
2.7.4	Ελάχιστη ακτίνα (R_{min})	20
2.7.5	Μήκος κυκλικού τόξου	24
2.7.6	Προβολή στο επίπεδο XZ (Μηκοτομή)	25
2.7.7	Μέγιστη κατά μήκος κλίση	26
2.7.8	Ελάχιστη κατά μήκος κλίση	26
2.7.9	Προβολή στο επίπεδο YZ (Διατομή)	26
2.7.10	Επίκλιση	28
2.7.11	Ορατότητα	30
2.7.12	Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ)	30
2.7.13	Βασικές Πτυχές Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με πυλώνα την Οδική ασφάλεια	35
2.8	Κριτήρια Αξιολόγησης Οριζόντιας Χάραξης – Κριτήρια Ασφαλείας	42
2.9	Δείκτης Ατυχημάτων	45
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	49
3.1	Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού	49
3.2	Υφιστάμενη πρακτική αξιολόγησης γεωμετρικού σχεδιασμού	49

3.3	Χρήση Μίας Νέας Μεθοδολογίας μέσω βαθμολόγησης	50
3.4	Συμμετοχή της λειτουργικής ταχύτητας V_{85}	51
3.5	Κρίσιμες παράμετροι γεωμετρικού σχεδιασμού ως προς την οδική ασφάλεια	52
3.6	Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Οριζοντιογραφικής Ακτίνας.....	53
3.7	Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω μήκους ορατότητας.....	57
3.8	Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω επίκλισης στις καμπύλες	59
3.9	Συνολική αξιολόγηση του γεωμετρικού σχεδιασμού	60
3.10	Επιρροή της ταχύτητας στις επιπτώσεις ενός ατυχήματος	62
3.11	Επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου	65
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	67
4.1	Συλλογή Στοιχείων	67
4.2	Επεξεργασία στοιχείων και Προσομοίωση γεωμετρίας οδικών αξόνων με χρήση του προγράμματος FM19.....	83
4.2.1	Επεξεργασία στοιχείων για εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα	83
4.2.2	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FM19	86
4.2.3	Χρήση λογισμικού	87
4.2.4	Βήματα Σχεδιασμού Υφιστάμενης Γεωμετρίας Οδικού Άξονα	88
4.3	Υπολογισμός Βαθμολογίας (Νέα Μεθοδολογία).....	95
4.4	Αριθμητικό Παράδειγμα οδικού άξονα Pendleton 096-KY-0159.....	96
4.5	Αποτελέσματα λογισμικού.....	111
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	119
5.1	Πρόγραμμα SPSS	119
5.2	Μέθοδος ομαδοποίησης Clustering και αλγόριθμος K-means	121
5.3	Συντελεστές συσχέτισης.....	123
5.4	Βαθμολογική Κατάταξη Οδικής Ασφάλειας	127
5.5	Χάρτες Επικινδυνότητας	128
5.6	Προσδιορισμός Βαθμολογικής Κατάταξης Οδικής Ασφάλειας μέσω Στατιστικής Ανάλυσης	132
5.7	Συσχέτιση βαθμολογίας με υφιστάμενες μεθοδολογίες καταγεγραμμένα ατυχήματα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά	133
6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	137
6.1	Συμπεράσματα.....	137
6.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	139

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 : ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΙΒΑΤΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ (ΥΠΕΧΩΔΕ).....	11
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 : ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ (F_T) ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ (F_R) ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ, ΤΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ (ΟΜΟΕ-Χ,2001).....	23
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3 : ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΓΙΑ ΟΔΟΥΣ ΤΩΝ ΟΜΑΔΩΝ Α & Β ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΤΗΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ, ΤΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΠΙΚΛΙΣΗΣ (ΟΜΟΕ-Χ,2001).....	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4 : ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΛΙΣΕΙΣ (ΟΜΟΕ-Χ,2001).....	26
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5 : ΜΟΡΦΕΣ ΕΠΙΚΛΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑ.....	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ D ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΣΗΣ S_H (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7 : ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΤΡΟΧΑΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ (ΠΗΓΗ: ZEEGERETAL., 1981).....	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8 : ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (ΠΗΓΗ:ΑΠΟΣΤΟΛΕΡΗΣ, 2022).....	45
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΙΚΗΣ ΤΡΙΒΗΣ F_T (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΟΓΩ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	100
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	104
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΑΚΤΙΝΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΟΓΩ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	107
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10 : ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΛΟΓΩ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	110
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11 : ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ 096-ΚΥ-0159 PENDLETON ΑΠΟ ΕΝΤΟΛΗ GUS-1Α.....	111
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12 : ΤΕΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ 096-ΚΥ-0159 PENDLETON ΑΠΟ ΕΝΤΟΛΗ GUS-2Α.....	114
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13 : ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΑΡΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ-ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΚΑΜΠΥΛΗ.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.14 : ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΧΑΡΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ-ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΤΜΗΜΑ.....	117
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΕΣΤ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ. (ΑΠΟ SPSS).....	126
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2: ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΕΣΤ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ. (ΑΠΟ SPSS).....	126
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ SPEARMAN, ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΘΕ ΚΑΜΠΥΛΗΣ (ΜΕ ΕΠΙΡΡΟΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ), ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (ΑΠΟ SPSS).....	134

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 : ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ SPEARMAN, ΤΗΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΘΕ ΚΑΜΠΥΛΗΣ (ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΡΡΟΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΟΥ), ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ (ΑΠΟ SPSS).	135
---	-----

Ευρετήριο Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 2.1 : ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ Α-Β ΜΕ ΔΥΟ ΚΑΜΠΥΛΕΣ (ΑΠΟΣΤΟΛΕΡΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ, 2022)..	14
ΣΧΗΜΑ 2.2 : ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΣΕ ΤΡΙΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΧΥΖ.	16
ΣΧΗΜΑ 2.3 : ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΟΔΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟ ΧΥ.	17
ΣΧΗΜΑ 2.4 : ΟΜΟΡΡΟΠΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ.	18
ΣΧΗΜΑ 2.5 : ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΓΚΑΡΣΙΑΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΡΟΧΙΑ.	20
ΣΧΗΜΑ 2.6 : ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΡΟΧΙΑ.	21
ΣΧΗΜΑ 2.7 : ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΟΔΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟ ΧΖ.	25
ΣΧΗΜΑ 2.8 : ΔΙΑΤΟΜΗ ΟΔΟΥ ΣΕ ΕΠΙΧΩΜΑ.	27
ΣΧΗΜΑ 2.9 : ΔΙΑΤΟΜΗ ΟΔΟΥ ΣΕ ΟΡΥΓΜΑ.	28
ΣΧΗΜΑ 2.10 : ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΙΚΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.	28
ΣΧΗΜΑ 2.11 : ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΛΕΥΡΙΚΟ ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ ΧΩΡΟ (ΟΜΟΕ-Χ,2001).	33
ΣΧΗΜΑ 3.1: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΖΗΜΙΩΝ, ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΕΛΑΦΡΥΣ, ΒΑΡΥΣ) Η ΝΕΚΡΟΥ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΟΥ ΣΥΝΕΒΗ ΤΟ ΑΤΥΧΗΜΑ.(ΑΠΟΣΤΟΛΕΡΗΣ 2022).	64
ΣΧΗΜΑ 4.1 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ FM19 (ΚΑΡΤΕΛΑ MENU) (ΑΠΟΣΤΟΛΕΡΗΣ, 2022)	87

Ευρετήριο Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 2.1 : ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΩΝ ΙΣΧΥΟΥΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΔΟΥΣ ΑΙ ΕΩΣ ΑV ΚΑΙ Β (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).	10
ΕΙΚΟΝΑ 2.2 : ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΟΔΩΝ ΟΜΟΕ-Δ.	10
ΕΙΚΟΝΑ 2.3 : ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΛΙΚΤΟΤΗΤΑΣ ΠΛΑΤΟΥΣ ΛΩΡΙΔΑΣ ΚΑΙ V_{85} , ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ V_{85} ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ K_E ΤΗΣ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΣΕ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΥΣ ΜΕ ΕΝΙΑΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΙ ΕΩΣ ΑΙV (ΠΗΓΗ ΟΜΟΕ-Χ,2001).	14
ΕΙΚΟΝΑ 2.4 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΗΚΟΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ S_H ΣΕ ΥΓΡΟ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ (ΟΜΟΕ-Χ,2001).	32
ΕΙΚΟΝΑ 2.5 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΧΕΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΣΤΑΣΗ S_H ΜΕ ΠΛΑΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΩΡΟΥ M (ΟΜΟΕ-Χ,2001).	34
ΕΙΚΟΝΑ 4.1: ΟΔΙΚΟΙ ΆΞΟΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ MADISON (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	68
ΕΙΚΟΝΑ 4.2: ΟΔΙΚΟΙ ΆΞΟΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ MARION (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	69
ΕΙΚΟΝΑ 4.3 :ΟΔΙΚΟΙ ΆΞΟΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ MONROE (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	70
ΕΙΚΟΝΑ 4.4: ΟΔΙΚΟΙ ΆΞΟΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ OHIO (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	71
ΕΙΚΟΝΑ 4.5: ΟΔΙΚΟΣ ΆΞΟΝΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ PENDLETON (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	71
ΕΙΚΟΝΑ 4.6: ΟΔΙΚΟΙ ΆΞΟΝΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ WOODFORD (ΑΠΟ GOOGLE EARTH)	72
ΕΙΚΟΝΑ 4.7 : ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΦΟΡΤΟΥ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΣΗΜΗ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΑΚΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΟΔΙΚΟ ΑΞΟΝΑ PENDLETON 096-KY-0159	74
ΕΙΚΟΝΑ 4.8 : ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ MADISON (ΑΠΟ AUTO CAD)	75
ΕΙΚΟΝΑ 4.9 : ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ MARION (ΑΠΟ AUTO CAD)	75

ΕΙΚΟΝΑ 4.10: ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΟΝΡΟΕ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).....	76
ΕΙΚΟΝΑ 4.11 : ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΗΙΟ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	76
ΕΙΚΟΝΑ 4.12 : ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΔΙΚΟΥ ΆΞΟΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	77
ΕΙΚΟΝΑ 4.13 : ΦΟΡΤΟΙ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ WOODFORD (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	77
ΕΙΚΟΝΑ 4.14 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΕΧCΕL ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ 096-ΚΥ-015978	
ΕΙΚΟΝΑ 4.15 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑDΙSΟΝ ΜΕ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	79
ΕΙΚΟΝΑ 4.16 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΑRΙΟΝ ΜΕ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	79
ΕΙΚΟΝΑ 4.17 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΟΝΡΟΕ ΜΕ ΟΔΙΚΟΥΣ ΑΞΟΝΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	80
ΕΙΚΟΝΑ 4.18 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΗΙΟ ΜΕ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	80
ΕΙΚΟΝΑ 4.19 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΟΔΙΚΟΥ ΆΞΟΝΑ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	81
ΕΙΚΟΝΑ 4.20 : ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ WOODFORD ΜΕ ΟΔΙΚΟΥΣ ΆΞΟΝΕΣ ΈΡΕΥΝΑΣ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	81
ΕΙΚΟΝΑ 4.21 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΔΕΛΤΙΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΚΑΜΠΥΛΗ. (ΑΠΟ ΕΧCΕL)	82
<i>ΕΙΚΟΝΑ 4.22 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΟΔΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ 120-ΚΥ-1681 (ΑΠΟ ΕΧCΕL)</i>	<i>82</i>
ΕΙΚΟΝΑ 4.23 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΑLΕ ΑΠΟ ΟΔΙΚΟ ΆΞΟΝΑ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ 096-ΚΥ-0159.....	84
ΕΙΚΟΝΑ 4.24 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ RΕΤΟUR ΑΠΟ ΟΔΙΚΟ ΆΞΟΝΑ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ 096-ΚΥ-0159. ...	84
ΕΙΚΟΝΑ 4.25 : ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ 096-ΚΥ-0159 (ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).	85
ΕΙΚΟΝΑ 4.26 : ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ ΤΩΝ ΔΥΟ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΩΝ ΤΟΥ ΟΔΙΚΟΥ ΆΞΟΝΑ ΡΕΝΔΛΕΤΟΝ 096-ΚΥ-0159 (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD)	85
ΕΙΚΟΝΑ 4.27 : ΚΑΡΤΕΛΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ FM19	87
ΕΙΚΟΝΑ 4.28 : ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΝΤΟΛΩΝ ΤΩΝ WΙNΔOWS ΜΕ ΤΕΛΙΚΟ ΜΗΝΥΜΑ ΕΠΙΤΥΧΟΥΣ ΠΟΡΕΙΑΣ <ΆΝΤΕ ΓΕΙΑ>.....	89
ΕΙΚΟΝΑ 4.29 : ΣΧΕΔΙΟ OME.DXF ΜΕ ΑΡΧΙΚΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΑΞΟΝΑ ΑΧL (ΑΥΤΟCΑD)	90
ΕΙΚΟΝΑ 4.30 : ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ ΤΕΘΛΑΣΜΕΝΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΣΤΟΝ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ.....	91
ΕΙΚΟΝΑ 4.31 : ΚΑΡΤΕΛΑ SHM ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ 096-ΚΥ-0159 ΤΑ ΜΑΥΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΤΑ ΚΟΚΚΙΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΑ.(ΑΠΟ FM19).	92
ΕΙΚΟΝΑ 4.32 : ΚΑΡΤΕΛΑ ΚΟR ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ 096-ΚΥ-0159 ΤΑ ΜΑΥΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΤΑ ΚΟΚΚΙΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΑ. (ΑΠΟ FM19).	93
ΕΙΚΟΝΑ 4.33 : ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 096-ΚΥ-0159 (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΆΞΟΝΑ, ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).....	94
ΕΙΚΟΝΑ 4.34 : ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ 096-ΚΥ-0159 (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).	94
ΕΙΚΟΝΑ 4.35 : ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 096-ΚΥ-0159 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΘΕ ΚΑΜΠΥΛΗΣ, ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).....	94
<i>ΕΙΚΟΝΑ 4.36 : ΟΔΙΚΟΣ ΑΞΟΝΑΣ ΜΑRΙΟΝ 0055 ΧΩΡΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ ΔΥΟ ΤΜΗΜΑΤΑ DAY ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΕΛΙΚΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΤΜΗΜΑ (ΑΠΟ ΑΥΤΟCΑD).</i>	<i>95</i>
ΕΙΚΟΝΑ 4.37 : ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΑΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ FM19 ΚΑΙ ΚΑΡΤΕΛΑΣ DAY ΜΕ ΤΜΗΜΑΤΑ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ ΚΑΙ ΦΟΡΤΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ. (ΑΠΟ ΕΧCΕL).....	96
ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SPSS.	120
ΕΙΚΟΝΑ 5.2: ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΠΙΝΑΚΑ ΑΠΟ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ (ΑΠΟ ΕΧCΕL).	121
ΕΙΚΟΝΑ 5.3: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ Κ-ΜΕΑΝS.....	122
ΕΙΚΟΝΑ 5.4: ΌΡΙΑ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ PEARSON ΚΑΙ SPEARMAN (ΑΠΟ ΕΧCΕL).	124

ΕΙΚΟΝΑ 5.5: ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ PENDLETON ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΣΗ GUS_1 ΜΕ ΑΚΤΙΝΑ ΧΑΡΑΞΗΣ R. (ΑΠΟ GOOGLE EARTH).	129
ΕΙΚΟΝΑ 5.6: ΧΑΡΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ PENDLETON ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΣΗ GUS_2 ΜΕ ΑΚΤΙΝΑ R ΤΗΝ ΑΚΤΙΝΑ ΠΟΥ ΔΙΑΓΡΑΦΕΙ Ο ΟΔΗΓΟΣ. (ΑΠΟ GOOGLE EARTH).	129
ΕΙΚΟΝΑ 5.7: BLACKSPOT ΑΠΟ ΚΟΡΥΦΗ Κ-128 ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ PENDLETON ΜΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ GUS_1 54.97 ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΧΑΜΗΛΟ. (ΑΠΟ AUTO CAD).	131
ΕΙΚΟΝΑ 5.8: BLACKSPOT ΑΠΟ ΚΟΡΥΦΗ Κ-128 ΟΔΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ PENDLETON ΜΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ GUS_2 49.90 ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΜΕΤΡΙΟ. (ΑΠΟ AUTO CAD).	131

Συντομογραφίες

ΟΜΟΕ-Χ :	Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων – Χαράξεις
ΟΜΟΕ-Δ:	Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων- Διατομές
ΜΟΣ:	Μήκος ορατότητας για στάση
ΕΜΗΚ:	Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία
ΠΟΥ:	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΜΕΑ:	Μονάδες Επιβατηγών Αυτοκινήτων
ΚΟΚ:	Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας
ΜΟΣ:	Μήκος Ορατότητας για Στάση
ΕΜΗΚ:	Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία
ΛΕΑ:	Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης
ΜΕΑ :	Motorized Equivalent Units
PSI :	Motorized Equivalent Units

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορές και οι συνεχείς απαιτήσεις επικοινωνίας οδήγησαν στην εκτεταμένη ανάπτυξη των παγκόσμιων οδικών δικτύων, επηρεάζοντας κάθε χώρα μοναδικά. Ένας δρόμος χρησιμεύει ως άξονας επικοινωνίας που συνδέει περιφέρειες, δήμους, νομούς, ακόμη και χώρες παγκοσμίως, διευκολύνοντας τη μεταφορά εμπορευμάτων, τη μετακίνηση σε διάφορα κέντρα ενδιαφέροντος και την επικοινωνία μέσα στις κοινωνίες. Ωστόσο, ως δομικό στοιχείο που διασχίζει διάφορες περιοχές και διευκολύνει τις μετακινήσεις, ένας οδικός άξονας εισάγει μια σειρά από θετικές και αρνητικές επιπτώσεις τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Τα οδικά ατυχήματα που συμβαίνουν σήμερα στους δρόμους είναι πολλά και τα χαρακτηριστικά τους ακόμα περισσότερα. Παράγοντες πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος μπορεί να είναι η συμπεριφορά του οδηγού, του πεζού, του οχήματος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, η κυκλοφοριακές συνθήκες, ο επαρκής ή μη φωτισμός της οδού και άλλοι πολλοί (Broujerdian, Dehqani, & Fetanat, 2015). Όποια και να είναι η αιτία πρόκλησης ενός οδικού ατυχήματος δεν παύει να είναι ένας λόγος που προβληματίζει πολύ την επιστημονική κοινότητα και όχι μόνο.

Κάθε οδικός άξονας παγκοσμίως έχει συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, διασχίζοντας διάφορες περιοχές με βάση τον προορισμό του και τις απαιτήσεις κίνησης. Αυτοί οι άξονες χαρακτηρίζονται από ποικίλους κυκλοφοριακούς φόρτους, που επηρεάζονται από τους τύπους τους (όπως αυτοκινητόδρομοι ή αστικοί δρόμοι). Κατά συνέπεια, πολλά στοιχεία, το καθένα με ξεχωριστές επιπτώσεις, καθορίζουν συλλογικά το μέγεθος των επιπτώσεων στις περιοχές που διασχίζει ένας δρόμος. Αυτή η εργασία διερευνά πώς τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός οδικού άξονα επηρεάζουν την οδική ασφάλεια, την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, καθώς οι δρόμοι διαμορφώνουν τη ζωή και τα οικοσυστήματα που αναπτύσσονται γύρω τους. Η αρχική φάση περιλάμβανε μια εκτενή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που εξετάζει τις επιπτώσεις της γεωμετρίας του δρόμου στην οδική ασφάλεια, την ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον. Αυτή η περιεκτική έρευνα είχε στόχο να παρέχει μια λεπτομερή κατανόηση αυτού του παγκόσμιου σημαντικού ζητήματος.

Με βάση τις γνώσεις που προέκυψαν από τη βιβλιογραφία, η συλλογή των στοιχείων της εργασίας αυτής βασίστηκε πάνω σε χωρικά και χρονικά δεδομένα από οδούς και ατυχήματα που έλαβαν μέρος σε αυτούς, σε ένα μεγάλο μέρος της Πολιτείας του Κεντάκυ στην Αμερική, έπειτα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε. Αυτή η εις βάθος ανάλυση εμβαθύνει στο κρίσιμο και περίπλοκο ζήτημα της οδικής

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

ασφάλειας, μια ανησυχία υψίστης σημασίας για τις κοινωνίες παγκοσμίως. Επιπλέον, ένα σημαντικό μέρος της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας επικεντρώθηκε στους διεθνείς οδικούς άξονες, τονίζοντας τη σημασία της έρευνας αυτής. Αυτή η επιλογή δικαιολογείται από τις μοναδικές συνθήκες κυκλοφορίας, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που τη διακρίνουν από τους οδικούς άξονες σε άλλες χώρες. Η παρούσα έρευνα μπορεί να χρησιμοποιεί στοιχεία από άλλη χώρα αλλά δεν παύει να εξετάζεται ο άξονας της οδού, σε όποια χώρα και αν βρίσκετε, όπου τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, εκτός από μικρές εξαιρέσεις είναι ίδια. Μετά από την επεξεργασία των στοιχείων αυτών και λαμβάνοντας υπόψη μας τις αποκλίσεις που μπορούμε να έχουμε με βάση την ακρίβεια των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, την επίκληση κάθε οδικού άξονα, όπως και τον χρονικό παράγοντα καθώς και τον παράγοντα άνθρωπο, η έρευνα έφτασε στα τελικά αποτελέσματα που δείχνουν τις πραγματικές θέσεις που υπάρχουν προβλήματα σε κάθε κομμάτι του οδικού άξονα και κατ' επέκταση στην αναζήτηση λύσεων για την διόρθωση αυτών.

Δεδομένου του σημαντικού κοινωνικού και οικονομικού κόστους που σχετίζεται με θανάτους, τραυματισμούς και υλικές ζημιές που προκύπτουν από τροχαία ατυχήματα, η αντιμετώπιση της οδικής ασφάλειας αποτελεί προτεραιότητα τόσο για την Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και για τα μεμονωμένα κράτη μέλη της. Το οικονομικό κόστος των ετήσιων τροχαίων ατυχημάτων στην ΕΕ εκτιμάται ότι είναι περίπου 70 δισεκατομμύρια ευρώ, με ανυπολόγιστο κοινωνικό κόστος. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) αναφέρει ότι 1,2 εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν ετησίως σε τροχαία ατυχήματα και πάνω από πενήντα εκατομμύρια τραυματίζονται. Χωρίς εντατικές προσπάθειες για βελτίωση, οι αριθμοί αυτοί προβλέπεται να αυξηθούν κατά 65% τις επόμενες δύο δεκαετίες.

Τα τελευταία χρόνια, τα τροχαία ατυχήματα στην Ευρωπαϊκή Ένωση ευθύνονται για σχεδόν 110 θανάτους την ημέρα. Στο πλαίσιο της Ελλάδας, η συνεχής αύξηση της κυκλοφορίας συσχετίζεται άμεσα με την αύξηση των τροχαίων ατυχημάτων, προκαλώντας πιο συστηματικά και εντατικά μέτρα εναρμονισμένα με το Στρατηγικό Σχέδιο για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας. Η πολυπλοκότητα και η πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν τα ποσοστά οδικών κινδύνων και ατυχημάτων παρέχουν ένα ευρύ ερευνητικό πλαίσιο για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας (Caliendo, Guida & Parisi 2007). Η έρευνα σε εθνικό επίπεδο γίνεται εφικτή όταν καθοριστούν επακριβώς τα χαρακτηριστικά των υπό έρευνα οδικών τμημάτων.

Η επιλογή των παραγόντων που επηρεάζουν το επίπεδο επικινδυνότητας ενός οδικού άξονα βασίζεται σε εμπειρικά κριτήρια και γνώσεις από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα για το θέμα. Μετά από πολυάριθμες δοκιμές και επαναλήψεις, οι επιλεγμένοι παράγοντες ενσωματώθηκαν στα τελικά πρότυπα σχεδιασμένα να είναι στατιστικά ορθά και λογικά. Αυτά τα πρότυπα θεωρούνται αξιόπιστα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή τη διατριβή μπορούν να χρησιμεύσουν ως πολύτιμες πηγές για μελλοντική εργασία

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

και έρευνα σε σχετικά θέματα. Η ολοκληρωμένη βιβλιογραφική έρευνα που διεξήχθη συγκεντρώνει αποτελέσματα από πολυάριθμες παγκόσμιες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις του γεωμετρικού σχεδιασμού των δρόμων στην οδική ασφάλεια και το περιβάλλον, περιλαμβάνοντας μια ποικιλία οδικών αξόνων με διαφορετικά γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά. Αυτή η συλλογή αποτελεί κρίσιμη πηγή δεδομένων για μελλοντική έρευνα στο πεδίο.

1.2 Σκοπός της έρευνας

Η μελέτη αυτή εστιάζει στην ανάδειξη μιας νέας μεθοδολογίας για την κατάταξη των οδών με βάση την πιθανότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων προσαρμοσμένη σε δρόμους δύο λωρίδων με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Στόχος της έρευνας είναι, με την αξιοποίηση της μεθοδολογίας να αναδειχθούν τα οδικά τμήματα όπου τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους δεν εναρμονίζονται με τις σύγχρονες οδηγίες σχεδιασμού και δεν εξασφαλίζεται η ομοιογένεια τους. Κατ' επέκταση αναδεικνύονται και οι μεμονωμένες καμπύλες που παραβιάζουν την προσδοκία του οδηγού, καθιστώντας τις συγκεκριμένες θέσεις ιδιαίτερα επικίνδυνες, αυξάνοντας σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης ατυχημάτων. Για να αναδειχθούν οι θέσεις και τα τμήματα που τα χαρακτηριστικά τους δεν εναρμονίζονται με τις σύγχρονες οδηγίες χάραξης, αξιοποιήθηκε μία νέα μεθοδολογία η οποία βασίζεται σε ένα Συντελεστή Επικινδυνότητας (Σ.Ε.) που εξαρτάται από τα γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού.

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της συσχέτισης του Σ.Ε. της νέας μεθοδολογίας με τον πραγματικό αριθμό ατυχημάτων, με στόχο την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της πιθανότητας ατυχημάτων σε ένα οδικό δίκτυο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση του εντοπισμού των επικίνδυνων θέσεων και κατ' επέκταση την σωστή πρόβλεψη των ατυχημάτων. Τέλος αναζητούνται ενδεχόμενες βελτιώσεις στο υπάρχον μοντέλο που χρησιμοποιεί η νέα μεθοδολογία που θα βοηθήσουν στην ακριβέστερη πρόβλεψη των οδικών ατυχημάτων που οφείλονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Χρησιμοποιώντας λοιπόν την παραπάνω μεθοδολογία, η έρευνα στοχεύει στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και στη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων.

1.3 Βήματα διπλωματικής εργασίας

Επιδιώκοντας να κατανοήσει και να αντιμετωπίσει τη σύνθετη δυναμική της οδικής ασφάλειας και των υποδομών, αυτή η διπλωματική εργασία ξεκινά μια σχολαστική εξέταση που βασίζεται σε αυστηρή ερευνητική μεθοδολογία. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της προσπάθειας είναι να εμβαθύνει στις πολυπλοκότητες της ανάλυσης του οδικού δικτύου, εστιάζοντας ιδιαίτερα στον εντοπισμό και τον μετριάσμο των παραγόντων που συμβάλλουν στα τροχαία ατυχήματα. Αυτό το εισαγωγικό κεφάλαιο θέτει τις βάσεις για μια εις βάθος εξερεύνηση, περιγράφοντας τη συστηματική προσέγγιση που χρησιμοποιείται

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

για την πλοήγηση στις πολύπλευρες διαστάσεις του θέματος. Οριοθετώντας τα στάδια προετοιμασίας και μεθοδολογίας, αυτή η διατριβή προσπαθεί να ρίξει φως στις υποκείμενες πολυπλοκότητες της οδικής ασφάλειας, με στόχο να δημιουργήσει πολύτιμες γνώσεις που έχουν επιπτώσεις στη διαμόρφωση πολιτικής και τη βελτίωση των υποδομών. Μέσα από μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και την εφαρμογή προηγμένων αναλυτικών εργαλείων, αυτή η μελέτη προσπαθεί να συμβάλει ουσιαστικά στη συζήτηση γύρω από τη διαχείριση της οδικής ασφάλειας, προσπαθώντας τελικά να προωθήσει ασφαλέστερα και αποτελεσματικότερα συστήματα μεταφορών προς όφελος της κοινωνίας γενικότερα. Η διαμόρφωση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας προχώρησε μέσα από μια δομημένη σειρά φάσεων με στόχο την αποτελεσματική επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Ακολουθεί λεπτομερής οριοθέτηση αυτών των φάσεων.

Μετά τον προσδιορισμό των επιδιωκόμενων στόχων, διεξήχθη μια εκτενής ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας για να δημιουργηθεί μια θεμελιώδης κατανόηση του θέματος. Αυτό περιλάμβανε μια ολοκληρωμένη διερεύνηση θεμελιωδών εννοιών που σχετίζονται με τη διατριβή, με πρωταρχικό στόχο την απόκτηση των απαραίτητων θεωρητικών θεμελίων και οποιασδήποτε σχετικής πληροφορίας που θα μπορούσε να βοηθήσει στην ερευνητική προσπάθεια.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε μια νέα μεθοδολογία που θα καθοδηγούσε την επίδιωξη των δηλωμένων στόχων, με μια λεπτομερή έκθεση που παρέχεται παρακάτω. Αυτό περιλάμβανε τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων σχετικά με τα υπό έλεγχο οδικά τμήματα, ακολουθούμενη από την επεξεργασία τους για ενσωμάτωση στην πλατφόρμα λογισμικού FM19 για τη διευκόλυνση μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης των στοχευμένων οδικών τμημάτων. Αξιοποιώντας τα καταγεγραμμένα δεδομένα ατυχημάτων, πραγματοποιήθηκε προγνωστική μοντελοποίηση τροχαίων ατυχημάτων μέσω της δημιουργίας χαρτών κινδύνου χρησιμοποιώντας το λογισμικό FM19. Αυτά τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν περαιτέρω και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό Excel για την κατασκευή σχετικών πινάκων, από τους οποίους προέκυψαν τα αρχικά ευρήματα και συμπεράσματα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην εξέταση των καμπυλών του οδικού δικτύου που εμφανίζουν συγκεντρώσεις ατυχημάτων, καθώς και των τμημάτων που παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις οδικών αξόνων. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα FM19, υπολογίστηκε μια τελική βαθμολογία για κάθε καμπύλη και κάθε οδικό τμήμα, αντίστοιχα, και στη συνέχεια συσχετίστηκε με διάφορες παραμέτρους, όπως δείκτης ατυχημάτων, όγκος κυκλοφορίας, συχνότητα ατυχήματος, μήκος τόξου, ακτίνα χάραξης και ακτίνα τροχιάς οχήματος.

Μετά την ερμηνεία και την αξιολόγηση των δεδομένων, προέκυψαν οριστικά στοιχεία, με αποκορύφωμα τη διατύπωση σχετικών συμπερασμάτων που υποδεικνύουν ότι η νέα μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε έχει μία ικανοποιητική συσχέτιση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού στην πραγματικότητα, όπως είναι η ακτίνα και το μήκος του κυκλικού τόξου. Από την άλλη, λόγω ελλείψεων στα δεδομένα που υπήρχαν

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

διαθέσιμα δεν μπόρεσε να εξετασθεί περαιτέρω η συσχέτιση της μεθοδολογίας με τα καταγεγραμμένα ατυχήματα, που οφείλονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου. Επίσης, ο κυκλοφοριακός φόρτος αποδεικνύεται ως ένας ουσιώδης παράγοντας επηρεασμού της βαθμολογίας. Παρόλα αυτά, παρατηρείται η ανάγκη για περαιτέρω βελτιώσεις στον υπολογισμό της βαθμολογίας. Κατά συνέπεια, προέκυψαν σημαντικές γνώσεις σχετικά με το υπό διερεύνηση θέμα, με συνακόλουθες συστάσεις για περαιτέρω έρευνα.

1.4 Δομή Διπλωματικής εργασίας

Αυτή η διατριβή εκτυλίσσεται σε έξι σχολαστικά δομημένα κεφάλαια, καθένα από τα οποία συμβάλλει στην ολοκληρωμένη κατανόηση του θέματος.

Το εναρκτήριο κεφάλαιο προσφέρει μια διορατική επισκόπηση, ξεκινώντας με μια έκθεση του ερευνητικού προβλήματος που προκάλεσε αυτήν την έρευνα, ακολουθούμενη από μια διασαφήνιση των ερευνητικών στόχων. Επιπλέον, παρέχεται μια συνοπτική προεπισκόπηση των επόμενων κεφαλαίων, προσφέροντας μια ματιά στο θεματικό περιεχόμενο που περιλαμβάνουν.

Το δεύτερο κεφάλαιο χρησιμεύει ως επιστημονική βάση, διευκρινίζοντας θεωρητικές κατασκευές που είναι καθοριστικές για τη διατριβή. Εδώ, ακολουθεί μια εκτεταμένη διερεύνηση της οριζοντιογραφίας, της μηκοτομής, της διατομής και της οδικής ασφάλειας, που υπογραμμίζεται από σχετικές αναφορές σε ρυθμιστικά πλαίσια που διέπουν την οδοποιία.

Το τρίτο κεφάλαιο στρέφεται προς την οριοθέτηση μιας νέας μεθοδολογικής προσέγγισης και την αξιολόγηση του γεωμετρικού σχεδιασμού. Εμβαθύνοντας στις περιπλοκές του λογισμικού FM19, αυτό το κεφάλαιο αποκαλύπτει τη μεθοδολογία που βασίζεται στην αξιολόγηση των οδικών αξόνων, ενώ παράλληλα επισημαίνει κρίσιμες παραμέτρους σχεδιασμού που σχετίζονται με την οδική ασφάλεια.

Το τέταρτο κεφάλαιο εμβαθύνει στη σχολαστική συλλογή και επεξεργασία δεδομένων. Παρέχεται μια ολοκληρωμένη έκθεση σχετικά με την απόκτηση σχετικών δεδομένων, που εκτείνονται σε γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά και συμβάντα στα στοχευμένα οδικά τμήματα. Προσφέρονται λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη χρήση του λογισμικού FM19, που περιλαμβάνει διαδικασίες εισαγωγής δεδομένων, μεθοδολογίες εξαγωγής αποτελεσμάτων και μια πρακτική αριθμητική απεικόνιση για βελτιωμένη κατανόηση.

Το πέμπτο κεφάλαιο, το αποκορύφωμα, αναλαμβάνει μια αυστηρή στατιστική ανάλυση και συσχέτιση των αποτελεσμάτων της βαθμολογίας της νέας μεθοδολογίας του FM19 με γεωμετρικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά κυκλοφορίας, παράλληλα με τους δείκτες ατυχημάτων. Επίσης γίνεται και μία νέα κατηγοριοποίηση των επιπέδων οδικής ασφάλειας που προκύπτουν με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

αυτής λαμβάνοντας σαν σημαντικό παράγοντα διαφοροποίησης την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην τελική βαθμολογία, καθώς και την σημαντικότητα του στα αποτελέσματα και κατ' επέκταση στην οδική ασφάλεια .

Το έκτο κεφάλαιο , συνθέτοντας τα ευρήματα, παρουσιάζει πειστικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα, ενώ προσφέρει επίσης τρόπους για μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες που στοχεύουν στην προώθηση της κατανόησης σε αυτόν τον τομέα.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

2.1 Εισαγωγή στην οδική ασφάλεια

Η διασφάλιση της οδικής ασφάλειας στους δρόμους αποτελεί πρωταρχικό μέλημα που έχει εκτεταμένες επιπτώσεις για τα άτομα, τις κοινότητες και την κοινωνία γενικότερα. Η ανάλυση της οδικής ασφάλειας περιλαμβάνει μια πολύπλευρη εξέταση διαφόρων παραγόντων, που κυμαίνονται από τη συμπεριφορά των μεμονωμένων οδηγών έως τον σχεδιασμό και την κατάσταση της οδικής υποδομής. Η κατανόηση και η ενίσχυση της οδικής ασφάλειας είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη ατυχημάτων, την ελαχιστοποίηση των τραυματισμών και τη διάσωση ζωών. Αυτή η ανάλυση εμβαθύνει στη σύνθετη αλληλεπίδραση στοιχείων που συμβάλλουν στην ασφάλεια οδήγησης. Πιο συγκεκριμένα, διερευνά την επιρροή της συμπεριφοράς του οδηγού, του σχεδιασμού του δρόμου, των μοτίβων κυκλοφορίας και της εφαρμογής μέτρων ασφαλείας για τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης κατανόησης του τοπίου οδικής ασφάλειας. Με τη διερεύνηση αυτών των στοιχείων, στοχεύουμε στον εντοπισμό προκλήσεων, τάσεων και ευκαιριών για βελτίωση στην ασφάλεια οδήγησης. Επιπλέον, η ανάλυση αναγνωρίζει τη σημασία των προσεγγίσεων που βασίζονται σε δεδομένα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων μέτρων ασφαλείας και τον σχεδιασμό στοχευμένων παρεμβάσεων. Η εξέταση των δεικτών ατυχημάτων, του κυκλοφοριακού φόρτου και της χρήσης δεδομένων ατυχημάτων διευκολύνει τη συστηματική αξιολόγηση της οδικής ασφάλειας, επιτρέποντας τη λήψη αποφάσεων βάσει στοιχείων (Al-Sahili et al., 2018; Glavić et al., 2016; Glennon, 1987).

Σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες παγκοσμίως, τα τροχαία ατυχήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτων. Αυτή η πραγματικότητα υπογραμμίζει την κρίσιμη σημασία της Οδικής Ασφάλειας στο ευρύτερο πεδίο των Μεταφορών. Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν γίνει συντονισμένες παγκόσμιες προσπάθειες για τον μετριασμό των τροχαίων ατυχημάτων, με πρωταρχικό στόχο την ελαχιστοποίηση των συνεπαγόμενων επιπτώσεών τους. Αυτός ο πρωταρχικός στόχος περιστρέφεται γύρω από τη μείωση τόσο των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων όσο και εκείνων που οδηγούν σε διάφορες μορφές τραυματισμών, είτε είναι σοβαροί είτε μικροί.

Η αποτελεσματικότητα της Οδικής Ασφάλειας εξαρτάται από την επιτυχή αλληλεπίδραση τριών βασικών παραγόντων. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να συνεργάζονται αποτελεσματικά για να θεωρηθεί επιτυχής ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός δρόμου. Περιλαμβάνουν:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου και του περιβάλλοντός του

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

- Το είδος του οχήματος που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά
- Η ικανότητα και η συμπεριφορά του οδηγού του οχήματος (Treat et al., 1979)

2.2 Συνήθη Αίτια Οδικών Ατυχημάτων

Ο δρόμος και το περιβάλλον του, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη συμβολή των τροχαίων ατυχημάτων. Βασικοί παράγοντες στον δρόμο και στο γενικό περιβάλλον του που συμβάλλουν στα τροχαία ατυχήματα περιλαμβάνουν:

- Ανεπάρκειες στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, που περιλαμβάνουν ελλείψεις στο πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας και των στηρίξεων, καθώς και ελλείψεις στο πλάτος των μεσαίων διαχωριστικών νησίδων (Knecht, Saito & Schultz, 2016). Επιπλέον, οι μικρές ακτίνες οριζόντιων και κάθετων σημαδιών συμβάλλουν στη μειωμένη ορατότητα και οι κακώς διαμορφωμένες διασταυρώσεις επιδεινώνουν τον κίνδυνο.
- Υποτυπώδεις κατασκευαστικές πρακτικές, ιδιαίτερα ζητήματα που σχετίζονται με μειωμένη πρόσφυση σε ολισθηρά πεζοδρόμια και ανεπαρκή αποχέτευση.
- Στοιχεία με λανθασμένο σχεδιασμό, τοποθέτηση και κατασκευή, όπως στηθαία, δέντρα, κράσπεδα, αναχώματα και τάφρους.
- Ελαττώματα στην οργάνωση της κυκλοφορίας, συμπεριλαμβανομένης της ανεπαρκούς σήμανσης, της έλλειψης ελέγχου πρόσβασης (είσοδοι, έξοδοι) και προκλήσεις που σχετίζονται με τη στάθμευση στους δρόμους.
- Απουσία ή ανεπάρκεια οδοφωτισμού.
- Έλλειψη σωστού ελέγχου και σήμανσης κατά την κατασκευή.
- Δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως ομίχλη, βροχή, υγρές επιφάνειες, χιόνι και πάγος, καθώς και παράγοντες όπως η σκόνη, ο καπνός και ο άνεμος.

2.3 Σύγχρονοι Τρόποι Βελτίωσης Οδικής Ασφάλειας

Εκτός από τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η συνολική οδική υποδομή παίζει σημαντικό ρόλο στη συμβολή των τροχαίων ατυχημάτων. Οι ερευνητικές προσπάθειες στον τομέα των υποδομών και του χώρου του δρόμου οδήγησαν στη βελτίωση των κατευθυντήριων γραμμών για το σχεδιασμό οδικών έργων. Έμφαση δίνεται πλέον στην ομοιογένεια του γεωμετρικού σχεδιασμού, με στόχο την αποφυγή αποκλίσεων από τις προσδοκίες του οδηγού και την ενίσχυση ενός υποστηρικτικού περιβάλλοντος (Ambros, Valentová & Sedoník, 2016). Ωστόσο, η πρακτική εφαρμογή των σύγχρονων κατευθυντήριων γραμμών γεωμετρικού σχεδιασμού αντιμετωπίζει προκλήσεις όταν αντιμετωπίζουμε υπάρχουσες οδικές υποδομές. Ενώ τα νέα οδικά έργα επωφελούνται από βελτιωμένες συνθήκες, η

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

μετασκευή παλαιότερων υποδομών για την ευθυγράμμιση με αυτές τις νέες οδηγίες αποδεικνύεται πρόκληση. Οι απαιτούμενες αλλαγές στον γεωμετρικό σχεδιασμό και οι εκτεταμένες επεμβάσεις στην περιοχή του δρόμου συνεπάγονται σημαντικό κόστος, καθιστώντας δύσκολη την πρακτική εφαρμογή τους. Ωστόσο, είναι αξιοσημείωτο ότι υπάρχουν διάφορες παρεμβάσεις με σημαντικά χαμηλότερο κόστος που μπορούν να εφαρμοστούν σε υπάρχοντα οδικά δίκτυα. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν την εφαρμογή κάθετων σημάτων, τη διατήρηση οριζόντιων σημάτων και το στρατηγικό κόψιμο δέντρων για βελτίωση της ορατότητας. Η υλοποίηση αυτών των παρεμβάσεων έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σημαντικά τα επίπεδα οδικής ασφάλειας και, κατά συνέπεια, να συμβάλει στη μείωση των ατυχημάτων και των συνεπειών τους.

2.4 Κατηγορίες Οδού

Η κατηγοριοποίηση των οδών σε διάφορες κλάσεις γίνεται με βάση τη σημασία και τη χρήση που δίνεται σε καθέναν από αυτούς, λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργίες της σύνδεσης, της πρόσβασης και της παραμονής. Οι δρόμοι χωρίζονται σε ομάδες Α έως Ε, εντός αυτών υποκατηγοριοποιούνται σε λειτουργικές κλίμακες με τη χρήση των αριθμών Ι, ΙΙ, ΙΙΙ, ΙV, V και VI (ΟΜΟΕ-Χ, 2001). Συνοπτικά χαρακτηρίζονται τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά και οι παράμετροι μελέτης όλων των κατηγοριών δρόμων στον ακόλουθο πίνακα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αξιολόγηση των οδών που ανήκουν στην κατηγορία Α (υπεραστικό οδικό δίκτυο) και ταυτόχρονα έχουν ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας.

Κεφάλαιο 2- Έννοιες και Ορισμοί

Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού	Βασική αρχή μελέτης	Προσδιορισμός V_{85}	Εναρμόνιση V_{85} με V_d και $V_{85} > V_{85+1}$	Εναρμόνιση f_R με f_{RA}	Ποσοστό εκμετάλλευσης του συντελεστή εγκάρσιας τριβής	Τόξο συναρμογής	Σχέση μεταξύ διαδοχικών ακτίνων	Χρόνος αντίληψης και αντίδρασης	Μήκος ορατότητας για προώθηση																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																				
A	A I Αυτοκινητόδρομος A II Οδός ταχείας κυκλοφορίας A III Οδός μεταξύ νομών/επαρχιών A IV Οδός μεταξύ επαρχιών/ οικισμών A V Οδός μεταξύ μικρών οικισμών A VI Συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: $V_{85} = V_d + 20$ km/h για $V_d \geq 100$ km/h $V_{85} = V_d + 30$ km/h για $V_d < 100$ km/h οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: η V_{85} εξαρτάται από την ελκτικότητα K_e της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: συνήθως δεν απαιτείται* οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: $IV_{85} - V_d \leq \Delta V_{85mp}$ $IV_{85} - V_{85+1} \leq \Delta V_{85mp}$	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	45% για $\max q = 8\%$ (9%) (πεδινά εδάφη) 40% για $\max q = 7\%$ (λοφώδη και ορεινά εδάφη) 10% για $\min q = 2,5\%$	απαιτείται	απαιτείται	2,0 s	απαιτείται																			
												Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται											
												B	B I Αστικός αυτοκινητόδρομος B II Αστική οδός ταχείας κυκλοφ. B III Αστική αρτηρία B IV Κύρια συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: $V_{85} = V_{85mp} + 20$ km/h $V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημισιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παραοδίων ιδιοκτησιών Οι οδοί κατηγορίας B I και B II δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	60% για $\max q = 6\%$ 30% για $\min q = 2,5\%$	απαιτείται	απαιτείται	2,0 s	δεν απαιτείται							
																								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται
																								Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται
																								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται
Γ	Γ III Αστική αρτηρία Γ IV Κύρια συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	$V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης παραοδίων ιδιοκτησιών	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	70% για $\max q = 7\%$ και $\min q = 2,5\%$	επιθυμητό	δεν απαιτείται	1,5 s	δεν απαιτείται																			
												Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-	δεν απαιτείται												

Εικόνα 2.1 : Βασικές αρχές μελέτης οδών ισχύουν για τις οδούς AI έως AV και B (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).

Λειτουργικά χαρακτηριστικά οδών		Παράμετροι μελέτης και λειτουργίας οδών																			
Ομάδα οδών	Κατηγορία οδού	Χαρακτηρισμός οδού	Είδος οχημάτων	Επιτρεπόμενη ταχύτητα V_{85mp} (km/h)	Χαρακτηριστικά επιφανείας κυκλοφορίας	Κόμβοι	Ταχύτητα Μελέτης V_e (km/h)														
1	2	3	4	5	6	7	8														
A	A I Αυτοκινητόδρομος A II Οδός ταχείας κυκλοφορίας A III Οδός μεταξύ νομών/επαρχιών A IV Οδός μεταξύ επαρχιών/οικισμών A V Οδός μεταξύ μικρών οικισμών A VI Συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: $V_{85} = V_d + 20$ km/h για $V_d \geq 100$ km/h $V_{85} = V_d + 30$ km/h για $V_d < 100$ km/h οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: η V_{85} εξαρτάται από την ελκτικότητα K_e της μεμονωμένης καμπύλης και το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας b	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: συνήθως δεν απαιτείται* οδοί με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας: $IV_{85} - V_d \leq \Delta V_{85mp}$ $IV_{85} - V_{85+1} \leq \Delta V_{85mp}$	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	45% για $\max q = 8\%$ (9%) (πεδινά εδάφη) 40% για $\max q = 7\%$ (λοφώδη και ορεινά εδάφη) 10% για $\min q = 2,5\%$														
								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	-							
								B	B I Αστικός αυτοκινητόδρομος B II Αστική οδός ταχείας κυκλοφορίας B III Αστική αρτηρία B IV Κύρια συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	οδοί με διαχωρισμένη επιφάνεια κυκλοφορίας: $V_{85} = V_{85mp} + 20$ km/h $V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εντός σχεδίου (ημισιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με περιορισμούς στην εξυπηρέτηση των παραοδίων ιδιοκτησιών Οι οδοί κατηγορίας B I και B II δεν παρέχουν άμεση εξυπηρέτηση στις παρόδιες ιδιοκτησίες	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	60% για $\max q = 6\%$ 30% για $\min q = 2,5\%$						
																Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-
																Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-
																Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-
Γ	Γ III Αστική αρτηρία Γ IV Κύρια συλλεκτρία οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	$V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης παραοδίων ιδιοκτησιών	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	70% για $\max q = 7\%$ και $\min q = 2,5\%$														
								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-								
Δ	Δ IV Συλλεκτρία οδός Δ V Τοπική οδός	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	$V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης παραοδίων ιδιοκτησιών	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	70% για $\max q = 7\%$ και $\min q = 2,5\%$														
								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-								
E	E V Τοπική οδός E VI Τοπική οδός κατοικιών	Δευτερεύουσα οδός Αγροτική οδός	δυναμική κυκλοφορίας	$V_{85} = V_{85mp} + 10$ km/h $V_{85} \leq V_{85mp}$	οδοί που διατρέχουν περιοχές εκτός** ή εντός σχεδίου (περιαστικές και αστικές) με βασική λειτουργία τη σύνδεση και με δυνατότητα εξυπηρέτησης παραοδίων ιδιοκτησιών	$f_R - f_{RA} \geq \Delta f_{R \pm 10}$	70% για $\max q = 7\%$ και $\min q = 2,5\%$														
								Τριτεύουσα οδός Δασική οδός	δεν απαιτείται	δεν απαιτείται	κανένα	δεν απαιτείται	-								

Εικόνα 2.2 : Παράμετροι Μελέτης και Λειτουργικά Χαρακτηριστικά των οδών ΟΜΟΕ-Δ.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

2.5 Κυκλοφοριακός Φόρτος

Ο φόρτος της κυκλοφορίας κατά μήκος ενός οδοστρώματος καθορίζεται από τον αριθμό των οχημάτων που διασχίζουν ένα συγκεκριμένο τμήμα του οδοστρώματος εντός ενός δεδομένου χρονικού πλαισίου. Αυτός ο φόρτος ποσοτικοποιείται ως προς τα οχήματα ανά μονάδα χρόνου ή ως MEA (Motorized Equivalent Units) ανά μονάδα χρόνου, γνωστές και ως μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων (PCUs). Διαφορετικοί τύποι οχημάτων απαιτούν ποικίλες ποσότητες χώρου δρόμου λόγω των διαστάσεων και των λειτουργικών χαρακτηριστικών τους, επηρεάζοντας έτσι διαφορετικά τη ροή της κυκλοφορίας. Για την τυποποίηση των μετρήσεων σε όλες τις κατηγορίες οχημάτων, τα επιβατικά αυτοκίνητα χρησιμεύουν ως μονάδα αναφοράς και τα φορτία κυκλοφορίας εκφράζονται σε Μ.Ε.Α. Η επίδραση κάθε κατηγορίας οχήματος στη ροή της κυκλοφορίας εξαρτάται από το μέγεθος, τη λειτουργικότητά του και ποικίλλει ανάλογα με τη γεωμετρία του δρόμου και τις συνθήκες κυκλοφορίας.

Για να καθοριστεί η ισοδυναμία των MEA για διαφορετικές κατηγορίες οχημάτων, χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη μεθοδολογία, όπου η κυκλοφοριακή επιβάρυνση που αποδίδεται σε κάθε κατηγορία οχημάτων υπολογίζεται σε σχέση με τα επιβατικά αυτοκίνητα χρησιμοποιώντας κατάλληλες μετρήσεις (π.χ. χρονικές διαιρέσεις, Kimber et al., 1986). Οι τιμές των MEA ενδέχεται να διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Στην Ελλάδα, το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού έχει θεσπίσει το ακόλουθο καθεστώς τιμολόγησης:

Πίνακας 2.1 : Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Κατηγορίες Οχημάτων		MEA
Κατηγορία I	σκούτερ, μοτοποδήλατα, μοτοσυκλέτες	0.5
Κατηγορία II	επιβατικά ΙΧ, ταξί, ημιφορτηγά, μικρά φορτηγά	1.0
Κατηγορία III	επιβατικά με τροχόσπιτα, μικρά λεωφορεία	2.0
Κατηγορία IV	φορτηγά επικαθήμενα, φορτηγά ειδικού φορτίου, τρόλεϊ	3.0
Κατηγορία V	φορτηγά με ρυμουλκούμενο	4.0
Κατηγορία VI	συρμός φορτηγών	5.0
Κατηγορία VII	άλλα οχήματα (τρακτέρ, κατασκευαστικά οχήματα κ.ά.)	-

2.6 Ταχύτητα

Ως ταχύτητα ορίζεται το μέτρο της απόστασης που διανύει ένα αντικείμενο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στο μετρικό σύστημα, η ταχύτητα συνήθως μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ωστόσο, στο πλαίσιο της κατασκευής δρόμων και της οδήγησης, η ταχύτητα εκφράζεται συνήθως σε χιλιόμετρα ανά ώρα (km/h), η οποία είναι η μονάδα που εμφανίζεται στις πινακίδες ορίου ταχύτητας. Για τη μετατροπή μεταξύ αυτών των μονάδων, 1 χιλιόμετρο ανά ώρα ισούται με 0,278 μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Στα οχήματα που βρίσκονται στους δρόμους, συναντώνται πολλά, διαφορετικά είδη ταχυτήτων, όπως, για παράδειγμα, η στιγμιαία ταχύτητα, η ταχύτητα διάνυσης ενός τμήματος οδού, η μέση ταχύτητα μίας ομάδας οχημάτων, κλπ. Από όλα τα προαναφερθέντα είδη ταχυτήτων, ωστόσο, ιδιαίτερη σημασία οφείλεται να δοθεί σε τρεις συγκεκριμένες, οι οποίες και χρησιμοποιούνται για την εκπόνηση της μελέτης μίας οδού :

- Η επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$).
- Η ταχύτητα Μελέτης ή Σχεδιασμού (V_e).
- Η λειτουργική ταχύτητα (V_{85}).

2.6.1 Επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$)

Σύμφωνα με το ΟΜΟΕ-Χ, η επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$) αντιπροσωπεύει το τοπικό ή κοινώς καθορισμένο μέγιστο όριο ταχύτητας. Η επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$) για διαφορετικούς τύπους δρόμων καθορίζεται στον πίνακα 2.2. Παρόλο που τα σχεδιαστικά στοιχεία του δρόμου δεν καθορίζονται αποκλειστικά με βάση την $V_{\text{επιτρ}}$, αυτή η ταχύτητα είναι σημαντική. Αυτό συμβαίνει επειδή η ταχύτητα σχεδιασμού, που συνδέεται άμεσα με τα σχεδιαστικά στοιχεία του δρόμου, πρέπει πάντα να ισούται ή να υπερβαίνει την επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_e \geq V_{\text{επιτρ}}$).

2.6.2 Ταχύτητα Μελέτης (V_e)

Η ταχύτητα μελέτης (V_e) ορίζεται ως η υψηλότερη ταχύτητα με την οποία όλα τα οχήματα μπορούν να ταξιδέψουν με ασφάλεια και άνεση σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του δρόμου, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους παράγοντες που σχετίζονται με τη γεωμετρία του δρόμου. Αυτός ο ορισμός αποκλείει άλλες μεταβλητές όπως η κυκλοφορία, οι καιρικές συνθήκες, η ηλικία του αυτοκινήτου και του οδηγού κ.λπ. Η V_e είναι μια θεωρητική τιμή που αντιπροσωπεύει την ιδανική ταχύτητα για αυτό το τμήμα του δρόμου. Δεδομένου ότι σημαίνει τη μέγιστη ασφαλή και άνετη ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί στο δρόμο, χρησιμοποιείται συχνά ως βάση για τον καθορισμό ορίων ταχύτητας σύμφωνα με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας (Κ.Ο.Κ.). Στην ουσία, ο στόχος είναι να ευθυγραμμιστεί η V_e με την επιτρεπόμενη ταχύτητα ($V_{\text{επιτρ}}$) και να ισχύει $V_e \geq V_{\text{επιτρ}}$.

Η ταχύτητα μελέτης (V_e) καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια, ευθυγραμμίζοντας με τον επιδιωκόμενο λειτουργικό σκοπό του δρόμου εντός του οδικού δικτύου και την επιθυμητή ποιότητα ροής κυκλοφορίας. Βασίζεται στον λειτουργικό χαρακτήρα του δρόμου. Με την ταχύτητα μελέτης συσχετίζονται συγκεκριμένες οριακές και συνιστώμενες τιμές για διάφορα στοιχεία έρευνας, καθώς και αποδεκτές τιμές για τη συσχέτιση μεμονωμένων στοιχείων έρευνας. Στην περίπτωση

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

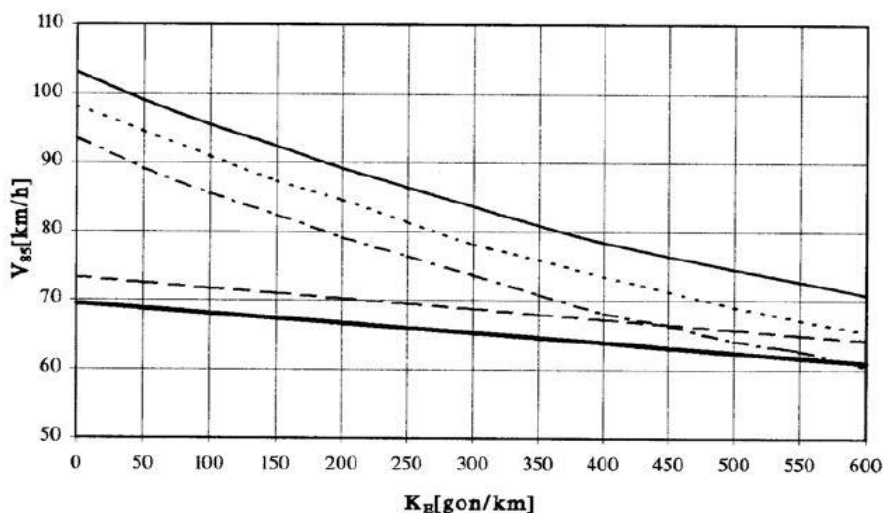
ενός οδικού τμήματος, η ταχύτητα μελέτης καθορίζει κριτήρια όπως οι ελάχιστες ακτίνες οριζόντιων καμπυλών, οι μικρότερες παραμέτρους των κλωθοειδών για τα χαρακτηριστικά του δρόμου, οι πιο απότομες επιτρεπόμενες κλίσεις και οι ελάχιστες ακτίνες τόσο για κυρτές όσο και για κοίλες κατακόρυφες καμπύλες.

2.6.3 Λειτουργική Ταχύτητα (V_{85}) και ελικτότητα (K_E)

Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, η λειτουργική ταχύτητα V_{85} είναι μια κρίσιμη παράμετρος που χρησιμοποιείται στον γεωμετρικό υπολογισμό μεμονωμένων στοιχείων μελέτης, της οριζοντιογραφία, της μηκοτομής και της διατομής. Επηρεάζει άμεσα τη δυναμική της κίνησης του οχήματος. Η V_{85} χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό πολλών παραγόντων της, οι κλίσεις των οριζόντιων καμπυλών, οι απαραίτητες αποστάσεις ορατότητας για στάση (που επηρεάζουν τις ακτίνες των κυρτών κάθετων καμπυλών), οι απαιτήσεις ορατότητας προσπέρασης, οι ελάχιστες οριζόντιες ακτίνες σε περιπτώσεις εφαρμογής αρνητικής κλίσης και πληροφορίες σχετικά με την απορροή των ομβρίων. Η ταχύτητα της V_{85} ποικίλλει ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου και είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση της ποιότητας σχεδιασμού που σχετίζεται με την ασφάλεια των τμημάτων του δρόμου.

Στις οδούς της ομάδας Α, η ταχύτητα V_{85} είναι η ταχύτητα στην οποία το 85% των οχημάτων κινείται χωρίς εμπόδια σε καθαρό και υγρό οδόστρωμα. Στις οδούς της ομάδας Β, η ταχύτητα V_{85} σχετίζεται με το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο ταχύτητας. Η παρούσα έρευνα εστιάζει σε οδούς της ομάδας Α με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας και έχει βρεθεί από άλλες μελέτες ότι, υπάρχει σύνδεση μεταξύ της ταχύτητας V_{85} και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της οδού. Συγκεκριμένα, αυτή η σύνδεση σχετίζεται με την ελικτότητα της οδού (K_E), το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας (b) και την κλίση της οδού κατά μήκος του οδικού άξονα (S). Αυτή η συσχέτιση περιγράφεται στο τεύχος ΟΜΟΕ-Χ και παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί



Υπόμνημα:

Σύμβολο	Πλάτος λωρίδας κυκλοφορίας	Κατά μήκος κλίση οδού (s)
	3,75	s ≤ 5%
	3,50	
	3,25	
	3,25-3,75	5% < s ≤ 7%
	3,25-3,75	7% < s < 10%

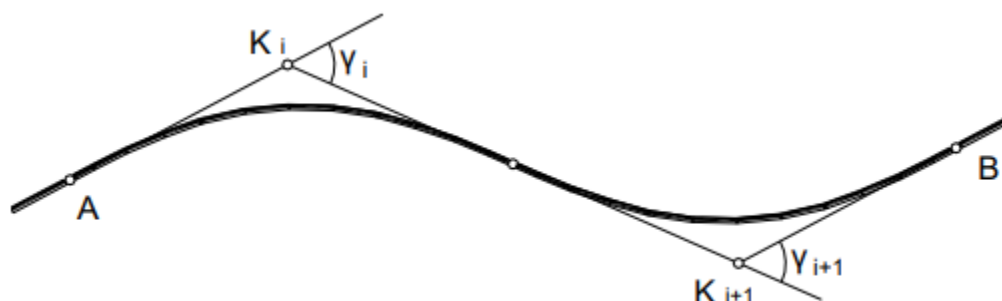
Εικόνα 2.3 : Σχέση μεταξύ Ελικτότητας πλάτους λωρίδας και V_{85} , Διάγραμμα υπολογισμού της V_{85} σε συνάρτηση με το K_E της μεμονωμένης καμπύλης σε υπεραστικές οδούς με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας κατηγορία AI έως AIV (πηγή ΟΜΟΕ-Χ,2001).

Η έννοια της Ελικτότητας της οδού (K_E) αναφέρεται στην αλλαγή κατεύθυνσης της οδού ανά μονάδα μήκους, δηλαδή το πόσο οδηγός στρίβει το τιμόνι ανά χιλιόμετρο διαδρομής. Στα ευθύγραμμα τμήματα των οδών, η ελικτότητα είναι μικρή (ουσιαστικά $K_E = 0$), ενώ σε δρόμους με στροφές, όπως σε ένα ορεινό τμήμα, η ελικτότητα είναι μεγαλύτερη. Μαθηματικά, η ελικτότητα ορίζεται ως η εξωτερική γωνία (αλλαγή κατεύθυνσης) κάθε καμπύλης.

$$K_E = \frac{\sum |\gamma_i|}{L} \quad (2.1)$$

Όπου γ_i (grad) = γωνίες αλλαγής κατεύθυνσης

L (χλμ) = Το μήκος του οδικού τμήματος



Σχήμα 2.1 : Οριζοντιογραφία Τμήματος A-B με δύο καμπύλες (Αποστολέρης διδακτορικό, 2022).

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Συνεπώς, η ελικτότητα υπολογίζεται ως το άθροισμα των γωνιών γ_i (σε απόλυτη τιμή) διαιρούμενο δια του συνολικού μήκους της οδού (δηλαδή η αλλαγή κατεύθυνσης ανά χιλιόμετρο οδού). Καθώς στην οδοποιία οι γωνίες μετρώνται σε βαθμούς (grad ή gon) και το μήκος της οδού σε χιλιόμετρα, η ελικτότητα μετριέται σε βαθμούς ανά χιλιόμετρο (gon/χλμ). Άρα λοιπόν με βάση το παραπάνω διάγραμμα υπολογίζεται η λειτουργική ταχύτητα της οδού για οδούς Ομάδας Α.

2.6.4 Επιρροή της ταχύτητας στην οδική ασφάλεια

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ως ταχύτητα ορίζεται το μέτρο της απόστασης που διανύει ένα αντικείμενο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ταχύτητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την οδική ασφάλεια. Η ταχύτητα δεν επηρεάζει μόνο τη σοβαρότητα μιας σύγκρουσης, αλλά σχετίζεται επίσης με τον κίνδυνο εμπλοκής σε μια σύγκρουση. Μόλις συμβεί μια σύγκρουση, η σχέση μεταξύ της ταχύτητας και των αποτελεσμάτων μιας σύγκρουσης σχετίζεται άμεσα με την κινητική ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης ($E_k = (1/2)mv^2$) και ως εκ τούτου είναι αρκετά απλή.

Η σχέση μεταξύ ταχύτητας και κινδύνου σύγκρουσης είναι πολύ πιο περίπλοκη. Σε θεωρητικό επίπεδο, υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της σοβαρότητας των ατυχημάτων και της ταχύτητας, μιας και η ενέργεια που καταναλώνεται κατά την σύγκρουση σε ένα ατύχημα εξαρτάται από το βάρος του οχήματος και από το τετράγωνο της ταχύτητας. Είναι εύκολο να γίνει κατανοητό ότι στις υψηλές ταχύτητες ο χρόνος αντίδρασης στις αλλαγές στο περιβάλλον είναι μικρότερος, η απόσταση ακινητοποίησης είναι μεγαλύτερη και η ικανότητα ελιγμών μειώνεται. Επομένως, οποιαδήποτε τυχόν αύξηση της απόλυτης ή σχετικής ταχύτητας συνεπάγεται και την αντίστοιχη αύξηση της ενέργειας που θα καταναλωθεί κατά την σύγκρουση, και, επομένως, την αύξηση στο μέγεθος των υλικών ζημιών ή την σοβαρότητα ενός τραυματισμού.

2.6.5 Σύγκριση μέσης ταχύτητας με άλλες τιμές ταχύτητας

Το παραπάνω κεφάλαιο υπογραμμίζει ότι η μέση ταχύτητα κίνησης είναι μια σημαντική στατιστική παράμετρος κατά τη διερεύνηση καταστάσεων στο δρόμο που συνεπάγονται διακυβευμένη ανθρώπινη ασφάλεια ή απώλεια ζωών. Αυτό το μέτρο συγκρίνεται με διάφορες άλλες παραμέτρους και σε κάθε περίπτωση εξάγονται διακριτά συμπεράσματα. Αυτά τα συμπεράσματα συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση των σχέσεων και των αλληλεπιδράσεων στο τριμερές πλαίσιο «Γεωμετρία δρόμου - Ταχύτητα κυκλοφορίας - Ποσοστά ατυχημάτων».

Μια διαδεδομένη σύγκριση με την ευρεία εφαρμογή στις μελέτες οδικής ασφάλειας περιλαμβάνει την αξιολόγηση της μέσης ταχύτητας οδήγησης σε σχέση με την ταχύτητα λειτουργίας. Η τυπική απόκλιση της κατανομής της ταχύτητας, ανεξαρτήτως τύπου δρόμου, χρησιμεύει ως η μέτρηση που χαρακτηρίζει τη διασπορά ή τη μεταβλητότητα των στιγμιαίων ταχυτήτων για όλα τα οχήματα που διέρχονται από έναν

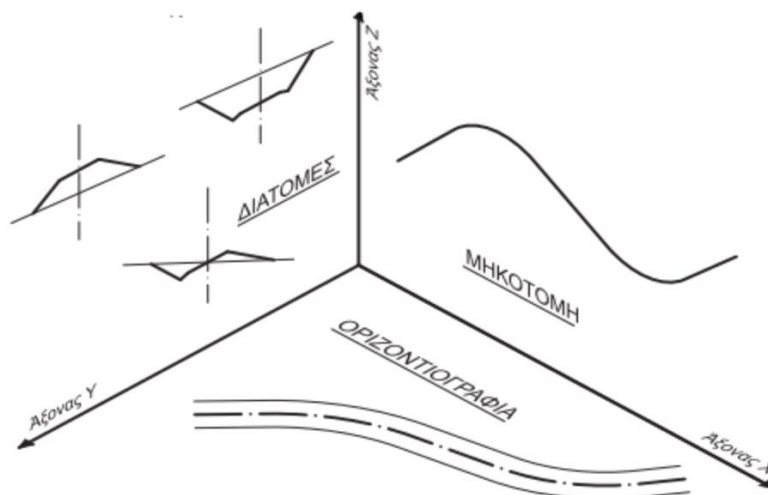
Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

δεδομένο δρόμο. Ο συντελεστής διακύμανσης, εκφρασμένος ως ποσοστό (%), αντιπροσωπεύει την ποσοστιαία απόκλιση της λειτουργικής ταχύτητας από τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας σε έναν δρόμο (Taylor et al. 2000).

Η χρησιμότητα του συντελεστή διακύμανσης στη έρευνα των πιθανοτήτων ατυχήματος σε ένα δρόμο είναι σημαντική. Η έρευνα δείχνει ότι το να βασίζεσαι αποκλειστικά στη μέση ταχύτητα δεν προσφέρει ένα σαφές και αξιόπιστο συμπέρασμα. Ωστόσο, όταν συνδυάζεται με δεδομένα τυπικής απόκλισης, προκύπτει μια πιο αντιπροσωπευτική απεικόνιση της κυκλοφορίας στο δρόμο, που οδηγεί σε πρόσθετες πληροφορίες, όπως τα ποσοστά ανυπακοής του ορίου ταχύτητας (Taylor et al., 2000).

2.7 Γεωμετρία Οδικού Άξονα

Παρόμοια με οποιοδήποτε τεχνικό έργο, ο δρόμος είναι μια τρισδιάστατη προσπάθεια που περιλαμβάνει τους άξονες X, Y και Z. Για να διευκολυνθεί η οπτικοποίηση και ο σχεδιασμός σε δισδιάστατες επιφάνειες, χρησιμοποιούμε τρεις ευδιάκριτες προβολές του δρόμου: XY, XZ και YZ (Σχήμα 2.2).



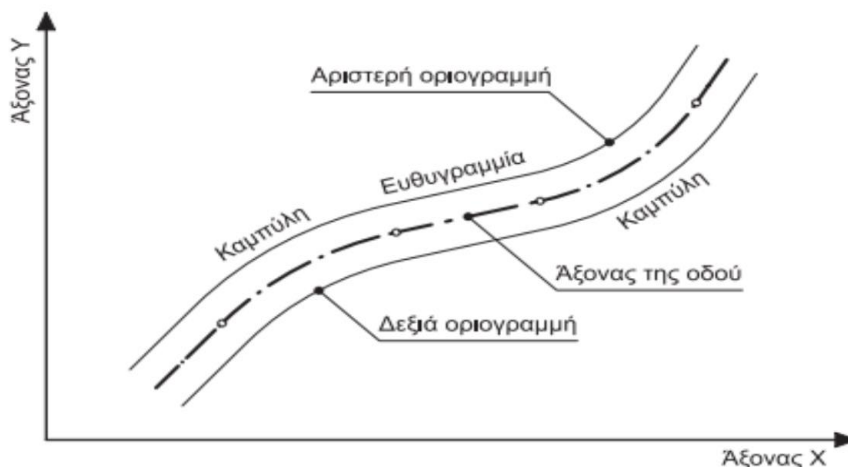
Σχήμα 2.2 : Απεικόνιση της οδού σε τρία επίπεδα XYZ.

2.7.1 Προβολή στο επίπεδο XY (Οριζοντιογραφία)

Η παρατήρηση από το επίπεδο XY αφορά την κατακόρυφη προβολή στο οριζόντιο επίπεδο, δείχνοντας αυτό που είναι ορατό από μια υπερυψωμένη προοπτική (π.χ. μια εναέρια όψη). Στην αρχιτεκτονική, αυτή η προβολή είναι κοινώς γνωστή ως κάτοψη, ενώ στην Οδοποιία, αναφέρεται ως Οριζοντογραφία (βλ. σχήμα 2.3). Η οριζοντογραφία ουσιαστικά αναπαριστά την προβολή του δρόμου στο οριζόντιο επίπεδο (επίπεδο XY). Είναι προφανές ότι ο δρόμος περιλαμβάνει μια σειρά από ευθύγραμμα και καμπύλα τμήματα. Στην

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

ουσία, αυτό που είναι πρωτίστως ορατό περιλαμβάνει τον θεωρητικό άξονα του δρόμου και τις δύο οριακές γραμμές του οδοστρώματος - συγκεκριμένα, τη δεξιά και την αριστερή οριακή γραμμή.



Σχήμα 2.3 : Οριζοντιογραφία οδού επίπεδο XY.

Ο σχεδιασμός της οριζοντιογραφίας μιας οδού αναδεικνύεται ως καθοριστική παράμετρος που επηρεάζει το επίπεδο οδικής ασφάλειας που προσφέρεται. Η ομοιογένεια στον γεωμετρικό σχεδιασμό, η περιορισμένη χρήση ευθυγράμμων τμημάτων μεγάλου μήκους και η σωστή διάταξη των οριζοντιογραφικών καμπυλών αποτελούν στοιχεία που προκαλούν περιορισμό της ταχύτητας των οχημάτων σε στενά όρια. Αυτό έχει αποδειχθεί θετικό για τη μείωση του αριθμού των οδικών ατυχημάτων.

2.7.2 Μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας

Τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα σε ένα οδικό έργο, ειδικά όταν η κλίση είναι σταθερή, έχουν αρνητικές επιδράσεις στην κυκλοφορία και την οδική ασφάλεια, όπως:

1. Μειωμένη ικανότητα εκτίμησης αποστάσεων και ταχυτήτων των οχημάτων, και συνεπώς αύξηση του κινδύνου σύγκρουσης.
2. Αυξημένος κίνδυνος θάμβωσης του οδηγού κατά τη νυχτερινή οδήγηση.
3. Αύξηση της αίσθησης κόπωσης και μονοτονίας του οδηγού, επηρεάζοντας την προσοχή και τις αντιδράσεις του.
4. Προβλήματα προσαρμογής σε ανάγλυφα εδάφη, όπως λοφώδη και ορεινά περιβάλλοντα.

Επομένως, είναι προτιμότερο να αποφεύγονται τα μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα, ιδίως όταν η κλίση είναι σταθερή. Το μέγιστο μήκος ευθυγραμμίας με σταθερή κλίση σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, για οδούς κατηγορίας Α είναι :

$$\max L_{\text{ευθ}} = 20 * V_e \quad (2.2)$$

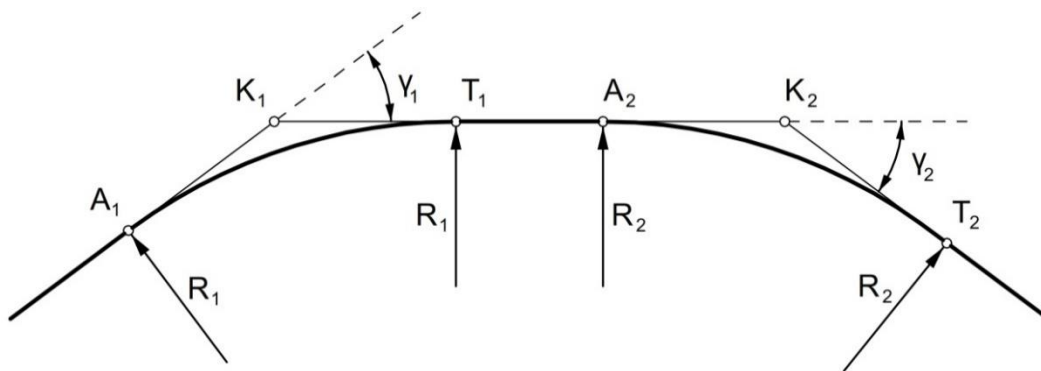
Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Όπου,

- $\max L_{\text{ευθ}}$ = Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος ευθυγραμμίας (m) και
- V_e = η ταχύτητα μελέτης (χαω).

Εξετάζοντας την ευθυγραμμία μεταξύ δύο καμπυλών διακρίνονται δύο περιπτώσεις: οι καμπύλες να είναι ομόρροπες ή να είναι αντίρροπες.

Περίπτωση ομόρροπων καμπυλών



Σχήμα 2.4 : Ομόρροπες οριζοντιογραφικές καμπύλες.

Στην περίπτωση εφαρμογής δύο ομόρροπων καμπυλών, ο οδηγός πρέπει να ευθυγραμμίσει το τιμόνι του καθώς βγαίνει από την πρώτη καμπύλη (K_1) και εισέρχεται στην ευθυγραμμία, μέχρι να το επαναφέρει για να μπει στην επόμενη καμπύλη (K_2). Αυτή η διαδικασία απαιτεί προσοχή από τον οδηγό, ειδικά όταν το μήκος της ευθυγραμμίας είναι πολύ μικρό, καθώς ο χρόνος που ο οδηγός διατηρεί το τιμόνι του σταθερό είναι περιορισμένος. Για να διασφαλιστεί η οπτική σταθερότητα και να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, η προτεινόμενη τιμή για το ελάχιστο μήκος μεταξύ ομόρροπων καμπυλών σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ για οδούς κατηγορίας Α είναι:

$$\min L_{\text{ευθ}} = 6 * V_e \quad (4.5)$$

Όπου,

- $\min L_{\text{ευθ}}$ = Το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος ευθυγραμμίας μεταξύ ομόρροπων καμπυλών (m)
- V_e = η ταχύτητα μελέτης (χαω)

2.7.3 Συντελεστής τριβής

Ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια κατά την οδήγηση είναι η ολισθηρότητα του οδοστρώματος, η οποία αναφέρεται στην πρόσφυση των ελαστικών επιφανειών οδού και ελαστικών. Η πρόσφυση αυτή εξαρτάται από παράγοντες όπως η συνάφεια, η στατική τριβή και η αντίσταση λόγω τραχύτητας, με τις δύο επιφάνειες να θεωρούνται ισοδύναμες (Cafisoetal., 2010). Ο συντελεστής τριβής, που αναπαριστά την πρόσφυση του οδοστρώματος, μεταβάλλεται λόγω πολλών παραγόντων όπως η πίεση, η σύνθεση και η κατάσταση των ελαστικών, η κατάσταση του οδοστρώματος και η παρουσία υγρασίας, λάσπης, χιονιού κλπ. Συνήθως, η επιλογή του επιτρεπόμενου συντελεστή εφαπτομενικής τριβής γίνεται έτσι ώστε να καλύπτει το 80 έως το 95% των οδοστρωμάτων της χώρας, εξασφαλίζοντας έτσι υψηλό επίπεδο ασφαλείας κατά την κίνηση των οχημάτων σε καμπύλες. Ο συντελεστής τριβής αναλύεται σε δύο συνιστώσες, τον συντελεστή εφαπτομενικής τριβής (παράλληλος με τον άξονα του δρόμου) και τον συντελεστή εγκάρσιας τριβής (κάθετος στον άξονα του δρόμου).

Συντελεστής εφαπτομενικής τριβής

Η καθορισμένη αξία του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής βασίζεται σε διεθνείς πρακτικές, λαμβάνοντας υπόψη τη σύγχρονη τεχνολογία στον τομέα της δυναμικής μηχανικής. Η ανάλυση που διεξήχθη λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια, την οικονομικότητα και τα περιβαλλοντικά κριτήρια οδήγησε στην ανάπτυξη ενός πολυωνύμου 2ου βαθμού:

$$\max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,59 - 4,85 * 10^{-3} * V + 1.51 * 10^{-5} * V^2 \quad (2.3)$$

Παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα τόσο μειώνεται ο επιτρεπόμενος συντελεστής. Οι ακραίες τιμές που λαμβάνει είναι:

$$\text{Για } v = 0 \text{ km/h} \quad \max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,59$$

$$\text{Για } v = 130 \text{ km/h} \quad \max f_{T_{\text{επιτρ}}} = 0,21$$

Συντελεστής εγκάρσιας τριβής

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή εγκάρσιας τριβής, σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, εξαρτάται από τον συντελεστή εφαπτομενικής τριβής καθώς και από τον συντελεστή εκμετάλλευσης, και υπολογίζεται μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\max f_{R_{\text{επιτρ}}} = n * 0.925 * \max f_{T_{\text{επιτρ}}} \quad (2.4)$$

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

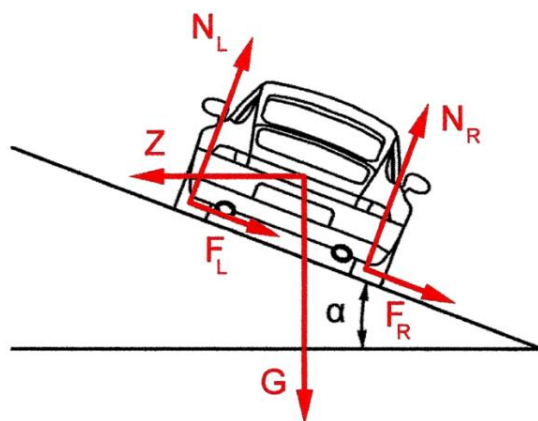
Όπου,

- n = ο συντελεστής εκμετάλλευσης και ο αριθμός 0,925 είναι συντελεστής σχετικός με τα ελαστικά.

2.7.4 Ελάχιστη ακτίνα (R_{min})

Οι περισσότεροι κανονισμοί για τη χάραξη οδών έχουν προσεγγιστικά λάβει υπόψη τη δυναμική των οχημάτων, με τον προσδιορισμό κρίσιμων γεωμετρικών μεγεθών, όπως η ακτίνα της οριζόντιας και κυρτής κατακόρυφης καμπύλης, να βασίζεται στη συμπεριφορά των οχημάτων κατά το φρενάρισμα. Στη σύγχρονη οδοποιία, η προσέγγιση της δυναμικής των οχημάτων περιλαμβάνει τις ακόλουθες απλοποιήσεις:

- Το όχημα μοντελοποιείται ως ένα υλικό σημείο (σημειακή μάζα), χωρίς να λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως ο τύπος οχήματος, η μάζα ή η θέση του κέντρου βάρους, και δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ κινητήριου και μη κινητήριου άξονα.
- Η κίνηση του οχήματος εξετάζεται ανεξάρτητα στην επίπεδη και κάθετη κατεύθυνση, και δεν λαμβάνονται υπόψη περιορισμοί που αφορούν τις συνιστώσες της δύναμης επαφής.



Σχήμα 2.5 : Μοντέλο εγκάρσιας ευστάθειας κατά την κίνηση οχήματος σε καμπύλη τροχιά.

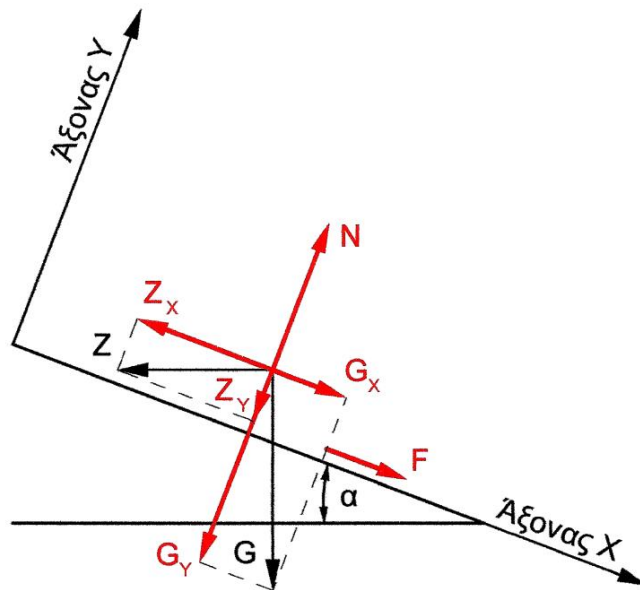
Έτσι, κατά την κίνηση ενός οχήματος σε μια καμπύλη πορεία, η εγκάρσια φυγόκεντρος δύναμη Z εξισορροπείται από το άθροισμα της βαρύτητας G και των εγκάρσιων τριβών που ασκούνται από το οδόστρωμα στα δεξιά και αριστερά των ελαστικών F_R και F_L . Όταν ένα όχημα κινείται σε έναν κυκλικό τροχιόδρομο, υφίσταται μια φυγόκεντρη δύναμη Z , η οποία υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Z = \frac{m \cdot V^2}{R} = \frac{G}{g} * \frac{V^2}{R} \quad (2.5)$$

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Όπου:

- Z = η φυγόκεντρη δύναμη
- m = η μάζα του οχήματος
- G = το βάρος του οχήματος
- g = η επιτάχυνση της βαρύτητας
- V = η ταχύτητα του οχήματος
- R = η ακτίνα του κυκλικού τόξου



Σχήμα 2.6 : Αναπτυσσόμενες δυνάμεις κατά την κίνηση σε καμπύλη τροχιά.

Έτσι, για να μειώσουμε τη φυγόκεντρη δύναμη όταν η ταχύτητα είναι σταθερή, πρέπει να αυξήσουμε την ακτίνα. Εφαρμόζοντας τις μαθηματικές εξισώσεις ισορροπίας δυνάμεων (X και Y) που προκύπτουν από τη φυσική και απλοποιώντας ταυτόχρονα την τελική εξίσωση απομακρύνοντας περίπλοκους όρους, διατηρώντας παράλληλα μια ικανοποιητική προσέγγιση των αποτελεσμάτων, καταλήγουμε στην ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$R = \frac{V^2}{127*(f_R+q)} \quad (2.6)$$

Όπου:

- R = η ακτίνα του κυκλικού τόξου (μέτρα)
- V = η ταχύτητα του οχήματος (χαω)
- f_R = ο συντελεστής ακτινικής/εγκάρσιας τριβής
- q = η επίκλιση της οδού στην καμπύλη

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Η μαθηματική σχέση 2.6 αντιπροσωπεύει έναν θεμελιώδη νόμο της δυναμικής των οχημάτων και ισχύει διαχρονικά, ανεξάρτητα από τις γεωγραφικές ή κανονιστικές διαφορές. Συνδέει τέσσερα βασικά μεγέθη, τα οποία είναι αποφασιστικά για τον σχεδιασμό του οδικού δικτύου και, συνακόλουθα, για το επίπεδο ασφάλειας που προσφέρεται.

Για τον προσδιορισμό του ορίου της οριζοντιογραφικής ακτίνας, κάτω από την οποία η φυγόκεντρη δύναμη δεν ισορροπείται σε μια δεδομένη ταχύτητα (V), και κατ' επέκταση η εξίσωση 2.6 δεν ισχύει, χρησιμοποιούνται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές για την ακτινική τριβή και την κλίση του οδοστρώματος στην καμπύλη. Σε αυτήν την περίπτωση, η προηγούμενη μαθηματική σχέση τροποποιείται ως εξής:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (\max f_{Rεπιτρ.} + \max q)} \quad (2.7)$$

Όπου

- R_{min} = η ελάχιστη ακτίνα που μπορεί να εφαρμοστεί για δεδομένη ταχύτητα (μέτρα).
- V = η ταχύτητα μελέτης V_e (χω).
- $\max f_{Rεπιτρ}$ = ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής ακτινικής τριβής.
- $\max q$ = η μέγιστη επίκλιση.

Με βάση τη μαθηματική σχέση 2.7 και την εφαρμογή:

- Των μαθηματικών σχέσεων 2.3 και 2.4 για τον υπολογισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης ακτινικής τριβής.
- Του συντελεστή εκμετάλλευσης n , ανάλογα με την κατηγορία της οδού και το είδος των εδαφών.
- Της μέγιστης επίκλισης που μπορεί να εφαρμοστεί στις οριζοντιογραφικές καμπύλες, ανάλογα με την κατηγορία της οδού και το είδος των εδαφών.
- Ένα εύρος ταχυτήτων από 50 km/h έως 140 km/h, που προκύπτουν οι οριακές τιμές μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή εφαιπτομενικής και ακτινικής τριβής, καθώς επίσης και οι ελάχιστες τιμές οριζοντιογραφικών ακτινών σε συνάρτηση με την ταχύτητα μελέτης. Οι οριακές αυτές τιμές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Πίνακας 2.2 : Οριακές τιμές του μέγιστου συντελεστή εφραπτομενικής (f_T) και ακτινικής τριβής (f_R) και των ελάχιστων ακτινών καμπυλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα μελέτης, την κατηγορία της οδού, το ανάγλυφο του εδάφους και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

V^* [km/h]	$\max f_{Tεπιτρ}$ [-]	$\max f_{Rεπιτρ}$ [-] και R_{min} [m] για οδούς της ομάδας									
		Α						Β			
		πεδινά εδάφη		ημιορεινά και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών		όλες οι κατηγορίες εδαφών			
		$q_{max}=8$ (9)%		$q_{max}=7\%$		$q_{min}=2,5\%$		$q_{max}=6\%$		$q_{min}=2,5\%$	
		$n=45\%$		$n=40\%$		$n=10\%$		$n=60\%$		$n=30\%$	
		$\max f_{Rεπιτρ}$	R_{min}	$\max f_{Rεπιτρ}$	R_{min}	$\max f_{Rεπιτρ}$	R_{min}	$\max f_{Rεπιτρ}$	R_{min}	$\max f_{Rεπιτρ}$	R_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	0,385	0,160	82 (79)	0,143	93	0,036	325	0,214	72	0,107	149
60	0,353	0,147	125 (120)	0,131	141	0,033	491	0,196	111	0,098	230
70	0,324	0,135	179 (171)	0,120	203	0,030	701	0,180	161	0,090	335
80	0,299	0,124	247 (235)	0,110	279	0,028	958	0,166	223	0,083	467
90	0,276	0,115	327 (311)	0,102	371	0,026	1.263	0,153	299	0,077	628
100	0,256	0,107	422 (401)	0,095	478	0,024	1.618	0,142	390	0,071	820
110	0,239	0,100	531 (503)	0,089	601	0,022	2.022	0,133	494	0,066	1.043
120	0,225	0,094	652 (617)	0,083	739	0,021	2.473	-	-	-	-
130	0,215	0,089	786 (742)	0,079	890	0,020	2.966	-	-	-	-
140	0,207	0,086	929 (876)	0,077	1053	0,019	3.496	-	-	-	-

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Πίνακας 2.3 : Ελάχιστες ακτίνες καμπυλών για οδούς των ομάδων Α & Β Οριακές τιμές των ελάχιστων ακτινών καμπυλών σε συνάρτηση με την ταχύτητα μελέτης, την κατηγορία της οδού, το ανάγλυφο του εδάφους και τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές επίκλισης (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

V_e [km/h]	R_{min} [m]					
	Ομάδα οδών Α				Ομάδα οδών Β	
	πεδινά εδάφη		λοφώδη και ορεινά εδάφη		όλες οι κατηγορίες εδαφών	
	$q_{max}=8$ (9)%	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=7\%$	$q_{min}=2,5\%$	$q_{max}=6\%$	$q_{min}=2,5\%$
	$n=45\%$	$n=10\%$	$n=40\%$	$n=10\%$	$n=60\%$	$n=30\%$
1	2	3	4	5	6	7
50	80	325	95	325	70	150
60	125 (120)	490	140	490	110	230
70	180 (170)	700	200	700	160	335
80	250 (235)	960	280	960	220	470
90	330 (310)	1.260	370	1.260	300	630
100	420 (400)	1.620	480	1.620	–	–
110	530 (500)	2.020	600	2.020	–	–
120	650 (620)	2.470	740	2.470	–	–
(130)	790 (740)	2.970	890	2.970	–	–

Οι τιμές σε () εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις

2.7.5 Μήκος κυκλικού τόξου

Μια επιπλέον παράμετρος που αναφέρεται στις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων είναι το μήκος του κυκλικού τόξου μιας οριζοντιογραφικής καμπύλης. Σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες, πρέπει να διασφαλίζεται ότι το μήκος του κυκλικού τόξου είναι τουλάχιστον ίσο με αυτό που διανύει ένα όχημα κατά τη διάρκεια δύο (2) δευτερολέπτων με την ταχύτητα μελέτης V_e . Αυτή η αναφορά ισχύει για οριζοντιογραφικές καμπύλες που συνοδεύονται από κλωθοειδείς εισόδους και εξόδους. Σε περίπτωση που η οριζοντιογραφική καμπύλη εφαρμόζεται χωρίς τη χρήση κλωθοειδών, τότε το μήκος της καμπύλης πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με το διπλάσιο της ταχύτητας μελέτης V_e , με την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα μελέτης εκφράζεται σε χιλιόμετρα ανά ώρα.

Για και τις δύο περιπτώσεις, οι Οδηγίες Μελετών αναφέρουν ότι η τήρηση αυτών των οριακών τιμών συμβάλλει στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της άνεσης κατά την κίνηση των οχημάτων, ενώ παράλληλα βελτιώνει την αισθητική του δρόμου, όπως την αντιλαμβάνεται ο οδηγός. Παρόλα αυτά, σημειώνεται ότι αυτή η παράμετρος δεν μπορεί να θεωρηθεί ισάξια με άλλες πιο κρίσιμες παραμέτρους ως προς το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας.

2.7.6 Προβολή στο επίπεδο XZ (Μηκοτομή)

Η παρατήρηση από το επίπεδο XZ αφορά την πλευρική προβολή του δρόμου στο κατακόρυφο επίπεδο. Ενώ συνήθως αναφέρεται ως πλάγια όψη στην αρχιτεκτονική, στην Οδοποιία, το ορίζουμε ως Διαμήκη Τομή ή απλώς Μηκοτομή (Σχήμα 2.5). Η μηκοτομή απεικονίζει ουσιαστικά την προβολή της εξέλιξης του οδικού άξονα στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο XZ). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο δρόμος, για άλλη μια φορά, περιλαμβάνει μια σειρά από ευθύγραμμα και καμπύλα τμήματα. Ωστόσο, σε αυτό το σενάριο, αυτά τα τμήματα περιλαμβάνουν ανωφέρειες και κατωφέρειες. Κατά συνέπεια, αυτό που γίνεται ορατό είναι η διαμήκης κλίση του οδικού άξονα, που περιλαμβάνει τόσο τις ανηφόρες όσο και τις κατηφόρες, διάσπαρτες με κάθετες καμπύλες. Αυτές οι κατακόρυφες καμπύλες περιλαμβάνουν μερικές που καμπυλώνουν τις κοίλες προς τα κάτω, γνωστές ως κυρτές κατακόρυφες καμπύλες, και άλλες που καμπυλώνουν τις κοίλες προς τα πάνω, που προσδιορίζονται ως κοίλες κατακόρυφες καμπύλες.



Σχήμα 2.7 : Μηκοτομή οδού επίπεδο XZ.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

2.7.7 Μέγιστη κατά μήκος κλίση

Όσον αφορά την υψομετρική διαμόρφωση του οδικού δικτύου, ένα κρίσιμο στοιχείο που επηρεάζει την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων είναι η κλίση του οδοστρώματος. Σε αυτό το πλαίσιο, οι Οδηγίες Χάραξης (ΟΜΟΕ-Χ) προτείνουν την εφαρμογή των παρακάτω τιμών ως το μέγιστο κατά μήκος κλίσης, ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης V_e .

Πίνακας 2.4 : Μέγιστες κατά μήκος κλίσεις (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

Ve [km/h]	S_{max} (%) για τις οδούς της ομάδας			
	Α			Β (πλην ΒΙ)
	Πεδινά εδάφη	Λοφώδη εδάφη	Ορεινά εδάφη	Όλα τα εδάφη
50	7 (8)	8 (9)	10 (11)	8 (12)
60	6 (8)	7 (9)	9 (10)	7 (10)
70	5 (7)	6 (8)	8 (9)	6 (9)
80	4 (6)	5 (7)	7 (9)	5 (7)
90	4 (5)	5 (6)	7 (8)	-
100	3 (5)	4 (6)	6 (8)	-
110	3 (5)	4 (6)	5 (6)	-
120	3 (5)	4 (6)	-	-
130	3 (4)	-	-	-

Οι τιμές που βρίσκονται μέσα σε παρένθεση εφαρμόζονται σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

2.7.8 Ελάχιστη κατά μήκος κλίση

Αντίθετα, η χρήση μικρών κλίσεων (τόσο κατά μήκος όσο και εγκάρσια) εμποδίζει την απορροή των ομβρίων από τον οδικό χώρο. Δεδομένου ότι η αποχέτευση των ομβρίων συνήθως γίνεται μέσω της εγκάρσιας κλίσης του δρόμου (επίκλιση), η οποία πρέπει να είναι τουλάχιστον 2,5%, ο έλεγχος για την ελάχιστη κατά μήκος κλίση που μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν δρόμο αφορά τα τμήματα όπου υπάρχει αλλαγή στην επίκλιση. Έτσι, η ελάχιστη κατά μήκος κλίση πρέπει να επιλέγεται με σκοπό την πλήρη αποχέτευση των ομβρίων κατά μήκος του οδικού δικτύου. Σύμφωνα με τις Οδηγίες Χάραξης (ΟΜΟΕ-Χ), η διαφορά μεταξύ της κατά μήκος κλίσης και της πρόσθετης κλίσης των οριογραμμών πρέπει να είναι 0,2% (καλύτερα 0,5%) για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική αποχέτευση των ομβρίων της οδού.

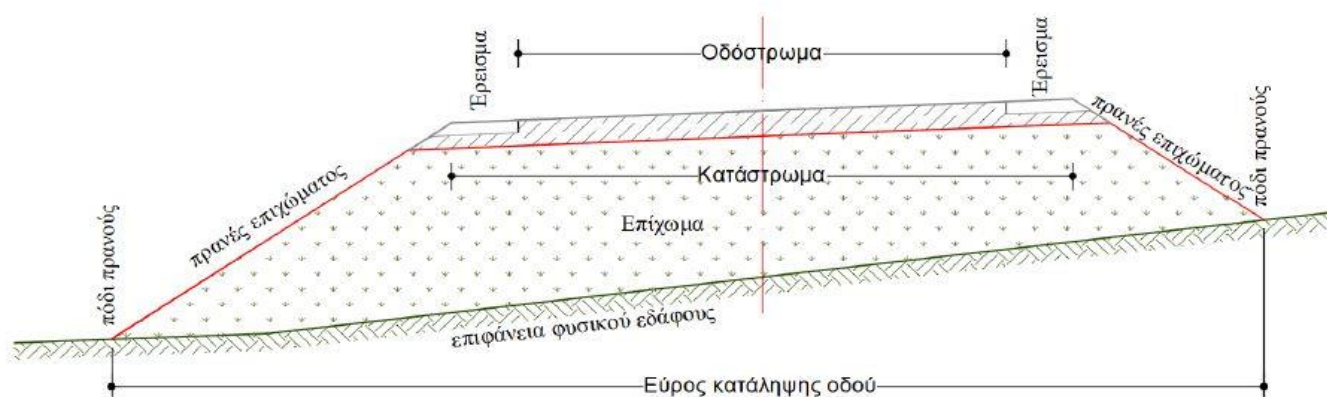
2.7.9 Προβολή στο επίπεδο YZ (Διατομή)

Η παρατήρηση από το επίπεδο YZ περιγράφει την προβολή ενός τμήματος του δρόμου, κάθετου στον άξονά του, στο κατακόρυφο επίπεδο. Ενώ αυτή η προβολή είναι κοινώς γνωστή ως τμήμα στην αρχιτεκτονική,

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

στην Οδοποιία, την αναφέρουμε ως τμήμα πλάτους ή απλώς Διατομή (βλ. σχήμα 2.5 2.6 2.7). Η διατομή του δρόμου αντιπροσωπεύει την προβολή οποιουδήποτε τμήματος κάθετου στον οδικό άξονα στο κατακόρυφο επίπεδο (επίπεδο YZ). Μέσα στη διατομή μπορεί κανείς να παρατηρήσει το πλάτος του δρόμου, τις κλίσεις του και το φυσικό ανάγλυφο. Το πλάτος του δρόμου υποδιαιρείται στο πλάτος του οδοστρώματος, που αφορά το ασφαλτοστρωμένο τμήμα, και στο πλάτος του καταστρώματος, που περιλαμβάνει τα ερείσματα εκατέρωθεν. Το περιθώριο ορίζεται ως η απόσταση από το άκρο της επιφάνειας του δρόμου έως το άκρο της κλίσης. Όσον αφορά τους τύπους διατομής, διακρίνονται τρεις περιπτώσεις:

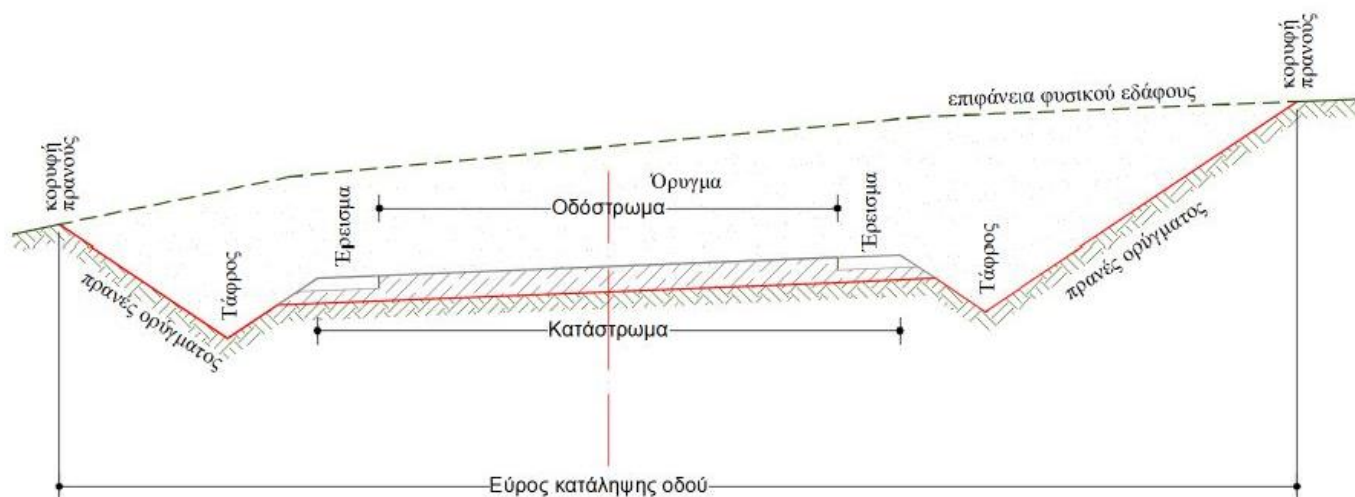
α) Όταν το επίπεδο του δρόμου είναι υψηλότερο από το φυσικό έδαφος, πρέπει να τοποθετηθεί χώμα για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο πριν την κατασκευή του δρόμου. Αυτή η τοποθέτηση εδάφους ονομάζεται επίχωμα και έχει ως αποτέλεσμα κεκλιμένα τμήματα εκατέρωθεν γνωστά ως πρανή επιχώματος. Η κλίση του επιχώματος εξαρτάται από το υλικό της γης και είναι τυπικά ελαφρώς πιο ήπια από τη φυσική γωνία κλίσης, που συνήθως ορίζεται στα 2/3 (2-κάθετη: 3-οριζόντια).



Σχήμα 2.8 : Διατομή Οδού σε Επίχωμα.

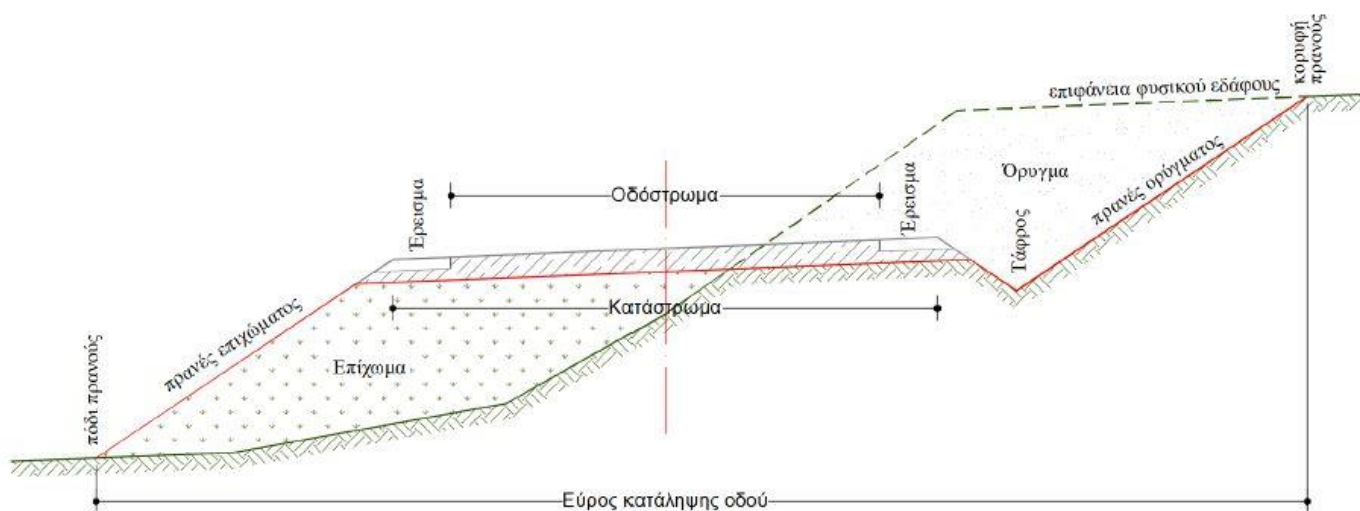
β) Όταν το επίπεδο του δρόμου είναι χαμηλότερο από το φυσικό έδαφος, πρέπει να γίνει εκσκαφή εδάφους για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο πριν την κατασκευή του δρόμου. Η ανασκαφή αυτή αναφέρεται ως όρυγμα, που οδηγεί στη δημιουργία πλαγιών τάφρων εκατέρωθεν. Η κλίση των πλαγιών των τάφρων καθορίζεται από το υλικό εδάφους ή βράχου που εκσκάπτεται, με την τυπική κλίση να είναι 1 (κάθετη): 1 (οριζόντια) για συνηθισμένα γήινα υλικά και 2 (κάθετα): 1 (οριζόντια) για βραχώδη υλικά για εξασφάλιση σταθερότητας .

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί



Σχήμα 2.9 : Διατομή Οδού σε Όρυγμα.

γ) Σε περιπτώσεις επικλινών εδαφών με σχετικά μεγάλες κλίσεις, το ένα τμήμα του δρόμου είναι υπερυψωμένο πάνω από το έδαφος, ενώ το άλλο τμήμα είναι κάτω από το έδαφος. Αυτό το σενάριο ονομάζεται μικτό τμήμα, όπου μέρος του είναι σε όρυγμα και το άλλο σε επίχωμα. Οι εκτιμήσεις για τα επιχώματα και τα ορύγματα ισχύουν για τα αντίστοιχα τμήματα τους εντός του μικτού τμήματος.



Σχήμα 2.10 : Περίπτωση Μικτής Διατομής.

2.7.10 Επίκλιση

Για λόγους απορροής των ομβρίων στην ευθυγραμμία και για απορρόφηση μέρους της φυγόκεντρης δύναμης στην καμπύλη, μία διατομή ενός οδικού έργου δεν είναι ποτέ οριζόντια, αλλά έχει μία εγκάρσια κλίση. Η κατά πλάτος αυτή κλίση ονομάζεται επίκλιση και συμβολίζεται με το γράμμα q .

Επίκλιση στην ευθυγραμμία

Ειδικά για να διασφαλιστεί η γρήγορη αποστράγγιση των ομβρίων, η κλίση του οδοστρώματος σε ευθεία έχει μια ελάχιστη τιμή. Στην Ελλάδα και γενικά σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, αυτή η τιμή ορίζεται στο 2,5%, ενώ σε χώρες με λιγότερα βροχερά φαινόμενα μπορεί να είναι και λίγο μικρότερη. Σύμφωνα με τις Οδηγίες Χάραξης (ΟΜΟΕ-Χ), η διατομή σε ευθεία μπορεί να είναι είτε μονοκλινής (κλίση προς μία κατεύθυνση), είτε αμφικλινής (κλίση προς τις δύο πλευρές της οδού). Οι επικλίσεις που μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα οδικό έργο σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες διαμορφώνονται όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.5 : Μορφές επίκλισης στην ευθυγραμμία.

Οδόστρωμα	Επίκλιση

Επίκλιση στο κυκλικό τόξο

Η επίκλιση στις καμπύλες κυρίως διαμορφώνεται προς την εσωτερική πλευρά της καμπύλης για λόγους δυναμικής κίνησης. Σε περιπτώσεις όπου εφαρμόζονται πολύ μεγάλες οριζοντιογραφικές ακτίνες, υπάρχει η δυνατότητα να εφαρμοστεί αρνητική κλίση (κλίση προς την εξωτερική πλευρά της καμπύλης), η οποία σε αυτές τις περιπτώσεις προτιμάται για την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη αποστράγγιση των ομβρίων. Σε κάθε περίπτωση, η κλίση που προβλέπεται πρέπει να ανταποκρίνεται τουλάχιστον στην ισότητα που αντιπροσωπεύεται από τη βασική σχέση δυναμικής του οχήματος:

$$q = \frac{V^2}{127 \cdot R} - f_R \quad (2.8)$$

Όπου,

- V = Ταχύτητα μελέτης της οδού

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

- R =Ακτίνα κυκλικού τόξου
- f_R =Συντελεστής εγκάρσιας τριβής

2.7.11 Ορατότητα

Η ορατότητα του οδηγού είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία του οχήματος, καθώς καθορίζει την πορεία και την ταχύτητα του οχήματος. Η ασφάλεια και η ποιότητα της κυκλοφορίας απαιτούν τη διατήρηση ελάχιστης ορατότητας. Το μήκος της ορατότητας ορίζεται ως η απόσταση που μπορεί να δει ο οδηγός στην οδό.

Η αντιστοιχία μεταξύ των αντιληπτών απαιτήσεων του οδηγού και των πραγματικών απαιτήσεων της οδού εξαρτάται από το μήκος της ορατότητας και την εμπειρία του οδηγού στην οδό. Το μήκος της ορατότητας καθορίζεται από το τμήμα της οδού που είναι ορατό στο οπτικό πεδίο του οδηγού κάθε χρονική στιγμή. Όσο μικρότερο είναι το μήκος της ορατότητας, τόσο λιγότερη οπτική πληροφορία είναι διαθέσιμη για αξιολόγηση, οπότε ο οδηγός χρειάζεται να ανανεώνει συχνότερα τις προβλέψεις του (Ackaah & Salifu, 2011).

Όταν το μήκος της ορατότητας περιορίζεται, η σημασία της εμπειρίας του οδηγού στην οδό αυξάνεται. Αυτή η εμπειρία εξαρτάται από τον αριθμό των φορών που ο οδηγός έχει διανύσει ένα συγκεκριμένο τμήμα της οδού, την ομοιότητα της οδού με άλλες που γνωρίζει ο οδηγός και την ακρίβεια των προβλέψεών του για την οδό στην οποία κινείται. Αυτή η εμπειρία αναφέρεται ως προσδοκία του οδηγού. Ένας οδηγός προσδοκά ότι η γεωμετρία της οδού είναι προβλέψιμη, ακόμη και όταν το μήκος της ορατότητας περιορίζεται. Η ομοιογένεια της γεωμετρίας της οδού επιτρέπει στον οδηγό να προβλέπει με ακρίβεια την πορεία του, ενώ του αφήνει τη δυνατότητα να αφιερώνεται περισσότερο στην αποφυγή απροσδόκητων εμποδίων και στην οδήγηση.

2.7.12 Μήκος Ορατότητας για Στάση (ΜΟΣ)

Το μήκος ορατότητας για στάση αναφέρεται στο μήκος που απαιτείται από έναν οδηγό κατά τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} για να σταματήσει το όχημά του πριν από ένα απροσδόκητο εμπόδιο στον δρόμο. Αυτό το μήκος ορατότητας για στάση υπολογίζεται ως άθροισμα του μήκους που διανύει το όχημα κατά το χρονικό διάστημα αντίληψης-αντίδρασης του οδηγού και του μήκους πέδησης. Αυτό το μήκος ορατότητας για στάση, όπως ορίζεται από τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} , πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλο το μήκος του δρόμου. Σύμφωνα με τις ΟΜΟΕ-Χ, το απαιτούμενο μήκος ορατότητας υπολογίζεται είτε με βάση μια μαθηματική σχέση είτε από το διάγραμμα της εικόνας 2.2.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

$$S_h = \frac{V_{85}}{3.6} * t_R + \frac{\left(\frac{V_{85}}{3.6}\right)^2}{2*(d \pm g*s)} \quad (2.9)$$

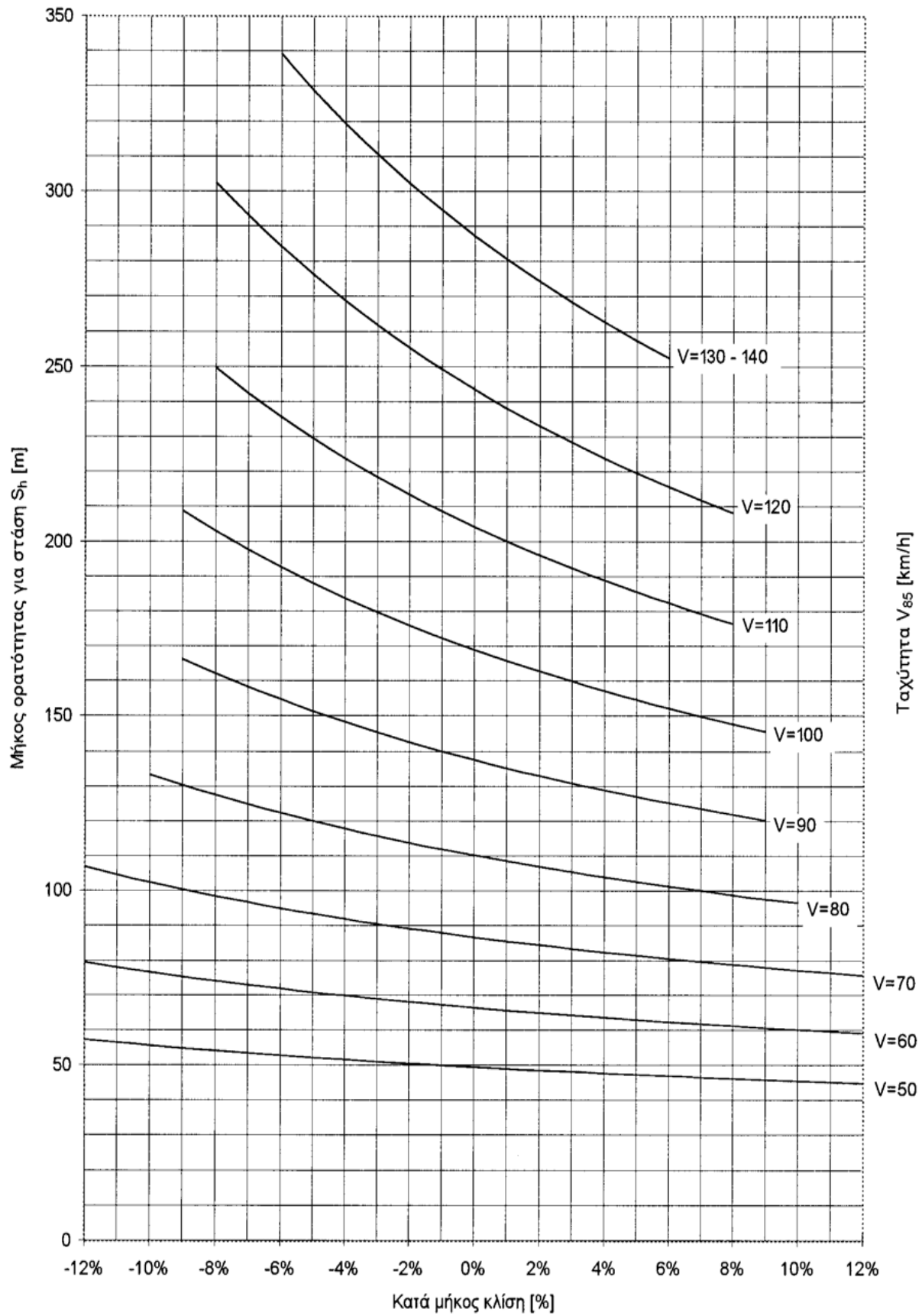
Όπου:

- S_h = το μήκος ορατότητας για στάση σε μέτρα.
- V_{85} = η λειτουργική ταχύτητα της οδού σε χαω.
- t_R = ο χρόνος αντίδρασης σε δευτερόλεπτα (=2sec).
- d = συντελεστής επιβράδυνσης που εξαρτάται από τη λειτουργική ταχύτητα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτα στο τετράγωνο.
- g = η επιτάχυνση της βαρύτητας σε μέτρα ανά δευτερόλεπτα στο τετράγωνο.
- s = η κατά μήκος κλίση της οδού σε απόλυτο αριθμό.

Πίνακας 2.6 : Συντελεστής d για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας στάσης S_h (ΟΜΟΕ-Χ, 2001).

V_{85}	[km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120	130
d	[m/sec ²]	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	3,0

Κεφάλαιο 2- Έννοιες και Ορισμοί



Εικόνα 2.4 : Διάγραμμα για απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση S_h σε υγρό οδόστρωμα (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Το μήκος ορατότητας ενός δρόμου εξαρτάται από την ακτίνα R , για ένα συγκεκριμένο πλάτος M του ελεύθερου χώρου των πλευρικών εμποδίων, και περιγράφεται από τις παρακάτω εξισώσεις και απεικονίζεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Όταν,

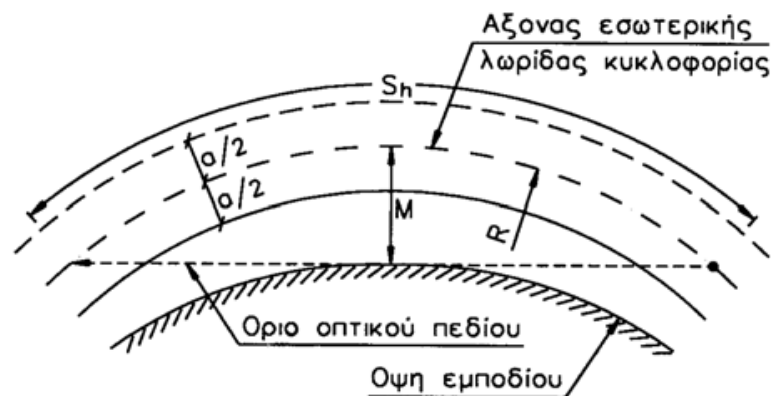
$$S_h \leq L \quad \text{τότε} \quad S_h = 2 \cdot R \cdot \text{τοξοσυν}\left(1 - \frac{M}{R}\right) \quad (2.9)$$

Όταν,

$$S_h > L \quad \text{τότε} \quad S_h = 4 \cdot \frac{R \cdot M}{L} + \frac{L}{2} \quad (2.10)$$

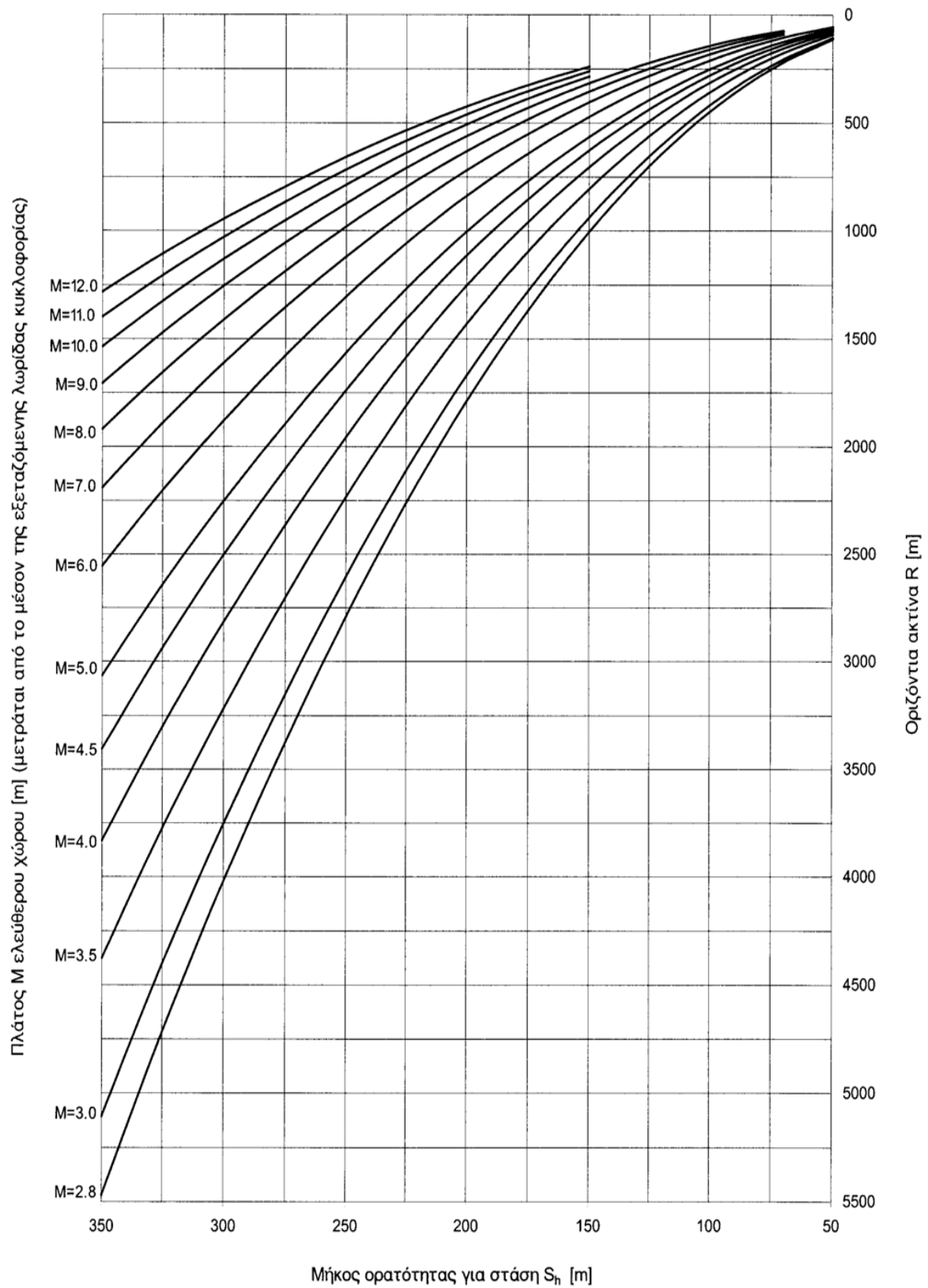
Όπου,

- S_h = Το μήκος ορατότητας στάσης μετρούμενο επί της καμπύλης στον άξονα που χαράζεται στο μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας σε μέτρα .
- R = Η ακτίνα της καμπύλης του άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας σε μέτρα.
- M = Το πλάτος του ελεύθερου χώρου μετρούμενο από το μέσο της εξεταζόμενης λωρίδας κυκλοφορίας σε μέτρα.
- L = Το μήκος της καμπύλης μετρούμενο στον άξονα της εξεταζόμενης λωρίδας κυκλοφορίας Σε μέτρα.



Σχήμα 2.11 : Στοιχεία ελέγχου ορατότητας από τον πλευρικό ελεύθερο οπτικών εμποδίων χώρο (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

Κεφάλαιο 2- Έννοιες και Ορισμοί



Εικόνα 2.5 : Διάγραμμα σχέσης μήκους ορατότητας για στάση S_h με πλάτος ελεύθερου χώρου M (ΟΜΟΕ-Χ,2001).

2.7.13 Βασικές Πτυχές Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών με πυλώνα την Οδική ασφάλεια

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός δρόμου αποτελούν κρίσιμη πτυχή του συνολικού σχεδιασμού του και επηρεάζουν άμεσα την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητά του. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν διάφορες φυσικές διαστάσεις, διατάξεις και σχεδιαστικά στοιχεία που συμβάλλουν συλλογικά στην οδική εμπειρία και στην πιθανότητα ατυχημάτων. Η διαμόρφωση ενός δρόμου περιλαμβάνει, στην πιο ολοκληρωμένη ερμηνεία της, τη χάραξη και τη λειτουργική ανάλυση του άξονα της οδικής κυκλοφορίας (Pietzsch W., 1976). Η γεωμετρία ενός δρόμου περιλαμβάνει κυρίως πτυχές όπως η Οριζοντιογραφία, η Μηκοτομή, αλλά και η Διατομή. Μια ολοκληρωμένη ανάλυση αυτών των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση της οδικής ασφάλειας. Παρακάτω, εμβαθύνετε σε βασικές πτυχές για μια λεπτομερή εξέταση.

• Αριθμός Λωρίδων

Ο αριθμός των λωρίδων σε έναν δρόμο είναι ένας γεωμετρικός παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το επίπεδο ασφάλειας και τη συχνότητα των ατυχημάτων που συμβαίνουν κατά μήκος του. Αναλύοντας διάφορες πτυχές των τροχαίων ατυχημάτων, εκτενής παγκόσμια έρευνα δείχνει σταθερά ότι οι δρόμοι με 2 λωρίδες παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά τροχαίων ατυχημάτων σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες. Επιπλέον, σε αυτούς τους δρόμους επικρατούν θανατηφόρα ατυχήματα (Lee & Mannering 1999; Kopelias et al., 2007; Munea, Reddy & Abera, 2020; Καζαγλή, 2009).

Η διεύρυνση του αριθμού των λωρίδων σε έναν οδικό άξονα οδηγεί σε αξιοσημείωτη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων (Abebe & Belayneh, 2018). Αυτή η μείωση είναι ιδιαίτερα έντονη όταν δρόμοι 2 λωρίδων κυκλοφορίας σε κάθε κατεύθυνση μετατρέπονται σε δρόμους με 3 ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας σε κάθε κατεύθυνση. Αυτή η αύξηση του πλάτους διευκολύνει ομαλότερους και πιο αξιόπιστους ελιγμούς οχημάτων, όπως η στάθμευση στην άκρη του δρόμου ή η προσπέραση άλλων οχημάτων (Brannolte, 1993; Μίαου, 1993; Garber & Ehrhart, 2000; Strathman, 2001; Council and Stewart, 2000; Καπότσης, 2002). Επιπλέον, ένας υψηλότερος αριθμός λωρίδων ενισχύει την ορατότητα της κυκλοφορίας από τους οδηγούς και παρέχει περισσότερο χώρο ελιγμών κατά μήκος του οδικού άξονα (Lee & Mannering, 1999).

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αύξηση του αριθμού των λωρίδων μπορεί επίσης να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην οδική ασφάλεια. Σε περιπτώσεις με 2, 3 ή περισσότερες λωρίδες (όπως αυτοκινητόδρομοι, δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας, εθνικοί δρόμοι), οι οδηγοί μπορεί να τείνουν να επιταχύνουν, οδηγώντας σε περισσότερες συγκρούσεις εντός της ίδιας ροής κυκλοφορίας ή με οχήματα που βρίσκονται απέναντι. Στο τελευταίο σενάριο, σημαντικό μέρος των ατυχημάτων αποβαίνει θανατηφόρα (Kihlberg & Tharp, 1968; Lee & Mannering, 1999; Kopelias et al., 2007; Αναγνώστου & Ξαγοράκη, 2008).

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

• Διαιρεμένες – αδιαίρετες οδοί

Η διαχωριστική νησίδα σε έναν δρόμο, είτε έχει μία, δύο ή πολλές λωρίδες σε κάθε κατεύθυνση, αναφέρεται στο υπερυψωμένο ή αλλιώς καθορισμένο τμήμα που χωρίζει τις λωρίδες κυκλοφορίας σε αντίθετες κατευθύνσεις (Ψαριανός κ.ά., 2006). Η παρουσία διαχωριστικής νησίδας παίζει καθοριστικό ρόλο στη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, ενισχύοντας έτσι την οδική ασφάλεια. Το ανεπαρκές πλάτος ή οι κακοσχεδιασμένες νησίδες μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα ορατότητας, θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια. Πολυάριθμες μελέτες συλλογικά καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι δρόμοι με διαχωριστικές νησίδες είναι ιδιαίτερα ασφαλέστεροι (Garner & Deen, 1973; Long et al., 1993; Council & Stewart, 2000). Είναι αξιοσημείωτο ότι δρόμοι με δύο λωρίδες κυκλοφορίας σε κάθε κατεύθυνση παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά τροχαίων ατυχημάτων από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία οδών και ο συνολικός αριθμός θανατηφόρων ατυχημάτων σε αυτούς τους δρόμους είναι ιδιαίτερα υψηλός. Η απουσία διαχωριστικής νησίδας σε αυτή την κατηγορία δρόμων αυξάνει σημαντικά τον αριθμό των θανατηφόρων ατυχημάτων (Καζαγλή, 2009).

• Πλάτος λωρίδας και υποστήριξη

Το πλάτος των λωρίδων αποτελεί ένα στοιχείο της διατομής του οδικού άξονα που παίζει καθοριστικό ρόλο στην οδική ασφάλεια και στα ποσοστά ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, μια αύξηση στο πλάτος της λωρίδας σε έναν δρόμο μειώνει σημαντικά την εμφάνιση ατυχημάτων, καθώς διευρύνει τον επιχειρησιακό χώρο για τα οχήματα και ενισχύει την ικανότητα ελιγμών για τους χρήστες του δρόμου (Foody, 1974; Μίαου, 1993; Iyınam et al., 1997; Garber & Ehrhart, 2000; Kopelias et al., 2007; Labi, 2006; Μπαλαδήμας, 2006). Το πλάτος των λωρίδων συμπεριλαμβανομένης και της Λωρίδας Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ) και η παρουσία κατάλληλων στηρίξεων είναι θεμελιώδεις παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια (Al-Sahili & Dwaikat, 2019). Οι στενές λωρίδες μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο σύγκρουσης, ειδικά σε περιοχές με έντονη κυκλοφορία.

Οι περισσότερες μελέτες επικεντρώνονται κυρίως σε αμφίδρομους δρόμους και τα ευρήματά τους υποδεικνύουν σταθερά μείωση των ποσοστών ατυχημάτων με αύξηση του πλάτους της λωρίδας (Cleveland, Kostyniuk & Ting, 1984). Συγκεκριμένα, αρκετά ερευνητικά αποτελέσματα υποδηλώνουν μια αξιοσημείωτη μείωση του αριθμού των ατυχημάτων όταν το πλάτος της λωρίδας εκτείνεται από 4 σε 7 μέτρα (Hedman, 1990; Llopis-Castelló & Findley, 2019). Επιπλέον, οι Yager και Van Aerde, το 1983, καθόρισαν ότι η διέλευση ενός οχήματος απαιτεί ένα ελάχιστο πλάτος λωρίδας και οποιαδήποτε περαιτέρω αύξηση πέρα από αυτό το όριο επιτρέπει αυξημένη ταχύτητα οδήγησης και ενισχύει την αντίληψη του οδηγού για την ασφάλεια.

Έρευνα που διεξήχθη σε οδικά δίκτυα της Δανίας αποκαλύπτει ότι οι ευρύτερες λωρίδες έχουν συσχετιστεί με τη μείωση των σχετικών ατυχημάτων. Για δρόμους πλάτους μικρότερου των 6 μέτρων, υπήρχε

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

αυξημένος κίνδυνος τροχαίων ατυχημάτων που οδηγούσαν σε σοβαρούς τραυματισμούς και θανατηφόρα ατυχήματα (The Roads Directorate, 1981). Ο Srinivasan, το 1982, το υποστήριξε, αναφέροντας ότι το ποσοστό ατυχημάτων για δρόμο πλάτους 5 μέτρων ήταν περίπου 1,7 φορές υψηλότερο από αυτό για δρόμο πλάτους 7,5 μέτρων. Μια άλλη έρευνα πρότεινε ότι η αύξηση του πλάτους των λωρίδων από 2,7 σε 3,7 μέτρα θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των ατυχημάτων κατά 32% (Transportation Research Board, 1978). Μια ολοκληρωμένη σουηδική έρευνα έδειξε ότι για δρόμους με όριο ταχύτητας 90 km/h και παρόμοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, παρατηρήθηκαν σημαντικές μειώσεις στα ποσοστά ατυχημάτων με αυξήσεις στο πλάτος του αυτοκινητόδρομου, συμπεριλαμβανομένων των λωρίδων ακραίας κυκλοφορίας (Λωρίδα Έκτακτης Ανάγκης), που ξεπερνούν τα 13 μέτρα (Brude, Lassenand Thulin, 1980). Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι η αύξηση του πλάτους της λωρίδας κατά 1 μέτρο μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των ατυχημάτων κατά 40% (Labi 2006; Kronprasert, Boontan & Kanha, 2021).

Επιπλέον, η επικρατούσα συναίνεση από τις περισσότερες μελέτες είναι ότι η αύξηση του πλάτους της λωρίδας ενός δρόμου κατά περισσότερο από 7 μέτρα τείνει να αυξήσει τον αριθμό των ατυχημάτων. Πέρα από αυτό το όριο, τα οχήματα τείνουν να παρασύρονται και να παρουσιάζουν σημαντική αύξηση της ταχύτητας, οδηγώντας σε πιο σοβαρά ατυχήματα (Hearne, 1976; Srinivasan, 1982; Hedman, 1990; Fishburn & Jordan, 2001; Labi, 2006).

Όσον αφορά την ΛΕΑ, αποτελεί μια θεμελιώδη πτυχή της γεωμετρίας του δρόμου, αντιπροσωπεύοντας μια λωρίδα σε κάθε πλευρά των κύριων λωρίδων κυκλοφορίας σχεδιασμένη για κινήσεις έκτακτης ανάγκης χωρίς να εμποδίζει την κύρια ροή της κυκλοφορίας σε έναν δρόμο (Ψαριανός και συναδέλφοι του, 2006; Barreno, Romana & Santos, 2022). Η ΛΕΑ συζητείται χωριστά από τις κύριες λωρίδες κυκλοφορίας, των οποίων η συμβολή του πλάτους στην οδική ασφάλεια αναλύθηκε προηγουμένως. Το πλάτος της ΛΕΑ παίζει καθοριστικό ρόλο στον αριθμό και τη συχνότητα των ατυχημάτων. Μία ευρύτερη ΛΕΑ οδηγεί σε σημαντική μείωση των ατυχημάτων, παρέχοντας στον οδηγό περισσότερο χώρο για ελιγμούς και ανάκτηση του ελέγχου του οχήματος εάν παρεκκλίνει από τις κύριες λωρίδες κυκλοφορίας (Iyınam, 1997; Lee & Mannering, 1999; Garber & Ehrhart, 2000).

Διάφορες μελέτες έχουν διερευνήσει τη σχέση μεταξύ του πλάτους της ΛΕΑ και των ποσοστών ατυχημάτων. Η πλειοψηφία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τόσο για τους διαιρεμένους όσο και για τους αδιαίρετους αυτοκινητόδρομους πολλαπλών λωρίδων, οι ευρύτερες λωρίδες έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ) μειώνουν σημαντικά τα ποσοστά ατυχημάτων (O'Conneide, 1998).

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί η απόσταση ανάκτησης δρόμου (ή η απόσταση ανάκτησης ελέγχου). Αυτή η απόσταση αναφέρεται στο χώρο από το εξωτερικό άκρο της κύριας λωρίδας κυκλοφορίας ενός δρόμου μέχρι το πλησιέστερο εμπόδιο που συναντήθηκε (π.χ. δέντρο, κεραία) και επιτρέπει στο όχημα να επιστρέψει στην κυκλοφορία μετά από μια αρχική απόκλιση από την κύρια λωρίδα κυκλοφορίας μέσω ορισμένων διορθωτικών ελιγμών (Zeeger & Deacon, 1987). Η απόσταση ανάκτησης του δρόμου είναι ένα κρίσιμο γεωμετρικό χαρακτηριστικό που συμβάλλει στην οδική ασφάλεια, παρόμοια με τη ΛΕΑ. Η αύξηση

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

αυτής της απόστασης, δηλαδή η στένωση του πλάτους της λωρίδας επιστροφής του οχήματος, μειώνει σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσοστό ατυχημάτων μειώνεται ακόμη περισσότερο όταν εξαλείφονται παράγοντες που εμποδίζουν την ορατότητα στην περιοχή ανάκτησης του δρόμου, όπως τα δέντρα και οι κεραίες (Labi, 2006). Ο Πίνακας 2.10 παρουσιάζει τα ποσοστά μείωσης των ατυχημάτων για κάθε αύξηση της απόστασης ανάκτησης δρόμου σε δρόμο με δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση. Παρατηρείται ότι όταν αυτή η απόσταση είναι 1,5 μέτρο (περίπου 5 πόδια), η μείωση των ατυχημάτων είναι 13%, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 44% όταν η απόσταση φτάσει τα 6 μέτρα.

Πίνακας 2.7 : Ποσοστό μείωσης του αριθμού των τροχαίων ατυχημάτων σε σχέση με την απόσταση ανάκτησης του δρόμου (Πηγή: Zeegeretal., 1981).

Amount of Increased Roadside Recovery Distance (ft)	% Reduction in “Related” Crash Types
5	13
8	21
10	25
12	29
15	35
20	44

• Επιφάνεια του οδοστρώματος

Το οδόστρωμα, που θεωρείται ευρέως ως συστατικό της γεωμετρίας του δρόμου, επηρεάζει σημαντικά τη συχνότητα και τον αριθμό των τροχαίων ατυχημάτων κατά μήκος ενός οδικού άξονα. Η τριβή, ειδικότερα, αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας για την κατάσταση του οδοστρώματος και ο ρόλος της στη συμβολή στα τροχαία ατυχήματα κρίνεται καθοριστικός. Ένας υψηλότερος συντελεστής τριβής στο οδόστρωμα ενός οδικού άξονα παίζει καθοριστικό ρόλο στη μείωση των ατυχημάτων, καθώς διευκολύνει την ταχύτερη επιβράδυνση του οχήματος, βοηθώντας έτσι στην αποφυγή ατυχημάτων (O’Cinneide, 1998; Karlaftis & Golias, 2002; Zhuetal., 2010).

Αντίθετα, η μειωμένη τριβή κατά μήκος ενός οδικού άξονα οδηγεί σε αυξημένη ολισθηρότητα του δρόμου. Αυτή η κατάσταση σχετίζεται με την αδυναμία δημιουργίας επαρκών επαπτομενικών δυνάμεων τριβής στην επιφάνεια επαφής των ελαστικών του οχήματος και στο οδόστρωμα. Κατά συνέπεια, αυτό καθιστά δύσκολο τον έλεγχο του οχήματος κατά μήκος του οδικού άξονα, ιδιαίτερα στις στροφές, επηρεάζοντας τόσο την ικανότητα ελιγμών όσο και τις δυνατότητες πέδησης του οχήματος (Gaudry & Vernier, 2002; Αναγνώστου

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

& Ξαγοράκη, 2008). Μια έρευνα που διεξήχθη σε έναν υπεραστικό δρόμο 2 λωρίδων στην Ιντιάνα των ΗΠΑ, τόνισε ότι τμήματα του δρόμου με αυξημένους συντελεστές τριβής παρουσίασαν σημαντικά λιγότερα ατυχήματα (Labi, 2006).

Εκτός από τον συντελεστή τριβής στην επιφάνεια του δρόμου, καθοριστικός παράγοντας είναι η παρουσία ρωγμών, βυθίσεων και άλλων αλλοιώσεων στην κατάστασή του. Η κατάσταση του οδοστρώματος αξιολογείται συχνά με χρήση του Present Service ability Index (PSI), ο οποίος αντικατοπτρίζει το επίπεδο επισκευής του. Αυτός ο δείκτης προκύπτει από μετρήσεις ομαλότητας και ζημιών του οδοστρώματος, όπως ρωγμές, μπαλώματα και αυλάκια, σε συγκεκριμένα διαστήματα κατά τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Ο δείκτης PSI κυμαίνεται από 0 έως 5, με το 5 να αντιπροσωπεύει τη βέλτιστη κατάσταση και τη μέγιστη λειτουργικότητα του οδοστρώματος (Gaudry & Vernier 2002; Labi, 2006; Kopelias et al, 2007; Λοΐζος, 2011).

Δρόμοι που χαρακτηρίζονται από αυλάκια και μπαλώματα, που υποδεικνύουν χαμηλό PSI, αναγκάζουν τους οδηγούς να διατηρούν χαμηλότερες ταχύτητες για την πλοήγηση σε αυτές τις ανωμαλίες, με αποτέλεσμα χαμηλότερα ποσοστά ατυχημάτων (Tigheetal., 2000; Labi, 2006). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δρόμοι με αυλάκια μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένα ατυχήματα, ειδικά σε υγρές συνθήκες (μετά από βροχή, λιώσιμο πάγου). Η συσσώρευση νερού στις αυλακώσεις μπορεί να μειώσει ή να εξαλείψει την πρόσφυση μεταξύ των ελαστικών και του οδοστρώματος, ιδιαίτερα εμφανής όταν φρενάρετε ένα όχημα σε υψηλές ταχύτητες, αυξάνοντας σημαντικά την πιθανότητα ατυχημάτων (Αναγνώστου & Ξαγοράκη, 2008). Επιπλέον, δρόμοι με κακές συνθήκες οδοστρώματος μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο ατυχημάτων, καθώς οι οδηγοί, προσπαθώντας να αποφύγουν ανωμαλίες στην επιφάνεια, μπορεί να εισέλθουν απροσδόκητα σε μια παρακείμενη λωρίδα ή ακόμα και να παρεκκλίνουν από την πορεία τους, κινδυνεύοντας να εμπλακούν σε σοβαρό ατύχημα (Labi, 2006).

- **Ακτίνες οριζόντιων και κάθετων καμπυλών**

Οι μικρές ακτίνες στις καμπύλες μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη ορατότητα και να δημιουργήσουν προκλήσεις για τους οδηγούς, ιδιαίτερα σε υψηλότερες ταχύτητες. Οι καλοσχεδιασμένες καμπύλες με κατάλληλες ακτίνες είναι απαραίτητες για τη διευκόλυνση της ασφαλούς πλοήγησης.

Η παρουσία οριζόντιων καμπυλών σε ένα οδόστρωμα αυξάνει τον κίνδυνο ατυχημάτων, ειδικά όταν συνδυάζεται με οδόστρωμα χαμηλής ποιότητας, καθώς οι συνθήκες ορατότητας διακυβεύονται και οι φυγόκεντρες δυνάμεις που δημιουργούνται αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα εκτροπής ενός οχήματος εκτός πορείας (Lee & Mannering, 1999; Abdel & Abdalla, 2004; Kopelias et al., 2007; Turner, 2009). Μελέτες δείχνουν ότι τα ποσοστά ατυχημάτων σε καμπύλες οδούς μπορεί να είναι 1,5 έως 4 φορές υψηλότερα σε σύγκριση με τα ευθύγραμμα τμήματα (Αναγνώστου & Ξαγοράκη, 2008). Συγκεκριμένα, το

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

30% των θανατηφόρων τροχαίων ατυχημάτων συμβαίνουν σε καμπύλα τμήματα ενός οδικού άξονα (Καζαγλή, 2009).

Εστιάζοντας ειδικά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας οριζόντιας καμπύλης, η καμπυλότητα της αναδεικνύεται ως σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στη συχνότητα των ατυχημάτων. Ο βαθμός καμπυλότητας μιας καμπύλης μετρείται σε ακτίνια ανά χιλιόμετρο (ακτίνια/km), και καθώς αυξάνεται, αυξάνεται και η συχνότητα θανατηφόρων ατυχημάτων κατά μήκος ενός οδικού άξονα. Ουσιαστικά, μια πιο απότομη οριζόντια καμπύλη είναι πιο επιρρεπής σε θανατηφόρα ατυχήματα (Μίαου, 1993; Voigt & Krammes, 1994; Lamm et al., 1998; Kopelias et al., 2007; Turner, 2009; Καζαγλή, 2009).

Η παρουσία οριζόντιων καμπυλών κατά μήκος ενός οδικού άξονα συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση του αριθμού των ατυχημάτων λόγω της αυξημένης πιθανότητας ατυχημάτων να συμβαίνουν σε στροφές (Saito et al., 2015). Για τον μετριασμό των ατυχημάτων που προκαλούνται από οριζόντιες και κάθετες στροφές κατά μήκος ενός δρόμου, θα πρέπει να τοποθετούνται προειδοποιητικές πινακίδες πριν από την προσέγγιση μιας στροφής, μαζί με επαρκή οπτική απόσταση ώστε οι οδηγοί να ρυθμίζουν κατάλληλα την ταχύτητα του οχήματος και να αντισταθμίζουν τις φυγόκεντρες δυνάμεις που δημιουργούνται, αποφεύγοντας έτσι την απόκλιση του οχήματος (Καπότσης, 2002; Καζαγλή, 2009).

Η παρουσία κάθετων καμπυλών κατά μήκος ενός οδικού άξονα, παρόμοια με τις οριζόντιες καμπύλες που συζητήθηκαν προηγουμένως, αυξάνει την πιθανότητα τροχαίων ατυχημάτων λόγω των απαιτητικών ελιγμών των οχημάτων πάνω τους (Lee & Mannering, 1999; Labi, 2006; Williamson & Zhou, 2012). Αρχικά, τραβήχτηκε η προσοχή στην κλίση τους, ένα θεμελιώδες χαρακτηριστικό της γεωμετρίας οποιασδήποτε κατακόρυφης καμπύλης. Πολυάριθμες παγκόσμιες μελέτες δείχνουν ότι η κλίση συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των τροχαίων ατυχημάτων κατά μήκος ενός οδικού άξονα. Συγκεκριμένα, η απότομη κάθετη καμπύλη ενός δρόμου επηρεάζει σημαντικά την επικίνδυνη φύση του, οδηγώντας σε αύξηση των ατυχημάτων. Οι έρευνες έχουν αποδείξει με συνέπεια ότι η ανύψωση της κλίσης μιας κάθετης καμπύλης σε ένα δρόμο αυξάνει σημαντικά την εμφάνιση ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, μελέτες που έγιναν σε διάφορους γερμανικούς δρόμους το 1957 αποκάλυψαν μια απότομη κλιμάκωση του δείκτη ατυχημάτων σε τμήματα με διαμήκη κλίση άνω του 4% (Bitzel, 1957).

Η αύξηση της διαμήκου κλίσης ενός δρόμου συνεπάγεται αυξημένο επίπεδο κινδύνου, ιδιαίτερα πέρα από το όριο του 4% (Καπότσης 2002; Ψαριανός κ.ά., 2006). Επιπλέον, πολυάριθμες μελέτες δείχνουν ότι ο αριθμός των ατυχημάτων σε κατηφόρες ξεπερνά εκείνους που καταγράφονται σε ανηφόρες (Καπότσης, 2002). Έρευνα των Brinkman και Perchonok, το 1979, έδειξε ότι, ενώ διατηρούνται σταθερά όλα τα άλλα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, ο αριθμός των θανατηφόρων ατυχημάτων σε κατηφορικές περιοχές είναι 63% υψηλότερος από ό,τι στις αντίστοιχες ανηφορικές περιοχές. Επιπλέον, σε απότομες πλαγιές (κλίση > 4%), τα βαρέα οχήματα που προσπαθούν να διατηρήσουν τον έλεγχο οδηγούν σε σοβαρά ατυχήματα, με μετωπικές συγκρούσεις επιβατικών αυτοκινήτων να σημειώνουν αύξηση 175% για κατηφόρες με κλίση 4% και καταπέλτες στο 250% για κλίση 8%. πλαγιές (Labi, 2006).

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Τα ατυχήματα σε πλαγίες αποδίδονται κυρίως σε προσπέραση οχημάτων, ειδικά σε δρόμους μιας λωρίδας χωρίς διαχωρισμό με κυκλοφορία και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το υψόμετρο καθιστά δύσκολο να το δεις, με αποτέλεσμα μετωπικές συγκρούσεις. Στην κατηφορική πλευρά, συμβαίνουν σοβαρά ατυχήματα λόγω δυσκολιών στην επιβράδυνση του οχήματος, που οδηγούν είτε σε μετωπικές συγκρούσεις είτε σε εκτροπή του οχήματος από τα όρια του δρόμου (Καζαγλή, 2009).

Ένας επιπλέον παράγοντας που αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο σοβαρών τροχαίων ατυχημάτων είναι η πιθανότητα οριζόντιας καμπύλης να προηγείται ή να ακολουθεί μια κατακόρυφη καμπύλη. Ειδικά όταν μια απότομη οριζόντια καμπύλη ακολουθεί μια κατακόρυφη, τα ατυχήματα αυξάνονται σημαντικά και το μήκος ορατότητας παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτό το πλαίσιο (Korielias et al., 2007). Ο βαθμός καμπυλότητας μιας κάθετης καμπύλης είναι ένα κρίσιμο γεωμετρικό στοιχείο που επηρεάζει την οδική ασφάλεια (Yu et al., 2018). Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν σταθερά ότι ένας σημαντικός αριθμός ατυχημάτων συμβαίνει σε κυρτές και κοίλες καμπύλες, κυρίως λόγω ανεπαρκούς ορατότητας. Συγκεκριμένα, το ποσοστό ατυχημάτων στις κοίλες καμπύλες ξεπερνά αυτό στις κυρτές, με αυξημένη τιμή δείκτη κατά την είσοδο στις καμπύλες (Mullins & Kesse, 1961; O'Conneide, 1998; Καπότσης, 2002; Αναγνώστου & Ξαγοράκη, 2008).

Μια άλλη σημαντική πτυχή των κάθετων καμπυλών που επηρεάζουν τη συχνότητα ατυχημάτων είναι η συχνότητά τους (Zeqo, 2017). Οι κάθετες καμπύλες απαιτούν την ικανότητα του οδηγού να διαχειρίζεται την ταχύτητα του οχήματος σε συνδυασμό με την απόσταση από την επικείμενη κατακόρυφη καμπύλη, καθιστώντας τον έλεγχο του οχήματος δύσκολο και αυξάνοντας την πιθανότητα εκτροπής της πορείας. Συγκεκριμένα, η παρουσία ενός προειδοποιητικού σήματος κατακόρυφης καμπύλης μειώνει σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων (Lee & Mannering, 1999). Επιπλέον, το μήκος της κατακόρυφης καμπύλης ενισχύει σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων κατά μήκος ενός οδικού άξονα, καθώς η αυξημένη απόσταση απαιτεί από τον οδηγό να πλοηγηθεί σε δύσκολους ελιγμούς σε συνθήκες κάθετης καμπύλης (Μιαου, 1993; Lee & Mannering, 1999; Turner, 2009).

• Φωτισμός δρόμου

Η απουσία ή η έλλειψη φωτισμού του δρόμου μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ορατότητα, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές συνθήκες. Ο επαρκής φωτισμός του δρόμου είναι απαραίτητος για την ενίσχυση της ευαισθητοποίησης των οδηγών και τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων (Bullough, Donnell & Rea, 2013). Το ανθρώπινο μάτι αγωνίζεται να προσαρμοστεί αποτελεσματικά σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όπως αυτές που συναντώνται κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε άλλες καταστάσεις μειωμένου φωτός, όπως η αυγή ή το σούρουπο (Fors & Lundkvist, 2009). Συγκεκριμένα, προκύπτουν προκλήσεις για τη νυχτερινή οδήγηση λόγω των δυσκολιών προσαρμογής στο σκοτάδι και της πιθανότητας θάμβωσης, είτε από την αντίθετη κυκλοφορία είτε από την ανακλαστικότητα των οδικών σημάτων (Fors and Lundkvist 2009). Η προσαρμογή

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

στο σκοτάδι σχετίζεται με τη σταδιακή διαδικασία με την οποία ένας οδηγός προσαρμόζεται στις συνθήκες φωτισμού περιβάλλοντος.

Η αντανάκλαση, από την άλλη πλευρά, εμφανίζεται όταν το ανθρώπινο μάτι αντιμετωπίζει δυσκολία στην όραση παρουσία πηγής φωτός, ιδιαίτερα όταν αντιμετωπίζει προβολείς από οχήματα που έρχονται ή αντανάκλασεις από πινακίδες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι οδηγοί προσπαθούν να εγκλιματίσουν την όρασή τους σε ξαφνικές αλλαγές στο φως, μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο, ειδικά σε σκοτεινές συνθήκες. Ενώ αυτά τα ζητήματα είναι πιο έντονα σε ηλικιωμένους οδηγούς, μπορούν να επηρεάσουν οδηγούς όλων των ηλικιών. Οι Bullough, Donnell & Rea, το 2013, διεξήγαγαν μια μελέτη σχετικά με τις επιπτώσεις της θάμβωσης για να αξιολογήσει την έκταση του προβλήματος και να εντοπίσει πιθανά μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αντανάκλαση είναι πράγματι μια ανησυχία που απαιτεί προσοχή, καθώς έχει τη δυνατότητα να συμβάλει στην εμφάνιση ατυχημάτων.

- **Έλεγχος και σήμανση κατά την κατασκευή**

Ο αποτελεσματικός έλεγχος και η σήμανση κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών έργων είναι ζωτικής σημασίας για την σαφή κοινοποίηση των προσωρινών αλλαγών στη διάταξη του δρόμου. Η ανεπαρκής σήμανση μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους οδηγούς και να αυξήσει τον κίνδυνο ατυχημάτων. Η σωστή οργάνωση της κυκλοφορίας και η σωστή σήμανση είναι απαραίτητα για την καθοδήγηση των οδηγών και την αποφυγή σύγχυσης.

2.8 Κριτήρια Αξιολόγησης Οριζόντιας Χάραξης – Κριτήρια Ασφαλείας

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της οδικής σήμανσης στη διασφάλιση της οδικής ασφάλειας συνδέεται στενά με τρία συγκεκριμένα κριτήρια ασφαλείας. Αυτά τα κριτήρια, γνωστά ως Κριτήριο I, Κριτήριο II (αξιολογείται στην ταχύτητα λειτουργίας V_{85}) και Κριτήριο III (λαμβάνει υπόψη τη δυναμική κίνηση του οχήματος), παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη ενός συνεπούς και απρόσκοπτου οδικού περιβάλλοντος. Αυτά τα κριτήρια έχουν καθοριστεί μετά από μια εις βάθος ανάλυση που συσχετίζει τα τροχαία ατυχήματα με διάφορα στοιχεία οδοποιίας και κυκλοφοριακής μηχανικής, όπως διαμόρφωση διατομής, ακτίνες, διαμήκης κλίση, πρόσφυση οδοστρώματος και σημάνσεις (OMOE-X, 2001). Η εφαρμογή αυτών των κριτηρίων για την αξιολόγηση των υφιστάμενων δρόμων από την άποψη της οδικής ασφάλειας είναι ένα ευρέως εφαρμοσμένο διεθνές πρότυπο. Επιπλέον, αυτά τα κριτήρια μπορούν να προσαρμοστούν ώστε να ταιριάζουν με τα συγκεκριμένα πρότυπα ταχύτητας λειτουργίας μεμονωμένων χωρών, διασφαλίζοντας την προσαρμοστικότητά τους σε παγκόσμια κλίμακα.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Το κριτήριο ασφαλείας I επινοήθηκε με στόχο την ευθυγράμμιση της ταχύτητας σχεδιασμού (V_e) και της λειτουργικής ταχύτητας (V_{85}) για κάθε στοιχείο σχεδίασης. Το κριτήριο ασφαλείας II εξυπηρετεί τον σκοπό της ευθυγράμμισης των αναμενόμενων ταχυτήτων V_{85} μεταξύ δύο διαδοχικών στοιχείων και την αξιολόγηση της ποιότητας σχεδίασης του δρόμου ως καλή, μέτρια ή μη αποδεκτή, με βάση συγκεκριμένες τιμές που προέρχονται από σχετική έρευνα ατυχημάτων. Το κριτήριο ασφαλείας III διευκολύνει την αξιολόγηση της δυναμικής κίνησης του οχήματος σε καμπύλα τμήματα του δρόμου. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζει τη σχέση μεταξύ του διαθέσιμου συντελεστή πλευρικής τριβής (f_{RA}) και του απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής (f_{RD}), προσδιορίζοντας αυτή τη σχέση ως συνάρτηση της αναμενόμενης ταχύτητας (V_{85}).

Κριτήριο ασφαλείας I

Το κριτήριο ασφαλείας I επικεντρώνεται στην επίτευξη συνοχής και συνέπειας στο σχεδιασμό του δρόμου, με γνώμονα την αρχή ότι η σχεδιαστική ταχύτητα (V_e) και η λειτουργική ταχύτητα (V_{85}) πρέπει να είναι σε αρμονία. Ως εκ τούτου, η διασφάλιση της ευθυγράμμισης μεταξύ της συμπεριφοράς των οδηγών και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου γίνεται βασικός παράγοντας.

Η ανάπτυξη του Κριτηρίου Ασφάλειας I προέρχεται από εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τη συμπεριφορά του οδηγού και τον αντίκτυπο της στην εμφάνιση ατυχημάτων. Αυτό το κριτήριο ασφαλείας προσφέρει την ευκαιρία να δημιουργηθεί ένας συσχετισμός μεταξύ της ταχύτητας σχεδιασμού και της ταχύτητας V_{85} . Αυτή η συσχέτιση είναι αποφασιστικής σημασίας για την αξιολόγηση τμημάτων υπεραστικών δρόμων με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας όσον αφορά την ποιότητα σχεδιασμού τους, τα οποία κατηγοριοποιούνται ως καλές, μέτριες ή απαράδεκτες. Ποσοτικά δεδομένα, που περιγράφουν τα όρια απόκλισης μεταξύ των ταχυτήτων V_e και V_{85} για καθεμία από τις προαναφερθείσες ταξινομήσεις ποιότητας σχεδιασμού σε ένα οδικό τμήμα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.10.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Κριτήριο Ασφαλείας I ισχύει πάντα για ένα συγκεκριμένο στοιχείο σχεδίασης, όπως μια καμπύλη ή μια ανεξάρτητη γραμμή. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτού του κριτηρίου σε υπάρχοντες δρόμους που προορίζονται για βελτίωση ή ανακατασκευή δημιουργεί προκλήσεις, δεδομένου ότι η ταχύτητα σχεδιασμού είναι συνήθως άγνωστη. Ως εκ τούτου, καθίσταται επιτακτική ανάγκη ο προσδιορισμός της ταχύτητας σχεδιασμού με βάση τα γεωμετρικά στοιχεία του δρόμου σε τέτοιες περιπτώσεις.

Κριτήριο ασφαλείας II

Το Κριτήριο Ασφαλείας II στοχεύει στη δημιουργία συνέπειας και συνέχειας στην ταχύτητα λειτουργίας. Ορίζει ότι η ταχύτητα σχεδιασμού (V_e) και η αντίστοιχη λειτουργική ταχύτητα (V_{85}), όπως καθορίζεται από το Κριτήριο Ασφαλείας I, θα πρέπει να διατηρούνται σταθερά σε επαρκές μήκος του δρόμου. Αυτή η

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

προσέγγιση διευκολύνει τη δημιουργία ενός συνεκτικού προτύπου που επηρεάζει ανάλογα τη συμπεριφορά των οδηγών.

Σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητες οι προσαρμογές στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και η ταχύτητα σχεδιασμού (V_e), όπως η μετάβαση από επίπεδο σε ορεινό έδαφος σε μεγάλο οδικό τμήμα, η προσεκτική εξέταση είναι ζωτικής σημασίας. Οι αλλαγές θα πρέπει να είναι σταδιακές, ιδιαίτερα στην επιλογή των στοιχείων της έρευνας. Η διατήρηση σταθερής ταχύτητας V_{85} σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του δρόμου είναι απαραίτητη. Το κριτήριο ασφαλείας II παίζει καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση αυτής της κατάστασης, εστιάζοντας στην ταχύτητα V_{85} . Σε οδικά τμήματα με σταθερή σχεδιαστική ταχύτητα, η στρατηγική επιλογή διαδοχικών σχεδιαστικών στοιχείων, με αρμονική σχέση ως προς τη δυναμική κίνησης του οχήματος, δημιουργεί συνθήκες για ομοιόμορφη και αποτελεσματική οδήγηση.

Κριτήριο Ασφαλείας III

Το Κριτήριο Ασφαλείας III προσφέρει την ευκαιρία να αξιολογηθούν δεδομένα που σχετίζονται με τη δυναμική της κίνησης του οχήματος σε καμπύλα τμήματα του δρόμου, εστιάζοντας σε κάθε μεμονωμένο γεωμετρικό στοιχείο, και συγκεκριμένα στις καμπύλες της έρευνας. Μέσα σε αυτό το κριτήριο εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ του παρεχόμενου συντελεστή πλευρικής τριβής (f_R) και του απαιτούμενου συντελεστή πλευρικής τριβής (f_{RA}). Αυτή η σχέση καθορίζεται ως συνάρτηση της αναμενόμενης ταχύτητας (V_{85}) στις καμπύλες.

Ο διατιθέμενος συντελεστής εγκάρσιας τριβής f_{RD} στην καμπύλη υπολογίζεται από τη μαθηματική σχέση 2.11, ενώ ο απαιτούμενος συντελεστής πλευρικής τριβής f_{RA} υπολογίζεται από τη μαθηματική σχέση 2.12.

$$f_{RD} = 0.70 * n * 0.925 * f_{Tεπιτρ} \quad (2.11)$$

Όπου,

- n = Ο συντελεστής εκμετάλλευσης.

$$f_{Tεπιτρ} = 0.59 - 4.85 * 10^{-3} * V + 1.51 * 10^{-2} * V^2 \quad (2.12)$$

$$f_{RA} = \frac{V_{85}^2}{127 * R} - q \quad (2.13)$$

Όπου,

- V_{85} = η Λειτουργική ταχύτητα .

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

- R = η ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης .
- q = η επίκλιση στην περιοχή της οριζοντιογραφικής καμπύλης .

Μέσα από την πρακτική εφαρμογή του Κριτηρίου III, έχει αναδειχθεί η ανάγκη επανακαθορισμού των οριακών τιμών, μιας και ακόμα και σε πλήρως ομοιογενείς χαράξεις η διαφορά μεταξύ του διατιθέμενου και του απαιτούμενου συντελεστή τριβής ($f_{RA} - f_{RD}$) κατατάσσονται στη μη αποδεκτή περιοχή.

Πίνακας 2.8 : Κριτήρια ασφαλείας οδικής ασφάλειας (Πηγή:Αποστολέρης, 2022).

Κριτήρια Ασφαλείας	Ποιότητα σχεδιασμού		
	Καλή	Μέτρια	Μη Αποδεκτή
Κριτήριο I	$ V_{85}-V_e \leq 10\text{km/h}$	$10\text{km/h} < V_{85}-V_e \leq 20\text{km/h}$	$ V_{85}-V_e > 20\text{km/h}$
Κριτήριο II	$ V_{85i}-V_{85i+1} \leq 10\text{km/h}$	$10\text{km/h} < V_{85i}-V_{85i+1} \leq 20\text{km/h}$	$ V_{85}-V_{85i+1} > 20\text{km/h}$
Κριτήριο III	$ f_R-f_{RA} \geq 0.00$	$-0.04 \leq f_R-f_{RA} < 0.00$	$ f_R-f_{RA} < -0.04$

2.9 Δείκτης Ατυχημάτων

Για την αξιολόγηση της οδικής ασφάλειας σε κάθε οδικό άξονα, η μέθοδος του δείκτη ατυχημάτων έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μέτρηση των επιπέδων ασφάλειας. Αυτή η μέθοδος λαμβάνει υπόψη κατά κύριο λόγο τον φόρτο κυκλοφορίας εντός του αντίστοιχου δικτύου. Κατά συνέπεια, κατά την αξιολόγηση του επιπέδου ασφάλειας ενός οδικού άξονα, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι διακυμάνσεις του κυκλοφοριακού φόρτου σε διαφορετικές θέσεις εντός του εξεταζόμενου οδικού τμήματος (Abdel-Atym. and Abdalla, 2004). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό επειδή η εστίαση αποκλειστικά στον αριθμό των ατυχημάτων σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία μπορεί να μην παρέχει επαρκείς πληροφορίες, ειδικά σε δίκτυα με σημαντικές διαφορές στον κυκλοφοριακό φόρτο, όπου η επικινδυνότητα των τοποθεσιών μπορεί να ποικίλλει. Είναι δυνατόν δύο διαφορετικές θέσεις στο ίδιο οδικό δίκτυο να παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα κινδύνου, ανάλογα με τον αντίστοιχο κυκλοφοριακό φόρτο τους.

Για τον εντοπισμό θέσεων για εις βάθος ανάλυση αιτιών ατυχήματος και απαραίτητες βελτιώσεις, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα υπάρχοντα δεδομένα ατυχημάτων. Αυτό επιτρέπει την κατάταξη των θέσεων από τις πιο επικίνδυνες έως τις λιγότερο επικίνδυνες. Αυτή η κατάταξη μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας είτε τον τεράστιο αριθμό των ατυχημάτων είτε έναν δείκτη ατυχημάτων που επηρεάζει το ποσοστό χρήσης του δρόμου. Σε κάθε σενάριο, η επιλογή μεταξύ της χρήσης του αριθμού των ατυχημάτων ή του αριθμού συμμετοχών εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα δεδομένων σχετικά με τον κυκλοφοριακό

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

φόρτο. Ο αριθμός των ατυχημάτων χρησιμοποιείται συνήθως για θέσεις χωρίς δεδομένα κυκλοφοριακού φόρτου και για τμήματα δρόμων με ελάχιστη διακύμανση φορτίου κυκλοφορίας.

Κάθε τοποθεσία κατηγοριοποιείται σε έναν συγκεκριμένο δείκτη ατυχημάτων, ο οποίος μπορεί να ταξινομηθεί είτε ως αποδεκτός είτε ως μη αποδεκτός με βάση τον συνολικό αριθμό των καταγεγραμμένων ατυχημάτων εντός μιας προκαθορισμένης περιόδου, συνήθως ενός ή περισσότερων ετών. Καθώς οι τοποθεσίες των δρόμων μπορεί να διαφέρουν σε μήκος, η σύγκριση των αριθμών ατυχημάτων ανά χιλιόμετρο βοηθά στην παροχή μιας τυποποιημένης αξιολόγησης. Ο δείκτης ατυχημάτων κατατάσσει τις εξεταζόμενες θέσεις με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε κάθε θέση κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης περιόδου. Αυτή η κατάταξη προσαρμόζεται διαιρώντας τον αριθμό των ατυχημάτων με μια μέτρηση που αντιπροσωπεύει την έκταση χρήσης της εξεταζόμενης θέσης την ίδια περίοδο, που εκφράζεται σε εκατομμύρια χιλιόμετρα οχημάτων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του δείκτη ατυχημάτων έχει ως εξής:

$$Rs = \frac{A \times 10^6}{T \times Q \times L} \quad (2.14)$$

- Rs = Ο δείκτης ατυχημάτων (ή συμμετοχών) ανά εκατομμύριο οχηματοχιλιόμετρα.
- A = Ατυχήματα (οι συμμετοχές) που καταγράφηκαν σε T ημέρες .
- T = Περίοδος καταγραφής ατυχημάτων . Συνήθως 365 ημέρες, δηλαδή ένα πλήρες έτος ή περισσότερα ακέραια έτη.
- Q = Μέση ημερήσια κυκλοφορία έτους στο εξεταζόμενο τμήμα (οχήματα ανά ημέρα) .
- L = Μήκος του εξεταζόμενου τμήματος σε χιλιόμετρα.

Συσχέτιση Κυκλοφοριακού φόρτου με δείκτη ατυχημάτων

Η συσχέτιση μεταξύ του κυκλοφοριακού φόρτου και του δείκτη ατυχημάτων αναφέρεται στη στατιστική σχέση μεταξύ του όγκου της κυκλοφορίας σε έναν συγκεκριμένο δρόμο ή σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και τη συχνότητα ή τη σοβαρότητα των ατυχημάτων που συμβαίνουν εκεί. Αυτή η ανάλυση είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του αντίκτυπου του όγκου της κυκλοφορίας στην οδική ασφάλεια και μπορεί να ενημερώσει τις προσπάθειες για τη βελτίωση της διαχείρισης της κυκλοφορίας, την εφαρμογή μέτρων ασφαλείας και τη μείωση των ποσοστών ατυχημάτων. Ο δείκτης ατυχημάτων, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται για την κατάταξη των θέσεων εξέτασης με βάση τον αριθμό των ατυχημάτων που κανονικοποιούνται από έναν παράγοντα που εκφράζει το βαθμό χρήσης της εξεταζόμενης θέσης. Αντανακλά την επικινδυνότητα της τοποθεσίας.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

ΠΙΘΑΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Θετική συσχέτιση

Εάν υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του κυκλοφοριακού φόρτου και του δείκτη ατυχημάτων, υποδηλώνει ότι καθώς αυξάνεται ο όγκος της κυκλοφορίας, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να συμβούν ατυχήματα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε συμφόρηση, αυξημένες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χρηστών του δρόμου ή άλλους παράγοντες που σχετίζονται με την υψηλή κυκλοφορία.

Αρνητική συσχέτιση

Αντίθετα, μια αρνητική συσχέτιση θα σήμαινε ότι ο υψηλότερος όγκος κυκλοφορίας σχετίζεται με χαμηλότερο δείκτη ατυχημάτων. Αυτό το σενάριο μπορεί να προκύψει εάν καλοσχεδιασμένοι δρόμοι και αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας μπορούν να χειριστούν την αυξημένη κυκλοφορία χωρίς να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια.

Καμία συσχέτιση

Εάν δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση, υποδηλώνει ότι οι αλλαγές στον κυκλοφοριακό φόρτο δεν έχουν σταθερό αντίκτυπο στον δείκτη ατυχημάτων. Άλλοι παράγοντες, όπως ο σχεδιασμός του δρόμου, η συμπεριφορά του οδηγού ή οι καιρικές συνθήκες, μπορεί να επηρεάζουν περισσότερο τα ποσοστά ατυχημάτων.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ:

Μέτρα ασφαλείας

Οι θετικοί συσχετισμοί μπορεί να προκαλέσουν την εφαρμογή μέτρων ασφαλείας, όπως μέτρα ηρεμίας της κυκλοφορίας, βελτιωμένη σήμανση ή αλλαγές στο σχεδιασμό του δρόμου για την ασφαλή υποδοχή υψηλότερων κυκλοφοριακών φορτίων

Σχεδιασμός Υποδομής

Η κατανόηση της συσχέτισης βοηθά στον καλύτερο σχεδιασμό για την ανάπτυξη της υποδομής. Μπορεί να καθοδηγεί αποφάσεις για την επέκταση του δρόμου, την προσθήκη λωρίδων κυκλοφορίας ή την κατασκευή εναλλακτικών διαδρομών για τη διαχείριση της αυξανόμενης κυκλοφορίας.

Κεφάλαιο 2– Έννοιες και Ορισμοί

Επιβολή και Εκπαίδευση

Οι πληροφορίες από την ανάλυση μπορούν να πληροφορήσουν στοχευόμενες εκστρατείες επιβολής και εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, εάν υπάρχει θετική συσχέτιση, οι αρχές μπορεί να επικεντρωθούν στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων συμπεριφορών οδηγών που σχετίζονται με υψηλότερους όγκους κυκλοφορίας. Συνοπτικά, η ανάλυση της συσχέτισης μεταξύ του κυκλοφοριακού φόρτου και του δείκτη ατυχημάτων είναι μια πολύτιμη προσέγγιση για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών οδικής ασφάλειας και τη βελτιστοποίηση της υποδομής για την προσαρμογή των ποικίλων κυκλοφοριακών συνθηκών, δίνοντας παράλληλα προτεραιότητα στη δημόσια ασφάλεια.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, δόθηκε έμφαση στην παραμετροποίηση των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας ενός οδικού τμήματος αναφορικά με το γεωμετρικό σχεδιασμό του. Στόχος είναι να αναδειχθούν τα οδικά τμήματα που παρουσιάζουν μειωμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και παρέχουν μειωμένο επίπεδο οδικής ασφάλειας, καθώς επίσης και οι μεμονωμένες καμπύλες που παραβιάζουν την προσδοκία του οδηγού, καθιστώντας τις συγκεκριμένες θέσεις ιδιαίτερα επικίνδυνες, αυξάνοντας σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης ατυχημάτων. Στο πλαίσιο αυτό αναζητήθηκαν κρίσιμες παράμετροι που επηρεάζουν σημαντικά το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας, προκειμένου να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο μίας νέας μεθοδολογίας με στόχο τη βαθμολόγηση και την ιεράρχηση του κάθε οδικού δικτύου.

3.2 Υφιστάμενη πρακτική αξιολόγησης γεωμετρικού σχεδιασμού

Αρχικά κρίθηκε σκόπιμο να αναζητηθεί μία θεμελιώδης παράμετρος πάνω στην οποία θα βασιστούν όλες οι παράμετροι που θα αξιολογηθούν και επηρεάζουν το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας ενός οδικού τμήματος. Ανατρέχοντας στην υφιστάμενη πρακτική αξιολόγησης γεωμετρικού σχεδιασμού που εφαρμόζεται σήμερα στην Ελλάδα, αλλά και σε άλλες χώρες, διαπιστώθηκε ότι η καταλληλότερη παράμετρος που θα πρέπει να αποτελέσει το θεμέλιο λίθο για τη νέα μεθοδολογία, είναι το μέγεθος της ταχύτητας. Είναι σαφές ότι μεγάλες τιμές ταχυτήτων οδηγούν σε αυξημένη πιθανότητα τροχαίων ατυχημάτων, ενώ αντίστοιχα μικρές τιμές περιορίζουν την πιθανότητα αυτή και σε κάθε περίπτωση περιορίζουν και τις συνέπειες των ατυχημάτων που θα συμβούν.

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης και της παρούσας μεθοδολογίας ως θεμελιώδης παράμετρος που επηρεάζει την παρεχόμενη οδική ασφάλεια ενός οδικού τμήματος, θεωρήθηκε η λειτουργική ταχύτητα V_{85} των διερχόμενων οχημάτων. Σημειώνεται ότι η λειτουργική ταχύτητα V_{85} έχει αξιοποιηθεί στο παρελθόν και σε πολλές περιπτώσεις και συνεχίζει να αξιοποιείται ακόμα και σήμερα για την αξιολόγηση της χάραξης μίας οδού με βάση τα κριτήρια σχεδιασμού I και II. Τα όρια που έχουν θεσπιστεί διεθνώς καθορίζονται ως ακολούθως:

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

Κριτήριο I : Συσχέτιση μεταξύ λειτουργικής ταχύτητας V_{85} και ταχύτητας μελέτης V_e

Περίπτωση 1: Καλή ποιότητα σχεδιασμού

$$|V_{85} - V_e| \leq 10\text{km/h}$$

Περίπτωση 2: Μέτρια ποιότητα σχεδιασμού

$$10\text{km/h} < |V_{85} - V_e| \leq 20\text{km/h}$$

Περίπτωση 3: Κακή ποιότητα σχεδιασμού

$$|V_{85} - V_e| > 20\text{km/h}$$

Κριτήριο II : Συσχέτιση μεταξύ της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} δύο διαδοχικών στοιχείων της χάραξης

Περίπτωση 1: Καλή ποιότητα σχεδιασμού

$$|V_{85i} - V_{85i+1}| \leq 10\text{km/h}$$

Περίπτωση 2: Μέτρια ποιότητα σχεδιασμού

$$10\text{km/h} < |V_{85i} - V_{85i+1}| \leq 20\text{km/h}$$

Περίπτωση 3: Κακή ποιότητα σχεδιασμού

$$|V_{85i} - V_{85i+1}| > 20\text{km/h}$$

Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία, που εφαρμόζεται μέχρι σήμερα και στη χώρα μας, πραγματοποιείται η αξιολόγηση κάθε μεμονωμένης καμπύλης του κάθε οδικού τμήματος. Η φιλοσοφία της μεθοδολογίας έγκειται στο γεγονός ότι όσο πιο ομοιογενής είναι η χάραξη της οδού, τόσο μικρότερες είναι οι διαφορές ταχυτήτων που παρουσιάζονται κατά μήκος του κάθε οδικού τμήματος και συνεπώς τόσο ασφαλέστερο θα είναι το οδικό δίκτυο. Η αξιοποίηση της παραπάνω μεθοδολογίας βασίζεται στον προσδιορισμό της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} , είτε από πραγματικές μετρήσεις κυκλοφορίας, εφόσον η οδός είναι κατασκευασμένη και σε λειτουργία, είτε μέσω κατάλληλων μαθηματικών σχέσεων υπολογισμού, εφόσον η οδός δεν έχει ακόμα κατασκευαστεί.

3.3 Χρήση Μίας Νέας Μεθοδολογίας μέσω βαθμολόγησης

Η υφιστάμενη μεθοδολογία (Κριτήρια I και II των ΟΜΟΕ-Χ), είναι αδιαμφισβήτητη χρήσιμη αναφορικά με την αξιολόγηση της ομοιογένειας του γεωμετρικού σχεδιασμού των οδικών τμημάτων και έχει ως στόχο την εξασφάλιση της συνέχειας του γεωμετρικού σχεδιασμού και την αναβάθμιση της παρεχόμενης οδικής ασφάλειας της οδού. Παρόλ' αυτά επισημαίνεται ότι αξιοποιεί αποκλειστικά και μόνο το μέγεθος της λειτουργικής ταχύτητας, η οποία προσδιορίζεται μέσα από δύο έως τρεις γεωμετρικές παραμέτρους, αγνοώντας αρκετές ακόμα που πηγάζουν από την οριζοντιογραφία, τη μηκοτομή και τις διατομές της οδού.

Στο πλαίσιο αυτό η παρούσα έρευνα κατευθύνεται στο να αναδείξει την νέα μεθοδολογία προσδιορισμού ενός Συντελεστή επικινδυνότητας μίας μεμονωμένης καμπύλης και ενός οδικού τμήματος, διατηρώντας όμως τη φιλοσοφία που έχει η υφιστάμενη πρακτική, δηλαδή το γεγονός ότι η ομοιογένεια της οδού είναι καθοριστικός παράγοντας για την εναρμόνιση των λειτουργικών ταχυτήτων και την αύξηση της παρεχόμενης οδικής ασφάλειας. Η νέα αυτή πρόταση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιείτε ίσως να μην αποτελεί μία τελειώς καινοτόμα και πρωτότυπη διαδικασία, καθώς αξιοποιεί κατά κύριο λόγο τις παραμέτρους της γεωμετρίας του οδικού δικτύου, όπως έχει συμβεί και στο παρελθόν, αλλά εκτιμάται ότι παρουσιάζει τα ακόλουθα βασικά πλεονεκτήματα:

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

- Περιλαμβάνει διακριτές μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού για κάθε παράμετρο που επηρεάζει την παρεχόμενη οδική ασφάλεια, στις οποίες έχει ενσωματωθεί και η βαρύτητα της κάθε παραμέτρου, όπως αυτή έχει προσδιοριστεί με βάση τη βιβλιογραφία και τα καταγεγραμμένα ατυχήματα.
- Η τελική αξιολόγηση δε γίνεται για κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά αλλά για το σύνολο των παραμέτρων επιρροής. Το γεγονός αυτό πλεονεκτεί αφενός γιατί υπάρχει πιο σφαιρική αξιολόγηση του οδικού δικτύου και αφετέρου γιατί αναδεικνύονται οι παράμετροι που ευθύνονται για την αρνητική αξιολόγηση. Με τον τρόπο αυτό καταδεικνύονται οι θέσεις που παρουσιάζουν χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας λόγω του γεωμετρικού σχεδιασμού της οδού, και ταυτόχρονα επισημαίνονται οι παράμετροι που πρέπει να βελτιωθούν.
- Δεν αξιολογούνται μόνο οι μεμονωμένες καμπύλες ενός οδικού δικτύου, αλλά και το σύνολο του οδικού τμήματος μέσω μιας ανοιγμένης βαθμολογίας που χαρακτηρίζει το κάθε οδικό τμήμα αναφορικά με την παρεχόμενη οδική ασφάλεια.

3.4 Συμμετοχή της λειτουργικής ταχύτητας V_{85}

Στον τομέα αυτό η παρούσα έρευνα με την χρήση της νέας μεθοδολογίας, προσπαθεί να συνδέσει όλες τις παραμέτρους αξιολόγησης της οδού με το μέγεθος της ταχύτητας και ταυτόχρονα να δώσει τη δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου για οποιαδήποτε ταχύτητα επιθυμεί να αξιοποιήσει ο ερευνητής (συνιστώμενη ταχύτητα, ταχύτητα μελέτης, επιτρεπόμενη ταχύτητα, λειτουργική ταχύτητα κτλ). Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, θεωρήθηκε καταλληλότερη η χρήση της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} , λαμβάνοντας υπόψη αφενός ότι ενσωματώνει το μεγαλύτερο μέρος των διερχόμενων οχημάτων (85% των οχημάτων) και αφετέρου ότι έχει παρουσιαστεί πολλές φορές στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό της σε συνάρτηση με την ελικτότητα της οδού.

Το λογισμικό FM19 που περιλαμβάνει την νέα μεθοδολογία, χρησιμοποιεί την παρακάτω μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} , όπου αξιοποιεί τη σχέση της λειτουργικής ταχύτητας που παρουσιάζεται στους ΟΜΟΕ-Χ, επικαιροποιημένη με βάση νεότερες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το 2016 μετά από στατιστική επεξεργασία δεδομένων στην Ελλάδα. Η μαθηματική σχέση για τον υπολογισμό της ταχύτητας V_{85} που υπολογίζει το λογισμικό, παρουσιάζεται ακολούθως:

$$V_{85} = \frac{1000000}{10150.10 + 8.529 * K_E} + 5 \times (b - 3.75) + 25 * \bar{s} \quad (3.1)$$

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

Όπου

- V_{85} = Η λειτουργική ταχύτητα του εξεταζόμενου οδικού τμήματος ή ενός μεμονωμένου γεωμετρικού στοιχείου.
- K_E = Η ελκτικότητα του εξεταζόμενου οδικού τμήματος ή ενός μεμονωμένου γεωμετρικού στοιχείου.
- b = το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας.
- \bar{s} = η μέση κατά μήκος κλίση του εξεταζόμενου οδικού τμήματος ή ενός μεμονωμένου γεωμετρικού στοιχείου.

Η μαθηματική αυτή σχέση διαφοροποιείται ως προς την αντίστοιχη που περιλαμβάνεται στις ΟΜΟΕ-Χ, αφενός αναφορικά με την επιρροή του πλάτους της οδού και αφετέρου επειδή περιλαμβάνει την επιρροή της κατά μήκος κλίσης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διαφοροποίηση μεταξύ μίας ανηφόρας 4% και μίας κατηφόρας 4%, τιμές για τις οποίες οι ΟΜΟΕ-Χ δίνουν την ίδια τιμή λειτουργικής ταχύτητας. Επίσης αξιοποιείται μία μόνο μαθηματική σχέση για το σύνολο των κατά μήκος κλίσεων, καθώς οι μαθηματικές σχέσεις που περιλαμβάνονται στις ΟΜΟΕ-Χ για κατά μήκος κλίσεις πάνω από 5%, παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις σε σχέση με μεγάλο πλήθος πρόσφατων μετρήσεων που διενεργήθηκαν.

3.5 Κρίσιμες παράμετροι γεωμετρικού σχεδιασμού ως προς την οδική ασφάλεια

Στη νέα αυτή μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε, δεν αξιολογούνται όλοι οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας ενός οδικού τμήματος, αναφορικά με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Στην δημιουργία του λογισμικού, επιλέχθηκαν συγκεκριμένοι παράγοντες, που θεωρείται ότι είναι οι σημαντικότεροι στον τομέα αυτό. Για κάθε μία από τις παραμέτρους αυτές έγινε προσπάθεια εξαγωγής μίας μαθηματικής σχέσης του Συντελεστή επικινδυνότητας με βάση αφενός τους κανονισμούς που εφαρμόζονται στην Ελλάδα, αλλά και διεθνώς και αφετέρου αξιοποιώντας το είδος και τη θέση καταγεγραμμένων τροχαίων ατυχημάτων. Στην παρούσα έρευνα, προκειμένου να εξεταστεί ο βαθμός επικινδυνότητας ενός οδικού τμήματος, αξιολογήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι:

1. Ελάχιστη ακτίνα οριζοντιογραφίας
2. Η κατά μήκος κλίση της οδού (μόνο ως επιρροή στη λειτουργική ταχύτητα V_{85})
3. Απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση
4. Απαιτούμενη επίκλιση στις καμπύλες
5. Η λειτουργική ταχύτητα V_{85} , επί της κύριας οδού, όπως αυτή υπολογίζεται από τη σχέση 3.1

Στόχος της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε είναι να αξιολογηθεί το κάθε οδικό τμήμα και η κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη αναφορικά με το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας που προσφέρει. Στο πλαίσιο αυτό για κάθε παράμετρο υπολογίζονται δύο διακριτές τιμές. Η πρώτη τιμή αφορά την απαίτηση

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

των οδηγιών γεωμετρικού σχεδιασμού για κάθε παράμετρο σχεδιασμού και δεδομένη τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} όπως προσδιορίζεται από τη σχέση 3.1. Αντίστοιχα η δεύτερη τιμή αφορά τη διατιθέμενη τιμή. Εφόσον η διατιθέμενη τιμή της παραμέτρου είναι ευνοϊκότερη από την απαιτούμενη από τις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού, τότε θεωρείται ότι το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας είναι καλύτερο από το προβλεπόμενο.

Με βάση τη λογική αυτή το λογισμικό ορίζει, κάποιο Συντελεστή Επικινδυνότητας που για κάθε παράμετρο σχεδιασμού θα προσδιορίζει κάποια μαθηματική σχέση. Ως κεντροβαρική τιμή λαμβάνεται η μονάδα, που αφορά την περίπτωση ισότητας μεταξύ διατιθέμενης και απαιτούμενης τιμής. Συνεπώς τιμές παραμέτρου ευνοϊκότερες από τις διατιθέμενες οδηγούν σε τιμές μικρότερες της μονάδας, ενώ οι δυσμενέστερες σε τιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης αυτός τόσο αρνητικότερη είναι η επιρροή της παραμέτρου και καθιστά το συγκεκριμένο οδικό στοιχείο ευάλωτο σε ενδεχόμενο τροχαίο ατύχημα. Με το σκεπτικό αυτό το πρόγραμμα, για κάθε μία παράμετρο ορίζει κάποιες οριακές τιμές (μέγιστη και ελάχιστη), η ελάχιστη εκ των οποίων θεωρείται ότι δε μπορεί να είναι μικρότερη του μηδέν (οποιαδήποτε αρνητική τιμή λαμβάνεται ίση με 0).

Στη συνέχεια γίνεται μία συνοπτική περιγραφή των μαθηματικών σχέσεων που χρησιμοποιεί η νέα μεθοδολογία και υπολογίζει το λογισμικό FM19, που χαρακτηρίζουν το Συντελεστή Επικινδυνότητας (Τελική βαθμολογία), όπως αυτές προσδιορίστηκαν μέσα από τις ελληνικές και διεθνείς οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τις βασικές σχέσεις της φυσικής και της δυναμικής της κυκλοφορίας και τα στοιχεία καταγεγραμμένων ατυχημάτων.

3.6 Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Οριζοντιογραφικής Ακτίνας

Αρχικά ο πρώτος Συντελεστής που υπολογίζει το λογισμικό είναι ο Συντελεστής επικινδυνότητας της οριζοντιογραφικής ακτίνας για κάθε μία ακτίνα του τμήματος που εξετάζεται κάθε φορά, που εξαρτάται από την υφιστάμενη ακτίνα R κάθε καμπύλης καθώς και την ελάχιστη ακτίνα R_{min} βάση κανονισμών. Η ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα οριζοντιογραφίας καθορίζεται με βάση την επιτυχή και ασφαλή διέλευση ενός οχήματος από μία καμπύλη. Προκειμένου να διασφαλίζεται η εγκάρσια ισορροπία του οχήματος, πρέπει η ελάχιστη ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης να είναι μεγαλύτερη από αυτή που καθορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$R_{min} \geq \frac{V^2}{127 \times (f_R + q)} \quad (3.2)$$

όπου,

- R_{min} = Η ελάχιστη επιτρεπόμενη ακτίνα οριζοντιογραφίας.

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

- V = Η ταχύτητα μελέτης της οδού.
- q = Η εφαρμοζόμενη επίκλιση στην καμπύλη.
- f_R = Ο επιτρεπόμενος συντελεστής ακτινικής τριβής.

Σημειώνεται ότι οι οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού της κάθε χώρας δίνουν διαφορετική μαθηματική σχέση για τον προσδιορισμό του επιτρεπόμενου συντελεστή ακτινικής τριβής. Στην παρούσα έρευνα αξιοποιήθηκε η μαθηματική σχέση που περιλαμβάνεται στις ΟΜΟΕ-Χ, η οποία περιγράφεται από τη σχέση 3.3:

$$f_R = n \times (0.546 - 4.486 \times 10^{-3} \times V + 1.397 \times V^2) \quad (3.3)$$

όπου,

- $n=40\%$ για λοφώδη/ορεινά εδάφη
- και $n=45\%$ για πεδινά εδάφη

Στις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού, οι μαθηματικές σχέσεις 3.2 και 3.3 εφαρμόζονται υπέρ της ασφαλείας με βάση την ταχύτητα μελέτης, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ισορροπία για όλα τα οχήματα διέλευσης και για όλες τις συνθήκες μειωμένης πρόσφυσης (υγρασία, βροχή κτλ). Επισημαίνεται όμως ότι η ισορροπία αυτή πρέπει να εξασφαλίζεται για το σύνολο των οχημάτων ανεξαρτήτως της ταχύτητας διέλευσης, τις συνθήκες πρόσφυσης και τις καιρικές συνθήκες. Στις υφιστάμενες οδούς υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού της κάθε ακτίνας ενός οδικού δικτύου, καθώς επίσης και της υφιστάμενης επίκλισης, ενώ ταυτόχρονα είναι δυνατός ο προσδιορισμός της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} , είτε μέσω μετρήσεων, είτε αξιοποιώντας τη μαθηματική σχέση 3.1. Με τα στοιχεία αυτά μπορεί να προσδιοριστεί από την ισότητα της εξίσωσης 3.2 η απαιτούμενη οριζοντιογραφική ακτίνα και να συσχετιστεί με τη υφιστάμενη.

Συνεπώς το λογισμικό, αναφορικά με την παράμετρο της οριζοντιογραφικής ακτίνας και αξιοποιώντας τις μαθηματικές σχέσεις 3.1, 3.2 και 3.3, προσδιορίζει τον συντελεστή επικινδυνότητας λόγω ακτίνας οριζοντιογραφίας. Συνοπτικά η εφαρμογή της νέας αυτής μεθοδολογίας προβλέπει τα ακόλουθα βήματα για την εξαγωγή του συντελεστή επικινδυνότητας λόγω οριζοντιογραφικής ακτίνας:

1. Το εξεταζόμενο οδικό τμήμα χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα μήκους 1-2 χιλιομέτρων, έτσι ώστε σε κάθε τμήμα να διασφαλίζεται η ομοιογένεια της χάραξης. Εφόσον η χάραξη παρουσιάζεται ιδιαίτερα τεταμένη με μεγάλες οριζοντιογραφικές ακτίνες, είναι δυνατόν τα παραπάνω τμήματα να έχουν μεγαλύτερο μήκος.
2. Για τα τμήματα αυτά προσδιορίζεται η μέση ελικτότητα K_E και η μέση κατά μήκος κλίση του οδικού τμήματος, βάση των οποίων υπολογίζεται η λειτουργική ταχύτητα V_{85} και για τις δύο κατευθύνσεις

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

της οδού από τη σχέση 3.1. Σημειώνεται ότι η λειτουργική ταχύτητα των δύο κατευθύνσεων είναι διαφορετική καθώς αλλάζει η μέση κατά μήκος κλίση.

- Υπολογίζεται η ελάχιστη ακτίνα R_{min} όπως αυτή προκύπτει από την ισότητα της σχέσης 3.2. Σημειώνεται ότι στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκαν οι παράμετροι f_R και q , όπως αυτές προβλέπονται στις ΟΜΟΕ-Χ, ενώ ως ταχύτητα αναφοράς λήφθηκε η λειτουργική ταχύτητα V_{85} όπως προσδιορίστηκε στο βήμα 2.
- Προσδιορίζεται ο συντελεστής επικινδυνότητας για κάθε καμπύλη του οδικού τμήματος με βάση την πραγματική ακτίνα R της κάθε καμπύλης και την ακτίνα R_{min} όπως προσδιορίστηκε στο βήμα 3, από την ακόλουθη σχέση:

$$Coef_R = \frac{5 \times R_{min}}{4 \times R + R_{min}} \quad (3.4)$$

Όπου,

- R = η υφιστάμενη οριζοντιογραφική ακτίνα και
 - R_{min} = η ελάχιστη επιτρεπόμενη οριζοντιογραφική ακτίνα.
- Ο συντελεστής αυτός καθορίζει την επικινδυνότητα της κάθε μεμονωμένης καμπύλης σε σχέση με την οριζοντιογραφική της ακτίνα. Είναι προφανές ότι κάποια καμπύλη που παρουσιάζει ιδιαίτερα μειωμένη τιμή οριζοντιογραφικής ακτίνας σε σχέση με το μέσο όρο του οδικού τμήματος, θα χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα αυξημένο συντελεστή επικινδυνότητας αυξάνοντας τη συνολική της βαθμολογία. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μία ιεράρχηση των μεμονωμένων καμπυλών ως προς την επικινδυνότητα τους αναφορικά με την παράμετρο της οριζοντιογραφικής ακτίνας και γίνονται εύκολα αντιληπτές οι καμπύλες που παρουσιάζουν χαμηλές τιμές, παραβιάζοντας την προσδοκία του οδηγού. Οι θέσεις αυτές εκτιμάται ότι αποτελούν εν δυνάμει θέσεις τροχαίων ατυχημάτων.
 - Το τελευταίο βήμα αφορά τον προσδιορισμό του ανηγμένου συντελεστή επικινδυνότητας, ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου. Για να προσδιοριστεί αθροίζονται όλοι οι μεμονωμένοι συντελεστές επικινδυνότητας κάθε καμπύλης που βρίσκονται εντός του ίδιου οδικού τμήματος και προκύπτει ένας συνολικός συντελεστής. Ο συντελεστής αυτός διαιρείται με το μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος L και προκύπτει ένας ανηγμένος συντελεστής ανά χιλιόμετρο που χαρακτηρίζει το κάθε οδικό τμήμα αναφορικά με το μέγεθος των οριζοντιογραφικών ακτινών και την αλληλουχία που έχουν εφαρμοστεί. Η σχέση που δίνει τον ανηγμένο συντελεστή επικινδυνότητας είναι:

$$Coef_{RTot} = \sum Coef_R / L \quad (3.5)$$

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

Από τη διαδικασία που περιγράφηκε στα σημεία 1 έως 4, φαίνεται ότι ο βαθμός επικινδυνότητας δύο καμπυλών με ίδιες οριζοντιογραφικές ακτίνες εντός του ίδιου ομοιογενούς οδικού τμήματος θα είναι ίσος. Αυτό όμως δεν είναι ορθό καθώς υπάρχει ιδιαίτερη επιρροή από τη γωνία αλλαγής κατεύθυνσης που χαρακτηρίζει την κάθε καμπύλη. Αυτό συμβαίνει γιατί σε κυκλικά τόξο που χαρακτηρίζονται από μικρή γωνία αλλαγής κατεύθυνσης, ο οδηγός τείνει να “κόψει” το τιμόνι και να πάρει τη στροφή πιο κλειστά, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας είναι αρκετά μεγαλύτερο από το πλάτος του οχήματος. Στην περίπτωση αυτή ο οδηγός διαγράφει μία οριζοντιογραφική ακτίνα μεγαλύτερη από αυτή που αφορά τον άξονα της οδού και συνεπώς η ανταπόκριση του ως προς την εξισορρόπηση της φυγόκεντρου δύναμης είναι καλύτερη.

Για τον προσδιορισμό της οριζοντιογραφικής ακτίνας που διαγράφει ο οδηγός, αξιοποιείται η μαθηματική εξίσωση 3.6 που αφορά το βέλος δ σε μία οριζοντιογραφική καμπύλη. Σημειώνεται ότι η μαθηματική αυτή σχέση αφορά την εφαρμογή καμπυλών χωρίς κλωθοειδείς. Συνήθως όμως σε οριζοντιογραφικές καμπύλες που χαρακτηρίζονται από μικρές γωνίες αλλαγής κατεύθυνσης δεν είναι εύκολη η εφαρμογή κλωθοειδών με επαρκή γεωμετρικά χαρακτηριστικά και για το λόγο αυτό δεν εφαρμόζονται τόξα συναρμογής. Σε κάθε περίπτωση εφόσον κατά τη διερεύνηση εκτιμάται ότι η συγκεκριμένη καμπύλη έχει συμμετρικές κλωθοειδείς τότε το βέλος δ μπορεί να προσδιοριστεί από τη μαθηματική σχέση 3.7.

$$\delta = R \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} - 1 \right) \quad (3.6)$$

$$\delta = \frac{R + \Delta R}{\sin \frac{\gamma}{2}} - R \quad (3.7)$$

Όπου,

- δ = Το βέλος της οριζοντιογραφικής καμπύλης.
- R = Η ακτίνα της οριζοντιογραφικής καμπύλης.
- γ = Η εξωτερική γωνία της πολυγωνικής.
- ΔR = Η εκτροπή συμμετρικών κλωθοειδών.

Προκειμένου λοιπόν να αξιολογηθεί και η επιρροή της γωνίας αλλαγής κατεύθυνσης που χαρακτηρίζει μία οριζοντιογραφική καμπύλη, όλες οι ακτίνες της οριζοντιογραφίας “διορθώνονται” με βάση τα ακόλουθα βήματα:

1. Προσδιορίζεται το βέλος δ από τη μαθηματική σχέση 3.6 (ή τη σχέση 3.7 εφόσον προβλέπονται συμμετρικές κλωθοειδείς) για την οριζοντιογραφική ακτίνα R του άξονα της οδού.

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

2. Στο βέλος δ που προκύπτει προστίθεται το πλάτος z που εκτιμάται ότι θα αποκλίνει ο οδηγός από τον άξονα της λωρίδας κυκλοφορίας “κόβοντας” το τιμόνι. Το πλάτος αυτό εκτιμάται μεταξύ 0,50μ. και 1,0μ. ανάλογα με το πλάτος της λωρίδας κυκλοφορίας.
3. Επαναπροσδιορίζεται η ακτίνα R' από τη μαθηματική σχέση 3.6 (ή 3.7) για τιμή $\delta' = \delta + z$.

Με βάση τα παραπάνω βήματα υπολογίζεται ο Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω οριζοντιογραφικής ακτίνας και παίρνουμε τα αντίστοιχα αποτελέσματα από το λογισμικό.

3.7 Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω μήκους ορατότητας

Ένας πρόσθετος παράγοντας που είναι ιδιαίτερα κρίσιμος για την αναβάθμιση του επιπέδου οδικής ασφάλειας που παρέχετε, ενός οδικού δικτύου δύο λωρίδων με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας, είναι η εξασφάλιση της απαιτούμενης ορατότητας για στάση σε όλο το μήκος του οδικού δικτύου. Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης και μεθοδολογίας ο μαθηματικός υπολογισμός της απαιτούμενης ορατότητας για στάση δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστεί λαμβάνοντας υπόψη την τρισδιάστατη απεικόνιση της οδού. Για τον λόγο αυτό το διατιθέμενο μήκος ορατότητας προσδιορίστηκε μόνο οριζοντιογραφικά, χωρίς να ληφθεί υπόψη η ανεπάρκεια ορατότητας λόγω της μηκοτομής. Συνεπώς έγινε η θεώρηση ότι στις ευθυγραμμίες η απαιτούμενη ορατότητα διασφαλίζεται, ενώ εξετάστηκε η επάρκεια της ορατότητας για στάση στις περιοχές οριζοντιογραφικών καμπυλών, όπου κρισιμότερες εξ' αυτών είναι όσες παρουσιάζουν μικρή οριζοντιογραφική ακτίνα.

Για την ανάλυση το λογισμικό, αξιοποιεί τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στα βήματα 1 και 2 αναφορικά με την οριζοντιογραφική ακτίνα, ενώ για τον υπολογισμό του συντελεστή επικινδυνότητας λόγω του διατιθέμενου μήκους ορατότητας για στάση, πραγματοποιεί τα ακόλουθα βήματα:

1. Υπολογίζει το διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση S_{hexist} σε κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη από την ακόλουθη σχέση:

$$S_{hexist} = \sqrt{8 \times R \times M} \quad (3.8)$$

όπου,

- R = Η ακτίνα της κάθε οριζοντιογραφικής καμπύλης και
- M = Η απόσταση από το μέσο της λωρίδας κυκλοφορίας μέχρι το πλευρικό εμπόδιο λόγω του οποίου αποκόπτεται η ορατότητα

2. Υπολογίζει το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση S_h από την ακόλουθη σχέση:

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

$$S_h = V_{85} \cdot \frac{t_1}{3,6} + \frac{V_{85}^2}{(2 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2)} \cdot \frac{1}{(f_T + s_m)} \quad (3.9)$$

όπου,

- V_{85} = η λειτουργική ταχύτητα (km/h).
- t_1 = ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού (sec).
- f_T = ο συντελεστής εφαπτομενικής τριβής του οδοστρώματος.
- s_m = η κατά μήκος κλίση της κύριας οδού, (+) για ανηφόρα, (-) για κατηφόρα.

Ο προσδιορισμός του συντελεστή εφαπτομενικής τριβής είναι διαφορετικός για κάθε χώρα. Επισημαίνεται ότι στη Γερμανία ο συντελεστής f_T λαμβάνει την τιμή 0,377 (επιβράδυνση 3,7m/sec²), ενώ στην Αμερική η τιμή του είναι ελαφρώς χαμηλότερη και ίση με 0,347 (επιβράδυνση 3,4m/sec²). Σημειώνεται ότι το πρόγραμμα FM19 αναφέρεται στους Ελληνικούς Κανονισμούς (ΟΜΟΕ-Χ), στους οποίους αναφέρεται ότι ο συντελεστής εφαπτομενικής τριβής είναι ανάλογος της λειτουργικής ταχύτητας V_{85} και δίνεται από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3.1: Συντελεστής εφαπτομενικής τριβής f_T (ΟΜΟΕ-Χ, 2001)

V_{85}	[km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120	130
f_T	[-]	0.449	0.428	0.408	0.387	0.367	0.347	0.336	0.316	0.306

Με βάση τις παραπάνω τιμές και για εύρος ταχυτήτων V_{85} από 50χωα έως 100χωα, που αφορά οδούς δύο λωρίδων κυκλοφορίας, το πρόγραμμα υπολογίζει τον συντελεστή εφαπτομενικής τριβής του οδοστρώματος, από την ακόλουθη σχέση:

$$f_T = -0.00204 \cdot V_{85} + 0,5505 \quad (3.10)$$

Σημειώνεται ότι επειδή δεν υπάρχει αναφορά στις ελληνικές οδηγίες για την τιμή που λαμβάνει ο συντελεστής εφαπτομενικής τριβής για ταχύτητες μικρότερες από 50χωα, έγινε η υπόθεση ότι η παραπάνω σχέση ισχύει και για ταχύτητες μικρότερες από 50χωα.

3. Προσδιορίζει τον συντελεστή επικινδυνότητας με βάση το διατιθέμενο και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση, όπως παρουσιάστηκαν στα βήματα 1 και 2, ο οποίος υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

$$\text{Coef}_{Sh} = \frac{15 \cdot S_h}{14 \cdot S_{hexist} + S_h} \quad (3.11)$$

Όπου,

- S_h = το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση.
- S_{hexist} = το διατιθέμενο μήκος ορατότητας για στάση.

Ο συντελεστής αυτός καθορίζει την επικινδυνότητα της κάθε μεμονωμένης καμπύλης σε σχέση με την επάρκεια ορατότητας για στάση. Είναι προφανές ότι κάποια καμπύλη που παρουσιάζει ιδιαίτερα μειωμένη τιμή οριζοντιογραφικής ακτίνας σε σχέση με το μέσο όρο του οδικού τμήματος και ταυτόχρονα υπάρχουν πλευρικά εμπόδια κοντά στην οριογραμμή, θα χαρακτηρίζεται εκ νέου από ιδιαίτερα αυξημένο συντελεστή επικινδυνότητας αυξάνοντας τη συνολική της βαθμολογία. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μία ιεράρχηση των μεμονωμένων καμπυλών ως προς την επικινδυνότητα τους και γίνονται εύκολα αντιληπτές οι καμπύλες που παρουσιάζουν χαμηλά γεωμετρικά χαρακτηριστικά.

4. Το τελευταίο βήμα αφορά τον προσδιορισμό του ανηγμένου συντελεστή επικινδυνότητας από το λογισμικό, ανά χιλιόμετρο οδικού δικτύου. Για να προσδιοριστεί αθροίζονται όλοι οι μεμονωμένοι συντελεστές επικινδυνότητας λόγω ανεπάρκειας ορατότητας της κάθε καμπύλης που βρίσκονται εντός του ίδιου οδικού τμήματος και προκύπτει ένας συνολικός συντελεστής. Ο συντελεστής αυτός διαιρείται με το μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος L και προκύπτει ένας ανηγμένος συντελεστής ανά χιλιόμετρο που χαρακτηρίζει το κάθε οδικό τμήμα. Η σχέση που υπολογίζεται ο ανηγμένος συντελεστής επικινδυνότητας από το λογισμικό είναι:

$$\text{Coef}_{ShTot} = \sum \text{Coef}_{Sh} / L \quad (3.12)$$

3.8 Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω επίκλισης στις καμπύλες

Ένα ακόμα κρίσιμο μέγεθος που πρέπει να εξετάζετε στην οδική ασφάλεια είναι η διατιθέμενη επίκλιση σε κάθε οριζοντιογραφική καμπύλη σε συνάρτηση με την απαιτούμενη, όπως αυτή προβλέπεται στις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού. Η απαιτούμενη επίκλιση καθορίζεται στις οδηγίες γεωμετρικού σχεδιασμού της κάθε Χώρας με βάση νομογραφήματα ή μαθηματικές σχέσεις υπολογισμού που συνδέονται με τη λειτουργική ταχύτητα V_{85} . Η νέα μεθοδολογία που εφαρμόζεται αξιοποιεί τα νομογραφήματα που περιλαμβάνονται στις ΟΜΟΕ-Χ, από τα οποία προκύπτει η ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$q_{\text{απαιτ}} = -3.68 \times \ln R - 0.00055 \times V_{85}^2 + 0.202 \times V_{85} + 14.75 \quad (3.13)$$

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

όπου,

- $q_{\text{απαιτ.}} (\%)$ = Η απαιτούμενη επίκλιση που πρέπει να εφαρμοστεί.
- $R (m)$ = Η ακτίνα της κάθε οριζοντιογραφικής καμπύλης.
- $V_{85} (km/h)$ = Η λειτουργική ταχύτητα όπως υπολογίζεται από τη σχέση (6.1).

Ο Συντελεστής Επικινδυνότητας με βάση τη διατιθέμενη και την απαιτούμενη επίκλιση σε κάθε καμπύλη προσδιορίζεται από το λογισμικό από την ακόλουθη μαθηματική σχέση:

$$Coef_q = 0.25 \times (q_{\text{υφ}} - q_{\text{απαιτ}}) \quad (3.14)$$

όπου,

- $q_{\text{υφ}} (\%)$ = Η υφιστάμενη επίκλιση σε κάθε καμπύλη.
- $q_{\text{απαιτ}} (\%)$ = Η απαιτούμενη επίκλιση σε κάθε καμπύλη.

Σημειώνεται ότι εφόσον ο παραπάνω συντελεστής προκύψει αρνητικός τότε σημαίνει ότι η διατιθέμενη επίκλιση καλύπτει την απαιτούμενη και επομένως ο συντελεστής λαμβάνεται ίσος με μηδέν.

Τελικά αθροίζονται όλοι οι συντελεστές επικινδυνότητας λόγω ανεπάρκειας διατιθέμενης επίκλισης για κάθε οδικό τμήμα και προκύπτει ένας συνολικός συντελεστής. Ο συντελεστής αυτός διαιρείται με το μήκος του εκάστοτε οδικού τμήματος L και προκύπτει ένας ανηγμένος συντελεστής ανά χιλιόμετρο που χαρακτηρίζει το κάθε οδικό τμήμα. Η σχέση που δίνει η νέα μεθοδολογία για τον ανηγμένο συντελεστή επικινδυνότητας είναι:

$$Coef_{qTot} = \sum Coef_q / L \quad (3.15)$$

Παρόλα αυτά επειδή στην δική μας έρευνα δεν υπήρχαν στοιχεία επικλίσεων ο συντελεστής επικινδυνότητας λόγω διατιθέμενης και απαιτούμενης επίκλισης σε κάθε καμπύλη δεν υπολογίσθηκε στην τελική βαθμολογία .

3.9 Συνολική αξιολόγηση του γεωμετρικού σχεδιασμού

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3.3, η νέα μεθοδολογία που αξιοποιήθηκε προσδιορίζει τους συντελεστές επικινδυνότητας για τις κρίσιμες παραμέτρους που αφορούν το γεωμετρικό σχεδιασμό της οδού. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται τόσο για κάθε μεμονωμένη καμπύλη, όσο και για ομοιογενή τμήματα

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

μήκους 1 έως 2 χιλιομέτρων, όπως περιγράφηκε παραπάνω. Προκειμένου να προσδιοριστούν οι διατιθέμενες τιμές των συντελεστών μέσω του λογισμικού, αρχικά προσδιορίζεται η οριζοντιογραφία και η μηκοτομή της οδού, καθώς επίσης και οι επικλίσεις στις καμπύλες (σε όσες οδούς αυτό είναι εφικτό ανάλογα με την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης), σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο 2. Η διαδικασία προσδιορισμού της γεωμετρίας αναφέρεται σε αξιολόγηση υφιστάμενων οδών, αλλά η νέα μεθοδολογία που αναλύεται στο παρόν κεφάλαιο, μπορεί να εφαρμοστεί και σε νέες μελετημένες οδούς, αξιοποιώντας τα στοιχεία οριζοντιογραφίας, μηκοτομής και επικλίσεων από την εκάστοτε μελέτη. Διαθέτοντας το γεωμετρικό σχεδιασμό της οδού υπάρχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία προκειμένου να ολοκληρωθεί η αξιολόγηση της γεωμετρίας της κάθε οδού, όπως παρουσιάζεται στις προηγούμενες παραγράφους. Προκειμένου να προσδιοριστεί η τελική βαθμολογία της κάθε μεμονωμένης καμπύλης και του κάθε οδικού τμήματος, οι επιμέρους συντελεστές επικινδυνότητας αθροίζονται από το πρόγραμμα σύμφωνα με τις ακόλουθες σχέσεις:

Για κάθε **μεμονωμένη καμπύλη** από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Coef}_{\text{Curv}} = \text{Coef}_{\text{R}} + \text{Coef}_{\text{Sh}} + \text{Coef}_{\text{q}} \quad (3.16)$$

όπου,

- $\text{Coef}_{\text{Curv}}$ = Συντ. Επικινδυνότητας μεμονωμένης καμπύλης.
- Coef_{R} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω οριζοντιογραφικής ακτίνας.
- Coef_{Sh} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω διατιθέμενης ορατότητας.
- Coef_{q} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω επίκλισης.

και για κάθε **οδικό τμήμα** από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Coef}_{\text{Tot}} = \text{Coef}_{\text{RTot}} + \text{Coef}_{\text{ShTot}} + \text{Coef}_{\text{qTot}} \quad (3.17)$$

Όπου ,

- Coef_{Tot} = Συντ. Επικινδυνότητας οδικού τμήματος λόγω γεωμετρίας.
- Coef_{R} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω οριζοντιογραφικών ακτίνων.
- Coef_{Sh} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω διατιθέμενης ορατότητας.
- Coef_{q} = Συντ. Επικινδυνότητας λόγω επίκλισης στις καμπύλες.

3.10 Επιρροή της ταχύτητας στις επιπτώσεις ενός ατυχήματος

Σημειώνεται ότι στην αξιολόγηση της επικινδυνότητας της κάθε καμπύλης και κάθε οδικού τμήματος κρίθηκε σκόπιμο να υιοθετηθεί ως πρόσθετη παράμετρος και οι ενδεχόμενες συνέπειες που θα είχε ένα τροχαίο ατύχημα στους επιβαίνοντες. Αυτό έγινε με γνώμονα ότι ένα πιθανό ατύχημα με χαμηλή ταχύτητα κυκλοφορίας μπορεί να οδηγήσει μόνο σε υλικές ζημιές, ενώ αντίστοιχα ένα ατύχημα που θα συμβεί με μεγάλη ταχύτητα έχει αυξημένη πιθανότητα να οδηγήσει ακόμα και σε νεκρούς. Με αυτό το σκεπτικό θα πρέπει να διαχωριστούν δύο οδικά τμήματα που έχουν τον ίδιο συντελεστή επικινδυνότητας αλλά διαφέρουν σημαντικά ως προς τις επιπτώσεις ενός ατυχήματος, με στόχο να δοθεί έμφαση στη βελτίωση της οδού που ενδεχομένως ένα τροχαίο συμβάν οδηγήσει σε τραυματίες ή και νεκρούς.

Ο καθορισμός μαθηματικών εξισώσεων που να καταδεικνύουν την πιθανότητα εμφάνισης νεκρού και ελαφρά ή βαριά τραυματία σε ένα συμβάν είναι μία πολύπλοκη και αβέβαιη διαδικασία ως προς την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που θα μπορούσαν να επιτευχθούν. Εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως π.χ. την ύπαρξη στηθαίων ασφαλείας ή όχι, τα εμπόδια που υπάρχουν στην παράπλευρη επιφάνεια της οδού, το είδος του ατυχήματος κ.α., οι οποίες είναι ιδιαίτερα δύσκολο να αξιολογηθούν με ακρίβεια και βεβαιότητα. Παρόλα αυτά είναι αδιαμφισβήτητο ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα με την οποία θα συμβεί το ατύχημα, τόσο βαρύτερες θα είναι οι συνέπειες αυτού.

Η νέα μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ενσωματώνει τις επιπτώσεις ενός ατυχήματος με έναν αυξητικό μαθηματικό συντελεστή που υπολογίζεται με την εφαρμογή των παρακάτω μαθηματικών σχέσεων :

1. Η πιθανότητα μη τραυματισμού:

$$p_m = \left(1 - \frac{V^4}{V^4 + (160 - V)^4} \right) \times (1 - p_e - p_b) \quad (3.18)$$

2. Η πιθανότητα ελαφρού τραυματισμού:

$$p_e = 0.6 \times e^{-\frac{(V-60)^2}{1000}} \quad (3.19)$$

3. Η πιθανότητα βαρύ τραυματισμού:

$$p_b = 0.6 \times e^{-\frac{(V-100)^2}{1000}} \quad (3.20)$$

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

4. Η πιθανότητα νεκρού:

$$p_v = \left(1 - \frac{(160 - V)^4}{V^4 + (160 - V)^4} \right) \times (1 - p_e - p_b) \quad (3.21)$$

ή από τη σχέση

$$p_v = 1 - p_e - p_b - p_m \quad (3.22)$$

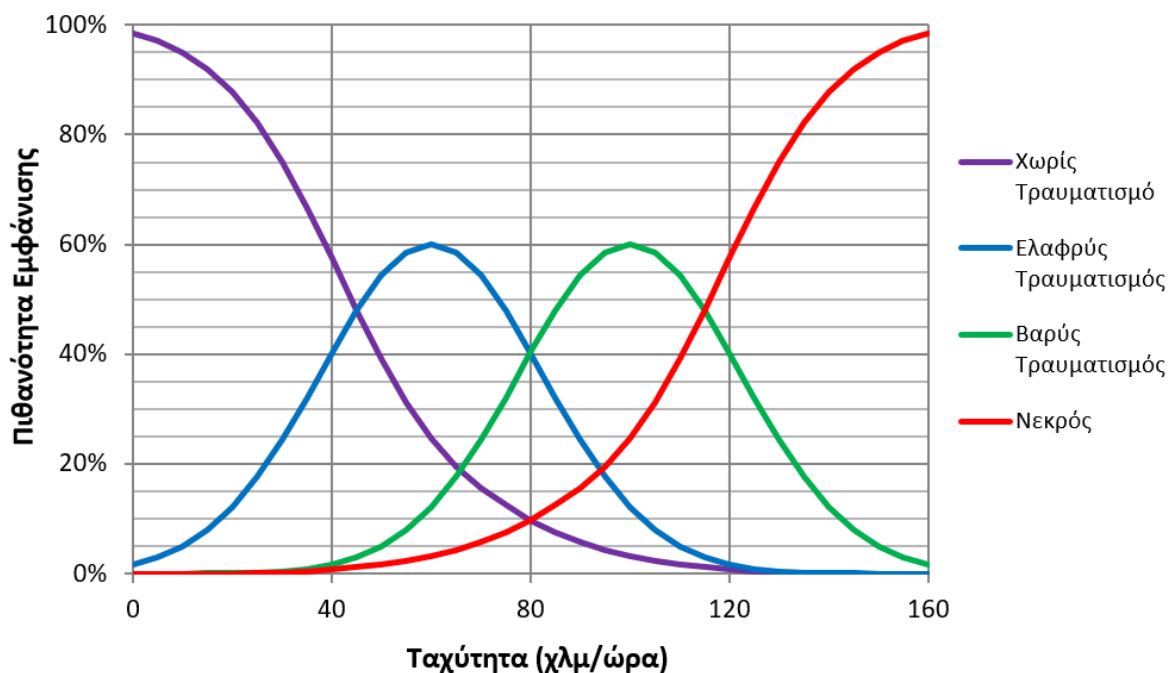
Σημειώνεται ότι το άθροισμα όλων των παραπάνω συντελεστών ισούται με την μονάδα, ενώ επισημαίνεται ότι η ταχύτητα δεν αντικατοπτρίζει την ταχύτητα πρόσκρουσης του οχήματος με κάποιο εμπόδιο, αλλά την ταχύτητα V με την οποία κινείται το όχημα αμέσως πριν χάσει ο οδηγός τον έλεγχο του οχήματος. Δηλαδή V είναι η ταχύτητα του οχήματος τη στιγμή που συμβαίνει η απώλεια ελέγχου του οχήματος. Η ταχύτητα πρόσκρουσης με κάποιο εμπόδιο (στηθαίο ασφαλείας, δέντρο, αντίθετα κινούμενο όχημα κτλ) είναι συνήθως αρκετά μικρότερη, καθώς στο χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ απώλειας ελέγχου του οχήματος και της πρόσκρουσης, ο οδηγός πιθανότατα επιβραδύνει έντονα και μειώνει σημαντικά την ταχύτητα του οχήματος.

Οι μαθηματικές εξισώσεις 3.18 έως 3.22 που αναδεικνύει η μεθοδολογία αυτή προέκυψαν με βάση τις ακόλουθες παραδοχές:

1. Για ταχύτητα διέλευσης που προσεγγίζει τα 0 χλμ/ώρα, η πιθανότητα να προκύψουν μόνο υλικές ζημιές προσεγγίζει το 100%.
2. Για ταχύτητα διέλευσης που προσεγγίζει τα 160 χλμ/ώρα, η πιθανότητα να έχω νεκρούς προσεγγίζει το 100%.
3. Για ταχύτητα διέλευσης 60 χλμ/ώρα η πιθανότητα να έχω ελαφρύ τραυματισμό λαμβάνει τη μέγιστη τιμή που είναι ίση με 60%.
4. Για ταχύτητα διέλευσης 100 χλμ/ώρα η πιθανότητα να έχω βαρύ τραυματισμό λαμβάνει τη μέγιστη τιμή που είναι ίση με 60%.
5. Το άθροισμα όλων των συντελεστών για κάθε τιμή ταχύτητας να είναι ίσο με τη μονάδα.

Οι παραπάνω μαθηματικές εξισώσεις συνοψίζονται στο νομογράφημα του ακόλουθου σχήματος, μέσα από το οποίο είναι δυνατός ο γραφικός προσδιορισμός της κάθε πιθανότητας.

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία



Σχήμα 3.1: Πιθανότητα εμφάνισης υλικών ζημιών, τραυματισμού (ελαφρύς, βαρύς) ή νεκρού ανάλογα με την ταχύτητα κυκλοφορίας που συνέβη το ατύχημα. (Αποστολέρης, 2022)

Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Dakota Road Safety Country Overview του 2015 προκύπτει μία αναλογία κόστους μεταξύ ελαφρύ τραυματισμού, βαρύ τραυματισμού και νεκρού 1 προς 14 προς 100. Η αναλογία αυτή προκύπτει αξιοποιώντας τα δεδομένα οποιασδήποτε χώρας και επομένως με βάση τα στοιχεία αυτά, στην παρούσα μεθοδολογία λήφθηκαν υπόψη οι ακόλουθοι συντελεστές:

- Συντελεστής μη τραυματισμού 0,0
- Συντελεστής ελαφρύ τραυματισμού 1,0
- Συντελεστής βαρύ τραυματισμού 14,0
- Συντελεστής νεκρού 100,0

Συνεπώς, αξιοποιώντας τις μαθηματικές σχέσεις 3.19 έως 3.22, καθώς επίσης και τους παραπάνω συντελεστές, το λογισμικό βγάζει ένα τελικό συντελεστή προσαύξησης που αφορά τις συνέπειες που θα έχει ένα ενδεχόμενο ατύχημα και ο οποίος δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Coef_{Acc} = p_e + 14 \times p_b + 100 \times p_v \quad (3.23)$$

Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα που έχει το όχημα τη στιγμή που συμβαίνει το ατύχημα, η οποία στην νέα μεθοδολογία που εφαρμόζεται είναι η λειτουργική ταχύτητα κυκλοφορίας V_{85} .

3.11 Επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου

Επισημαίνεται ότι όλη η παραπάνω διαδικασία οδηγεί σε μία βαθμολογία (έναν Συντελεστή Επικινδυνότητας) αξιολογώντας τα υφιστάμενα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός οδικού δικτύου αναφορικά με παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας, χωρίς να προσδιορίζει τον αναμενόμενο αριθμό των ατυχημάτων που εκτιμάται ότι θα συμβούν. Αυτό συμβαίνει αφενός γιατί οι παραπάνω συντελεστές δεν έχουν συσχετιστεί με καταγεγραμμένα ατυχήματα προκειμένου να προκύψει κάποια εξίσωση προσδιορισμού ατυχημάτων μέσα από στατιστικές αναλύσεις. Επιπρόσθετα επισημαίνεται ότι σε προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με το συγκεκριμένο λογισμικό ότι δεν αξιοποιούταν ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού, που σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν οδικά τμήματα με υψηλή βαθμολογία που να μην έχουν παρουσιάσει καθόλου οδικά ατυχήματα (επειδή ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού είναι πάρα πολύ χαμηλός), ενώ σε άλλα οδικά τμήματα με χαμηλότερη βαθμολογία να έχει καταγραφεί μεγάλος αριθμός ατυχημάτων (διότι ο κυκλοφοριακός φόρτος της οδού είναι πολύ μεγάλος). Η παρούσα έρευνα παρόλα αυτά εξετάζει την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου .

Στις περιπτώσεις που σε ένα οδικό δίκτυο υπάρχει ελεύθερη και ανεμπόδιστη κυκλοφορία των οχημάτων, τα ατυχήματα αναμένεται να συνδέονται γραμμικά με τον κυκλοφοριακό φόρτο, ενώ αναμένεται ότι όσο μεγαλύτερος παρουσιάζεται ο κυκλοφοριακός φόρτος, τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο αριθμός των ατυχημάτων που θα εμφανιστούν. Προκειμένου λοιπόν να μπορέσει να γίνει συσχέτιση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση της προηγούμενης παραγράφου με τα καταγεγραμμένα ατυχήματα που συλλέχθηκαν, οι βαθμολογίες πολλαπλασιάστηκαν με έναν συντελεστή επικινδυνότητας που σχετίζεται με τον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού.

Ως κυκλοφοριακός φόρτος αφετηρίας θεωρείται από το πρόγραμμα, το οδικό δίκτυο που εξυπηρετεί περίπου 2000 οχήματα/ημέρα (και στις 2 κατευθύνσεις), και ο συντελεστής που χρησιμοποιείται από το λογισμικό, περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση:

$$Coef_Q = \frac{Q}{2000} \quad (3.24)$$

όπου,

- Q = ο κυκλοφοριακός φόρτος της κύριας οδού σε οχήμ (και στις 2 κατευθύνσεις).

Ο παραπάνω συντελεστής για κυκλοφοριακούς φόρτους μικρότερους από 2000 οχήματα/ημέρα θα είναι μικρότερος της μονάδας, ενώ στην περίπτωση που εξυπηρετούνται περισσότερα οχήματα τότε ο συντελεστής θα είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα, αυξάνοντας τη συνολική βαθμολογία του οδικού δικτύου.

Κεφάλαιο 3 – Αξιολόγηση Γεωμετρικού Σχεδιασμού Νέα Μεθοδολογία

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στις παραγράφους 3.5, 3.6 και 3.7, ο τελικός συντελεστής επικινδυνότητας για κάθε μεμονωμένη καμπύλη και κάθε οδικό τμήμα, προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των σχέσεων 3.16 (για μεμονωμένες καμπύλες) και 3.17 (για οδικά τμήματα) με τις 3.23 και 3.24 που αφορούν τις επιπτώσεις του ατυχήματος και τον κυκλοφοριακό φόρτο της οδού. Από την τελική αυτή βαθμολογία μπορούν να ιεραρχηθούν οι οριζοντιογραφικές καμπύλες και τα οδικά τμήματα και ταυτόχρονα να αναδειχθεί η παράμετρος που οφείλεται για τη χαμηλή αυτή βαθμολογία. Για τον προσδιορισμό των κρίσιμων οριακών τιμών που χαρακτηρίζουν το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση (Clustering/K-means) που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.2

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Συλλογή Στοιχείων

Για να επιτευχθεί ο προσδιορισμός ενός μοντέλου πρόβλεψης οδικών ατυχημάτων σε οδό δύο λωρίδων κυκλοφορίας, διεξήχθη συγκεκριμένη έρευνα η οποία βασίστηκε στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους. Τα κύρια στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παραχωρήθηκαν από τον κύριο Νικηφόρο Σταματιάδη, καθηγητή του Πανεπιστημίου UniversityOfKentucky, της πολιτείας του Κεντάκυ των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

Τα στοιχεία τα οποία αναλύθηκαν, ανακτήθηκαν από τις εξής περιοχές της πολιτείας: Madison, Marion, Monroe, Ohio, Pendleton και Woodford. Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι όλα τα δεδομένα είναι προσαρμοσμένα στο σύστημα συντεταγμένων της πολιτείας του Κεντάκυ (NAD83 KentuckyStatePlanes, North Zone, Meter) και γι' αυτόν τον λόγο, έγιναν οι ανάλογες μετατροπές. Πιο συγκεκριμένα, οι μονάδες μήκους μετατράπηκαν από μίλια (miles) σε χιλιόμετρα(kilometers), ήτοι $1 \text{ mile} = 1,60934 \text{ km}$. Οι μονάδες υψομέτρων μετατράπηκαν από πόδια (feet) σε μέτρα (meters), όπου $1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$. Παρακάτω, αναφέρονται οι οδικοί άξονες που αναλύθηκαν στις περιοχές στο Κεντάκυ που προαναφέρθηκαν.

- Περιοχή **Madison** :
 - 076 -KY- 0388
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 12 μίλια ($20 + 669,483 \text{ km}$)
 - 076-KY-0627
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 6 μίλια ($9 + 707,525 \text{ km}$)
 - 076 -KY- 2328
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 1.5 μίλια ($2 + 566,717 \text{ km}$)
 - 076 -KY- 2874
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 1 μίλι ($1 + 571,013 \text{ km}$)
 - 076 -US- 0025
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

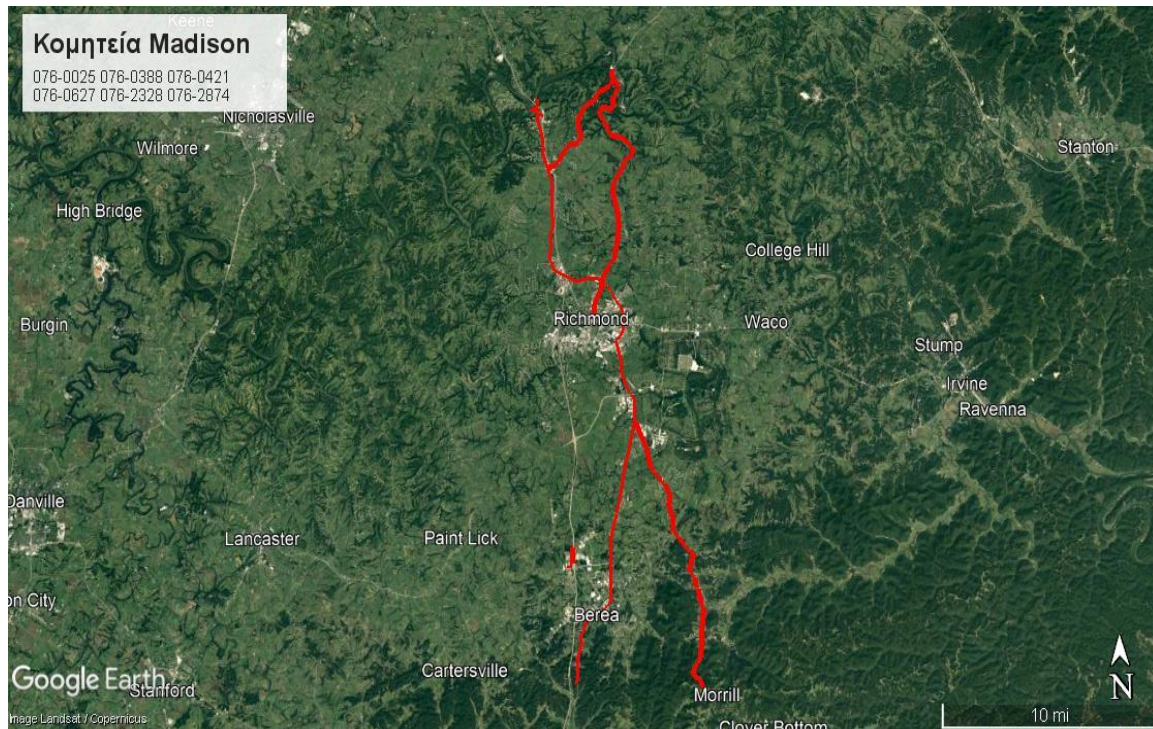
Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 28 μίλια (45 + 205,246 km)

- 076 -US- 0421

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 12.5 μίλια (20 + 107,820 km)



Εικόνα 4.1: Οδικοί Άξονες μελέτης Περιοχής Madison (από GoogleEarth).

- Περιοχή **Marion** :

- 078 -KY- 0052

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 4.5 μίλια (7 + 471,527 km)

- 078 -KY- 0055

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 4.5 μίλια (7 + 559,121 km)

- 078 -KY- 0289

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 5.5 μίλια (9 + 037,858 km)

- 078 -KY- 0426

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 3.5 μίλια (5 + 338,637 km)

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

- 078 -KY- 2154

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 6.5 μίλια (10 + 940,192 km)



Εικόνα 4.2: Οδικοί Άξονες μελέτης Περιοχής Marion (από GoogleEarth).

- Περιοχή **Monroe**:

- 086 -KY- 0100

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 7.5 μίλια (11 + 369,269 km)

- 086 -KY- 0163

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

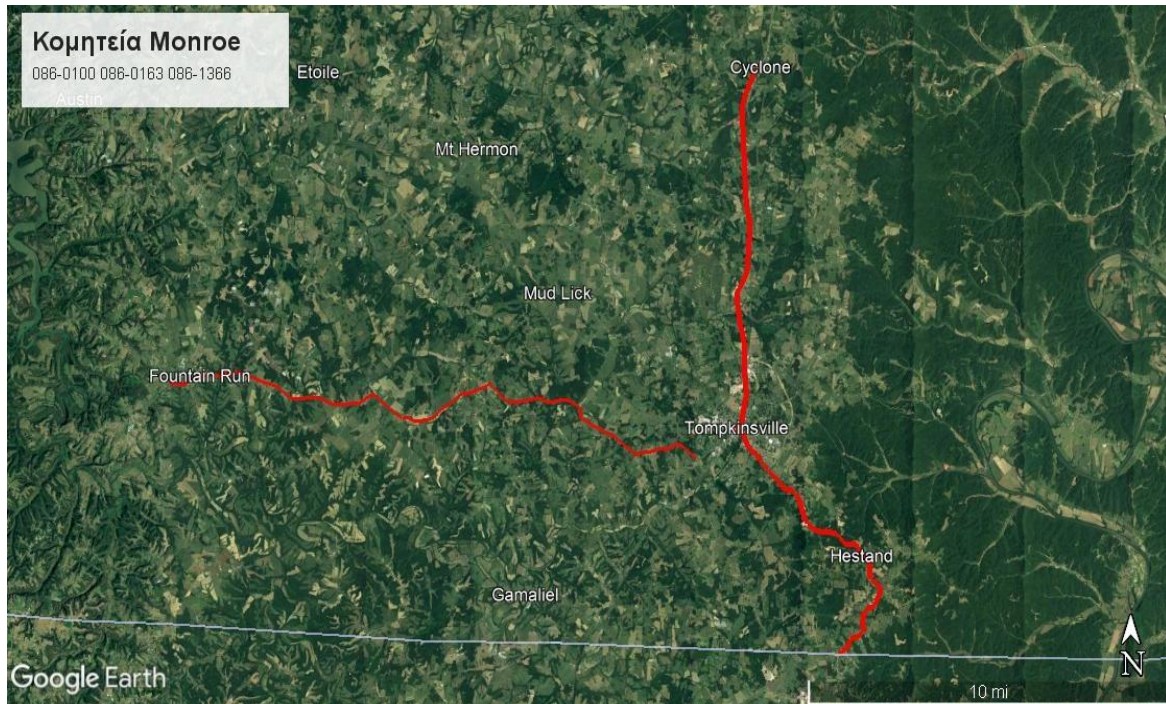
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 18 μίλια (29 + 224,457 km)

- 086 -KY- 1366

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 9.5 μίλια (15 + 144,570 km)

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Εικόνα 4.3 : Οδικοί Άξονες μελέτης Περιοχής Monroe (από GoogleEarth).

- Περιοχή **Ohio**:

- 092 -KY- 0054

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 7.5 μίλια (11 + 880,847 km)

- 092 -KY- 0069

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 13.5 μίλια (21 + 819,501 km)

- 092 -KY- 0085

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

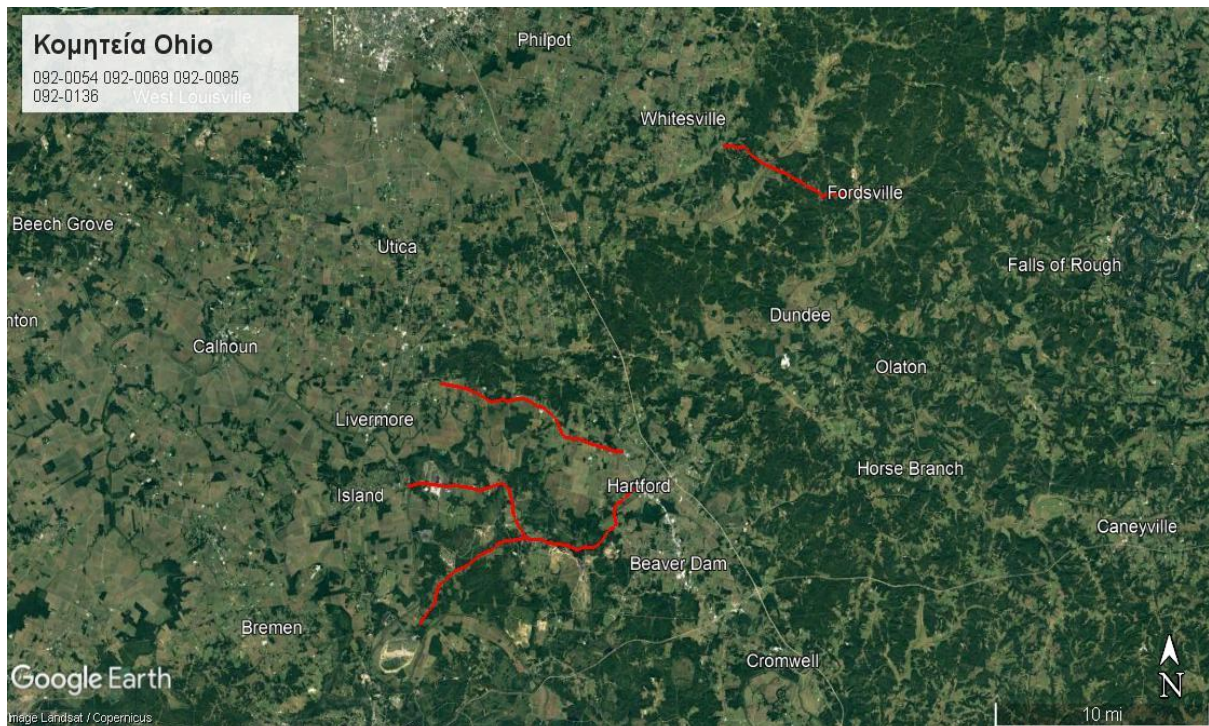
Μήκος οδικού άξονα → ≈ 7.5 μίλια (11 + 565,530 km)

- 092 -KY- 0136

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 9.5 μίλια (15 + 405,855 km)

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



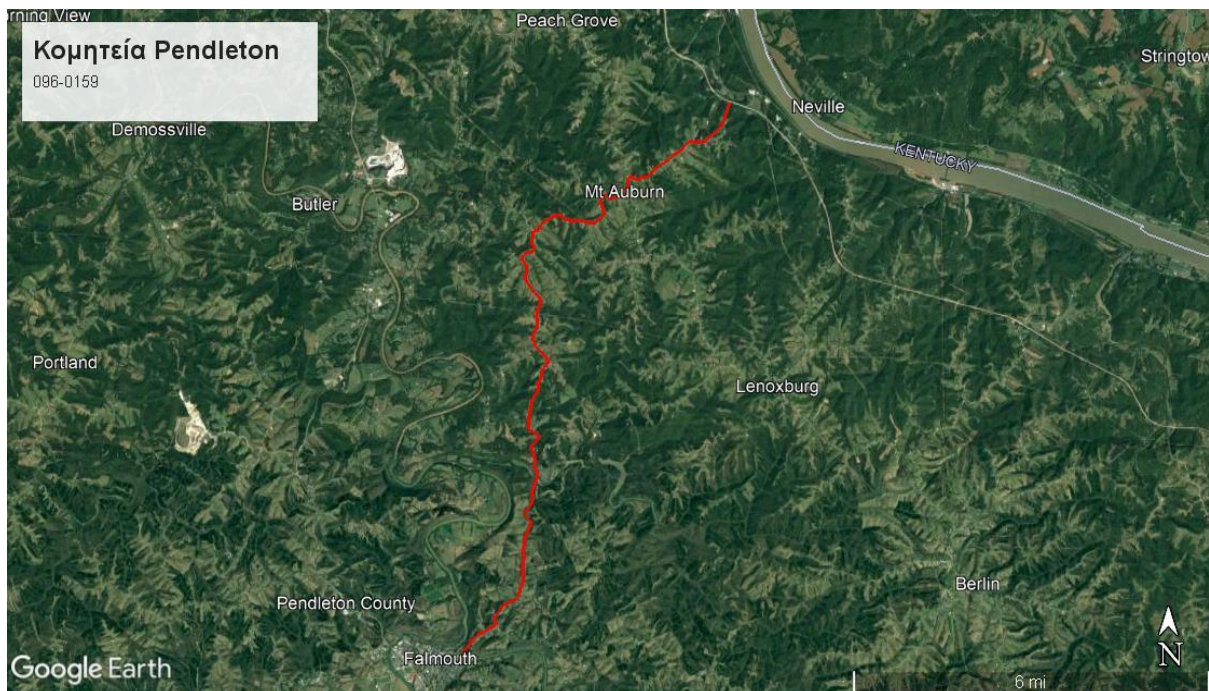
Εικόνα 4.4: Οδικοί Άξονες μελέτης Περιοχής Ohio (από GoogleEarth).

- Περιοχή **Pendleton**:

- 096 -KY- 0159

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 13 μίλια (21 + 140,954 km)



Εικόνα 4.5: Οδικός Άξονας Περιοχής Pendleton (από GoogleEarth).

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

- Περιοχή **Woodford**:

- 120 -KY- 0033

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Βορράς – Νότος

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 14 μίλια (22 + 129,109 km)

- 120 -KY- 1681

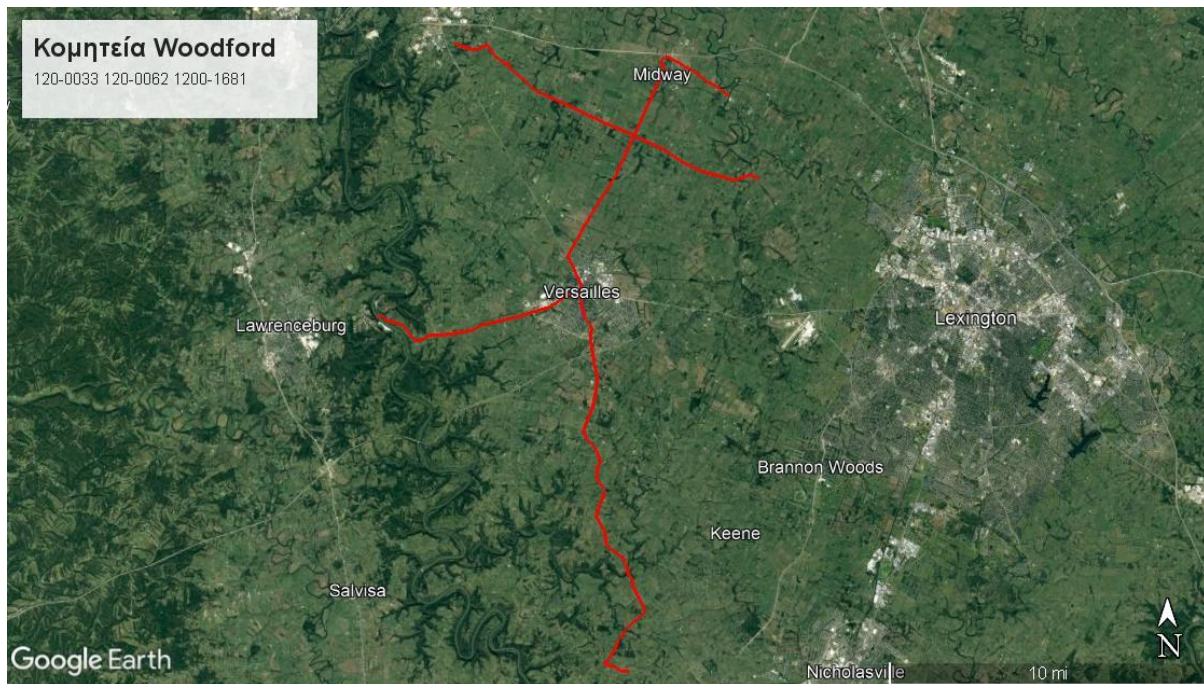
Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 11 μίλια (17 + 642,096 km)

- 120 -US- 0062

Κατεύθυνση οδικού άξονα → Ανατολή – Δύση

Μήκος οδικού άξονα → ≈ 16.4 μίλια (28 + 386,208 km)



Εικόνα 4.6: Οδικοί Άξονες μελέτης Περιοχής Woodford (από GoogleEarth).

Το συνολικό μήκος των οδικών αξόνων που ερευνήθηκε ανέρχεται περίπου στα 345.9 χιλιόμετρα, πράγμα που αντιστοιχεί σε 214 μίλια κατά προσέγγιση στο αμερικάνικο μετρικό σύστημα και το πλάτος του κάθε λωρίδας κυκλοφορίας να ανέρχεται στα 3,5m. Τα χαρακτηριστικά των οδών για κάθε περιοχή έχουν ενημερωθεί σε διαφορετικές χρονολογίες όπως φαίνονται παρακάτω:

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

- Madison → 2017
- Marion → 2017
- Monroe → 2018
- Ohio → 2017
- Pendleton → 2017
- Woodford → 2017

Ονοματολογία οδικών αξόνων

Η πολιτεία του Κεντάκυ, στους οδικούς της άξονες, χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό κωδικό σύστημα από αυτό που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα. Ως παράδειγμα, θα αναλυθεί η κωδική ονομασία του οδικού άξονα της περιοχής Woodford 120-US-0062 .

Στις ονομασίες του κάθε οδικού άξονα (RouteID), ο πρώτος τριψήφιος αριθμός αντιστοιχεί στο κωδικό της κάθε περιοχής. Η πολιτεία του Κεντάκυ όπως και πολλές πολιτείες στην Αμερική αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, έχει χωρίσει τον γεωγραφικό και πολιτικό χώρο της σε κομητείες, οι οποίες αποτελούνται από μικρές έως και πολύ μεγάλες εκτάσεις και μπορεί να περιλαμβάνουν περισσότερες από μία πόλεις μέσα σε αυτές. Το Woodford, λοιπόν, είναι μία κομητεία της πολιτεία του Κεντάκυ με κωδική ονομασία ‘120’ **120-US-0062**.

Όσον αφορά το δεύτερο συνθετικό της κωδικής ονομασίας, πρόκειται για ένα πρόθεμα το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε διαδρομή. Τα προθέματα που χρησιμοποιήθηκαν στους οδικούς άξονες που αναφέρονται στην παρούσα εργασία, είναι οι παρακάτω:

- KY → Αυτοκινητόδρομοι/οδικοί άξονες που υπάγονται και συντηρούνται από την πολιτεία του Κεντάκυ.
- US → Αυτοκινητόδρομοι/οδικοί άξονες που υπάγονται και συντηρούνται από της Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.

Συγκεκριμένα, στην εργασία αυτή, ο οδικός άξονας υπάγεται και συντηρείται από τις ΗΠΑ και είναι ο **120-US-0062**.

Τέλος, το τρίτο και τελευταίο συνθετικό αναφέρεται στον κωδικό του οδικού άξονα. Όπως συμβαίνει σε κάθε κομητεία έτσι και για κάθε δρόμο υπάρχει ένας μοναδικός κωδικός αριθμός που τον προσδιορίζει. Στην περίπτωση αυτή, είναι ο αριθμός ‘0062’ **120-US-0062**.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Κυκλοφοριακός Φόρτος Έρευνας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για τους οδικούς άξονες που εξετάστηκαν στην πολιτεία του Κεντάκυ, όσων αφορά τα κυκλοφοριακά μεγέθη και λίγο πιο συγκεκριμένα όσων αφορά τον φόρτο κυκλοφορίας, έγινε η χρήση της επίσημης ιστοσελίδας της διεύθυνσης μεταφορών του Κεντάκυ (<https://transportation.ky.gov/Pages/Home.aspx>).

Πιο συγκεκριμένα στην ιστοσελίδα (https://datamart.kytc.ky.gov/EDSB_SOLUTIONS/CTS/), πατώντας στην αναζήτηση την κομητεία που χρειάζεται να διερευνηθεί κάθε φορά καθώς και τον συγκεκριμένο RouteID για να διερευνηθεί ο κυκλοφοριακός φόρτος (π.χ. KY-0062). Ο φόρτος στην συγκεκριμένη εφαρμογή δίνεται σε οχήματα και δίνεται η Ετήσια Μέση Ημερήσια Κυκλοφορία (ΕΜΗΚ) για κάθε κομμάτι του κάθε οδικού άξονα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.7. Παρακάτω φαίνονται και οι κυκλοφοριακοί φόρτοι που συλλέχθηκαν από κάθε οδικό άξονα ανά περιοχή που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή της προτεινόμενης μεθοδολογίας. Να επισημανθεί ότι τα τμήματα που ο κυκλοφοριακός φόρτος ήταν πολύ μεγάλος, δεν λήφθηκαν υπόψη και έχουν αφαιρεθεί, διότι εμπίπτουν σε οδικούς άξονες μεγαλύτερους από μία λωρίδα ανά κατεύθυνση.

Please Select a Search Extent

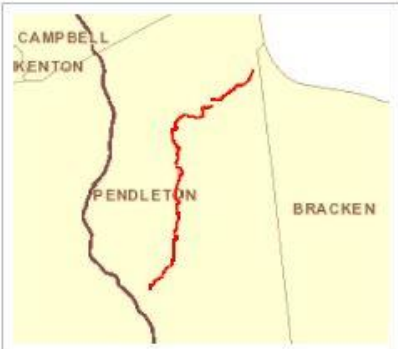
Statewide
 District
 County
 Station ID

Please choose the county: Pendleton ▾

All Stations on All Routes
 Specific Route

KY-0159 ▾

Check to include ramps



Route Includes KY-0159

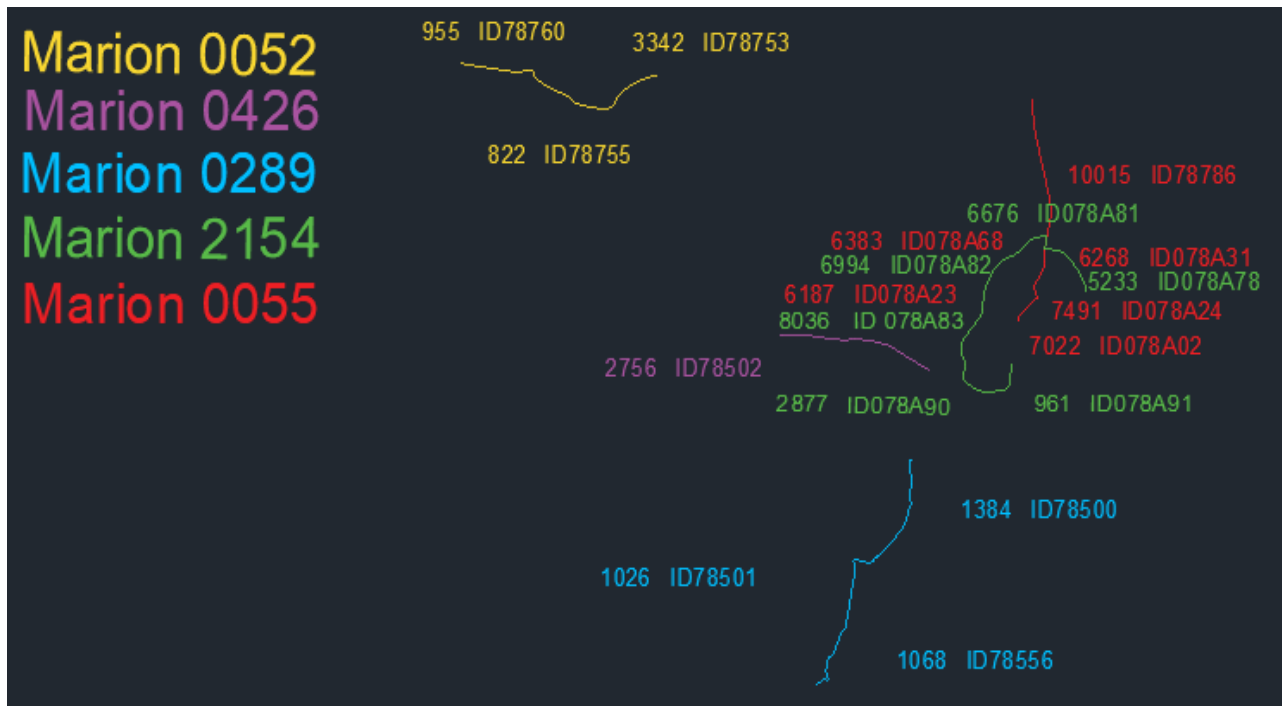
Details	Sta ID	Route	BEGIN_MP	END_MP	County	AADT	Year	Map
Details	096018	096-KY-0159-000	3.8690	8.3510	Pendleton	399	2021	MapIt
Details	096016	096-KY-0159-000	8.3510	10.54	Pendleton	561	2022	MapIt
Details	096024	096-KY-0159-000	1.4850	3.8690	Pendleton	675	2020	MapIt
Details	096015	096-KY-0159-000	10.54	12.9280	Pendleton	960	2021	MapIt
Details	096007	096-KY-0159-000	0	1.4850	Pendleton	1489	2022	MapIt

Εικόνα 4.7 : Παράδειγμα εξαγωγής φόρτου μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα της διεύθυνσης μεταφορών της πολιτείας του Κεντάκυ για τον οδικό άξονα Pendleton 096-KY-0159.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

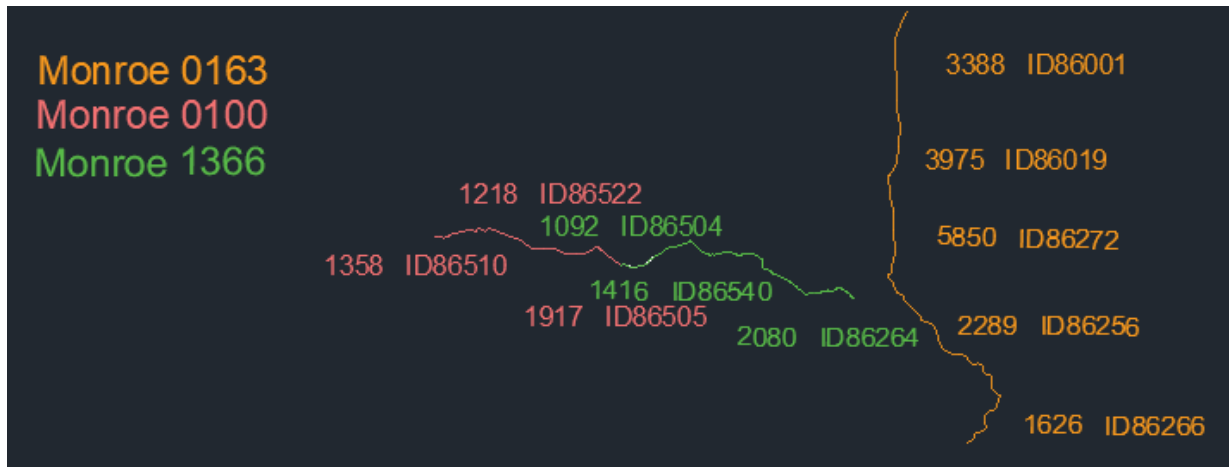


Εικόνα 4.8 : Φόρτοι Κυκλοφορίας για Οδικούς Άξονες Περιοχής Madison (από AutoCad) .

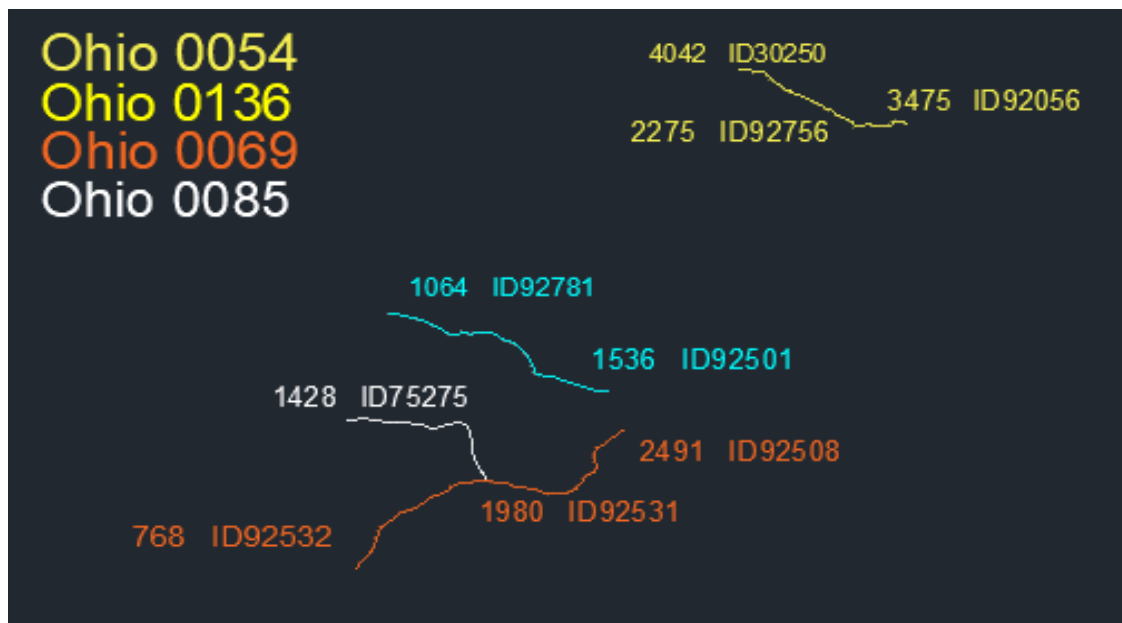


Εικόνα 4.9 : Φόρτοι Κυκλοφορίας για οδικούς Άξονες Περιοχής Marion (από AutoCad).

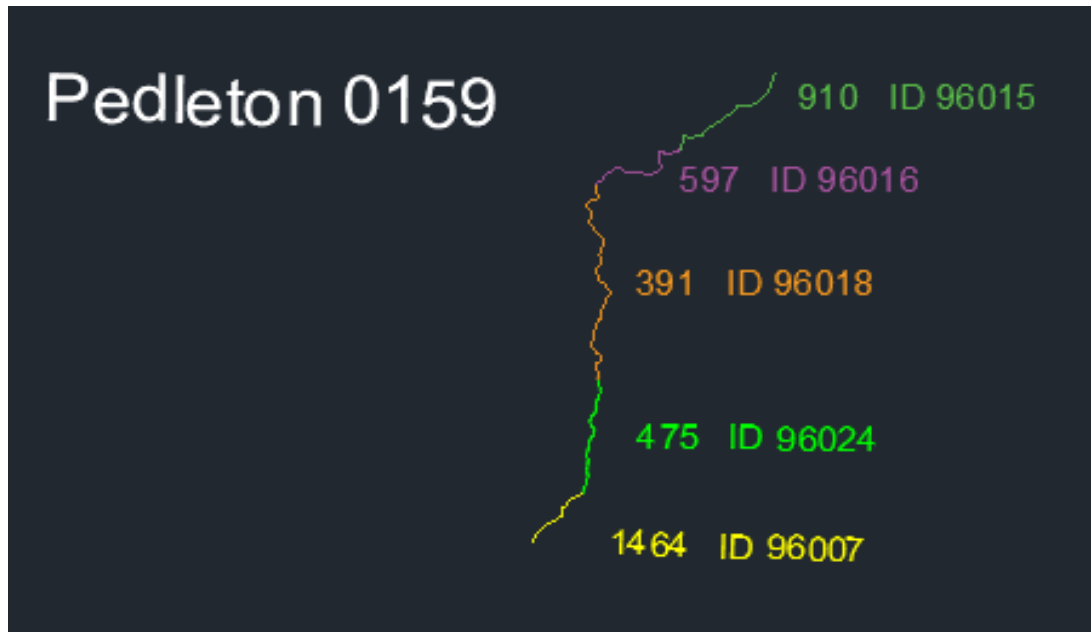
Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



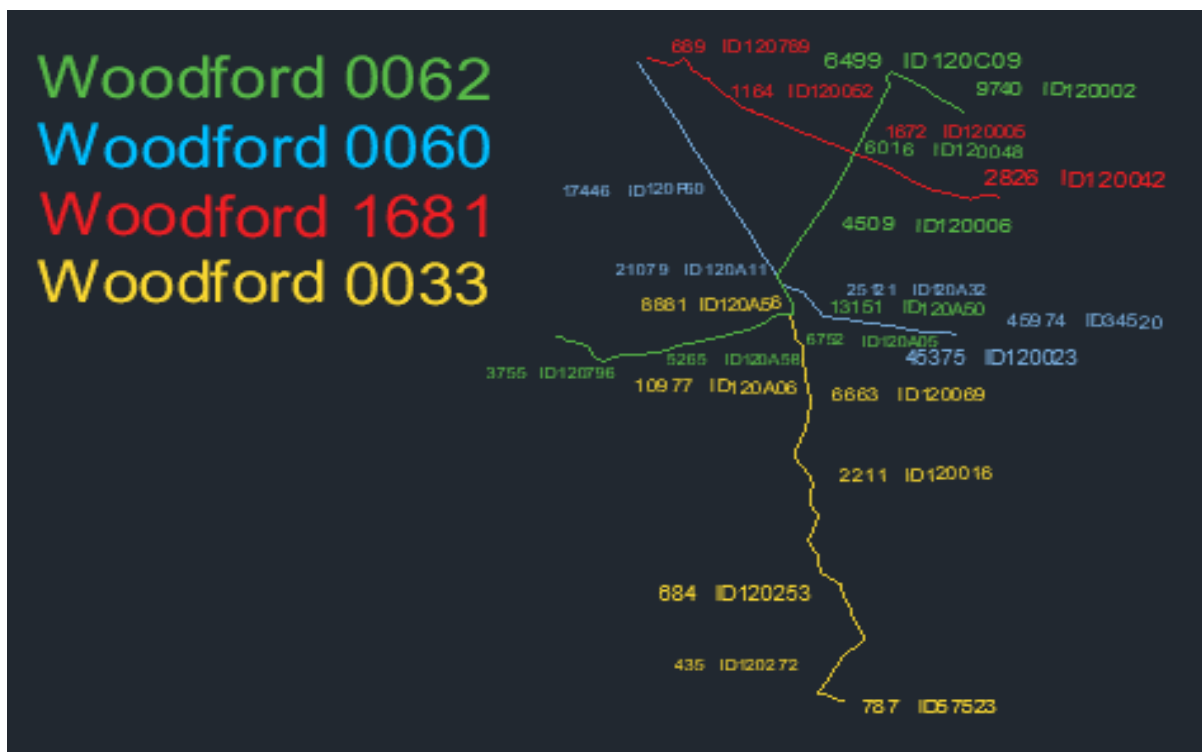
Εικόνα 4.10: Φόρτοι κυκλοφορίας για Οδικούς Άξονες Περιοχής Monroe (από AutoCad).



Εικόνα 4.11 : Φόρτοι Κυκλοφορίας για Οδικούς Άξονες Περιοχής Ohio (από AutoCad).



Εικόνα 4.12 : Φόρτοι Κυκλοφορίας Οδικού Άξονα στην Περιοχή Pendleton (από AutoCad).



Εικόνα 4.13 : Φόρτοι Κυκλοφορίας για Οδικούς Άξονες Περιοχής Woodford (από AutoCad).

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

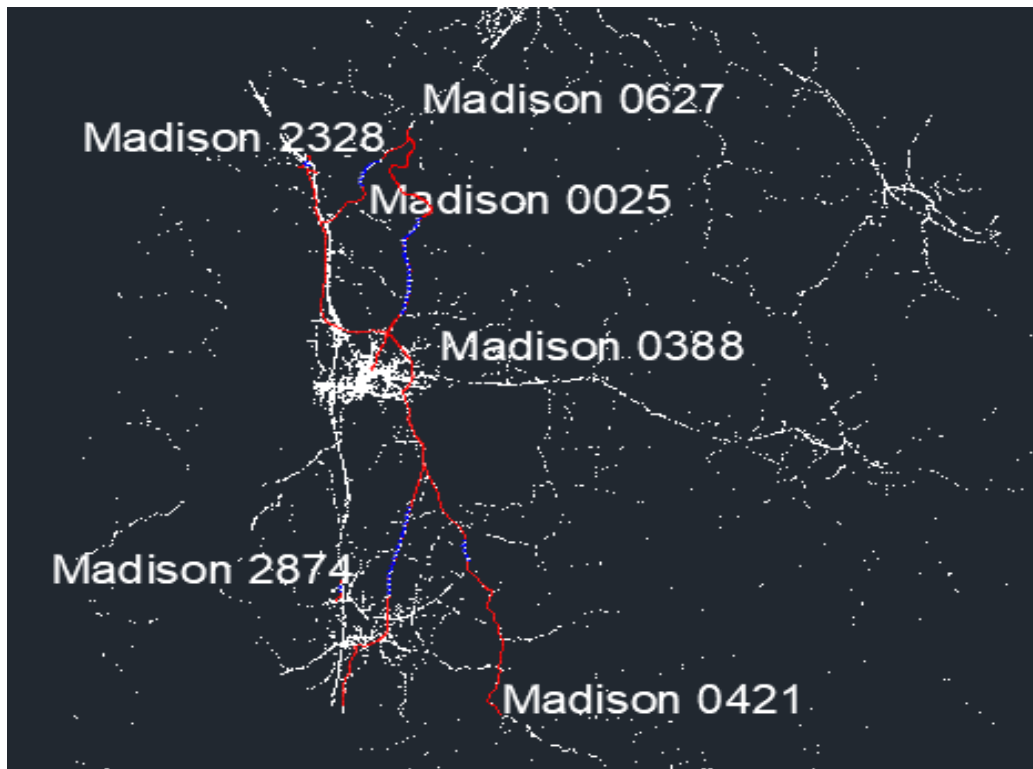
Δεδομένα Ατυχημάτων

Τα δεδομένα των ατυχημάτων δόθηκαν από το πανεπιστήμιο του Κεντάκυ και περιλαμβάνουν πληθώρα δεδομένων όπως, ποιος εμπλέκεται στο ατύχημα, ποια ήταν η κατάσταση του οδηγού, κάτω από ποιες καιρικές συνθήκες συνέβη, ποιες ήταν οι συνθήκες φωτισμού, το ατύχημα συνέβη μέρα; νύχτα; , ποιος ήταν ο λόγος της μετακίνησης κ.α. και η καταγραφή των ατυχημάτων δόθηκε μέσω συντεταγμένων (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και υψόμετρο). Τα στοιχεία των ατυχημάτων για όλα τα οδικά τμήματα που μελετήθηκαν περιλαμβάνουν όλα τα είδη ατυχημάτων που συνέβησαν, από το έτος 2012 έως το έτος 2016.

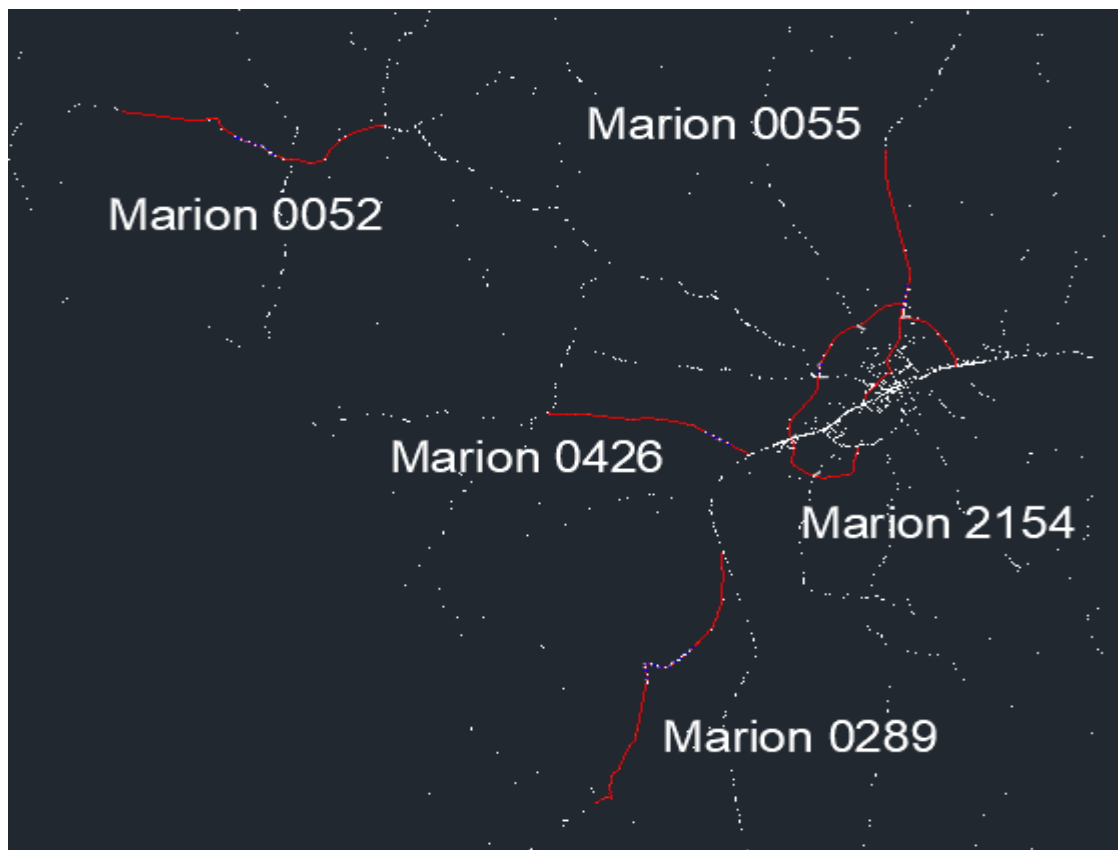
Στην συνέχεια για να γίνει η αποδελτίωση των ατυχημάτων και να βρεθεί αρχικά σε ποιο οδικό άξονα ανήκει το κάθε ατύχημα και έπειτα σε ποια χιλιομετρική θέση βρίσκεται, απομονώθηκαν τα ατυχήματα που αφορούσαν κάθε οδικό άξονα με τη βοήθεια του FM19. Έπειτα μέσω του Excel στο FM19 υπήρχε η δυνατότητα μέσω συντεταγμένων να βγει η θέση κάθε ατυχήματος και να αναδειχθεί εάν είναι μέσα σε καμπύλη ή σε ευθυγραμμία και με αυτόν τον τρόπο έγινε συγκέντρωση των ατυχημάτων που βρίσκονται σε μεμονωμένες καμπύλες προκειμένου να γίνει η καταγραφή τους και έγινε η αντιστοίχιση των συντεταγμένων του κάθε οδικού ατυχήματος στη Χιλιομετρική Θέση του εκάστοτε οδικού άξονα και αντίστοιχα στην κάθε καμπύλη όπως φαίνεται στην εικόνα 4.21. Τα ατυχήματα που εντοπίστηκαν στους οδικούς άξονες που έγινε η ανάλυση εμφανίζονται παρακάτω.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ID	MFN	CountyCode	LatitudeDecimalNumber	LongitudeDecimalNumber	RT_Unique	RT_Source	ofUnits	Unit Type Code	CollisionTime	WeatherCode	LightConditionCode
2	9980	71502502	096	38,801781	-84,25248	096-KY-0159	Report	1	14	2147	3	6
3	29127	71256706	096	38,680248	-84,321167	096-KY-0159	Report	1	22	1028	2	9
4	32245	71259165	096	38,69112	-84,305763	096-KY-0159	Report	1	8	2245	9	6
5	34872	71261397	096	38,794182	-84,264198	096-KY-0159	Report	1	14	1140	3	2
6	86293	71296969	096	38,801868	-84,252274	096-KY-0159	Report	1	8	1032	6	2
7	91651	71303924	096	38,70203	-84,304298	096-KY-0159	Report	1	8	748	3	2
8	118206	71322222	096	38,69128	-84,306419	096-KY-0159	Report	1	14	1913	6	2
9	153937	71346770	096	38,68285	-84,31765	096-KY-0159	Report	1	14	1055	3	2

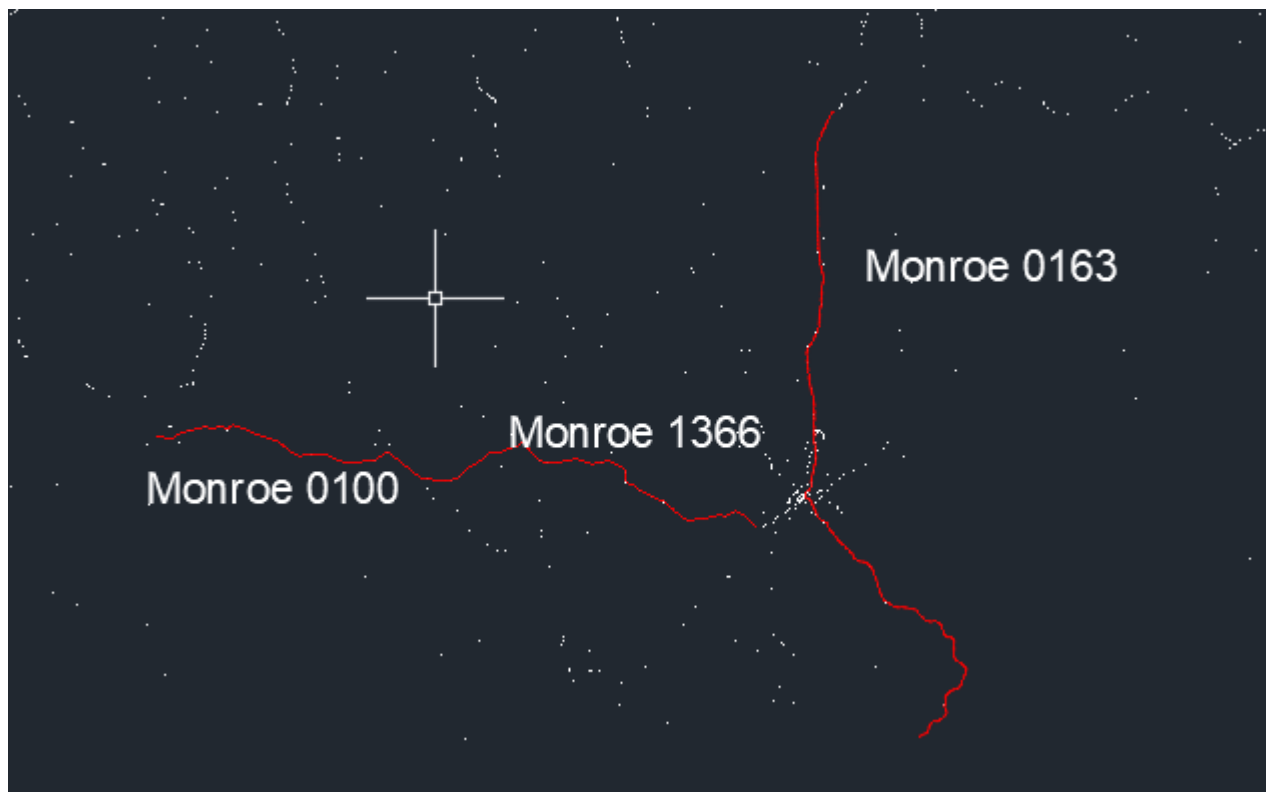
Εικόνα 4.14 : Απόσπασμα από Excel με δεδομένα ατυχημάτων περιοχής Pendleton 096-KY-0159.



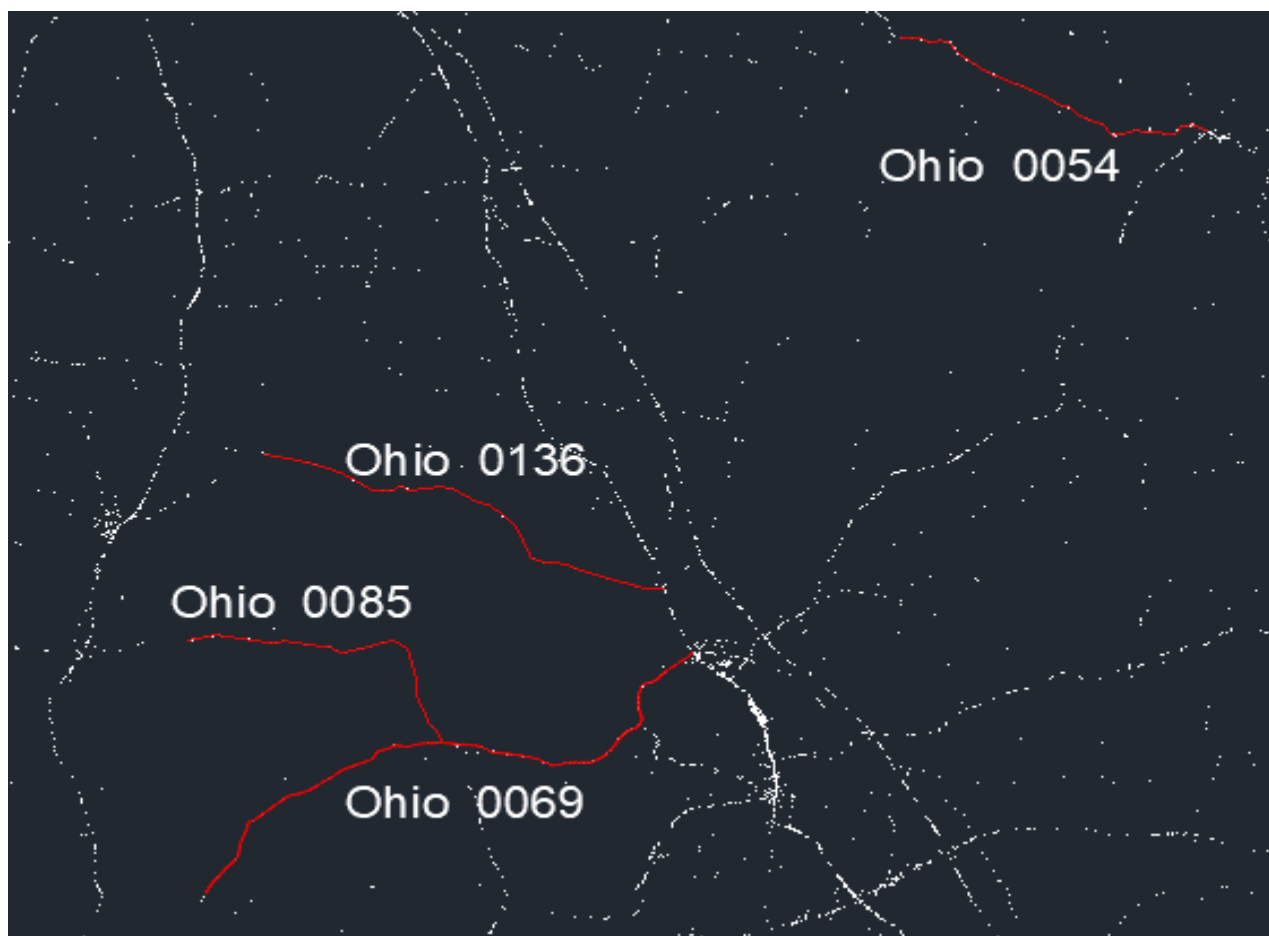
Εικόνα 4.15 : Ατυχήματα Περιοχής Madison με Οδικούς Άξονες Έρευνας (από AutoCad).



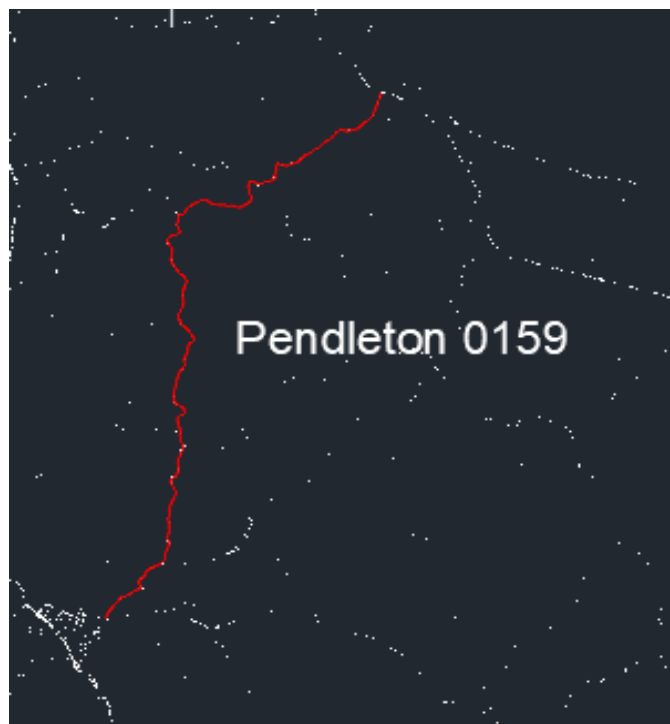
Εικόνα 4.16 : Ατυχήματα Περιοχής Marion με Οδικούς Άξονες Έρευνας (από AutoCad).



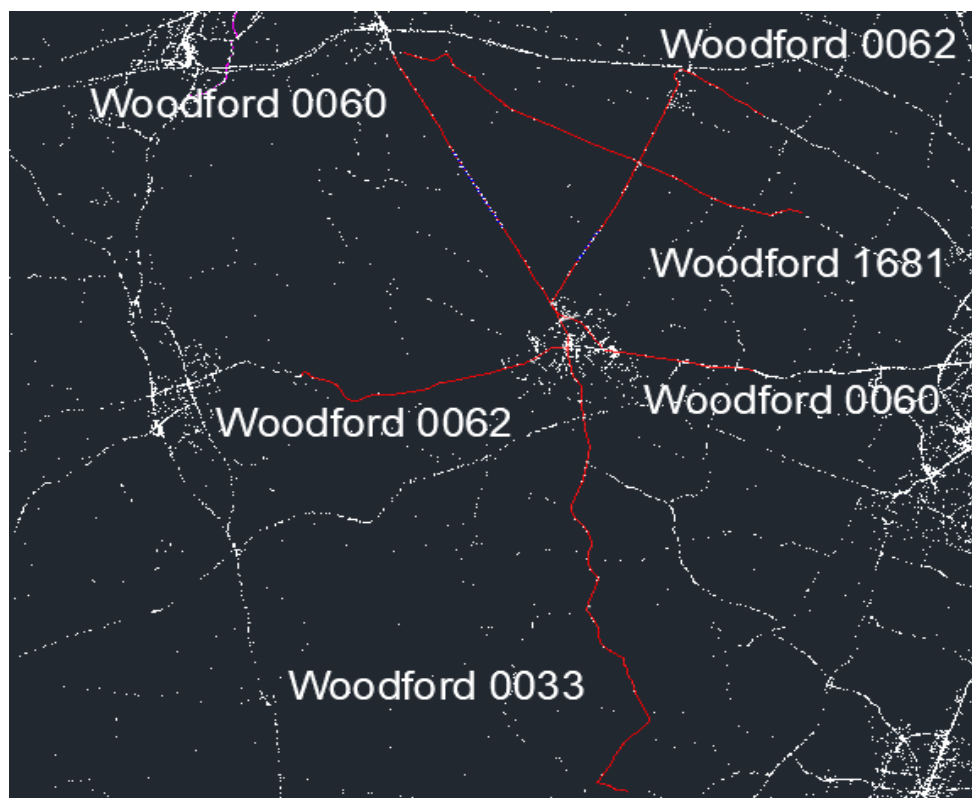
Εικόνα 4.17 : Ατυχήματα Περιοχής Monroe με οδικούς άξονες Έρευνας (από AutoCad).



Εικόνα 4.18 : Ατυχήματα Περιοχής Ohio με Οδικούς Άξονες Έρευνας (από AutoCad).



Εικόνα 4.19 : Ατμήματα Οδικού Άξονα Pendleton (από AutoCad).



Εικόνα 4.20 : Ατμήματα Περιοχής Woodford με Οδικούς Άξονες Έρευνας (από AutoCad).

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

XΘ	Rh	X1	Y1	LatitudeDe	LongitudeD	WorkingRID	ofUnits	Unit_Type	CollisionT	WeatherCod	LightCondi	NumberInju	NumberKill	MannerofCo
74,531	0	500860,607	145447,022	38,810341	-84,240089	096-KY-0159 -000	1	8	2007	9	6	0	0	9
293,377	0	500790,969	145239,538	38,808472	-84,240891	096-KY-0159 -000	1	14	2230	2	6	0	0	9
668,82	301	500653,241	144890,514	38,805328	-84,242477	096-KY-0159 -000	2	23	539	4	6	0	0	7
1456,802	222	500016,982	144476,755	38,801601	-84,249802	096-KY-0159 -000	1	12	1620	2	2	0	0	9
1678,848	61	499803,639	144508,949	38,801891	-84,252258	096-KY-0159 -000	1	14	1930	9	6	0	0	9
1680,834	61	499802,249	144506,396	38,801868	-84,252274	096-KY-0159 -000	1	8	1032	6	2	1	0	9
1701,993	61	499784,355	144496,739	38,801781	-84,252480	096-KY-0159 -000	1	14	2147	3	6	0	0	9
1715,273	61	499773,149	144489,968	38,801720	-84,252609	096-KY-0159 -000	2	14	1812	3	2	1	0	1
3052,726	0	498766,329	143653,273	38,794182	-84,264198	096-KY-0159 -000	1	14	1140	3	2	0	0	9
3338,687	111	498523,665	143537,642	38,793140	-84,266991	096-KY-0159 -000	2	14	1810	2	6	0	0	5
3595,588	0	498289,093	143509,825	38,792889	-84,269691	096-KY-0159 -000	1	14	1420	3	2	0	0	9
3704,52	56	498185,631	143543,261	38,793190	-84,270882	096-KY-0159 -000	1	3	1746	6	2	0	0	9
4129,554	0	498058,963	143176,962	38,789890	-84,272339	096-KY-0010 -000	1	10	1138	2	2	1	0	9
4550,904	1099	497776,552	142998,311	38,788280	-84,275589	096-KY-0159 -000	1	14	1110	3	6	0	0	9
4684,925	54	497653,250	142943,730	38,787788	-84,277008	096-KY-0159 -000	1	14	530	3	1	0	0	9
4693,867	54	497643,346	142946,286	38,787811	-84,277122	096-KY-0159 -000	2	21	1640	3	2	0	0	7
5557,72	0	497429,723	142474,677	38,783562	-84,279579	096-KY-0159 -000	1	14	2003	3	6	0	0	9
7714,914	65	495519,028	142112,182	38,780289	-84,301567	096-KY-0177 -000	1	14	1720	2	2	0	0	9
7994,763	58	495497,657	141811,473	38,777580	-84,301811	096-KY-0159 -000	1	8	508	3	6	0	0	9
8679,887	86	495240,170	141347,497	38,773399	-84,304771	096-KY-0159 -000	1	4	336	2	6	0	0	9
8719,67	86	495251,358	141309,858	38,773060	-84,304642	096-KY-0159 -000	1	14	1300	3	2	0	0	9
9276,218	168	495349,169	140795,724	38,768429	-84,303513	096-KY-0159 -000	1	14	102	3	6	0	0	9
9424,003	428	495414,797	140668,249	38,767281	-84,302757	096-KY-0159 -000	1	8	2255	3	6	0	0	9
10095,291	301	495730,761	140123,028	38,762371	-84,299118	096-KY-0159 -000	1	8	1010	3	1	0	0	9
10421,628	173	495635,074	139813,146	38,759579	-84,300217	096-KY-0159 -000	1	14	1700	2	2	1	0	9

Εικόνα 4.21 : Απόσπασμα τελικού πίνακα με στοιχεία ατυχημάτων μετά την αποδελτίωση και την ταξινόμηση τους σε κάθε καμπύλη. (από Excel).

Δεδομένα Οδικών Αξόνων

Τα δεδομένα για να ξεκινήσει η έρευνα, ανακτήθηκαν- δόθηκαν σε μορφή excel. Πρόκειται για ποικίλα στοιχεία από κάθε μία κομητεία της πολιτείας του Κεντάκυ, τα οποία περιείχαν πληθώρα δεδομένων για κάθε οδικό άξονα όπως φαίνεται παρακάτω. Τα υπόλοιπα στοιχεία της γεωμετρίας που κρίθηκαν απαραίτητα για την παρούσα έρευνα και δεν δίνονταν στα παρακάτω στοιχεία που πάρθηκαν, όπως το πλάτος της λωρίδας λήφθηκε με τη βοήθεια ορθοφωτοχαρτών και προγραμμάτων γραφικής απεικόνισης της Γης, όπως το Google Earth.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	HPMS DIREC	RT_NE_UNIQ	LANE_NUM	COLL_DATE	HPMS_COUNT	SESSION_NA	Start_ODO	Stop_ODO	Latitude_S	Longitude	Altitude_S
2	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.425	1.426	451523.5419	73942.9681	698.72
3	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.426	1.427	451525.1504	73943.024	698.68
4	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.427	1.428	451526.7614	73943.0765	698.68
5	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.428	1.429	451528.3707	73943.1245	698.71
6	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.429	1.43	451529.9773	73943.167	698.75
7	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.43	1.431	451531.583	73943.2007	698.78
8	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.431	1.432	451533.1842	73943.2255	698.8
9	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.432	1.433	451534.7871	73943.2414	698.81
10	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.433	1.434	451536.3918	73943.2462	698.81
11	E	120-KY-1681	1	8/8/2017	120	2017_V2_120-KY-1681E	1.434	1.435	451537.9989	73943.241	698.8

Εικόνα 4.22 : Απόσπασμα πίνακα δεδομένων οδικού τμήματος 120-KY-1681 (από Excel).

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Πιο συγκεκριμένα (βλ. εικόνα 4.22), στην στήλη A εμφανίζεται η κατεύθυνση του οδικού άξονα E=East, W=West, N=North, S=South. Στη στήλη B εμφανίζεται το Route ID, η κωδική ονομασία του οδικού άξονα. Η στήλη C δηλώνει τον αριθμό των λωρίδων της κάθε κατεύθυνσης. Η στήλη D είναι ενημερωτική όσον αφορά την ημερομηνία των εν λόγω μετρήσεων. Οι στήλες E και F δίνουν το κωδικό όνομα της οδού μαζί με όλα τα στοιχεία μέσω των οποίων θα μπορούσε να περιγραφεί καλύτερα αυτή. Οι στήλες G και H δίνουν τη χιλιομέτρηση (σε μίλια- miles) του οδικού άξονα καθώς και το βήμα της συγκεκριμένης μέτρησης και από εκεί και πέρα οι στήλες I και J μας δίνουν τις συντεταγμένες κατά x και κατά y αντίστοιχα. Τέλος, η στήλη K μας δίνει το υψόμετρο κάθε σημείου (σε πόδια- feet).

Όλες αυτές οι συντεταγμένες και τα στοιχεία για κάθε οδικό άξονα, μας βοήθησαν προκειμένου να κάνουμε την προσομοίωση της γεωμετρίας του οδικού άξονα (τοπογραφική αποτύπωση) και να μπορέσουμε να τρέξουμε το λογισμικό FM19.

4.2 Επεξεργασία στοιχείων και Προσομοίωση γεωμετρίας οδικών αξόνων με χρήση του προγράμματος FM19

4.2.1 Επεξεργασία στοιχείων για εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα

Σε αυτή την μελέτη θα διερευνηθεί ο οδικός άξονας της κομητείας Pendleton 096-KY-0159 για να αναλυθεί πως λειτουργεί το πρόγραμμα FM19 και πως θα γίνει η εξαγωγή της τελικής αξιολόγησης (βαθμολογία) του οδικού άξονα και εν συνεχεία οι χάρτες επικινδυνότητας.

Αφού, λοιπόν, απομονωθούν από το Συνολικό excel με όλα τα δεδομένα οι συντεταγμένες για την μία κατεύθυνση, όπως φαίνεται παρακάτω, με τον ίδιο τρόπο γίνεται και για την άλλη. Εάν η μία κατεύθυνση ήταν Ανατολικά (E) με κωδική ονομασία π.χ. 120-KY-1681E, η άλλη κατεύθυνση θα είναι Δυτικά (W) με κωδική ονομασία 120-KY-1681W κ.ο.κ. Κατασκευάζονται λοιπόν, δυο διαφορετικά excel ένα για κάθε κατεύθυνση με όνομα fm.ale (για το "Πήγαινε") και fm.ret (για το "Ελα"), επίσης δεν ξεχνάμε να κάνουμε την μετατροπή των υψομέτρων σε όλα τα σημεία διότι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τα υψόμετρα μας έχουν δοθεί σε πόδια (Ft). Επίσης τα νέα excel που δημιουργούνται πρέπει να έχουν ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων στις συντεταγμένες για να διαβαστούν από το πρόγραμμα και να είναι αρχεία της μορφής .csv. Τα αρχεία CSV ουσιαστικά διαχωρίζουν τις τιμές με κόμματα με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η μεταφορά των δεδομένων με μορφή συντεταγμένων (x, y, z) για το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω. Η κάθε κατεύθυνση λοιπόν προσδιορίζεται με τις συντεταγμένες να δίνονται για το κέντρο κάθε

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

λωρίδας, και έτσι να έχουμε μία προσομοίωση της οδού όπου οι δύο λωρίδες απέχουν μεταξύ τους περίπου 3,5m

	A	B	C
1	X	Y	Z
2	493624.801	130684.46	134.679
3	493625.461	130685.913	134.673
4	493625.992	130687.461	134.688
5	493626.421	130689.086	134.716
6	493626.799	130690.761	134.752
7	493627.186	130692.485	134.807
8	493627.542	130693.963	134.871
9	493627.928	130695.481	134.962
10	493628.336	130697.033	135.069
11	493628.762	130698.612	135.185
12	493629.205	130700.214	135.301
13	493629.624	130701.688	135.407
14	493630.06	130703.188	135.514
15	493630.515	130704.719	135.618
16	493630.984	130706.278	135.73
17	493631.468	130707.866	135.855
18	493631.926	130709.358	135.977
19	493632.39	130710.865	136.102
20	493632.861	130712.391	136.23
21	493633.34	130713.935	136.358
22	493633.826	130715.495	136.492
23	493634.292	130716.993	136.621
24	493634.766	130718.506	136.752
25	493635.243	130720.028	136.88

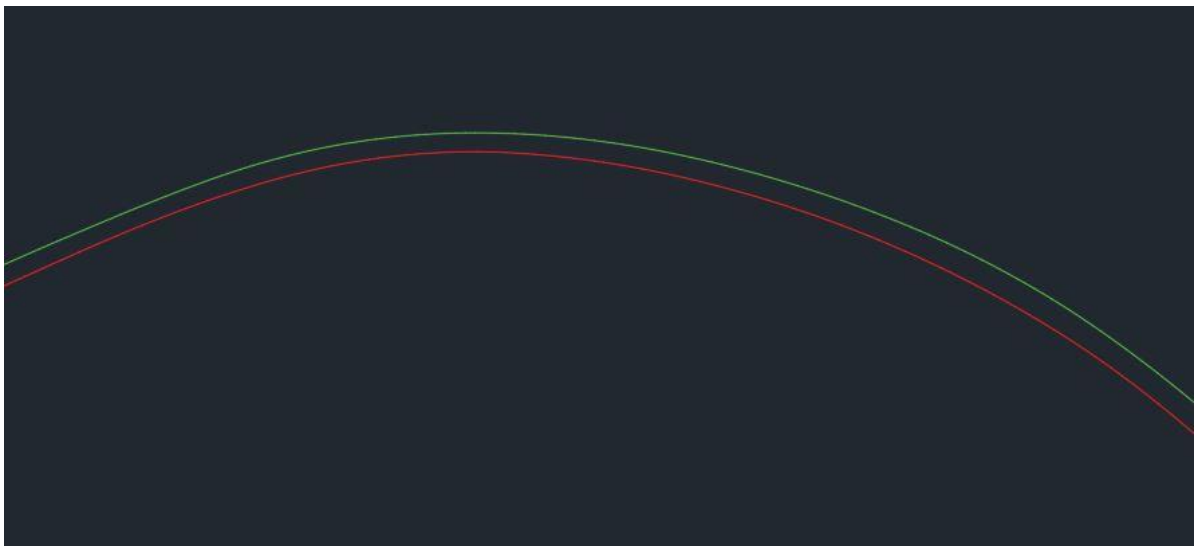
Εικόνα 4.23 : Απόσπασμα Συντεταγμένων ALE από Οδικό Άξονα Pendleton 096-KY-0159.

	A	B	C
1	X	Y	Z
2	493615.963	130681.403	135.066
3	493617.407	130682.242	135.002
4	493618.467	130683.119	134.944
5	493619.378	130684.148	134.856
6	493619.978	130685.152	134.758
7	493620.31	130685.945	134.664
8	493620.621	130686.733	134.551
9	493621.368	130688.741	134.426
10	493622.375	130691.509	134.374
11	493622.854	130692.851	134.389
12	493623.384	130694.333	134.414
13	493623.951	130695.938	134.459
14	493624.553	130697.651	134.53
15	493625.128	130699.295	134.612
16	493625.633	130700.74	134.694
17	493626.158	130702.24	134.786
18	493626.704	130703.801	134.871
19	493627.269	130705.419	134.965
20	493627.819	130706.991	135.072
21	493628.331	130708.464	135.182
22	493628.849	130709.969	135.304
23	493629.38	130711.507	135.432
24	493629.918	130713.076	135.566
25	493630.439	130714.621	135.697

Εικόνα 4.24 : Απόσπασμα Συντεταγμένων RETOUR από Οδικό Άξονα Pendleton 096-KY-0159.



Εικόνα 4.25 : Δημιουργία αρχικής Γεωμετρίας Pendleton 096-KY-0159 (Τοπογραφική Αποτύπωση από Autocad).



Εικόνα 4.26 : Αποτύπωση του Κεντρικού άξονα των δύο κατευθύνσεων του Οδικού Άξονα Pendleton 096-KY-0159 (από Autocad).

4.2.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FM19

Το λογισμικό FM19, που χρησιμοποιείται κυρίως από το ΠΑ.Δ.Α. και το Ε.Μ.Π. για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αποτελεί ένα εξελιγμένο γεωμετρικό πρόγραμμα οδοποιίας εδώ και χρόνια. Εξελίσσεται συνεχώς, ενσωματώνοντας τις πιο πρόσφατες οδηγίες και γνώσεις. Αυτό το εξειδικευμένο λογισμικό διευκολύνει την ταχεία υλοποίηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για πάνω από 1.500 χιλιόμετρα οδικών δικτύων. Βελτιώνονται πολυάριθμες μαθηματικές σχέσεις, προσδιορίζοντας τα επίπεδα κινδύνου διαφόρων παραμέτρων. Διαμορφώνεται από λειτουργικό στη γλώσσα προγραμματισμού Fortran και μακροεντολές VisualBasic στο Microsoft Excel, διαμορφώνοντας το λογισμικό να είναι συμβατό με διάφορες εκδόσεις του Excel. Λειτουργεί επίσης σε επιλεγμένες εκδόσεις εναλλακτικού λογισμικού υπολογιστικών φύλλων όπως το LibreOffice ή το OpenOffice. Η λειτουργία του από τον χρήστη περιορίζεται σε φύλλα Excel, επιτρέποντας την εισαγωγή δεδομένων και την εκτέλεση των απαραίτητων εφαρμογών για τη λήψη τελικών αποτελεσμάτων. Το κύριο φύλλο Excel, που χρησιμεύει ως κεντρική λειτουργία, εμφανίζεται στο Σχήμα4.1. Το κύριο μενού του λογισμικού περιλαμβάνει εικονίδια με τρία διαφορετικά χρώματα:

- Τα κελιά με μπλε γράμματα υποδεικνύουν δεδομένα εισόδου χρήστη. Κάνοντας κλικ, ο χρήστης ανακατευθύνεται στο αντίστοιχο φύλλο Excel για εισαγωγή δεδομένων. Τα μη συμπληρωμένα δεδομένα αγνοούνται κατά την ανάλυση.

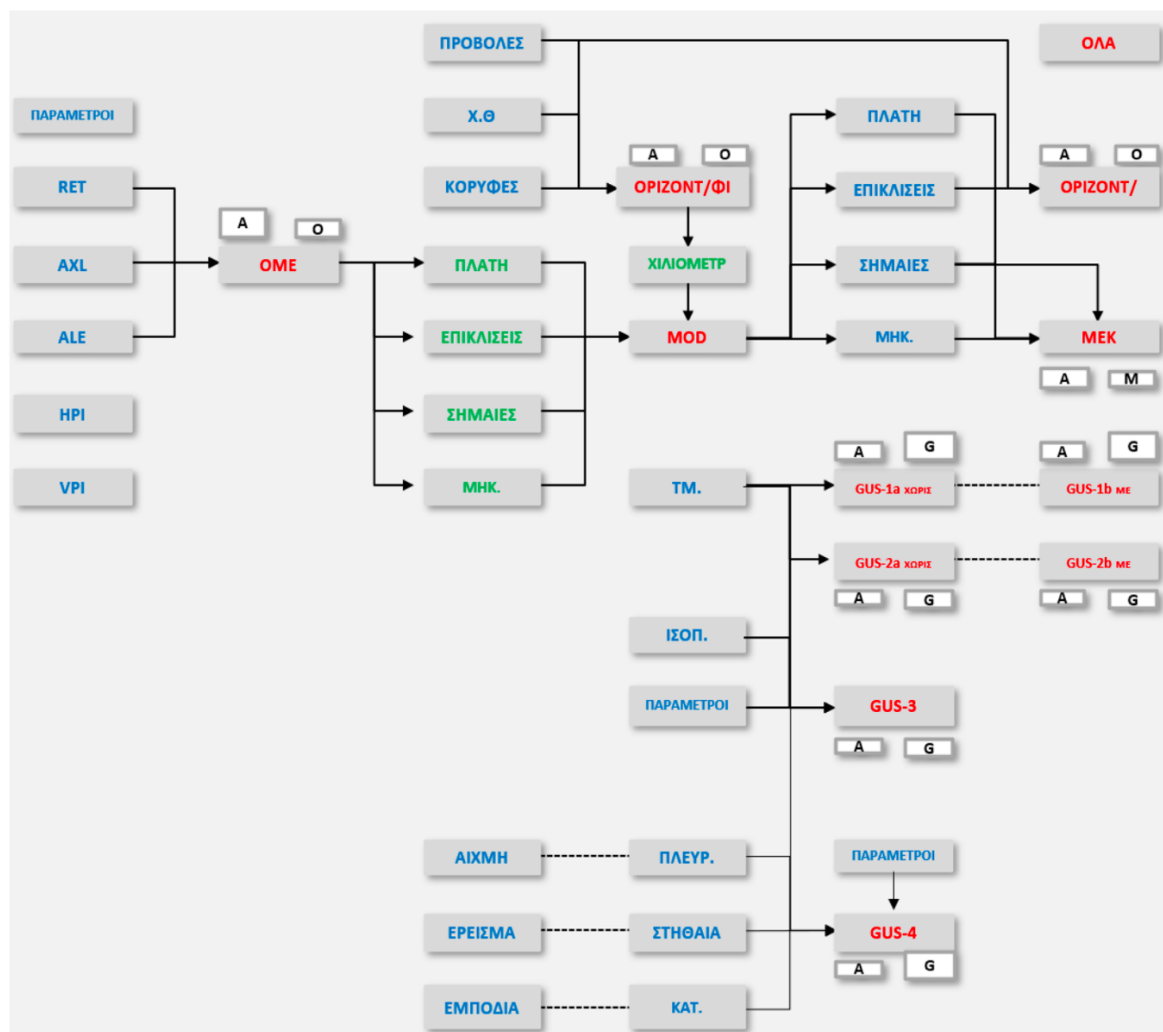
- Τα κελιά με κόκκινα γράμματα αντιπροσωπεύουν εντολές λογισμικού, χρησιμοποιώντας όλα τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί για τη δημιουργία αλγοριθμικών αποτελεσμάτων. Κάνοντας κλικ εκτελείται το αντίστοιχο πρόγραμμα λογισμικού, αποκαλύπτοντας σχετικά αποτελέσματα και σχέδια οδικού δικτύου, ανοίγοντας αυτόματα στο λογισμικό σχεδιασμού Autocad.

- Κάθε κόκκινο κελί συνοδεύεται από δύο άσπρα μικρότερα κελιά, το ένα με την ένδειξη "A" και το άλλο με τα γράμματα "O, M και G." Κάνοντας κλικ στο "O, M και G" εκτελείται το πρόγραμμα λογισμικού, παράγοντας αποτελέσματα και σχέδια χωρίς αυτόματο άνοιγμα στο πρόγραμμα σχεδιασμού. Δημιουργούνται τα απαραίτητα αρχεία για τη χειροκίνητη πρόσβαση του χρήστη.

- Κάνοντας κλικ στο κελί "A" ανοίγει το αντίστοιχο σχέδιο στο πρόγραμμα Autocad, με την προϋπόθεση ότι το πρόγραμμα λογισμικού είχε εκτελεστεί προηγουμένως και το σχέδιο είχε παραχθεί.

- Τα κελιά με πράσινα γράμματα περιέχουν αποτελέσματα από κάθε εκτέλεση προγράμματος λογισμικού. Κάνοντας κλικ ανοίγει το αρχείο αποτελεσμάτων στο Σημειωματάριο, επιτρέποντας στον χρήστη να δει και να χρησιμοποιήσει τα αποτελέσματα. Για να ανοίξετε το αρχείο αποτελεσμάτων σε διαφορετικό πρόγραμμα (π.χ. Microsoft Excel), το λογισμικό δημιουργεί κατάλληλα αρχεία μέσα στο φάκελο του αποθηκευμένου αρχείου Excel.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Σχήμα 4.1 : Περιβάλλον εφαρμογής FM19 (Καρτέλα MENU) (Αποστολέρης, 2022)



Εικόνα 4.27 : Καρτέλες Λογισμικού FM19.

4.2.3 Χρήση λογισμικού

Το λογισμικό έχει σχεδιαστεί με τη δυνατότητα αξιολόγησης είτε ενός υπάρχοντος οδικού δικτύου, χρησιμοποιώντας δεδομένα από τοπογραφική έρευνα, είτε ενός υπό μελέτη οδικού δικτύου.

- Για ένα υπάρχον οδικό δίκτυο, ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει πρόσθετες ενέργειες με το λογισμικό για να καθορίσει βασικά γεωμετρικά στοιχεία σχεδιασμού (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, επικλίσεις και διαπλατύνσεις). Στη συνέχεια, μπορούν να προχωρήσουν σε αναλύσεις εισάγοντας τα απαραίτητα δεδομένα στα κελιά του φύλλου Excel.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

- Στην περίπτωση ενός πρόσφατα μελετημένου οδικού δικτύου, ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει απευθείας αναλύσεις εισάγοντας τις απαιτούμενες λεπτομέρειες στα κελιά του φύλλου Excel.

Ο χρόνος που απαιτείται για την αξιολόγηση περίπου 100 km ενός υπάρχοντος οδικού δικτύου ποικίλλει ανάλογα με την ποσότητα και την ακρίβεια των πληροφοριών που επιλέγει ο χρήστης. Ένας έμπειρος χρήστης απαιτεί συνήθως περίπου 2 ώρες για να εξαγάγει γεωμετρικά χαρακτηριστικά (οριζοντιογραφία, μηκοτομή, επικλίσεις και διαπλατύνσεις). Επιπλέον, εκτιμάται ότι χρειάζονται 6 ώρες για την εισαγωγή στοιχείων που σχετίζονται με κόμβους επιπέδου και πλευρικά προφίλ, υπό την προϋπόθεση ότι τα απαραίτητα δεδομένα μπορούν να ληφθούν από βίντεο αυτοψίας, ορθοφωτογραφικούς χάρτες ή πληροφορίες από το Google Earth. Εάν τα απαιτούμενα δεδομένα είναι άμεσα διαθέσιμα σε μητρώα οδών, ο χρόνος εγγραφής δεδομένων μειώνεται σημαντικά και ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση των αλγορίθμων στο πρόγραμμα περιορίζεται σε λίγα λεπτά.

Όσον αφορά τον χρόνο που απαιτείται για την αξιολόγηση περίπου 100 km ενός μελετημένου οδικού δικτύου, είναι αξιοσημείωτο ότι ο χρόνος είναι αρκετά μικρότερος. Αυτό αποδίδεται στη διαθεσιμότητα των περισσότερων απαιτούμενων πληροφοριών μέσω του λογισμικού που χρησιμοποιείται σε μελέτες ή/και υποχρεωτικά φύλλα Excel.

4.2.4 Βήματα Σχεδιασμού Υφιστάμενης Γεωμετρίας Οδικού Άξονα

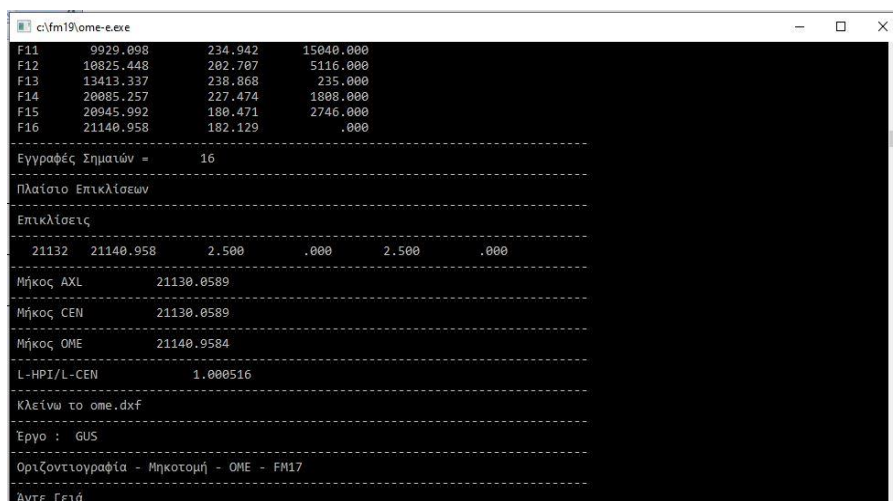
Η λειτουργία του προγράμματος FM19, βασίζεται στα βήματα που περιγράφονται και παρουσιάζονται παρακάτω. Με βάση τα στοιχεία αποτύπωσης που ελήφθησαν από την παραπάνω μεθοδολογία, τα βήματα επεξεργασίας είναι τα εξής:

1. Εισάγονται στο πρόγραμμα FM19 οι συντεταγμένες X, Y, Z της αριστερής και της δεξιάς οριογραμμής της οδού, όπως αυτές έχουν ληφθεί από την τοπογραφική αποτύπωση και περιγράφονται στο κεφάλαιο 4.2.1. Ποιο συγκεκριμένα δημιουργείται ένας φάκελος μέσα στο αρχείο του Προγράμματος FM19 το οποίο βρίσκεται πάντα μέσα στον τοπικό δίσκο C:/ και τον ονομάζεται με το όνομα του οδικού άξονα που αναλύω κάθε φορά. Σημειώνεται, ότι μπορώ να υπάρχουν πολλοί φάκελοι μέσα στο φάκελο του προγράμματος και να επιλεγθεί αντίστοιχα ποιόν οδικό Άξονα θα τρέχει το πρόγραμμα κάθε φορά. Στην συνέχεια εισάγεται μέσα στο φάκελο που έχει δημιουργηθεί, τα δύο αρχεία excel της μορφής .csv με τις συντεταγμένες των δύο κατευθύνσεων (αρχεία fm.ale, fm.ret), καθώς και το αρχείο excel του προγράμματος όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 4.2.2.
2. Δεδομένου ότι δεν έχει γίνει αποτύπωση του άξονα της οδού, τότε αυτός παράγεται ως ο γεωμετρικός μέσος των δύο οριογραμμών. Η δημιουργία του Κεντρικού άξονα της οδού

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

πραγματοποιείται με την λειτουργία της εντολής OME του λογισμικού και το κελί με το γράμμα ‘Ο’ . Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.2.2 τα κελιά με τα κόκκινα γράμματα αντιστοιχούν σε εντολές που επεξεργάζονται τα δεδομένα που τους εισάγουμε και μας βγάζουν το αντίστοιχο σχέδιο. Το πρόγραμμα διαβάζει τα excel με τις συντεταγμένες που του έχουμε βάλει και πατώντας το κουμπί ‘Ο’ της εντολής OME, κατασκευάζετε ο Κεντρικός άξονας της οδού (εικόνα 4.29) και δημιουργείται αυτόματα ένα αρχείο στον φάκελο του προγράμματος στον τοπικό δίσκο C:/ με το όνομα fm.axl που περιλαμβάνει της συντεταγμένες του Κεντρικού Άξονα και ένα αρχείο με το όνομα ome.dxf που είναι το σχέδιο(AutoCad) με την αρχική οριζοντιογραφία και μηκοτομή της οδού όπως προκύπτουν από την τοπογραφική αποτύπωση. Μόλις αρχίσει το πρόγραμμα να τρέχει την εντολή OME ,όπως και οποιαδήποτε εντολή (κελιά με κόκκινο χρώμα), εμφανίζεται στην οθόνη ένα παράθυρο γραμμής εντολών των Windows, στο οποίο εμφανίζονται δεδομένα που αφορούν στην πορεία της εκτέλεσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.28 . Η εκτέλεση της εντολής ολοκληρώνεται επιτυχώς όταν στο τέλος του παράθυρου γραμμής εντολών εμφανιστεί το μήνυμα «Άντε γεια». Σε αντίθετη περίπτωση, εμφανίζεται το μήνυμα «Λάθος – Το σχέδιο δεν ολοκληρώθηκε – Πατήστε Enter» και αναφέρεται το σφάλμα που εμποδίζει την επιτυχή ολοκλήρωση της εκτέλεσης. Σημειώνεται ότι υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής των συντεταγμένων X, Y, Z του άξονα της οδού, εφόσον αυτός έχει αποτυπωθεί.

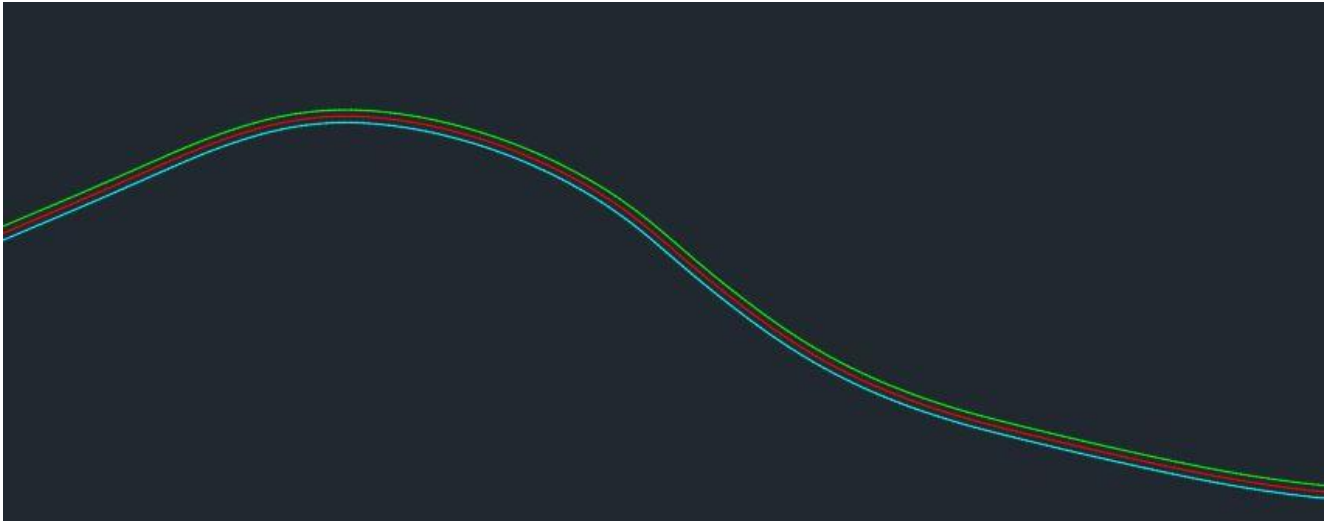
Το σχέδιο που εμφανίζεται από την εκτέλεση της εντολής OME είναι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω μία πρώτη προσέγγιση της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, η οποία δεν αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα και θέλει διόρθωση από τον χρήστη.



```
c:\fm19\ome-e.exe
F11      9929.098      234.942      15040.000
F12     10825.448      202.707      5116.000
F13     13413.337      238.868      235.000
F14     20085.257      227.474      1800.000
F15     20945.992      180.471      2746.000
F16     21140.958      182.129      .000

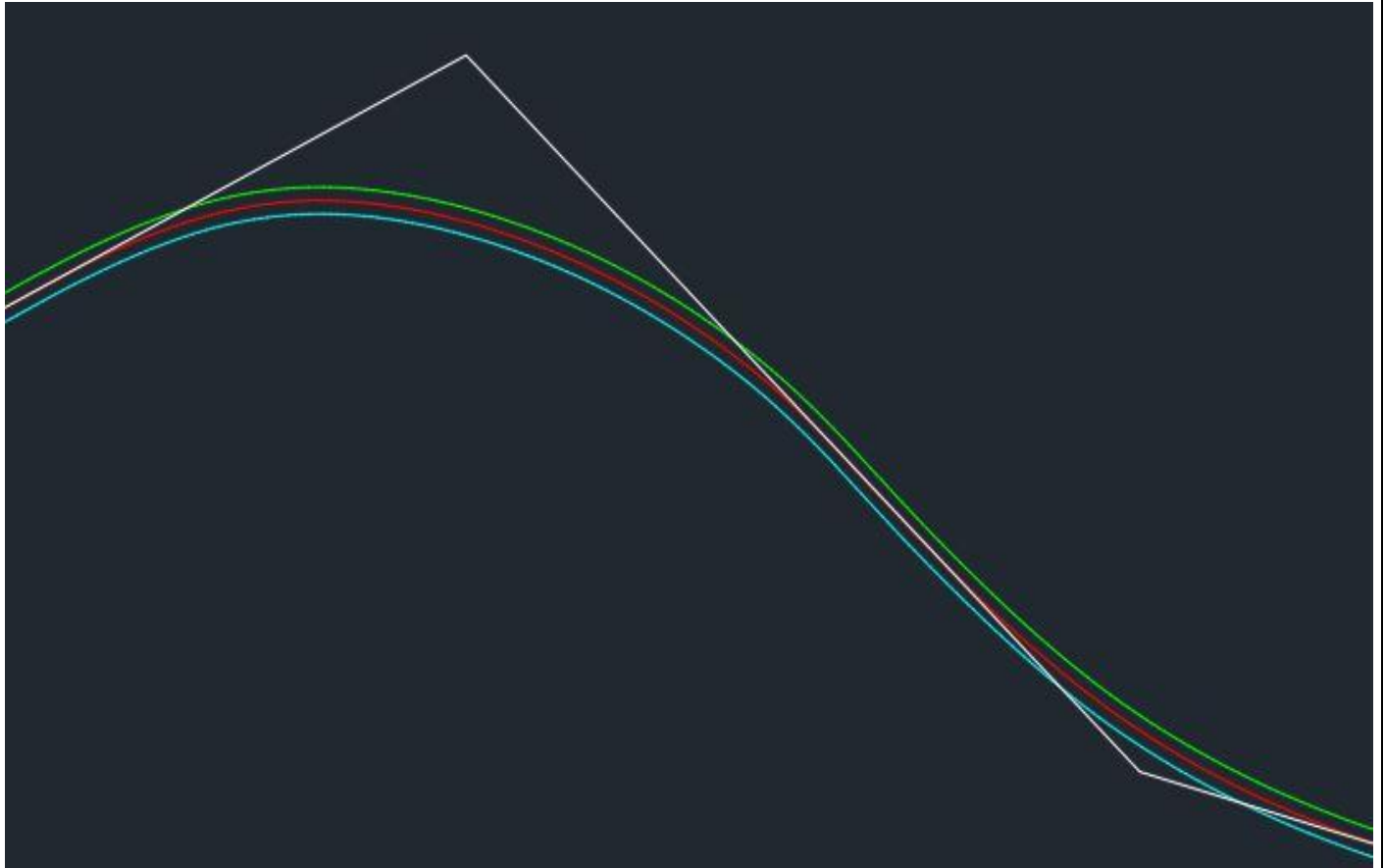
-----
Εγγραφές Σημαίων =      16
-----
Πλαίσιο Επικλίσεων
-----
Επικλίσεις
-----
      21132      21140.958      2.500      .000      2.500      .000
-----
Μήκος AXL      21130.0589
-----
Μήκος CEN      21130.0589
-----
Μήκος OME      21140.9584
-----
L-HPI/L-CEN      1.000516
-----
Κλείνω το ome.dxf
-----
Έργο :      GUS
-----
Οριζοντιογραφία - Μηκοτομή - OME - FM17
-----
Άντε Γειά
```

Εικόνα 4.28 : Παράθυρο γραμμής εντολών των Windows με τελικό μήνυμα επιτυχούς πορείας <Άντε Γειά>.



Εικόνα 4.29 : Σχέδιο ome.dxf με αρχική οριζοντιογραφία και κεντρικό άξονα axl (AutoCad).

3. Γίνεται επεξεργασία από το χρήστη του αρχείου DXF(ome.dxf) με σκοπό να δημιουργηθεί σε μία πρώτη προσέγγιση η πολυγωνική της οριζοντιογραφίας και η πολυγωνική της μηκοτομής. Ουσιαστικά δημιουργήθηκαν χειροκίνητα οι κορυφές κάθε καμπύλης σε μία αλληλουχία από τεθλασμένες γραμμές. Αυτές οι γραμμές εξάγονται από το αρχείο DXF με την βοήθεια ενός αρχείου της μορφής .lsp (αρχεία που δημιουργούνται από έμπειρους χρήστες για χρήση στο AutoCad και αφορά εντολές που δεν υπάρχουν στο πρόγραμμα και βοηθάνε στην εξαγωγή δεδομένων, όπως εξαγωγή Συντεταγμένων στην δική μας περίπτωση) το plexport.lisp όπου εξάγει τις συντεταγμένες της πολυγωνικής που δημιουργήσαμε σε ένα αρχείο excel. Στην συνέχεια εισάγονται στον φάκελο που έχουμε δημιουργήσει μέσα στο πρόγραμμα FM19 τα αρχεία excel της πολυγωνικής της οριζοντιογραφίας με όνομα fm.hp1 και της πολυγωνικής της μηκοτομής με όνομα fm.vp1 για περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 4.30 : Δημιουργία Πολυγωνικής Οριζοντιογραφίας με τεθλασμένες γραμμές στον κεντρικό άξονα της οδού.

4. Μέσω των αλγορίθμων του λογισμικού FM19 και τρέχοντας την εντολή OME, ξαναγίνεται αυτόματη επεξεργασία και διόρθωση των τεθλασμένων γραμμών της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής, με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, προκειμένου να προσεγγίζουν όσο το δυνατό καλύτερα την τοπογραφική αποτύπωση.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

5. Ταυτόχρονα προσεγγίζονται οι ακτίνες της οριζοντιογραφίας, από την πολυγωνική της οριζοντιογραφίας με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προκειμένου τα παραγόμενα κυκλικά τόξα να έχουν όσο το δυνατό μικρότερη απόκλιση από την τοπογραφική αποτύπωση. Με τον ίδιο τρόπο προσεγγίζονται και οι ακτίνες στις καμπύλες συναρμογής της μηκοτομής. Αφού λοιπόν τρέξουμε ξανά την εντολή OME και δημιουργηθούν τα νέα πλέον γεωμετρικά στοιχεία (οριζοντιογραφία και μηκοτομή) αν πάω και ανοίξουμε την καρτέλα KOR (βλέπε εικόνα 4.32) θα δούμε ότι το πρόγραμμα από μόνο του έχει συμπληρώσει τα στοιχεία του πίνακα στο excel με της κορυφές, της συντεταγμένες κάθε κορυφής και την ακτίνα του κυκλικού τόξου. Αντίστοιχα και για τα στοιχεία της μηκοτομής αν ανοίξουμε την καρτέλα SHM θα δούμε τις σημαίες και τα αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της μηκοτομής μας (βλέπε εικόνα 4.31).

	A	B	C	D	E	F	G	H	J
	Σημεία	ΧΘ	Υψόμετρο	Ακτίνα	Διατομή	Κλίση	Μήκος T	Βέλος f	MENU
1									
2	F1	0,000	134,679	0,000	0				Διατομή
3	F2	951,944	211,942	1088,000	0	8,116%	48,690	1,089	
4	F3	1850,294	204,450	1267,000	0	-0,834%	56,916	1,278	
5	F4	2177,001	172,373	2274,000	0	-9,818%	124,431	3,404	
6	F5	2891,047	180,410	2330,000	0	1,126%	98,407	2,078	
7	F6	3204,170	157,485	777,000	0	-7,321%	25,426	0,416	
8	F7	6320,729	133,280	28295,000	0	-0,777%	295,952	1,548	
9	F8	7446,299	148,084	354,000	0	1,315%	7,084	0,071	
10	F9	8564,485	207,545	56,000	0	5,318%	1,559	0,022	
11	F10	8775,046	207,015	361,000	0	-0,252%	4,822	0,032	
12	F11	9929,096	234,942	15040,000	0	2,420%	452,416	6,805	
13	F12	10825,446	202,707	5116,000	0	-3,596%	127,735	1,595	
14	F13	13413,334	238,868	235,000	0	1,397%	1,843	0,007	
15	F14	20085,253	227,474	1808,000	0	-0,171%	47,822	0,632	
16	F15	20945,988	180,471	2746,000	0	-5,461%	86,653	1,367	
17	F16	21140,954	182,129	0,000	0	0,850%			
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									

Εικόνα 4.31 : Καρτέλα SHM οδικού άξονα 096-KY-0159 τα μαύρα δεδομένα εισάγονται και τα κόκκινα υπολογίζονται αυτόματα. (από FM19).

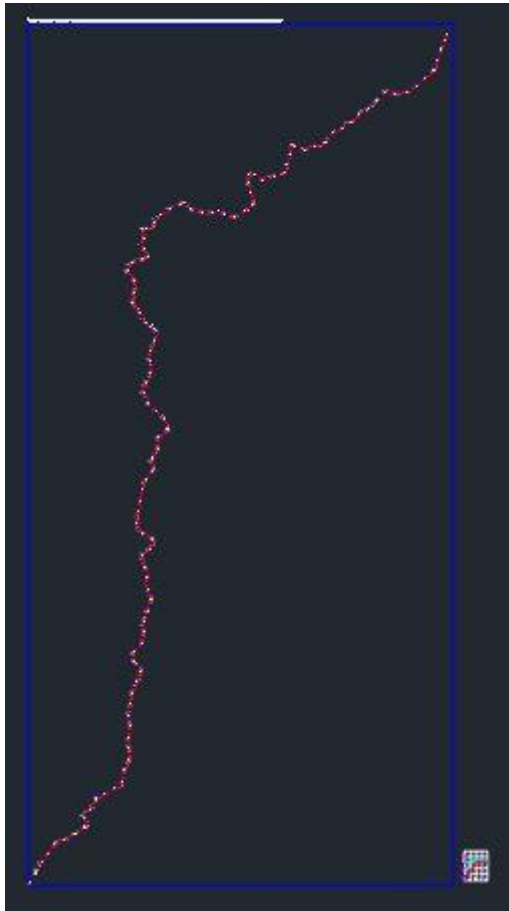
Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Κορυφή	X	Y	Μήκος Συναρμολής Εισόδου	Ακτίνα Κυκλικού Τόξου	Μήκος Συναρμολής Εξόδου	Επίκλιση %	Ποσοστό απόσβεσης στον κύκλο	Διαπλάτυ νση	A_Εισόδου	A_Εξόδου	R/9	R	Απόσταση (i, i+1)	MENU
1															
2	1	500881,4540	145518,6820	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
3	2	500662,2110	144886,4240	0,000	301,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	33,444	301,000	667,303	
4	3	500221,9830	144498,9370	0,000	109,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,111	109,000	587,793	
5	4	500117,0850	144495,7510	0,000	152,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,889	152,000	104,946	
6	5	500003,2340	144449,4620	0,000	222,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,667	222,000	122,901	
7	6	499896,8890	144483,3450	0,000	417,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	46,333	417,000	111,612	
8	7	499799,9650	144521,5390	0,000	61,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,778	61,000	104,178	
9	8	499639,2100	144337,1680	0,000	1894,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	210,444	1894,000	244,612	
10	9	499575,3790	144271,6700	0,000	782,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	86,889	782,000	91,457	
11	10	499490,9230	144199,8810	0,000	325,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,111	325,000	110,844	
12	11	499397,3180	144156,6470	0,000	151,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16,778	151,000	103,107	
13	12	499362,8570	144126,1290	0,000	426,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,333	426,000	46,182	
14	13	499247,1450	144010,8490	0,000	1189,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	132,111	1189,000	163,195	
15	14	499206,1440	143967,5870	0,000	94,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,444	94,000	59,604	
16	15	499100,7070	143945,5440	0,000	106,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,778	106,000	107,717	
17	16	499029,1200	143845,5290	0,000	109,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,111	109,000	122,995	
18	17	498900,2490	143797,4730	0,000	212,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	23,556	212,000	137,539	
19	18	498786,6400	143706,0790	0,000	192,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	21,333	192,000	145,808	
20	19	498741,1450	143611,1800	0,000	105,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,667	105,000	105,241	
21	20	498661,9880	143549,4160	0,000	92,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,222	92,000	100,402	
22	21	498578,6130	143547,2910	0,000	5,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,556	5,000	83,402	
23	22	498514,8940	143541,6880	0,000	111,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,333	111,000	63,965	
24	23	498449,1860	143494,0540	0,000	136,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15,111	136,000	81,157	
25	24	498376,8680	143471,4240	0,000	104,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,556	104,000	75,776	
26	25	498312,9380	143491,6910	0,000	286,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	31,778	286,000	67,066	
27	26	498147,5380	143565,2980	0,000	56,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,222	56,000	181,039	
28	27	498117,0170	143500,8570	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,111	1,000	71,303	

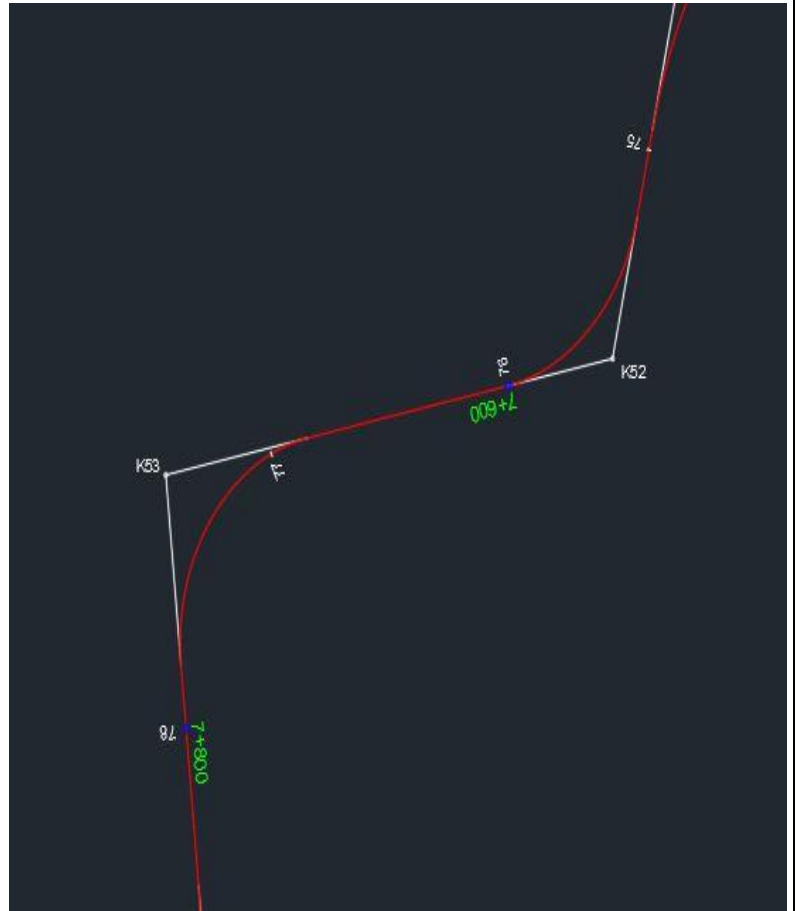
Εικόνα 4.32 : Καρτέλα KOR οδικού άξονα 096-KY-0159 τα μαύρα δεδομένα εισάγονται και τα κόκκινα υπολογίζονται αυτόματα. (από FM19).

6. Στην τελική παράγεται μία δεύτερη προσέγγιση της οριζοντιογραφίας μέσω της πολυγωνικής, ενώ με βάση το συνολικό μήκος της οδού αναπροσαρμόζεται και δημιουργείται η τελική μηκοτομή της οδού.
7. Δεδομένου ότι περίπου το 10% των ακτινών της οριζοντιογραφίας και της μηκοτομής που παράγονται παρουσιάζουν αξιοσημείωτες αποκλίσεις από την τοπογραφική αποτύπωση, αυτές οι ακτίνες προσεγγίζονται ξανά οπτικά από τον χρήστη και στην συνέχεια ενσωματώνονται εκ νέου στο πρόγραμμα FM19.
8. Στην συνέχεια από το κεντρικό MENU του προγράμματος τρέχουμε την εντολή MOD ώστε να φτιαχτεί η υψομετρία και στην συνέχεια τρέχω την εντολή ΟΡΙΖΟΝΤ/ΦΙΑ με το 'Ο' και την εντολή ΜΕΚ με το 'Μ' ώστε να μου δημιουργηθούν τα τελικά σχέδια και τα διορθωμένα πλέων στοιχεία για την οριζοντιογραφία και την μηκοτομή του οδικού άξονα.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων



Εικόνα 4.34 : Οριζοντιογραφία 096-KY-0159 (από Autocad).



Εικόνα 4.33 : Λεπτομέρειες Τελικής Οριζοντιογραφίας 096-KY-0159 (Λεπτομέρειες Άξονα, από AutoCad).

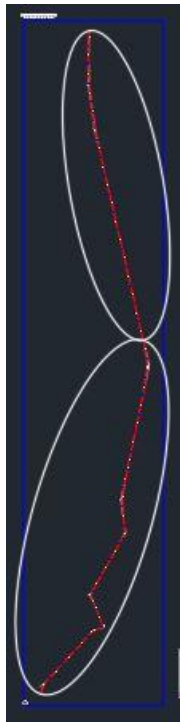
GUS					
K1	K2	K3	K4	K5	K6
Χκ=500881.4540 Υκ=145518.6820	Χκ=500662.2110 Υκ=144888.4240 β=167.4237 grad γ=32.5763 grad R=301.000 T=78.738 ΚΔ=10.128 ΑΑ*=154.024	Χκ=500221.9830 Υκ=144498.9370 β=155.8214 grad γ=44.1786 grad R=109.000 T=39.415 ΚΔ=6.908 ΑΑ*=75.641	Χκ=500117.0850 Υκ=144495.7510 β=177.3491 grad γ=22.6509 grad R=152.000 T=27.330 ΚΔ=2.437 ΑΑ*=54.081	Χκ=500003.2340 Υκ=144449.4620 β=155.7799 grad γ=44.2201 grad R=222.000 T=80.359 ΚΔ=14.096 ΑΑ*=154.203	Χκ=499896.8890 Υκ=144483.3450 β=195.7390 grad γ=4.2610 grad R=417.000 T=13.960 ΚΔ= 234 ΑΑ*=27.910

Εικόνα 4.35 : Λεπτομέρειες Τελικής Οριζοντιογραφίας 096-KY-0159 (στοιχεία κάθε καμπύλης, από AutoCad).

4.3 Υπολογισμός Βαθμολογίας (Νέα Μεθοδολογία)

Αφού έχει ολοκληρωθεί η αποτύπωση των Γεωμετρικών Χαρακτηριστικών του κάθε οδικού άξονα σειρά έχει ο υπολογισμός της βαθμολογίας κάθε οδικού τμήματος καθώς και κάθε καμπύλης, όπως φαίνεται παρακάτω:

Αρχικά εισάγονται στο πρόγραμμα στην καρτέλα DAY τα τμήματα ελέγχου ομοιόμορφης ελκτότητας (όπως φαίνεται στην εικόνα 4.37) και τα στοιχεία κυκλοφοριακού φόρτου όπου στην αρχή θεωρήθηκε ότι



είναι παντού 2.000 οχ/ημ. Με αυτό τον τρόπο εξαιρέθηκε ο Συντελεστής Επικινδυνότητας ($Q/2.000=2.000/2.000=1$) λόγω κυκλοφοριακού φόρτου, όπως αναφέρετε στο κεφάλαιο 3.11 για τον υπολογισμό της τελικής βαθμολογίας ώστε να πάρουμε τα στοιχεία της βαθμολογίας χωρίς την επιρροή του φόρτου. Στην συνέχεια προστέθηκε ο Σ.Ε. λόγω κυκλοφοριακού φόρτου ώστε να πάρουμε και τα στοιχεία της βαθμολογίας με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. Έπειτα τρέχουμε τις εντολές GUS του λογισμικού (GUS-1a, GUS-2a).

Οι εντολές GUS είναι αυτές που μας υπολογίζουν την τελική βαθμολογία για κάθε τμήμα και για κάθε καμπύλη του οδικού άξονα που έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα FM19. Τα GUS-1 υπολογίζουν την τελική βαθμολογία κάθε τμήματος όπως έχει χωριστεί στην καρτέλα DAY, αλλά και κάθε καμπύλης ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας κάθε φορά ως ακτίνα την ακτίνα της χάραξης. Τα GUS-2 από την άλλη υπολογίζουν την τελική

Εικόνα 4.36 : Οδικός άξονας *Marion 0055* χωρισμένος σε δύο τμήματα DAY με ομοιόμορφη ελκτότητα σε κάθε τμήμα (από *AutoCad*).

βαθμολογία κάθε τμήματος όπως έχει χωριστεί στην καρτέλα DAY, αλλά και κάθε καμπύλης ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας κάθε φορά ως ακτίνα την ακτίνα εκείνη που ακολουθεί ο οδηγός και όχι την ακτίνα της χάραξης, με αποτέλεσμα μία πιο καλή προσέγγιση της πραγματικότητας όσον αφορά την τελική βαθμολογία και κατ'επέκταση την πιο ακριβεί αξιολόγηση του εκάστοτε οδικού άξονα. Όπως αναλύεται στο κεφάλαιο 3.6, σημειώνεται ότι όλες οι ακτίνες υφίστανται προσαρμογή με βάση την απόκλιση βέλους (d) που καθορίζεται από τον τύπο (3.6), η οποία ισοδυναμεί σταθερά με ένα μέτρο σε αυτό το πλαίσιο. Αυτή η ρύθμιση είναι απαραίτητη γιατί, σε σημαντικές ακτίνες, όπου ο οδηγός συναντά πολύ μικρές γωνίες, ο οδηγός τείνει να πλοηγείται σε πιο ευθεία διαδρομή, παρακάμπτοντας ουσιαστικά την καμπυλότητα της γεωμετρίας του δρόμου. Υπάρχουν και εντολές GUS-1b&GUS-2b εκτός από τα GUS-1a&GUS-2a που τρέχουμε εμείς σαν εντολές, όπου τα γράμματα a και b αντίστοιχα αναφέρονται στον υπολογισμό ή μη του κυκλοφοριακού φόρτου σε κάθε μία περίπτωση. Στην δική μας περίπτωση κάναμε χρήση αρχικά της Βαθμολογίας χωρίς τον κυκλοφοριακό φόρτο με αποτέλεσμα τα GUS-1b και GUS-2b να

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

παραλείπονται στην παρούσα εργασία χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν θα μπορούσαν να τρέξουν και να μας βγάλουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου.

Τελικά παράγονται σχέδια οριζοντιογραφίας με βαθμολογημένα και χρωματισμένα τα τμήματα ελέγχου σύμφωνα με τα αποτελέσματα καθώς σχεδιάζεται και δίνεται και η βαθμολογία για κάθε μεμονωμένη καμπύλη με διαφορετικά χρωματισμένα σημεία “Blacksports” σε κάθε καμπύλη όπως φαίνονται στο κεφάλαιο 5.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ								
2	Από ΧΘ	Έως ΧΘ	Κυκλοφοριακός Φόρτος (Ε.Μ.Η.Κ.)		MENU				
3	0+000,00	3+600,00	2000						
4	3+600,00	9+000,00	2000						
5	9+000,00	21+140,95	2000						
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Εικόνα 4.37 : Απόσπασμα από Πρόγραμμα FM19 και καρτέλας DAY με τμήματα οδικού άξονα και φόρτο κυκλοφορίας. (από Excel).

4.4 Αριθμητικό Παράδειγμα οδικού άξονα Pendleton 096-KY-0159

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του προγράμματος FM19 και της τελικής βαθμολογίας που παρουσιάζει η νέα μεθοδολογία, επιλέχθηκε για αξιολόγηση ένας από τους 22 οδικούς άξονες που αναλύθηκαν συνολικά στην παρούσα έρευνα, της περιοχής Pendleton, ο οδικός άξονας με αριθμό 096-KY-0159.

Παρακάτω γίνεται η αναλυτική επεξήγηση των αποτελεσμάτων καθώς και ο τρόπος με τον οποίο εμφανίζεται ο κάθε συντελεστής βαρύτητας όπως έχει αναλυθεί στα κεφάλαια 3.6, 3.7, 3.10 και 3.11.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Αρχικά λαμβάνουμε τα αποτελέσματα από την εντολή GUS-1 στους παρακάτω πίνακες που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω χρησιμοποιεί την ακτίνα της χάραξης για την εξαγωγή της βαθμολογίας .

• Συντελεστής Επικινδυνότητας Ακτίνας GUS_1

Υπολογίζεται ο Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω της ακτίνας της οριζοντιογραφίας για κάθε καμπύλη από τον τύπο (3.4) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.6, αφού αρχικά υπολογίζεται από το πρόγραμμα η ελάχιστη απαιτούμενη ακτίνα R_{min} σε κάθε περίπτωση. Έπειτα υπολογίζεται ο ανηγμένος Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω ακτίνας για κάθε οδικό τμήμα του άξονα μελέτης, και τα αποτελέσματα δίνονται αυτοματοποιημένα από το λογισμικό στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 4.1 : Συντελεστές Επικινδυνότητας καμπυλών λόγω ακτίνας Οριζοντιογραφίας.

Στοιχεία Κορυφών (Ακτίνες) και τμημάτων για Συντελεστή Επικινδυνότητας						
Τμήμα	Κορυφή	Ακτίνα	Ελάχιστη Απαιτ. Ακτίνα R_{min}		Συντελεστής Επικινδυνότητας $Coef_R$	
			Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	301.000	322.269	320.006	1.056	1.050
	3	109.000	322.269	320.006	2.125	2.116
	4	152.000	322.269	320.006	1.732	1.724
	5	222.000	322.269	320.006	1.331	1.325
	6	417.000	322.269	320.006	0.810	0.805
	7	61.000	322.269	320.006	2.846	2.837
	8	1894.000	322.269	320.006	0.204	0.203
	9	782.000	322.269	320.006	0.467	0.464
	10	325.000	322.269	320.006	0.993	0.988
	11	151.000	322.269	320.006	1.740	1.732
	12	426.000	322.269	320.006	0.795	0.791
	13	1189.000	322.269	320.006	0.317	0.315
	14	94.000	322.269	320.006	2.308	2.299
	15	106.000	322.269	320.006	2.159	2.151
	16	109.000	322.269	320.006	2.125	2.116
	17	212.000	322.269	320.006	1.377	1.370
	18	192.000	322.269	320.006	1.478	1.471
	19	105.000	322.269	320.006	2.171	2.162
	20	92.000	322.269	320.006	2.334	2.326
	21	5.000	322.269	320.006	4.708	4.706
	22	111.000	322.269	320.006	2.103	2.094
	23	136.000	322.269	320.006	1.860	1.852
	24	104.000	322.269	320.006	2.183	2.174
	25	286.000	322.269	320.006	1.099	1.093
	2	26	56.000	270.993	266.585	2.737
28		13.000	270.993	266.585	4.195	4.184
29		3.000	270.993	266.585	4.788	4.785
31		24.000	270.993	266.585	3.692	3.676
33		470.000	270.993	266.585	0.630	0.621
34		1099.000	270.993	266.585	0.290	0.286
35		54.000	270.993	266.585	2.782	2.762

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	36	150.000	270.993	266.585	1.556	1.538
	37	79.000	270.993	266.585	2.308	2.288
	38	93.000	270.993	266.585	2.107	2.087
	39	240.000	270.993	266.585	1.101	1.087
	40	93.000	270.993	266.585	2.107	2.087
	41	130.000	270.993	266.585	1.713	1.695
	42	2954.000	270.993	266.585	0.112	0.110
	43	141.000	270.993	266.585	1.623	1.605
	44	316.000	270.993	266.585	0.883	0.871
	45	986.000	270.993	266.585	0.321	0.317
	46	461.000	270.993	266.585	0.641	0.632
	47	244.000	270.993	266.585	1.087	1.073
	48	166.000	270.993	266.585	1.449	1.432
	49	357.000	270.993	266.585	0.798	0.787
	50	506.000	270.993	266.585	0.590	0.582
	51	186.000	270.993	266.585	1.335	1.319
	52	69.000	270.993	266.585	2.477	2.457
	53	65.000	270.993	266.585	2.552	2.531
	54	135.000	270.993	266.585	1.671	1.653
	55	58.000	270.993	266.585	2.694	2.673
	56	721.000	270.993	266.585	0.429	0.423
	57	74.000	270.993	266.585	2.390	2.369
	58	190.000	270.993	266.585	1.314	1.298
	59	197.000	270.993	266.585	1.279	1.264
	60	162.000	270.993	266.585	1.474	1.457
	61	86.000	270.993	266.585	2.203	2.183
	62	149.000	270.993	266.585	1.563	1.545
	63	239.000	314.592	315.710	1.238	1.241
	64	398.000	314.592	315.710	0.825	0.827
	65	168.000	314.592	315.710	1.594	1.598
	66	428.000	314.592	315.710	0.776	0.778
	67	402.000	314.592	315.710	0.818	0.821
	68	784.000	314.592	315.710	0.456	0.457
	69	208.000	314.592	315.710	1.372	1.375
	70	276.000	314.592	315.710	1.109	1.112
	71	135.000	314.592	315.710	1.841	1.845
	72	301.000	314.592	315.710	1.036	1.039
	73	534.000	314.592	315.710	0.642	0.644
	74	173.000	314.592	315.710	1.563	1.566
	75	168.000	314.592	315.710	1.594	1.598
	76	188.000	314.592	315.710	1.475	1.478
	77	205.000	314.592	315.710	1.386	1.390
	78	246.000	314.592	315.710	1.211	1.215
	79	557.000	314.592	315.710	0.619	0.621
	80	73.000	314.592	315.710	2.593	2.598
	81	94.000	314.592	315.710	2.278	2.282
	82	88.000	314.592	315.710	2.360	2.364
	83	219.000	314.592	315.710	1.321	1.325
	84	103.000	314.592	315.710	2.165	2.169
	85	136.000	314.592	315.710	1.832	1.836
	86	191.000	314.592	315.710	1.458	1.462
	87	2683.000	314.592	315.710	0.142	0.143
	88	110.000	314.592	315.710	2.085	2.089
	89	122.000	314.592	315.710	1.960	1.964

3

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

90	250.000	314.592	315.710	1.197	1.200
91	371.000	314.592	315.710	0.875	0.877
92	98.000	314.592	315.710	2.226	2.231
93	352.000	314.592	315.710	0.913	0.916
94	92.000	314.592	315.710	2.304	2.309
95	115.000	314.592	315.710	2.031	2.035
96	338.000	314.592	315.710	0.944	0.947
97	89.000	314.592	315.710	2.346	2.350
98	268.000	314.592	315.710	1.134	1.138
99	272.000	314.592	315.710	1.121	1.125
100	98.000	314.592	315.710	2.226	2.231
101	99.000	314.592	315.710	2.214	2.218
102	351.000	314.592	315.710	0.915	0.918
103	217.000	314.592	315.710	1.330	1.334
104	1632.000	314.592	315.710	0.230	0.231
105	826.000	314.592	315.710	0.435	0.436
106	498.000	314.592	315.710	0.682	0.684
107	97.000	314.592	315.710	2.239	2.243
108	243.000	314.592	315.710	1.223	1.226
109	250.000	314.592	315.710	1.197	1.200
110	240.000	314.592	315.710	1.234	1.237
111	96.000	314.592	315.710	2.252	2.256
112	162.000	314.592	315.710	1.634	1.638
113	132.000	314.592	315.710	1.867	1.871
114	463.000	314.592	315.710	0.726	0.728
115	263.000	314.592	315.710	1.151	1.154
116	443.000	314.592	315.710	0.754	0.756
117	305.000	314.592	315.710	1.025	1.028
118	201.000	314.592	315.710	1.406	1.410
119	196.000	314.592	315.710	1.432	1.435
120	480.000	314.592	315.710	0.704	0.706
121	1866.000	314.592	315.710	0.202	0.203
122	206.000	314.592	315.710	1.381	1.385
123	231.000	314.592	315.710	1.270	1.273
124	342.000	314.592	315.710	0.935	0.938
125	310.000	314.592	315.710	1.012	1.015
126	95.000	314.592	315.710	2.265	2.269
127	152.000	314.592	315.710	1.705	1.709
128	200.000	314.592	315.710	1.411	1.415
129	374.000	314.592	315.710	0.869	0.871
130	92.000	314.592	315.710	2.304	2.309
131	60.000	314.592	315.710	2.836	2.841
132	572.000	314.592	315.710	0.604	0.606
133	1483.000	314.592	315.710	0.252	0.253
134	304.000	314.592	315.710	1.028	1.031
135	210.000	314.592	315.710	1.362	1.366
136	398.000	314.592	315.710	0.825	0.827
137	269.000	314.592	315.710	1.131	1.134
138	379.000	314.592	315.710	0.859	0.862
139	414.000	314.592	315.710	0.798	0.801
140	1205.000	314.592	315.710	0.306	0.307
141	134.000	314.592	315.710	1.849	1.853
142	14.000	314.592	315.710	4.244	4.247

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

Πίνακας 4.2 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω ακτίνας Οριζοντιογραφίας.

Στοιχεία Κορυφών (Ακτίνες) και τμημάτων για Συντελεστή Επικινδυνότητας				
Τμήμα	Ελάχιστη Απαιτούμενη Ακτίνα R_{min}		Συντελεστής Επικινδυνότητας Ακτίνας $Coef_{RTot}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward
1	322.269	320.006	11.200	11.156
2	270.993	266.585	10.906	10.814
3	314.592	315.710	8.991	9.012

- **Συντελεστής Επικινδυνότητας με βάση το διατιθέμενο και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση GUS_1**

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής Επικινδυνότητας με βάση το διατιθέμενο και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση για κάθε καμπύλη όπως και για κάθε τμήμα οδικού άξονα, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.7 της νέας μεθοδολογίας, και οι πίνακες των αποτελεσμάτων παραδίδονται παρακάτω.

Πίνακας 4.3 : Συντελεστές Επικινδυνότητας καμπυλών λόγω ορατότητας.

Στοιχεία Ορατότητας Κορυφών							
Τμήμα	Κορυφή	Υφιστάμενο S_{hexist}		Απαιτούμενο S_h		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Ορατότητας $Coef_{Sh}$	
		Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	125.108	84.994	109.464	110.892	0.882	1.279
	3	75.286	51.147	109.464	110.892	1.411	2.011
	4	100.116	60.768	109.464	110.892	1.087	1.730
	5	107.443	72.993	109.464	110.892	1.018	1.468
	6	402.404	193.240	109.464	110.892	0.286	0.591
	7	56.321	38.262	109.464	110.892	1.829	2.573
	8	521.538	268.976	109.464	110.892	0.222	0.429
	9	313.903	164.623	109.464	110.892	0.365	0.689
	10	139.823	88.318	109.464	110.892	0.794	1.235
	11	111.729	63.326	109.464	110.892	0.981	1.668
	12	429.479	205.386	109.464	110.892	0.268	0.557
	13	950.757	447.720	109.464	110.892	0.122	0.261
	14	71.383	47.497	109.464	110.892	1.481	2.144
	15	74.243	50.438	109.464	110.892	1.429	2.036
	16	76.170	51.147	109.464	110.892	1.396	2.011
	17	115.093	71.414	109.464	110.892	0.954	1.498
	18	101.101	67.882	109.464	110.892	1.077	1.567
	19	80.590	50.232	109.464	110.892	1.327	2.043
	20	70.116	46.989	109.464	110.892	1.505	2.164
	21	418.162	193.082	109.464	110.892	0.275	0.591
22	78.133	51.614	109.464	110.892	1.365	1.996	

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	23	102.280	59.069	109.464	110.892	1.065	1.774
	24	74.338	49.960	109.464	110.892	1.428	2.053
	25	248.714	123.393	109.464	110.892	0.457	0.905
2	26	53.963	36.661	96.092	98.672	1.693	2.419
	28	355.891	164.513	96.092	98.672	0.284	0.616
	29	55.298	25.907	96.092	98.672	1.656	3.208
	31	338.586	156.768	96.092	98.672	0.298	0.645
	33	342.931	168.428	96.092	98.672	0.294	0.602
	34	292.251	168.306	96.092	98.672	0.344	0.603
	35	52.991	36.000	96.092	98.672	1.720	2.456
	36	91.043	60.000	96.092	98.672	1.052	1.577
	37	64.094	43.543	96.092	98.672	1.451	2.090
	38	69.541	47.244	96.092	98.672	1.347	1.947
	39	121.557	75.929	96.092	98.672	0.802	1.274
	40	69.541	47.244	96.092	98.672	1.347	1.947
	41	111.014	61.043	96.092	98.672	0.873	1.553
	42	2104.229	981.096	96.092	98.672	0.049	0.107
	43	85.627	58.172	96.092	98.672	1.113	1.621
	44	136.052	87.086	96.092	98.672	0.720	1.123
	45	344.124	181.709	96.092	98.672	0.293	0.560
	46	160.854	105.186	96.092	98.672	0.614	0.942
	47	112.641	76.525	96.092	98.672	0.862	1.265
	48	92.909	63.119	96.092	98.672	1.032	1.507
	49	769.216	358.297	96.092	98.672	0.133	0.289
	50	193.464	112.991	96.092	98.672	0.514	0.881
	51	98.346	66.813	96.092	98.672	0.979	1.431
	52	59.900	40.694	96.092	98.672	1.542	2.214
	53	58.138	39.497	96.092	98.672	1.584	2.271
	54	84.289	56.921	96.092	98.672	1.129	1.653
	55	54.918	37.310	96.092	98.672	1.666	2.383
	56	313.619	162.762	96.092	98.672	0.321	0.623
	57	62.032	42.143	96.092	98.672	1.494	2.149
	58	100.281	67.528	96.092	98.672	0.961	1.418
59	102.211	68.760	96.092	98.672	0.944	1.395	
60	91.782	62.354	96.092	98.672	1.044	1.523	
61	66.873	45.431	96.092	98.672	1.396	2.015	
62	88.023	59.800	96.092	98.672	1.085	1.582	
63	116.970	75.736	109.084	108.385	0.937	1.391	
3	64	148.263	97.734	109.084	108.385	0.749	1.101
	65	93.467	63.498	109.084	108.385	1.154	1.630
	66	244.665	126.584	109.084	108.385	0.463	0.865
	67	282.867	141.254	109.084	108.385	0.402	0.779
	68	424.476	209.669	109.084	108.385	0.270	0.534
	69	107.889	70.654	109.084	108.385	1.010	1.481
	70	159.229	88.120	109.084	108.385	0.700	1.211
	71	83.785	56.921	109.084	108.385	1.276	1.796
	72	152.500	87.965	109.084	108.385	0.729	1.213
	73	190.668	114.387	109.084	108.385	0.589	0.951
	74	94.847	64.436	109.084	108.385	1.139	1.609
	75	97.837	63.498	109.084	108.385	1.106	1.630
	76	106.363	67.171	109.084	108.385	1.024	1.550
	77	136.826	75.815	109.084	108.385	0.808	1.390
	78	161.305	86.912	109.084	108.385	0.691	1.227
	79	200.008	117.872	109.084	108.385	0.562	0.924

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

80	61.612	41.857	109.084	108.385	1.684	2.341
81	70.166	47.497	109.084	108.385	1.499	2.102
82	67.646	45.957	109.084	108.385	1.549	2.163
83	107.226	72.498	109.084	108.385	1.016	1.447
84	73.185	49.719	109.084	108.385	1.443	2.021
85	84.095	57.131	109.084	108.385	1.272	1.790
86	99.806	67.705	109.084	108.385	1.086	1.539
87	1270.621	601.555	109.084	108.385	0.091	0.191
88	75.631	51.381	109.084	108.385	1.401	1.964
89	79.649	54.111	109.084	108.385	1.337	1.877
90	114.033	77.460	109.084	108.385	0.959	1.363
91	154.538	94.691	109.084	108.385	0.720	1.134
92	71.386	48.497	109.084	108.385	1.476	2.065
93	203.026	107.609	109.084	108.385	0.554	1.007
94	69.166	46.989	109.084	108.385	1.519	2.122
95	77.330	52.536	109.084	108.385	1.373	1.927
96	143.717	90.086	109.084	108.385	0.771	1.187
97	68.029	46.217	109.084	108.385	1.541	2.152
98	118.051	80.200	109.084	108.385	0.929	1.320
99	163.298	89.206	109.084	108.385	0.683	1.198
100	73.877	48.497	109.084	108.385	1.431	2.065
101	72.573	48.744	109.084	108.385	1.454	2.056
102	187.653	102.067	109.084	108.385	0.598	1.058
103	106.226	72.166	109.084	108.385	1.025	1.453
104	898.173	427.614	109.084	108.385	0.129	0.267
105	466.959	228.580	109.084	108.385	0.246	0.491
106	277.273	141.831	109.084	108.385	0.410	0.776
107	72.451	48.249	109.084	108.385	1.457	2.074
108	112.642	76.368	109.084	108.385	0.970	1.381
109	121.119	77.460	109.084	108.385	0.907	1.363
110	119.541	75.895	109.084	108.385	0.918	1.388
111	70.654	48.000	109.084	108.385	1.490	2.083
112	91.782	62.354	109.084	108.385	1.174	1.657
113	82.849	56.285	109.084	108.385	1.289	1.814
114	157.285	105.413	109.084	108.385	0.708	1.026
115	175.736	93.106	109.084	108.385	0.637	1.152
116	588.830	277.124	109.084	108.385	0.196	0.408
117	125.938	85.557	109.084	108.385	0.874	1.245
118	106.951	69.455	109.084	108.385	1.019	1.504
119	100.955	68.586	109.084	108.385	1.075	1.521
120	158.553	107.331	109.084	108.385	0.703	1.009
121	918.149	438.422	109.084	108.385	0.126	0.260
122	105.608	70.314	109.084	108.385	1.031	1.488
123	111.590	74.458	109.084	108.385	0.979	1.413
124	133.388	90.598	109.084	108.385	0.828	1.181
125	131.518	86.255	109.084	108.385	0.839	1.235
126	70.285	47.749	109.084	108.385	1.497	2.093
127	88.904	60.399	109.084	108.385	1.209	1.704
128	102.378	69.282	109.084	108.385	1.061	1.508
129	1060.528	491.954	109.084	108.385	0.109	.232
130	69.166	46.989	109.084	108.385	1.519	2.122
131	55.857	37.947	109.084	108.385	1.836	2.542
132	443.196	213.957	109.084	108.385	0.259	0.524
133	777.325	372.576	109.084	108.385	0.149	0.305

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

134	136.592	85.446	109.084	108.385	0.809	1.246
135	104.499	70.993	109.084	108.385	1.041	1.475
136	397.624	190.771	109.084	108.385	0.288	0.585
137	234.664	116.917	109.084	108.385	0.482	0.932
138	352.420	170.508	109.084	108.385	0.324	0.651
139	369.580	178.753	109.084	108.385	0.310	0.623
140	889.772	420.339	109.084	108.385	0.130	0.271
141	374.911	175.569	109.084	108.385	0.305	0.633
142	155.547	72.426	109.084	108.385	0.716	1.449

Πίνακας 4.4 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω ορατότητας.

Στοιχεία Ορατότητας Τμημάτων				
Τμήμα	Απαιτούμενο S_{hexist}		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Ορατότητας $Coef_{ShTot}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward
1	109.464	110.892	6.395	9.797
2	96.092	98.672	6.044	9.239
3	109.084	108.385	5.854	8.768

- **Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Τραυματισμού GUS_1**

Σειρά έχει λοιπόν ο Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Τραυματισμού που εξαρτάται καθαρά από την ταχύτητα που έχει το όχημα την ώρα της σύγκρουσης, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.10 της νέας μεθοδολογίας, και οι πίνακες των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 4.5 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω Τραυματισμού.

Στοιχεία Τραυματισμού λόγω ταχύτητας								
Τμήμα	P_e		P_b		P_v		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω τραυματισμού $Coef_{Acc}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward
1	0.323	0.327	0.477	0.473	0.124	0.122	19.355	19.167
2	0.419	0.427	0.385	0.377	0.093	0.090	15.091	14.725
3	0.337	0.335	0.465	0.466	0.119	0.119	18.718	18.811

Στην συνέχεια λαμβάνουμε τα **αποτελέσματα από την εντολή GUS-2a**, που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω χρησιμοποιεί την ακτίνα που διαγράφει ο οδηγός για την εξαγωγή της βαθμολογίας. Η εφαρμογή GUS_2 προσδιορίζει πρώτα το βέλος δ για να βελτιώσει τις ελάχιστες απαιτούμενες ακτίνες και

Π.Α.Δ.Α., Τμήμα ΠΟΛ.ΜΗΧ., Διπλωματική Εργασία, Μάρκα Μαριάννα

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

επαναπροσδιορίζονται κατ' επέκταση οι συντελεστές επικινδυνότητας. Τα αποτελέσματα που εξάγονται παρατίθενται παρακάτω.

• Συντελεστής Επικινδυνότητας Ακτίνας GUS_2

Υπολογίζεται ο Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω της ακτίνας της οριζοντιογραφίας για κάθε καμπύλη από τον τύπο (3.4) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.6, αφού αρχικά υπολογίζεται από το πρόγραμμα η ελάχιστη απαιτούμενη ακτίνα R_{min} σε κάθε περίπτωση. Έπειτα υπολογίζεται ο ανηγμένος Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω ακτίνας για κάθε οδικό τμήμα του άξονα μελέτης, και τα αποτελέσματα δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 4.6 : Συντελεστές Επικινδυνότητας καμπυλών λόγω ακτίνας Οριζοντιογραφίας.

Στοιχεία Κορυφών (Ακτίνες) και τμημάτων για Συντελεστή Επικινδυνότητας								
Τμήμα	Κορυφή	Απόσταση δ	Ακτίνα R	Νέα ακτίνα (Προσαυξημένη) R^*	Ελάχιστη Απαιτ. Ακτίνα R_{min}		Συντελεστής Επικινδυνότητας $Coef_R$	
					Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	10.128	301.000	330.720	322.269	320.006	0.979	0.974
	3	6.908	109.000	124.780	322.269	320.006	1.962	1.953
	4	2.437	152.000	214.361	322.269	320.006	1.366	1.359
	5	14.096	222.000	237.748	322.269	320.006	1.266	1.259
	6	0.234	417.000	2201.869	322.269	320.006	0.176	0.175
	7	13.660	61.000	65.465	322.269	320.006	2.759	2.750
	8	0.728	1894.00	4496.635	322.269	320.006	0.088	0.087
	9	0.860	782.000	1690.702	322.269	320.006	0.227	0.226
	10	3.025	325.000	432.450	322.269	320.006	0.785	0.781
	11	1.593	151.000	245.795	322.269	320.006	1.234	1.228
	12	0.208	426.000	2474.992	322.269	320.006	0.158	0.157
	13	0.115	1189.00	11516.215	322.269	320.006	0.035	0.034
	14	4.488	94.000	114.943	322.269	320.006	2.060	2.052
	15	7.771	106.000	119.641	322.269	320.006	2.012	2.004
	16	4.967	109.000	130.944	322.269	320.006	1.905	1.896
	17	2.752	212.000	289.036	322.269	320.006	1.090	1.084
	18	4.882	192.000	231.330	322.269	320.006	1.292	1.285
	19	2.855	105.000	141.783	322.269	320.006	1.812	1.804
	20	4.874	92.000	110.877	322.269	320.006	2.104	2.096
	21	0.002	5.000	2070.195	322.269	320.006	0.187	0.186
	22	4.166	111.000	137.649	322.269	320.006	1.846	1.838
	23	1.804	136.000	211.376	322.269	320.006	1.380	1.373
	24	5.037	104.000	124.647	322.269	320.006	1.963	1.955
	25	0.447	286.000	926.211	322.269	320.006	0.400	0.398
	2	26	22.277	56.000	58.514	270.993	266.585	2.683
28		0.009	13.000	1506.678	270.993	266.585	0.215	0.212
29		0.087	3.000	37.459	270.993	266.585	3.220	3.201
31		0.018	24.000	1372.437	270.993	266.585	0.235	0.232
33		0.378	470.000	1712.004	270.993	266.585	0.190	0.187

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	34	1.755	1099.00	1725.201	270.993	266.585	0.189	0.186
	35	11.526	54.000	58.685	270.993	266.585	2.679	2.659
	36	4.049	150.000	187.048	270.993	266.585	1.329	1.314
	37	7.280	79.000	89.851	270.993	266.585	2.149	2.129
	38	15.395	93.000	99.041	270.993	266.585	2.031	2.011
	39	2.852	240.000	324.147	270.993	266.585	0.864	0.853
	40	14.162	93.000	99.566	270.993	266.585	2.025	2.005
	41	1.286	130.000	231.090	270.993	266.585	1.134	1.119
	42	0.057	2954.00	50000.000	270.993	266.585	0.007	0.007
	43	15.430	141.000	150.137	270.993	266.585	1.555	1.537
	44	3.265	316.000	412.777	270.993	266.585	0.705	0.695
	45	0.916	986.000	2061.796	270.993	266.585	0.159	0.157
	46	3.753	461.000	583.853	270.993	266.585	0.520	0.512
	47	6.805	244.000	279.858	270.993	266.585	0.974	0.962
	48	30.441	166.000	171.454	270.993	266.585	1.416	1.400
	49	0.052	357.000	7248.788	270.993	266.585	0.046	0.046
	50	1.920	506.000	769.486	270.993	266.585	0.405	0.399
	51	12.681	186.000	200.667	270.993	266.585	1.262	1.247
	52	13.218	69.000	74.221	270.993	266.585	2.386	2.366
	53	23.118	65.000	67.812	270.993	266.585	2.499	2.478
	54	5.395	135.000	160.024	270.993	266.585	1.487	1.470
	55	7.508	58.000	65.725	270.993	266.585	2.538	2.517
	56	0.777	721.000	1649.017	270.993	266.585	0.197	0.194
	57	23.733	74.000	77.118	270.993	266.585	2.338	2.318
	58	5.091	190.000	227.321	270.993	266.585	1.148	1.134
	59	5.014	197.000	236.295	270.993	266.585	1.114	1.100
	60	10.182	162.000	177.912	270.993	266.585	1.379	1.363
	61	12.950	86.000	92.641	270.993	266.585	2.112	2.092
	62	7.702	149.000	168.344	270.993	266.585	1.435	1.418
	63	3.522	239.000	306.868	314.592	315.710	1.020	1.023
	64	4.001	398.000	497.473	314.592	315.710	0.683	0.685
	65	8.763	168.000	187.170	314.592	315.710	1.479	1.483
	66	0.753	428.000	996.290	314.592	315.710	0.366	0.367
	67	0.492	402.000	1219.701	314.592	315.710	0.303	0.304
	68	0.416	784.000	2666.427	314.592	315.710	0.143	0.144
	69	3.826	208.000	262.365	314.592	315.710	1.153	1.156
	70	1.343	276.000	481.552	314.592	315.710	0.702	0.704
	71	18.019	135.000	142.492	314.592	315.710	1.778	1.782
	72	1.779	301.000	470.168	314.592	315.710	0.717	0.719
	73	2.256	534.000	770.645	314.592	315.710	0.463	0.465
	74	8.215	173.000	194.061	314.592	315.710	1.442	1.446
	75	3.597	168.000	214.700	314.592	315.710	1.341	1.344
3	76	3.039	188.000	249.861	314.592	315.710	1.197	1.200
	77	1.357	205.000	356.080	314.592	315.710	0.905	0.907
	78	1.093	246.000	471.059	314.592	315.710	0.715	0.718
	79	2.029	557.000	831.527	314.592	315.710	0.432	0.433
	80	11.679	73.000	79.250	314.592	315.710	2.490	2.495
	81	5.765	94.000	110.305	314.592	315.710	2.081	2.085
	82	7.003	88.000	100.567	314.592	315.710	2.194	2.199
	83	5.455	219.000	259.142	314.592	315.710	1.164	1.167
	84	28.618	103.000	106.599	314.592	315.710	2.123	2.127
	85	16.976	136.000	144.011	314.592	315.710	1.766	1.770
	86	5.984	191.000	222.918	314.592	315.710	1.304	1.307
	87	0.147	2683.00	20952.817	314.592	315.710	0.019	0.019

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

88	9.303	110.000	121.823	314.592	315.710	1.962	1.966
89	16.465	122.000	129.410	314.592	315.710	1.890	1.894
90	6.422	250.000	288.930	314.592	315.710	1.070	1.073
91	2.552	371.000	516.362	314.592	315.710	0.661	0.663
92	10.851	98.000	107.032	314.592	315.710	2.118	2.122
93	0.949	352.000	722.761	314.592	315.710	0.491	0.492
94	15.834	92.000	97.810	314.592	315.710	2.229	2.233
95	9.715	115.000	126.838	314.592	315.710	1.914	1.918
96	2.900	338.000	454.564	314.592	315.710	0.737	0.740
97	12.880	89.000	95.910	314.592	315.710	2.253	2.257
98	6.733	268.000	307.806	314.592	315.710	1.018	1.020
99	1.218	272.000	495.242	314.592	315.710	0.685	0.687
100	3.968	98.000	122.699	314.592	315.710	1.953	1.957
101	5.004	99.000	118.785	314.592	315.710	1.992	1.996
102	1.177	351.000	649.159	314.592	315.710	0.540	0.542
103	18.432	217.000	228.773	314.592	315.710	1.279	1.283
104	0.181	1632.00	10668.732	314.592	315.710	0.037	0.037
105	0.356	826.000	3144.560	314.592	315.710	0.122	0.122
106	0.666	498.000	1245.883	314.592	315.710	0.297	0.298
107	4.523	97.000	118.445	314.592	315.710	1.995	1.999
108	5.830	243.000	284.681	314.592	315.710	1.082	1.085
109	3.255	250.000	326.794	314.592	315.710	0.970	0.973
110	3.121	240.000	316.891	314.592	315.710	0.994	0.997
111	12.550	96.000	103.650	314.592	315.710	2.157	2.161
112	8.481	162.000	181.101	314.592	315.710	1.514	1.518
113	18.099	132.000	139.293	314.592	315.710	1.804	1.808
114	4.711	463.000	561.275	314.592	315.710	0.615	0.616
115	0.947	263.000	540.840	314.592	315.710	0.635	0.637
116	0.112	443.000	4407.722	314.592	315.710	0.088	0.088
117	6.550	305.000	351.566	314.592	315.710	0.914	0.917
118	3.602	201.000	256.805	314.592	315.710	1.172	1.175
119	8.335	196.000	219.515	314.592	315.710	1.319	1.322
120	5.541	480.000	566.625	314.592	315.710	0.609	0.611
121	0.199	1866.00	11258.883	314.592	315.710	0.035	0.035
122	4.421	206.000	252.592	314.592	315.710	1.187	1.190
123	4.515	231.000	282.163	314.592	315.710	1.090	1.093
124	6.319	342.000	396.123	314.592	315.710	0.828	0.831
125	3.850	310.000	390.525	314.592	315.710	0.838	0.841
126	11.295	95.000	103.411	314.592	315.710	2.160	2.164
127	10.039	152.000	167.141	314.592	315.710	1.600	1.604
128	5.575	200.000	235.877	314.592	315.710	1.250	1.254
129	0.028	374.000	13568.789	314.592	315.710	0.029	0.029
130	25.388	92.000	95.624	314.592	315.710	2.256	2.261
131	24.789	60.000	62.420	314.592	315.710	2.788	2.792
132	0.267	572.000	2716.201	314.592	315.710	0.141	0.141
133	0.222	1483.00	8.169.068	314.592	315.710	0.048	0.048
134	2.870	304.000	409.934	314.592	315.710	0.805	0.807
135	9.078	210.000	233.133	314.592	315.710	1.261	1.265
136	0.228	398.000	2143.554	314.592	315.710	0.177	0.178
137	0.476	269.000	834.088	314.592	315.710	0.431	0.432
138	0.281	379.000	1728.757	314.592	315.710	0.218	0.218
139	0.279	414.000	1899.634	314.592	315.710	0.199	0.199
140	0.134	1205.00	10198.454	314.592	315.710	0.038	0.038
141	0.083	134.000	1754.732	314.592	315.710	0.214	0.215

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

142	0.050	14.000	295.206	314.592	315.710	1.052	1.055
-----	-------	--------	---------	---------	---------	-------	-------

Πίνακας 4.7 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω ακτίνας Οριζοντιογραφίας.

Στοιχεία Κορυφών (Ακτίνες) και τμημάτων για Συντελεστή Επικινδυνότητας				
Τμήμα	Ελάχιστη Απαιτούμενη Ακτίνα R_{min}		Συντελεστής Επικινδυνότητας Ακτίνας $Coef_{RTot}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward
1	322.269	320.006	8.079	8.042
2	270.993	266.585	8.264	8.181
3	314.592	315.710	7.062	7.079

- **Συντελεστής Επικινδυνότητας με βάση το διατιθέμενο και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση GUS_2**

Στην συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής Επικινδυνότητας με βάση το διατιθέμενο και το απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση για κάθε καμπύλη όπως και για κάθε τμήμα οδικού άξονα, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.7 της νέας μεθοδολογίας, και οι πίνακες των αποτελεσμάτων παραδίδονται παρακάτω.

Πίνακας 4.8 : Συντελεστές Επικινδυνότητας καμπυλών λόγω ορατότητας.

Στοιχεία Ορατότητας Κορυφών							
Τμήμα	Κορυφή	Υφιστάμενο S_{hexist}		Απαιτούμενο S_h		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Ορατότητας $Coef_{Sh}$	
		Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	131.139	89.091	109.464	110.892	0.844	1.225
	3	80.711	54.724	109.464	110.892	1.325	1.897
	4	130.097	74.605	109.464	110.892	0.850	1.440
	5	111.189	75.538	109.464	110.892	0.986	1.424
	6	2065.068	960.623	109.464	110.892	0.057	0.123
	7	58.346	39.638	109.464	110.892	1.773	2.498
	8	1166.074	566.454	109.464	110.892	0.100	0.207
	9	636.054	313.308	109.464	110.892	0.182	0.370
	10	171.448	102.913	109.464	110.892	0.654	1.072
	11	168.161	89.371	109.464	110.892	0.666	1.221
	12	2431.200	1129.257	109.464	110.892	0.048	0.104
	13	9064.975	4192.744	109.464	110.892	0.013	0.028
	14	80.940	52.523	109.464	110.892	1.321	1.966
	15	78.875	53.585	109.464	110.892	1.353	1.932
	16	85.003	56.059	109.464	110.892	1.264	1.857
	17	144.569	85.019	109.464	110.892	0.770	1.278
	18	113.035	74.511	109.464	110.892	0.970	1.441
19	100.341	59.348	109.464	110.892	1.084	1.766	
20	78.490	51.585	109.464	110.892	1.359	1.997	

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	21	173071.1	79879.01	109.464	110.892	0.001	0.001
	22	89.702	57.477	109.464	110.892	1.203	1.817
	23	146.757	79.597	109.464	110.892	0.759	1.358
	24	82.796	54.695	109.464	110.892	1.294	1.897
	25	769.699	363.848	109.464	110.892	0.151	0.320
2	26	55.161	37.474	96.092	98.672	1.660	2.375
	28	41192.51	19012.19	96.092	98.672	0.002	0.006
	28	682.260	315.274	96.092	98.672	0.149	0.328
	31	19310.10	8912.852	96.092	98.672	0.005	0.012
	33	1199.327	563.687	96.092	98.672	0.085	0.185
	34	423.407	228.840	96.092	98.672	0.239	0.448
	35	55.241	37.529	96.092	98.672	1.658	2.372
	36	105.017	67.001	96.092	98.672	0.920	1.428
	37	68.422	46.437	96.092	98.672	1.368	1.977
	38	71.764	48.754	96.092	98.672	1.309	1.895
	39	151.266	89.641	96.092	98.672	0.651	1.093
	40	71.955	48.883	96.092	98.672	1.306	1.890
	41	183.179	94.350	96.092	98.672	0.542	1.043
	42	35323.4	16313.01	96.092	98.672	0.003	0.006
	43	88.358	60.027	96.092	98.672	1.081	1.576
	44	163.866	99.987	96.092	98.672	0.603	0.988
	45	673.222	333.601	96.092	98.672	0.151	0.310
	46	188.098	118.380	96.092	98.672	0.528	0.843
	47	120.831	81.955	96.092	98.672	0.806	1.188
	48	94.422	64.147	96.092	98.672	1.016	1.485
	49	15501.31	7157.726	96.092	98.672	0.007	0.015
	50	271.286	148.909	96.092	98.672	0.370	0.678
	51	102.150	69.398	96.092	98.672	0.944	1.383
	52	62.125	42.205	96.092	98.672	1.492	2.146
	53	59.382	40.342	96.092	98.672	1.554	2.231
	54	92.953	61.972	96.092	98.672	1.031	1.532
	55	58.512	39.717	96.092	98.672	1.575	2.261
	56	674.224	329.195	96.092	98.672	0.151	0.314
	57	63.326	43.021	96.092	98.672	1.467	2.111
	58	111.435	73.863	96.092	98.672	0.870	1.307
	59	113.826	75.307	96.092	98.672	0.853	1.284
	60	96.184	65.344	96.092	98.672	0.999	1.460
	61	69.407	47.153	96.092	98.672	1.350	1.951
	62	93.562	63.563	96.092	98.672	1.025	1.497
63	138.606	85.930	109.084	108.385	0.798	1.240	
3	64	171.272	109.267	109.084	108.385	0.653	0.992
	65	98.655	67.023	109.084	108.385	1.098	1.553
	66	535.837	260.972	109.084	108.385	0.215	0.432
	67	817.824	388.157	109.084	108.385	0.142	0.293
	68	1382.323	651.752	109.084	108.385	0.084	0.176
	69	125.739	79.352	109.084	108.385	0.875	1.333
	70	257.582	133.514	109.084	108.385	0.440	0.822
	71	86.079	58.479	109.084	108.385	1.245	1.754
	72	219.858	119.053	109.084	108.385	0.513	0.916
	73	253.447	143.362	109.084	108.385	0.447	0.769
	74	100.455	68.246	109.084	108.385	1.080	1.528
	75	115.455	71.842	109.084	108.385	0.948	1.459
	76	130.312	78.225	109.084	108.385	0.846	1.351
	77	220.329	114.355	109.084	108.385	0.512	0.951

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

78	287.701	145.249	109.084	108.385	0.396	0.759
79	275.190	152.571	109.084	108.385	0.413	0.724
80	64.195	43.612	109.084	108.385	1.624	2.261
81	76.767	51.452	109.084	108.385	1.382	1.962
82	72.452	49.128	109.084	108.385	1.457	2.042
83	118.012	78.863	109.084	108.385	0.929	1.341
84	74.452	50.580	109.084	108.385	1.421	1.991
85	86.537	58.790	109.084	108.385	1.239	1.745
86	108.597	73.144	109.084	108.385	1.004	1.436
87	9731.732	4506.683	109.084	108.385	0.012	0.026
88	79.591	54.072	109.084	108.385	1.338	1.879
89	82.032	55.730	109.084	108.385	1.301	1.830
90	123.060	83.273	109.084	108.385	0.893	1.276
91	198.086	114.790	109.084	108.385	0.568	0.948
92	74.603	50.683	109.084	108.385	1.418	1.988
93	389.674	193.754	109.084	108.385	0.294	0.576
94	71.317	48.451	109.084	108.385	1.477	2.067
95	81.213	55.174	109.084	108.385	1.313	1.846
96	178.066	105.939	109.084	108.385	0.629	1.022
97	70.621	47.978	109.084	108.385	1.491	2.084
98	126.758	85.950	109.084	108.385	0.869	1.239
99	276.233	141.329	109.084	108.385	0.411	0.779
100	85.584	54.266	109.084	108.385	1.252	1.873
101	80.914	53.393	109.084	108.385	1.318	1.900
102	322.670	164.383	109.084	108.385	0.354	0.675
103	109.070	74.098	109.084	108.385	1.000	1.419
104	5737.119	2660.974	109.084	108.385	0.020	0.044
105	1709.617	802.114	109.084	108.385	0.068	0.143
106	655.021	316.176	109.084	108.385	0.176	0.359
107	82.043	53.317	109.084	108.385	1.301	1.902
108	122.923	82.658	109.084	108.385	0.894	1.285
109	145.998	88.991	109.084	108.385	0.760	1.200
110	145.505	87.886	109.084	108.385	0.762	1.214
111	73.415	49.876	109.084	108.385	1.439	2.015
112	97.042	65.927	109.084	108.385	1.115	1.576
113	85.107	57.819	109.084	108.385	1.258	1.771
114	176.709	116.063	109.084	108.385	0.633	0.938
115	337.851	167.928	109.084	108.385	0.338	0.661
116	5769.650	2668.272	109.084	108.385	0.020	0.043
117	135.600	91.856	109.084	108.385	0.815	1.166
118	126.158	78.565	109.084	108.385	0.873	1.346
119	106.840	72.583	109.084	108.385	1.020	1.446
120	174.068	116.615	109.084	108.385	0.643	0.934
121	5402.778	2508.251	109.084	108.385	0.022	0.046
122	119.926	77.860	109.084	108.385	0.915	1.357
123	126.271	82.292	109.084	108.385	0.872	1.290
124	144.172	97.504	109.084	108.385	0.769	1.103
125	153.056	96.812	109.084	108.385	0.727	1.111
126	73.331	49.818	109.084	108.385	1.441	2.017
127	93.227	63.336	109.084	108.385	1.157	1.634
128	112.368	75.240	109.084	108.385	0.973	1.399
129	38313.70	17685.73	109.084	108.385	0.003	0.007
130	70.515	47.906	109.084	108.385	1.493	2.087
131	56.972	38.705	109.084	108.385	1.805	2.500

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

132	2039.086	950.522	109.084	108.385	0.057	0.121
133	4166.239	1936.690	109.084	108.385	0.028	0.060
134	169.691	100.722	109.084	108.385	0.659	1.071
135	110.104	74.801	109.084	108.385	0.991	1.407
136	2082.459	968.387	109.084	108.385	0.056	0.119
137	694.027	328.931	109.084	108.385	0.167	0.345
138	1555.577	725.811	109.084	108.385	0.075	0.158
139	1641.318	765.709	109.084	108.385	0.071	0.150
140	7396.431	3423.413	109.084	108.385	0.016	0.034
141	4852.545	2242.170	109.084	108.385	0.024	0.052
142	3256.203	1503.498	109.084	108.385	0.036	0.077

Πίνακας 4.9 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω ορατότητας.

Στοιχεία Ορατότητας Τμημάτων				
Τμήμα	Απαιτούμενο S_{hexist}		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Ορατότητας $Coef_{ShTot}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward
1	109.464	110.892	5.285	8.122
2	96.092	98.672	5.143	7.707
3	109.084	108.385	4.958	7.367

• Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Τραυματισμού GUS_2

Σειρά έχει λοιπόν ο Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω Τραυματισμού που εξαρτάται καθαρά από την ταχύτητα που έχει το όχημα την ώρα της σύγκρουσης, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.10 της νέας μεθοδολογίας, και οι πίνακες των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 4.10 : Συντελεστές Επικινδυνότητας τμημάτων λόγω Τραυματισμού.

Στοιχεία Τραυματισμού λόγω ταχύτητας								
Τμήμα	P_e		P_b		P_v		Συντελεστής Επικινδυνότητας λόγω τραυματισμού $Coef_{Acc}$	
	Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward	Forward	Backward
1	0.323	0.327	0.477	0.473	0.124	0.122	19.355	19.167
2	0.419	0.427	0.385	0.377	0.093	0.090	15.091	14.725
3	0.337	0.335	0.465	0.466	0.119	0.119	18.718	18.811

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

4.5 Αποτελέσματα λογισμικού

Ανάλογα με την πληρότητα των δεδομένων που εισάγει ο χρήστης, το λογισμικό παράγει αντίστοιχα αποτελέσματα μέσω της νέας μεθοδολογίας, με αποτέλεσμα τελικούς παράγοντες κινδύνου όπως αναφέρθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια.

Η παρούσα διπλωματική εργασία δίνει βάση στην τελική βαθμολογία καθώς και στους Χάρτες Επικινδυνότητας που κατασκευάζονται μέσω του λογισμικού με βάση στα σημεία και στα τμήματα που φαίνεται να έχουν το χαμηλότερο επίπεδο οδικής ασφάλειας. Η αθροιστική βαθμολογία για κάθε καμπύλη στον άξονα προέρχεται από το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών όπως περιγράφονται στη μαθηματική έκφραση 3.16 και πολλαπλασιάζοντας την αθροιστική βαθμολογία με τους Συντελεστές Επικινδυνότητας λόγω κυκλοφοριακού φόρτου και λόγω τραυματισμού (ταχύτητας). Ομοίως, η συνολική βαθμολογία για κάθε τμήμα ελέγχου του δρόμου προσδιορίζεται αθροίζοντας τους σταθμισμένους συντελεστές βαρύτητας, όπως φαίνεται στη σχέση 3.17 και πολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα με τους παραπάνω συντελεστές Επικινδυνότητας βγάζοντας έτσι τις τελικές βαθμολογία. Οι συνολικές βαθμολογίες τόσο για τις καμπύλες των αξόνων όσο και για τα επιμέρους τμήματα παρουσιάζονται λεπτομερώς στον επόμενο πίνακα, με τα αποτελέσματα να ταξινομούνται σύμφωνα με τα εύρη που καθορίζονται στον πίνακα 4.13 και 4.14 και η λεπτομερής του ανάλυση παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 5.4 .

Επισημαίνεται ότι η χρωματική διαβάθμιση του κάθε τμήματος, όπως και της κάθε καμπύλης εξαρτάται από την δυσμενέστερη βαθμολογία σε Backward και Forward. Επιπλέον, τα σχέδια που δημιουργούνται από λογισμικό καταλογίζονται παράλληλα με τη χρωματική τους διαβάθμιση, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, με ιδιαίτερη προσοχή στις χρωματιστές κηλίδες (Blackspots) κατά μήκος του άξονα για να βοηθήσει στην κατανόηση της μεθοδολογίας και στη διευκόλυνση των πιο τεκμηριωμένων συμπερασμάτων όσων αφορά τις καμπύλες του οδικού άξονα όπως φαίνεται παρακάτω στο κεφάλαιο 5.4.

Πίνακας 4.11 : Τελική Βαθμολογία οδικού άξονα 096-KY-0159 Pendleton από εντολή GUS-1α.

Τελική Βαθμολογία Οδικού Άξονα Pendleton 096-KY-0159					
Τμήμα	Καμπύλη	Τελική Βαθμολογία Μεμονωμένων Καμπυλών		Τελική Βαθμολογία Τμημάτων Οδικού Άξονα	
		Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	37.512	44.633	340.564	401.620
	3	68.446	79.121		
	4	54.558	66.202		
	5	45.464	53.533		
	6	21.204	26.748		
	7	90.469	103.687		

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	8	8.237	12.109		
	9	16.095	22.093		
	10	34.600	42.595		
	11	52.660	65.155		
	12	20.583	25.829		
	13	8.510	11.040		
	14	73.327	85.157		
	15	69.455	80.244		
	16	68.159	79.121		
	17	45.119	54.962		
	18	49.447	58.231		
	19	67.694	80.605		
	20	74.310	86.050		
	21	96.451	101.530		
	22	67.112	78.394		
	23	56.621	69.491		
	24	69.876	81.014		
	25	30.119	38.291		
	26	66.850	75.623		
	28	67.588	70.681		
	28	97.247	117.690		
	31	60.213	63.634		
	33	13.948	18.015		
	34	9.575	13.087		
	35	67.944	76.833		
2	36	39.344	45.866	255.783	295.264
	37	56.729	64.460		
	38	52.134	59.408		
	39	28.708	34.762		
	40	52.134	59.408		
	41	39.030	47.814		
	42	2.428	3.200		
	43	41.286	47.499		
	44	24.192	29.360		
	45	9.278	12.908		
	46	18.931	23.170		
	47	29.398	34.422		
	48	37.441	43.277		
	49	14.037	15.843		
	50	16.665	21.537		
	51	34.912	40.498		
	52	60.652	68.780		
2	53	62.409	70.718	255.783	295.264
	54	42.257	48.669		
	55	65.798	74.460		
	56	11.329	15.397		
	57	58.613	66.534		
	58	34.333	39.993		
	59	33.552	39.146		
	60	37.999	43.890		
	61	54.318	61.808		
	62	39.958	46.041		
3	63	40.707	49.517	277.870	334.461
	64	29.461	36.275		

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	65	51.447	60.726		
	66	23.193	30.906		
	67	22.840	30.096		
	68	13.593	18.650		
	69	44.589	53.736		
	70	33.853	43.702		
	71	58.340	68.482		
	72	33.036	42.363		
	73	23.037	29.997		
	74	50.563	59.730		
	75	50.553	60.726		
	76	46.768	56.970		
	77	41.077	52.288		
	78	35.610	45.924		
	79	22.107	29.063		
	80	80.058	92.903		
	81	70.695	82.472		
	82	73.168	85.150		
	83	43.749	52.140		
	84	67.537	78.819		
	85	58.099	68.211		
	86	47.629	56.454		
	87	4.376	6.273		
	88	65.241	76.239		
	89	61.702	72.262		
	90	40.354	48.207		
	91	29.846	37.824		
	92	69.297	80.798		
	93	27.469	36.163		
	94	71.559	83.341		
	95	63.710	74.518		
	96	32.105	40.134		
	97	72.758	84.689		
	98	38.618	46.237		
	99	33.778	43.685		
	100	68.455	80.798		
	101	68.655	80.393		
	102	28.325	37.159		
	103	44.083	52.421		
3	104	6.717	9.356	277.870	334.461
	105	12.744	17.447		
	106	20.439	27.471		
	107	69.168	81.209		
	108	41.049	49.030		
	109	39.367	48.207		
	110	40.280	49.394		
	111	70.032	81.625		
	112	52.556	61.975		
	113	59.078	69.311		
	114	26.841	33.003		
	115	33.464	43.371		
	116	17.777	21.891		
	117	35.544	42.748		
	118	45.386	54.815		

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	119	46.917	55.620		
	120	26.327	32.264		
	121	6.148	8.713		
	122	45.150	54.039		
	123	42.096	50.526		
	124	32.994	39.849		
	125	34.642	42.326		
	126	70.407	82.046		
	127	54.536	64.203		
	128	46.272	54.974		
	129	18.309	20.761		
	130	71.559	83.341		
	131	87.459	101.244		
	132	16.163	21.257		
	133	7.500	10.496		
	134	34.387	42.827		
	135	44.982	53.437		
	136	20.838	26.569		
	137	30.195	38.859		
3	138	22.157	28.465	277.870	334.461
	139	20.738	26.773		
	140	8.171	10.885		
	141	40.330	46.780		
	142	92.840	107.131		

Πίνακας 4.12 : Τελική Βαθμολογία οδικού άξονα 096-KY-0159 Pendleton από εντολή GUS-2α.

Τελική Βαθμολογία Οδικού Άξονα Pendleton 096-KY-0159					
Τμήμα	Καμπύλη	Τελική Βαθμολογία Μεμονωμένων Καμπυλών		Τελική Βαθμολογία Τμημάτων Οδικού Άξονα	
		Forward	Backward	Forward	Backward
1	2	35.294	42.142	258.672	309.818
	3	63.612	73.794		
	4	42.897	53.642		
	5	43.570	51.416		
	6	4.511	5.711		
	7	87.702	100.592		
	8	3.637	5.640		
	9	7.928	11.419		
	10	27.861	35.509		
	11	36.790	46.941		
	12	3.982	5.003		
	13	.923	1.203		
	14	65.456	77.007		
	15	65.129	75.430		
	16	61.320	71.941		
	17	35.992	45.279		
	18	43.782	52.254		

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	19	56.055	68.424		
	20	67.029	78.438		
	21	3.638	3.594		
	22	59.009	70.050		
	23	41.393	52.335		
	24	63.046	73.835		
	25	10.664	13.745		
2	26	65.534	74.168	202.326	233.947
	28	3.284	3.201		
	28	50.842	51.962		
	31	3.630	3.584		
	33	4.160	5.486		
	34	6.462	9.338		
	35	65.447	74.072		
	36	33.949	40.364		
	37	53.072	60.459		
	38	50.408	57.511		
	39	22.869	28.656		
	40	50.264	57.353		
	41	25.281	31.833		
	42	.146	.193		
2	43	39.777	45.843	202.326	233.947
	44	19.738	24.779		
	45	4.685	6.875		
	46	15.814	19.954		
	47	26.873	31.651		
	48	36.709	42.473		
	49	.799	.888		
	50	11.691	15.850		
	51	33.296	38.719		
	52	58.527	66.439		
	53	61.162	69.342		
	54	38.008	44.201		
	55	62.063	70.356		
	56	5.259	7.490		
3	57	57.421	65.221	224.977	271.742
	58	30.457	35.931		
	59	29.686	35.099		
	60	35.885	41.568		
	61	52.241	59.526		
	62	37.122	42.927		
	63	34.036	42.562		
	64	24.993	31.548		
	65	48.242	57.114		
	66	10.872	15.033		
67	8.319	11.234			
68	4.255	6.016			
69	37.967	46.832			
70	21.383	28.709			
71	56.589	66.513			
72	23.021	30.747			
73	17.041	23.194			
74	47.200	55.940			
75	42.842	52.729			

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	76	38.247	47.988		
	77	26.521	34.956		
	78	20.793	27.775		
	79	15.818	21.779		
	80	77.005	89.467		
	81	64.826	76.131		
	82	68.334	79.767		
	83	39.180	47.181		
	84	66.333	77.467		
	85	56.249	66.130		
	86	43.204	51.599		
	87	.575	.837		
	88	61.751	72.317		
	89	59.732	70.047		
	90	36.743	44.181		
	91	22.996	30.297		
	92	66.192	77.308		
	93	14.689	20.101		
	94	69.366	80.876		
	95	60.399	70.797		
	96	25.575	33.130		
	97	70.066	81.662		
	98	35.305	42.510		
	99	20.528	27.582		
	100	59.985	72.045		
	101	61.943	73.277		
	102	16.733	22.887		
	103	42.663	50.816		
	104	1.066	1.509		
	105	3.557	5.000		
	106	8.858	12.347		
	107	61.697	73.386		
	108	36.995	44.580		
	109	32.379	40.879		
3	110	32.880	41.597	224.977	271.742
	111	67.316	78.571		
	112	49.205	58.200		
	113	57.322	67.336		
	114	23.359	29.239		
	115	18.211	24.412		
	116	2.019	2.471		
	117	32.365	39.176		
	118	38.274	47.421		
	119	43.770	52.068		
	120	23.436	29.065		
	121	1.054	1.523		
	122	39.350	47.910		
	123	36.718	44.820		
	124	29.899	36.382		
	125	29.289	36.705		
	126	67.397	78.662		
	127	51.602	60.901		
	128	41.608	49.905		
	129	.596	.667		

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

	130	70.173	81.783		
	131	85.956	99.549		
	132	3.702	4.935		
	133	1.417	2.023		
	134	27.391	35.324		
	135	42.164	50.252		
	136	4.359	5.578		
	137	11.181	14.619		
3	138	5.472	7.084	224.977	271.742
	139	5.047	6.576		
	140	1.012	1.359		
	141	4.465	5.019		
	142	20.359	21.287		

Πίνακας 4.13 : Υπόμνημα Χάρτη Επικινδυνότητας-Βαθμολογία με επίπεδα ασφαλείας για κάθε καμπύλη.

Εύρος Βαθμολογίας	Επίπεδο Ασφαλείας	Χρωματική
0 - 25	Υψηλό	Πράσινο
25 – 50	Μέτριο	Πορτοκαλί
50 - 75	Χαμηλό	Μωβ
≥ 75	Πολύ χαμηλό	Κόκκινο

Πίνακας 4.14 : Υπόμνημα Χάρτη Επικινδυνότητας-Βαθμολογία με επίπεδα ασφαλείας για κάθε τμήμα.

Εύρος Βαθμολογίας	Επίπεδο Ασφαλείας	Χρωματική
0 - 150	Υψηλό	Πράσινο
150 - 300	Μέτριο	Πορτοκαλί
300 - 450	Χαμηλό	Μωβ
≥ 450	Πολύ χαμηλό	Κόκκινο

Μετά την εξέταση των τελικών βαθμολογιών που απεικονίζονται στους πίνακες για τον οδικό άξονα Pendleton 096-KY-0159 και την ανάλυση των συνοδευτικών χρωματικά κωδικοποιημένων σχεδίων που δημιουργούνται από το λογισμικό, τα οποία αντιπροσωπεύουν διαφορετικά επίπεδα ασφάλειας που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα διαστήματα κατά μήκος του άξονα, μπορεί να συναχθεί ότι:

- Το επίπεδο ασφάλειας είναι ιδιαίτερα υψηλό στα μεγαλύτερα τμήματα του δρόμου.

Κεφάλαιο 4 – Συλλογή και Επεξεργασία Στοιχείων

- Είναι μέτρια σε τμήματα με μεγαλύτερες ακτίνες, αλλά μειώνεται σε χαμηλότερο επίπεδο σε τμήματα με μικρότερες ακτίνες.

Επιπλέον, η σύγκριση μεταξύ των τελικών βαθμολογιών του GUS_1 και του GUS_2 δείχνει ότι τα αποτελέσματα από το GUS_1 είναι σταθερά υψηλότερα. Κατά συνέπεια, στη δεύτερη περίπτωση, υπάρχει σαφέστερη προσέγγιση του επιπέδου ασφαλείας. Αυτή η βελτίωση αποδίδεται στη συμπερίληψη πρόσθετων παραμέτρων όπως η απόκλιση βέλους (d) και το εκτιμώμενο πλάτος λωρίδας (z), παρέχοντας μια πιο ακριβή αναπαράσταση της πραγματικής οδήγησης και μία πιο ρεαλιστική ακτίνα R^* (εν δυνάμει ακτίνα που ακολουθεί ο οδηγός με το όχημα του σε κάθε καμπύλη) .

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1 Πρόγραμμα SPSS

Το SPSS είναι ένα ολοκληρωμένο και εξελιγμένο εργαλείο λογισμικού σχεδιασμένο για στατιστική ανάλυση, διαχείριση δεδομένων και οπτικοποίηση δεδομένων. Προσφέρει μια φιλική προς το χρήστη επαφή που επιτρέπει σε ερευνητές, αναλυτές και στατιστικούς να εκτελούν διάφορες στατιστικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένων περιγραφικών στατιστικών, ελέγχου υποθέσεων, ανάλυσης παλινδρόμησης, παραγοντικής ανάλυσης και άλλων. Με το SPSS, οι χρήστες μπορούν να εισάγουν δεδομένα από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων υπολογιστικών φύλλων και βάσεων δεδομένων, και να χειρίζονται σύνολα δεδομένων για να τα προετοιμάσουν για ανάλυση. Το λογισμικό παρέχει ένα ευρύ φάσμα στατιστικών τεχνικών για την εξερεύνηση δεδομένων, τον εντοπισμό προτύπων, τον έλεγχο υποθέσεων και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων με βάση εμπειρικά στοιχεία.

Το SPSS διευκολύνει τόσο τη βασική όσο και την προηγμένη στατιστική ανάλυση, καλύπτοντας τις ανάγκες των ερευνητών σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών επιστημών, της υγειονομικής περίθαλψης, του μάρκετινγκ, των οικονομικών και όχι μόνο. Η γραφική του επαφή το καθιστά προσβάσιμο σε χρήστες με διαφορετικά επίπεδα στατιστικής τεχνογνωσίας, επιτρέποντάς τους να δημιουργούν πίνακες, γραφήματα και γραφήματα για να οπτικοποιούν δεδομένα και να επικοινωνούν αποτελεσματικά τα ευρήματα. Συνοπτικά, το SPSS είναι ένα ισχυρό εργαλείο για στατιστική ανάλυση και διαχείριση δεδομένων, προσφέροντας ένα ολοκληρωμένο σύνολο χαρακτηριστικών για την υποστήριξη των διαδικασιών έρευνας και λήψης αποφάσεων στον ακαδημαϊκό χώρο, τη βιομηχανία και τους κυβερνητικούς τομείς.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

	Περιοχή	ΙΔΟδικούΑξία	Κορυφή	ΑκτίναR	ΑκτίναR_A	ΤελικήΒαθμολογίαForwards	ΤελικήΒαθμολογίαBackwards	Μ.Ο.ΒαθμολογίαχωρίςΣ.Ε.Φόρτου	Μ.Ο.ΒαθμολογίαμεΣ.Ε.Φόρτου	Ατυχημάτα	Κυκλικότόξο	ΚυκλοφοριακόςΦόρτοςΜΗΚ	ΔείκτηςΑτυχημάτωνAc10θVΚΜ	var
1	Madison	076-KY-0388	2	36,659	32	128,339	149,820	139,07950000000000	41,30661150000000	1	38,632	594	29,8478811572	
2	Madison	076-KY-0388	69	40,197	36	126,060	146,015	136,03750000000000	65,16196250000000	7	45,415	958	110,199685892	
3	Madison	076-KY-0388	15	143,409	121	69,286	82,805	76,04550000000000	22,58551350000000	1	70,989	594	16,2431270319	
4	Madison	076-KY-0388	60	271,269	261	48,517	58,209	53,36300000000000	12,54030500000000	1	221,567	470	6,57724786815	
5	Madison	076-KY-0388	64	290,777	280	46,445	55,849	51,14700000000000	24,49941300000000	2	232,439	958	6,15180601584	
6	Madison	076-KY-0388	24	277,498	194	43,694	56,123	49,90850000000000	14,82282450000000	1	59,753	594	19,2974971108	
7	Madison	076-KY-0388	49	294,328	223	43,763	55,237	49,50000000000000	11,63250000000000	1	74,250	470	19,6269505509	
8	Madison	076-KY-0388	91	657,292	555	38,855	48,065	43,45999999999999	127,29434000000000	9	154,579	5858	6,80753358904	
9	Madison	076-KY-0388	65	513,023	495	32,118	39,414	35,76600000000001	17,13191400000000	2	322,436	958	4,43473941655	
10	Madison	076-KY-0388	87	875,780	688	31,024	40,178	35,60100000000000	26,55834600000000	1	141,689	1492	3,23997892965	
11	Madison	076-KY-0388	46	732,133	470	21,551	29,570	25,56050000000000	6,0067175000000000	1	81,975	470	17,7773843050	
12	Madison	076-KY-0388	96	1556,538	687	14,672	20,760	17,71600000000000	37,83251800000000	3	65,866	4271	7,30428209791	
13	Madison	076-KY-0388	74	2412,129	937	6,752	9,886	8,318999999999999	3,9848010000000000	2	68,985	958	20,7279791044	
14	Madison	076-KY-0388	13	14403,018	2033	1,027	1,481	1,2540000000000000	,3724380000000000	1	51,701	594	22,3029215076	
15	Madison	076-KY-0388	95	45311,914	1112	,368	,427	,3975000000000000	,8488612500000000	3	14,961	4271	32,1571983598	
16	Madison	076-KY-0627	13	443,305	433	43,518	53,208	48,36300000000000	184,98847500000000	1	366,980	7650	243973868623	
17	Madison	076-KY-0627	6	449,094	442	43,152	52,785	47,96850000000000	183,47951250000000	3	444,084	7650	604841856318	
18	Madison	076-KY-0627	16	537,935	534	38,341	47,202	42,77150000000000	163,60098750000000	1	691,920	7650	129398673701	
19	Madison	076-KY-0627	9	1352,193	1341	20,772	26,482	23,62700000000000	90,37327500000000	2	1093,770	7650	163715461765	
20	Madison	076-KY-0627	15	1921,182	1509	15,679	21,289	18,48400000000000	70,70130000000000	3	210,022	7650	1,27891645124	
21	Madison	076-KY-2328	5	38,944	38	36,641	45,694	41,16750000000000	29,55826500000000	1	80,851	1436	5,89939272770	
22	Madison	076-KY-2328	10	44,207	43	34,556	43,188	38,87200000000000	27,91009600000000	3	85,331	1436	16,7689984212	
23	Madison	076-KY-2328	13	507,995	469	28,242	36,170	32,20600000000000	23,12390800000000	6	210,189	1436	13,6155117944	
24	Madison	076-KY-2328	6	65,218	62	28,407	35,784	32,09500000000000	23,04456900000000	2	87,164	1436	10,9442384798	

Εικόνα 5.1: Περιβάλλον Στατιστικού Προγράμματος SPSS.

Το παραπάνω λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για να γίνουν οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών μας για την αξιολόγηση της βαθμολογίας της νέας μεθοδολογίας με πραγματικά στοιχεία και να ομαδοποιηθούν οι βαθμολογίες ώστε να γίνει η κατάταξη των ορίων για τον χαρακτηρισμό των τμημάτων της οδικής ασφάλειας. Για να εισαχθούν τα στοιχεία μας μέσα στο SPSS και να γίνει η ανάλυση, ομαδοποιήθηκαν τα δεδομένα σύμφωνα με τον οδικό άξονα που ανήκει η κάθε καμπύλη. Στη συνέχεια με την βοήθεια των αποτελεσμάτων από το λογισμικό FM19, τα κυκλοφοριακά στοιχεία, τα δεδομένα του πλήθους των ατυχημάτων που είχαμε σε κάθε ακτίνα και του δείκτη ατυχημάτων που υπολογίστηκε, φτιάχτηκε ένας πίνακας σε μορφή excel. Το λογισμικό μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας της βαθμολογίας μας, αποθηκεύει σε διαφορετικά αρχεία τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε καμπύλης, όπως την ακτίνα χάραξης R, την ακτίνα που διαγράφει ο οδηγός κατά την πορείας του μέσα στην καμπύλη R* και το μήκος του κυκλικού τόξου που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση της έρευνας. Αφού αφαιρέθηκαν οι μεμονωμένες καμπύλες που:

- Βρίσκονται μέσα σε πόλης και χωριά.
- Οι λωρίδες κυκλοφορίας γινόταν από συνολικά δύο που πρέπει να είναι στην συγκεκριμένη έρευνα 3 ή 4.
- Οι ακτίνα είναι μεγαλύτερη από 5.000μ.
- Βρίσκονται σε διασταυρώσεις οδικών αξόνων

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Αφού απομονώθηκαν μόνο όσες πληρούν τα κριτήρια της εργασίας, ταξινομήθηκαν με βάση τον οδικό άξονα που ανήκουν. Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο δείκτης ατυχημάτων σε κάθε καμπύλη όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 2.8.7. Ο δείκτης ατυχημάτων επιλέχθηκε σαν μέτρο σύγκρισης και συσχέτισης με την τελική βαθμολογία, διότι αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο μέσο για την ανάδειξη του επιπέδου ασφαλείας σε εθνικό επίπεδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο συσχέτισης εάν υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Περιοχή	ID Οδικού Άξονα	Κορυφή	Ακτίνα R*	Ακτίνα R	Τελική Βαθμολογία Forward	Τελική Βαθμολογία Backward	M.O. Βαθμολογίας χωρίς Σ.Ε. Φόρτου	M.O. Βαθμολογίας με Σ.Ε. Φόρτου	Ατυχήματα	Κυκλικό τόξο (m)	Κυκλοφοριακός Φόρτος (EMHK)	Δείκτης Ατυχημάτων (Accd/10 ⁶ VKM)
2	Woodford	120-KY-1681	7	33,024	28	118,352	136,333	59,676	20,558382	1	32,732	689	30,371
3	Woodford	120-KY-1681	5	70,782	61	88,105	101,429	44,5525	15,34833625	1	52,958	689	18,771
4	Woodford	120-KY-1681	18	75,501	69	85,804	98,546	43,402	14,951989	1	72,079	689	13,792
5	Woodford	120-KY-1681	53	155,02	139	78,032	91,813	42,016	59,368608	6	95,768	2826	15,185
6	Woodford	120-KY-1681	6	160,536	113	53,411	66,079	27,2055	9,37229475	1	45,956	689	21,631
7	Woodford	120-KY-1681	4	170,059	125	52,625	64,684	26,8125	9,23690625	1	52,191	689	19,047
8	Woodford	120-KY-1681	3	176,148	123	50,362	62,595	26,181	9,0193545	2	47,351	689	41,988
9	Woodford	120-KY-1681	12	208,714	182	49,446	58,107	25,223	8,6893235	1	98,078	689	10,136
10	Woodford	120-KY-1681	2	235,508	170	42,733	53,413	21,8665	7,53300925	1	59,034	689	16,839
11	Woodford	120-KY-1681	57	333,178	272	48,472	59,412	25,236	35,658468	2	97,698	2826	4,962
12	Woodford	120-KY-1681	54	650,47	353	24,961	33,94	12,9805	18,3414465	1	57,808	2826	4,193
13	Woodford	120-KY-1681	22	780,138	547	34,816	46,582	17,908	6,169306	1	101,146	689	9,828
14	Woodford	120-KY-1681	21	805,079	609	35,642	46,662	18,821	6,4838345	2	122,75	689	16,197
15	Woodford	120-KY-1681	43	1196,22	713	23,379	32,853	12,1895	10,190422	1	91,662	1672	4,469
16	Woodford	120-KY-1681	40	1503,599	735	17,659	25,111	9,8295	8,217462	2	74,946	1672	10,932
17	Woodford	120-KY-1681	39	1700,187	869	16,539	23,822	8,7695	7,331302	1	85,214	1672	4,807
18	Woodford	120-KY-1681	58	2732,438	1050	7,144	10,487	5,072	7,166736	3	72,388	2826	10,045

Εικόνα 5.2: Απόσπασμα πίνακα από δεδομένα προς συσχέτιση (από Excel).

5.2 Μέθοδος ομαδοποίησης Clustering και αλγόριθμος K-means

Ομαδοποίηση είναι η κατηγοριοποίηση αντικειμένων σε διαφορετικές ομάδες, ή για την ακρίβεια, ο διαμερισμός ενός δεδομένων σε υποσύνολα συνόλου (ομάδες ή συστάδες), έτσι ώστε τα δεδομένα σε κάθε υποσύνολο (ιδανικά) να μοιράζονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά- συχνά σύμφωνα με κάποιο καθορισμένο μέτρο απόστασης.

Τύπος Ομαδοποίησης :

Ομαδοποίηση Διαμερισμού : Οι αλγόριθμοι διαμερισμού καθορίζουν όλες της ομάδες από την αρχή.

Μερικοί από αυτούς είναι :

- Ο K-means και παραλλαγές του.
- Ο Fuzzy c-means ομαδοποίηση.
- Ο QT αλγόριθμος ομαδοποίησης.

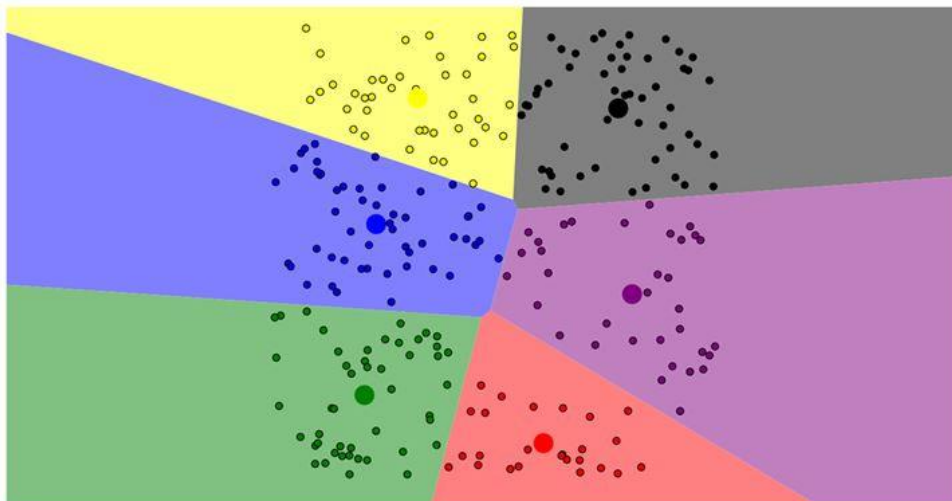
Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος K-means, προκειμένου να ομαδοποιηθούν οι βαθμολογίες της νέας μεθοδολογίας ώστε να γίνει η κατάταξη των ορίων για τον χαρακτηρισμό των τμημάτων της οδικής ασφάλειας.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Αλγόριθμος K – Means (Simple K – Means)

Ο αλγόριθμος k-means είναι ένας αλγόριθμος για να ομαδοποιεί n αντικείμενα βασιζόμενος σε χαρακτηριστικά, σε k διαμερισμούς, όπου $k < n$. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του αλγορίθμου εμφανίζονται παρακάτω.

- Είναι παρόμοιος με τον αλγόριθμο maximization για μίξη Gaussians expectation γιατί και οι δύο προσπαθούν να βρουν τα κέντρα των φυσικών ομάδων στα δεδομένα.
- Υποθέτει ότι τα χαρακτηριστικά των δεδομένων σχηματίζουν ένα διανυσματικό χώρο.
- Είναι ένας αλγόριθμος για διαμερισμό (ή ομαδοποίηση) N σημείων δεδομένων σε K διαφορετικά υποσύνολα.
- Η k-means ομαδοποίηση είναι ένας αλγόριθμος που κατηγοριοποιεί ή ομαδοποιεί τα αντικείμενα, βασιζόμενη σε χαρακτηριστικά, σε K ομάδες, όπου το K είναι θετικός ακέραιος αριθμός.
- Η ομαδοποίηση στον αλγόριθμο γίνεται ελαχιστοποιώντας το άθροισμα τετραγώνων των αποστάσεων μεταξύ των δεδομένων και του αντίστοιχου κέντρου της ομάδας.



Εικόνα 5.3: Παράδειγμα ομαδοποίησης αλγορίθμου K-means.

Πηγή: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CEID1039/Διαλέξεις%20Μαθήματος/f.%20Ομαδοποίηση-clustering.pdf>

Συνοψίζοντας ο αλγόριθμος K-means ξεχωρίζει ως μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους ομαδοποίησης, γνωστός για την αποτελεσματικότητά του στη διαίρεση ενός συνόλου δεδομένων σε K διακριτές και αμοιβαία αποκλειστικές συστάδες. Ο αλγόριθμος ξεκινά μετά τον προσδιορισμό του επιθυμητού αριθμού συστάδων, που συμβολίζεται ως K . Στη συνέχεια, προχωρά στην ομαδοποίηση των αντικειμένων δεδομένων σε συστάδες με βάση κοινές ομοιότητες, διατηρώντας παράλληλα διακριτές διαφορές από αντικείμενα σε άλλα συμπλέγματα (Kumar, 2020). Μετά από αυτό, ο αλγόριθμος υπολογίζει

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

τον μέσο όρο όλων των σημείων σε κάθε σύμπλεγμα, δημιουργώντας έτσι νέα κέντρα συστάδων. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία παραμένει έως ότου σταθεροποιηθούν τα κέντρα συμπλέγματος, παύοντας τις περαιτέρω προσαρμογές (Χαλκίδη και Βαζιργιάννης, 2020; Ζήμερας, 2021; Tan, Steinbach, και Kumar, 2005).

5.3 Συντελεστές συσχέτισης

Τα θεμελιώδη εργαλεία για την αξιολόγηση των μετρήσεων περιλαμβάνουν τους συντελεστές συσχέτισης, οι οποίοι είναι στατιστικά μέτρα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση τόσο της ισχύος όσο και της κατεύθυνσης της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών. Ενώ η ανάλυση συσχέτισης επικεντρώνεται κυρίως σε ποσοτικές μεταβλητές, ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος συντελεστής συσχέτισης είναι ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (Pearson r). Σε αυτή τη διατριβή, η σύγκριση διαφόρων αισθητήρων περιελάμβανε τον υπολογισμό των συντελεστών Pearson r και Spearman r_s .

Συντελεστής Συσχέτισης Pearson (r)

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson (r) αφορά ποσοτικές και συνεχείς μεταβλητές, βασιζόμενος στην υπόθεση μιας γραμμικής σχέσης και της κανονικότητας των μεταβλητών κατανομών. Η γραμμική σχέση εκφράζεται μέσω της συνάρτησης $Y = aX + b$, όπου τα X και Y είναι μεταβλητές και τα a και b είναι σταθερές. Ο συντελεστής Pearson r υπολογίζεται χρησιμοποιώντας συνδιακύμανση και ακολουθεί τον τύπο:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (5.1)$$

Εδώ, το $\text{cov}(X, Y)$ αντιπροσωπεύει τη συνδιακύμανση και τα σ_X και σ_Y είναι οι τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών X και Y , αντίστοιχα. Η συνδιακύμανση περιγράφει ταυτόχρονες αλλαγές σε δύο μεταβλητές και υπολογίζεται από το άθροισμα των γινομένων των αποκλίσεων των τιμών των μεταβλητών από τους μέσους όρους τους. Αναλυτικά, ο τύπος Pearson r έχει ως εξής:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{X})(y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{X})^2 \sum(y-\bar{Y})^2}} \quad (5.2)$$

Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson είναι αδιάστατος και κυμαίνεται από -1 έως $+1$. Ένας συντελεστής $+1$ υποδηλώνει μια τέλεια θετική γραμμική συσχέτιση, ενώ -1 μια τέλεια αρνητική γραμμική συσχέτιση. Η τιμή 0 υποδεικνύει καμία γραμμική σχέση, αν και δεν αποκλείει άλλες μη γραμμικές σχέσεις. Ερμηνεύοντας τις τιμές, ένας συντελεστής μεγαλύτερος από 0 ($r > 0$) υποδηλώνει θετική συσχέτιση, όπου μια αύξηση σε μια μεταβλητή αντιστοιχεί σε αύξηση στην άλλη. Αντίθετα, τιμές μικρότερες από 0 ($r < 0$) υποδεικνύουν αρνητική συσχέτιση, όπου μια αύξηση σε μια μεταβλητή αντιστοιχεί σε μείωση στην άλλη. Αν και υπάρχει

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

αυστηρός κανόνας για τον χαρακτηρισμό των τιμών r , οι εμπειρικές παρατηρήσεις υποδηλώνουν τους παρακάτω χαρακτηρισμούς με τα παρακάτω όρια :

- 0.00-0.19 «Πολύ Αδύναμη Συσχέτιση»
- 0.20-0.39 «Αδύναμη Συσχέτιση»
- 0.40-0.59 «Μέτρια Συσχέτιση»
- 0.60-0.79 «Δυνατή Συσχέτιση»
- 0.80-1.00 «Πολύ Δυνατή Συσχέτιση»

"Very weak"	Πολύ Αδύναμη	.00-.19
"Weak"	Αδύναμη	.20-.39
"Moderate"	Μέτρια	.40-.59
"Strong"	Δυνατή	.60-.79
"Very strong"	Πολύ Δυνατή	.80-1.0

Εικόνα 5.4: Όρια κατάταξης Συσχέτισης Pearson και Spearman (από Excel).

Συντελεστής Συσχέτισης Spearman (r_s)

Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman r_s χρησιμεύει ως μη παραμετρικό μέτρο για την αξιολόγηση της ισχύος και της κατεύθυνσης της συσχέτισης μεταξύ δύο μεταβλητών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική του συντελεστή Pearson r . Ο όρος "μη παραμετρικός" υπονοεί ότι ο υπολογισμός του συντελεστή Spearman δεν απαιτεί συγκεκριμένες παραμέτρους ή γνώσεις σχετικά με το σχήμα κατανομής του πληθυσμού από το οποίο προέρχονται οι παρατηρήσεις. Σε αντίθεση με τον Pearson r , ο συντελεστής Spearman r_s ισχύει για δεδομένα που δεν τηρούν μια κανονική κατανομή.

Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman r_s είναι ευέλικτος, εφαρμόζεται τόσο σε ποιοτικές όσο και σε ποσοτικές μεταβλητές, είτε συνεχείς είτε διακριτές. Οι ποιοτικές μεταβλητές πρέπει, ωστόσο, να είναι τακτικές, να κατηγοριοποιούνται είτε ως ονομαστικές (κατηγορικές) είτε ως ταξινομημένες (τακτική). Οι μεταβλητές διάταξης, αυτές που μπορούν να παραγγελθούν, απαιτούν μια καθορισμένη σχέση διάταξης για τις συνολικές τους τιμές. Θεμελιώδης προϋπόθεση για τον υπολογισμό των συντελεστών είναι η ύπαρξη μονοτονίας μεταξύ των μεταβλητών. Σε μια μονοτονική σχέση, οι δύο μεταβλητές τείνουν να αλλάζουν ταυτόχρονα. Όταν οι τιμές μιας μεταβλητής αυξάνονται, οι τιμές της δεύτερης μεταβλητής επίσης αυξάνονται ή μειώνονται, αλλά όχι με σταθερό ρυθμό, όπως φαίνεται σε μια γραμμική σχέση.

Παρόμοια με τον συντελεστή Pearson r , ο συντελεστής Spearman r_s είναι αδιάστατος και κυμαίνεται από -1 έως +1. Όσο πιο κοντά είναι ο συντελεστής Spearman r_s στο +1 ή στο -1, τόσο ισχυρότερη είναι η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, υποδεικνύοντας τέλεια θετική ή τέλεια αρνητική συσχέτιση, αντίστοιχα. Τιμές κοντά στο μηδέν δεν υποδηλώνουν συσχέτιση. Τα όρια κατάταξης της συσχέτισης Spearman φαίνονται στην εικόνα 5.4.

Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman r_s έχει ίδια όρια με τον Pearson και ενοείται έναντι του συντελεστή Pearson r όταν:

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

- Οι μεταβλητές δεν είναι ποσοτικές.
- Οι μεταβλητές είναι ποσοτικές αλλά δεν ακολουθούν μια κανονική κατανομή ή εμφανίζουν μη γραμμική σχέση.
- Η παρουσία ακραίων τιμών είναι έντονη. Σε αντίθεση με τον Pearson, ο συντελεστής Spearman αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τις ακραίες τιμές, βασιζόμενος στην κατάταξη των τιμών παρατήρησης και όχι στα συγκεκριμένα μεγέθη τους.

Ο υπολογισμός του συντελεστή Spearman r_s δεν χρησιμοποιεί τις τιμές των παρατηρήσεων αλλά την τάξη μεγέθους τους. Σε περιπτώσεις πανομοιότυπων τιμών, η θέση τους στην κατάταξη είναι ο μέσος όρος των θέσεων. Οι παρατηρήσεις ταξινομούνται με αύξουσα ή φθίνουσα σειρά και στη συνέχεια ο συντελεστής r_s υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^n d_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \quad (5.3)$$

Όπου d_i είναι η διαφορά στην κατάταξη των παρατηρήσεων i των δύο μεταβλητών και n είναι ο αριθμός των ζευγών παρατηρήσεων για τις δύο μεταβλητές.

Επιλογή Συντελεστή συσχέτισης (Test of Normality)

Προκειμένου να επιλέξου με ποιο συντελεστή θα κάνουμε τις αναλύσεις συσχέτισης, πραγματοποιήσαμε ένα τεστ κανονικότητας. Αυτή η δοκιμή αξιολογεί εάν η κατανομή μιας μεταβλητής ευθυγραμμίζεται με την Κανονική Κατανομή, η οποία είναι θεμελιώδης για την ακριβή μοντελοποίηση. Εάν το τεστ κανονικότητας επαληθεύει την κανονική κατανομή τότε γίνεται η χρήση του συντελεστή Pearson (χρησιμοποιεί κανονική κατανομή). Αντίθετα εάν δεν βγει θετική η κανονικότητα των δεδομένων θα γίνει η χρήση του συντελεστή συσχέτισης Spearman.

Τύποι ελέγχου κανονικότητας

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την αξιολόγηση της κανονικότητας, δύο από τις οποίες επισημαίνονται παρακάτω:

Kolmogorov -Smirnov (K-S)

Το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S) είναι ένας μη παραμετρικός έλεγχος που χρησιμοποιείται για να εξετάσει την καλή προσαρμογή ενός τυχαίου δείγματος σε μία δεδομένη κατανομή. Συγκρίνει την εμπειρική συνάρτηση κατανομής του δείγματος με την αναμενόμενη συνάρτηση κατανομής, υποθέτοντας κανονικότητα ή την οποιαδήποτε μηδενική υπόθεση H_0 η οποία μπορεί να είναι Κανονική,

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Ομοιόμορφη, Poisson ή Εκθετική. Το τεστ Kolmogorov-Smirnov δίνει καλύτερα αποτελέσματα όταν το δείγμα που εξετάζεται είναι μεγαλύτερο από 50 παρατηρήσεις (N=50).

Shapiro -Wilk

Μια άλλη μη παραμετρική δοκιμή, η δοκιμή Shapiro-Wilk, αξιολογεί εάν οι παρατηρήσεις μεταβλητών συμμορφώνονται με μια κανονική κατανομή. Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για μικρότερα μεγέθη δειγμάτων ($N < 50$), λαμβάνοντας υπόψη σταθμισμένες παραμέτρους όπου εμπλέκονται μη ακέραιες τιμές.

Και στις δύο δοκιμές, η μηδενική υπόθεση (H_0) θέτει την κανονικότητα, υπονοώντας ότι απαιτείται μια τιμή p (Sig.) μεγαλύτερη από 0,05 για τη διατήρηση του H_0 . Η ακόλουθη δοκιμή κανονικότητας διεξήχθη για να καθοδηγήσει την επιλογή του κατάλληλου συντελεστή συσχέτισης.

Πίνακας 5.1: Πίνακας αποτελεσμάτων τεστ κανονικότητας μεταβλητών για συσχέτιση με βαθμολογία χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. (από SPSS).

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Μ.Ο. Βαθμολογίας χωρίς Σ. Ε. Φόρτου	,097	341	<,001	,939	341	<,001
Ατυχήματα	,325	341	<,001	,488	341	<,001
Κυκλικό τόξο (m)	,193	341	<,001	,618	341	<,001
Δείκτης Ατυχημάτων (Accl/10 ⁶ VKM)	,275	341	<,001	,511	341	<,001
Ακτίνα R*	,343	341	<,001	,425	341	<,001

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 5.2: Πίνακας αποτελεσμάτων τεστ κανονικότητας μεταβλητών για συσχέτιση με βαθμολογία με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. (από SPSS).

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Μ.Ο. Βαθμολογίας με Σ.Ε. Φόρτου	,154	341	<,001	,852	341	<,001
Ατυχήματα	,325	341	<,001	,488	341	<,001
Ακτίνα R*	,343	341	<,001	,425	341	<,001
Κυκλικό τόξο (m)	,193	341	<,001	,618	341	<,001
Κυκλοφοριακός Φόρτος (EMHK)	,158	341	<,001	,860	341	<,001

a. Lilliefors Significance Correction

Στον συγκεκριμένο έλεγχο σε όλες τις μεταβλητές το p -value (Sig.) είναι 0,000 που σημαίνει ότι η H_0 απορρίπτεται και δεν μπορεί να ισχυρισθεί κανείς ότι το δείγμα κάποιας μεταβλητής προέρχεται από

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

πληθυσμό με κανονική κατανομή. Αυτό έχει σαν συμπέρασμα ότι ο συντελεστής συσχέτισης που θα γίνει η αξιολόγηση της βαθμολογίας της νέας μεθοδολογίας θα είναι ο συντελεστής Spearman.

5.4 Βαθμολογική Κατάταξη Οδικής Ασφάλειας

Αξιοποιώντας την Νέα μεθοδολογία αναλύθηκαν περίπου 346 χιλιόμετρα Εθνικού και Επαρχιακού οδικού δικτύου της Πολιτείας στο Κεντάκυ της Αμερικής και προσδιορίστηκε η βαθμολογία για 341 μεμονωμένες καμπύλες και για 78 οδικά τμήμα, καθώς για το συγκεκριμένο οδικό δίκτυο διατέθηκαν και αξιόπιστα στοιχεία καταγεγραμμένων τροχαίων ατυχημάτων προκειμένου να γίνει συσχέτιση και με αυτά.

Είναι σημαντικό να τονισθεί το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν δύο ήδη αποτελεσμάτων βαθμολογίας. Το πρώτο αποτέλεσμα είχε σχέση με την επήρεια του κυκλοφοριακού φόρτου (Σ.Ε. φόρτου) και το δεύτερο χωρίς της επήρεια του κυκλοφοριακού φόρτου. Όσον αφορά την βαθμολογική κατάταξη των μεμονωμένων καμπυλών και την βαθμολογία ανά τμήμα οδικού άξονα δεν έγινε κάποια περαιτέρω ανάλυση από αυτήν που ήδη υπήρχε στην νέα βαθμολογία που επιλέχθηκε στην παρούσα εργασία. Οι προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει πάνω στην μεθοδολογία αυτή για την κατηγοριοποίηση της βαθμολογίας και κατ' επέκταση την ανάδειξη των επικίνδυνων θέσεων στον άξονα έχουν πραγματοποιηθεί χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. Η παρούσα έρευνα όμως εξετάζει την αναγκαιότητα ύπαρξης του κυκλοφοριακού φόρτου στην τελική βαθμολογία της νέας μεθοδολογίας.

Η νέα μεθοδολογία που αξιοποιήθηκε παρουσιάζει την κατάταξη των Σ.Ε. με την βοήθεια της στατιστικής ανάλυσης “clustering”. Η τελική Βαθμολογική κατάταξη που παρουσιάζει το λογισμικό μετά από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν (Αποστολέρης,2022), αφορά τις βαθμολογίες που προέκυψαν χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και είναι χωρισμένες σε τέσσερις διακριτές περιοχές σύμφωνα με την μεθοδολογία του κεφαλαίου 5.2. Οι τελική Βαθμολογική κατάταξη που δίνει το λογισμικό εμφανίζεται παρακάτω :

Βαθμολογική κατάταξη μεμονωμένων καμπυλών

- Από 0 έως 25 ανταποκρίνεται σε αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 25 έως 50 ανταποκρίνεται σε μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 50 έως 75 ανταποκρίνεται σε χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Πάνω από 75 ανταποκρίνεται σε πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.

Βαθμολογική κατάταξη οδικού τμήματος

- Από 0 έως 150 ανταποκρίνεται σε αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 150 έως 300 ανταποκρίνεται σε μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

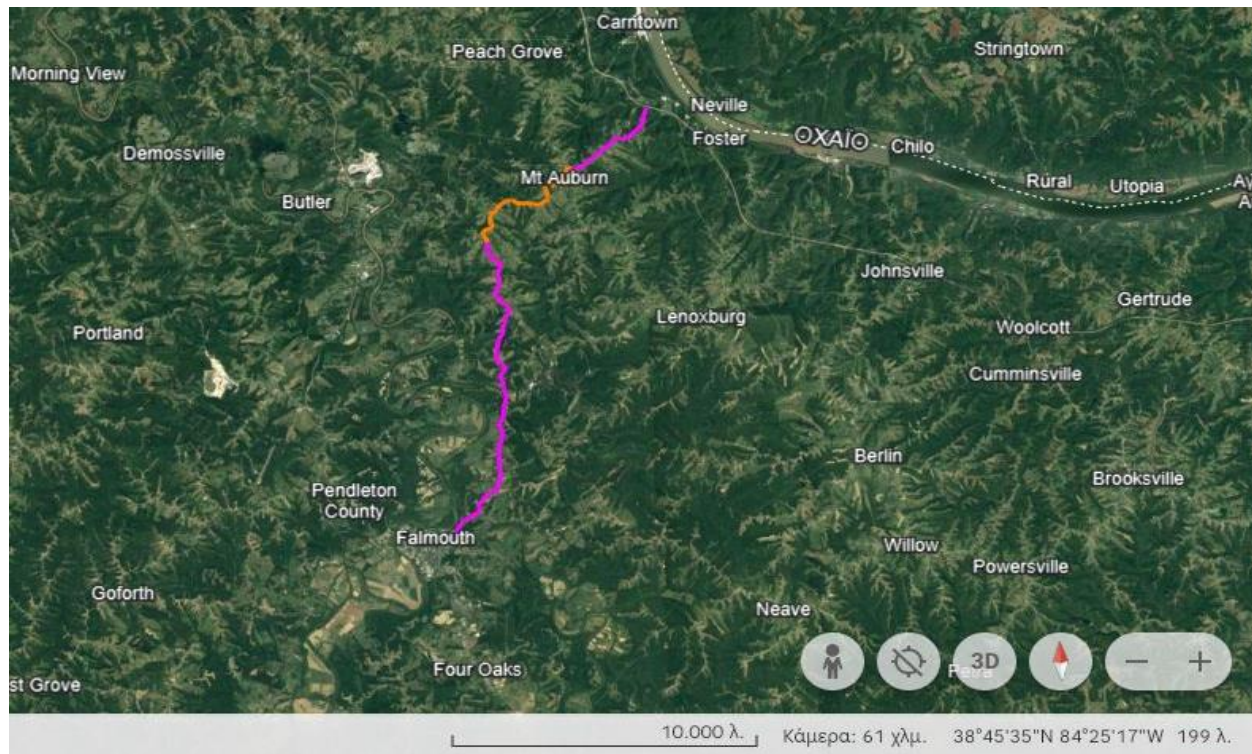
- Από 300 έως 450 ανταποκρίνεται σε χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Πάνω από 450 ανταποκρίνεται σε πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.

Με βάση όσα παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους του κεφαλαίου 3, εκτός από τους συντελεστές επικινδυνότητας για τις μεμονωμένες καμπύλες, προσδιορίστηκαν και οι ανοιγμένες βαθμολογίες για τα ομοιογενή οδικά τμήματα. Από τις οδούς που αναλύθηκαν, προσδιορίστηκε η βαθμολογία για 78 οδικά τμήματα, μήκους από 1.400μ. έως 11.000μ. όπως φαίνονται παραπάνω.

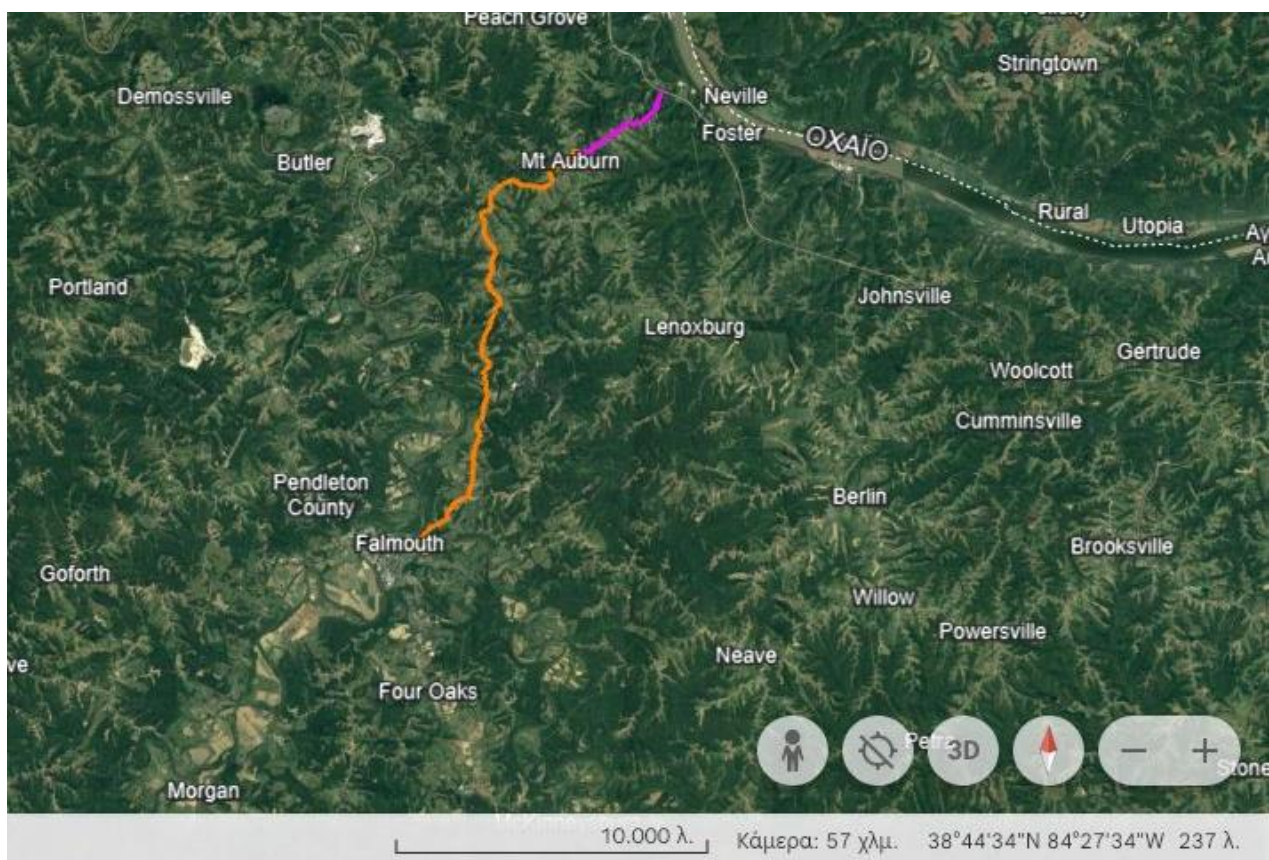
5.5 Χάρτες Επικινδυνότητας

Με βάση τις παραπάνω τιμές κατάταξης του κεφαλαίου 5.4 το πρόγραμμα FM19 μας παρουσίασε στο τέλος κάθε ανάλυσης χρωματισμένους του οδικούς άξονες που αναλύθηκαν σε κάθε περίπτωση GUS_1 και GUS_2 σύμφωνα με την κατηγορία που κατατάχθηκε με βάση τα αποτελέσματα προηγούμενης μελέτης και τα παραπάνω όρια κατάταξης για κάθε τμήμα της οδού. Οι κατηγορίες κατάταξης όσων αφορά τα οδικά τμήματα είναι, το αυξημένο επίπεδο οδικής ασφάλειας όπου συμβολίζεται με πράσινο χρώμα, το μέτριο επίπεδο οδικής ασφάλειας όπου συμβολίζεται με πορτοκαλί χρώμα, το χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας που συμβολίζεται με μωβ χρώμα και το πολύ χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας που συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων



Εικόνα 5.5: Χάρτης Επικινδυνότητας οδικού άξονα Pendleton από ανάλυση GUS_1 με ακτίνα χάραξης R. (από GoogleEarth).

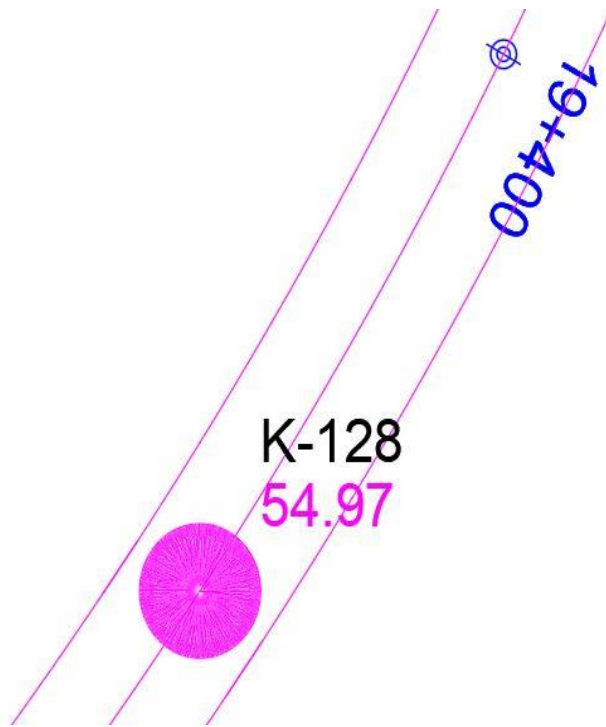


Εικόνα 5.6: Χάρτης Επικινδυνότητας οδικού άξονα Pendleton από ανάλυση GUS_2 με ακτίνα R την ακτίνα που διαγράφει ο οδηγός. (από GoogleEarth).

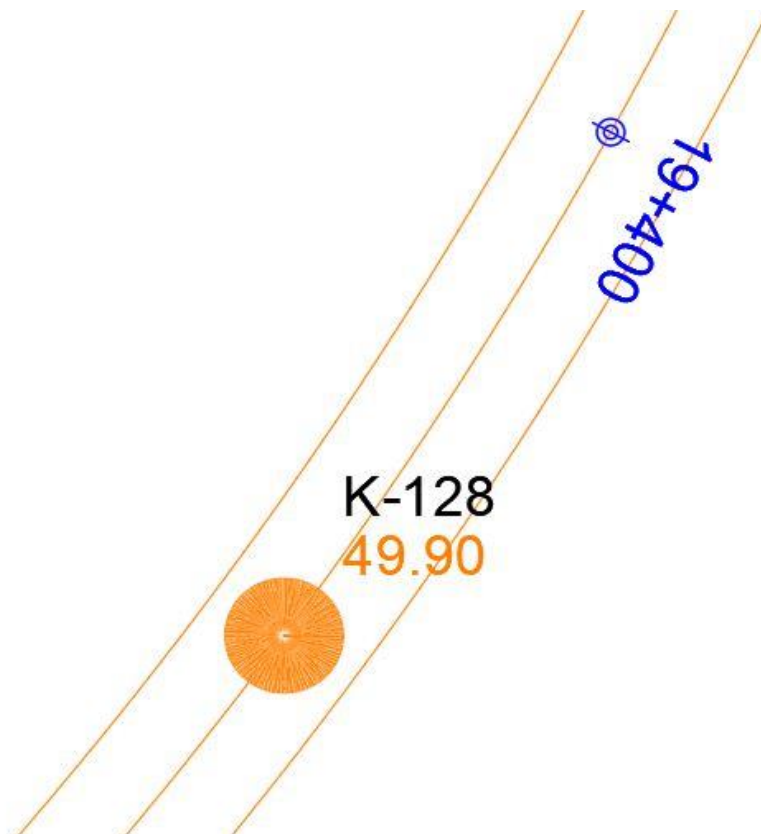
Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Όπως παρατηρείται στους παραπάνω χάρτες επικινδυνότητας είναι εμφανείς η διαφορά μεταξύ ανάλυσης Gus_1 και Gus_2, διότι στην εικόνα 5.5 υπολογίζεται η βαθμολογία με βάση την ακτίνα της χάραξης R. Όπως είναι εμφανές το τμήμα 1 η βαθμολογία βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας και με χρώμα μωβ. Ενώ στην εικόνα 5.6 όπου η βαθμολογία υπολογίζεται με βάση την ακτίνα R* που είναι η ακτίνα που διαγράφει το όχημα όταν διέρχεται από την καμπύλη, βλέπουμε το τμήμα 1 να έχει ανέβει κατάταξη και να βρίσκεται πλέον σε μέτριο επίπεδο ασφαλείας από χαμηλό. Αυτό σημαίνει ότι και σε αυτή τη περίπτωση των παραπάνω αποτελεσμάτων αναδεικνύεται η ανάλυση της εφαρμογής GUS_2 ως η πλέον κατάλληλη για τον υπολογισμό της τελικής βαθμολογίας της μεθοδολογίας που ακολουθείται στην παρούσα εργασία. Στο παράρτημα φαίνονται οι χάρτες επικινδυνότητας από όλες τις περιοχές μελέτης και από όλους τους οδικούς άξονες που μελετήθηκαν καθώς και αποτελέσματα και από τις δυο εφαρμογές GUS_1 και GUS_2.

Εκτός από την βαθμολογία και την χρωματική ανάλυση των τμημάτων του οδικού δικτύου, το πρόγραμμα έδωσε όπως ειπώθηκε και παραπάνω και την ανάλυση της βαθμολογίας για κάθε μεμονωμένη καμπύλη τόσο σχηματικά όσο και χρωματικά με την μορφή "Blackspot". Το λογισμικό FM19 μετά την πέρας της ανάλυσης από κάθε μία εφαρμογή GUS_1 και GUS_2 μας εμφανίζει και χρωματικά με βάση τα όρια κατάταξης που δόθηκαν στο κεφάλαιο 5.4 την βαθμολογία κάθε καμπύλης όπως εμφανίζεται παρακάτω. Οι χρωματικοί συμβολισμοί (blackspot) είναι ίδιας σημασίας με την τμηματική κατάταξη από αυξημένο επίπεδο ασφαλείας μέχρι πολύ χαμηλό.



Εικόνα 5.7: Blackspot από κορυφή K-128 οδικού άξονα Pendleton με βαθμολογία GUS_1 54.97 και επίπεδο ασφαλείας καμπύλης χαμηλό. (Από AutoCad).



Εικόνα 5.8: Blackspot από κορυφή K-128 οδικού άξονα Pendleton με βαθμολογία GUS_2 49.90 και επίπεδο ασφαλείας καμπύλης μέτριο. (Από AutoCad).

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Όπως παρατηρείται και στις παραπάνω εικόνες η βαθμολογία της καμπύλης της εικόνας 5.7 (GUS_1) είναι περίπου 54.90 και κατατάσσετε σε χαμηλό επίπεδο οδικής ασφάλειας, σε σύγκριση με την εικόνα 5.8 (GUS_2) όπου η βαθμολογία είναι 49.90. Αυτό σημαίνει ότι οριακά κατατάσσετε σε μέτριο επίπεδο οδικής ασφάλειας καθώς το όριο είναι το 50 με βάση την κατάταξη, αλλά πάλι η διαφορά στην βαθμολογία είναι περίπου 5 μονάδες που δεν παύει να είναι μία αισθητή διαφορά, όπου επιβεβαιώνει τα παραπάνω συμπεράσματα της τμηματικής ανάλυσης του οδικού άξονα σχετικά με το ποια ακτίνα θα πρέπει να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της τελικής βαθμολογία γενικά.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι παράγοντες κινδύνου υποδεικνύουν τον αντιληπτό κίνδυνο για ένα οδικό τμήμα. Μια υψηλότερη τιμή Βαθμολογίας υποδηλώνει χαμηλότερο εκτιμώμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας και αυξημένη πιθανότητα ατυχημάτων. Αυτή η μεθοδολογία επιτρέπει τη δημιουργία χαρτών κινδύνου με διαφορετικά χρώματα ανά βαθμίδα επικινδυνότητας για το υπάρχον οδικό δίκτυο σε οποιαδήποτε περιοχή. Αυτοί οι χάρτες μπορούν να βοηθήσουν τις σχετικές υπηρεσίες στον προγραμματισμό:

- Για απαραίτητες εργασίες συντήρησης στο οδικό δίκτυο για την εξασφάλιση υψηλού επιπέδου οδικής ασφάλειας.
- Για απαιτούμενες παρεμβάσεις για την ενίσχυση της συνολικής ασφάλειας της οδικής υποδομής.
- Για απαραίτητα νέα οδικά έργα ή εκτεταμένες αναβαθμίσεις υφιστάμενων δρόμων, με στόχο ιδιαίτερα επικίνδυνα τμήματα του σημερινού οδικού δικτύου.

5.6 Προσδιορισμός Βαθμολογικής Κατάταξης Οδικής Ασφάλειας μέσω Στατιστικής Ανάλυσης

Στην παρούσα έρευνα αξιολογήθηκαν και οι τιμές της βαθμολογικής κατάταξης για τις μεμονωμένες καμπύλες του λογισμικού, με βάση τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου οδικού δικτύου που αναλύθηκε, και χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου, αλλά και με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. Ακολουθώντας τη μεθοδολογία στατιστικής ανάλυσης “clustering” που χρησιμοποιεί το λογισμικό, οι καμπύλες που μελετήθηκαν χωρίστηκαν σε τέσσερις διακριτές περιοχές (K) όσων αφορά την βαθμολογία με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και σε τρεις διακριτές περιοχές (K) όσων αφορά την βαθμολογία χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος k-means που αναλύεται στο κεφάλαιο 5.2, προκειμένου να προσδιοριστούν οι περιοχές ανάλογα με το παρεχόμενο επίπεδο οδικής ασφάλειας που προσφέρουν. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης προέκυψε το ακόλουθο εύρος τιμών για κάθε περίπτωση:

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Βαθμολογική κατάταξη βαθμολογίας μεμονωμένων καμπυλών με την επιρροή του φόρτου

- Από 0 έως 44 ανταποκρίνεται σε αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 44 έως 101 ανταποκρίνεται σε μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 101 έως 170 ανταποκρίνεται σε χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Πάνω από 170 ανταποκρίνεται σε πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.

Βαθμολογική κατάταξη βαθμολογίας μεμονωμένων καμπυλών χωρίς την επιρροή του φόρτου

- Από 0 έως 33 ανταποκρίνεται σε αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Από 33 έως 74 ανταποκρίνεται σε μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.
- Πάνω από 74 ανταποκρίνεται σε χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας.

Από την παραπάνω βαθμολογική κατάταξη μπορεί να διακριθεί μία εμφανής αύξηση των βαθμολογικών ορίων στην περίπτωση της βαθμολογίας με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου και αυτό συμβαίνει διότι στην παρούσα έρευνα περίπου τα 2/3 των μεμονωμένων καμπυλών έχουν κυκλοφοριακό φόρτο πάνω από 2.000 οχημέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σύμφωνα με τον τύπο 3.24 η βαθμολογία να αυξηθεί σημαντικά, όπως φαίνεται και στα παραπάνω αποτελέσματα. Από την άλλη, οι τιμές των ορίων που είχε το λογισμικό FM19 χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου, με τις τιμές που υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι αρκετά κοντά με αποτέλεσμα να συμπεραίνουμε ότι υπάρχει μία σύγκλιση των δυο αυτών διαφορετικών στατιστικών αναλύσεων clustering .

5.7 Συσχέτιση βαθμολογίας με υφιστάμενες μεθοδολογίες καταγεγραμμένα ατυχήματα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Προκειμένου να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της νέας μεθοδολογίας, έγινε η συσχέτιση τους με υφιστάμενες μεθοδολογίες, καταγεγραμμένα ατυχήματα, γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, του εξεταζόμενου οδικού δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, για να γίνει η αξιολόγηση της μεθοδολογίας, πραγματοποιήθηκαν στατιστικές αναλύσεις με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman, μέσω του προγράμματος SPSS. Οι παράγοντες που συσχετίστηκαν με την βαθμολογία είναι, οι δείκτες ατυχημάτων κάθε καμπύλης, τα καταγεγραμμένα ατυχήματα που έχουμε στην διάθεσή μας, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (Ακτίνα R&R* και μήκος κυκλικού τόξου), καθώς και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά, όπως ο φόρτος κυκλοφορίας. Επίσης μία άλλη παράμετρος που εξετάστηκε στην παρούσα ανάλυση είναι η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην τελική βαθμολογία της μεθοδολογίας, με τις αναλύσεις να χωρίζονται ανάλογα με την επιρροή του φόρτου σε δύο κατηγορίες όπως εμφανίζονται παρακάτω. Οι συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν, μας έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα, όπως εμφανίζονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Πίνακας 5.3: Στατιστική ανάλυση συντελεστή συσχέτισης Spearman, της τελικής βαθμολογίας κάθε καμπύλης (με επιρροή κυκλοφοριακού φόρτου), με πραγματικά δεδομένα (από SPSS).

Correlations							
			Ακτίνα R*	Ακτίνα R	Ατυχήματα	Κυκλικό τόξο (m)	Κυκλοφοριακός Φόρτος (ΕΜΗΚ)
Spearman's rho	M.O. Βαθμολογίας με Σ.Ε. Φόρτου	Correlation Coefficient	-,408**	-,302**	,295**	,468**	,450**
		Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		N	341	341	341	341	341
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							

Τα αποτελέσματα που πίνακα 5.3, αναφέρονται στην ανάλυση με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman, και πιο συγκεκριμένα στην συσχέτιση της βαθμολογίας με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου με τις υπόλοιπες μεταβλητές. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, υποδεικνύουν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις της βαθμολογίας με τις περισσότερες παραμέτρους, εκτός από τα ατυχήματα και την ακτίνα R, όπου οι συσχετίσεις είναι ασθενείς.

Είναι σκόπιμο να σημειωθεί ότι, οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης για την ακτίνα R (-0,302) και την ακτίνα R* (-0,408) υποδηλώνουν ότι, η εν δυνάμει ακτίνα που διαγράφει το όχημα κατά την κίνησή του, συσχετίζεται καλύτερα με την βαθμολογία από την ακτίνα σχεδίασης, υπογραμμίζοντας τη σημασία αυτής της σχέσης. Επίσης πρέπει να αναφερθεί και η αρνητική συσχέτιση που εμφανίζουν και οι δύο ακτίνες με την βαθμολογία. Αρνητική συσχέτιση σε αυτές τις μεταβλητές σημαίνει ότι, όσο μειώνεται η ακτίνα τόσο αυξάνεται η επικινδυνότητα μίας καμπύλης, άρα τόσο θα αυξάνεται και η βαθμολογία της καμπύλης.

Παρατηρείται επίσης ότι, η παραπάνω ανάλυση μας δίνει μία μέτρια θετική συσχέτιση με το μήκος του κυκλικού τόξου παρόλο που αυτή η παράμετρος δεν συμπεριλαμβάνεται στην τελική βαθμολογία που εξετάζεται. Αυτό αναδεικνύει και μία θετική σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών (βαθμολογίας και κυκλικού τόξου), που μπορεί να παίξει καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της μεθοδολογίας. Όσον αφορά τη συσχέτιση του κυκλοφοριακού φόρτου με την βαθμολογία, προκύπτει μια θετική και στατιστικά σημαντική σχέση, πράγμα το οποίο επιβεβαιώνει την ύπαρξη και την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στον υπολογισμό της βαθμολογίας.

Επιπλέον, μία σημαντική παράμετρος που μας δείχνει εάν τα δεδομένα μας είναι ορθά συσχετισμένα, είναι η σημαντικότητα sig. που εμφανίζεται στους Πίνακες 5.3 και 5.4. Για να ειπωθεί ότι ένα παράγοντας είναι στατιστικά σημαντικός, θα πρέπει η τιμή της σημαντικότητας να είναι στα όρια του 5% (0.05) ή 10% (0.1). Στις αναλύσεις της παρούσας εργασίας, όλοι οι παράγοντες συσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικοί με επίπεδο σημαντικότητας από 0.00 έως και 0.098.

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Πίνακας 5.4 : Στατιστική ανάλυση συντελεστή συσχέτισης Spearman, της τελικής βαθμολογίας κάθε καμπύλης (χωρίς επιρροή κυκλοφοριακού φόρτου), με πραγματικά δεδομένα (από SPSS).

Correlations							
			Ακτίνα R*	Ακτίνα R	Ατυχήματα	Κυκλικό τόξο (m)	Δείκτης Ατυχημάτων (Accd/10 ⁶ VKM)
Spearman's rho	M.O. Βαθμολογίας χωρίς Σ.Ε. Φόρτου	Correlation Coefficient	-,897**	-,801**	0,090	,344**	0,100
		Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,098	0,000	0,064
		N	341	341	341	341	341
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							
* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							

Τα αποτελέσματα που πίνακα 5.4, αναφέρονται στην ανάλυση με τον συντελεστή συσχέτισης Spearman, και πιο συγκεκριμένα στην συσχέτιση της βαθμολογίας χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου. Όπως φαίνεται παραπάνω, υπάρχει μία μείωση στον συντελεστή συσχέτισης του κυκλικού τόξου με την βαθμολογία χωρίς φόρτο σε αυτή την ανάλυση, γεγονός που μας δείχνει ότι η συσχέτιση αυτού του παράγοντα είναι καλύτερη με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου.

Επιπλέον και σε αυτή την ανάλυση δεν περνάνε απαρατήρητες οι αυξημένες τιμές των αρνητικών συσχετίσεων των δύο ακτινών. Φαίνεται πως η εν δυνάμει ακτίνα R* που διαγράφει το όχημα, αλλά και η ακτίνα σχεδιασμού R είναι οι κυρίαρχοι παράγοντες της παρούσας ανάλυσης, με την ακτίνα R*(-0.897) να κυριαρχεί έναντι της ακτίνας R (-0.801). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.4 (χωρίς φόρτο) όσον αφορά τις ακτίνες R και R* εμφανίζονται εμφανώς πιο αυξημένα από τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.3 (με φόρτο). Αυτό μας δίνει το συμπέρασμα ότι, η ακτίνα σαν παράγοντας επηρεασμού μας δίνει καλύτερα αποτελέσματα όταν στην βαθμολογία δεν συμπεριλαμβάνεται ο φόρτος και αυτό συμβαίνει διότι, στην περίπτωση του Πίνακα 5.3 με φόρτο, όσο περισσότερα οχήματα διανύουν την οδό τόσο μικρότερες θα είναι και οι ταχύτητες που αναπτύσσονται, άρα τόσο μικρότερη συμμετοχή θα έχει η ο παράγοντας ακτίνα στην τελική βαθμολογία του προγράμματος.

Από την άλλη, γίνεται αναφορά στις τιμές συσχέτισης για τα ατυχήματα και τον δείκτη ατυχημάτων οι οποίες έχουν μία πολύ ασθενή συσχέτιση με την βαθμολογία. Όσον αφορά τα ατυχήματα, ένα ατύχημα μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Αυτό σημαίνει ότι ένα σύνολο ατυχημάτων μίας καμπύλης μπορεί να μην οφείλεται αποκλειστικά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού, με αποτέλεσμα το ποσοστό συσχέτισης της βαθμολογίας που λαμβάνει υπόψη της μόνο μερικά από τα χαρακτηριστικά της οδού, να μην είναι μεγάλο. Το συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ατυχημάτων που προκλήθηκαν στους συγκεκριμένους οδικούς άξονες, πιθανόν δεν προκλήθηκαν λόγω των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών, αλλά από άλλους παράγοντες. Κάτι τέτοιο

Κεφάλαιο 5 – Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

δικαιολογεί την πολύ ασθενή τιμή συσχέτισης μεταξύ των ατυχημάτων και τις βαθμολογίας στην παραπάνω ανάλυση. Επιπλέον, διακρίνεται στον Πίνακα 5.4 (χωρίς φόρτο) μία σημαντική μείωση των αποτελεσμάτων όσον αφορά τα ατυχήματα, από τα αποτελέσματα του πίνακα 5.3(με φόρτο). Αυτό μας δίνει το συμπέρασμα ότι, ο κυκλοφοριακό φόρτος έχει σημαντικό μερίδιο ευθύνης όσον αφορά τα οδικά ατυχήματα, διότι η αύξηση των οχημάτων στην οδό μας δίνει και αύξηση των ατυχημάτων σε αυτήν, με αποτέλεσμα όταν δεν συμπεριλαμβάνεται ο φόρτος στην βαθμολογία της μεθοδολογίας το μέγεθος επηρεασμού φόρτου να είναι πολύ μικρό.

Τέλος, όσον αφορά τον δείκτη ατυχημάτων παρατηρείται και εδώ μία πολύ ασθενής συσχέτιση με την βαθμολογία. Η ασθενής συσχέτιση σε αυτήν την περίπτωση δικαιολογείται διότι, ο τύπος του Δείκτη ατυχημάτων όπως εμφανίζεται στο κεφάλαιο 2.8.7 επηρεάζεται από τον αριθμό των ατυχημάτων. Επίσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα ατυχήματα μπορεί να μην οφείλονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου. Για αυτό τον λόγο δικαιολογείτε η πολύ ασθενής συσχέτιση των δύο παραμέτρων με την τελική βαθμολογία.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η μελέτη αυτή εστιάζει στην ανάδειξη μιας νέας μεθοδολογίας για την κατάταξη των οδών με βάση την πιθανότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων προσαρμοσμένη σε δρόμους δύο λωρίδων με ενιαία επιφάνεια κυκλοφορίας. Ο συντελεστής επικινδυνότητας ή αλλιώς η βαθμολογία της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε προκύπτει κατά κύριο λόγο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού με βάση την χάραξη και την πορεία του οχήματος. Η έρευνα χρησιμοποιεί ένα σύνολο δεδομένων από δρόμους στο Κεντάκυ που περιλαμβάνει πληροφορίες για καταγεγραμμένα ατυχήματα, και για γεωμετρικά και κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα FM19 έγινε η προσομοίωση και η ανάλυση των οδικών αξόνων καθώς και η αποδελτίωση των ατυχημάτων. Στη συνέχεια έγινε χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS για τη διερεύνηση της συσχέτισης της νέας μεθοδολογίας με ή χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρου με πραγματικά δεδομένα ατυχημάτων αλλά και με παράγοντες όπως η ακτίνα και ο κυκλοφοριακός φόρτος, με στόχο την κατανόηση της σχέσης μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών και της πιθανότητας ατυχημάτων σε ένα οδικό δίκτυο. Τα ευρήματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αναφέρονται στο τελευταίο αυτό κεφάλαιο του τεύχους και εξάγονται τα βασικά συμπεράσματα από τους υπολογισμούς και τις αναλύσεις που έλαβαν μέρος στην έρευνα.

6.1 Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα έρευνα είναι ότι :

- Με βάση την νέα βαθμολογική κατάταξη που προέκυψε μετά την ομαδοποίηση των βαθμολογιών στις μεμονωμένες καμπύλες της παρούσας έρευνας, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές στις κατηγορίες βαθμολογιών με φόρτο ήταν υψηλότερες σε σχέση με τις κατηγορίες βαθμολογιών χωρίς την επιρροή του φόρτου. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα αναπτύσσεται διότι στις περιπτώσεις που ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι κάτω από 2000οχ. το επίπεδο οδικής ασφάλειας που προκύπτει είναι αυξημένο λόγω του συντελεστή επικινδυνότητας φόρτου. Στην παρούσα έρευνα περίπου τα 2/3 των μεμονωμένων καμπυλών έχουν κυκλοφοριακό φόρτο πάνω από 2.000 οχ/ημέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι τιμές στις κατηγορίες βαθμολογιών με τον φόρτο να είναι αρκετά υψηλότερες, από αυτές χωρίς τον φόρτο, αλλά επίσης και το επίπεδο οδικής ασφάλειας να είναι μειωμένο με αύξηση της βαθμολογίας. Επίσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι, οι τιμές των ορίων που είχε το λογισμικό FM19 χωρίς την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου, με τις τιμές που υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και Προτάσεις

αρκετά κοντά με αποτέλεσμα να συμπεραίνουμε ότι υπάρχει μία σύγκλιση των δυο αυτών διαφορετικών στατιστικών αναλύσεων clustering .

- Η εν δυνάμει ακτίνα R^* που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από μία καμπύλη, έχει καλύτερη συσχέτιση με τον Μ.Ο. βαθμολογίας σε σχέση με την ακτίνα χάραξης R . Οι στατιστικές αναλύσεις έδειξαν ότι και με την επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου, αλλά και χωρίς αυτή, το παραπάνω συμπέρασμα δεν μεταβάλλεται. Άρα συμπεραίνουμε ότι αξιολογείται επαρκώς η επιλογή του λογισμικού FM19 να χρησιμοποιεί σαν δείκτη αξιολόγησης παρεχόμενου επιπέδου οδικής ασφάλειας την ακτίνα R^* .
- Σύμφωνα με τις στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν συμπεραίνεται πως, το μήκος του κυκλικού τόξου θα έπρεπε να λαμβάνεται υπόψη στη τελική βαθμολογία του λογισμικού FM19, διότι έχει σημαντική συσχέτιση με αυτή, υποδεικνύοντας την ανάγκη ένταξης αυτού του παράγοντα στην τελική βαθμολογία του λογισμικού.
- Ένα ατύχημα μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες όπως ο ανθρώπινος παράγοντας , το όχημα, οι συνθήκες καιρού , φωτισμού, στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κ.λ.π. Παρατηρήθηκε ότι ένα σύνολο ατυχημάτων μίας καμπύλης, μπορεί να μην οφείλεται αποκλειστικά στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το ποσοστό συσχέτισης της βαθμολογίας που λαμβάνει υπόψη μόνο μερικά από τα χαρακτηριστικά της οδού (ταχύτητα, επίκλιση, ορατότητα, ακτίνα), με τα καταγεγραμμένα ατυχήματα, να είναι πολύ μικρό.
- Στις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, ο δείκτης ατυχημάτων εμφανίζει μία πολύ ασθενής συσχέτιση με την βαθμολογία χωρίς τον φόρτο. Ο δείκτης ατυχημάτων επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τον αριθμό των ατυχημάτων της κάθε καμπύλης. Η ασθενής συσχέτιση σε αυτήν την σχέση πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι τα ατυχήματα μπορεί να μην οφείλονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου αλλά σε άλλους παράγοντες με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η σχέση μεταξύ τους αρνητικά.
- Ο κυκλοφοριακός φόρτος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο, στην τελική βαθμολογία του λογισμικού FM19 και κατ' επέκταση στην κατάταξη του οδικού επιπέδου ασφάλειας που διαμορφώνει. Όλες οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είχαν σαν αποτέλεσμα μία θετική απόκριση από όλους τους παράγοντες επηρεασμού της οδικής ασφάλειας που μελετήθηκαν. Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι είναι πολύ κρίσιμο να μην παραλείπεται από τις αναλύσεις της μεθοδολογίας.

Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει, από την μία, είναι ότι η νέα μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε έχει μία ικανοποιητική συσχέτιση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού στην πραγματικότητα, όπως είναι η ακτίνα και το μήκος του κυκλικού τόξου. Από την άλλη, λόγω ελλείψεων στα δεδομένα που υπήρχαν διαθέσιμα δεν μπόρεσε να εξετασθεί περαιτέρω η συσχέτιση της μεθοδολογίας με τα καταγεγραμμένα ατυχήματα, που οφείλονται στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου. Η ανάλυση αυτή θα έδινε μία

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και Προτάσεις

καλύτερη εικόνα όσον αφορά την αξιολόγηση της νέας μεθοδολογίας, εάν υπήρχαν σαν δεδομένο τα αίτια κάθε ατυχήματος. Επίσης, ο κυκλοφοριακός φόρτος αποδεικνύεται ως ένας ουσιώδης παράγοντας επηρεασμού της βαθμολογίας, με πολύ σημαντικό ρόλο στα τελικά αποτελέσματα και στους χάρτες επικινδυνότητας που εμφανίζει η μεθοδολογία. Παρόλα αυτά, παρατηρείται η ανάγκη για περαιτέρω βελτιώσεις στον υπολογισμό της βαθμολογίας. Η ένταξη επιπλέον παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα της οδικής ασφάλειας όπως, το μήκος του κυκλικού τόξου, το πλάτος της οδού κλπ. θα συμβάλει στην ανάπτυξη ενός ακόμη καλύτερου μοντέλου πρόβλεψης οδικών ατυχημάτων.

6.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Για την συνολική εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της νέας μεθοδολογίας με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού και τους παράγοντες που εξαρτάται η αξιολόγηση τους, χρειάζεται η εφαρμογή της σε ένα αξιόπιστο δείγμα. Καθώς το ερευνητικό πεδίο είναι πολύ μεγάλο, μπορεί να βρει εύκολα εφαρμογή η μεθοδολογία που εξετάζετε, σε παρόμοιους δρόμους σε όλο τον κόσμο, για την αποτελεσματικότητα των βαθμολογιών που προκύπτουν και για την συνολική εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με αυτή. Με αφορμή την παρούσα μελέτη, αναπτύσσεται ένα νέο πεδίο έρευνας με προεκτάσεις αναφορικά με την ανακάλυψη, επίδραση και αξιολόγησης νέων παραγόντων όπως ο κυκλοφοριακός φόρτος που επηρεάζουν την οδική ασφάλεια όπου κάθε μελλοντική μελέτη θα προσθέσει αξία στην επιστημονική κοινότητα. Ως συνέχεια της συγκεκριμένης έρευνας κατατίθενται οι ακόλουθες προτάσεις :

- Αύξηση των δεδομένων οδικών αξόνων με περαιτέρω έρευνα, συλλογή στοιχείων και αποτύπωση οδικών τμημάτων με στόχο την επιβεβαίωση ή όχι των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας.
- Διεύρυνση των δεδομένων αξιοποιώντας στοιχεία από άλλες πολιτείες, ευρωπαϊκές χώρες συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας.
- Διερεύνηση του πλάτους του δρόμου που είναι ένας γεωμετρικός παράγοντας που επηρεάζει την οδική ασφάλεια και μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση των αποτελεσμάτων.
- Αξιολόγηση της εγκάρσιας κλίσης των οδικών αξόνων, που έχει σαφώς σημαντικό μερίδιο ευθύνης στην οδική ασφάλεια και κατ' επέκταση στον σωστό σχεδιασμό των οδικών αξόνων.
- Περαιτέρω διερεύνηση σχετικά με την ταχύτητα που αξιολογεί το λογισμικό διότι η ταχύτητα έρευνας έχει βασιστεί σε ένα μοντέλο που έχει προκύψει από ελληνικά δεδομένα . Επομένως, ίσως να μην έχει τόσο καλή χρήση σε αναλύσεις που δεν αναφέρονται στη Ελλάδα.
- Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προτείνεται να εξετασθεί περαιτέρω η επιρροή του μήκους του κυκλικού τόξου στον δείκτη αξιολόγησης του λογισμικού FM19, λόγω της συσχέτισης που έχει ο δείκτη αξιολόγησης με το μήκος κυκλικού τόξου, καθώς φαίνεται ότι ασκεί

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και Προτάσεις

σημαντική επιρροή στον δείκτη και κατ επέκταση στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας που εξετάστηκε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abdel-Aty M. and M. Abdalla (2004). Linking Roadway Geometrics and Real-Time Traffic Characteristics to Model Daytime Freeway Crashes Using Generalized Estimating Equations for Correlated Data, 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board.

Abebe, M. T., & Belayneh, M. Z. (2018). Identifying and ranking dangerous road segments a case of Hawassa-Shashemene-Bulbula two-lane two-way rural highway, Ethiopia. *Journal of Transportation Technologies*, 8(3), 151-174.

Ackaah, W., & Salifu, M. (2011). Crash prediction model for two-lane rural highways in the Ashanti region of Ghana. *IATSS research*, 35(1), 34-40.

Al-Sahili, K., & Dwaikat, M. (2019). Modeling geometric design consistency and road safety for two-lane rural highways in the west bank, Palestine. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44, 4895-4909.

Al-Sahili, K., Dwaikat, M., Abu-Eisheh, S., & Alhajyaseen, W. (2018). Effectiveness of consistency measures in crash prediction models for two-lane highways in Palestine. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 5645-5656.

Ambros, J., Valentová, V., & Sedoník, J. (2016). Developing updatable crash prediction model for network screening: case study of Czech two-lane rural road segments. *Transportation research record*, 2583(1), 1-7.

Barreno, F., Romana, M. G., & Santos, M. (2022). Fuzzy expert system for road type identification and risk assessment of conventional two-lane roads. *Expert Systems*, 39(9), e12837.

Bitzel I.F. (1957). Accident Rates on German Expressways in Relation to Traffic Volumes and Geometric Design, *Roads and Road Construction*.

Brannolte U. (1993). Sicherheitsbewertung von Querschnitten ausserortlicher Strassen, *BAST, Verkehrsstechnik heft V. 5*.

Brinkman, C. and Perchonok, K. (1979). Hazardous Effects of Highway Features and Roadside Objects Highlights, *Public Roads*. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

Βιβλιογραφία

Broujerdian, A. M., Dehqani, S. P., & Fetanat, M. (2015). Estimation model of two-lane rural roads safety index according to characteristics of the road and drivers' behavior. *International Journal of Transportation Engineering*, 3(1), 17-29.

Brude U., Lassen J. and Thulin H. (1980). Influence of Road Alignment on Traffic Accidents, *VTIMeddelande* 235.

Bullough, J. D., Donnell, E. T., & Rea, M. S. (2013). To illuminate or not to illuminate: Roadway lighting as it affects traffic safety at intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 65-77.

Caliendo, C., Guida, M., & Parisi, A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 657-670.

Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., & Persaud, B. (2010). Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1072-1079.

Cleveland, D. E., Kostyniuk, L. P., & Ting, K. L. (1984). Geometric design element groups and high-volume two-lane rural highway safety. *Transportation Research Record*, 960, 1-13.

Council F.M. and Stewart R. (2000). Safety Effects of the Conversion of Rural Two-Lane to Four-Lane Roadways Based on Cross-Sectional Models, *Transportation Research Record* 1665. Transportation Research Board, Washington, D.C. pp. 35-43.

Crisman, B., Marchionna, A., Perco, P., & Roberti, R. (2005, June). Operating speed prediction model for two-lane rural roads. In 3rd International Symposium on Highway Geometric Design. Chicago.

Easa, S. M., & You, Q. C. (2009). Collision prediction models for three-dimensional two-lane highways: horizontal curves. *Transportation research record*, 2092(1), 48-56.

Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A., 2004. Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model. TØI report 740/2004. Institute of Transport Economics TOI, Oslo.

Fishburn B. and Jordan P. (2000). Relationship between crash risk and geometric characteristics of Rural highways, Austroads Project No. N.RS.9609, Austroads Publication No. AP-R162/01, Sydney.

Foody, T. J. and M. D. Long (1974). The Specification of Relationships Between Safety and Roadway Obstructions, Report OHIO-DOT-06-74, Ohio Department of Transportation.

Fors, C., & Lundkvist, S. O. (2009). Night-time traffic in urban areas: A literature review on road user aspects.

Garber N.J., Ehrhart A.A. (2000). *The Effect of Speed, Flow and Geometric Characteristics on Crash Rates for Different Types of Virginia Highways*, Virginia Transportation Research Council, VTRC 00-R15.

Βιβλιογραφία

Garber, N. J., & Ehrhart, A. A. (2000). Effect of speed, flow, and geometric characteristics on crash frequency for two-lane highways. *Transportation Research Record*, 1717(1), 76-83.

Garner, G. R. and Deen, R. C. (1973). *Elements of median design in relation to accident occurrence*, In Highway Research Record 432, National Research Council, Highway Research Board, Washington, DC, pp. 1-11.

Gaudry M. and Vernier K. (2002). Effects of road geometry and surface on speed and safety, Département de sciences économiques, Université de Montréal, Agora Jules Dupuit, Publication AJD-18.

Glavić, D., Mladenović, M., Stevanovic, A., Tubić, V., Milenković, M., & Vidas, M. (2016). Contribution to accident prediction models development for rural two-lane roads in Serbia. *Promet-Traffic & Transportation*, 28(4), 415-424.

Glennon (1987). Relationship between Safety and Key Highway Features A Synthesis of prior Research, State of the Art Report 6, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C.

J. Han, J. Pei, και M. Kamber, *Data Mining: Concepts and Techniques*, Third Edition. Morgan Kaufmann, Elsevier., 2012.

Hearne, R. (1976). Selected Geometric Elements and Accident Densities on the National Network, Environmental Research Unit, Dublin.

Hedman, K.O. (1990). Road Design and Safety. Proceedings of Strategic Highway Research Program and Traffic Safety on Two Continents, Gothenburg, 1989, VIT Report 315A.

Iyınam A.F., Iyınam S. and Ergun M. (1997). Analysis of Relationship Between Highway Safety and Road Geometric Design Elements: Turkish Case, Faculty of Civil Engineering, Technical University of Istanbul, Turkey.

Kalokota, K. R., & Seneviratne, P. N. (1994). Accident prediction models for two-lane rural highways (No. MPCRept No. 94-32). Mountain-Plains Consortium.

Karlaftis, M. G., & Golias, I. (2002). Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 357-365

Knecht, C., Saito, M., & Schultz, G. G. (2016). Development of crash prediction models for curved segments of rural two-lane highways. In *International Conference on Transportation and Development 2016* (pp. 791-802).

Βιβλιογραφία

Kopelias P., Papadimitriou F., Papandreou K., Prevedouros P. (2007). Urban Freeway Crash Analysis- Geometric, Operational and Weather Effects on Crash Number and Severity, Annual Meeting of the TRB, 07-0878, Athens, November.

Kronprasert, N., Boontan, K., & Kanha, P. (2021). Crash prediction models for horizontal curve segments on two-lane rural roads in Thailand. *Sustainability*, 13(16), 9011.

V. Kumar, 'What is K-Means algorithm and how it works', 2005.

Labi S. (2006). Effects of Geometric Characteristics of Rural Two – Lane Road on Safety, Joint Transportation Research Program Technical, Indiana Department of Transportation and Purdue University, FHWA/IN/JTRP-2005/2.

Lamm, R., Choueiri, E.M., Mailaender, T. (1988). Accident rates on curves as influenced by highway design elements - an international review and an in-depth study, Proceedings, Road safety in Europe. VTI Rapport 344A. VTI, Linkoping, Sweden.

Lamm R., Psarianos B., Choueiri E. M. and Soilemezoglou G. (1998). A practical safety approach to highway geometric design international case studies: Germany, Greece, Lebanon and the United States.

Lee J. and Mannering F. (1999). Analysis of roadside accident frequency and severity and roadside safety management, Research Project T9903, Task 97, Analysis of Roadside Accident Severity & Roadside Safety Management, Washington State Transportation Center (TRAC), University of Washington, U.S.A.

Llopis-Castelló, D., & Findley, D. J. (2019). Influence of calibration factors on crash prediction on rural two-lane two-way roadway segments. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 145(6), 04019024.

Long, G., Gan C-T., and Morrison, B. S., (1993). *Safety impacts of selected median and access design features*, Florida Department of Transportation, University of Florida.

Mullins B.F.K. and Keese C.J. (1961). *Freeway Traffic Accident Analysis and Safety Study*, Highway Research Bulletin 2915, Highway Research Board. (96)

F. Murtagh και P. Contreras, 'Algorithms for hierarchical clustering: An overview', *Wiley Interdiscip Rev Data Min Knowl Discov*, τ. 2, τχ. 1, σσ. 86–97, Ιανουαρίου 2012, doi: 10.1002/WIDM.53.

Miaou S. P. (1993). The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial Regressions, Center for Transportation Analysis and Energy Division, Oak Ridge National Laboratory.

Βιβλιογραφία

Munea, S. A., Reddy, R. R., & Abera, G. (2020). Evaluating the Impact of Various Geometric Characteristics of Rural Two Lane Road on Traffic Safety in Ethiopia. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 7(6), 1-11.

O' Cinneide D. (1998). *The Relationship between geometric design standards and safety*, Transportation Research Record 44-1, 44-6, University College – Cork. Saffarzadeh, M., & Pooryari, M. (2005). Accident Prediction Model Based on Traffic and Geometric Design Characteristics. *International Journal of Civil Engineering*, 3(2), 112-119.

Ogden K.W. (1989). *Crashes at Bridges and Culverts*, Accident Research Centre, Monash University.

Y. Rani και H. Rohil, 'A Study of Hierarchical Clustering Algorithm', 2013. [Εκδοση ψηφιακή μορφή]. Available: <http://www.irphouse.com/ijict.htm>

Saito, M., Knecht, C. S., Schultz, G. G., & Cook, A. A. (2015). Crash prediction modeling for curved segments of rural two-lane two-way highways in Utah (No. UT-15.12). Utah. Dept. of Transportation.

M. San, 'Changelog: 12 Dec 2016 Advantages & Disadvantages of k--Means and Hierarchical clustering (Unsupervised Learning) Machine Learning for Language Technology ML4LT (2016) 2016 Advantages & Disadvantages of k--Means and Hierarchical Clustering'.

N. Sharma, S. S. Sai, R. Litoriya, W. : Www, A. Bajpai, και M. R. Litoriya, 'Comparison the various clustering algorithms of weka tools International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Comparison the various clustering algorithms of weka tools', 2012. [Εκδοση ψηφιακή μορφή]. Available: www.ijetae.com

Seneviratne, P. N., Kalakota, K. R., & Attaluri, P. (1995). Models for Predicting Accidents on Two-Lane Rural Highways. In Transportation Research Board Conference Proceedings (No. 6). Strathman J., Duecker K., Zhang J. and Williams T. (2001). *Analysis of Design Attributes and Crashes on the Oregon Highway System*, Final Report, SPR 321, Center for Urban Studies, Portland State University.

Simpson D. and Kerman J.A. (1982). The Research and Development Background to Highway Link Design, Traffic Engineering and Control 23.

Srinivasan S. (1982). Effect of Roadway Elements and Environment on Road Safety, Institution of Engineers, Vol. 63. Taylor M. C., Lynam D. A. and Baruya A. (2000). The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents, Prepared for Road Safety Division, Department of the Environment, Transport and the Regions, TRL Report 421. (55)

Βιβλιογραφία

P.-N. Tan, M. Steinbach, και V. Kumar, Introduction to Data Mining, First Edition. Pearson , 2005.

The Roads Directorate (1981). Traffic Engineering. Roads and Path Types. Catalogue of Types for new roads and Paths in Rural areas. The Technical Committee on Road Standards, Copenhagen.

Tighe S., Li N., Falls L. and Haas R. (2000). Incorporating Road Safety into Pavement Management, In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1699, TRB, National Research Council, Washington, D.C.

Transportation Research Board (1978). Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements, NCH RPT 197.

Turner, Daniel S. (1984). Prediction of bridge accident rates, Journal of Transportation Engineering, Vol. 110, No. 1, 45-54.

Turner S. (2009). Relationship between Road Geometry, Observed Travel Speed and Rural Accidents, NZ Transport Agency Research Report 371.

Vogt, A., & Bared, J. (1998). Accident models for two-lane rural segments and intersections. Transportation Research Record, 1635(1), 18-29.

Voigt A. P. and Krammes R. A. (1994). An Operational and Safety evaluation of alternative Horizontal Curve design approaches on Rural Two – Lane Highways, Texas Transportation Institute, Texas.

Williamson, M., & Zhou, H. (2012). Develop calibration factors for crash prediction models for rural two-lane roadways in Illinois. Procedia-social and behavioral sciences, 43, 330-338.

Yager, M. and Van Aerde, R. (1983). Geometric and Environmental Effects on Speeds of 2-Lane Highways. Transportation Research, Vol 17A, No4.

Yu, B., Chen, Y., Bao, S., & Xu, D. (2018). Quantifying drivers' visual perception to analyze accident-prone locations on two-lane mountain highways. Accident Analysis & Prevention, 119, 122-130.

Zegeer C. and Deacon J. (1987). Effect of Lane Width, Shoulder Width, and Shoulder Type on Highway Safety, State of the Art Report 6, Transportation Research Board, Washington, D.C. pp. 1-21.

Zeqo, M. (2017). Develop calibration factors for crash prediction models for rural two-lane roadways in Albania. Journal of multidisciplinary engineering science studies, 3(9), 2091-2096.

Βιβλιογραφία

Zhang, C., & Ivan, J. N. (2005). Effects of geometric characteristics on head-on crash incidence on two-lane roads in Connecticut. *Transportation research record*, 1908(1), 159-164.

Zhu, H., Dixon, K. K., Washington, S., & Jared, D. M. (2010). Predicting single-vehicle fatal crashes for two-lane rural highways in Southeastern United States. *Transportation Research Record*, 2147(1), 88-96.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αναγνώστου Β. και Ξαγοράκη Α. (2008). Οδική Ασφάλεια σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της οδού, Πτυχιακή εργασία, Σχολή Τεχνολογίας Εφαρμογών, Τμήμα Έργων Υποδομής, Αθήνα.

Σ. Ζήμερας, 'Συσταδοποίηση', Σάμος, 2021.

Καπότσης Γ.(2002). *Διερεύνηση σχετικής επικινδυνότητας οδού ανά ηλικία οδηγού συναρτήσει επιλεγμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών με τη χρήση γραμμικής παλινδρόμησης*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Καζαγλή Ε.(2009). *Έλεγχος παραμέτρων σχεδιασμού σιγμοειδών καμπύλων ως προς την κίνηση βαρέων οχημάτων με εφαρμογή μεθόδου προσομοίωσης*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Λοΐζος Α. (2011). Οδοποιία IV: Κατασκευαστικά στοιχεία έργων οδοποιίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Μπαλαδήμας Δ. (2006). Οδική Ασφάλεια και γεωμετρικά χαρακτηριστικά υπεραστικών οδών δύο λωρίδων κυκλοφορίας, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών μηχανικών, Τομέας Τεχνολογίας του Περιβάλλοντος και Συγκοινωνιών, Σπουδαστήριο τεχνικής των Μεταφορών και Κυκλοφορίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Μ. Χαλκίδη και Μ. Βαζιργιάννης, Εξόρυξη Γνώσης από Βάσεις Δεδομένων και τον Παγκόσμιο Ιστό, Δεύτερη Έκδοση. Αθήνα: Τυπωθήτω, 2005.

Ε. Πιτουρά, 'Συσταδοποίηση I', Ιωάννινα, 2010.

Χαρισούδης Α., Μίντσης Γ., Ταξιλτάρης Χ. (2012). *Έλεγχοι οδικής ασφάλειας: εφαρμογές στοαστικό περιβάλλον στην Ελλάδα*, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Αθήνα.

Ψαριανός Β. (2001). *Σημειώσεις Οδοποιίας I*, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Βιβλιογραφία

Ψαριανός Β., Σπέντζας Κ., Καστής Α., Σταθά Β., Φωλιά Ζ., Κουλοχέρης Δ. (2006). *Οδική Ασφάλεια, Οδική Υποδομή – Όχημα, Εγχειρίδιο Τροχαίας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.*

Μαυρομάτης Σ., Ψαριανός Β. Μερτζάνης Φ., Τσιούγκος Γ., Σουπιώνας Γ. (2012). *Αξιολόγηση Επάρκειας Ορατότητας σε Τρισδιάστατο Οδικό Περιβάλλον, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, Αθήνα.*

ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<https://el.db-city.com/%CE%97%CE%BD%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B5%CF%82--%CE%9A%CE%B5%CE%BD%CF%84%CE%AC%CE%BA%CF%85--Woodford>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B1>

https://transportation.ky.gov/Planning/Documents/Route_Unique.pdf

<https://transportation.ky.gov/Pages/Home.aspx>

<https://maps.kytc.ky.gov/localroads/>

https://datamart.kytc.ky.gov/EDSB_SOLUTIONS/CTS/

<http://www.transport.ntua.gr/wp-content/uploads/dtd1145-SkliamiAikaterini.pdf> σελ.24

https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_47.pdf

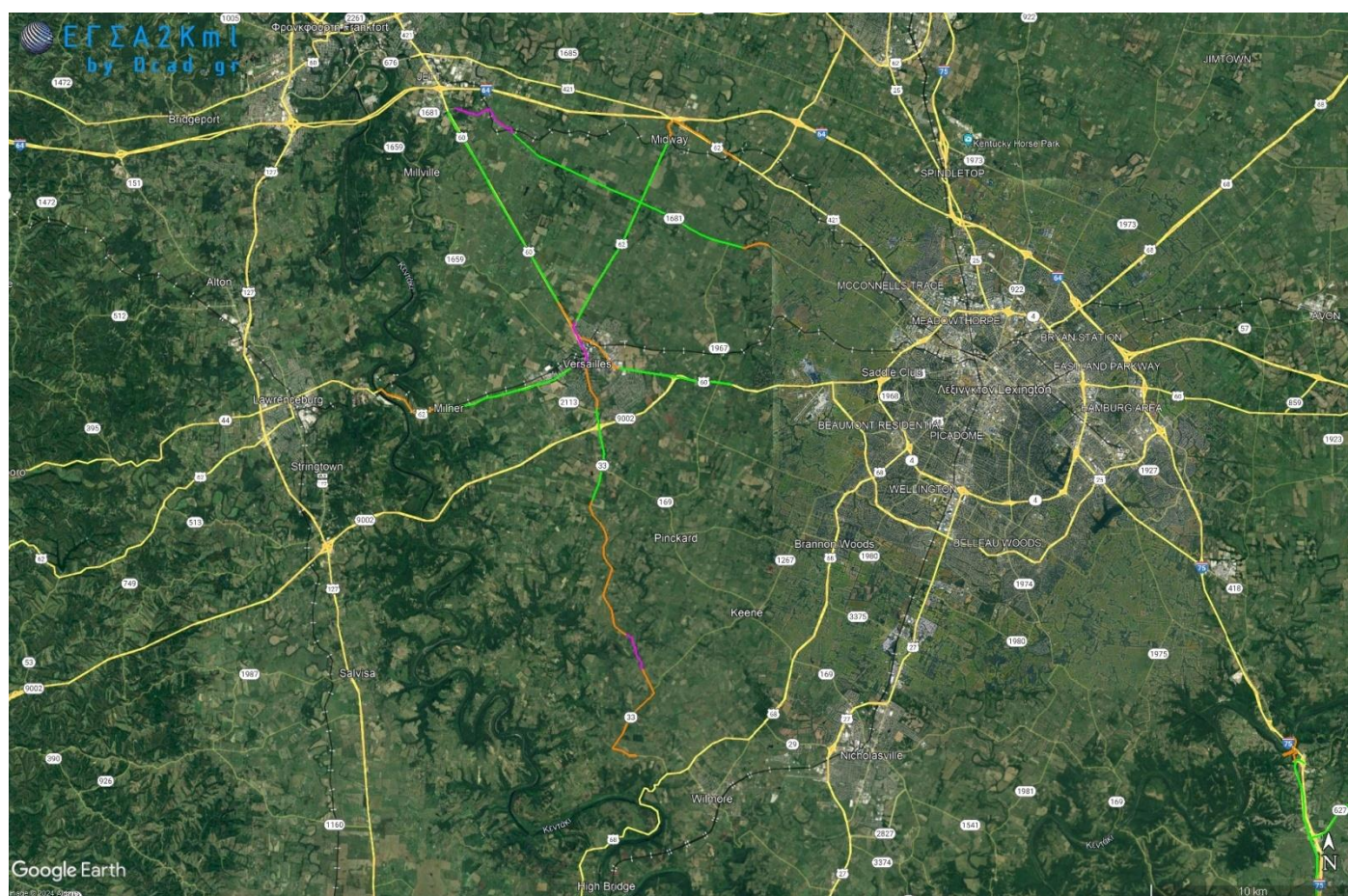
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CEID1039/Διαλέξεις%20Μαθήματος/f.%20Ομαδοποίηση-clustering.pdf>





<https://datanalysis.net/questionnaires/test-of-normality/>

https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS168/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/enotita_03.pdf

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΧΑΡΤΕΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Περιοχή Woodford

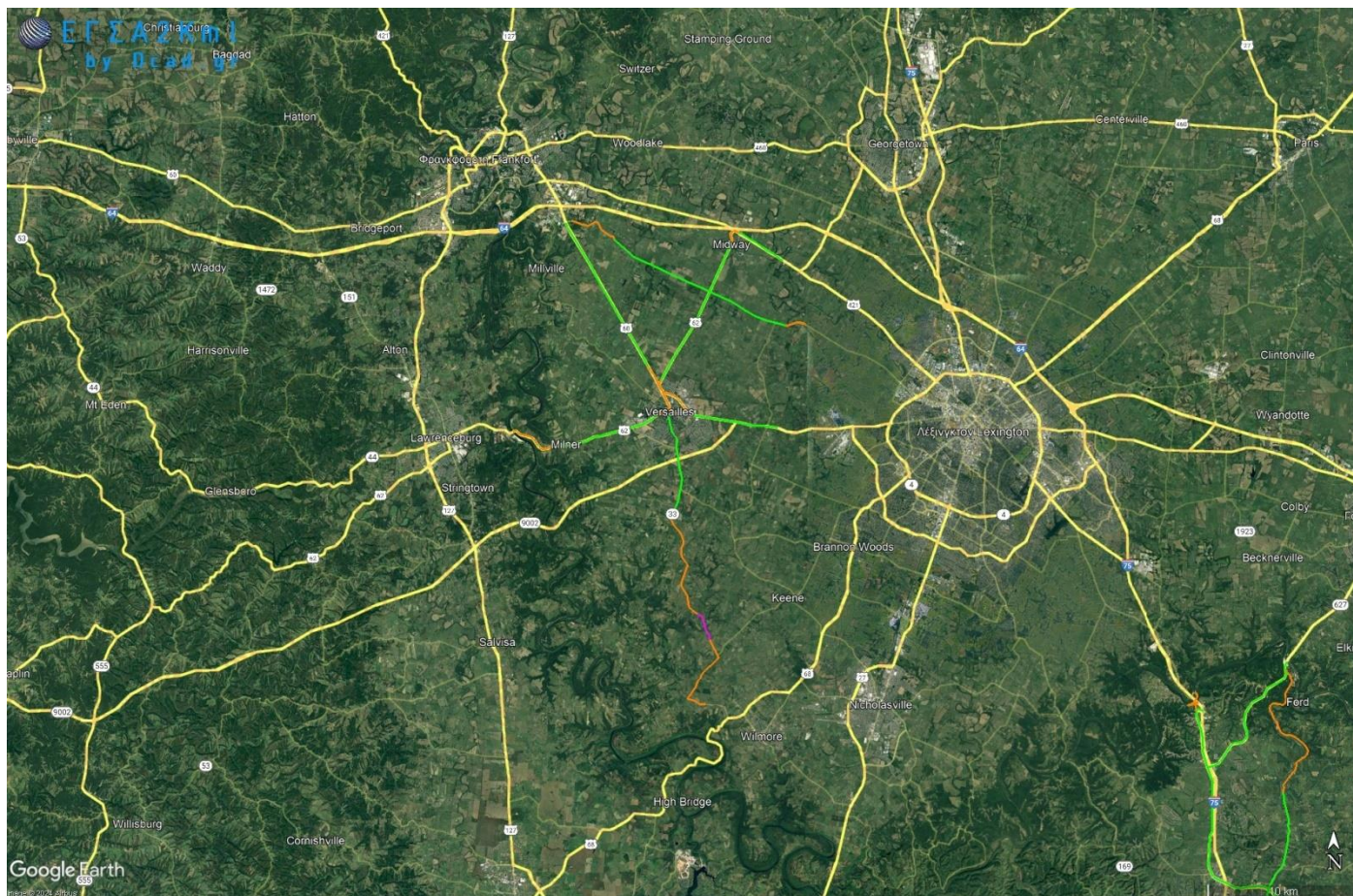





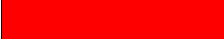
	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Woodford λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα Σχεδιασμού .

(GUS 1, από GoogleEarth)

Παράρτημα

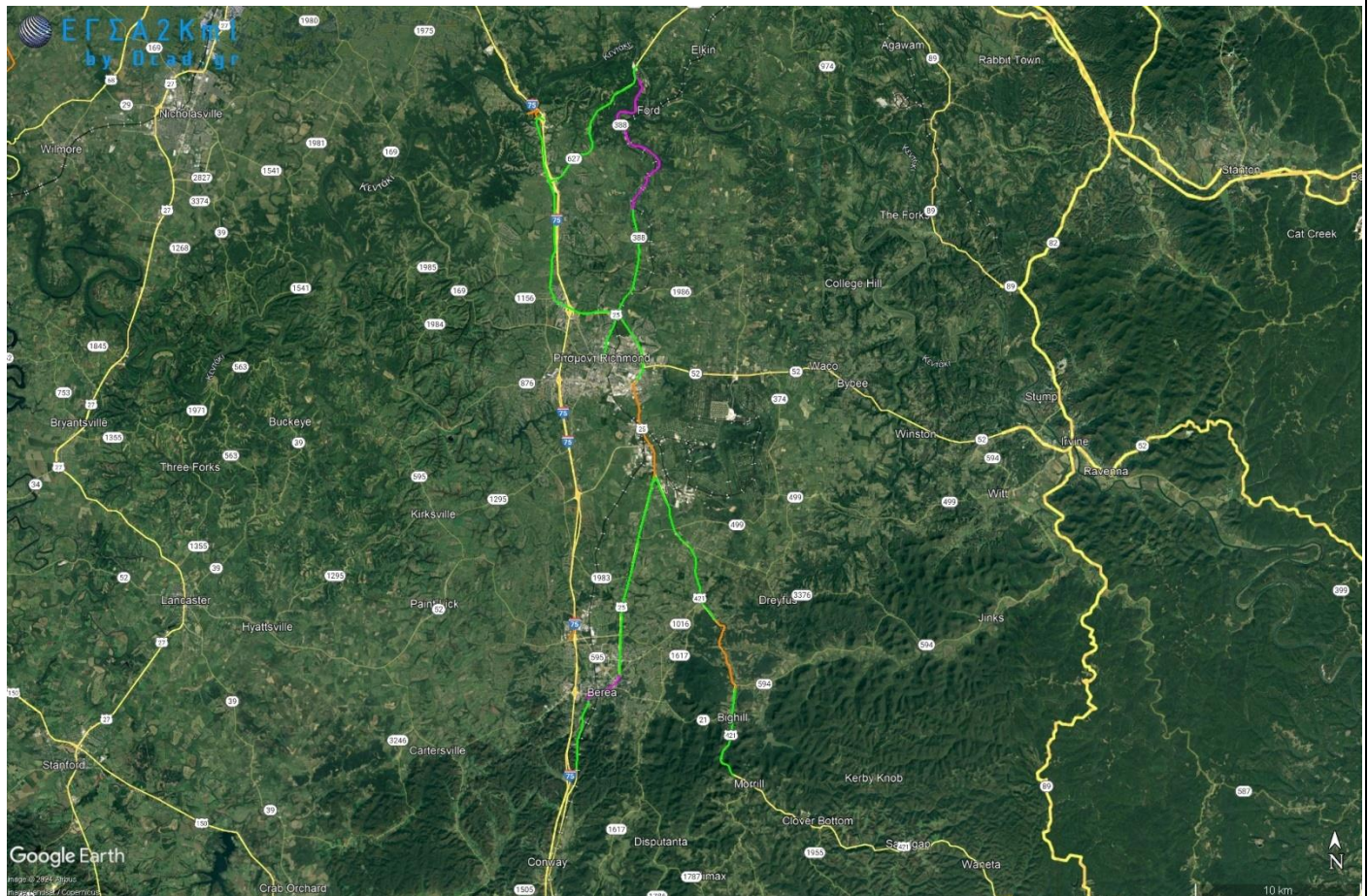






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Woodford λαμβάνοντας υπόψη την εν δυνάμει ακτίνα R που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από την καμπύλη .*

(GUS 2, απόGoogleEarth)

Περιοχή Madison

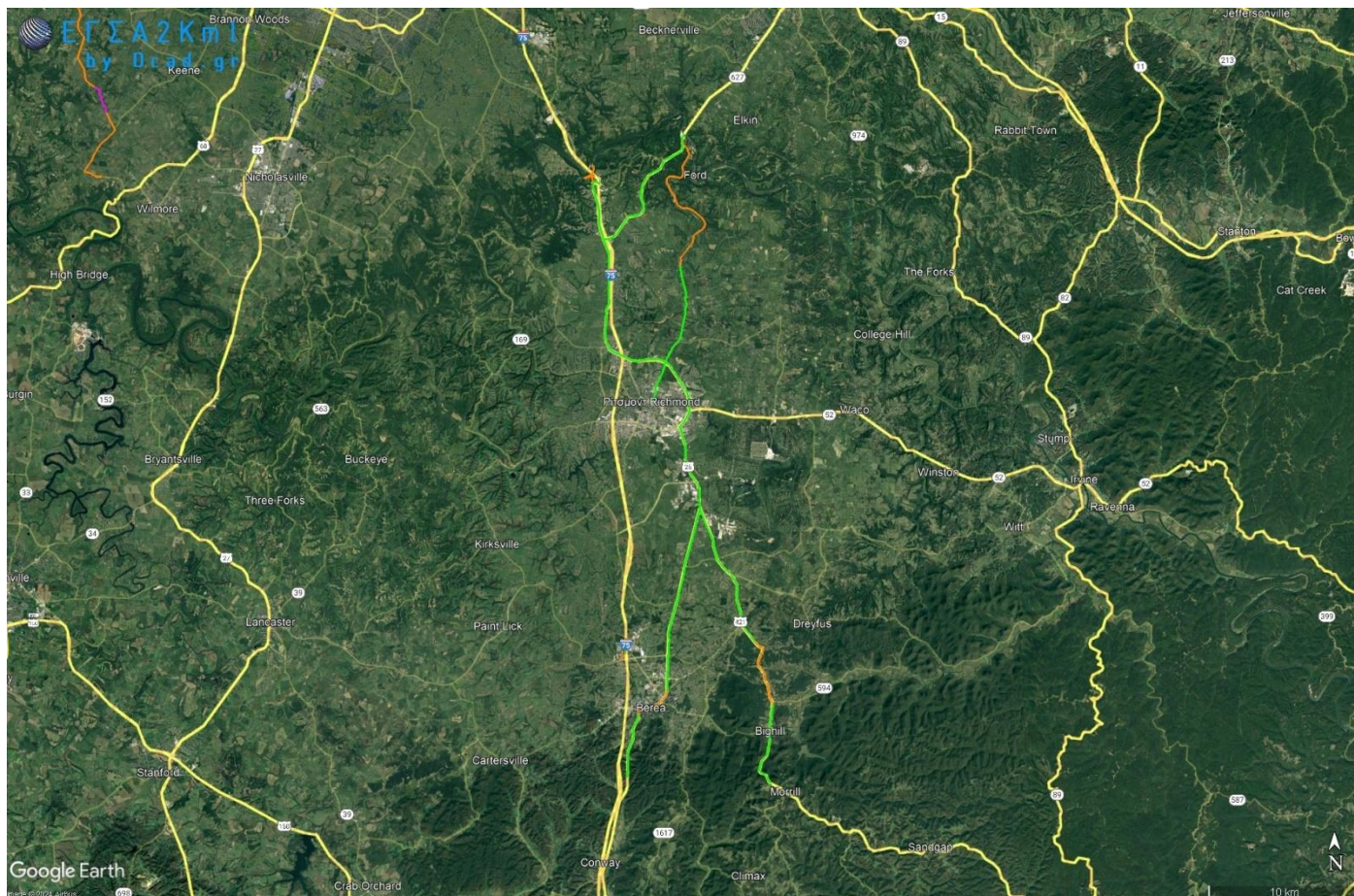






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Madison λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα Σχεδιασμού.

(GUS 1, από GoogleEarth)

Παράρτημα

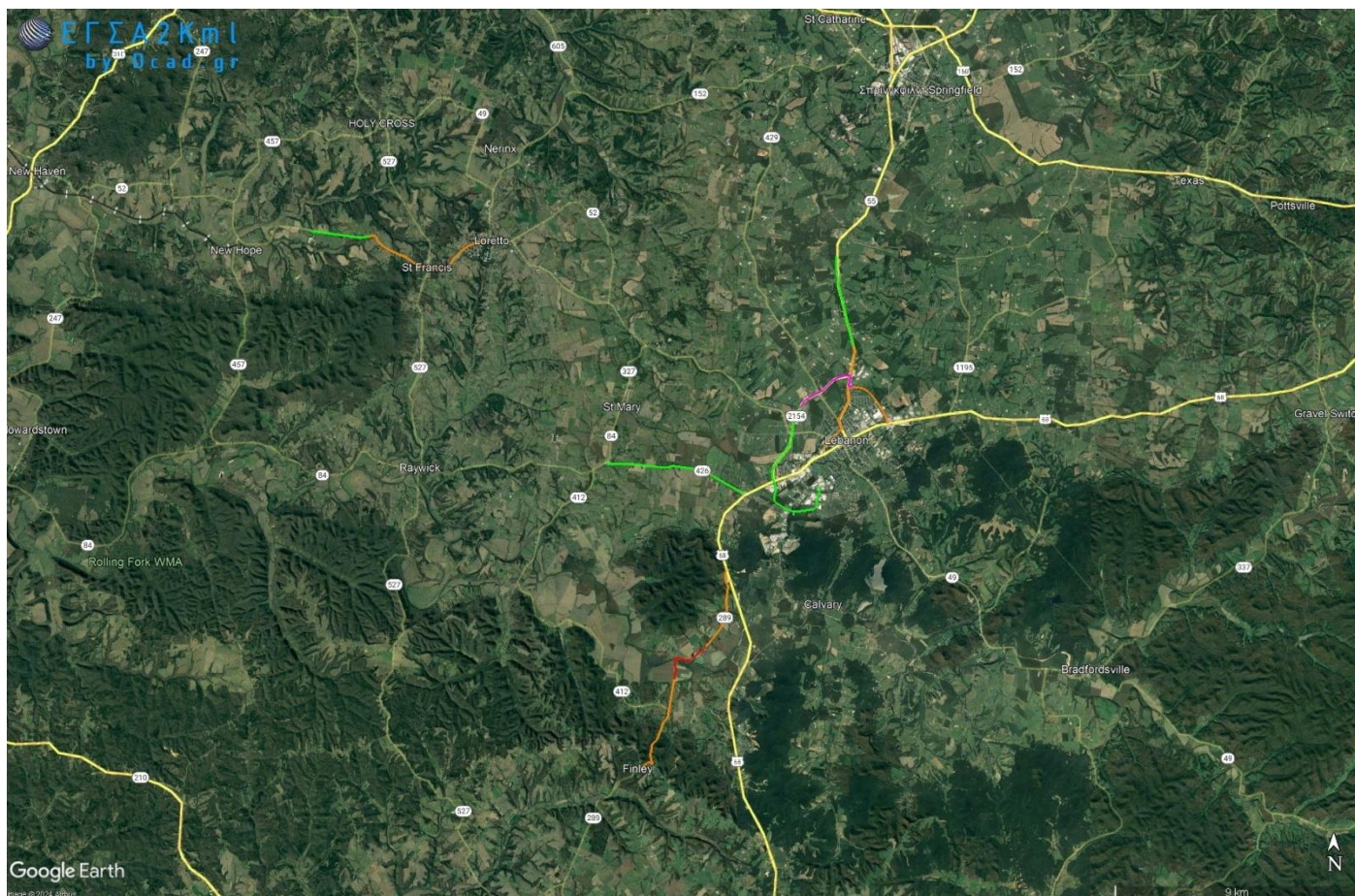




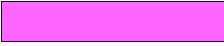

	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Madison λαμβάνοντας υπόψη την εν δυνάμει ακτίνα R^ που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από την καμπύλη .*

(GUS 2, από Google Earth)

Περιοχή Marion

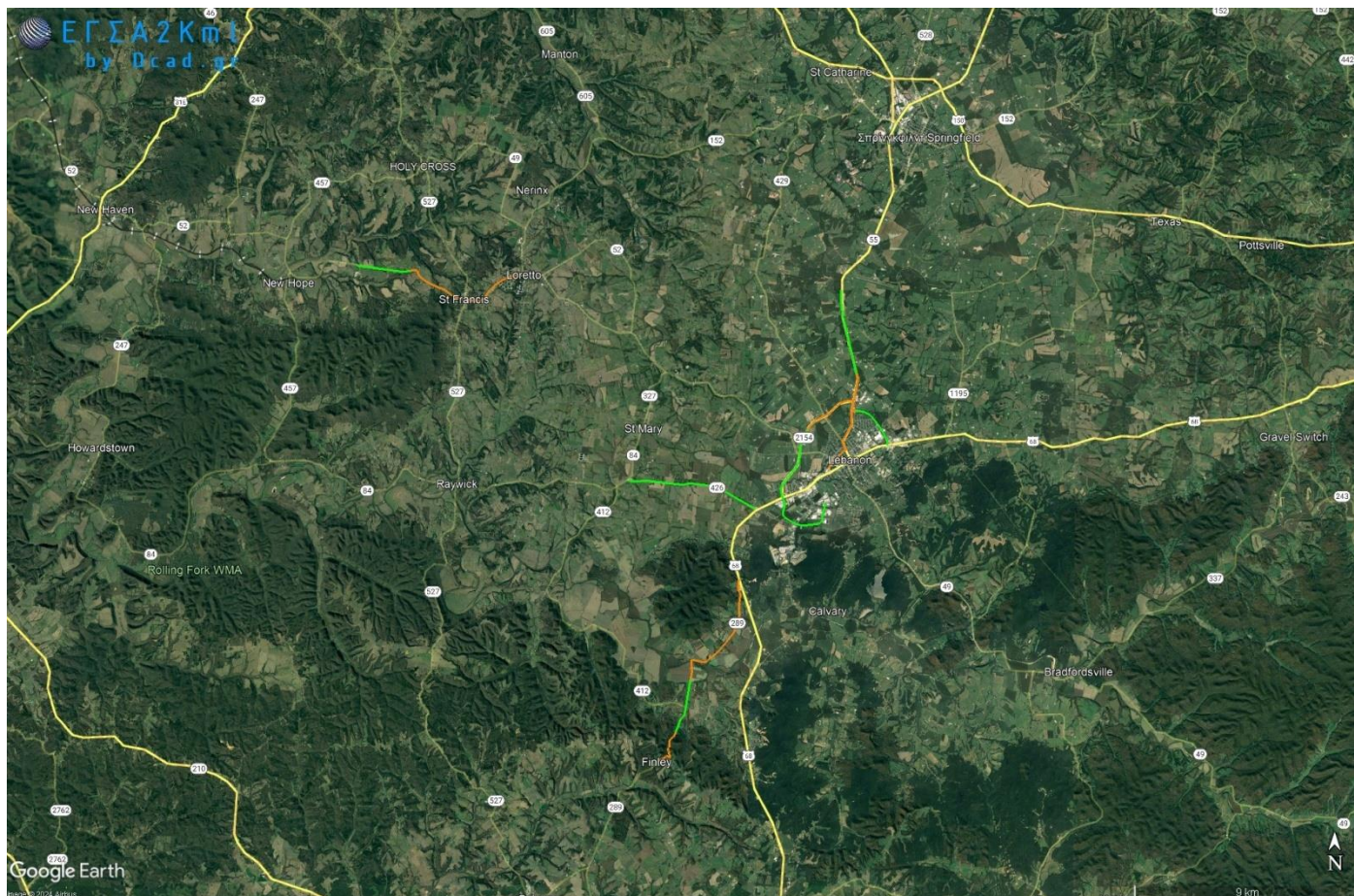






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Marion λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα Σχεδιασμού.

(GUS 1, από GoogleEarth)

Παράρτημα

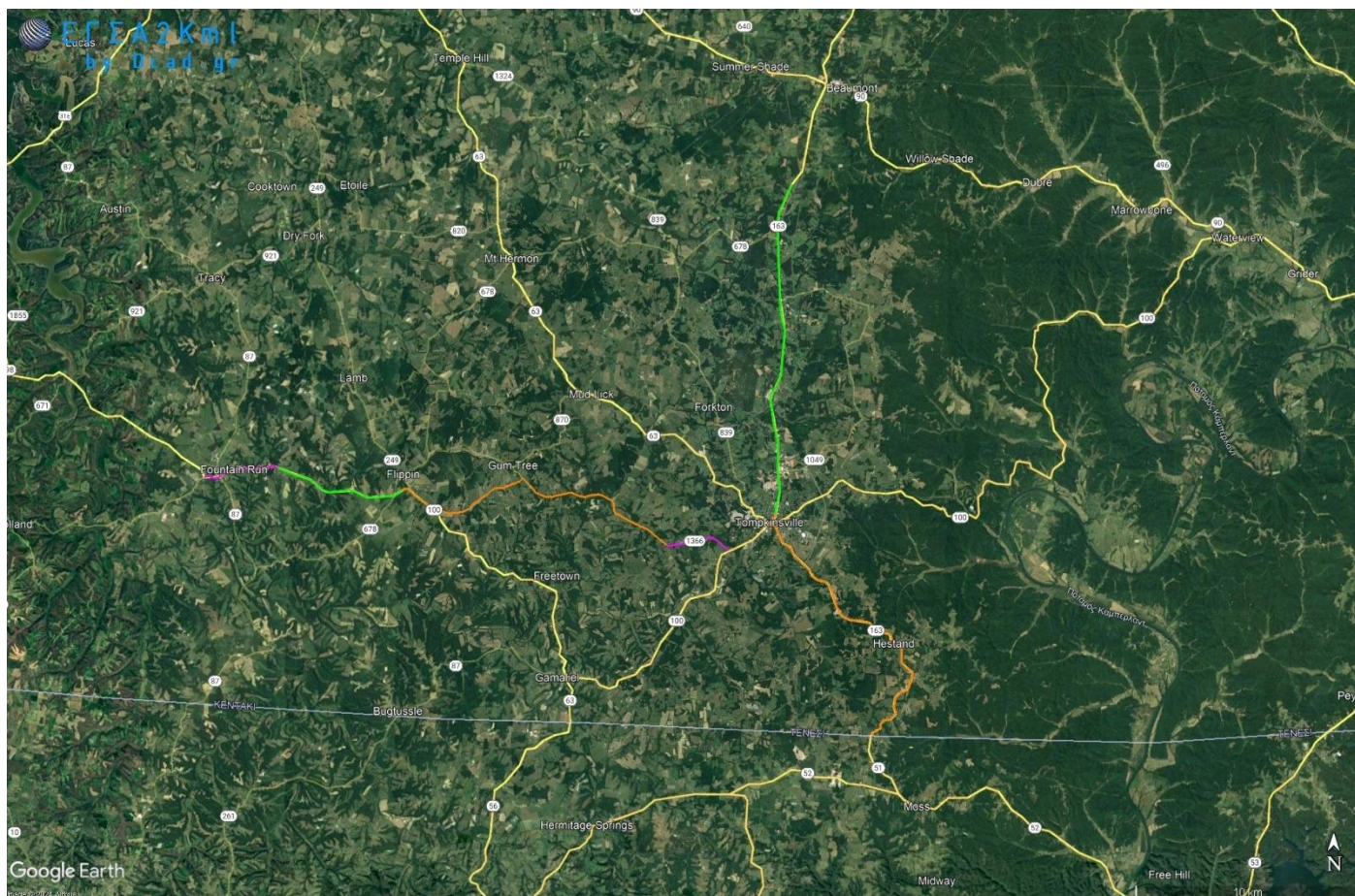






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Marion λαμβάνοντας υπόψη την εν δυνάμει ακτίνα R που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από την καμπύλη .*

(GUS 2, απόGoogleEarth)

Περιοχή Monroe

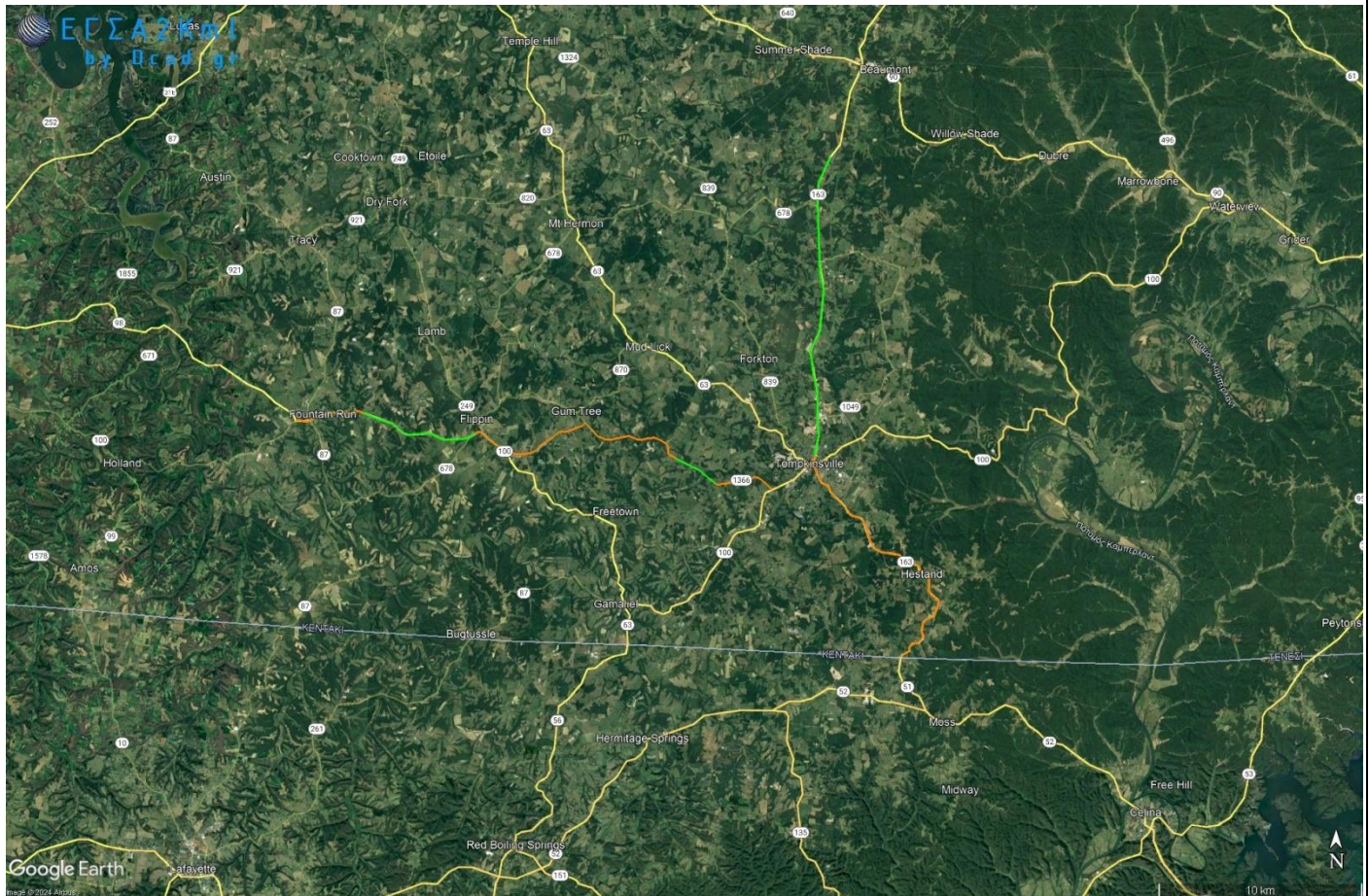






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Monroe λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα Σχεδιασμού.

(GUS 1, από GoogleEarth)

Παράρτημα

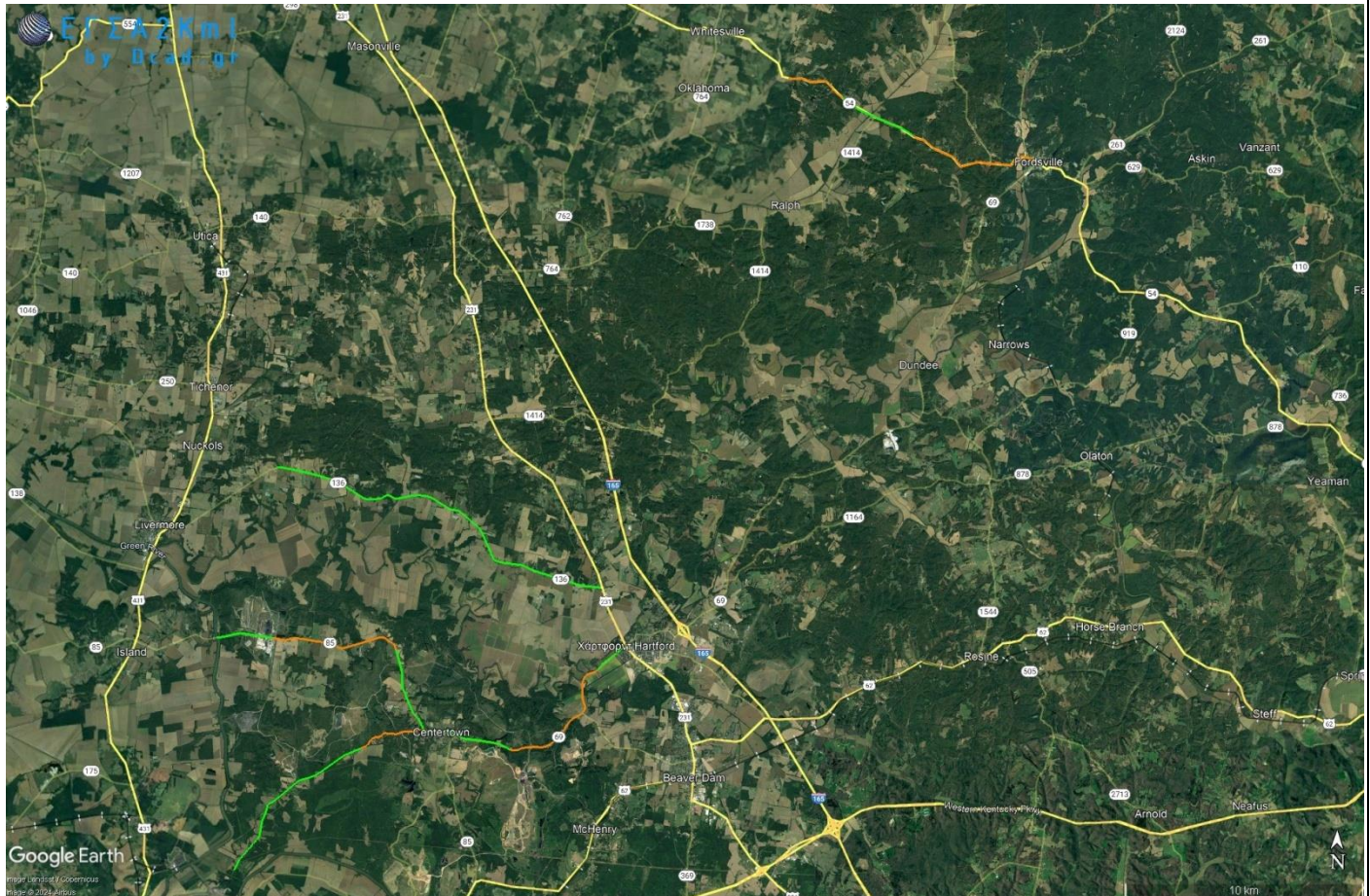




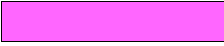

	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Monroe λαμβάνοντας υπόψη την εν δυνάμει ακτίνα R^* που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από την καμπύλη .

(GUS 2, από Google Earth)

Περιοχή Ohio

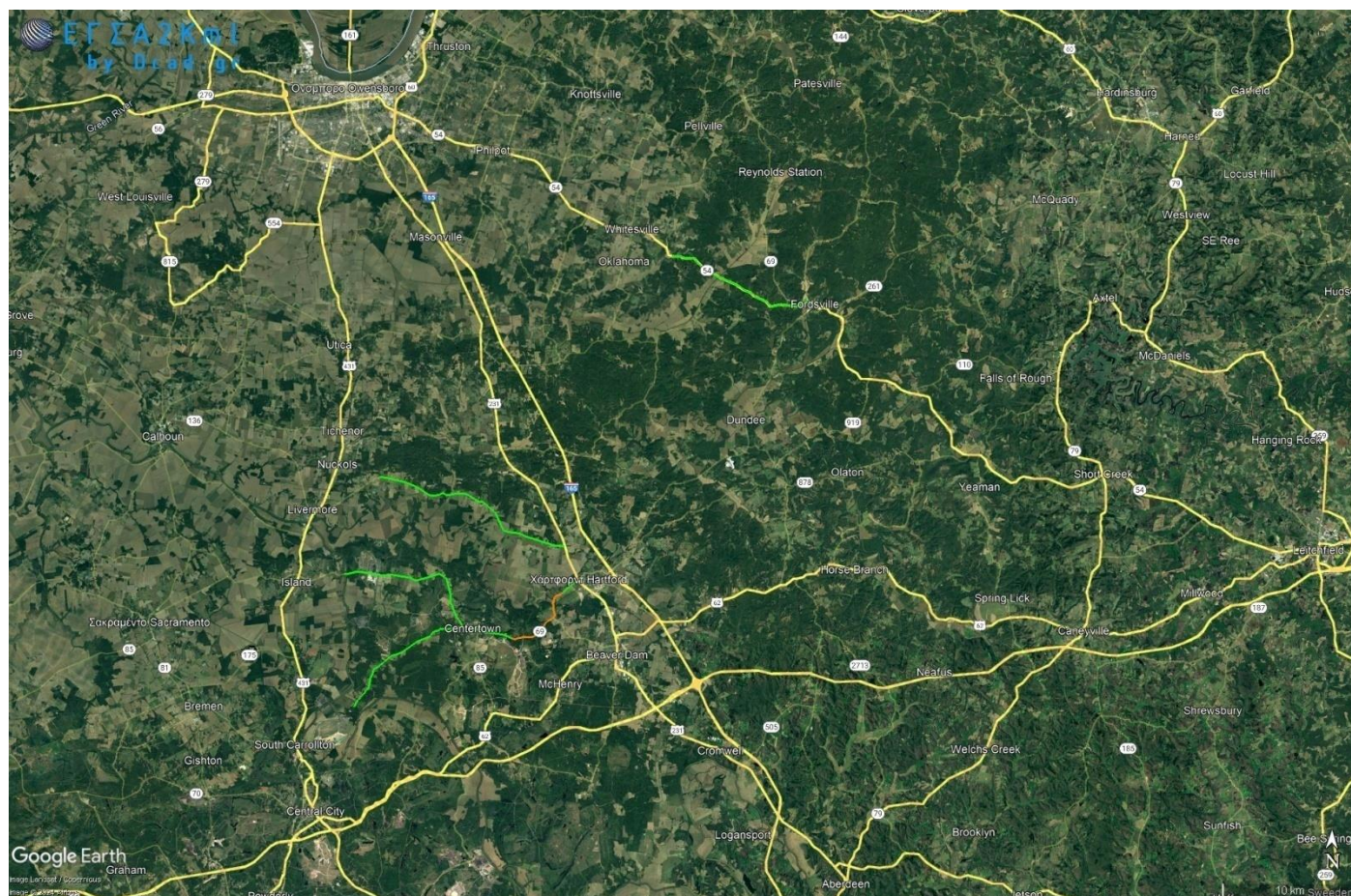






	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Monroe λαμβάνοντας υπόψη την ακτίνα Σχεδιασμού.

(GUS 1, από GoogleEarth)

Παράρτημα



	Αυξημένο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Μέτριο επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας
	Πολύ χαμηλό επίπεδο παρεχόμενης οδικής ασφάλειας

Χάρτης Επικινδυνότητας – Περιοχής Ohio λαμβάνοντας υπόψη την εν δυνάμει ακτίνα R^ που διαγράφει ο οδηγός κατά την διέλευσή του από την καμπύλη .*

(GUS 2, από Google Earth)