

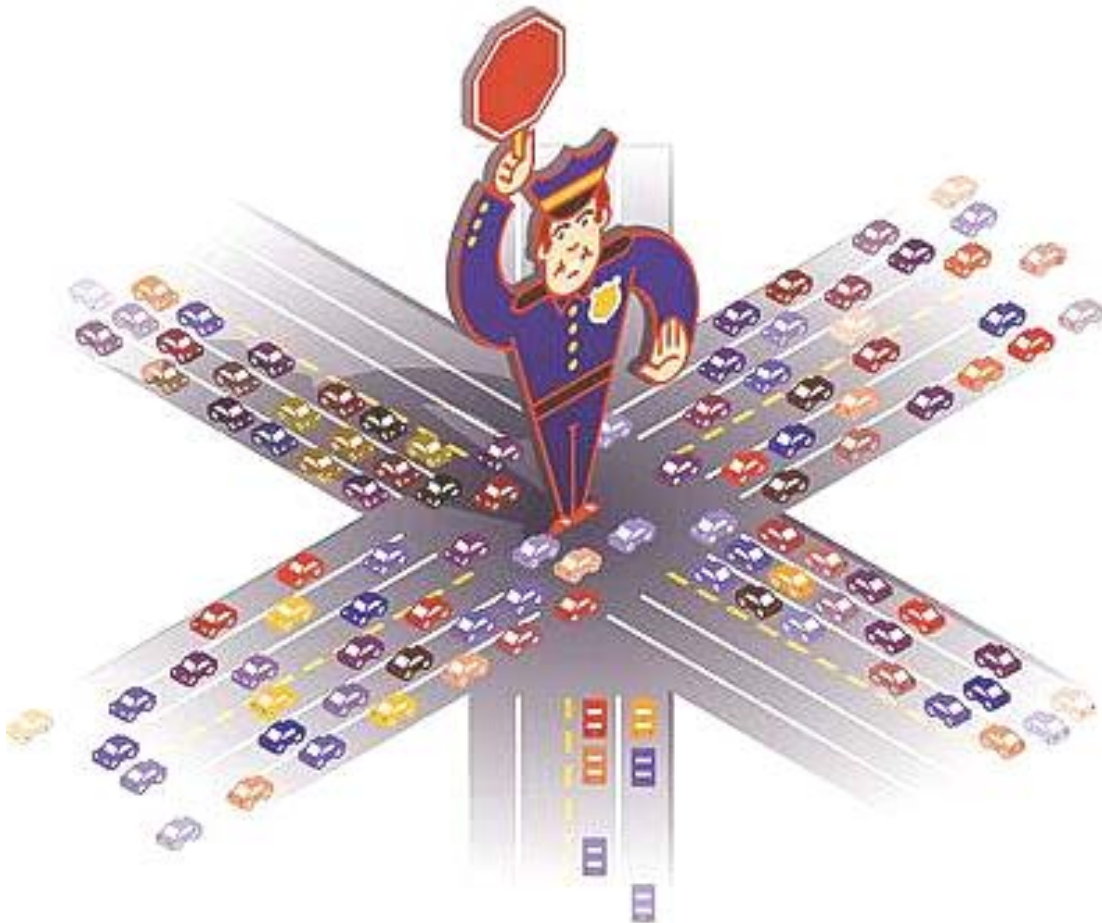


**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Αγρονόμων Και Τοπογράφων Μηχανικών  
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής και  
Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάλυση Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο:  
με Ρυθμιστική πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας**

### **ΤΕΥΧΟΣ Α**



**ΚΟΛΑ ΕΛΕΝΑ  
06103014**

**ΑΘΗΝΑ 2009**



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

---

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάλυση Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο:  
με Ρυθμιστική πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας**

**ΤΕΥΧΟΣ Α**

**ΚΟΛΑ ΕΛΕΝΑ  
06103014**

**Επιβλέπων καθηγητής :  
κ. Βασίλης Ψαριανός**

**ΑΘΗΝΑ 2009**

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και αποτελεί το τελικό στάδιο για την απόκτηση διπλώματος του Αγρονόμου και Τοπογράφου Μηχανικού.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους γονείς μου και στην αδερφή μου, οι οποίοι ήταν πάντα στο πλευρό μου για να με στηρίξουν και να με συμβουλέψουν. Επίσης τους φίλους μου και τους συμφοιτητές μου, οι οποίοι με έκαναν να βλέπω την θετική πλευρά των πραγμάτων.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλη Ψαριανό για την βοήθεια και την καθοδήγησή του σε γνωστικό επίπεδο, καθώς επίσης και τον κ. Ανδρέα Γεωργόπουλο.

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

Ευχαριστώ

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή</b> .....	<b>- 9 -</b>
1.1 Κίνητρα έρευνας.....	- 9 -
1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας .....	- 9 -
1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας .....	- 10 -
<b>2.Ανάλυση Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο</b> .....	<b>- 11 -</b>
2.1 Ορισμοί.....	- 12 -
2.1.1 Υστέρηση - Lag .....	- 12 -
2.1.2 Διάκενο- Gap.....	- 13 -
2.1.3 Αποδεχόμενα Διάκενα .....	- 13 -
2.1.4 Κρίσιμο Διάκενο – Critical Gap .....	- 14 -
2.1.5 Θέση Αναμονής Οχήματος – Stopping Vehicle Position.....	- 15 -
2.2 Μήκος Ορατότητας για Στάση – Stopping Sight Distance.....	- 16 -
2.3 Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (MOK) – Intersection Sight Distance (ISD) .....	- 17 -
2.4 Τρίγωνα Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο .....	- 17 -
2.5 Ελεγχόμενοι Κόμβοι.....	- 20 -
2.5.1 Περίπτωση Β – Ελεγχόμενος Κόμβος με Ρυθμιστική Πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας .....	- 20 -
2.5.2 Περίπτωση Β1 – Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.....	- 21 -
2.5.3 Περίπτωση Β2 – Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.....	- 22 -
2.5.4 Περίπτωση Β3 – Ευθεία κίνηση από τον δευτερεύοντα δρόμο..	- 23 -
2.6 Τεχνικές μοντελοποίησης χρονικής υστέρησης και αποδεχόμενων διακένων. ....	- 23 -
2.6.1 Μέθοδος Greenshield.....	- 24 -
2.6.2 Μέθοδος Raff .....	- 24 -
2.6.3 Μέθοδος Logit .....	- 24 -
<b>3. Συλλογή Δεδομένων</b> .....	<b>- 26 -</b>
3.1 Επιλογή κόμβου.....	- 27 -
3.2 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων.....	- 29 -
3.2.1 Θέση της Βιντεοκάμερας στον Κόμβο .....	- 29 -
3.2.2. Φωτογραμμετρική Μεθοδολογία.....	- 32 -

3.2.3 Μέτρηση Εικονοστοιχείου (pixel) .....	- 33 -
<b>4. Επεξεργασία Δεδομένων και Αποτελέσματα .....</b>	<b>- 36 -</b>
4.1 Θέση Αναμονής Οδηγών σε Ρυθμιστική Πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας.....	- 36 -
4.1.1 Ακρίβεια και Αποτελέσματα .....	- 39 -
4.2 Κρίσιμο Διάκενο και Κρίσιμη τιμή Υστέρησης .....	- 40 -
4.2.1 Μοντέλα Αποδεχόμενων Διακένων .....	- 42 -
4.3 Προβλήματα Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων.....	- 48 -
<b>5. Σύγκριση Αποτελεσμάτων και Τρίγωνα Ορατότητας.....</b>	<b>- 49 -</b>
5.1 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Διαφορετικών Μεθόδων.....	- 49 -
5.2 Σύγκριση Κρίσιμου Διακένου με τις τιμές του HCM.....	- 51 -
5.3 Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (ΜΟΚ) .....	- 53 -
5.4 Θέση Αναμονής των Οχημάτων.....	- 57 -
5.5 Τρίγωνα Ορατότητας Αναχώρησης.....	- 59 -
<b>6. Συμπεράσματα Και Προτάσεις .....</b>	<b>- 64 -</b>
6.1 Συμπεράσματα .....	- 64 -
6.2 Προτάσεις .....	- 66 -
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>- 67 -</b>

## Πίνακες

Πίνακας 2.1: Μοντέλα Υπολογισμού Κρίσιμου Διακένου .....	- 14 -
Πίνακας 2.2: Τιμή του Κρίσιμου Διακένου σύμφωνα με το Highway Capacity Manual .....	- 15 -
Πίνακας 2.3: Απόσταση Ορατότητας σε Κόμβο .....	- 21 -
Πίνακας 2.4: Τιμές του Κρίσιμου Διακένου για Αριστερές στροφές .....	- 22 -
Πίνακας 2.5: Τιμές του Κρίσιμου Διακένου για Δεξιές στροφές .....	- 22 -
Πίνακας 4.1 : Παράδειγμα Επεξεργασίας των Δεδομένων για τον Προσδιορισμό της Θέσης Αναμονής των Οδηγών .....	- 38 -
Πίνακας 4.2: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων για την Θέση Αναμονής των Οχημάτων .....	- 39 -
Πίνακας 4.3 Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο excel.....	- 41 -
Πίνακας 4.4: Μέγεθος Δείγματος για τον Υπολογισμό του Κρίσιμου Διάκενο και Χρονικού Κενού.....	- 42 -
Πίνακας 4.5: Αποτελέσματα της Μεθόδου Raff.....	- 45 -
Πίνακας 4.6 : Αποτελέσματα της Μεθόδου Logit.....	- 47 -
Πίνακας 5.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των μεθόδων Logit και Raff .....	- 50 -
Πίνακας 5.2: Κρίσιμα διάκενα.....	- 51 -
Πίνακας 5.3 : Ποσοστιαία Διαφορά των Τιμών του Κρίσιμου Διακένου .....	- 52 -
Πίνακας 5.4: Διαστάσεις των Τριγώνων Ορατότητας .....	- 59 -
Πίνακας 5.5: Σύγκριση Τριγώνων Ορατότητας .....	- 60 -

## Εικόνες

Εικόνα 2.1: Περιγραφή υστέρησης μεταξύ δυο οχημάτων διαφορετικών δρόμων .....	- 12 -
Εικόνα 2.2: Περιγραφή διακένου μεταξύ δυο οχημάτων της ίδιας κατεύθυνσης- 13 -	
Εικόνα 2.3: Τρίγωνα Ορατότητας Προσέγγισης .....	- 19 -
Εικόνα 2.4: Τρίγωνα Ορατότητας Αναχώρησης .....	- 19 -
Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής Εργασιών .....	- 26 -
Εικόνα 3.2:Αεροφωτογραφία Περιοχής Εντοπισμού του Κόμβου .....	- 28 -
Εικόνα 3.3: Αεροφωτογραφία Κόμβου .....	- 28 -
Εικόνα 3.4: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό του κρίσιμου διακένου .....	- 30 -
Εικόνα 3.5: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την Βιντεοκάμερα για την Μέτρηση του Κρίσιμου Διακένου .....	- 31 -
Εικόνα 3.6: Καταγραφή πληροφορίας για τον υπολογισμό της θέσης αναμονής. ....	- 31 -
Εικόνα 3.7: Παρουσίαση Οπτικού πεδίου και του κατακόρυφου άξονα από την κάμερα, για την μέτρηση της θέσης αναμονής των οχημάτων. ....	- 32 -
Εικόνα 3.8: Γενικό Πλάνο για την Συλλογή των Απαραίτητων Στοιχείων ..	- 33 -
Εικόνα 3.9: Παράδειγμα Καταγραφής Αντικειμένου σε Μεγάλη Κλίμακα για τον Προσδιορισμό του Μεγέθους του Εικονοστοιχείου.....	- 34 -
Εικόνα 3.10: Παράδειγμα Καταγραφής Αντικειμένου σε Μικρή Κλίμακα για τον Προσδιορισμό του Μεγέθους του Εικονοστοιχείου.....	- 35 -
Εικόνα 4.1 : Παρουσίαση μέτρησης των αποστάσεων.....	- 37 -
Εικόνα 4.2 : Μέτρηση της υστέρησης και του διακένου.....	- 40 -
Εικόνα 4.3: Προσδιορισμός Κρίσιμου Διακένου Για Δεξιές Στροφές από τον Δευτερεύοντα Δρόμο με την Μέθοδο Raff.....	- 44 -
Εικόνα 4.4: Προσδιορισμός Κρίσιμου Διακένου Για Αριστερές Στροφές από τον Δευτερεύοντα Δρόμο με την Μέθοδο Raff .....	- 44 -
Εικόνα 5.1: Τρίγωνα Ορατότητας για Αριστερές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Raff .....	- 61 -
Εικόνα 5.2: Τρίγωνα Ορατότητας για Αριστερές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Logit.....	- 61 -
Εικόνα 5.3: Τρίγωνα Ορατότητας για Δεξιές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Raff και Logit.....	- 62 -





# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Κίνητρα έρευνας

Κίνητρο της παρούσας εργασίας είναι η έλλειψη στοιχείων μελέτης του μήκους ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο στις Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ) της Ελλάδας οι οποίες συντάχθηκαν το 2001. Το μήκος ορατότητας αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τον γεωμετρικό σχεδιασμό αυτοκινητόδρομων και ορίζεται από το τμήμα της οδού που εκτίθεται στο οπτικό πεδίο του οδηγού. Η ικανότητα των οδηγών να βλέπουν μπροστά και να μπορούν να αντιληφθούν μια ενδεχόμενη σύγκρουση οχημάτων είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την ασφαλή λειτουργία των αυτοκινητόδρομων.

Η ασφάλεια της κυκλοφορίας και η ποιότητα της κυκλοφοριακής ροής απαιτούν την ύπαρξη ελάχιστων μηκών ορατότητας, προκειμένου να είναι δυνατή η έγκαιρη ακινητοποίηση ενός οχήματος (απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση), η ασφαλής προσπέραση (απαιτούμενο μήκος ορατότητας για προσπέραση) καθώς και η ασφαλή λήψη απόφασης για την είσοδο σε κόμβο (απαιτούμενο μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο).

Η τελευταία περίπτωση ύπαρξης ελάχιστου μήκους ορατότητας σε κόμβο είναι απαραίτητη να εξασφαλίζεται στους οδηγούς που πλησιάζουν ή θέλουν να εισέλθουν σε έναν κόμβο προκειμένου να αποφασίσουν τί κίνηση θα πρέπει να πραγματοποιήσουν καθώς επίσης το τρόπο με τον οποίο θα κινηθούν χωρίς να έρθουν σε σύγκρουση με κάποιο άλλο διερχόμενο όχημα. Για τον παραπάνω λόγο σε κάθε ισόπεδο κόμβο θα πρέπει να διατίθενται τα απαραίτητα μήκη ορατότητας σε συγκεκριμένες θέσεις υπό την μορφή περιοχών τριγωνικής μορφής.

Οι παράμετροι για τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας αλλά και η θέση από την οποία θα πρέπει να μετράται δεν έχουν προσδιοριστεί μέχρι στιγμής για τα ελληνικά δεδομένα. Οι κανονισμοί χάραξης κόμβων που περιλαμβάνονται στο ΟΜΟΕ έχουν υιοθετήσει σχεδόν αυτούσιους τους γερμανικούς κανονισμούς συνεπώς δεν εγγυώνται ότι ανταποκρίνονται απαραίτητα στις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα.

## 1.2 Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων που απαιτούνται για τον υπολογισμό των διαστάσεων των τριγώνων ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας.

Συγκεκριμένα η μελέτη αυτή έχει ως σκοπό να ελέγξει εάν οι τιμές που δίνονται από το RAS-L αλλά και από τις σχετικές οδηγίες των ΗΠΑ και το Highway

Capacity Manual (HCM) ανταποκρίνονται στα ελληνικά δεδομένα και να προσδιορίσει τα τρίγωνα ορατότητας για ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας, σύμφωνα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την συμπεριφορά των οδηγών στην Ελλάδα. Επιπλέον στην εργασία παρουσιάζονται βασικές διαπιστώσεις για την συμπεριφορά των Ελλήνων οδηγών από σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις παραπάνω τιμές.

Για τον παραπάνω σκοπό συγκεντρώθηκε υλικό από τη διεθνή βιβλιογραφία. Μετά από μελέτη και ανάλυση του υποβάθρου προσδιορίστηκε η μεθοδολογία και τα βήματα που θα ακολουθηθούν για την επίτευξη του κεντρικού στόχου της εν λόγω διπλωματικής εργασίας.

### **1.3 Δομή Διπλωματικής Εργασίας**

Η διπλωματική εργασία απαρτίζεται από 6 κεφάλαια. Οι ορισμοί, οι παράμετροι, τα μοντέλα και οι μεθοδολογίες για την ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο σύμφωνα με το υλικό που συγκεντρώθηκε και μελετήθηκε περιγράφονται στο κεφάλαιο 2. Στο κεφάλαιο 3 το οποίο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στάδια της διπλωματικής εργασίας, αναφέρεται στην συλλογή των δεδομένων και στο πλάνο που αναπτύχθηκε γι αυτό τον σκοπό. Στο επόμενο κεφάλαιο περιλαμβάνεται η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων, ενώ στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και σύγκριση αυτών με τις τιμές που προέκυψαν από άλλες μελέτες. Τέλος στο κεφάλαιο 6 περιλαμβάνονται συμπεράσματα και προτάσεις.

## 2.Ανάλυση Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο

Η ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο αποτελεί βασικό στοιχείο για την ασφαλή λειτουργία των αυτοκινητόδρομων και συνίσταται στον ορισμό των διαστάσεων των τριγώνων ορατότητας

Το μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο είναι ιδιαίτερα κρίσιμο μέγεθος καθώς ο οδηγός ενός οχήματος που πλησιάζει σε αυτόν, πρέπει να έχει ένα επαρκές ελεύθερο οπτικό πεδίο το οποίο να περιλαμβάνει κάθε τύπου σήμανσης κυκλοφοριακού ελέγχου, και επαρκή μήκη ορατότητας κατά μήκος των διασταυρούμενων δρόμων που να επιτρέπει στον οδηγό να προβλέψει και να αποφύγει κάποια σύγκρουση οχημάτων. Συνεπώς θα πρέπει σε όλους τους διασταυρωμένους δρόμους σε έναν κόμβο να εξασφαλίζονται τα απαραίτητα μήκη ορατότητας.

Στην παρούσα μελέτη η ανάλυση και ο προσδιορισμός της απαιτούμενης απόστασης ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου βασίζεται σε μοντέλο αποδεχόμενων διακένων. Σε μοντέλο αποδεχόμενων διακένων βασίζεται και η τιμή που δίνεται στις οδηγίες οδικών μελετών της Γαλλίας, της Σουηδίας καθώς επίσης και σε μερικές πολιτείες των ΗΠΑ [17]. Σύμφωνα με τις οδηγίες οδικών μελετών της Αμερικής του 1994 (AASHTO, 1994) ο προσδιορισμός του μήκους ορατότητας βασιζόταν σε μοντέλο συμπεριφοράς επιτάχυνσης και επιβράδυνσης μιας υποτιθέμενης σύγκρουσης οχημάτων. Στις οδηγίες του 2001 (AASHTO 2001) ο προσδιορισμός του μήκους ορατότητας βασίζεται επίσης σε μοντέλο αποδεχόμενων διακένων. Αντίθετα στην Γερμανία, το μήκος που προτείνεται βασίζεται στο απαιτούμενο μήκος ορατότητας για στάση

Ανεξάρτητα με την μέθοδο υπολογισμού του μήκους ορατότητας σε κόμβο, θα πρέπει να σημειωθεί πως η ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από το μήκος ορατότητας για στάση. Ένας ισόπεδος κόμβος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας θα μπορέσει να λειτουργήσει με ασφάλεια εάν οι οδηγοί που τον προσεγγίζουν από τον πρωτεύοντα δρόμο και οι οδηγοί που είναι ακινητοποιημένοι στον δευτερεύοντα δρόμο μπορούν να δουν ο ένας τον άλλον από μια απόσταση όπως ορίζεται από τα κριτήρια του μήκους ορατότητας για στάση. Ο παραπάνω περιορισμός είναι απαραίτητος να ισχύει ώστε ο οδηγός του πρωτεύοντα δρόμου να μπορεί να παρατηρήσει την είσοδο ενός οχήματος στον κόμβο όπως εξέρχεται από τον δευτερεύοντα δρόμο, από μια απόσταση ίση με το μήκος ορατότητας για στάση, ώστε να μπορέσει να ακινητοποιήσει το όχημα εάν χρειαστεί.

Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει ποικίλες παραμέτρους και ορισμούς οι οποίοι είναι χρήσιμοι για την ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο. Ο προσδιορισμός της θέσης του σημείου λήψης απόφασης των οδηγών του

δευτερεύοντα δρόμου και του κρίσιμου διακένου είναι δυο μεγέθη απαραίτητα για την ανάλυση.

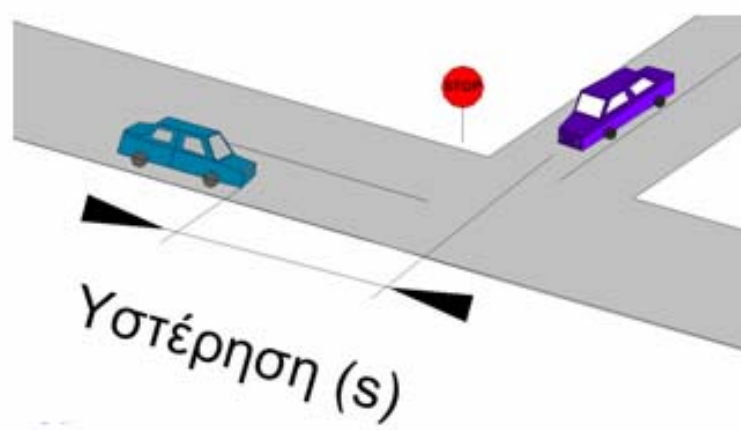
Οι ορισμοί που δίνονται στις επόμενες παραγράφους βασίζονται σε διεθνή βιβλιογραφία, παλαιότερες μελέτες καθώς επίσης σε άρθρα σχετικά με μη σηματοδοτημένους κόμβους που μελετήθηκαν. Επιπλέον περιγράφονται τα τρίγωνα ορατότητας σε ελεγχόμενο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας καθώς επίσης και τα βασικά μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των αποδεχόμενων διακένων σε παλαιότερες μελέτες. Κύρια πηγή πληροφοριών για τα παραπάνω αποτέλεσε το διαδίκτυο, η ηλεκτρονική βάση δεδομένων της βιβλιοθήκης του ΕΜΠ, βιβλία και περιοδικά.

## 2.1 Ορισμοί

Για την καλύτερη κατανόηση της παρούσας μελέτης είναι απαραίτητο αρχικά να δοθούν οι ορισμοί βασικών ορολογιών που χρησιμοποιούνται σε αυτή.

### 2.1.1 Υστέρηση - Lag

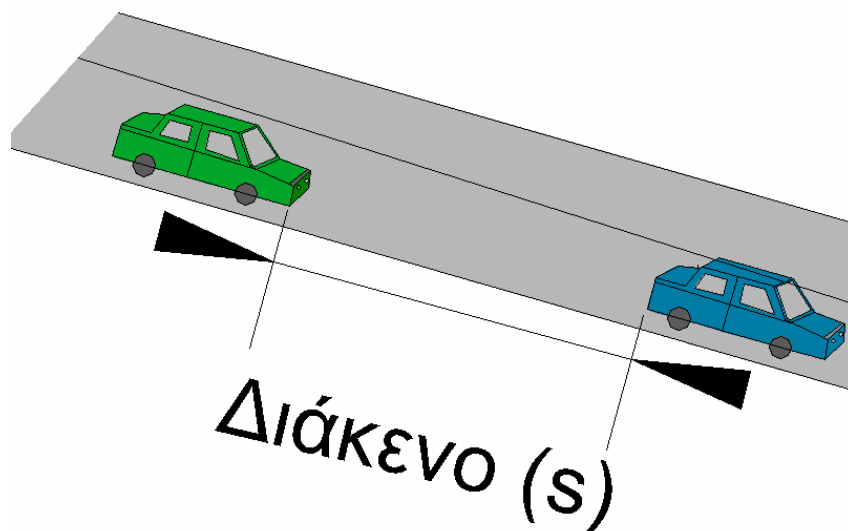
Η υστέρηση μετράται ανάμεσα σε δυο οχήματα διαφορετικών δρόμων και ορίζεται ως το χρονικό διάστημα από την άφιξη ενός οχήματος του δευτερεύοντα δρόμου στην νοητή γραμμή του STOP, μέχρι την χρονική στιγμή που το όχημα του πρωτεύοντα δρόμου θα πλησιάσει το μπροστινό μέρος του σταματημένου οχήματος [3].



Εικόνα 2.1: Περιγραφή υστέρησης μεταξύ δυο οχημάτων διαφορετικών δρόμων

### 2.1.2 Διάκενο- Gap

Το διάκενο είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δυο οχήματα που κινούνται στην ίδια κατεύθυνση και στον ίδιο δρόμο. Το διάκενο μετράται από το πίσω μέρος του προπορευόμενου οχήματος μέχρι το πρόσθιο μέρος του επόμενου. Η εικόνα 2.2 περιγράφει το χρονικό διάκενο [3].



Εικόνα 2.2: Περιγραφή διακένου μεταξύ δυο οχημάτων της ίδιας κατεύθυνσης

### 2.1.3 Αποδεχόμενα Διάκενα

Αναφέρονται στο μέγεθος των διακένων που αποδέχονται οι οδηγοί του δευτερεύοντα δρόμου που θα τους εξασφαλίσει τον απαραίτητο χρόνο που χρειάζονται να επιταχύνουν από την θέση ακινητοποίησής τους και να πραγματοποιήσουν την κίνηση που επιθυμούν χωρίς να δημιουργήσουν κανένα εμπόδιο στο κύριο ρεύμα.

Η ασφαλής επιλογή του διακένου εξαρτάται από την ικανότητα του οδηγού να κρίνει τον χρόνο που χρειάζεται να πραγματοποιήσει τον ελιγμό. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή την μεταβλητή είναι η ηλικία του οδηγού, ο χρόνος αναμονής στην θέση στον δευτερεύοντα δρόμο, το είδος της στροφής και τέλος η οικειότητα του οδηγού με το δρόμο [3].

Το αποτέλεσμα της μελέτης των αποδεχόμενων διακένων δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τον προσδιορισμό του μήκους ορατότητας σε κόμβο, αλλά είναι χρήσιμο για την ανάλυση της κυκλοφοριακής ικανότητας ενός κόμβου, τον υπολογισμό του μήκους ουράς καθώς επίσης και για τον προσδιορισμό της μέσης καθυστέρησης σε μη σηματοδοτημένο κόμβο.

## 2.1.4 Κρίσιμο Διάκενο – Critical Gap

Το κρίσιμο διάκενο είναι ο ενδιάμεσος των διακένων μεταξύ δύο διαδοχικών οχημάτων στον πρωτεύοντα δρόμο που γίνονται αποδεκτά από τους οδηγούς του δευτερεύοντα, οι οποίοι εκτελούν τον υπό εξέταση ελιγμό. Σύμφωνα με τον Raff and Hart το κρίσιμο διάκενο ορίζεται ως το διάκενο για το οποίο ο αριθμός των αποδεχόμενων διακένων που είναι μικρότεροι από αυτόν, ισοδυναμούν με τον αριθμό των απορριπτόμενων διακένων που είναι μεγαλύτεροι από αυτόν [3].

Ένας άλλος ορισμός έχει δοθεί από τον Kyte et al, σύμφωνα με τον οποίο το κρίσιμο διάκενο ορίζεται ως το ελάχιστο διάκενο στο ρεύμα του κύριου δρόμου που χρειάζεται ο οδηγός τους οχήματος του δευτερεύοντα δρόμου να εισέλθει στον κόμβο. Το κρίσιμο διάκενο υπολογίζεται από την μέτρηση του αριθμού των χρονικών διακένων που αποδέχονται και απορρίπτουν οι οδηγοί του δευτερεύοντα δρόμου που επιθυμούν να εισέλθουν στο κύριο ρεύμα [5].

Για τον υπολογισμό της τιμής του κρίσιμου διακένου έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η τιμή του διακένου όπως αυτή υπολογίστηκε με βάση τέσσερις διαφορετικές μεθόδους.

Πίνακας2.1: Μοντέλα Υπολογισμού Κρίσιμου Διακένου

Κίνηση	Κρίσιμο Διάκενο ( sec ) Critical Gap			
	Raff method	Logistic Regression	Lerner Et al.	Kyte et al.
Δεξιά στροφή από τον δευτερεύον δρόμο	6.3	6.5	7.0	6.2
Αριστερή στροφή από τον δευτερεύον Δρόμο	8.0	8.2	7.0	7.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : οι τιμές αναφέρονται για στροφές από ελεγχόμενο κόμβο με STOP σε πρωτεύοντα δρόμο δυο διελεύσεων

ΠΗΓΗ: National Cooperative Highway Research P 383 ,1994

Όπως παρατηρείται η τιμή του διακένου διαφέρει από μέθοδο σε μέθοδο και είναι δύσκολο να καθοριστεί ποια μέθοδος προσεγγίζει την αληθή τιμή.

Παρακάτω παρουσιάζεται η επίσημη τιμή του κρίσιμου διακένου σύμφωνα με το Highway Capacity Manual

**Πίνακας 2.2: Τιμή του Κρίσιμου Διακένου σύμφωνα με το Highway Capacity Manual**

Είδος στροφής	Κρίσιμο διάκενο	
	Πρωτεύων δρόμος 2 λωρίδων	Πρωτεύων δρόμος 4 λωρίδων
Αριστερή στροφή, πρωτεύων δρόμος	4.1	4.1
Δεξιά στροφή, δευτερεύων δρόμος	6.2	6.9
Ευθεία κίνηση, δευτερεύων δρόμος	6.5	6.5
Αριστερή στροφή, δευτερεύων δρόμος	7.1	7.5

ΠΗΓΗ: Highway capacity Manual 2000

### 2.1.5 Θέση Αναμονής Οχήματος – Stopping Vehicle Position

Είναι η θέση στην οποία βρίσκονται οι οφθαλμοί του οδηγού του δευτερεύοντα δρόμου όταν βρίσκεται σταματημένος στον κόμβο. Ουσιαστικά αποτελεί το σημείο λήψης απόφασης για την επιλογή του διακένου για τον οδηγός που θα πραγματοποιήσει τον ελιγμό και μετράται από το όριο του πρωτεύοντα δρόμου ως προς τους οφθαλμούς του ακινητοποιημένου οδηγού. Η γνώση της θέσης αυτού του σημείου είναι απαραίτητη για την ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο και κατ' επέκταση του προσδιορισμού των διαστάσεων των τριγώνων ορατότητας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται για διάφορες χώρες η τιμή της παραπάνω μεταβλητής.

**Πίνακας 2.3: Θέση αναμονής οχημάτων**

Χώρα	Θέση αναμονής οχημάτων
Αυστραλία	7,00 – επιθυμητό 5,00 – ελάχιστο
Γαλλία	3,00
Γερμανία	3,00
Ολλανδία	5,00
Σουηδία	5,00 – επιθυμητό 3,00 – ελάχιστο
Ελβετία	2,50
ΗΠΑ	4,40

ΠΗΓΗ: International sight distance design practices

## 2.2 Μήκος Ορατότητας για Στάση – Stopping Sight Distance

Η απόσταση ορατότητας, είναι το μήκος του οδοστρώματος που είναι ορατό εμπροσθεν του οδηγού. Η ελάχιστη απόσταση ορατότητας που είναι διαθέσιμη σε κάθε σημείο του οδοστρώματος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επιτρέψει σε ένα όχημα που ταξιδεύει με ή κοντά στην ταχύτητα σχεδιασμού να σταματήσει εντελώς προτού φθάσει σε ένα στάσιμο αντικείμενο στην πορεία του.

Το μήκος ορατότητας για στάση αποτελείται από την απόσταση που διανύει ο οδηγός μέχρι να αντιληφθεί το εμπόδιο και να αντιδράσει (χρόνος αντίδρασης), και από την απόσταση που διανύει μέχρι να ακινητοποιήσει το όχημα.

Το πρότυπο μοντέλο υπολογισμού της SSD που υιοθετείται από τους Αμερικάνικους κανονισμούς [16] περιγράφεται από την σχέση 1.1, ενώ το αντίστοιχο μοντέλο που αναφέρεται στους ελληνικούς κανονισμούς [13] περιγράφεται στην σχέση 1.2 .

$$SSD = V \times t + \frac{V^2}{2\left(\frac{a}{g} + s\right)} \quad (\text{Σχέση 1.1})$$

όπου:

V (m/sec): ταχύτητα οχήματος

t (sec): χρόνος αντίληψης οδηγού - χρόνος αντίδρασης [t = 2.5sec]

g ( $m / s^2$ ): η παγκόσμια σταθερά βαρύτητας (g =  $9.81 m / s^2$ )

a ( $m / s^2$ ): ποσοστό επιβράδυνσης οχημάτων [3.4m/sec<sup>2</sup>]

s (%/100): κατά μήκος κλίση [(+) ανωφέρεια, (-) κατωφέρεια]

$$SSD = V \times t_R + \frac{1}{g} \int_0^{V_{35}} \frac{V}{f_T(V) + \frac{s}{100} + \frac{A_d}{mg}} dv \quad m / s^2 \quad (\text{Σχέση 1.2})$$

όπου:

V (m/sec): ταχύτητα οχήματος

$t_R$  (sec): χρόνος αντίληψης οδηγού - χρόνος αντίδρασης [ $t_R = 2.0\text{sec}$ ]

g ( $m / s^2$ ): η παγκόσμια σταθερά βαρύτητας (g =  $9.81 m / s^2$ )

$f_T(V)$ : κατά μήκος τριβή ολίσθησης



$$[f_T(V) = 0.59 - 4.85 \times 10^{-3} \times V + 1.51 \times 10^{-5} \times V^2] \quad (1.6)$$

s (%): κατά μήκος κλίση [(+) ανωφέρεια, (-) κατωφέρεια]

m(kgr): μάζα οχήματος

$A_d$  (N): αντίσταση που δέχεται του τον αέρα το αυτοκίνητο έμπροσθεν

$$[A_d / mg = 0.327 \times 10^{-4} \times V^2]$$

### 2.3 Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (MOK) – Intersection Sight Distance (ISD)

Το μήκος ορατότητας σε κόμβο είναι η απόσταση κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου που χρειάζεται ο οδηγός του οχήματος του δευτερεύοντα δρόμου να έχει δεξιά ή αριστερά του, για να εισέλθει στον κόμβο με ασφάλεια.

Για την ασφαλή λειτουργία ενός κόμβου θα πρέπει ο οδηγός που πλησιάζει έναν κόμβο να έχει ένα επαρκές οπτικό πεδίο που να του επιτρέπει να παρατηρήσει κάθε τύπου σήμανσης κυκλοφοριακού ελέγχου, καθώς επίσης θα πρέπει να έχει επαρκή μήκη κατά μήκος των διασταυρούμενων δρόμων που να του επιτρέπει να προβλέψει και να αποφύγει κάποια σύγκρουση οχημάτων.

Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζεται η τιμή του μήκους ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμο για την είσοδο σε αυτόν με δεξιά ή αριστερή στροφή, όπως ισχύει σε κάποιες χώρες.

### 2.4 Τρίγωνα Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο

Τα τρίγωνα ορατότητας είναι οι περιοχές σε κάθε γωνία ενός κόμβου που πρέπει να παρέχουν τα επαρκή μήκη ορατότητας στους οδηγούς. Κάθε αντικείμενο το οποίο μπορεί να εμποδίζει την ορατότητα στον οδηγό θα πρέπει να μετακινηθεί εάν αυτό είναι δυνατόν. Τέτοια αντικείμενα μπορεί να είναι παρκαρισμένα αμάξια, δέντρα, κτίρια.

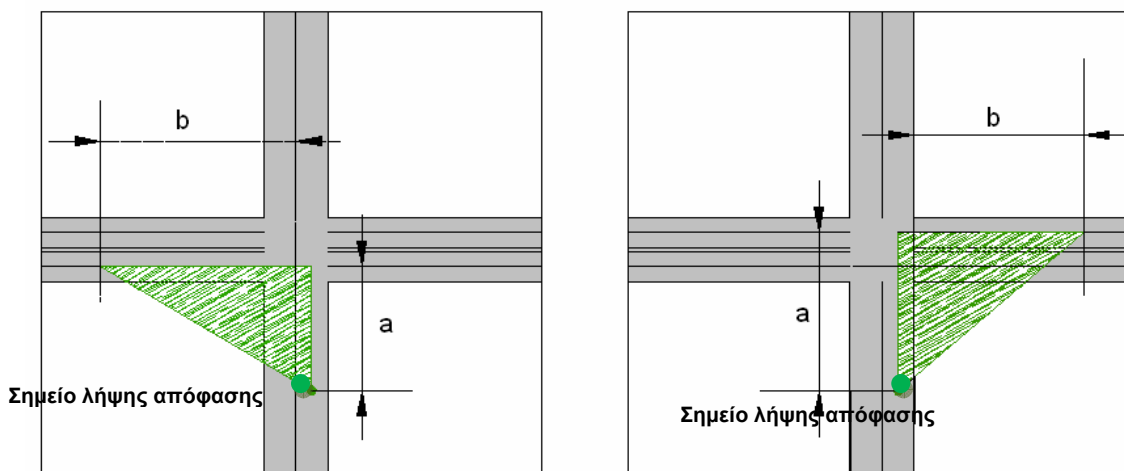
Υπάρχουν δυο τύποι τριγώνων ορατότητας: τα τρίγωνα προσέγγισης και τα τρίγωνα αναχώρησης. Τα τρίγωνα προσέγγισης (εικόνα 2.3) θα πρέπει να παρέχουν τα απαραίτητα μήκη στους οδηγούς κατά μήκος και των δυο διασταυρούμενων δρόμων, τα οποία θα τους επιτρέπουν να επιβραδύνουν ή και να σταματήσουν σε μια πιθανή σύγκρουση.

**Πίνακας 2.4: Μήκος Ορατότητας κατά μήκος του Πρωτεύοντα δρόμου.**

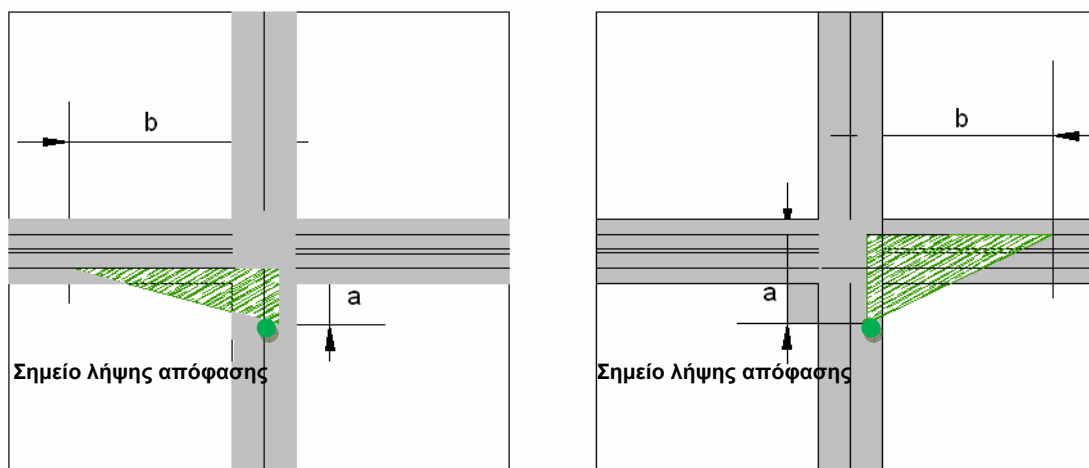
Χώρα	Στοιχεία σχεδιασμού	Ταχύτητα σχεδιασμού ή λειτουργική ταχύτητα κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου									Παρατηρήσεις
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	
Αυστραλία	Ελάχιστο ΜΟΚ- Αστική περιοχή	60	80	105	130	165	-	-	-	-	Γνωστό ως ασφαλές ΜΟΚ
	Ελάχιστο ΜΟΚ- Αγροτική περιοχή	70	90	115	140	175	210	250	290	330	Γνωστό ως ασφαλές ΜΟΚ
	Επιθυμητό ΜΟΚ	100	125	160	220	305	400	500	500	500	Γνωστό ως ΜΟ εισόδου
Καναδάς	Αριστερή κ δεξιά στροφή- επιβατικά οχήματα	-	125	165	215	265	320	380	435	-	
Γαλλία	Επιθυμητό- δρόμος με διάζωμα 2ή3 λωρίδων	100	125	150	175	200	225	250	275	300	Βασισμένο στο χρόνο διαδρομής των 9sec για το85% της ταχύτητας
	Επιθυμητό – δρόμος 2 λωρίδων	89	111	133	156	178	200	222	244	267	Βασισμένο στο χρόνο διαδρομής των 8sec για το85% της ταχύτητας
	Ελάχιστο - δρόμος με διάζωμα 2ή3 λωρίδων	78	97	117	136	156	175	194	214	233	Βασισμένο στο χρόνο διαδρομής των 7sec για το85% της ταχύτητας
	Ελάχιστο – δρόμος 2 λωρίδων	67	83	100	117	133	150	167	183	200	Βασισμένο στο χρόνο διαδρομής των 6sec για το85% της ταχύτητας
Γερμανία	Αστικός αυτο/μος επιβατηγά οχήματα	-	70	85	110	135	170	200	-	-	
	Αστικός αυτο/μος βαρέα οχήματα	-	-	-	175	210	250	300	-	-	
Ολλανδία	Αριστερή κ δεξιά στροφή- επιβατηγά οχήματα		-	100	-	150	-	250	-	-	
Σουηδία	Κανονικός σχεδιασμός										Αποδεχόμενα διάκενα του 85% των οδηγών
	Υπερβολικός σχεδιασμός	-	80	-	130	-	190	-	260	-	Αποδεχόμενα διάκενα του 50% των οδηγών
Ελβετία	Αριστερή στροφή- επιβατηγά οχήματα	55	70	105	125	155	195	230	-	-	
	Δεξιά στροφή- επιβατηγά οχήματα	125	155	180	220	245	-	-	-	-	
ΗΠΑ	Αριστερή κ δεξιά στροφή- επιβατηγά οχήματα	86	118	156	199	250	308	375	452	544	

Τα τρίγωνα αναχώρησης (εικόνα 2.4) παρέχουν την απόσταση ορατότητας στον ακινητοποιημένο οδηγό του δευτερεύοντα δρόμου που θέλει να εισέλθει ή να διασχίσει τον πρωτεύοντα δρόμο. Οι διαστάσεις των τριγώνων εξαρτώνται από την ταχύτητα μελέτης, από τον τύπο κυκλοφοριακού ελέγχου και από την συμπεριφορά των οδηγών.

Τα τρίγωνα ορατότητας αναχώρησης χρησιμοποιούνται σε ελεγχόμενους κόμβους με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας ή με υποχρεωτική παραχώρηση προτεραιότητας. Οι διαστάσεις αυτών εξαρτώνται από την συμπεριφορά των οδηγών και από το κρίσιμο διάκενο [2].



**Εικόνα 2.3: Τρίγωνα Ορατότητας Προσέγγισης**



**Εικόνα 2.4: Τρίγωνα Ορατότητας Αναχώρησης**

## 2.5 Ελεγχόμενοι Κόμβοι

Οι διαστάσεις των τριγώνων ορατότητας εξαρτώνται από τον τύπο κυκλοφοριακού ελέγχου κάθε κόμβου, και αυτό διότι κάθε τύπος επιβάλλει διαφορετική συμπεριφορά στους οδηγούς. Οι διαφορετικές περιπτώσεις κόμβων είναι:

A. Μη ελεγχόμενος κόμβος.

B. Ελεγχόμενος κόμβος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας στον δευτερεύοντα δρόμο.

B1. Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.

B2. Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.

B3. Ευθεία κίνηση από τον δευτερεύοντα δρόμο.

C. Ελεγχόμενος κόμβος με πινακίδα υποχρεωτικής παραχώρησης προτεραιότητας στο δευτερεύοντα δρόμο .

C1. Ευθεία κίνηση από τον δευτερεύοντα δρόμο.

C2. Αριστερή ή Δεξιά στροφή από δευτερεύοντα δρόμο.

D. Ελεγχόμενος κόμβος με σηματοδότη

E. Πολλαπλών διελεύσεων ελεγχόμενου κόμβου με STOP

F. Αριστερές στροφές από τον πρωτεύοντα δρόμο.

Η παρούσα μελέτη ασχολείται μόνο με την περίπτωση B, η οποία αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

### 2.5.1 Περίπτωση B – Ελεγχόμενος Κόμβος με Ρυθμιστική Πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας

Το μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας πρέπει να εξασφαλίζεται για κάθε όχημα ,που επιθυμεί να διασχίσει ή να στρίψει δεξιά ή αριστερά. Ο οδηγός στον δευτερεύοντα δρόμο που θέλει να εισέλθει στον πρωτεύοντα θα πρέπει να έχει επαρκή ορατότητα αυτού προκειμένου να εισέλθει στον κόμβο χωρίς να επηρεάσει τα οχήματά του πρωτεύοντα δρόμου ή να έρθει σε σύγκρουση με αυτά.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι στο συγκεκριμένο τύπο κόμβου δεν χρησιμοποιούνται τα τρίγωνα ορατότητας προσέγγισης [2].

## 2.5.2 Περίπτωση B1 – Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.

Στις αριστερές στροφές από τον δευτερεύοντα δρόμο χρησιμοποιούνται τα τρίγωνα ορατότητας αναχώρησης. Τα μήκη των πλευρών του τριγώνου αναχώρησης κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου συνιστούν την απόσταση ορατότητας για την περίπτωση B1. [2]. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να εξασφαλίζεται αρκετό μήκος ορατότητας αριστερά του κόμβου για την ικανή είσοδο του οχήματος που θα στρίψει αριστερά στον κόμβο.

Το μήκος της πλευράς του τριγώνου ορατότητας κατά μήκος του δευτερεύοντα δρόμου (απόσταση "α", Εικόνα 2.4), είναι το άθροισμα της θέσης αναμονής των οχημάτων με το τελικό πλάτος των λωρίδων που διασχίζονται συν μια επιπλέον μισή (1/2) λωρίδα. Τέλος η εξίσωση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης ορατότητας σε κόμβο (απόσταση "b", Εικόνα 2.4) παρουσιάζεται στον πίνακα 2.4:

**Πίνακας 2.4: Μήκος Ορατότητας σε Κόμβο - Intersection sight distance**

Μετρικός	US
$ISD = 0,278V_{major}t_g$	$ISD = 1,47V_{major}t_g$
όπου	όπου
ISD = Intersection Sight Distance Απόσταση Ορατότητας σε Κόμβο (μήκος πλευράς τριγώνου ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου) (m)	ISD = Intersection Sight Distance Απόσταση Ορατότητας σε Κόμβο (μήκος πλευράς τριγώνου ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου) (m)
$V_{major}$ = Ταχύτητα μελέτης του πρωτεύοντα δρόμου ( Km/h )	$V_{major}$ = Ταχύτητα μελέτης του πρωτεύοντα δρόμου ( mph )
$t_g$ = Χρόνος διακένου για το όχημα του δευτερεύοντα δρόμου που θέλει να εισέλθει στον πρωτεύοντα	$t_g$ = χρόνος διακένου για το όχημα του δευτερεύοντα δρόμου που θέλει να εισέλθει στον πρωτεύοντα

Πηγή: A policy on Geometric Design of Highway and streets 2001 AASHTO

Για το υπολογισμό της απόστασης ορατότητας χρησιμοποιείται μια σταθερή τιμή του χρονικού διακένου, ανεξάρτητη από την ταχύτητα. Ο χρόνος του διακένου που χρησιμοποιείται στην παραπάνω εξίσωση δίνεται στον πίνακα 2.5

**Πίνακας 2.5: Τιμές του Διακένου για Αριστερές στροφές**

Τύπος οχήματος	Χρόνος διαδρομής με την ταχύτητα μελέτης της πρωτεύουσας οδού
επιβατικό όχημα	7,5 s
φορτηγό	9,5 s
φορτηγό με ρυμουλκούμενο	11,5 s

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: οι χρόνοι διάκενου αναφέρονται σε σταματημένα οχήματα που στρίβουν αριστερά σε δυο διελεύσεων αυτοκινητόδρομο, χωρίς διάζωμα και με κλίση 3% ή μικρότερη. Οι τιμές του πίνακα μεταβάλλονται ως εξής :

Για πολλαπλών λωρίδων αυτοκινητόδρομους : για αριστερές στροφές σε διπλής κατεύθυνσης αυτοκινητόδρομο με παραπάνω από δυο λωρίδες, προσθέτουμε 0,5 δευτερόλεπτα για τα επιβατικά οχήματα ή 0,7 δευτερόλεπτα για τα φορτηγά για κάθε πρόσθετη λωρίδα, από τα αριστερά

Για τον δευτερεύοντα δρόμο η προσεγγιστική κλίση: αν η προσεγγιστική κλίση υπερβαίνει το 3% τότε προσθέτουμε 0,2 δευτερόλεπτα για κάθε επιπλέον επί της εκατό μονάδα

Πηγή: A policy on Geometric Design of Highway and streets 2001 AASHTO

### 2.5.3 Περίπτωση B2 – Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο.

Το μοντέλο αυτό αναπτύσσεται όπως και στην περίπτωση B1. Η μόνη διαφορά είναι ότι τα χρονικά διάκενα που αποδέχονται οι οδηγοί στις δεξιές στροφές είναι λίγο μικρότερα από αυτά που αποδέχονται στις αριστερές στροφές, και συνεπώς το μήκος ορατότητας που απαιτείται δεξιά του κόμβου για την ασφαλή είσοδο του οχήματος που θα εκτελέσει τον υπό εξέταση ελιγμό θα είναι μερικά μέτρα μικρότερο. Οι χρόνοι του πίνακα 2.3 μειώνονται κατά ένα δευτερόλεπτο

**Πίνακας 2.6: Τιμές του Κρίσιμου Διακένου για Δεξιές στροφές**

Τύπος οχήματος	Χρόνος διαδρομής με την ταχύτητα μελέτης της πρωτεύουσας οδού
επιβατικό όχημα	6,5 s
μονό φορτηγό	8,5 s
διπλό φορτηγό	10,5 s

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: οι χρόνοι διάκενου αναφέρονται σε σταματημένα οχήματα που συνεχίζουν ευθεία ή στρίβουν δεξιά σε αυτοκινητόδρομο δυο διελεύσεων, χωρίς διάζωμα και με κλίση 3% ή μικρότερη. Οι τιμές του πίνακα μεταβάλλονται ως εξής :

Για πολλαπλών λωρίδων αυτοκινητόδρομους : για ευθεία κίνηση σε αυτοκινητόδρομο διπλής κατεύθυνσης με παραπάνω από δυο λωρίδες, προσθέτουμε 0,5 δευτερόλεπτα για τα επιβατικά οχήματα ή 0,7 δευτερόλεπτα για τα φορτηγά για κάθε πρόσθετη λωρίδα, από τα αριστερά

Για τον δευτερεύοντα δρόμο η προσεγγιστική κλίση: αν η προσεγγιστική κλίση υπερβαίνει το 3% τότε προσθέτουμε 0,1 δευτερόλεπτα για κάθε επιπλέον επί της εκατό μονάδα

Πηγή: A policy on Geometric Design of Highway and streets 2001 AASHTO

#### **2.5.4 Περίπτωση B3 – Ευθεία κίνηση από τον δευτερεύοντα δρόμο.**

Η απόσταση ορατότητας για ευθεία κίνηση σε κόμβο θα πρέπει να ελέγχεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Οι αριστερές και/ή οι δεξιές στροφές δεν επιτρέπονται και η ευθεία κίνηση είναι η μόνη που επιτρέπεται.
- Το όχημα που θα διασχίσει τον δρόμο θα διανύσει περισσότερες από έξι λωρίδες.
- Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων είναι μεγάλο και παρουσιάζεται απότομη κλίση στον κόμβο.

Το μοντέλο αυτό αναπτύσσεται όπως η περίπτωση B1 χρησιμοποιώντας την ίδια εξίσωση υπολογισμού απόστασης ορατότητας (ISD), αλλά τους χρόνους από την περίπτωση B2 (πίνακας 2.6).

#### **2.6 Τεχνικές μοντελοποίησης χρονικής υστέρησης και αποδεχόμενων διακένων.**

Για την εκτίμηση του κρίσιμου διακένου σε μη σηματοδοτημένο κόμβο έχουν αναπτυχθεί και δημοσιευτεί σε διεθνή βιβλιογραφία πολλές διαφορετικές μέθοδοι και αυτό διότι ο υπολογισμός του αποτελεί μια από τις πιο δύσκολες εργασίες της συγκοινωνιακής επιστήμης.

Μια από τις δυσκολίες που παρουσιάζονται στην μέτρηση του κρίσιμου διακένου είναι ότι το πραγματικό μέγεθος του κρίσιμου διακένου ενός μόνο οδηγού, είναι δύσκολο να προσδιοριστεί καθώς κυμαίνεται μεταξύ της τιμής του μεγαλύτερου διακένου που απορρίπτει ο οδηγός και του διακένου που τελικά αποδέχεται.

Επίσης η αντίδραση ενός οδηγού σε μια υστέρηση μπορεί να μην είναι ίδια με την αντίδρασή του στο διάκενο, έτσι δεν μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι το κρίσιμο διάκενο είναι ίσο με την κρίσιμη τιμή της υστέρησης. [7]

Εύκολα μπορεί να βρει κάποιος περισσότερες από 20 με 30 μεθόδους προσδιορισμού του κρίσιμου διακένου που έχουν δημοσιευτεί σε όλον τον κόσμο και οι οποίες παράγουν διαφορετικά αποτελέσματα. Αυτό δεν σημαίνει πως δεν είναι αξιόπιστη η κάθε μέθοδος απλά είναι δύσκολο να προσδιορίσει κανείς ποια μέθοδος προσεγγίζει την αληθή τιμή του κρίσιμου διακένου. Παρακάτω περιγράφονται κάποιες μέθοδοι προσδιορισμού του κρίσιμου διακένου [10].

### 2.6.1 Μέθοδος Greenshield

Στην μέθοδο Greenshield για την παρουσίαση των διακένων που αποδέχονται και απορρίπτουν οι οδηγοί του δευτερεύοντα δρόμου χρησιμοποιούνται ιστογράμματα. Οι κάθετοι άξονες αναπαριστούν τον αριθμό των αποδεχόμενων (θετικές τιμές) και των απορριπτόμενων (αρνητικές τιμές) διακένων, και ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τους χρόνους των διακένων. Το κρίσιμο διάκενο ορίζεται από το διάστημα εκείνο που έχει τον ίδιο αριθμό αποδεχόμενων και απορριπτόμενων διακένων [6].

### 2.6.2 Μέθοδος Raff

Ο Raff ορίζει το κρίσιμο διάκενο ως το μέγεθος για το οποίο ο αριθμός των αποδεχόμενων διακένων που είναι μικρότερος από αυτό ισούται με τον αριθμό των απορριπτόμενων διακένων που είναι μεγαλύτερος από αυτό. Με πιο απλά λόγια, το κρίσιμο διάκενο είναι η τιμή για την οποία το ποσοστό των αποδεχόμενων διακένων ισούται με το ποσοστό των απορριπτόμενων.

Ο Raff δεν περιλαμβάνει διάκενα στην μελέτη του, παρά μόνο δεδομένα υστέρησης, επιχειρηματολογώντας ότι ένας οδηγός θα αποδεχτεί ένα διάκενο μιας συγκεκριμένης τιμής, αλλά ένας άλλος οδηγός μπορεί να απορρίψει διάφορα διάκενα του ίδιου μεγέθους. Πιο πρόσφατες μελέτες έδειξαν πως οι αποδεχόμενες τιμές χρονικής υστέρησης δεν διαφέρουν από τα διάκενα, και ότι μπορούν να συγκριθούν [4,6].

Για τον υπολογισμό του κρίσιμου διακένου ή χρονικής υστέρησης, σχεδιάζονται στο ίδιο γράφημα δυο αθροιστικές καμπύλες. Η μια καμπύλη περιγράφει τον αριθμό των αποδεχόμενων κενών ή διακένων και η άλλη τον αριθμό των απορριπτόμενων και σχεδιάζεται αντίστροφα από την καμπύλη των αποδεχόμενων. Ο χρόνος για τον οποίο οι καμπύλες τέμνονται ορίζεται ως το κρίσιμο κενό ή διάκενο.

### 2.6.3 Μέθοδος Logit

Η μέθοδος Logit είναι ένα λογιστικό μοντέλο παλινδρόμησης και είναι κατάλληλη για την διατύπωση υποδειγμάτων με διχοτομικές εξαρτημένες μεταβλητές. Διχοτομική είναι η μεταβλητή που μπορεί να πάρει δύο τιμές, όπως είναι το διάκενο (το απορριπτόμενο ή το αποδεχόμενο). Μια ιδιότητα της συνάρτησης αυτής είναι ότι μπορεί εύκολα να γραμμικοποιηθεί [6].

Παρακάτω ακολουθεί το μαθηματικό μοντέλο για την μέθοδο Logit.

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_1 X)]}$$

Όπου



P= η πιθανότητα αποδοχής του διακένου

X= μεταβλητή η οποία σχετίζεται με την απόφαση αποδοχής του διακένου

$\beta_0, \beta_1$  = συντελεστές παλινδρόμησης

Η συνάρτηση logit μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε μια γραμμική συνάρτηση.

$$P' = \ln \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 X$$

Όπου  $P'$  = πιθανότητα μετασχηματισμού.

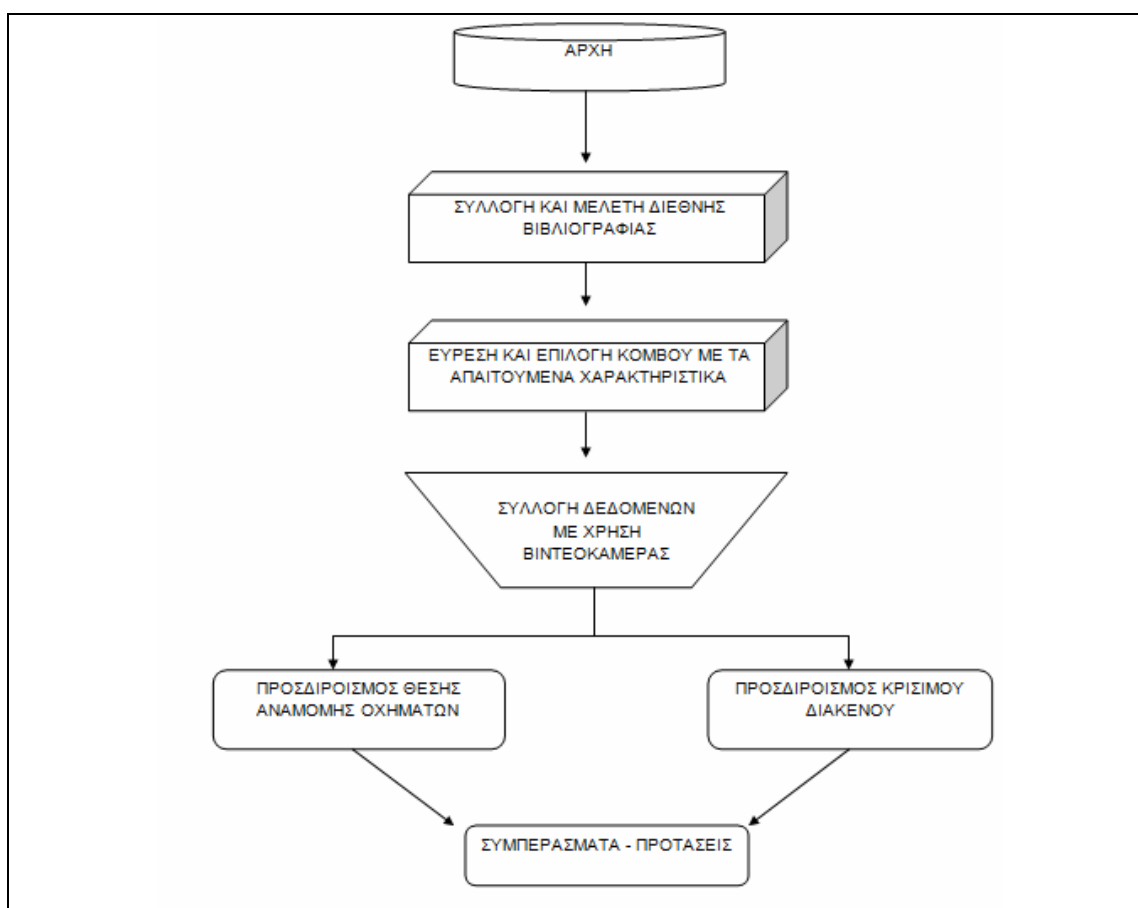
Το κρίσιμο διάκενο ή το χρονικό κενό είναι η τιμή X, για πιθανότητα P= 50%.

### 3. Συλλογή Δεδομένων

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την διεξαγωγή αυτής της μελέτης. Όλη η μεθοδολογία βασίστηκε στη βιβλιογραφία που μελετήθηκε, δημοσιεύσεις, και παρόμοιες μελέτες σχετικές με την ανάλυση ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα κριτήρια για την επιλογή του κόμβου και η διαδικασία συλλογής δεδομένων. Ο ισόπεδος κόμβος που επελέγη βρίσκεται στον δήμο Αμαρουσίου Αττικής, και για την συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν 2 βιντεοκάμερες με τον απαραίτητο βοηθητικό εξοπλισμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι για την συλλογή αυτή απαιτήθηκε κάποια προεργασία για τον προσδιορισμό του μεγέθους του ριχεί, αλλά και για τον προσδιορισμό της ακρίβειας που μπορούν να έχουν οι μετρήσεις, στοιχεία απαραίτητα για την επεξεργασία των δεδομένων αργότερα (κεφάλαιο 4)

Παρακάτω παρουσιάζονται σε διάγραμμα ροής τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.



Εικόνα 3.1 Διάγραμμα ροής Εργασιών

### 3.1 Επιλογή κόμβου

Για την επιλογή του κόμβου ήταν απαραίτητη η διέλευση με αυτοκίνητο από διάφορες περιοχές της Αθήνας, για τον εντοπισμό κόμβων που θα πληρούσαν τα απαραίτητα κριτήρια. Η Νέα Μάκρη, η Παλλήνη, το Μαρούσι, οι Θρακομακεδόνες, η Εκάλη, η Σταμάτα είναι μερικές από τις περιοχές όπου εντοπίστηκαν κόμβοι που πιθανόν θα ήταν χρήσιμοι για την μελέτη.

Για κάθε κόμβο πάρθηκαν φωτογραφίες, βίντεο καθώς επίσης συλλέχθηκαν γεωμετρικές και κυκλοφοριακές πληροφορίες. Όλη αυτή η διαδικασία, μολονότι απαραίτητη, ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρα διότι σε πολλούς κόμβους χρειάστηκε να γίνει επίσκεψη παραπάνω από δυο φορές για την επιβεβαίωση της καταλληλότητάς τους συγκρίνοντας τους με τους άλλους κόμβους.

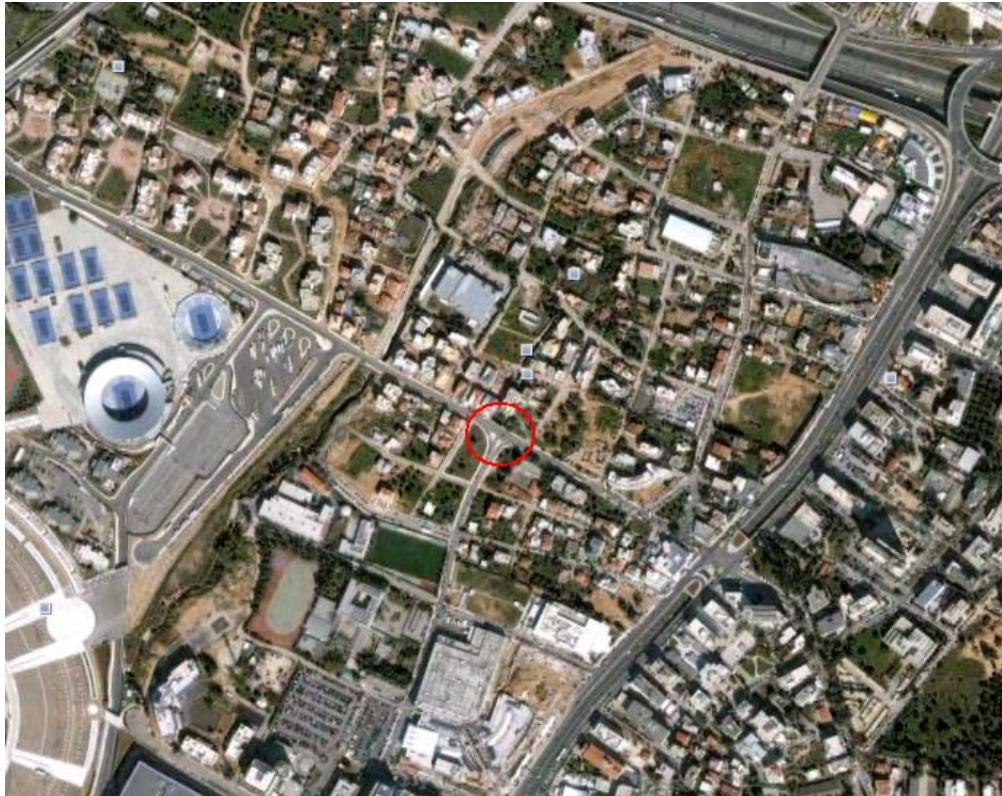
Τα κριτήρια ή οι συνθήκες που έπρεπε να πληρούν οι υποψήφιοι κόμβοι είναι [8]:

- Κόμβος δυο διελεύσεων ελεγχόμενος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας
- Τύπος κόμβου T ή σταυρός
- Παρουσία απαραίτητης απόστασης ορατότητας
- Μη ύπαρξη σηματοδότη σε απόσταση μικρότερη των 250-300 m
- Έδαφος επίπεδο
- Χαρακτηριστικά κυκλοφορίας :
  - Μέση ταχύτητα πρωτεύοντα δρόμου  $\geq 60$  Km/h (37 mph)
  - Φόρτος πρωτεύοντα δρόμου  $> 400$  veh/h (248 mph)
  - Φόρτος δευτερεύοντα δρόμου  $> 100$  veh/h (62 mph)

Ένα άλλο χαρακτηριστικό που έπρεπε να ληφθεί υπόψη είναι η διαθεσιμότητα χώρου για την τοποθέτηση της κάμερας σε σημείο που να επηρεάζει την συμπεριφορά των οδηγών στο ελάχιστο. Επιπλέον για την διευκόλυνση της μελέτης προτιμήθηκαν κόμβοι επίπεδοι, με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση και χωρίς διάζωμα.

Βάσει των παραπάνω κριτηρίων, ο κόμβος που επελέγη τελικά για την μελέτη βρίσκεται στον Δήμο Αμαρουσίου επί των οδών Αρτέμιδος και Δημοκρίτου (εικόνα 3.2), καθώς πληρούσε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Το κύριο μειονέκτημα των υπόλοιπων κόμβων που απορρίφθηκαν ήταν ότι δεν πληρούσαν το κριτήριο σχετικά με τον φόρτο κυκλοφορίας.

Ο φόρτος σε έναν κόμβο είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για τον υπολογισμό των αποδεχόμενων διακένων. Η επιλογή του διακένου για την πραγματοποίηση της κίνησης που επιθυμεί ο οδηγός, εξαρτάται από την κατανομή των διακένων επί του πρωτεύοντα δρόμου.



**Εικόνα 3.2: Αεροφωτογραφία Περιοχής Εντοπισμού του Κόμβου**

Πηγή: Google Earth



**Εικόνα 3.3: Αεροφωτογραφία Κόμβου**

Πηγή: Google Earth

### **3.2 Μεθοδολογία Συλλογής Δεδομένων**

Στα επόμενα θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο στήθηκε η έρευνα για την συλλογή των απαραίτητων στοιχείων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η συλλογή αυτών έγινε με βιντεοκάμερα καθώς παρέχει την δυνατότητα ταυτόχρονης και συνεχούς καταγραφής μελέτης χρονικών και χωρικών γεγονότων.

Ο μελετητής έχοντας καταγεγραμμένα σε κασέτα κυκλοφοριακά γεγονότα, μπορεί στο γραφείο να μελετήσει το βίντεο, εικόνα προς εικόνα, να καταγράψει χρόνους άφιξης και αναχώρησης οχημάτων, την θέση ακινητοποίησης των οχημάτων, την συμπεριφορά των οδηγών και οποιοδήποτε άλλο μέγεθος επιθυμεί.

Η συλλογή ορθών στοιχείων για την μελέτη του επιθυμητού μεγέθους, απαιτεί κάποια προεργασία και την μελέτη της θέσης στην οποία θα τοποθετηθεί η βιντεοκάμερα ώστε να καταγράψει το οπτικό πεδίο που ενδιαφέρει τον μελετητή. Επίσης απαιτείται να προσδιοριστεί αν χρειάζεται κάποιος επιπλέον εξοπλισμός αλλά και να προσδιοριστούν στοιχεία της βιντεοκάμερας όπως είναι η εστιακή απόσταση και το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel) της εικόνας.

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

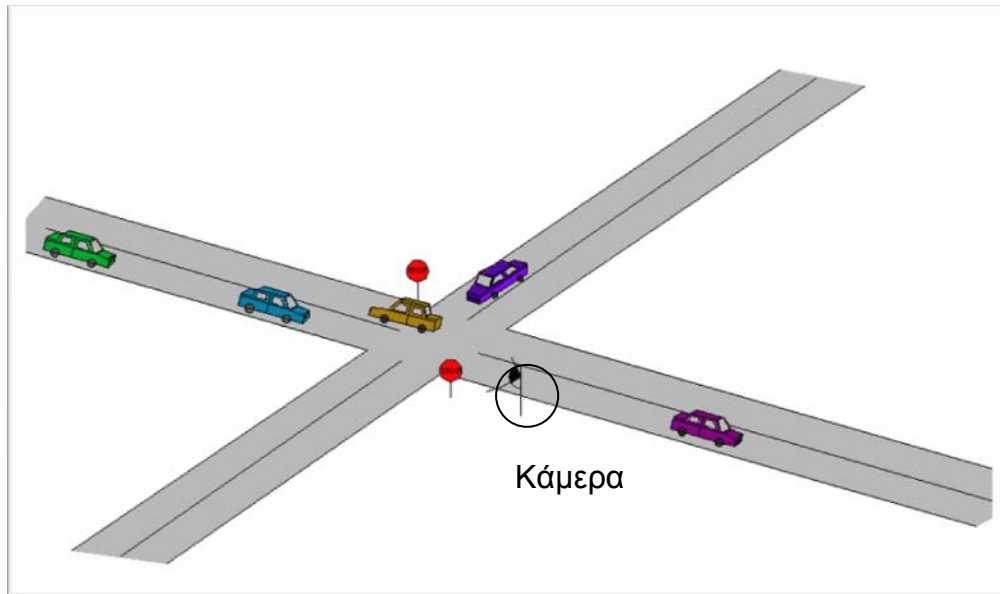
#### **3.2.1 Θέση της Βιντεοκάμερας στον Κόμβο**

Η θέση στην οποία θα τοποθετηθεί η βιντεοκάμερα στον κόμβο αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την συλλογή των δεδομένων, καθώς πρέπει να εξασφαλίζει το οπτικό πεδίο των κινήσεων των οχημάτων που ενδιαφέρουν τον μελετητή.

Στην συγκεκριμένη μελέτη, οι κινήσεις που έπρεπε να καταγράψει η βιντεοκάμερα ήταν οι εξής:

- Η θέση ακινητοποίησης των οχημάτων του δευτερεύοντα δρόμου ως προς το όριο του πρωτεύοντα.
- Η άφιξη και η αναχώρηση των οχημάτων του πρωτεύοντα δρόμου μπροστά από τον δευτερεύοντα δρόμο
- Η άφιξη και η αναχώρηση των οχημάτων του δευτερεύοντα δρόμου.

Οι θέσεις της βιντεοκάμερα που εξασφάλιζαν το οπτικό πεδίο αυτών των κινήσεων είναι δύο και παρουσιάζονται στις εικόνες 3.4 και 3.6.



**Εικόνα 3.4: Καταγραφή πληροφορίας για τον προσδιορισμό του κρίσιμου διακένου**

Πρέπει να σημειωθεί πως για την καταγραφή της πληροφορίας των χρονικών διακένων που αποδέχονται και απορρίπτουν οι οδηγοί, σχεδιάστηκε στον κύριο δρόμο μια γραμμή κάθετη στο μέσον του δευτερεύοντα δρόμου, η οποία καταγράφηκε στο βίντεο. Σύμφωνα με αυτήν προσδιορίστηκαν οι εξής χρόνοι:

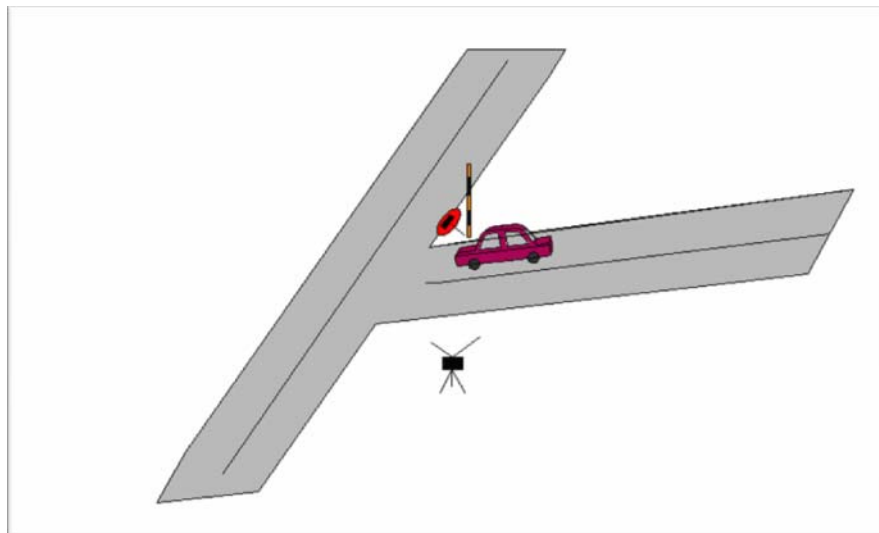
- χρόνος άφιξης του οχήματος του δευτερεύοντα δρόμου στον κόμβο
- χρόνος άφιξης του πρόσθιου μέρους του οχήματος του πρωτεύοντα δρόμου στην γραμμή αναφοράς
- χρόνος αναχώρησης του πίσω μέρους του οχήματος του πρωτεύοντα δρόμου από την γραμμή αναφοράς





**Εικόνα 3.5: Παρουσίαση Οπτικού Πεδίου Καταγραφής από την Βιντεοκάμερα για την Μέτρηση του Κρίσιμου Διακένου**

Όσον αφορά την μέτρηση της θέσης αναμονής των οχημάτων, η θέση στην οποία τοποθετήθηκε η βιντεοκάμερα παρουσιάζεται στην εικόνα 3.6.



**Εικόνα 3.6: Καταγραφή πληροφορίας για τον υπολογισμό της θέσης αναμονής.**

### 3.2.2. Φωτογραμμετρική Μεθοδολογία

Για την μέτρηση της θέσης αναμονής των οχημάτων, δηλαδή της θέσης των οφθαλμών του οδηγού ως προς το όριο του πρωτεύοντα δρόμου, χρειάστηκε να αναπτυχθεί μια φωτογραμμετρική μονοεικονική μέθοδος.

Αυτό που χρειαζόταν αρχικά να αντιμετωπιστεί, ήταν να υπάρχει ένας κατακόρυφος άξονας πάνω στις εικόνες με τα ακινητοποιημένα οχήματα οι οποίες θα απομονώντουσαν από το βίντεο και ως προς τον οποίο θα γινόταν η μέτρηση της απόστασης των οφθαλμών του οδηγού. Για την επίτευξη αυτού του στόχου χρησιμοποιήθηκε μια σταδία η οποία τοποθετήθηκε απέναντι από την βιντεοκάμερα σε γνωστή απόσταση από τον πρωτεύοντα δρόμο και φροντίζοντας να βρίσκεται στο μέσον της εικόνας που κατέγραφε.



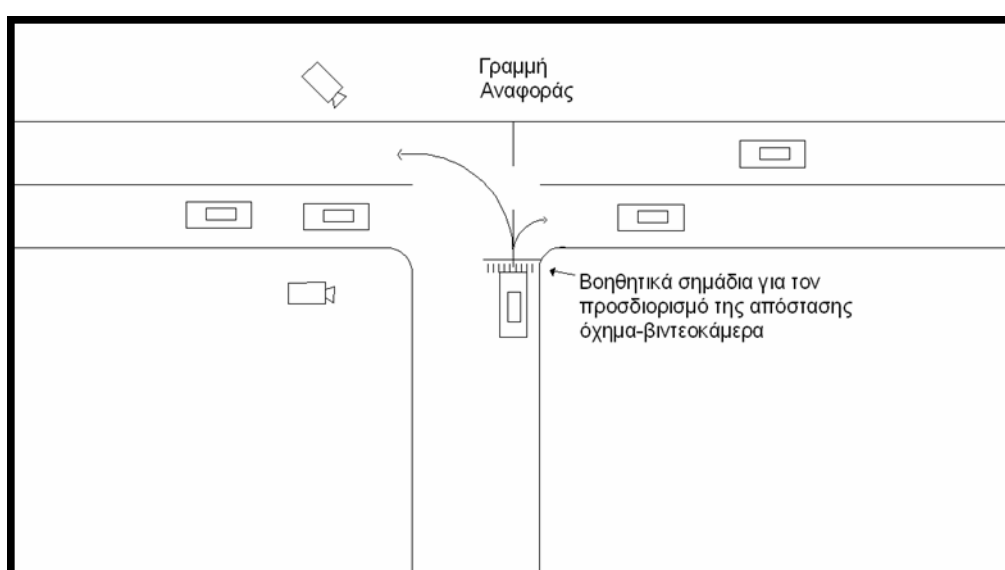
**Εικόνα 3.7: Παρουσίαση Οπτικού πεδίου και του κατακόρυφου άξονα από την κάμερα, για την μέτρηση της θέσης αναμονής των οχημάτων.**

Ένα ακόμη στοιχείο που έπρεπε να ληφθεί υπόψη, ήταν η απόσταση στην οποία θα τοποθετούνταν η κάμερα από τα οχήματα του δευτερεύοντα δρόμου. Έπρεπε να τοποθετηθεί σε απόσταση στην οποία θα ήταν ευδιάκριτοι οι οφθαλμοί των οδηγών στις εικόνες και θα προσδιορίζονταν με την μικρότερη αβεβαιότητα. Έπειτα από δοκιμαστικές λήψεις που πραγματοποιήθηκαν εντός



του Πολυτεχνείου, προέκυψε πως η κάμερα μπορούσε να τοποθετηθεί περίπου μέχρι και 20 μέτρα περίπου από τα οχήματα. Τελικά τοποθετήθηκε σε απόσταση 22,45m από την σταδία η οποία βρισκόταν στο όριο του πεζοδρομίου του δευτερεύοντα δρόμου.

Τέλος, έπρεπε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα προσδιορισμού της κλίμακας κάθε εικόνας καθώς ανάλογα σε ποια απόσταση θα σταματούσαν τα οχήματα από την βιντεοκάμερα θα μεταβαλλόταν και η κλίμακα της εικόνας. Για τον προσδιορισμό της απόστασης αυτής σχεδιάστηκαν στο οδόστρωμα σημάδια ανά 50 cm κατά μήκος της απόστασης κάμερα – ακόντιο και ένας παρατηρητής κατά την διάρκεια των μετρήσεων προσδιόριζε την απόσταση οχήματος – κάμερα.



Εικόνα 3.8: Γενικό Πλάνο για την Συλλογή των Απαραίτητων Στοιχείων

### 3.2.3 Μέτρηση Εικονοστοιχείου (pixel)

Η μονάδα μέτρησης της απόστασης των οφθαλμών του οδηγού ως προς το ακόντιο πάνω στην εικόνα ήταν σε εικονοστοιχεία. Για την μετατροπή αυτών σε μέτρα έπρεπε να είναι γνωστό το μέγεθος του εικονοστοιχείου της βιντεοκάμερας, η εστιακή απόσταση της βιντεοκάμερας, και η κλίμακα κάθε εικόνας.

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους του pixel χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν λήψεις σε αντικείμενο με γνωστές διαστάσεις. Ένας πίνακας με σημάδια γνωστών αποστάσεων τμήμα του πεδίου ελέγχου φωτογραφικών μηχανών του

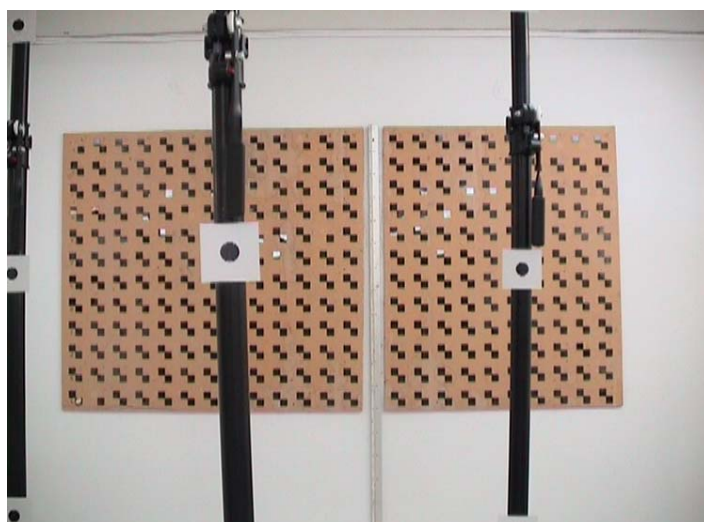
Εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας στην αίθουσα σταθερών του Κτηρίου Λαμπαδαρίου της ΣΑΤΜ χρησιμοποιήθηκε για την παραπάνω εργασία.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής. Τοποθετήθηκε η βιντεοκάμερα σε γνωστή απόσταση (H) από τον πίνακα και πάρθηκε ολιγόλεπτο βίντεο από το οποίο απομονώθηκαν ενδεικτικά 1-2 εικόνες. Γνωρίζοντας την εστιακή απόσταση της βιντεοκάμερας από το εγχειρίδιο του κατασκευαστή (c=4,5mm) προσδιορίστηκε η κλίμακα των εικόνων μέσω της σχέσης 3.1

$$\text{κλίμακα} = \frac{c}{H} \quad (\text{Σχέση 3.1})$$

και στην συνέχεια με την βοήθεια του προγράμματος photoshop μετρήθηκαν σε μονάδες εικονοστοιχείων επάνω στην εικόνα ,οι αποστάσεις που απείχαν τα σημεία του πίνακα ελέγχου που καταγράφηκε στο βίντεο. Εφόσον ήταν γνωστή η απόσταση αυτών των σημείων και σε μέτρα και σε pixel, το μέγεθος του εικονοστοιχείου για την συγκεκριμένη κλίμακα της εικόνας προσδιορίστηκε με απλή μέθοδο των τριών. Επομένως ήταν εύκολο στην συνέχεια, γνωρίζοντας την κλίμακα της εικόνας να προσδιοριστεί με την ίδια μαθηματική μέθοδο και το πραγματικό μέγεθος του εικονοστοιχείου. Για έλεγχο και μεγαλύτερη ακρίβεια η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε δυο φορές σε εικόνες διαφορετικής κλίμακας τοποθετώντας την βιντεοκάμερα την μία φορά σε μικρή απόσταση από τον πίνακα ελέγχου και την επόμενη σε μεγαλύτερη.

Στο τέλος της παραπάνω διαδικασίας το μέγεθος του εικονοστοιχείου (pixel) υπολογίστηκε ότι είναι 4,9mm.



**Εικόνα 3.9: Παράδειγμα Καταγραφής Αντικειμένου σε Μεγάλη Κλίμακα για τον Προσδιορισμό του Μεγέθους του Εικονοστοιχείου.**



**Εικόνα 3.10: Παράδειγμα Καταγραφής Αντικειμένου σε Μικρή Κλίμακα για τον Προσδιορισμό του Μεγέθους του Εικονοστοιχείου.**

Οι παραπάνω λήψεις πραγματοποιήθηκαν στην σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων του ΕΜΠ στο εργαστήριο Φωτογραμμετρίας του τομέα Τοπογραφίας.

## **4. Επεξεργασία Δεδομένων και Αποτελέσματα**

Η επεξεργασία των δεδομένων για τα δυο ζητούμενα μεγέθη, δηλαδή της θέσης αναμονής των οχημάτων και του κρίσιμου διακένου όπως περιγράφετε σε αυτό το κεφάλαιο ήταν τελείως διαφορετική για τον προσδιορισμό του κάθε μεγέθους.

Για τον προσδιορισμό της θέσης αναμονής των ακινητοποιημένων οδηγών στην ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας, η επεξεργασία των δεδομένων βασίστηκε σε απλές φωτογραμμετρικές μεθόδους. Αντίθετα, για τον υπολογισμό του κρίσιμου διακένου η επεξεργασία και στην συνέχεια η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε σε μεθόδους που μελετήθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία και σε παρόμοιες μελέτες.

Τα παραπάνω καθώς επίσης και οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν παρουσιάζονται στην συνέχεια.

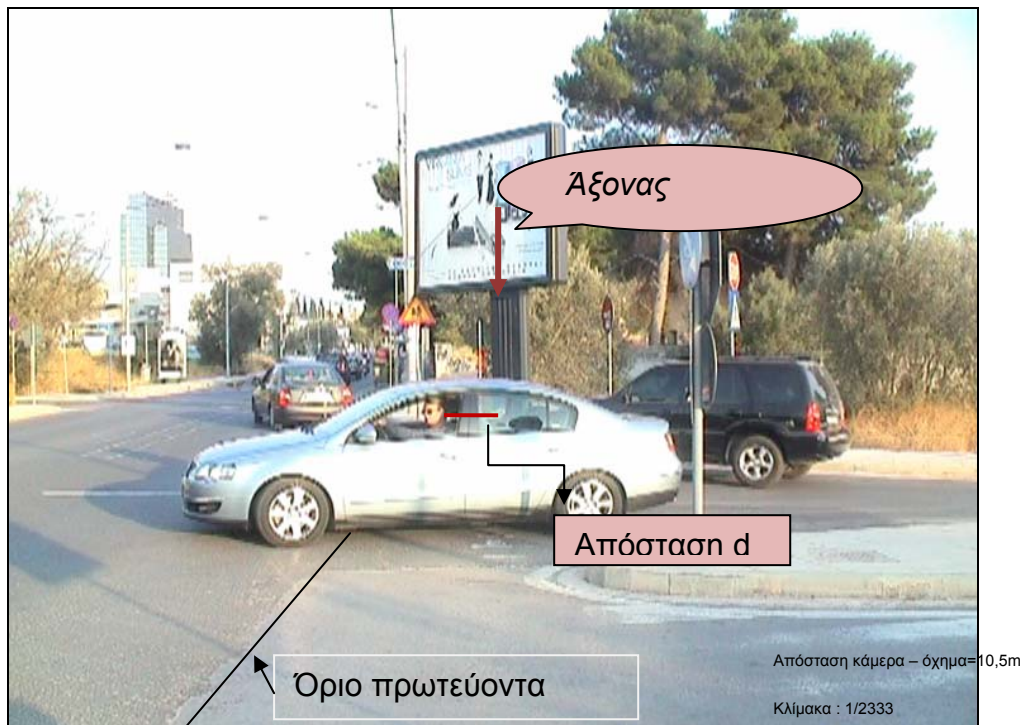
### **4.1 Θέση Αναμονής Οδηγών σε Ρυθμιστική Πινακίδα Υποχρεωτικής Διακοπής Πορείας.**

Όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο για την μελέτη της απόστασης των οφθαλμών των οδηγών ως προς τον δευτερεύοντα δρόμο, χρειαζόταν να υπάρχει στην εικόνα ένας κατακόρυφος άξονας αναφοράς, ο οποίος υλοποιήθηκε με την τοποθέτηση μιας σταδίας.

Η σταδία όπως αναφέρθηκε τοποθετήθηκε 22,45 m απέναντι από τη βιντεοκάμερα και σε γνωστή απόσταση  $D=2,7$  m από το όριο του πρωτεύοντα δρόμου.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην συνέχεια για την επεξεργασία του βίντεο ήταν η εξής: σε πρώτη φάση απομονώθηκαν οι εικόνες στις οποίες τα οχήματα σταματούσαν για να ελέγξουν αν μπορούν να εισέλθουν στον κόμβο. Τα οχήματα που δεν σταματούσαν δεν λαμβάνονταν υπόψη στο δείγμα. Η εργασία αυτή έγινε με χρήση του προγράμματος Pinnacle Studio 9.

Γνωρίζοντας την απόσταση (H) στην οποία σταμάτησε το όχημα από την κάμερα και την εστιακή απόσταση της κάμερας ( $c=4,5$  mm) προσδιορίστηκε η κλίμακα κάθε εικόνας στο επίπεδο που όριζε το όχημα μέσω της σχέσης 3.1



**Εικόνα 4.1 : Παρουσίαση μέτρησης των αποστάσεων**

Με την βοήθεια του προγράμματος Photoshop μετρήθηκε σε pixel η απόσταση  $d$  των οφθαλμών των οδηγών από την σταδία και στην συνέχεια, γνωρίζοντας την κλίμακα της εικόνας σε αυτή την θέση και το μέγεθος του pixel μετατράπηκε η παραπάνω απόσταση σε μέτρα στη συνέχεια μέσω της σχέσης

$$L = D \pm d$$

(Σχέση 4.2)

$D$ : η απόσταση του ακόντιου από τον πρωτεύοντα δρόμο

$d$ : η απόσταση των οφθαλμών του οδηγού από το ακόντιο

προσδιορίστηκε η ζητούμενη απόσταση, δηλαδή η θέση αναμονής των οδηγών από τον πρωτεύοντα δρόμο.

Το  $\pm$  της σχέσης καθορίζεται από την θέση των οχημάτων ως προς την σταδία. Δεξιά από την σταδία είναι συν (+) και αριστερά πλην (-).

Ο πίνακας 4.1 παρουσιάζει ένα παράδειγμα από το φύλλο excel που χρησιμοποιήθηκε για την καταχώρηση των δεδομένων και τον υπολογισμό της θέσης αναμονής των οχημάτων.

**Πίνακας 4.1 : Παράδειγμα Επεξεργασίας των Δεδομένων για τον Προσδιορισμό της Θέσης Αναμονής των Οδηγών**

ΑΠΟΣΤΑΣΗ κάμερα-όχημα	ΚΛΙΜΑΚΑ	d (pixel)	mm/pixel	D (μέτρα)	L			
10,00	2222,22	-57	10,89	-0,62	2,10			
		-34		-0,37	2,35			
		-38		-0,41	2,31			
		-59		-0,64	2,08			
		-70		-0,76	1,96			
		53		0,58	3,30			
		-20		-0,22	2,50			
		-88		-0,96	1,76			
		-28		-0,30	2,42			
		-4		-0,04	2,68			
10,50	2333,33	6	11,43	0,07	2,79			
		-40		-0,44	2,28			
		13		0,14	2,86			
		12		0,14	2,86			
		-76		-0,87	1,85			
		61		0,70	3,42			
		109		1,25	3,97			
		-67		-0,77	1,95			
		64		0,73	3,45			
		64		0,73	3,45			
11,50	2555,56	25	12,52	0,29	3,01			
		-71		-0,81	1,91			
		39		0,45	3,17			
		-47		-0,54	2,18			
		22		0,25	2,97			
		7		0,09	2,81			
		-92		-1,15	1,57			
		-28		-0,40	2,32			
		13,00		2888,89	-28	14,16	-0,40	2,32
		15,50		3444,44	-40	16,88	-0,68	2,04

Για τον καθορισμό του κατάλληλου δειγματοληπτικού υποβάθρου, πραγματοποιήθηκε απλή τυχαία δειγματοληψία. Κύριο χαρακτηριστικό της απλής τυχαίας δειγματοληψίας είναι ότι παρατηρήσεις του δείγματος επιλέγονται ανεξάρτητα και με ίσες πιθανότητες. Έτσι, για τον καθορισμό του ελάχιστου μεγέθους του δείγματος, συλλέχθηκε ένα δοκιμαστικό δείγμα 70 παρατηρήσεων περίπου. Από το παραπάνω δείγμα και μέσω της σχέσης :

$$N = \left( \frac{z_{\alpha/2} * \sigma}{E} \right)^2 \quad (\text{Σχέση 4.3})$$

προσδιορίστηκε ότι το ελάχιστο μέγεθος του δείγματος είναι 385 οχήματα, δηλαδή 315 επιπλέον παρατηρήσεις.

Η τυπική απόκλιση  $\sigma$  του δοκιμαστικού δείγματος υπολογίστηκε σε 0,5 m ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή  $z$  είναι 1,96. Η τιμή  $E$  είναι το περιθώριο λάθους στην εκτίμηση της μέσης τιμής και θεωρήθηκε ίση με 0,05 m. Η τιμή αυτή χρησιμοποιήθηκε για μια πρώτη εκτίμηση του δείγματος.

Ο συνολικός αριθμός οχημάτων που μετρήθηκαν τελικά είναι N=424. Το δείγμα αυτό πάρθηκε από 5 συνολικά ώρες βίντεο .

#### 4.1.1 Ακρίβεια και Αποτελέσματα

Μετά το τέλος της επεξεργασίας των 424 εικόνων και την καταχώρηση των μετρήσεων στο φύλλο excel που παρουσιάστηκε παραπάνω, σειρά είχε η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 4.2: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων για την Θέση Αναμονής των Οχημάτων**

	Αριθμός οχημάτων	Μέση Τιμή	Τυπικό σφάλμα Μετρήσεων $\sigma$	Τυπικό σφάλμα Καλύτερης τιμής σχ
Σύνολο	424	2,72	0,55	0,03

Αν γίνει αντικατάσταση των παραπάνω τιμών στην σχέση 4.3 και λυθεί ως προς E, συμπεραίνεται πως η μέση τιμή για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% είναι υπολογισμένη με περιθώριο λάθους 5 cm, όπως εκτιμήθηκε αρχικά.

Από φωτογραμμετρικής άποψης οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν περιλαμβάνουν κάποια αβεβαιότητα η οποία οφείλεται στην αβεβαιότητα προσδιορισμού της κλίμακας κάθε εικόνας ή και στην ακρίβεια που μετράται μια απόσταση σε pixel.

Η αβεβαιότητα που οφείλεται στην κλίμακα, αφορά την ακρίβεια προσδιορισμού της απόστασης του οχήματος από την βιντεοκάμερα. Για τον προσδιορισμό της απόστασης αυτής όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο εδάφιο σχεδιάστηκαν σημάδια στο οδόστρωμα ανά 0,5 m κατά μήκος της απόστασης βιντεοκάμερα – σταδία. Επομένως η αβεβαιότητα που μπορεί να υπάρχει στην μέτρηση της απόστασης όχημα-βιντεοκάμερα θα είναι της τάξης των 0,25 m δηλαδή το μισό της απόστασης που απέχουν τα σημάδια μεταξύ τους.

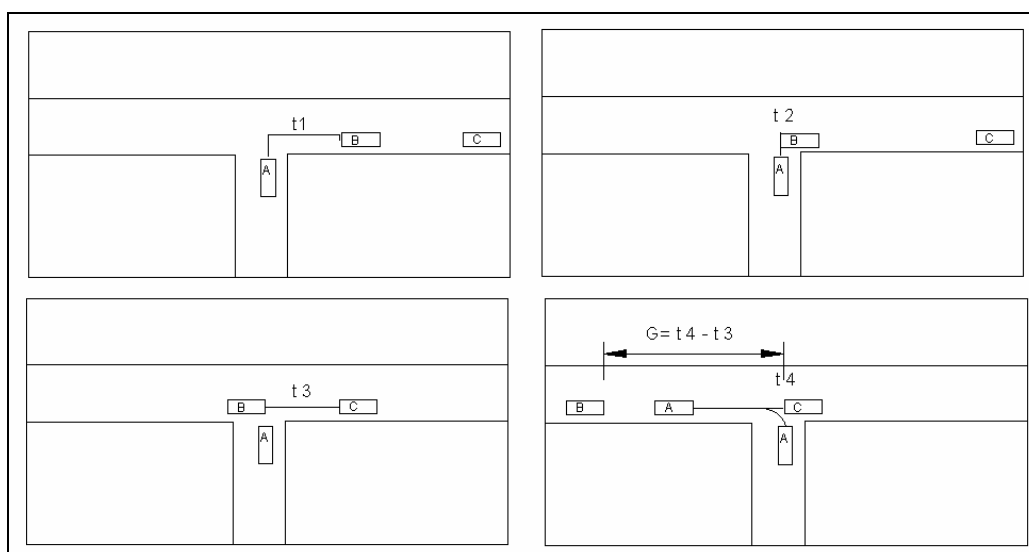
Η ύπαρξη της παραπάνω αβεβαιότητας στην απόσταση επιδρά στον υπολογισμό της κλίμακας της εικόνας για τον κάθε οδηγό και κατ' επέκταση στην μέτρηση του μεγέθους του pixel για κάθε πιθανή κλίμακα. Η επίδραση της αβεβαιότητας αυτής στο ένα pixel για κάθε κλίμακα είναι 0,27 mm. Η τιμή αυτή προέκυψε μετά υπολογισμό του μεγέθους του ένα pixel σε μέτρα, για κάθε κλίμακα με την αντίστοιχη αβεβαιότητα που μπορεί να παρουσίαζε. Παρατηρώντας τις μετρήσεις η μέγιστη απόσταση που μετρήθηκε είναι 129 pixel, η ελάχιστη 2 pixel ενώ η μέση απόσταση 35 pixel.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως η μέση αβεβαιότητα που μπορεί να υπάρχει στις μετρήσεις λόγω της κλίμακας είναι αντίστοιχα 0,9 cm η μέση, 3,4 cm η μέγιστη και η ελάχιστη 0,05 cm.

Όσον αφορά την ακρίβεια των ριχελ που μετριέται μια απόσταση μετά από επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μιας γνωστής απόστασης προσδιορίστηκε ότι μετριέται με μια ακρίβεια του 0,5 ριχελ δηλαδή με ακρίβεια 0,5-1 cm, τιμή που κυμαίνεται ανάλογα με την κλίμακα της εικόνας.

#### 4.2 Κρίσιμο Διάκενο και Κρίσιμη τιμή Υστέρησης

Για τον προσδιορισμό του κρίσιμου διακένου και της υστέρησης τα στοιχεία που συλλέχθηκαν εισήχθησαν σε πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στο excel. Ο χρόνος άφιξης των οχημάτων του δευτερεύοντα δρόμου στην ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας, οι χρόνοι διάσχισης της γραμμής αναφοράς των οχημάτων του κύριου δρόμου, και τα αποδεχόμενα διάκενα ήταν τα στοιχεία που σημειώθηκαν στο φύλλο excel.



Εικόνα 4.2 : Μέτρηση της υστέρησης και του διακένου.

Αυτό που πραγματικά καθορίζει την απόφαση του οδηγού σχετικά με το πότε θα εισέλθει στον κόμβο είναι πότε θα φτάσει στην διασταύρωση το επόμενο όχημα του πρωτεύοντα δρόμου. Ο υπολογισμός των διακένων και της υστέρησης ορίζεται με τον παρακάτω τρόπο.

Η χρονική στιγμή που περνά το πίσω μέρος του οχήματος την γραμμή αναφοράς ορίζεται ως «έναρξη διακένου» ( $t_3$ ) και ως «τέλος διακένου» ορίζεται η χρονική στιγμή που περνά την γραμμή αναφοράς το μπροστινό μέρος του



οχήματος (t4). Εάν πρόκειται για χρονική υστέρηση, ως χρόνος έναρξης ορίζεται η χρονική στιγμή που ακινητοποιείται το όχημα στον δευτερεύοντα δρόμο (t1).

Η καταγραφή αυτών των χρονικών γεγονότων έγινε με μελέτη του βίντεο σε αργή κίνηση. Αν το όχημα του δευτερεύοντα δρόμου αποδεχόταν το μέγεθος της χρονικής υστέρησης που του προσφερόταν, γινόταν καταγραφή αυτού του μεγέθους και τελείωνε εκεί η μελέτη για το συγκεκριμένο όχημα. Αν όμως το όχημα το απέρριπτε τότε γινόταν καταγραφή όλων των διακένων που θα απέρριπτε έως ότου του προσφερόταν το διάκενο το οποίο θα αποδεχόταν.

Τα διάκενα που ήταν μεγαλύτερα των 12 sec δεν λαμβάνονταν υπόψη. Σύμφωνα με τον Kittelson and Vatehet [9] τόσο μεγάλες τιμές διακένων ως δεδομένα δεν εξασφαλίζουν μια ένδειξη για το πώς αντιδρούν οι οδηγοί σε ένα διάκενο των 5-6 sec και το κρίσιμο διάκενο που υπολογίζεται θα είναι μεγαλύτερο από το πραγματικό. Αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να απορρίπτονται για τον υπολογισμό μιας πιο ακριβούς τιμής του κρίσιμου διακένου.

Ο πίνακας 4.3 παρουσιάζει ένα παράδειγμα από το πρόγραμμα του excel που χρησιμοποιήθηκε:

**Πίνακας 4.3 Παράδειγμα εισαγωγής δεδομένων στο excel**

ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ							ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Διάκενου (GAP)	Όχημα/ ελιγμός	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Υστέρησης (LAG)	Όχημα/ ελιγμός	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ Διακένου-Υστέρησης κρίσιμη στροφή από πρωτεύοντ
ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ		ΠΡΩΤΕΥΟΝ		ΡΟΗ 2							
a/a	R/L	ΡΟΗ 1	ΡΟΗ 2	ΡΟΗ 2	ΡΟΗ 2	ΡΟΗ 2					
1	R	3,64						1,56	1		
				5,2	5,88						
				23,12	23,56	17,24	1				
2	R	34,76									
		38,76									
			41,24							5,2	
				46,44	46,84					lag	
3	L	49,4						1,04	3L		
			50,44	51,12							
			52,2	52,8			1,08	((4))			
			56,48							4,64	
4	R	57						4,12	4	lag	
			60,68							0,44	
				61,12	61,6					lag	
				63,8	64,2	2,2	4			2,2	
										gap	
5	R	64,24						1,92	5		
				66,16	66,84	1,96	5				
				74,56	75	7,72	5				
			92,68								
6	L	110,96						3,56	L6		
			114,52	...							
7	R	119,44						6,16	7		
8	L	122,44						3,16	L8		
9	R	124,16						1,44	9		
				125,6	126,2						
				127,08	127,44	0,88					
				134,2	134,6	6,76	9				
			152,88							2,44	
				155,32	155,76					lag	
10	R	157,76									

Με έντονη μαύρη γραφή περιγράφεται η «έναρξη του διακένου», με κόκκινη τα απορριπτόμενα και με πράσινο τα αποδεχόμενα διάκενα και τιμές υστέρησης από τους οδηγούς.

Μετά την ολοκλήρωση της εισαγωγής και της επεξεργασίας των δεδομένων, τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν σε έναν πίνακα για την διευκόλυνση της επεξεργασίας.

Ένα βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στην μέτρηση του κρίσιμου διακένου είναι ότι ο οδηγός που θα απορρίψει μια υστέρηση στην συνέχεια θα απορρίψει και έναν αριθμό διακένων μέχρι να βρει εκείνο που θα αποδεχτεί. Το ερώτημα επομένως που τίθεται είναι ποιο από τα απορριπτόμενα διάκενα θα συμπεριληφθεί στο δείγμα.

Μια λύση είναι να ληφθεί υπόψη μόνο το πρώτο ή το μεγαλύτερο διάκενο που απορρίπτεται, αλλά αυτό δεν θα ήταν ικανοποιητικό καθώς θα απέρριπτε μεγάλο αριθμό δεδομένων. Για παράδειγμα ένας οδηγός με μεγάλο κρίσιμο διάκενο μπορεί να απέρριπτε ένα μεγάλο αριθμό από μεγάλες τιμές διακένων αλλά αυτό να μην εμφανιζόταν στην ανάλυση αν το πρώτο διάκενο που απέρριπτε ήταν μικρό. Επομένως, για την ανάλυση των δεδομένων λαμβάνονται υπόψη όλα τα απορριπτόμενα διάκενα του κάθε οδηγού. Ένας ακόμη λόγος που πρέπει να χρησιμοποιούνται στην ανάλυση όλα τα διάκενα και όχι μόνο τα πρώτα ή το μεγαλύτερο διάκενο, είναι ότι το κρίσιμο διάκενο ενός οδηγού που περιμένει στην αρχή της ουράς, μειώνεται καθώς αυξάνεται ο χρόνος αναμονής. Το πρόβλημα αυτό δεν παρουσιάζεται στην ανάλυση για την κρίσιμη τιμή της υστέρησης [7].

Βάσει των παραπάνω, ο συνολικός αριθμός παρατηρήσεων που συλλέχθηκαν για κάθε μελετώμενη κίνηση παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 4.4: Μέγεθος Δείγματος για τον Υπολογισμό του Κρίσιμου Διάκενο και της Υστέρησης**

Είδος Στροφής	Διάκενο	Υστέρηση
Αριστερή από τον δευτερεύοντα	559	322
Δεξιά από τον δευτερεύοντα	312	401
Αριστερή από τον Πρωτεύοντα	107	136

Λεπτομέρειες για τον αριθμό των βίντεο που καταγράφηκαν και των συνθηκών που επικρατούσαν περιλαμβάνονται στο παράρτημα Α.

#### **4.2.1 Μοντέλα Αποδεχόμενων Διακένων**

Οι τιμές των αποδεχόμενων διακένων και της υστέρησης προσδιορίστηκαν με εφαρμογή δυο τεχνικών μοντελοποίησης. Η μέθοδος Raff και η μέθοδος Logit, οι οποίες είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες, είναι οι δυο τεχνικές που εφαρμόστηκαν. Κριτήριο για την επιλογή αυτών των μεθόδων ήταν η

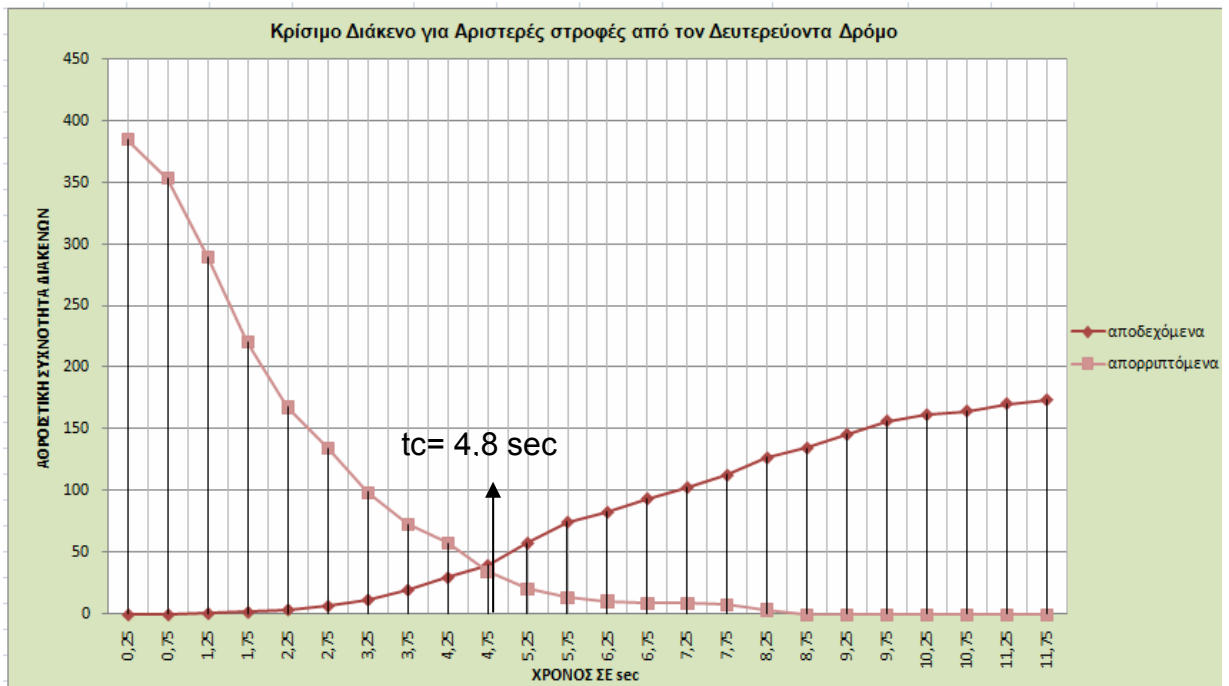
απλοϊκότητα της εφαρμογής τους και η εύκολη κατανόηση της μεθοδολογίας τους, καθώς δεν υπάρχει κάποιο κριτήριο το οποίο να καθορίζει ποια μέθοδος είναι η καλύτερη, όχι μόνο για αυτές τις δυο μεθόδους αλλά για όλες όσες αναφέρονται σε διεθνή βιβλιογραφία. Βασική διαφορά των δυο αυτών μεθόδων είναι ότι η μια είναι στοχαστική μέθοδος ενώ η άλλη πιθανολογική.

#### *4.2.1.1 Μέθοδος Raff*

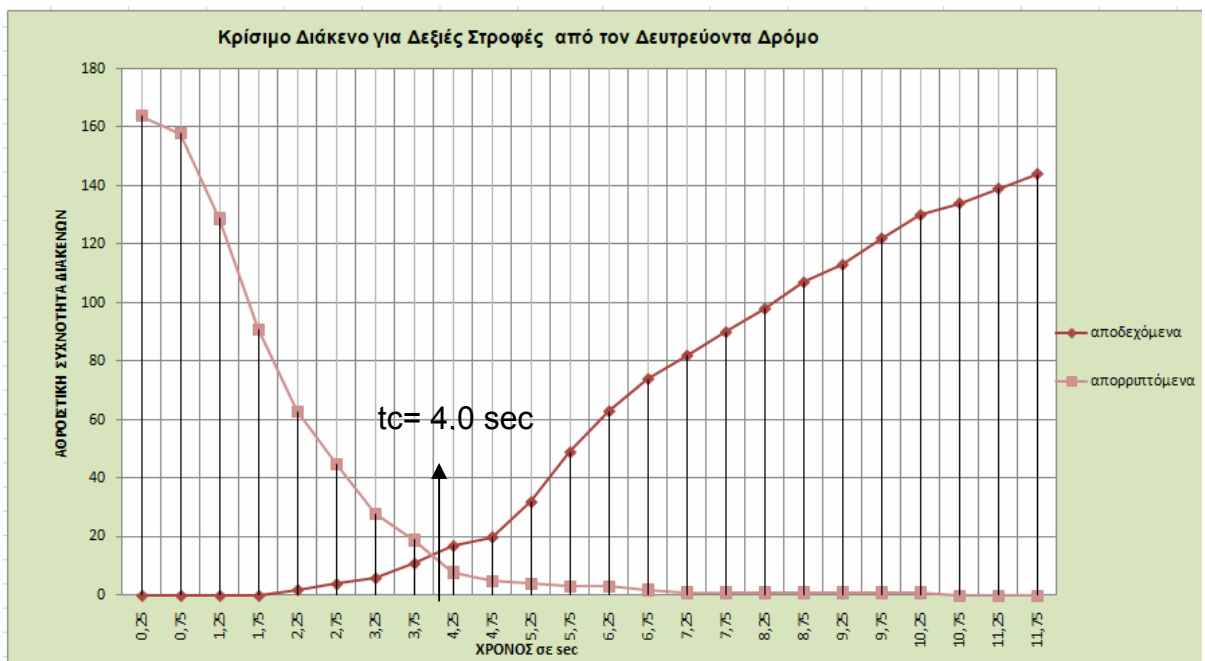
Η μεταποιημένη μέθοδος Raff που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη περιλαμβάνει δεδομένα αποδεχόμενων και απορριπτόμενων διακένων και υστέρησης. Στην παρούσα μελέτη, ο συνολικός αριθμός των δεδομένων ομαδοποιήθηκαν σε κλάσεις των 0,5 sec και στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι αθροιστικές συχνότητες για τα αποδεχόμενα και απορριπτόμενα δεδομένα ώστε να σχεδιαστούν οι αθροιστικές καμπύλες [6].

Πρέπει να σημειωθεί πως η αθροιστική καμπύλη που περιγράφει τις απορριπτόμενες τιμές σχεδιάζεται αντίστροφα. Η κρίσιμη τιμή για το διάκενο και την υστέρηση ορίζεται από το σημείο τομής των 2 καμπυλών καθώς είναι η τιμή για την οποία το ποσοστό των αποδεχόμενων και απορριπτόμενων διακένων είναι ίσο. Στο παράρτημα Γ περιλαμβάνονται τα δεδομένα.

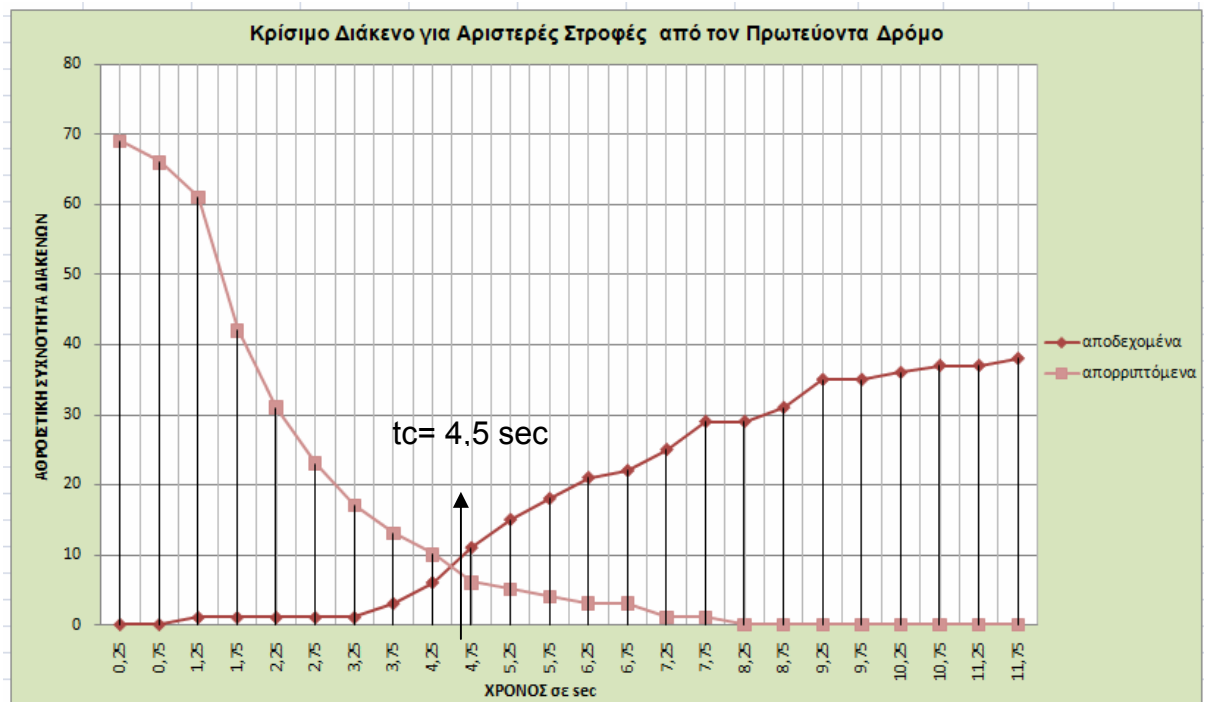
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των αθροιστικών καμπυλών βάση των οποίων προσδιορίστηκαν οι ζητούμενες τιμές, ενώ στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα όλα τα αποτελέσματα.



Εικόνα 4.3: Προσδιορισμός Κρίσιμου Διακένου Για Δεξιές Στροφές από τον Δευτερεύοντα Δρόμο με την Μέθοδο Raff



Εικόνα 4.4: Προσδιορισμός Κρίσιμου Διακένου Για Αριστερές Στροφές από τον Δευτερεύοντα Δρόμο με την Μέθοδο Raff



Εικόνα 4.5: Προσδιορισμός Κρίσιμου Διακένου Για Αριστερές Στροφές από τον Πρωτεύοντα Δρόμο με την Μέθοδο Raff

Πίνακας 4.5: Αποτελέσματα της Μεθόδου Raff

Είδος στροφής	Κρίσιμο διάκενο (sec)	Κρίσιμη χρονική Υστέρηση (sec)
Αριστερή από δευτερεύοντα	4,8 sec	4,8 sec
Δεξιά από δευτερεύοντα	4,0 sec	3,2 sec
Αριστερή από Πρωτεύοντα	4,5 sec	4 sec

Όμοια υπολογίστηκαν και οι τιμές για την κρίσιμη υστέρηση. Τα αντίστοιχα διαγράμματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ.

#### 4.2.1.1 Μέθοδος Logit

Όπως και στην μέθοδο Raff έτσι και στην μέθοδο Logit για την προετοιμασία των εισαχθέντων δεδομένων ήταν απαραίτητο να γίνει ομαδοποίηση των διακένων και των τιμών χρονικής υστέρησης. Για την συγκεκριμένη μέθοδο το ιδανικό μέγεθος κλάσης θα έπρεπε να δίνει τουλάχιστον τρεις συνεχόμενες μη

μηδενικές παρατηρήσεις. Έπειτα από δοκιμές εφαρμογής διαφορετικού μεγέθους κλάσεων, τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν τελικά σε κλάσεις των 1,5 sec.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν τα εξής. Σε πρώτη φάση υπολογίστηκε η πιθανότητα  $P$  αποδοχής της κάθε κεντρικής τιμής των διαστημάτων που καθορίστηκαν, και στην συνέχεια η φυσική λογάριθμός της ποσότητας  $P/(1-P)$ .

Η λογιστική κατανομή που διατυπώνεται ως εξής:

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-(b_0 + b_1 X))} \quad (\text{Σχέση 4.1})$$

μπορεί εύκολα να μετασχηματιστεί σε γραμμική και να εκτιμηθεί με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

$$P' = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = b_0 + b_1 X \quad (\text{Σχέση 4.2})$$

Ένα βασικό στοιχείο της μεθόδου Logit είναι ότι δεν λαμβάνει υπόψη τιμές με μηδενικές παρατηρήσεις διότι δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί η φυσική λογάριθμός τους. Έτσι σε αντίθεση με την μέθοδο Raff, στην συγκεκριμένη μέθοδο δεν χρησιμοποιήθηκε όλο το εύρος τιμών (0-12sec) για την κατασκευή του μοντέλου παλινδρόμησης και αυτό γιατί σε μερικές κλάσεις δεν υπήρχαν παρατηρήσεις για τον υπολογισμό της εξαρτημένης μεταβλητής  $P'$ .

Η γραμμική συνάρτηση που προέκυψε για κάθε εξεταζόμενο μέγεθος και η τιμή του κρίσιμου διακένου για πιθανότητα 50% παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6. Παράλληλα για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της ικανότητας του μοντέλου παλινδρόμησης παρουσιάζεται και η τιμή του προσαρμοσμένου  $R^2$  (το ποσοστό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που εξηγείται από το μοντέλο).

Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι ο συντελεστής προσδιορισμού πρέπει να παίρνει υπόψη του τον αριθμό των παρατηρήσεων στο δείγμα σε σχέση με τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που χρησιμοποιούνται. Για τον λόγο αυτό στην εν λόγω μελέτη χρησιμοποιείται ο συντελεστής προσδιορισμού προσαρμοσμένος για τους βαθμούς ελευθερίας (coefficient of determination adjusted for degrees of freedom) [15].

**Πίνακας 4.6 : Αποτελέσματα της Μεθόδου Logit**

Είδος στροφής	Κρίσιμο διάκενο (sec)	Συντελεστές παλινδρόμησης		Προσαρμοσμένο R <sup>2</sup>
Αριστερή από δευ/ντα	5,6 sec	$\beta_0 = -5,059$	$\beta_1 = 0,933$	88,3%
Δεξιά από δευ/ντα	4,1 sec	$\beta_0 = -5,445$	$\beta_1 = 1,335$	85,4%
Αριστερή από πρωτ/ντα	4,3 sec	$\beta_0 = -2,071$	$\beta_1 = 0,48$	51%

Είδος στροφής	Κρίσιμη τιμή Χρονικής Υστέρησης (sec)	Συντελεστές παλινδρόμησης		Προσαρμοσμένο R <sup>2</sup>
Αριστερή από δευ/ντα	6,3 sec	$\beta_0 = -3,912$	$\beta_1 = 0,619$	84,7%
Δεξιά από δευ/ντα	3,4 sec	$\beta_0 = -2,332$	$\beta_1 = 0,676$	85,2%
Αριστερή από πρωτ/ντα	6,0 sec	$\beta_0 = -4,393$	$\beta_1 = 0,732$	80,4%

Πρέπει να τονιστεί ότι το δείγμα που συλλέχθηκε είναι αρκετά ικανοποιητικό για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων, όμως είναι φυσικό ότι ένα μεγαλύτερο δείγμα θα έδινε ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση του κρίσιμου διακένου.

Στο παράρτημα Γ παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης και η ερμηνεία του προσαρμοσμένου R, καθώς επίσης και η γραφική παράσταση της κατανομής των πιθανοτήτων.

Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι ο προσδιορισμός των παραπάνω τιμών για την αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο, δεν μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστος όπως προκύπτει από την τιμή του προσαρμοσμένου R<sup>2</sup> (κυρίως για το κρίσιμο διάκενο) και αυτό λόγω του μικρού δείγματος από το οποίο υπολογίστηκαν. Ο υπολογισμός της κρίσιμης τιμής του διακένου και της υστέρησης δεν αποτελούσε κύριο στόχο της συγκεκριμένης διπλωματικής, απλά προέκυψε από την συλλογή των δεδομένων που πραγματοποιήθηκε. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται απλά ως μια ένδειξη για την πιθανή πραγματική τιμή τους.

Για τον υπολογισμό όλων των παραπάνω μεγεθών έγινε χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

### 4.3 Προβλήματα Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων

Κατά την διάρκεια της μελέτης και της επεξεργασίας των δεδομένων παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα. Το πρώτο πρόβλημα που σημειώθηκε ήταν ότι πολλές φορές οι οδηγοί δεν σταματούσαν σε μια μόνο θέση. Σταματούσαν και στην συνέχεια προχωρούσαν ελαφρώς για να περιμένουν το ιδανικό διάκενο γι' αυτούς.

Ένα δεύτερο πρόβλημα που σημειώθηκε ήταν ότι πολλοί οδηγοί δεν σταματούσαν τελείως στον κόμβο. Το πρόβλημα αυτό ήταν ακόμη πιο έντονο στις δεξιές στροφές. Οι οδηγοί καθώς επιβράδυναν έλεγχαν την χρονική υστέρηση που τους προσφερόταν και αν ήταν αρκετά μεγάλη αυτή η χρονική απόσταση, επιτάχυναν χωρίς να σταματήσουν.

Ένα τρίτο πρόβλημα που υπήρξε ήταν ότι οι οδηγοί οι οποίοι περίμεναν αρκετή ώρα στον δευτερεύοντα δρόμο και απέρριπταν πολλά διάκενα γινόντουσαν ανυπόμονοι και μπλόκαραν το ένα ρεύμα. Επίσης μια άλλη αντίδραση σε αυτή την αναμονή ήταν η αποδοχή πολύ μικρών διακένων και ο αναγκασμός των οδηγών του πρωτεύοντα δρόμου να επιβραδύνουν.

Τέλος δυο ακόμη προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν τα εξής. Ο φόρτος που αντιμετώπιζαν οι οδηγοί του δευτερεύοντα δρόμου που θα πραγματοποιούσαν δεξιόστροφο ελιγμό ήταν σχετικά μικρός. Η παρατήρηση αυτή ήταν λογικό να παρουσιαστεί καθώς οι οδηγοί που επιθυμούν να πραγματοποιήσουν ελιγμό με κατεύθυνση τα δεξιά έχουν να αντιμετωπίσουν οχήματα μόνο από μια κατεύθυνση σε αντίθεση με αυτούς που επιθυμούν να στρίψουν αριστερά. Αυτό είχε σαν συνέπεια να παρουσιαστεί πρόβλημα στην συλλογή ικανοποιητικού μεγέθους δείγματος για την δεξιόστροφη κίνηση και για αυτό τον λόγο πάρθηκαν περισσότερα βίντεο για την μελέτη αυτής. Ένα τελευταίο πρόβλημα που παρουσιάστηκε και αφορά τον υπολογισμό της θέσης αναμονής των οχημάτων προέκυπτε από τα οχήματα που είχαν κλειστό το παράθυρο. Σε αυτή την περίπτωση ήταν δύσκολο να προσδιοριστούν οι οφθαλμοί των οδηγών κι έτσι τα οχήματα αυτά δεν λαμβάνονταν υπόψη στο δείγμα. Το πρόβλημα αυτό ήταν πιο έντονο με την παρουσία ηλιοφάνειας.



## 5. Σύγκριση Αποτελεσμάτων και Τρίγωνα Ορατότητας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί και θα περιγραφεί η διαφορά που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα σε σχέση με τιμές άλλων χωρών αλλά και μεταξύ τους καθώς επίσης και η επίδραση αυτής της διαφοράς στα τρίγωνα ορατότητας.

### 5.1 Σύγκριση Αποτελεσμάτων Διαφορετικών Μεθόδων

Ο προσδιορισμός της κρίσιμης τιμής για το διάκενο και την υστέρηση, όπως έχει αναφερθεί έγινε με την εφαρμογή δύο μεθόδων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτές τις δύο μεθόδους όπως αναμενόταν από την μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας, ήταν παρόμοια.

Σύμφωνα με τις τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 η μέθοδος Logit δίνει μεγαλύτερες τιμές για το κρίσιμο διάκενο σε σχέση με τις τιμές που δίνονται από την μέθοδο Raff τόσο για τις δεξιές όσο και για τις αριστερές στροφές.

Βασική διαφορά των δυο μεθόδων είναι ότι η μέθοδος Raff είναι ντετερμινιστικό μοντέλο ενώ η Logit μοντέλο πιθανότητας. Αυτό εύκολα γίνεται κατανοητό και από το γεγονός ότι στην μέθοδο Raff το κρίσιμο διάκενο ορίζεται ως η τιμή εκείνη για την οποία το ποσοστό των αποδεχόμενων και απορριπτόμενων διακένων είναι ίσο, ενώ η Logit βασίζεται στην πιθανότητα αποδοχής του διακένου.

Όσον αφορά τα ντετερμινιστικά μοντέλα, παρέχουν μια ανεπαρκή περιγραφή της ανθρώπινης συμπεριφοράς, καθώς στην προτυποποίηση του προβλήματος δεν περιλαμβάνονται μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή του οδηγού, αλλά ούτε λαμβάνονται υπόψη σφάλματα των μετρήσεων ή η ύπαρξη ελλιπής πληροφορίας.

Αντίθετα, τα μοντέλα πιθανότητας, όπως είναι η μέθοδος Logit η οποία είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη στις μεταφορές λόγω του ότι περιγράφονται από μια αναλυτική σχέση και επιλύονται εύκολα, δίνουν περιγραφικά αποτελέσματα και περικλείουν το στοιχείο της τυχαιότητας

Στην παρούσα μελέτη, με την μέθοδο Raff το κρίσιμο διάκενο για την αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο υπολογίστηκε 4,8 sec δηλαδή 0,7 sec μικρότερο από την τιμή που υπολογίστηκε με την μέθοδο Logit, ενώ για την αριστερή στροφή υπολογίστηκε 4 sec , μόλις 0,1 sec μικρότερο από την τιμή της μεθόδου Logit.

Όμοια και για την κρίσιμη τιμή της υστέρησης τα αποτελέσματα της μεθόδου Logit είναι μεγαλύτερα.

Η μέθοδος Logit υπολογίζει την κρίσιμη τιμή της υστέρησης 6,3 sec για την αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο, δηλαδή 1,5 sec μεγαλύτερη από την τιμή που δίνεται από την μέθοδο Raff, και για την δεξιά στροφή η χρονική υστέρηση υπολογίζεται 3,4 sec, δηλαδή 0,2 sec μεγαλύτερο από αυτή της μεθόδου Raff.

Οι κρίσιμες τιμές για το διάκενο και τη χρονική υστέρηση και για τα δύο είδη ελιγμού όπως προέκυψαν από τις δύο μεθόδους παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1

**Πίνακας 5.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων των μεθόδων Logit και Raff**

	<b>Κρίσιμο Διάκενο</b>		<b>Διαφορά</b>
	Μέθοδος Raff	Μέθοδος Logit	
<i>Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	4,8 sec	5,5 sec	0,7 sec
<i>Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	4 sec	4,1 sec	0,1 sec
<i>Αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο</i>	4,5 sec	4,3 sec	0,2 sec
	<b>Κρίσιμη τιμή χρονικής υστέρησης</b>		
<i>Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	4,8 sec	6,3 sec	1,5 sec
<i>Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	3,2 sec	3,4 sec	0,2 sec
<i>Αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο</i>	4 sec	6,0 sec	2 sec

Τέλος όσον αφορά την αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο παρατηρείται και πάλι η ίδια διαφορά στις δυο μεθόδους. Η μέθοδος Raff υπολογίζει το κρίσιμο διάκενο κατά 0,2 sec μικρότερο από αυτό της μεθόδου Logit και την κρίσιμη χρονική υστέρηση 2 sec μικρότερη.

Μια βασική παρατήρηση που μπορεί να γίνει μελετώντας τον παραπάνω πίνακα είναι ότι η διαφορά των τιμών που δίνουν οι δυο μέθοδοι είναι μεγαλύτερη για την κρίσιμη τιμή της υστέρησης και μικρότερη για το κρίσιμο διάκενο ανεξάρτητα από τον τύπο ελιγμού.

Επιπλέον, η τιμή για το κρίσιμο διάκενο για την αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη για την δεξιά. Αυτό ήταν αναμενόμενο καθώς η αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο προτεραιότητας, επομένως και η είσοδος των οδηγών αυτών που επιθυμούν να εισέλθουν στον κόμβο θα πρέπει να αντιμετωπίσουν και να λάβουν υπόψη τους τα διαθέσιμα διάκενα και στις δυο κατευθύνσεις. Αυτό βέβαια έρχεται σε αντίθεση με κάποια θεωρητικά μοντέλα

που θεωρούν ότι οι οδηγοί συμπεριφέρονται όμοια και στις δυο περιπτώσεις.  
[14]

## 5.2 Σύγκριση Κρίσιμου Διακένου με τις τιμές του HCM

Σύμφωνα με το HCM το μήκος της ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου που προτείνεται βασίζεται επίσης σε μοντέλο αποδεχόμενων διακένων. Θα ήταν σκόπιμο επομένως να πραγματοποιηθεί σύγκριση του κρίσιμου διακένου όπως προέκυψε από τις μετρήσεις της παρούσας μελέτης με αυτό του HCM, για να γίνει πιο κατανοητή στην συνέχεια η επιρροή της διαφοράς που μπορεί να παρουσιάζουν οι τιμές του κρίσιμου διακένου στον υπολογισμό του μήκους ορατότητας.

Ο πίνακας 5.2 παρουσιάζει τις τιμές του κρίσιμου διακένου από το HCM και τις αντίστοιχες που υπολογίστηκαν στην εν λόγω μελέτη.

Πίνακας 5.2: Κρίσιμα διάκενα

Είδος ελιγμού	Κρίσιμο Διάκενο		
	HCM	Μέθοδος Raff	Μέθοδος Logit
<i>Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	<b>7,1 sec</b>	4,8 sec	5,5 sec
<i>Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</i>	<b>6,2 sec</b>	4 sec	4,1 sec
<i>Αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο</i>	<b>4,1 sec</b>	4,5 sec	4,3 sec

Η διαφορά μεταξύ των τιμών του κρίσιμου διακένου ανέρχεται μέχρι και τα 2,3 sec ανάλογα με το είδος του ελιγμού και την μέθοδο. Όσον αφορά την αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο η υπολογιζόμενη τιμή του κρίσιμου διακένου είναι κατά 1,6-2,3 sec μικρότερη. Παρουσιάζεται δηλαδή μια διαφορά της τάξης του 18-35%.

Όμοια για την δεξιά στροφή οι Έλληνες οδηγοί χρειάζονται λιγότερο χρόνο για να εισέλθουν στον κόμβο και αυτό παρουσιάζεται στα αποτελέσματα, καθώς η τιμή του κρίσιμου διακένου είναι σχεδόν κατά 2 sec μικρότερη από αυτή που δίνεται από το HCM. Σε ποσοστό η διαφορά αυτή είναι της τάξης του 34-37% ανάλογα την χρησιμοποιούμενη μέθοδο.

Η ίδια διαφορά ίσως και πολύ μικρότερη παρουσιάζεται και στην αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο. Η τιμή του κρίσιμου διακένου για τον

συγκεκριμένο ελιγμό όπως υπολογίστηκε με τις μεθόδους Logit και Raff παρουσιάζει την μικρότερη διαφορά σε σχέση με την τιμή που δίνεται από το HCM.

Το γεγονός ότι τα αποτελέσματα για την αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο δεν παρουσιάζουν την ίδια τάξη απόκλισης με αυτή των δυο άλλων ελιγμών, πιθανόν να οφείλεται στο μικρό δείγμα που πάρθηκε για τον συγκεκριμένο ελιγμό.

Για τον υπολογισμό της ποσοστιαίας διαφοράς των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε ο τύπος:

$$Dt_c \% = \left| \frac{t_{c \text{ μελέτης}} - t_{c \text{ HCM}}}{t_{c \text{ μελέτης}}} \right| * 100 \quad (\text{Σχέση 5.1})$$

**Πίνακας 5.3 : Ποσοστιαία Διαφορά των Τιμών του Κρίσιμου Διακένου**

Είδος ελιγμού	Κρίσιμο Διάκενο				
	HCM	Μέθοδος Raff	% διαφορά	Μέθοδος Logit	%διαφορά
<b>Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</b>	6,5 sec	4,8 sec	35%	5,5 sec	18%
<b>Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο</b>	5,5 sec	4 sec	37%	4,1 sec	34%
<b>Αριστερή στροφή από τον πρωτεύοντα δρόμο</b>	5 sec	4,5 sec	11%	4,3 sec	16%

Μια βασική παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι τόσο με την μέθοδο Raff όσο και με την Logit το κρίσιμο διάκενο όπως υπολογίστηκε στην παρούσα μελέτη είναι μικρότερο από αυτό που δίνεται από το HCM για κάθε είδος ελιγμού. Η διαφορά αυτή σίγουρα οφείλετε κατά ένα μεγάλο ποσοστό στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα αναφέρονται σε οδηγούς διαφορετικών χωρών, επομένως είναι λογικό να έχουν και διαφορετική συμπεριφορά στην οδήγηση

και στην αντίληψη της αναγκαίας ορατότητας και κατ' επέκταση του χρόνου που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν τον ελιγμό εισόδου τους σε έναν κόμβο. Από την άλλη πρέπει να σημειωθεί πως οι τιμές που δίνονται από το HCM έχουν προκύψει με εφαρμογή διαφορετικής μεθόδου, παράγοντας που επίσης μπορεί θεωρηθεί κατά ένα ποσοστό ως αιτία της εμφάνισης της παραπάνω διαφοράς.

### 5.3 Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (ΜΟΚ)

Το μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι η απόσταση κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου που χρειάζεται ο οδηγός του οχήματος που βρίσκεται ακινητοποιημένος στον δευτερεύοντα δρόμο να έχει δεξιά ή αριστερά του, για να εισέλθει στον κόμβο με ασφάλεια.

Η εξίσωση για τον προσδιορισμό της απόστασης αυτής όπως δίνεται από τον πίνακα 2.4 ( απόσταση b) είναι:

$$ISD = 0,278V_{maj}t_{cr} \quad (\text{Σχέση 5.2})$$

Βάσει τον παραπάνω τύπο εύκολα μπορεί να υπολογιστεί το απαραίτητο μήκος ορατότητας που πρέπει να παρέχεται στους οδηγούς σε έναν ισόπεδο κόμβο το οποίο θα πρέπει να μεγαλύτερο ή ίσο από το μήκος ορατότητας για στάση. Ο περιορισμός αυτός θα πρέπει να ισχύει ώστε οδηγός του πρωτεύοντα δρόμου να μπορεί να παρατηρήσει την είσοδο ενός οχήματος στον κόμβο όπως εξέρχεται από τον δευτερεύοντα δρόμο, από μια απόσταση ίση με το μήκος ορατότητας για στάση, ώστε να μπορέσει να ακινητοποιήσει το όχημα εάν χρειαστεί.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, ένας ισόπεδος κόμβος με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής πορείας θα μπορέσει να λειτουργήσει με ασφάλεια εάν οι οδηγοί που τον προσεγγίζουν από τον πρωτεύοντα δρόμο και οι οδηγοί που είναι ακινητοποιημένοι στον δευτερεύοντα δρόμο μπορούν να δουν ο ένας τον άλλον από μια απόσταση όπως ορίζεται από τα κριτήρια του μήκους ορατότητας για στάση. Θα ήταν σκόπιμο επομένως, πέρα από τον υπολογισμό του μήκους ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο βάση του κρίσιμου διακένου που υπολογίστηκε στην παρούσα μελέτη, να γίνει σύγκριση και έλεγχος αυτού με το μήκος ορατότητας για στάση.

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζετε η τιμή ΜΟΚ για διάφορα μεγέθη ταχύτητας όπως υπολογίστηκε και από τις δυο μεθόδους προσδιορισμού του κρίσιμου διακένου.

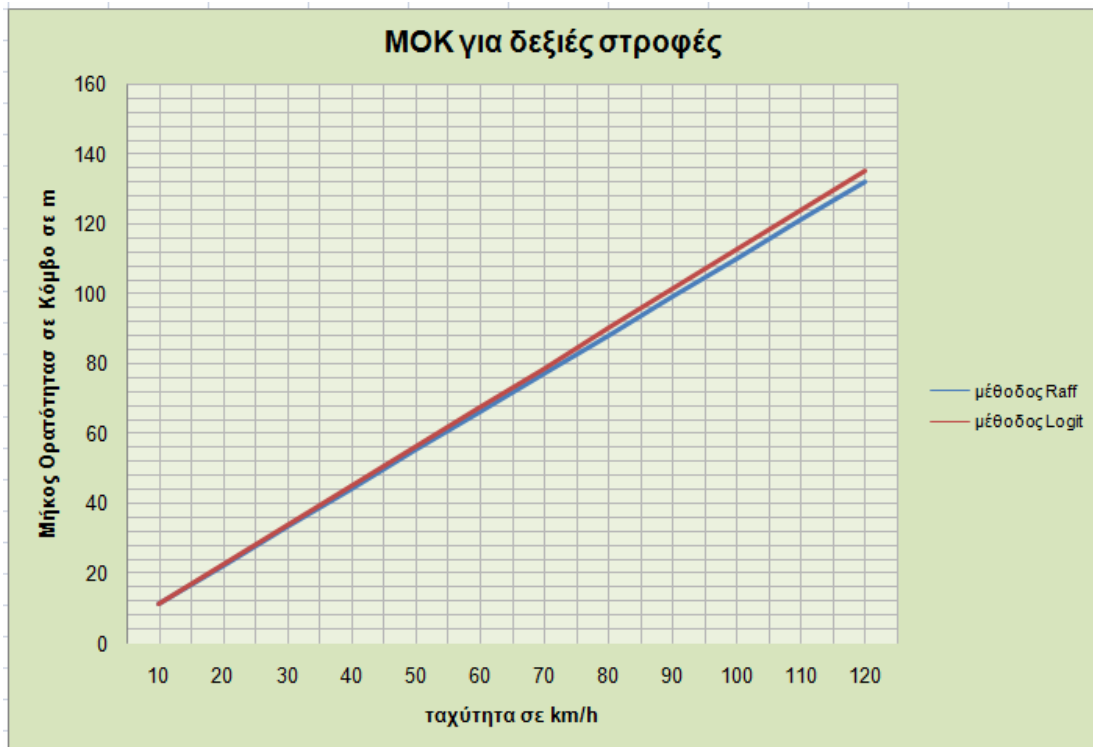
Πίνακας 5.4: Μήκος Ορατότητας σε Ισόπεδο Κόμβο (ΜΟΚ)

Ταχύτητα (km/h)	ΜΟΚ (βάση την μέθοδο Raff)		ΜΟΚ (βάση την μέθοδο Logit)	
	Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο
20	30	25	30	25
30	40	35	50	35
40	55	45	60	45
50	65	55	80	60
60	80	70	95	70
70	95	80	110	80
80	105	90	125	90
90	120	100	140	105
100	135	110	155	115
110	145	125	170	125
120	160	135	185	135

Όπως ήταν αναμενόμενο από την σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων που έγινε σε προηγούμενη παράγραφο για το κρίσιμο διάκενο, με την μέθοδο Logit τα μήκη ορατότητας που προκύπτουν για την αριστερή στροφή είναι μεγαλύτερα από αυτά της μεθόδου Raff. Το αντίθετο συμβαίνει για την δεξιά στροφή, όπως παρατηρείται και στα επόμενα διαγράμματα.



Εικόνα 5.1: Μήκος Ορατότητας για Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο



**Εικόνα 5.2: Μήκος Ορατότητας για δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο**

Όσον αφορά την αριστερή στροφή η διαφορά του κρίσιμου διακένου όπως προέκυψε από τις δυο διαφορετικές μεθόδους είναι εμφανής στο υπολογιζόμενο μήκος ορατότητας σχεδόν για όλα τα μεγέθη ταχύτητας. Αντίθετα στην δεξιά στροφή όπως παρατηρείται, για μικρές ταχύτητες έως 70 km/h το μήκος ορατότητας που υπολογίζεται με την κάθε μέθοδο είναι σχεδόν ίδιο.

Πέρα όμως από τα παραπάνω θα πρέπει να γίνει έλεγχος εάν τα μήκη ορατότητας που υπολογίστηκαν παραπάνω παρέχουν απόλυτη ασφάλεια στην λειτουργία ενός κόμβου. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύγκριση αυτών με το μήκος ορατότητας για στάση όπως προκύπτει από την σχέση 2.1 για  $t=2 \text{ sec}$ .

**Πίνακας 5.4: Έλεγχος ΜΟΚ (βάσει της μεθόδου Raff) με την Απόσταση Ορατότητας για Στάση**

Ταχύτητα (km/h)	ΜΟΚ ( βάση την μέθοδο Raff)		ΜΟΣ -SSP
	Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	
20	30	25	-
30	40	35	-
40	55	45	-
50	65	55	50
60	80	70	65
70	95	80	85
80	105	90	110
90	120	100	140
100	135	110	170
110	145	125	205
120	160	135	245

**Πίνακας 5.5: Έλεγχος ΜΟΚ ( βάσει της μεθόδου Logit) με την απόσταση Ορατότητας για στάση.**

Ταχύτητα (km/h)	ΜΟΚ ( βάση την μέθοδο Logit)		ΜΟΣ -SSP
	Αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	Δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο	
20	30	25	-
30	50	35	-
40	60	45	-
50	80	60	50
60	95	70	65
70	110	80	85
80	125	90	110
90	140	105	140
100	155	115	170
110	170	125	205
120	185	135	245

Από του πίνακες 5.4 και 5.5 συμπεραίνεται ότι τα αποτελέσματα από την μέθοδο Logit κυρίως για την αριστερή στροφή, είναι πιο ασφαλή για την σωστή λειτουργία ενός κόμβου όσον αφορά την δυνατότητα της έγκαιρης ακινητοποίησης ενός οχήματος που κινείται στον πρωτεύοντα δρόμο, και αυτό γιατί όπως αναφέρθηκε παραπάνω θα πρέπει να ισχύει ο περιορισμός το μήκος ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το μήκος ορατότητας για στάση. Βέβαια για ταχύτητες άνω των 90 km/h τα μήκη



ορατότητας σε κόμβο είναι μικρότερα από το μήκος ορατότητας για στάση. Σε αυτή την περίπτωση που δεν ισχύει ο παραπάνω περιορισμός προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη το μήκος ορατότητας για στάση, το οποίο παρέχει την ελάχιστη απαιτούμενη απόσταση ορατότητας για την σωστή και ασφαλή λειτουργία ενός κόμβου.

Όσον αφορά την δεξιά στροφή, όπως προκύπτει και με τις δυο μεθόδους, το μήκος ορατότητας σε κόμβο είναι μεγαλύτερο από εκείνο για στάση μόνο για μικρές ταχύτητες έως και 60-70 km/h. Και σε αυτή την περίπτωση όπως και παραπάνω, για ταχύτητες άνω των 70 km/h προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη το μήκος ορατότητας για στάση.

Σύμφωνα με τους Lernel et al και Kyte et, η τιμή του κρίσιμου διακένου δεν επηρεάζεται από την ταχύτητα προσέγγισης, επομένως είναι δυνατή η εφαρμογή της σχέσης 5.2 για όλες τις ταχύτητες. Η παραπάνω διαπίστωση όμως έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα, καθώς τα μήκη ορατότητας που προκύπτουν δεν παρέχουν την απαραίτητη ασφάλεια για όλα τα μεγέθη ταχύτητας όσον αφορά την έγκαιρη ακινητοποίηση των οχημάτων του πρωτεύοντα δρόμου [14].

#### **5.4 Θέση Αναμονής των Οχημάτων**

Η θέση αναμονής των οχημάτων, δηλαδή η θέση η οποία εξασφαλίζει επαρκή οπτικό πεδίο στους οδηγούς για την λήψη απόφασης να εισέλθουν στον κόμβο, υπολογίστηκε ότι είναι 2,72 m πίσω από το όριο του πρωτεύοντα δρόμου. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, παρέχοντας μια καλή ακρίβεια στο μετρούμενο μέγεθος.

Ένας από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας είναι η σύγκριση των μετρούμενων μεγεθών με τις αντίστοιχες που δίνονται από τις οδηγίες οδικών μελετών της Γερμανίας αλλά και από άλλες χώρες ή αντίστοιχες μελέτες. Στον πίνακα 2.3 όπως αναφέρθηκε παραπάνω παρουσιάζεται η τιμή της θέσης αναμονής των οχημάτων όπως δίνεται σε διάφορες χώρες.

Με μια πρώτη ματιά, η τιμή της θέσης αναμονής των οχημάτων που προσδιορίστηκε στην παρούσα εργασία δεν διαφέρει πολύ από αυτές που δίνονται στον πίνακα 2.3. Η τιμή αυτή σε σχέση με αυτή που ισχύει στην Γερμανία είναι μόνο κατά 9% μικρότερη δηλαδή 0,28 μέτρα. Στον επόμενο πίνακα γίνεται σύγκριση των παραπάνω τιμών και παρουσιάζεται η ποσοστιαία διαφορά τους για την καλύτερη κατανόηση της διαφοράς που παρουσιάζεται.

**Πίνακας 5.6: Σύγκριση της Θέσης Αναμονής των Οχημάτων με τις τιμές άλλων χωρών.**

Θέση αναμονής οχημάτων παρούσης μελέτης	Γερμανία	ΗΠΑ	Γαλλία	Αυστραλία	Ολλανδία	Σουηδία	Ελβετία
	3,00	4,40	3,00	7,00 – επιθυμητό 5,00 – ελάχιστο	5,00	5,00 – επιθυμητό 3,00 – ελάχιστο	2,50
2,72							
διαφορά	0,28 m	1,68 m	0,28 m	4,28 m – επιθυμητό 2,28 m- ελάχιστο	2,28 m	2,28 m- επιθυμητό 0,28m – ελάχιστο	0,22 m
Ποσοστιαία διαφορά	9%	38%	9%	61% - 46%	46%	46% - 9%	8,8%

Παρατηρώντας τον πίνακα προκύπτει ότι η υπολογιζόμενη τιμή της θέσης αναμονής των οχημάτων παρουσιάζει την μικρότερη διαφορά με την αντίστοιχη τιμή που δίνεται από την Γερμανία, την Γαλλία, την Ελβετία και την Σουηδία και η οποία κυμαίνεται κοντά στο  $\pm 9\%$ , δηλαδή 0,25 μέτρα περίπου. Αντίθετα η μεγαλύτερη διαφορά στην τιμή της θέσης αναμονής των οχημάτων που περιμένουν στον δευτερεύοντα δρόμο παρουσιάζεται με την Αυστραλία.

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που μπορεί να επηρεάζει την τιμή της θέσης αναμονής σε κάθε χώρα είναι η νοοτροπία και οι συνήθειες των οδηγών. Η συμπεριφορά του κάθε οδηγού επηρεάζεται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στην χώρα του, αλλά και από το ευρύτερο περιβάλλον που σχετίζεται με την οδηγική του ικανότητα.

Πέρα από την συμπεριφορά των οδηγών σε κάθε χώρα ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να ασκεί επιρροή είναι η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε σε κάθε περίπτωση. Άλλοι παράγοντες οι οποίοι μπορεί να επηρεάζουν την θέση αναμονής είναι το είδος της στροφής, η ηλικία των οδηγών και οι κυκλοφοριακές συνθήκες.

Από την παραπάνω σύγκριση συμπεραίνεται ότι οι Έλληνες οδηγοί εξαντλούν όλα τα όρια ορατότητας που τους προσφέρονται σε έναν κόμβο. Από την άλλη όμως η διαφορά που υπάρχει με την αντίστοιχη τιμή της Γερμανίας, της Γαλλίας και της Σουηδίας είναι τόσο μικρή, που μπορεί γίνει γενίκευση ότι οι Έλληνες οδηγοί έχουν περίπου την ίδια συμπεριφορά όσον αφορά την θέση αναμονής των οχημάτων με τους οδηγούς των παραπάνω χωρών. Επομένως μπορεί να γίνει στρογγυλοποίηση του 2,72 μέτρων στα 3 μέτρα και αποδοχή της τιμής των οδικών οδηγιών μελετών της Γερμανίας. Αυτή η μικρή αύξηση προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια αλλά και καλύτερο οπτικό πεδίο στους οδηγούς που είναι ακινητοποιημένοι.

Όσον αφορά το δείγμα που συλλέχθηκε, παρατηρήθηκε ότι σε περίπτωση δημιουργίας ουράς επί τον δευτερεύοντα δρόμο, οι οδηγοί οι οποίοι ήταν αρκετή ώρα στην ουρά σταματούσαν σε μικρότερη απόσταση από το όριο του πρωτεύοντα δρόμου. Επίσης σε μικρότερη απόσταση σταματούσαν και οι οδηγοί μικρότερης ηλικίας κάτι που θα μπορούσε θεωρηθεί αναμενόμενο. Τα αντανακλαστικά ενός οδηγού νεαρής ηλικίας, η αντίληψη και η ικανότητα

αντίδρασης σε κάποιο ξαφνικό γεγονός είναι σαφώς καλύτερα από έναν οδηγό μεγαλύτερης ηλικίας, επομένως μπορεί να πάρει την σωστή απόφαση για το πότε να εισέλθει στον κόμβο με ασφάλεια έχοντας μικρότερο οπτικό πεδίο ορατότητας στην διάθεσή του.

### 5.5 Τρίγωνα Ορατότητας Αναχώρησης

Τα τρίγωνα ορατότητας όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι περιοχές τριγωνικής μορφής που εξασφαλίζουν επαρκή οπτικό πεδίο στους οδηγούς που επιθυμούν να εισέλθουν σε έναν κόμβο. Στην παράγραφο αυτή θα προσδιοριστούν οι πλευρές αυτών των τριγώνων για τον κόμβο που μελετήθηκε βάσει των τιμών που υπολογίστηκαν, ενώ θα γίνει και σύγκριση αυτών με τις αντίστοιχες των γερμανικών οδηγιών οδικών μελετών, καθώς όπως έχει αναφερθεί οι αντίστοιχες ελληνικές (ΟΜΟΕ) έχουν υιοθετήσει αρκετά στοιχεία από τις γερμανικές. Θα ήταν ενδιαφέρον επομένως να γίνει μια τέτοια σύγκριση.

Η εξίσωση για τον προσδιορισμό της απόστασης ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου ( απόσταση  $b$ ) υπολογίζεται μέσω της σχέσης 5.2 .Η μέση ταχύτητα του πρωτεύοντα δρόμου του κόμβου με τη οποία θα υπολογιστεί το ζητούμενο μήκος είναι 60 Km/h όπως υπολογίστηκε μετά από πραγματοποίηση συνεχών διελεύσεων από τον δρόμο.

Όσον αφορά την απόσταση  $a$ , δηλαδή την πλευρά του τριγώνου ορατότητας κατά μήκος του δευτερεύοντα δρόμου, υπολογίζεται ως το άθροισμα της θέσης αναμονής των οχημάτων, του συνολικού πλάτους ( $w$ ) των λωρίδων που διασχίζονται συν το μισό πλάτος μιας λωρίδας.

$$a = sp + \sum w + \frac{w}{2} \quad (\text{Σχέση 5.3})$$

Το πλάτος της μιας λωρίδας όπως μετρήθηκε ήταν 5m.

Ο πίνακας 5.7 παρουσιάζει τις διαστάσεις των πλευρών των τριγώνων ορατότητας για τον κόμβο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα, υπολογιζόμενες με τις τιμές που δίνονται από τις RAS (πίνακας 2.4) και τις τιμές όπως προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Βασική διαφορά είναι ότι στις γερμανικές οδηγίες θεωρείται ότι ο οδηγός χρειάζεται το ίδιο μήκος ορατότητας για την δεξιά και την αριστερή στροφή.

Πίνακας 5.7: Διαστάσεις των Τριγώνων Ορατότητας

	<b>Απόσταση</b>	<b>Μέθοδος Raff</b>	<b>Μέθοδος Logit</b>	<b>RAS</b>
<u>Περίπτωση B1</u> Αριστερή στροφή από δευτερεύοντα	$B = ISD$	80 m	95 m	85 m
	$a$	10,5 m	10,5 m	10,5 m
<u>Περίπτωση B2</u> Δεξιά στροφή από δευτερεύοντα	$B = ISD$	70 m	70 m	85 m
	$a$	5,5 m	5,5 m	5,5 m

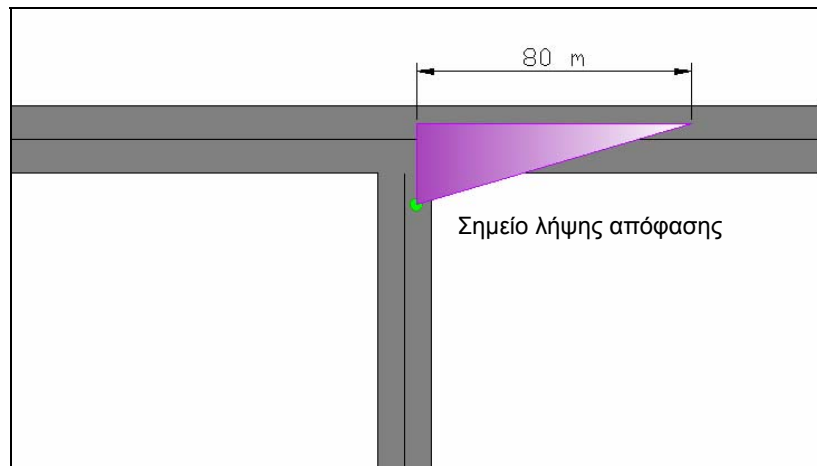
Πέρα των παραπάνω είναι απαραίτητο να γίνει έλεγχος του μήκους ορατότητας κατά μήκος του πρωτεύοντα δρόμου με το μήκος ορατότητας για στάση για την συγκεκριμένη ταχύτητα. Συμβουλευόμενοι τους πίνακες 5.4 και 5.5 το μήκος ορατότητας για στάση για την συγκεκριμένη ταχύτητα ( $u=60\text{km/h}$ ) είναι 65 m. Συνεπώς τα παραπάνω μήκη παρέχουν την απαραίτητη ασφάλεια.

Βάσει των παραπάνω τιμών εύκολα μπορεί να προσδιοριστεί η επιφάνεια κάλυψης των τριγώνων. Αυτό θα βοηθούσε στον προσδιορισμό του ελεύθερου οπτικού πεδίου που χρειάζονται οι Έλληνες οδηγοί για να ελέγξουν την ορατότητα για να εισέλθουν στον κόμβο και να συγκριθεί με αυτό που χρειάζονται οι Γερμανοί.

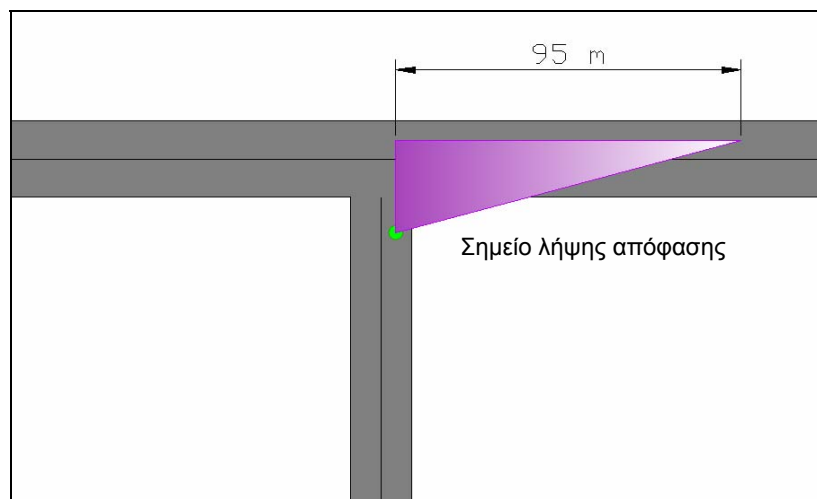
Πίνακας 5.6: Σύγκριση Τριγώνων Ορατότητας

	<b>Επιφάνεια Κάλυψης Τριγώνων Ορατότητας</b>		
	<b>Μέθοδος Raff</b>	<b>Μέθοδος Logit</b>	<b>RAS</b>
<u>Περίπτωση B1</u> Αριστερή στροφή από δευτερεύοντα	420	499	446
<u>Περίπτωση B2</u> Δεξιά στροφή από δευτερεύοντα	193	193	233

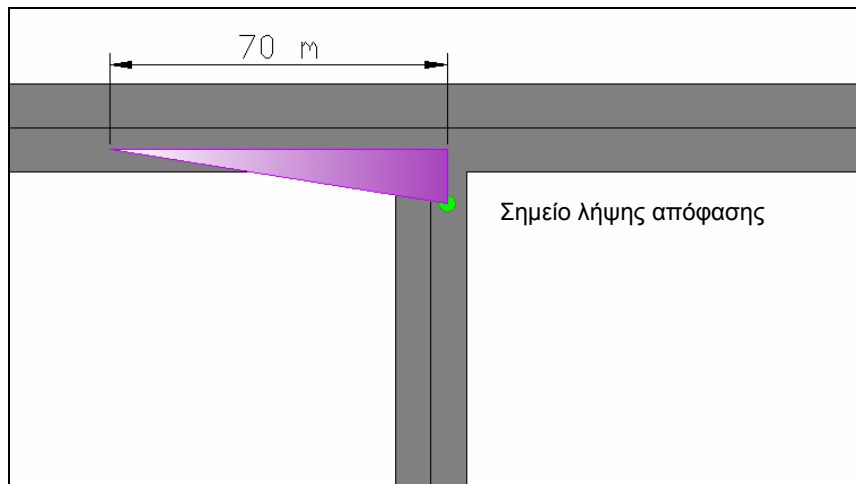
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα τρίγωνα ορατότητας όπως προκύπτουν από τις τιμές του πίνακα 5.5 .



**Εικόνα 5.1: Τρίγωνα Ορατότητας για Αριστερές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Raff**



**Εικόνα 5.2: Τρίγωνα Ορατότητας για Αριστερές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Logit**



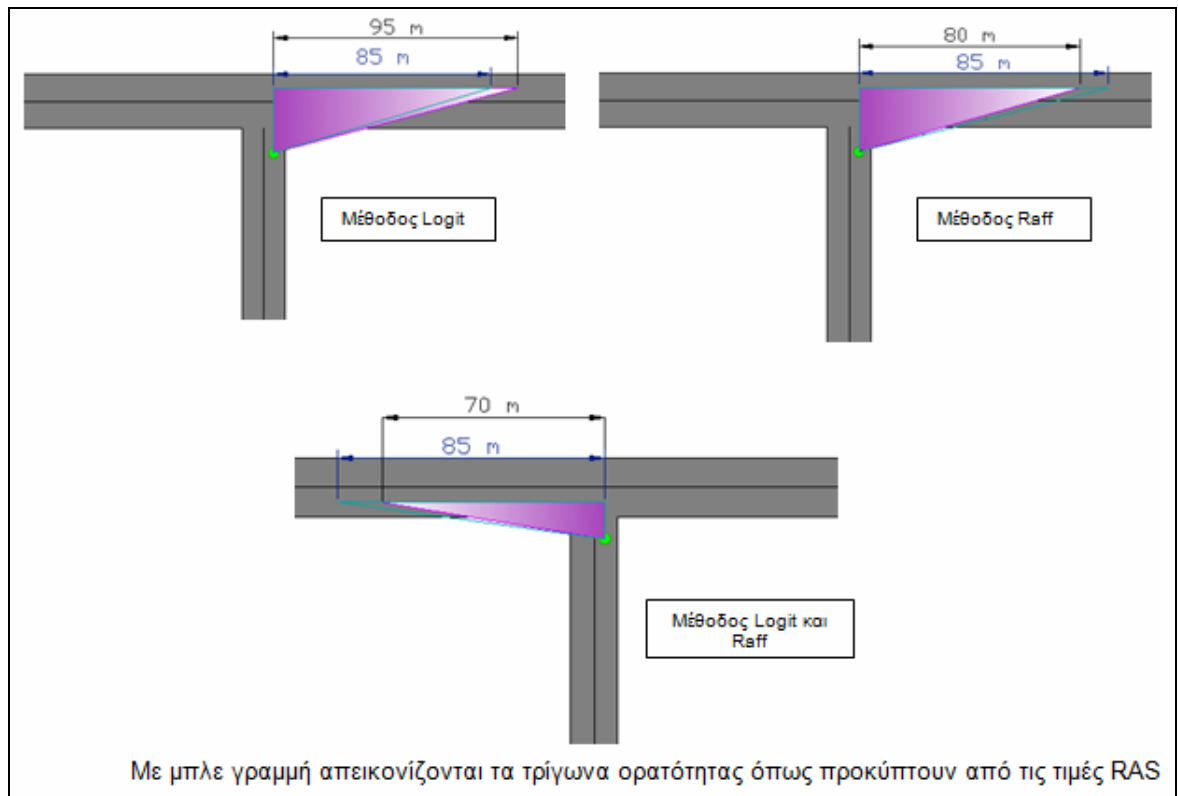
**Εικόνα 5.3: Τρίγωνα Ορατότητας για Δεξιές Στροφές Βάσει των Αποτελεσμάτων της Μεθόδου Raff και Logit**

Για τον συγκεκριμένο κόμβο τα τρίγωνα ορατότητας για την δεξιά στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο, έχουν τις ίδιες διαστάσεις ανεξάρτητα ποιας μεθόδου τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν.

Παρότι τα αποτελέσματα της μεθόδου Logit, παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια για την σωστή λειτουργία ενός κόμβου, όσον αφορά την επιφάνεια κάλυψης των τριγώνων ορατότητας μπορούν να θεωρηθούν αντιοικονομικά, καθώς απαιτούν μεγαλύτερη επιφάνεια ελεύθερου χώρου. Άμεσο συμπέρασμα των παραπάνω είναι ότι με τα αποτελέσματα της μεθόδου Raff επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χώρου και κόστους σε έναν κόμβο.

Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και αν συγκριθούν και με τα τρίγωνα ορατότητας όπως προκύπτουν και με τις γερμανικές τιμές. ( εικόνα 6.4)

Αντίθετα, αν η ταχύτητα στον πρωτεύοντα δρόμο ήταν μεγαλύτερη, τα τρίγωνα ορατότητας όπως προσδιορίζονται βάσει των αποτελεσμάτων της μεθόδου Logit θα κάλυπταν μικρότερο χώρο από τα αντίστοιχα τις Γερμανίας και αυτό διότι με βάση τους πίνακες 5.4, 5.5 και τον 2.4 τα μήκη ορατότητας για ισόπεδο κόμβο της εν λόγω μελέτης είναι μικρότερα από αυτά που δίνονται από το RAS, για ταχύτητες άνω των 60 km/h. Επομένως δεδομένου ότι η θέση αναμονής των οχημάτων είναι ίδια, η επιφάνεια των τριγώνων ορατότητας θα είναι μικρότερη.



**Εικόνα 5.4: Τρίγωνα Ορατότητας σύμφωνα με τις Γερμανικές τιμές**

## 6. Συμπεράσματα Και Προτάσεις

### 6.1 Συμπεράσματα

Κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η ανάλυση της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής της πορείας. Θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά την ανάλυση της μελέτης που προηγήθηκε υπήρξε μια γενίκευση των υπολογιζόμενων τιμών για όλη την Ελλάδα. Στην πραγματικότητα όμως η Ελλάδα παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά τα οποία πιθανόν να επηρεάζουν την συμπεριφορά των οδηγών. Επίσης κάθε κόμβος παρουσιάζει τις δικές του ιδιαιτερότητες, ενώ είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η διεξαγωγή της μελέτης πραγματοποιήθηκε σε αστική περιοχή γεγονός το οποίο επίσης αποτελεί εμπόδιο να θεωρηθεί απόλυτα σωστή μια τέτοια γενίκευση.

Όσον αφορά το δείγμα που συλλέχθηκε ήταν αρκετά ικανοποιητικό για την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων, όμως είναι φυσικό ότι ένα μεγαλύτερο δείγμα θα έδινε ακόμη μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση του κρίσιμου διακένου και της θέσης αναμονής των οχημάτων. Επίσης είναι λογικό ότι σε μια διαφορετική δειγματοληψία ίσως να υπάρξει κάποια απόκλιση.

Ένα γενικό συμπέρασμα της παρούσας μελέτης, αν θεωρηθεί ορθή η γενίκευση των αποτελεσμάτων για όλη την Ελλάδα, είναι ότι οι Έλληνες οδηγοί έχουν αρκετά καλή αντίληψη της ορατότητας που τους προσφέρεται σε έναν κόμβο καθώς επίσης καλύτερα αντανακλαστικά ως προς τον χρόνο που χρειάζονται να επιταχύνουν από τον δευτερεύοντα δρόμο και να ολοκληρώσουν τον ελιγμό για την είσοδό τους στον κόμβο, σε σχέση με τους οδηγούς άλλων χωρών.

Έπειτα από μελέτη διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού του κρίσιμου διακένου, επιλέχθηκαν η μέθοδος Raff και η Logit. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πάρα πολλές μέθοδοι, χωρίς όμως να υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο που να καθορίζει ποια είναι η καλύτερη. Ο λόγος της επιλογής των συγκεκριμένων μεθόδων ήταν η απλοϊκότητα της εφαρμογής τους, η εύκολη κατανόηση της μεθοδολογίας καθώς επίσης ότι είναι από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες. Βασική διαφορά των δυο μεθόδων είναι ότι η μια είναι στοχαστική μέθοδος ενώ η άλλη πιθανολογική.

Λόγω αυτής της διαφοράς, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την μέθοδο Logit είναι περιγραφικά και εύκολα μπορούν να αξιολογηθούν ως προς την ορθότητάς τους. Επίσης σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μέθοδο Logit, κυρίως για την αριστερή στροφή, ήταν μεγαλύτερα από αυτά της μεθόδου Raff, τα αποτελέσματα της μεθόδου Logit παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια για την λειτουργία του κόμβου, καθώς τα μήκη ορατότητας υπολογισμένα με αυτή την μέθοδο είναι μεγαλύτερα. Συνεπώς, για την συγκεκριμένη μελέτη τα αποτελέσματα της μεθόδου Logit κρίνονται πιο ασφαλή και αξιόπιστα, και είναι αυτά τα οποία προτείνονται για την ανάλυση



της ορατότητας σε ισόπεδο κόμβο με ρυθμιστική πινακίδα υποχρεωτικής διακοπής της πορείας. Η τιμή του κρίσιμου διακένου σύμφωνα με την μέθοδο Logit είναι 5,5 δευτερόλεπτα για την αριστερή στροφή από τον δευτερεύοντα δρόμο και 4,1 για την δεξιά.

Όσον αφορά τον υπολογισμό της θέσης αναμονής, τα πράγματα ήταν τελείως διαφορετικά. Δεν υπήρχε κάποιο συγκεκριμένη μοντέλο που θα έπρεπε να εφαρμοστεί, παρά μόνο να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία για την φωτογραμμετρική επεξεργασία των εικόνων πάνω στις οποίες θα γινόταν η μέτρηση της επιθυμητής απόστασης. Έτσι, με την διαδικασία που ακολουθήθηκε όπως περιγράφετε στο κεφάλαιο 3, η θέση αναμονής υπολογίστηκε 2,72 μέτρα, αλλά όπως αναφέρθηκε η τιμή που γίνεται αποδεκτή είναι τα 3 μέτρα καθώς συμφωνεί με την τιμή που παρουσιάζουν και άλλες ευρωπαϊκές χώρες, όπως είναι η Γερμανία και η Γαλλία.

Βάσει των παραπάνω, αλλά και των συγκρίσεων που πραγματοποιήθηκαν στο κεφάλαιο 5, προκύπτει ότι οι Έλληνες οδηγοί από την μελέτη των αποδεχόμενων διακένων παρουσιάζονται να είναι αρκετά τολμηροί οδηγοί τόσο για τις δεξιές όσο και για τις αριστερές στροφές. Η αποδοχή μικρής τιμής διακένου αποτελεί μια απόφαση ρίσκο και οδηγεί στον υπολογισμό μικρότερου κρίσιμου διακένου και κατ' επέκταση σε μικρότερο απαιτούμενο μήκος ορατότητας δεξιά και αριστερά του κόμβου.

Συμπεραίνεται λοιπόν πως οι Έλληνες οδηγοί έχουν διαφορετική αντίληψη των ορατοτήτων σε έναν κόμβο, αλλά και διαφορετική οδική αντίδραση και συμπεριφορά σε σχέση με οδηγούς άλλων χωρών που μελετήθηκαν στην εν λόγω μελέτη. Παρατηρείται επομένως πως ο τρόπος οδήγησης και η αντίληψη των ορατοτήτων εξαρτάται από την γεωγραφική τοποθεσία. Η γνώση των τιμών για τον σχεδιασμό ισόπεδων κόμβων προσαρμοσμένοι στην συμπεριφορά του Έλληνα οδηγού είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την εξασφάλιση ασφαλούς οδήγησης και μείωσης των ατυχημάτων.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της μελέτης των αποδεχόμενων διακένων πέρα του ότι χρησιμοποιούνται για την σχεδίαση κόμβων, χρησιμοποιούνται επίσης και για τον υπολογισμό της κυκλοφοριακής ικανότητας ενός κόμβου.

Τα μοντέλα υπολογισμού της κυκλοφοριακής ικανότητας εξαρτώνται από δύο παράγοντες. Τις κατανομές των διακένων στην ροή επί του πρωτεύοντα δρόμου και την κριτική ικανότητα του οδηγού στο να επιλέγει το διάκενο που χρειάζεται για την πραγματοποίηση της κίνησης που επιθυμεί.

Ο προσδιορισμός της κυκλοφοριακής ικανότητας ενός κόμβου αποτελεί στοιχείο κλειδί για τον σωστό σχεδιασμό κόμβων. Επομένως η γνώση του κρίσιμου διακένου συμβάλλει τόσο στην ανάλυση ορατότητας όσο και στον σωστό σχεδιασμό των κόμβων ως προς την κυκλοφοριακή ικανότητά του.

## 6.2 Προτάσεις

Οι προτάσεις που παρουσιάζονται παρακάτω αφορούν πρακτικές εφαρμογές στις οποίες μπορούν να φανούν χρήσιμα τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αλλά και μελέτες που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο μέλλον για τον υπολογισμό μιας πιο ακριβής τιμής του κρίσιμου διακένου.

Όπως αναφέρθηκε μια πολύ σημαντική εφαρμογή της τιμής του κρίσιμου διακένου είναι ο υπολογισμός της κυκλοφοριακής ικανότητας του κόμβου.

Όσον αφορά για μελλοντικές μελέτες θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθεί παρόμοια μελέτη και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδος. Μια τέτοια εφαρμογή θα ήταν χρήσιμη για την εξαγωγή συμπεράσματος αν η ικανότητα αντίληψης των ορατοτήτων και η κριτική ικανότητα του Έλληνα οδηγού σε ότι αφορά την αποδοχή του διακένου εξαρτάται από την γεωγραφική τοποθεσία εντός της Ελλάδος.

Επιπλέον ο υπολογισμός του κρίσιμου διακένου για αριστερές στροφές από τον πρωτεύοντα δρόμο από ένα μεγαλύτερο δείγμα θα ήταν εξίσου μια σημαντική μελλοντική εφαρμογή.

Μια άλλη μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να βασιστεί στον υπολογισμό του κρίσιμου διακένου με εφαρμογή κάποιας άλλης μεθόδου για μια πιο ακριβή ανάλυση και σύγκριση αυτής με την μέθοδο Logit και την μέθοδο Raff. Όπως αναφέρεται στην διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πάρα πολλά μοντέλα υπολογισμού του κρίσιμου διακένου.

Επίσης, πολύ σημαντικό θα ήταν να μελετηθεί μελλοντικά αν και κατά πόσο επηρεάζεται η τιμή του κρίσιμου διακένου από την ταχύτητα των οχημάτων του πρωτεύοντα δρόμου που προσεγγίζουν τον κόμβο.

Τέλος η τιμή του κρίσιμου διακένου εξαρτάται από τον τύπο ελιγμού, τον αριθμό των λωρίδων, τις κυκλοφοριακές συνθήκες και την γεωμετρία του κόμβου. Ο προσδιορισμός της επιρροής των παραπάνω μεταβλητών στην τιμή του κρίσιμου διακένου θα συντελούσε στον υπολογισμό μιας πιο ακριβής τιμής. Επιπλέον η επιρροή του τύπου του οχήματος στο κρίσιμο διάκενο αποτελεί εξίσου μια πολύ σημαντική μελέτη που θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί μελλοντικά.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Transportation Research Board (2000) *Highway Capacity Manual, Special Report 209*, Washington, DC, pp.5-6.
2. AASHTO (2001) *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4d ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, pp. 665-675, Washington, DC
3. John L. Gampbell, and Christian M. Richard, *Human Factors Guidelines for Road Systems*. National Cooperative Highway Research Program, Report 600A, TRB, Washington, D. C 2008. Pp10-2—10-6
4. Solberg, P. and Oppenlander, J.C. *Lag and Gap Acceptances at Stop Controlled Intersections*. Highway Research Record 118, HRB 1966. Pp.48-67
5. Kyte, M., Kittelson, W., Tian, Z, Brilon, W., Troutbeck, R., and Mir, S. *New Measurements for Saturation Headways and Critical Gaps at Stop-Controlled Intersections*. Proceeding of Second International Symposium on Highway Capacity, 1994, Volume 1. Pp. 345-64
6. Fitzpatrick, K. *Gap Accepted at Stop-Controlled Intersections*. Transportation Research 1303, TRB, National Research Council, Washington, D.C 1991. Pp103-12
7. Hewitt, R. H. *Measuring Critical Gap*. *Transportation Science* Vol. 17, No1. 1983. Pp. 87-109
8. John M. Mason, Jr, Kay Fitzpatrick, and Douglas W. Harwood. *Field Observations of truck operational characteristics Related On Intersection Sight Distance*. Transportation Research Record 1280, TRB
9. Pollatschek m. A., Polus A., Linveh M. (2002) *A decision model for gap Acceptance and capacity at intersections*. Transportation Research part B, 36 pp.649-663.
10. Werneri Brilon, Ralph Koenig, Rod J. Troutberck (1999). *Usefull Estimation procedures for critical gaps*. Transportation Research part A, 33 pp.161-168

11. Fitzpatrick, Kay, 1991. Gaps Accepted at Stop-Controlled Intersections. Geometric Design Considerations. Transportation Research Record, 1303. Page 103-112.
12. Kyte, M., Tian, Z., Mir, Z., Hameedmansoor, Z., Kittelson, W., Vandehey, M., Robinson, B., Brilon, W., Bondzio L., Wu, N., Troutbeck, R., 1996. Capacity and Level of Service at Unsignalized Intersections, Final Report: Volume 1-Two-Way Stop-Controlled Intersections. National Cooperative Highway Research Program 3-46.
13. ΟΜΟΕ-Χ (2001), Οδηγίες μελετών οδικών έργων, 2001. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ
14. Harwood, D., Mason, J., Brydia, R., Pietrucha, and Gittings, G. L. (1996). "Intersection sight distance." *NCHRP 383*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
15. Ι. Αναρέτου ,Γραμμικά μοντέλα με έμφαση στις εφαρμογές, 4<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα 2001, pp 51-60.
16. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. AASHTO, Washington, DC, 2004.
17. Douglas W. Harwood, Midwest Research Institute, Daniel B. Fambro, Texas A&M University, Bruce Fishburn, Roads and Traffic Authority of new South Wales, Herman Joubert, African Consulting Engineers, Inc., Rudiger Lamm, University of Karlsruhe, Basil Psarianos, national Technical of Athens, *International Sight Distance Design Practices*.