ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Τομέας Έργων Υποδομής και Αγροτικής Ανάπτυξης
Εργαστήριο Συγκοινωνιακής Τεχνικής

Διπλωματική Εργασία

Διερεύνηση της Επίδρασης των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη

Λαγού Χαραλαμπία

Επιβλέπουσα : Σπυροπούλου Ιωάννα, Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2014

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
School of Rural and Surveying Engineering
Department of Infrastructure Works and Rural Development
Laboratory of Transportation Engineering

Diploma Thesis

Investigation of Lighting Conditions Effect on Characteristic Traffic Quantities

Lagou Charalampia

Supervisor : Spyropoulou Ioanna, Lecturer NTUA

Athens, July 2014

ΔΗΛΩΣΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

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

Λαγού Χαραλαμπία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη προκειμένου να προσδιοριστεί ποιοτικά η σχέση που τα συνδέει. Η διερεύνηση εστιάζει στην επιρροή των συνθηκών φωτισμού στην ευθεία κίνηση, σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σταθερού χρόνου. Μετρήσεις χρονικών διαχωρισμών και ταχυτήτων, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού (ημέρα) και τεχνητού φωτισμού (νύχτα), σε διάστημα δεκατριών ημερών, συλλέχθηκαν με τη χρήση του φωρατή πεπιεσμένου αέρα MetroCount 5600. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν περιστασιακές μετρήσεις με τη μέθοδο του παρατηρητή αλλά και βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Οι τελευταίες χρησιμοποιήθηκαν κατά τον ποιοτικό έλεγχο των καταγραφών του μετρητή ενώ αποτέλεσαν πηγή πρόσθετων πληροφοριών, η συλλογή των οποίων δεν είχε σχεδιαστεί εξ' αρχής. Ακολούθησε η ανάλυση των καταγραφών, η οποία υλοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση αναλύθηκαν οι καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή, για την επεξεργασία των οποίων αξιοποιήθηκε το υλικό βίντεο και οι σημειώσεις του παρατηρητή ενώ στη δεύτερη φάση αναλύθηκε το σύνολο των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 με την εφαρμογή αυτόματων διαδικασιών όπου αυτή ήταν δυνατή. Συγκεκριμένα, αφότου αφαιρέθηκαν από το εκάστοτε δείγμα άκυρες μετρήσεις και προσδιορίστηκε η θέση έναρξης του κορεσμού, εξετάστηκε η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης, τις τιμές και την κατανομή τόσο των χρονικών διαχωρισμών όσο και των ταχυτήτων και μελετήθηκε η επιρροή τους στη σχέση που συνδέει τα παραπάνω μεγέθη. Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι συντελεστές αναγωγής σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ) και η ροή κορεσμού με την εφαρμογή της μεθόδου του λόγου χρονικών διαχωρισμών. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα των δύο φάσεων συγκρίθηκαν μεταξύ τους και διαμορφώθηκε το συμπέρασμα πως η εναλλαγή των συνθηκών φωτισμού συμβάλλει στη μεταβολή των τιμών χαρακτηριστικών μεγεθών της κυκλοφοριακής τεχνικής. Ειδικότερα, συνάχθηκε πως σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σταθερού χρόνου, η ευθεία κίνηση παρουσιάζει υψηλότερες τιμές χρονικών διαχωρισμών και ταχυτήτων τη νύχτα, γεγονός που αιτιολογεί την ευμεταβλησία της σχέσης χρονικών διαχωρισμών-ταχυτήτων μεταξύ συνθηκών φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, η ροή κορεσμού φαίνεται να παρουσιάζει ελαφρά μικρότερες τιμές τη νύχτα ενώ δεν μπορεί να εξαχθεί σαφές συμπέρασμα για την επιρροή των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Τέλος, τονίζεται πως τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποτελούν ένδειξη πως οι συνθήκες φωτισμού επενεργούν σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη και τα εξαχθέντα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευτούν δεδομένου ότι προκύπτουν από έρευνα περιορισμένης έκτασης.

Λέξεις Κλειδιά : συνθήκες φωτισμού, χρονικός διαχωρισμός, μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων, ροή κορεσμού, φωρατής πεπιεσμένου αέρα

ABSTRACT

The objective of this thesis is to investigate lighting conditions effect on characteristic traffic engineering quantities in order to qualitatively determine the relationship between them. The present study is focused on through movement at a signal-controlled junction, under fixed-time control. Measurements of time headways and speed were collected using the pneumatic detector MetroCount 5600 during a thirteen-day period under natural and artificial lighting conditions (day and night). At the same time, occasional measurements were made with the observer method and traffic flow was video-recorded under daylight (sunny and cloudy conditions) and darkness (road lighting, no rain). The latter were used for data quality control and additional information acquisition. Data analysis followed and was split into two phases. In the first phase, the data that was accompanied by video data and observer's measurements were analysed utilising the video material and the observer's notes whereas in the second phase, the entire set of measurements collected with MetroCount 5600 was analysed exploiting automated processes when possible. Once invalid measurements were withdrawn from each sample and the position in queue where saturation started was determined, the effect of the lighting conditions on stabilisation position, values and distribution of both headways and speed was examined and their influence on the relationship between the aforementioned quantities was studied. Furthermore, Passenger Car Unit conversion factors (PCUs) and saturation flow were calculated applying the headway ratio method. Then, the results of the two phases were compared with each other and it was inferred that lighting conditions contribute to the variation of traffic quantities values. More specifically, it was concluded that at signal-controlled junctions through movement headways and speed are higher at night, justifying the changeability of headway-speed relationship between day and night. Moreover, saturation flow value seems to vary according to lighting conditions, being slightly lower at night. However, it was not possible to arrive at a clear conclusion about lighting conditions effect on PCU conversion factors. Finally, it is noted that the present results provide an indication of the lighting conditions effect on characteristic traffic quantities and the conclusions should not be generalised as they were drawn from limited research.

Keywords : lighting conditions, time headway, passenger car units, saturation flow, pneumatic tubes

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ 3
2.1. Βασικοί Ορισμοί της Κυκλοφοριακής Τεχνικής 3
2.2. Αποτελέσματα της Διεθνούς Έρευνας Σχετικά με την Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη 5
2.3. Μέθοδοι Υπολογισμού Συντελεστών Αναγωγής σε ΜΕΑ 6
2.3.1. Μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών 8
2.3.2. Μέθοδος της παλινδρόμησης 10
2.3.3. Μέθοδος Walker 14
2.3.4. Μέθοδος των καθυστερήσεων 15
2.3.5. Μέθοδος με βάση την ταχύτητα 17
2.3.6. Μέθοδος των οχηματοωρών 18
2.3.7. Μέθοδος της προσομοίωσης 19
2.3.8. Μέθοδος της πυκνότητας 23
2.3.9. Μέθοδος σχηματισμού φάλαγγας 26
2.3.10. Μέθοδος νευρωνικού δικτύου 27
2.3.11. Μέθοδος “ασαφούς λογικής” 28
2.3.12. Σύγκριση των μεθόδων υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ 29
3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 35
3.1. Μεθοδολογική Προσέγγιση 35
3.2. Μέσα Καταγραφής Μετρήσεων 35
3.3. Επιλογή Εξοπλισμού 36
3.3.1. Ο φωρατής MetroCount 5600 36
3.3.2. Η βιντεοκάμερα 38
3.4. Επιλογή Περιοχής Μελέτης 39
3.4.1. Επιζητούμενα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης 39
3.4.2. Χαρακτηριστικά της επιλεχθείσης περιοχής μελέτης 39
3.5. Διεξαγωγή των Μετρήσεων 43
3.5.1. Τοποθέτηση του μετρητή 43
3.5.2. Ρυθμίσεις του Μετρητή 44
3.5.3. Ο ρόλος του παρατηρητή 45
4. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 48
4.1. Εξαγωγή των Απαραίτητων Δεδομένων 48

4.2. Ποιοτικός Έλεγχος Δεδομένων ... 51
4.2.1. Μελέτη διαγράμματος χτυπημάτων – χρόνου ... 51
4.2.2. Μελέτη φάσματος χτυπημάτων ... 53
4.2.3. Έλεγχος καταλληλότητας δεδομένων ... 54
4.3. Επεξεργασία Καταγραφών που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή ... 57
4.3.1. Διαγραφή άκυρων καταγραφών ... 58
4.3.2. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (1) ... 58
4.3.3. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (2) ... 61
4.3.4. Συγχώνευση κατηγοριών οχημάτων ... 64
4.4. Επεξεργασία του Συνόλου των Καταγραφών του Συστήματος MetroCount 5600 ... 65
4.4.1. Διαγραφή άχρηστων καταγραφών ... 65
4.4.2. Διαγραφή άκυρων καταγραφών ... 65
4.4.3. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (1) ... 66
4.4.4. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (2) ... 71
5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ... 72
5.1. Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη με Βάση τις Καταγραφές που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή ... 72
5.1.1. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς ... 72
5.1.2. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες ... 81
5.1.3. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση χρονικών διαχωρισμών – ταχυτήτων ... 92
5.1.4. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ ... 93
5.1.5. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού ... 102
5.2. Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη με Βάση το Σύνολο των Καταγραφών του Συστήματος MetroCount 5600 ... 103
5.2.1. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς ... 103
5.2.2. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες ... 110
5.2.3. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση χρονικών διαχωρισμών – ταχυτήτων ... 118
5.2.4. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ ... 120
5.2.5. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού ... 126

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ 127
6.1. Συμπεράσματα 127
6.2. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα 129
ΑΝΑΦΟΡΕΣ 130
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΕΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ 143
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ 151
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ. ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ 156

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 : Ο διαχωρισμός του χρόνου πράσινης ένδειξης στην πρώτη, τη μεσαία και την τελευταία περίοδο [23] 11

Εικόνα 2.2 : Οι διαδοχικές περίοδοι μετρήσεων στη σύγχρονη μέθοδο παλινδρόμησης[23] . 12

Εικόνα 2.3 : Οι διαδοχικές περίοδοι μετρήσεων στην ασύγχρονη μέθοδο παλινδρόμησης[23] 13

Εικόνα 2.4 : Μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ κατά Sumner et al. [5] 19

Εικόνα 2.5 : Μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ κατά Webster και Elefteriadou [33] 23

Εικόνα 2.6 : Εκτίμηση του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ σε ομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας [38] 24

Εικόνα 2.7 : Σύγκριση εικόνων ομοιογενούς (αριστερά) [39] και ανομοιογενούς κυκλοφορίας (δεξιά) [40] 25

Εικόνα 2.8 : Εκτίμηση του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ σε ανομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας [38] 26

Εικόνα 3.1 : Ο φωρατής πεπιεσμένου αέρα MetroCount 5600 [47] 36

Εικόνα 3.2 : Υπολογισμός ταχύτητας και ταξινόμηση με το MetroCount 5600 [50] 38

Εικόνα 3.3 : Θέση του κόμβου Ηρακλείτου – Μπενάκη στο λεκανοπέδιο της Αττικής (αριστερά) και σε σχέση με τις γειτονικές οδούς (δεξιά) [51] 40

Εικόνα 3.4 : Ο κόμβος Ηρακλείτου – Μπενάκη [52] 41

Εικόνα 3.5 : Σκαρίφημα του κόμβου Ηρακλείτου – Μπενάκη 41

Εικόνα 3.6 : Οι χρήσεις γης γύρω από τον κόμβο Ηρακλείτου – Μπενάκη 42

Εικόνα 3.7 : Τοποθέτηση του μετρητή 44

Εικόνα 3.8 : Επιλογή θύρας επικοινωνίας και διεύθυνσης αποθήκευσης καταγραφών[53] ... 44

Εικόνα 3.9 : Ρυθμίσεις MetroCount 5600 [53] 45

Εικόνα 3.10 : Έλεγχος καταγραφής συμβάντων σε πραγματικό χρόνο [53] 46

Εικόνα 3.11 : Έλεγχος κατάστασης λειτουργίας του μετρητή [53] 47

Εικόνα 4.1 : Επιλογή τύπου αναφοράς 48

Εικόνα 4.2 : Πρόσθετες ρυθμίσεις 49

Εικόνα 4.3 : Το οπτικό σύστημα ταξινόμησης, Scheme F της FHWA [53] 50

Εικόνα 4.4 : Απόσπασμα αναφοράς του MetroCount Traffic Executive 51

Εικόνα 4.5 : Διάγραμμα αξόνων ανά ώρα 17-25 Νοεμβρίου 2013 (αριστερά) και 25-29 Νοεμβρίου 2013 (δεξιά) 52

Εικόνα 4.6 : Ιστόγραμμα χρονικής διαφοράς επιτυχημένων χτυπημάτων 17-25 Νοεμβρίου 2013 (αριστερά) και 25-29 Νοεμβρίου 2013 (δεξιά) 53

Εικόνα 4.7 : Απόσπασμα διαμορφωμένου αρχείου δεδομένων 61

Εικόνα 4.8 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 64

Εικόνα 4.9 : Διάγραμμα αξόνων ανά ώρα 17-29 Νοεμβρίου 2013 65

Εικόνα 4.10 : Απόσπασμα διαμορφωμένου αρχείου δεδομένων 67

Εικόνα 5.1 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 74

Εικόνα 5.2 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 75

Εικόνα 5.3 : Διάγραμμα του μέσου χρονικού διαχωρισμού της κατηγορίας IX-IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά 78

Εικόνα 5.4 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX 79

Εικόνα 5.5 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 80

Εικόνα 5.6 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 81

Εικόνα 5.7 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 81

Εικόνα 5.8 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 83

Εικόνα 5.9 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 85

Εικόνα 5.10 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 86

Εικόνα 5.11 : Διάγραμμα της μέση ταχύτητας των IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά 88

Εικόνα 5.12 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX 89

Εικόνα 5.13 Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των IX που ακολουθούν IX (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 91

Εικόνα 5.14 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των IX που ακολουθούν IX (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 91

Εικόνα 5.15 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των IX που ακολουθούν IX (δεξιά) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 91

Εικόνα 5.16 : Διάγραμμα μέσων χρονικών διαχωρισμών – μέσων ταχυτήτων κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού 92

Εικόνα 5.17 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 104

Εικόνα 5.18 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 106

Εικόνα 5.19 : Διάγραμμα του μέσου χρονικού διαχωρισμού της κατηγορίας IX-IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά 108

Εικόνα 5.20 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX 109

Εικόνα 5.21 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 110

Εικόνα 5.22 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 110

Εικόνα 5.23 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 112

Εικόνα 5.24 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 114

Εικόνα 5.25 : Διάγραμμα της μέση ταχύτητας των IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά 116

Εικόνα 5.26 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX 117

Εικόνα 5.27 Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των IX που ακολουθούν IX (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 118

Εικόνα 5.28 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των IX που ακολουθούν IX (δεξιά) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 118

Εικόνα 5.29 : Διάγραμμα μέσων χρονικών διαχωρισμών – μέσων ταχυτήτων κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού 119

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ ανά κατηγορία οχημάτων με βάση τις μελέτες του ΥΠΕΧΩΔΕ και του TfL 7

Πίνακας 2.2 : Συγκριτικός πίνακας των μεθόδων υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ (σελ.30-34) 30

Πίνακας 3.1 : Βασικά χαρακτηριστικά του MetroCount 5600 37

Πίνακας 3.2 : Χαρακτηριστικά της οδού Ηρακλείτου στο ύψος του κόμβου με την οδό Μπενάκη 40

Πίνακας 3.3 : Χρονικές περίοδοι βιντεοσκόπησης της κυκλοφορίας και συλλογής δεδομένων με τη μέθοδο του παρατηρητή στον κόμβο Ηρακλείτου – Μπενάκη 43

Πίνακας 4.1 : Οι χρονικές περίοδοι ασυμφωνίας των γραφημάτων χτυπημάτων – χρόνου 52

Πίνακας 4.2 : Τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων ζωνών του φάσματος χτυπημάτων 54

Πίνακας 4.3 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 55

Πίνακας 4.4 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 56

Πίνακας 4.5 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 56

Πίνακας 4.6 : Αντιστοίχιση τιμών και κατηγορίας οχημάτων 59

Πίνακας 4.7 : Αντιστοίχιση τιμών και συνθηκών φωτισμού 59

Πίνακας 4.8 : Διαμόρφωση αρχείων μετρήσεων 60

Πίνακας 4.9 : Προτεινόμενες θέσεις σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών 62

Πίνακας 4.10 : Χρησιμοποιηθείσες θέσεις σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών..... 62

Πίνακας 4.11 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 63

Πίνακας 4.12 : Τελικές κατηγορίες οχημάτων 64

Πίνακας 4.13 : Αντιστοίχιση τιμών και συνθηκών φωτισμού 66

Πίνακας 4.14 : Διαμόρφωση αρχείων μετρήσεων 67

Πίνακας 4.15 : Αντιστοίχηση των κατηγοριών οχημάτων που προέκυψαν από τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο στις κατηγορίες της αυτόματης ταξινόμησης του MetroCount Traffic Executive (Scheme F) 68

4.16 : Αντιστοίχηση τιμών και χαρακτηρισμών οχημάτων 70

Πίνακας 5.1 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 73

Πίνακας 5.2 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 74

Πίνακας 5.3 : Θέση έναρξης κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 76

Πίνακας 5.4 : Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 76

Πίνακας 5.5 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ στη θέση σταθεροποίησής τους σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα 76

Πίνακας 5.6 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ κατά την έναρξη του κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.... 77

Πίνακας 5.7 : Κατανομή των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 80

Πίνακας 5.8 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 82

Πίνακας 5.9 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 84

Πίνακας 5.10 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 85

Πίνακας 5.11 : Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού.. 87

Πίνακας 5.12 : Μέση τιμή των ταχυτήτων των ΙΧ στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα 87

Πίνακας 5.13 : Κατανομή των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 90

Πίνακας 5.14 : Κατανομή των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 90

Πίνακας 5.15 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας 97

Πίνακας 5.16 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης 99

Πίνακας 5.17 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή 100

Πίνακας 5.18 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια ανά κατηγορία οχημάτων και συνθήκες φωτισμού 101

Πίνακας 5.19 : Ροή κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 103

Πίνακας 5.20 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 103

Πίνακας 5.21 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 105

Πίνακας 5.22 : Θέση έναρξης κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 106

Πίνακας 5.23 : Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 106

Πίνακας 5.24 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού 107

Πίνακας 5.25 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ κατά την έναρξη του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού 107

Πίνακας 5.26 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού 111

Πίνακας 5.27 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού 113

Πίνακας 5.28 : Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 114

Πίνακας 5.29 : Μέση τιμή των ταχυτήτων των ΙΧ στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού 115

Πίνακας 5.30 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού 120

Πίνακας 5.31 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού 123

Πίνακας 5.32 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια ανά κατηγορία οχημάτων και συνθήκες φωτισμού 125

Πίνακας 5.33 : Ροή κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού 126

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
et al.	et alii
FFS	Free Flow Speed
FHWA	Federal Highway Administration
HCM	Highway Capacity Manual
MB	megabyte
RAM	Random Access Memory
TfL	Transport for London
TRB	Transportation Research Board
δλ	δευτερόλεπτα
ΙΧ	Ιδιωτικής Χρήσης
κ	κιλό
κ.ά	και άλλοι
κ.α.	και άλλα
λ.χ.	λόγου χάρη
μ	μέτρο
ΜΕΑ	Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων
οχμ	οχήματα
π.χ.	παραδείγματος χάρη
ΥΠΕΧΩΔΕ	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
χιλ	χιλιοστόμετρο
χλμ	χιλιόμετρο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία οι συνθήκες φωτισμού επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά και την κυκλοφοριακή ικανότητα της οδού. Ωστόσο, η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί γύρω από το συγκεκριμένο αντικείμενο δεν είναι εκτενής και τα αποτελέσματα της είναι αντικρουόμενα, αφού σε πρόσφατες μελέτες υποστηρίζεται πως η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής είναι αμελητέα.

Όσον αφορά μάλιστα στις μελέτες σχεδιασμού ή αναβάθμισης της οδικής υποδομής, αυτές στηρίζονται αποκλειστικά σε μετρήσεις, οι οποίες έχουν συλλεχθεί σε ώρες όπου ο φωτισμός είναι φυσικός και δεν υπάρχει βροχή, κατά τη διάρκεια δηλαδή της ύπαρξης των λεγόμενων τυπικών συνθηκών περιβάλλοντος. Η επιλογή, όμως, αυτή των μελετητών εξοβελίζει από την έρευνά τους το δείγμα που θα μπορούσε να είχε συλλεχθεί υπό άλλες συνθήκες, όπως λ.χ. υπό συνθήκες νυχτερινού φωτισμού. Το γεγονός μάλιστα, ότι κατά τους χειμερινούς μήνες η κίνηση στους ελληνικούς δρόμους παραμένει αυξημένη και μετά τη δύση του ηλίου, καθιστά επιτακτική την ανάγκη συλλογής και ενός τέτοιου δείγματος, ούτως ώστε οι μετρήσεις να καταστούν αντιπροσωπευτικότερες.

Με αφορμή κυρίως αυτήν την παρατήρηση αλλά και την ασυμφωνία που εντοπίζεται μεταξύ των συμπερασμάτων της διεθνούς έρευνας, στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε βασικά μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής. Επιπλέον, εξετάζεται η αντίδραση των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων στις εναλλαγές του φωτισμού μέσα από τη μεταβολή των συντελεστών αναγωγής σε Μονάδες Επιβατικών Αυτοκινήτων (ΜΕΑ). Η διερεύνηση εστιάζει στην επιρροή των συνθηκών φωτισμού στη διακοπτόμενη κυκλοφοριακή ροή, σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σταθερού χρόνου και ερευνώνται εκτός των άλλων, οι επιπτώσεις των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού.

Στόχο της εργασίας λοιπόν, αποτελεί ο ποιοτικός προσδιορισμός της σχέσης που συνδέει τις συνθήκες φωτισμού με χαρακτηριστικά μεγέθη της κυκλοφοριακής τεχνικής. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η συλλογή δεδομένων, σε ποικίλες συνθήκες φωτισμού, το είδος των οποίων εξαρτάται από τη μέθοδο υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και το διατιθέμενο εξοπλισμό. Στη συγκεκριμένη εργασία υιοθετήθηκε η μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών και συλλέχθηκαν δεδομένα χρονικών διαχωρισμών και ταχυτήτων με τη χρήση του φορητού μετρητή κυκλοφοριακών συμβάντων MetroCount 5600. Η καταγραφή των κυκλοφοριακών μετρήσεων διήρκησε δεκατρείς ημέρες και συλλέχθηκαν μετρήσεις σε συνθήκες φυσικού φωτισμού (ημέρα) και τεχνητού φωτισμού (νύχτα). Προκειμένου να είναι δυνατός ο έλεγχος της ορθότητας των καταγραφών του μετρητή και να εξασφαλιστεί οποιασδήποτε άλλη πρόσθετη πληροφορία μετά το τέλος των μετρήσεων, πραγματοποιήθηκαν παράλληλα περιστασιακές μετρήσεις με τη μέθοδο του παρατηρητή και βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας. Με τον τρόπο αυτό συλλέχθηκαν μετρήσεις σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Ακολούθησε η ανάλυση των καταγραφών, η οποία υλοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, αναλύθηκαν οι καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή, για την επεξεργασία των οποίων αξιοποιήθηκε το υλικό βίντεο και οι σημειώσεις του παρατηρητή ενώ στη δεύτερη φάση, αναλύθηκε το σύνολο των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 με την εφαρμογή αυτόματων διαδικασιών όπου αυτή ήταν δυνατή. Τα αποτελέσματα των δύο φάσεων συγκρίθηκαν μεταξύ τους και εξάχθηκαν συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς, τις ταχύτητες, τη σχέση χρονικών διαχωρισμών-ταχυτήτων, τις ΜΕΑ και τη ροή κορεσμού.

Αναλυτικότερα, το κύριο μέρος της εργασίας δομείται σε τέσσερα κεφάλαια (*Κεφάλαιο 2 – Κεφάλαιο 6*), το περιεχόμενο των οποίων παρουσιάζεται συνοπτικά στις παραγράφους που ακολουθούν.

Το *Κεφάλαιο 2* είναι αφιερωμένο στην ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Αφού περιγραφούν βασικές έννοιες της κυκλοφοριακής τεχνικής, γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της διεθνούς έρευνας σχετικά με την επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη και παρουσιάζονται και συγκρίνονται οι κυριότερες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ.

Το *Κεφάλαιο 3* αναφέρεται στη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων. Συγκεκριμένα, αιτιολογείται η επιλογή της μεθόδου υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και αναλύονται οι επιλογές σε εξοπλισμό και περιοχή μελέτης, όπως αυτές υπαγορεύτηκαν από τις ανάγκες σε δεδομένα και τους περιορισμούς που θέτει η χρησιμοποιηθείσα μέθοδος. Επιπλέον, παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων.

Το *Κεφάλαιο 4* πραγματεύεται την επεξεργασία των μετρήσεων θίγοντας ζητήματα ποιότητας. Ειδικότερα, αναλύεται η διαδικασία εξαγωγής και ποιοτικού ελέγχου των μετρήσεων και παρουσιάζεται η επεξεργασία των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή αλλά και του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600.

Στο *Κεφάλαιο 5* διερευνάται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς, τις ταχύτητες, τη σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες, τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και τη ροή κορεσμού μελετώντας ξεχωριστά τις καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή και το σύνολο των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600.

Στο *Κεφάλαιο 6* παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διερεύνησης και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συντελούν στη διασάφηση της σχέσης που συνδέει τις συνθήκες φωτισμού με την κυκλοφοριακή ικανότητα και την οδηγική συμπεριφορά, συμβάλλοντας πρώτιστα στο πεδίο του σχεδιασμού και της αναβάθμισης των οδών και δευτερευόντως στο πεδίο της οδικής ασφάλειας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το παρόν κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Στο πρώτο μέρος παρατίθενται βασικοί ορισμοί της κυκλοφοριακής τεχνικής. Στο δεύτερο μέρος γίνεται μία σύντομη αναφορά στα αποτελέσματα της διεθνούς έρευνας σχετικά με την επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη ενώ στο τρίτο μέρος παρουσιάζονται συνοπτικά και συγκρίνονται οι κυριότερες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ.

2.1. Βασικοί Ορισμοί της Κυκλοφοριακής Τεχνικής

Στην ενότητα αυτή δίνονται βασικοί ορισμοί της κυκλοφοριακής τεχνικής, χρήσιμοι για την κατανόηση των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια.

Κυκλοφοριακός φόρτος

«Κυκλοφοριακός φόρτος είναι ο συνολικός αριθμός οχημάτων που διέρχονται από ένα σημείο ή μία διατομή οδού στη μονάδα του χρόνου» [1]. Ο κυκλοφοριακός φόρτος συμβολίζεται με “q” ή “v” και εκφράζεται σε οχήματα ανά μονάδα χρόνου π.χ. οχμ/ώρα, οχμ/ημέρα.

Χρονικός διαχωρισμός

Ως χρονικός διαχωρισμός ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των διελεύσεων δύο διαδοχικών οχημάτων από μία συγκεκριμένη διατομή [2]. Ο χρονικός διαχωρισμός συμβολίζεται με “h” και μετράται σε δευτερόλεπτα.

Ταχύτητα σημείου

«Ταχύτητα σημείου είναι η ταχύτητα που έχει ένα όχημα όταν περνά από δεδομένο σημείο» [1]. Η ταχύτητα συμβολίζεται με “u” και εκφράζεται σε μήκος/μονάδα χρόνου π.χ. χλμ/ώρα.

Μέση ταχύτητα χρόνου

«Μέση ταχύτητα χρόνου είναι ο αριθμητικός μέσος όρος των ταχυτήτων σημείου των οχημάτων που περνούν μπροστά από μία διατομή οδού σε μία δεδομένη χρονική περίοδο» [1]. Η μέση ταχύτητα χρόνου συμβολίζεται με “ū” και εκφράζεται σε μήκος/μονάδα χρόνου π.χ. χλμ/ώρα.

Ταχύτητα ελεύθερης ροής

Ταχύτητα ελεύθερης ροής είναι η ταχύτητα κίνησης των οχημάτων σε συνθήκες ελεύθερης ροής (πολύ χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος) [1]. Η ταχύτητα ελεύθερης ροής συμβολίζεται με “FFS” και εκφράζεται σε μήκος/μονάδα χρόνου π.χ. χλμ/ώρα.

Πυκνότητα κυκλοφορίας

«Η πυκνότητα κυκλοφορίας ορίζεται ως ο αριθμός οχημάτων που κινούνται σε μία δεδομένη στιγμή στη μονάδα μήκους του δρόμου» [1]. Η πυκνότητα είναι μέτρο της έντασης της κυκλοφορίας στο χώρο, συμβολίζεται με “k” και μετράται σε οχήματα ανά χιλιόμετρο (οχμ/χλμ).

Ροή κορεσμού

Η ροή κορεσμού ορίζεται ως ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος που μπορεί να διέλθει από μία διατομή ή ομάδα λωρίδων που εξυπηρετούν από κοινού μια κατεύθυνση υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες σε μία ώρα πράσινης ένδειξης [1],[3]. Η

ροή κορεσμού συμβολίζεται με “s” και εκφράζεται σε ΜΕΑ ανά ώρα χρησιμοποιούμενου πράσινου (ΜΕΑ/ώρα πράσινου).

Κυκλοφοριακή ικανότητα

Κυκλοφοριακή ικανότητα είναι ο αριθμός οχημάτων που μπορούν να περάσουν από ένα δεδομένο σημείο οδού, κατά τη διάρκεια μίας δεδομένης χρονικής περιόδου, στις επικρατούσες συνθήκες κυκλοφορίας και οδοστρώματος [1]. Η κυκλοφοριακή ικανότητα συμβολίζεται με “c” και εκφράζεται σε οχήματα ανά μονάδα χρόνου π.χ. οχμ/ώρα, οχμ/ημέρα.

Καθυστέρηση

«Καθυστέρηση είναι η διαφορά του πραγματικού χρόνου διάνυσης ενός οδικού τμήματος σε σύγκριση με το χρόνο διάνυσης του ίδιου οδικού τμήματος εάν εξέλειπε ο λόγος που συμβάλλει στη μη απρόσκοπτη κίνηση των οχημάτων» [3].

Η καθυστέρηση, ανάλογα με την αιτία που την προκαλεί, χαρακτηρίζεται ως [3]:

- Καθυστέρηση λόγω γεωμετρίας
- Καθυστέρηση λόγω κίνησης άλλων οχημάτων
- Καθυστέρηση λόγω σηματοδότησης
- Καθυστέρηση λόγω στάσης (επιβράδυνση, επιτάχυνση)

Η καθυστέρηση συμβολίζεται με “d” και μετράται σε δευτερόλεπτα.

Βαθμός κορεσμού ή λόγος κυκλοφοριακού φόρτου-κυκλοφοριακής ικανότητας

Ο λόγος κυκλοφοριακού φόρτου-κυκλοφοριακής ικανότητας εκφράζει το βαθμό κορεσμού ενός οδικού τμήματος [1] και περιγράφει το επίπεδο λειτουργίας του [4]. Ο βαθμός κορεσμού είναι καθαρός αριθμός και συμβολίζεται με “$\frac{v}{c}$”.

Στάδιο

«Στάδιο είναι το τμήμα της περιόδου στη διάρκεια του οποίου δίνεται προτεραιότητα σε μία κίνηση ή σε συνδυασμό κινήσεων» [1].

Οχηματοώρες

Η χρησιμοποίηση ενός οδικού τμήματος μπορεί να εκφραστεί σε οχηματοώρες. Ως οχηματοώρες ορίζεται το γινόμενο του αριθμού των οχημάτων και του χρόνου που χρειάζονται για να διασχίσουν τμήμα οδού [5].

Φάλαγγα

Φάλαγγα είναι η ομάδα οχημάτων που κινούνται μαζί, είτε εκούσια είτε ακούσια λόγω της σηματοδότησης, της γεωμετρίας ή άλλων παραγόντων [4].

Ουρά

Ουρά είναι μία γραμμή οχημάτων που περιμένουν να εξυπηρετηθούν από ένα σύστημα, στο οποίο ο ρυθμός ροής στο κάταντες τμήμα καθορίζει τη μέση ταχύτητα της ουράς. Η αναμονή οφείλεται στις συνθήκες ελέγχου της κυκλοφορίας, την κυκλοφοριακή συμφόρηση ή άλλες αιτίες. Βραδυκίνητα οχήματα που προστίθενται στην ουρά συνήθως θεωρείται πως ανήκουν σε αυτήν. Μία ταχύτερα κινούμενη σειρά οχημάτων συχνά αναφέρεται ως κινούμενη ουρά ή φάλαγγα [6],[4].

Περίοδος σηματοδότησης

«Περίοδος είναι η χρονική διάρκεια που απαιτείται για μία πλήρη διαδοχή των ενδείξεων των σηματοδοτών» [1].

Χρόνος πράσινης ένδειξης

Χρόνος πράσινης ένδειξης είναι ο χρόνος για τον οποίο δίνεται προτεραιότητα σε μία κίνηση, σε ένα σηματοδοτούμενο κόμβο.

Χρόνος κίτρινης ένδειξης

Ο χρόνος κίτρινης ένδειξης χρησιμοποιείται πριν από την κόκκινη ένδειξη για [1]:

- Να ειδοποιήσει τους οδηγούς που πλησιάζουν στον κόμβο πως η πράσινη ένδειξη τελειώνει ώστε να τους επιτρέψει να σταματήσουν ομαλά.
- Να επιτρέψει στα οχήματα που βρίσκονται στον κόμβο να απομακρυνθούν ώστε να αποφευχθούν οι συγκρούσεις.

Χρόνος κόκκινης ένδειξης

Χρόνος κόκκινης ένδειξης είναι ο χρόνος για τον οποίο η ένδειξη του σηματοδότη είναι κόκκινη για μία συγκεκριμένη λωρίδα ή φάση [4].

Απολυμένος χρόνος

«Απολυμένος είναι ο χρόνος ενός σταδίου που καταναλώνεται στην εκκίνηση των οχημάτων, την εκκένωση του κόμβου και σε τυχόν περιόδους καθολικής κόκκινης ένδειξης» [1].

2.2. Αποτελέσματα της Διεθνούς Έρευνας Σχετικά με την Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη

Το ερευνητικό ενδιαφέρον αρκετών μελετητών έχει στραφεί στη διερεύνηση της επίδρασης των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη. Άλλοι οδηγήθηκαν στην έρευνα αυτή προσπαθώντας να προσδιορίσουν την κυκλοφοριακή ικανότητα με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια και άλλοι μελετώντας την οδηγική συμπεριφορά. Οι περισσότεροι ερευνητές θεωρούν πως οι συνθήκες φωτισμού επιδρούν σε χαρακτηριστικά μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής. Ωστόσο, κατά καιρούς κάποιοι έχουν υποστηρίξει πως η επίδραση αυτή είναι αμελητέα. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται με χρονολογική σειρά, τα αποτελέσματα της διεθνούς έρευνας στο ιδιαίτερο αυτό αντικείμενο.

Το 1979, ο Branston διερεύνησε την επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού, εξετάζοντας τις τιμές της σε συνθήκες φυσικού φωτισμού ημέρας και σε συνθήκες νύχτας, χωρίς φωτισμό σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας συνάχθηκε πως η ροή κορεσμού παρουσιάζει μικρότερη τιμή τη νύχτα [7],[8].

Το 1981, ο Teply μελέτησε τη ροή κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού (ημέρα) και σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού (νύχτα) και συμπέρανε πως η τιμή της δεν μεταβάλλεται με την εναλλαγή των συνθηκών φωτισμού [8].

Το 1982, το Πανεπιστήμιο του Kentucky σε συνεργασία με το Υπουργείο Μεταφορών της Κοινοπολιτείας του Kentucky και την FHWA ανέθεσε στους Agent και Crabtree τη διερεύνηση των παραγόντων που επιδρούν στη ροή κορεσμού. Εξετάστηκε η ροή κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού ημέρας και σε συνθήκες νύχτας, χωρίς φωτισμό σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης και παρατηρήθηκε έξι τοις εκατό μείωση της τιμής της τη νύχτα. Εξάχθηκε λοιπόν, το συμπέρασμα πως ο φωτισμός επιδρά στην οδηγική συμπεριφορά γεγονός που οδηγεί στη μείωση της τιμής της ροής κορεσμού. Οι συγγραφείς υπογράμμισαν πως η επίδραση του φωτισμού στη ροή κορεσμού είναι σημαντική για το σχεδιασμό μόνο στην περίπτωση που τη νύχτα εξυπηρετούνται κυκλοφοριακοί φόρτοι αιχμής. Για την περίπτωση αυτή μάλιστα, πρότειναν την υιοθέτηση ενός μειωτικού συντελεστή (F_d = 0.94), υπολογίζοντας τη ροή κορεσμού ως το γινόμενο της βασικής ροής κορεσμού και του διορθωτικού συντελεστή [8].

Το 1995, οι Brilon και Ponzlet εκπόνησαν μελέτη με αντικείμενο την επίδραση του φωτισμού στην κυκλοφοριακή ικανότητα [9]. Η έρευνά τους διεξάχθηκε σε αυτοκινητοδρόμους της Γερμανίας και από τα αποτελέσματά της εξάχθηκε το συμπέρασμα πως οι συνθήκες φωτισμού επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ικανότητα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας τη νύχτα (χωρίς φωτισμό), η οποία αγγίζει το 13% για αυτοκινητοδρόμους έξι λωρίδων και το 19% για αυτοκινητοδρόμους τεσσάρων λωρίδων [4],[6].

Το 2000, οι Al-Kaisy και Hall εξέτασαν την επίδραση του φωτισμού στην κυκλοφοριακή ικανότητα σε ζώνες αυτοκινητοδρόμων όπου πραγματοποιούνται οδικά έργα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι ανωτέρω μελέτησαν δύο τέτοιες ζώνες στον Καναδά, σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού και παρατήρησαν μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας κατά 7.5% και 3.25% αντίστοιχα. Οι συγγραφείς συνέδεσαν τη διαφορά των παραπάνω ποσοστών με την κλίση της δεύτερης ζώνης και υποστήριξαν πως όταν περισσότεροι από ένας παράγοντες δρουν συνδυαστικά η επίδρασή τους στην κυκλοφοριακή ικανότητα δεν είναι προσθετική αλλά αλληλεπιδραστική [9].

Ήδη από το 2012, οι Παπαηλιού κ.ά. διερευνούν την επίδραση του περιβαλλοντικού φωτισμού στη συμπεριφορά των οδηγών σε υπεραστική οδό. Τα πρώιμα αποτελέσματα της έρευνάς τους δείχνουν πως η ταχύτητα και η φωτεινότητα είναι ανάλογες αφού η ταχύτητα λαμβάνει υψηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια της ημέρας και μειώνεται κατά τη μετάβαση σε δυσμενέστερες συνθήκες φωτισμού. Από την ίδια έρευνα φαίνεται πως οι συνθήκες φωτισμού επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά στις ευθυγραμμίες και σε καμπύλες ακτίνας μεγαλύτερης των 60μ Επιπροσθέτως, από την έρευνα αυτή προκύπτει πως οι ταχύτητες περιορίζονται σε χαμηλές τιμές ανεξαρτήτως συνθηκών φωτισμού σε καμπύλες ακτίνας 40-50μ [10].

Το 2013, οι Ben-Edigbe και Kurnia και το 2014, οι Ben-Edigbe et al. εξέτασαν την επίδραση των συνθηκών φωτισμού στα χαρακτηριστικά της κυκλοφοριακής ροής σε οδό δύο κατευθύνσεων με διαχωριστική νησίδα. Από την έρευνά τους προέκυψε το συμπέρασμα πως τόσο οι χρονικοί διαχωρισμοί όσο και η ταχύτητα δεν επηρεάζονται από την εναλλαγή των συνθηκών φωτισμού, από συνθήκες φυσικού φωτισμού σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού [11],[12].

2.3. Μέθοδοι Υπολογισμού Συντελεστών Αναγωγής σε ΜΕΑ

Η κυκλοφορία των οχημάτων δεν είναι ομοιόμορφη αλλά συντίθεται από οχήματα διαφορετικού τύπου, τα οποία κατηγοριοποιούνται με βάση την επιφάνεια του οδοστρώματος που απαιτούν (μήκος οχήματος, περιθώρια ασφαλείας) και την επιρροή τους στην κυκλοφοριακή ροή (ταχύτητα κίνησης, δυνατότητα ελιγμών). Η κατηγοριοποίηση αυτή, εξαρτάται από την περιοχή μελέτης (αστική ή αγροτική) και την κατηγορία της οδού (π.χ. συλλεκτήρια, αρτηρία, αυτοκινητόδρομος) [13]. Στις αστικές οδούς, συνήθως χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες κατηγορίες οχημάτων [1] :

- Ποδήλατα
- Μοτοσυκλέτες, μοτοποδήλατα
- Επιβατικά οχήματα (ΙΧ, ταξί)
- Λεωφορεία, πούλμαν, φορτηγά
- Μεγάλα φορτηγά (οχήματα με περισσότερους από δύο άξονες)

Κρίνεται αναγκαία η μετατροπή των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων σε συγκρίσιμες μονάδες, καθώς τα οχήματα των παραπάνω κατηγοριών δεν μπορούν να συγκριθούν ως προς το βαθμό επιβάρυνσης της κυκλοφορίας που προκαλούν, για τον υπολογισμό των οποίων ως βασική μονάδα συνήθως χρησιμοποιείται το επιβατικό όχημα. Τα οχήματα των υπόλοιπων

κατηγοριών μετατρέπονται σε ισοδύναμες μονάδες επιβατικών αυτοκινήτων με τη χρήση συντελεστών, οι οποίες εκφράζουν την επίδραση της κάθε κατηγορίας στην κυκλοφοριακή ροή [1]. Έτσι, ο κυκλοφοριακός φόρτος εκφράζεται σε ΜΕΑ.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι κυριότεροι παράγοντες που επιδρούν στην τιμή των συντελεστών για την αναγωγή σε ΜΕΑ είναι οι ακόλουθοι [1]:

- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού (π.χ. κλίση)
- Τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά της οδού (π.χ. σύνθεση της κυκλοφορίας)
- Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του οχήματος (π.χ. δυνατότητα ελιγμών)
- Το μέγεθος του οχήματος

Επιπλέον, σε σχετικές μελέτες υποστηρίζεται πως οι καιρικές συνθήκες (αιθρία, βροχή, χιόνι, ομίχλη) αλλά και οι συνθήκες περιβαλλοντικού φωτισμού (ημέρα – φυσικός φωτισμός, νύχτα – τεχνητός φωτισμός, νύχτα – χωρίς φωτισμό) επηρεάζουν την οδηγική συμπεριφορά αλλά και την κυκλοφοριακή ικανότητα [4],[6],[7],[8] και κατ' επέκταση τις τιμές των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ [14].

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ ανά κατηγορία οχημάτων, όπως αυτοί προέκυψαν από σχετικές μελέτες του ελληνικού Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) και του βρετανικού Transport for London (TfL). Σημειώνεται πως το αμερικάνικο Transportation Research Board (TRB) δεν υιοθετεί σταθερούς συντελεστές· αυτοί εξαρτώνται και από άλλες παραμέτρους όπως η κατηγορία της μελετώμενης οδού, το είδος του εδάφους κ.α. [1].

Πίνακας 2.1 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ ανά κατηγορία οχημάτων με βάση τις μελέτες του ΥΠΕΧΩΔΕ και του TfL

Κατηγορία Οχημάτων			**ΜΕΑ**	
			ΥΠΕΧΩΔΕ [15]	**TfL 2010 [16]**
Κατηγορία I	:	Σκούτερ, μοτοποδήλατα, μοτοσυκλέτες	0.50	0.40
Κατηγορία II	:	Επιβατικά ΙΧ, ταξί, ημιφορτηγά, μικρά φορτηγά	1.00	1.00
Κατηγορία III	:	Επιβατικά με τροχόσπιτα, μικρά λεωφορεία, φορτηγά, πούλμαν	2.00	2.00
Κατηγορία IV	:	Φορτηγά επικαθημένα, τρόλλεϋ, αρθρωτά λεωφορεία	3.00	3.20
Κατηγορία V	:	Φορτηγά με ρυμουλκούμενο	4.00	-
Κατηγορία VI	:	Συρμός φορτηγών	5.00	-
Κατηγορία VII	:	Άλλα οχήματα (τρακτέρ, κατασκευαστικά οχήματα κ.α.)	-	-

Η έννοια των ΜΕΑ εισάχθηκε στο Highway Capacity Manual (HCM) του 1965. Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ ορίστηκε ως ο αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων που αποκλείστηκαν από την κυκλοφορία λόγω της κίνησης ενός φορτηγού ή ενός λεωφορείου, στις επικρατούσες συνθήκες κυκλοφορίας και οδοστρώματος [17],[18]. Ο σύγχρονος ορισμός του συντελεστή αναγωγής των ΜΕΑ δεν διαφέρει σημαντικά από τον ορισμό του 1965. Σύμφωνα με το HCM του 2010 ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ μίας κατηγορίας οχημάτων αναλογεί στον αριθμό των επιβατικών αυτοκινήτων, των οποίων η παρουσία έχει την ίδια επιρροή στην κυκλοφορία, με ένα βαρύ όχημα μίας συγκεκριμένης κατηγορίας, στις επικρατούσες συνθήκες οδοστρώματος, κυκλοφορίας και ελέγχου [4].

Οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της ικανότητας της οδού μικτής κυκλοφορίας αλλά και σε έρευνες και εφαρμογές στο πεδίο της κυκλοφοριακής τεχνικής [19],[20]. Επιπλέον, είναι απαραίτητοι για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού [20],[21],[22] τις ρυθμίσεις των φωτεινών σηματοδοτών [22] και την εκτίμηση των καθυστερήσεων [21]. Τονίζεται πως η ύπαρξη σφαλμάτων στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ έχει σαν αποτέλεσμα σφάλματα στους υπολογισμούς και τις εκτιμήσεις που βασίζονται σε αυτές [22].

Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μία σύντομη αναφορά στις μεθόδους που μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ[1].

2.3.1. Μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών

Η μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών αναφέρεται στη βιβλιογραφία ήδη από το 1947. Πρόκειται για μία μέθοδο που υιοθετήθηκε από πλήθος συγκοινωνιολόγων όπως οι Greenshields et al., ο Scraggs, oWebster και ο Miller [22].

Η μέθοδος είναι απλή και υλοποιείται σε πέντε μόλις βήματα :

- Καταγράφονται οι χρονικές στιγμές άφιξης των οχημάτων αλλά και η κατηγορία τους, όταν αυτά κινούνται σε κορεσμό.
- Υπολογίζονται οι επιμέρους χρονικοί διαχωρισμοί.
- Υπολογίζεται ο μέσος χρονικός διαχωρισμός για τα οχήματα της κατηγορίας i.
- Υπολογίζεται ο μέσος χρονικός διαχωρισμός για τα επιβατικά οχήματα.
- Υπολογίζεται ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ για τα οχήματα της κατηγορίας i από τη σχέση :

$$p_i = \frac{\bar{h}_i}{\bar{h}_c} \qquad \textit{Σχέση 2.1}$$

Όπου :

p_i : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας i

$\bar{h}_i$: μέσος χρονικός διαχωρισμός για τα οχήματα της κατηγορίας i

$\bar{h}_c$: μέσος χρονικός διαχωρισμός για τα επιβατικά οχήματα

Δεδομένου ότι στο δρόμο κινούνται οχήματα διαφόρων κατηγοριών καταγράφονται οι χρονικοί διαχωρισμοί πολλών συνδυασμών π.χ. επιβατικό όχημα που ακολουθεί επιβατικό όχημα, επιβατικό όχημα που ακολουθεί φορτηγό, φορτηγό που ακολουθεί επιβατικό όχημα, φορτηγό που ακολουθεί φορτηγό. Οι χρονικοί διαχωρισμοί όμως, υπό προϋποθέσεις, μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος [22]. Η αναγκαία συνθήκη για την ικανοποίηση της παραπάνω θεώρησης είναι η ακόλουθη ισότητα [22]:

$$\bar{h}_{cc} + \bar{h}_{ii} = \bar{h}_{ic} + \bar{h}_{ci} \qquad \textit{Σχέση 2.2}$$

Όπου :

$\bar{h}_{cc}$: μέσος χρονικός διαχωρισμός επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

$\bar{h}_{ii}$: μέσος χρονικός διαχωρισμός οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

$\bar{h}_{ci}$: μέσος χρονικός διαχωρισμός οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

$\bar{h}_{ic}$: μέσος χρονικός διαχωρισμός επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

Στην περίπτωση που δεν επαληθεύεται η συνθήκη απαιτείται διόρθωση των μέσων χρονικών διαχωρισμών. Οι διορθωτικοί συντελεστές υπολογίστηκαν από τον Scraggs το 1964.

[1] Σημειώνεται πως στο κεφάλαιο αυτό χρησιμοποιούνται οι συμβολισμοί των αρχικών πηγών.

Σύμφωνα με τον τελευταίο, αν δεν ισχύει η *Σχέση 2.2*, οι διορθωμένοι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί προκύπτουν από ελαχιστοτετραγωνική επίλυση. Σκοπός είναι να ελαχιστοποιηθεί το άθροισμα των τετραγώνων των διαφορών των μετρημένων (μέσος όρος μετρήσεων) και των υπολογισμένων (ελαχιστοτετραγωνική επίλυση) μέσων χρονικών διαχωρισμών :

$$\sum_{j=1}^{n_{cc}}(h_{cc}^{j} - \bar{h}'_{cc})^2 + \sum_{k=1}^{n_{ic}}(h_{ic}^{k} - \bar{h}'_{ic})^2 + \sum_{l=1}^{n_{ci}}(h_{ci}^{l} - \bar{h}'_{ci})^2 + \sum_{m=1}^{n_{ii}}(h_{ii}^{m} - \bar{h}'_{ii})^2 \quad \textit{Σχέση 2.3}$$

και παράλληλα να ικανοποιείται η συνθήκη :

$$\bar{h}'_{cc} + \bar{h}'_{ii} = \bar{h}'_{ic} + \bar{h}'_{ci} \quad \textit{Σχέση 2.4}$$

Όπου :

$\bar{h}'_{cc}$: υπολογισμένος μέσος χρονικός διαχωρισμός επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

$\bar{h}'_{ii}$: υπολογισμένος μέσος χρονικός διαχωρισμός οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

$\bar{h}'_{ci}$: υπολογισμένος μέσος χρονικός διαχωρισμός οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

$\bar{h}'_{ic}$: υπολογισμένος μέσος χρονικός διαχωρισμός επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

n_{cc} : αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

n_{ii} : αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

n_{ci} : αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί επιβατικό όχημα

n_{ic} : αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών επιβατικού οχήματος, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

Με βάση την επίλυση αυτή, οι διορθωμένοι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί υπολογίζονται ως εξής :

$$\bar{h}'_{cc} = \bar{h}_{cc} - \frac{Q}{n_{cc}} \quad \textit{Σχέση 2.5}$$

$$\bar{h}'_{ii} = \bar{h}_{ii} - \frac{Q}{n_{ii}} \quad \textit{Σχέση 2.6}$$

$$\bar{h}'_{ci} = \bar{h}_{ci} - \frac{Q}{n_{ci}} \quad \textit{Σχέση 2.7}$$

$$\bar{h}'_{ic} = \bar{h}_{ic} - \frac{Q}{n_{ic}} \quad \textit{Σχέση 2.8}$$

Όπου :

$$Q = \frac{n_{cc}n_{ii}\, n_{ci}n_{ic}(\bar{h}_{cc} - \bar{h}_{ic} - \bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ii})}{n_{cc}\, n_{ci}n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci}n_{ic} + n_{cc}n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc}n_{ii}\, n_{ci}} \quad \textit{Σχέση 2.9}$$

Στην περίπτωση αυτή, ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i υπολογίζεται ως εξής :

$$p'_i = \frac{\bar{h}'_{ii}}{\bar{h}'_{cc}} \quad \textit{Σχέση 2.10}$$

ή ισοδύναμα

$$p'_i = \frac{\bar{h}'_{ci} + (\bar{h}'_{ic} - \bar{h}'_{cc})}{\bar{h}'_{cc}} \qquad \textit{Σχέση 2.11}$$

Επισημαίνεται πως ο αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i είναι πολύ μικρότερος από τον αριθμό των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών οποιασδήποτε άλλης κατηγορίας, αφού σε αυτόν δεν εμπλέκονται επιβατικά οχήματα, τα οποία αποτελούν την πλειοψηφία των κυκλοφορούντων οχημάτων. Για το λόγο αυτό, οι διορθώσεις του Scraggs αποδίδουν κατάλληλα βάρη στις μετρήσεις χρονικών διαχωρισμών. Έτσι, η διόρθωση που αφορά στο μέσο χρονικό διαχωρισμό οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i φαίνεται να είναι αρκετά μεγαλύτερη από κάθε άλλη καθώς στο κλάσμα $\frac{Q}{n_{ii}}$ ο παρονομαστής έχει τιμή σαφώς μικρότερη από τους παρονομαστές των διορθώσεων των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικού συνδυασμού οχημάτων.

Όσον αφορά στις περιπτώσεις που δεν έχουν καταγραφεί χρονικοί διαχωρισμοί οχημάτων κατηγορίας i, που ακολουθούν οχήματα κατηγορίας i ($n_{ii} = 0$), χρησιμοποιείται η *Σχέση 2.11* με τις αρχικές, μη διορθωμένες τιμές μέσων χρονικών διαχωρισμών, υποθέτοντας πως ισχύει η ισότητα του Scraggs.

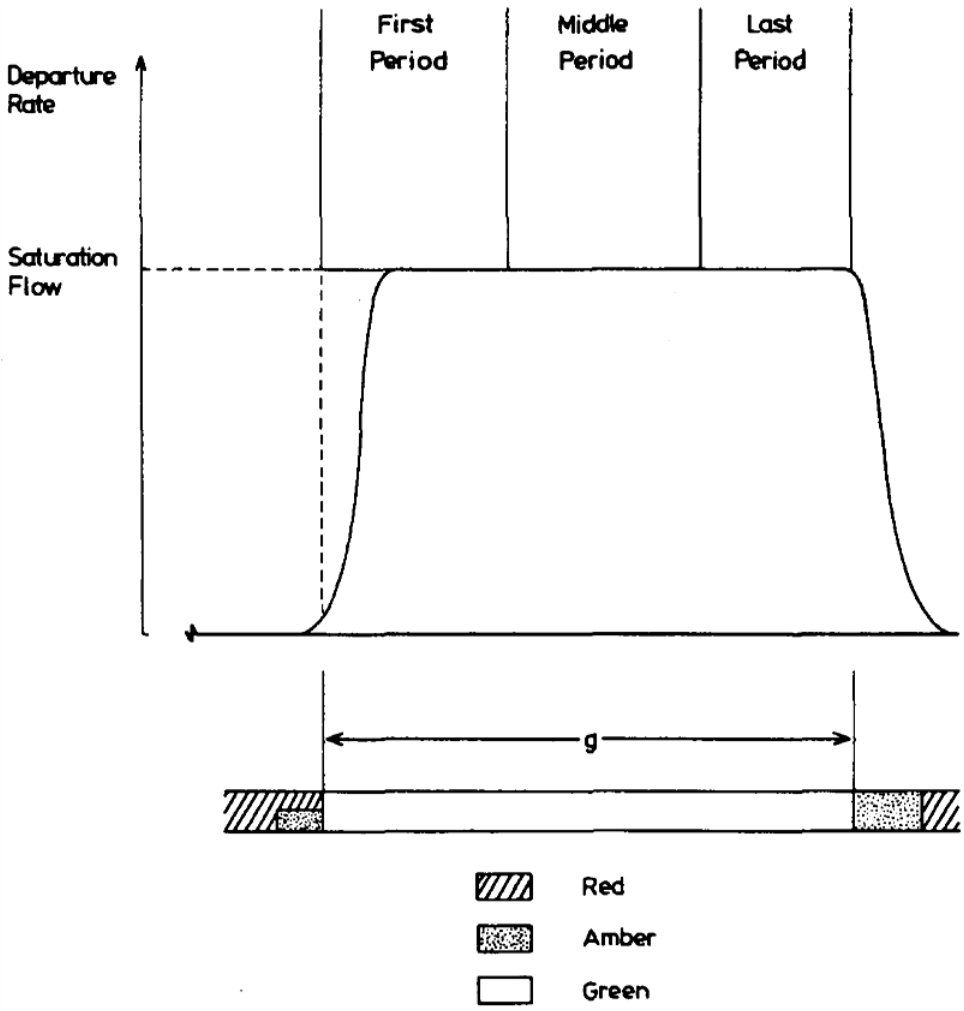
Επιπλέον, υπογραμμίζεται πως οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ που προκύπτουν από διορθωμένες τιμές μέσων χρονικών διαχωρισμών δεν διαφέρουν ιδιαίτερα από τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν από μη διορθωμένες τιμές μέσων χρονικών διαχωρισμών [22].

2.3.2. Μέθοδος της παλινδρόμησης

Η μέθοδος της παλινδρόμησης αναφέρεται στη βιβλιογραφία ήδη από το 1963. Πλήθος συγκοινωνιολόγων έχει εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου, όπως ο Holroyd, οι Branston και van Zuylen, οι Branston και Gipps, οι Kimber et al [22].

Στη μέθοδο αυτή, η συνολική χρονική διάρκεια πράσινης και κίτρινης ένδειξης χωρίζεται σε τρεις διαδοχικές περιόδους [23] :

- Η πρώτη περίοδος ξεκινά τη χρονική στιγμή που ανάβει η πράσινη ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη και λήγει όταν ο ρυθμός αποφόρτισης της ουράς είναι ίσος με τη ροή κορεσμού. Σε αυτήν την περίοδο συμπεριλαμβάνονται και οχήματα που πιθανώς διέσχισαν τη διασταύρωση πριν ξεκινήσει η πράσινη ένδειξη.
- Η μεσαία περίοδος ξεκινά με τη λήξη της πρώτης και λήγει όταν ο ρυθμός αποφόρτισης της ουράς είναι ακόμα ίσος με τη ροή κορεσμού.
- Η τελευταία περίοδος ξεκινά με τη λήξη της μεσαίας και λήγει όταν ξεκινά η κίτρινη ένδειξη. Σε αυτήν την περίοδο περιλαμβάνονται και οχήματα που πιθανώς διέσχισαν τη διασταύρωση κατά τη διάρκεια της κίτρινης ή κόκκινης ένδειξης.



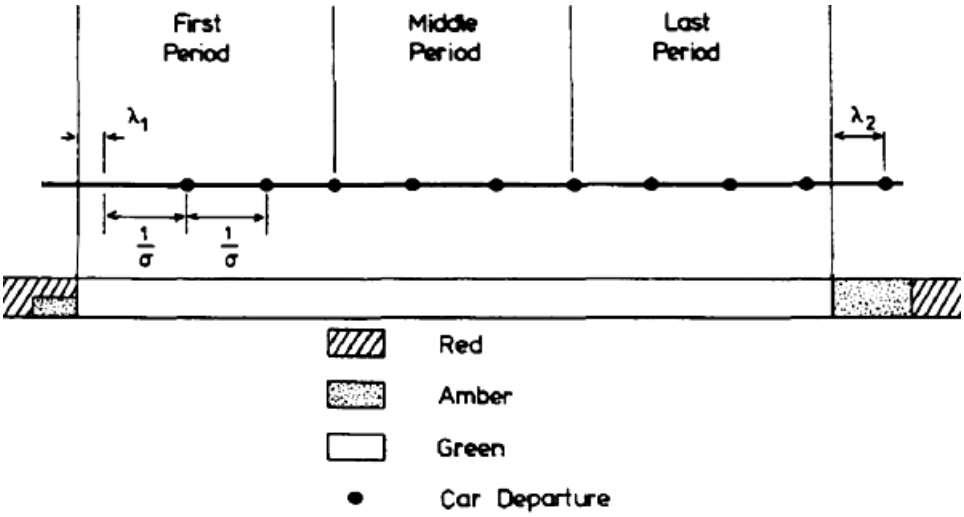
Εικόνα 2.1 : Ο διαχωρισμός του χρόνου πράσινης ένδειξης στην πρώτη, τη μεσαία και την τελευταία περίοδο [23]

Επιπλέον, γίνεται η υπόθεση πως στη διασταύρωση καταφθάνουν οχήματα, που πραγματοποιούν ευθύγραμμη κίνηση, με ρυθμό άφιξης ίσο με $\frac{1}{s}$ (όπου s, η ροή κορεσμού) [23].

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί είτε στη σύγχρονη είτε στην ασύγχρονη εκδοχή της. Η διαφορά τους έγκειται στον ορισμό των περιόδων μέτρησης.

Σύγχρονη μέθοδος παλινδρόμησης

Στη σύγχρονη εκδοχή της μεθόδου της παλινδρόμησης, η λήξη της πρώτης και της μεσαίας περιόδου σηματοδοτούνται από την άφιξη ενός οχήματος [22],[24].



Εικόνα 2.2 : Οι διαδοχικές περίοδοι μετρήσεων στη σύγχρονη μέθοδο παλινδρόμησης[23]

Η σχέση, στην οποία στηρίζεται η μέθοδος είναι η ακόλουθη [23] :

$$T = \lambda_1\delta_1 - \lambda_2\delta_2 + \eta_1 X_1 + \eta_2 X_2 + \cdots + \eta_n X_n + \varepsilon$$ *Σχέση 2.12*

Όπου :

T : διάρκεια της περιόδου μέτρησης

λ_1 : απολυμένος χρόνος κατά την εκκίνηση, εξαιτίας της επιτάχυνσης των οχημάτων

$\delta_1 : \begin{cases} \delta_1 = 1, \text{για την πρώτη περίοδο} \\ \delta_1 = 0, \text{για οποιαδήποτε άλλη περίοδο} \end{cases}$

λ_2 : απολυμένος χρόνος, στο τέλος του σταδίου, εξαιτίας της κίνησης των οχημάτων κατά τη διάρκεια της κίτρινης ένδειξης

$\delta_2 : \begin{cases} \delta_2 = 1, \text{για την τελευταία περίοδο} \\ \delta_2 = 0, \text{για οποιαδήποτε άλλη περίοδο} \end{cases}$

η_i : μέσος χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων της κατηγορίας i (σε κορεσμό)

X_i : αριθμός των οχημάτων κατηγορίας i που διέσχισαν τη διασταύρωση στην περίοδο T

ε : σφάλμα

Υπογραμμίζεται πως η ανεξάρτητη μεταβλητή (T) περιέχει θόρυβο. Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i είναι δυνατό να είναι υπολογιστεί, απαλλαγμένος από το θόρυβο, με τη χρήση της παρακάτω σχέσης [23] :

$$\hat{p}_i = \frac{\hat{h}_i}{\hat{h}_c} - \operatorname{cov}\frac{[\hat{h}_c, \hat{h}_i]}{\hat{h}_c^{\,2}} + \hat{h}_i \operatorname{var}\frac{[\hat{h}_c]}{\hat{h}_c^{\,3}}$$

Όπου :

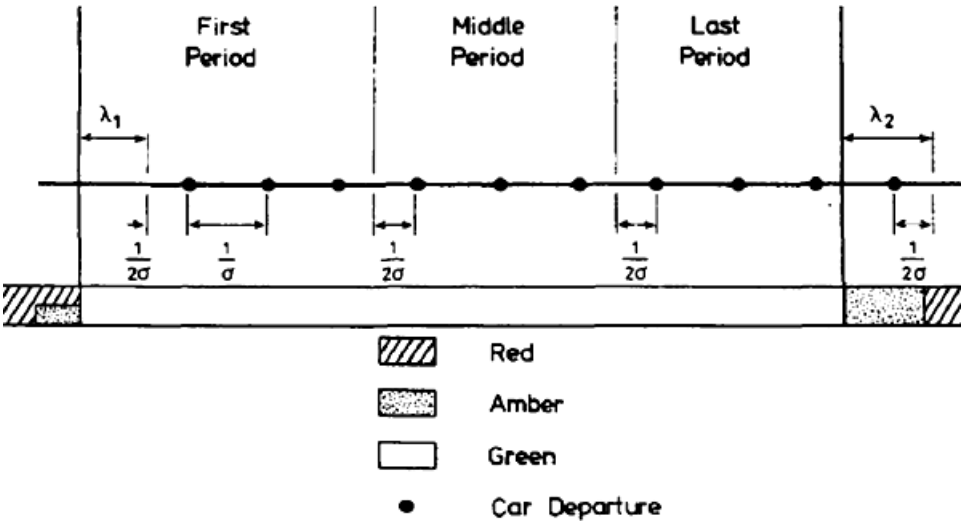
$\hat{p}_i$: συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας i

$\hat{h}_i$: εκτίμηση χρονικού διαχωρισμού σε κορεσμό για τα οχήματα της κατηγορίας i

$\hat{h}_c$: εκτίμηση χρονικού διαχωρισμού σε κορεσμό για τα επιβατικά οχήματα

Ασύγχρονη μέθοδος παλινδρόμησης

Στην ασύγχρονη εκδοχή της μεθόδου της παλινδρόμησης, η λήξη της πρώτης και της μεσαίας περιόδου δεν σηματοδοτούνται από κάποιο κυκλοφοριακό γεγονός αλλά ταυτίζονται με μία αυθαίρετη χρονική στιγμή.



Εικόνα 2.3 : Οι διαδοχικές περίοδοι μετρήσεων στην ασύγχρονη μέθοδο παλινδρόμησης[23]

Η σχέση, στην οποία στηρίζεται η μέθοδος είναι η ακόλουθη [25] :

$$X_1 = -\sigma\lambda_1\delta_1 - \alpha_2 X_2 - \alpha_3 X_3 - \cdots - \alpha_n X_n + \sigma T + \varepsilon \qquad \textit{Σχέση 2.13}$$

Όπου :

X_1: αριθμός των επιβατικών αυτοκινήτων που διασχίζουν τη διασταύρωση σε χρόνο T

T : διάρκεια της περιόδου μέτρησης

σ : ροή κορεσμού εκφρασμένη σε ΜΕΑ/ώρα

λ_1 : απολυμένος χρόνος κατά την εκκίνηση, εξαιτίας της επιτάχυνσης των οχημάτων

$$\delta_1 : \begin{cases} \delta_1 = 1, \text{για την πρώτη περίοδο} \\ \delta_1 = 0, \text{για οποιαδήποτε άλλη περίοδο} \end{cases}$$

α_i : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ οχημάτων κατηγορίας i

X_i : αριθμός των οχημάτων κατηγορίας i που διέσχισαν τη διασταύρωση στην περίοδο T

ε : σφάλμα

Σημειώνεται πως η μέθοδος δεν λαμβάνει υπόψη τον απολυμένο χρόνο στο τέλος του σταδίου (λ_2) που αφορά στα οχήματα που κινήθηκαν κατά τη διάρκεια της κίτρινης ένδειξης, καθώς έχει παρατηρηθεί πως τότε, η επίδραση τους στη ροή κορεσμού, είναι ανεξάρτητη της κατηγορίας του οχήματος[2] [25].

Επιπλέον, τονίζεται πως η μεταβλητότητα του σφάλματος δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από τη διάρκεια της περιόδου μέτρησης. Για το λόγο αυτό υιοθετείται μία μορφή σταθμισμένης παλινδρόμησης. Έτσι, η *Σχέση 2.13.* μετασχηματίζεται ως εξής [25] :

$$\frac{X_1}{\sqrt{T}} = -\frac{\sigma\lambda_1\delta_1}{\sqrt{T}} - \frac{\alpha_2 X_2}{\sqrt{T}} - \frac{\alpha_3 X_3}{\sqrt{T}} - \cdots - \frac{\alpha_n X_n}{\sqrt{T}} + \frac{\sigma T}{\sqrt{T}} + \frac{\varepsilon}{\sqrt{T}} \qquad \textit{Σχέση 2.14}$$

[2] Η τιμή λ_2 <u>δεν</u> λαμβάνεται υπόψη όταν η μέθοδος προσδιορίζει τις τιμές ΜΕΑ.

Τέλος, υπογραμμίζεται πως ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i ορίζεται ως ο αριθμός των επιβατικών οχημάτων που μπορούν να αντικαταστήσουν ένα όχημα κατηγορίας i ασκώντας την ίδια επιρροή στην κυκλοφοριακή ροή και η αρχική τιμή του υπολογίζεται από το λόγο των χρονικών διαχωρισμών (*Σχέση 2.1*).

2.3.3. Μέθοδος Walker

Η μέθοδος Walker υπολογίζει το συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ συγκρίνοντας το ρυθμό προσπέρασης ενός βραδυκίνητου φορτηγού από επιβατικά οχήματα με τον αντίστοιχο ρυθμό προσπέρασης σε ένα αμιγές ρεύμα επιβατικών οχημάτων, με την ίδια κατανομή ταχυτήτων [26]. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στο HCM του 1965 για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ σε αυτοκινητοδρόμους δύο λωρίδων [17],[27].

Η λογική της μεθόδου είναι η ακόλουθη [28]:

- Υπολογίζεται ο θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων στο αμιγές ρεύμα επιβατικών οχημάτων, για μήκος ενός χιλιομέτρου και για ορισμένη χρονική διάρκεια. Η σχέση υπολογισμού είναι η ακόλουθη :

  $$P_P = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=2}^{m} C_i\, C_j \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{v_j}\right) \qquad \textit{Σχέση 2.15}$$

  Όπου :

  P_P : θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων στο αμιγές ρεύμα επιβατικών οχημάτων, για μήκος ενός χιλιομέτρου και για ορισμένη χρονική διάρκεια

  i : αύξων αριθμός των βραδυκίνητων οχημάτων

  j : αύξων αριθμός των οχημάτων που επιθυμούν να προσπεράσουν τα βραδυκίνητα

  v_i : ταχύτητα του βραδυκίνητου οχήματος

  v_j : ταχύτητα του οχήματος που επιθυμεί να προσπεράσει το βραδυκίνητο

  C_i : σύνολο των οχημάτων με ταχύτητα v_i

  C_j : σύνολο των οχημάτων με ταχύτητα v_j

  m : κυκλοφοριακός φόρτος επιβατικών οχημάτων, σε μία κατεύθυνση κυκλοφορίας

- Υπολογίζεται ο μέσος θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων ενός επιβατικού οχήματος (στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων) από την ακόλουθη σχέση :

  $$P_{kp} = \frac{P_p}{m} \qquad \textit{Σχέση 2.16}$$

  Όπου :

  P_{kp} : μέσος θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων ενός επιβατικού οχήματος

  P_P : θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων, για μήκος ενός χιλιομέτρου και για ορισμένη χρονική διάρκεια

  m : κυκλοφοριακός φόρτος των επιβατικών οχημάτων, σε μία κατεύθυνση κυκλοφορίας

- Υπολογίζεται ο θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων ενός βραδυκίνητου φορτηγού που ηγείται μίας αλληλουχίας επιβατικών οχημάτων. Η σχέση υπολογισμού είναι η ακόλουθη :

  $$P_P = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=2}^{m} C_i\, C_j \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{v_j}\right) \xrightarrow{i=t} P_{kt} = \sum_{j=1}^{m} C_j \left(\frac{1}{v_t} - \frac{1}{v_j}\right) \qquad \textit{Σχέση 2.17}$$

Όπου :

P_{kt} : θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων του βραδυκίνητου φορτηγού από τα επιβατικά οχήματα, για μήκος ενός χιλιομέτρου και για ορισμένη χρονική διάρκεια

j : αύξων αριθμός των οχημάτων που επιθυμούν να προσπεράσουν το βραδυκίνητο φορτηγό

v_t : ταχύτητα του βραδυκίνητου φορτηγού

v_j : ταχύτητα του οχήματος που επιθυμεί να προσπεράσει το βραδυκίνητο

C_j : σύνολο των οχημάτων με ταχύτητα v_j

m : κυκλοφοριακός φόρτος, σε μία κατεύθυνση κυκλοφορίας

- Προσδιορίζεται ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας φορτηγό, ως λόγος του θεωρητικού αριθμού προσπεράσεων του φορτηγού από τα επιβατικά οχήματα προς το θεωρητικό αριθμό προσπεράσεων στο αμιγές ρεύμα επιβατικών οχημάτων.

$$E_t = \frac{P_{kt}}{P_{kp}}$$ *Σχέση 2.18*

Όπου :

E_t : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας φορτηγό

P_{kt} : θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων του βραδυκίνητου φορτηγού από τα επιβατικά οχήματα, για μήκος ενός χιλιομέτρου και για ορισμένη χρονική διάρκεια

P_{kp} : μέσος θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων ενός επιβατικού οχήματος

2.3.4. Μέθοδος των καθυστερήσεων

Οι καθυστερήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισοδυναμίας για τη μετατροπή των οχημάτων κατηγορίας i σε ΜΕΑ. Η μέθοδος των καθυστερήσεων, όπως ονομάζεται, έχει εφαρμοστεί σε αρκετές παραλλαγές ορισμένες από τις οποίες παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα.

Highway Capacity Manual (1965)

Η μέθοδος των καθυστερήσεων έχει κοινά στοιχεία με τη μέθοδο Walker. Το χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ότι λαμβάνει υπόψη τις καθυστερήσεις που οφείλονται στην αναμονή για την ευκαιρία προσπέρασης [26]. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στο HCM του 1965 για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ σε αυτοκινητοδρόμους πολλαπλών λωρίδων [17],[18],[27].

Η σχέση υπολογισμού του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i είναι η ακόλουθη [17],[27]:

$$E_{ij} = \frac{(D_{ij} - D_B)}{D_B}$$ *Σχέση 2.19*

Όπου :

E_{ij} : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i κάτω από τις συνθήκες j

D_{ij} : καθυστέρηση του επιβατικού οχήματος εξαιτίας του οχήματος τύπου i κάτω από τις συνθήκες j

D_B : βασική τιμή καθυστέρησης, η οποία ισούται με την καθυστέρηση του επιβατικού οχήματος εξαιτίας ενός βραδυκίνητου επιβατικού οχήματος

Μέθοδος Craus et al. (1979)

Οι Craus et al. πρότειναν τη δική τους μέθοδο για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ σε αυτοκινητοδρόμους δύο λωρίδων. Η μέθοδος λαμβάνει υπόψη τις καθυστερήσεις που οφείλονται στην κίνηση των φορτηγών αλλά και την κυκλοφορία της αντίθετης κατεύθυνσης [28]. Ουσιαστικά, αποτελεί έναν αναθεωρημένο συνδυασμό των μεθόδων Walker και καθυστερήσεων του HCM του 1965 [18].

Η λογική της μεθόδου είναι η ακόλουθη [28]:

- Υπολογίζεται η συνολική καθυστέρηση σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων ως άθροισμα των γινομένων των θεωρητικών αριθμών προσπεράσεων και χρόνου αναμονής για προσπέραση σε ένα αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων.

  $$d_p = \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=2}^{m} \left(P_{p_{ij}} d_{ij} \right)$$ *Σχέση 2.20*

  Όπου :

  d_p : συνολική καθυστέρηση σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων

  $P_{p_{ij}}$: αριθμός προσπεράσεων ενός οχήματος j, ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

  $$P_{p_{ij}} = C_i C_j \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{v_j} \right)$$ *Σχέση 2.21*

  (προκύπτει απ' τη *Σχέση 2.15*)

  d_{ij} : χρόνος για την εύρεση ενός επαρκούς διακένου (μέση καθυστέρηση) ώστε το όχημα j να προσπεράσει το βραδυκίνητο όχημα i, ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

  $$d_{ij} = \left(\frac{1 - e^{-\lambda \alpha_{ij}}}{\lambda e^{-\lambda \alpha_{ij}}} - \alpha_{ij} \right) \left(\frac{u}{u + v_i} \right)$$ *Σχέση 2.22*

  Όπου :

  λ : μέσος ρυθμός άφιξης στην αντίθετη κατεύθυνση

  α_{ij} : επαρκές διάκενο ώστε το όχημα j να προσπεράσει το βραδυκίνητο όχημα i

  $\frac{u}{u+v_i}$: διορθωτικός συντελεστής

  u : μέση ταχύτητα στην αντίθετη κατεύθυνση

  v_i : ταχύτητα του βραδυκίνητου οχήματος

  m : κυκλοφοριακός φόρτος

- Υπολογίζεται η μέση καθυστέρηση στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων από τη σχέση :

  $$d_{kp} = \frac{d_p}{m}$$ *Σχέση 2.23*

  Όπου :

  d_{kp} : μέση καθυστέρηση στο ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων

  d_p : συνολική καθυστέρηση στο ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων

  m : κυκλοφοριακός φόρτος

- Υπολογίζεται η μέση καθυστέρηση που δημιουργείται σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων εξαιτίας της κίνησης ενός φορτηγού.

$$d_p = \sum_{i=1}^{m-1}\sum_{2}^{m}\left(P_{p_{ij}} d_{ij}\right) \xrightarrow{i=t} d_{kt} = \sum_{j=1}^{m}\left(P_{p_{tj}} d_{tj}\right)$$ *Σχέση 2.24*

Όπου :

d_{kt} : μέση καθυστέρηση που δημιουργείται σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων εξαιτίας της κίνησης ενός φορτηγού

$P_{p_{tj}}$: αριθμός προσπεράσεων του φορτηγού από ένα επιβατικό όχημα

d_{tj} : χρόνος για την εύρεση ενός επαρκούς διακένου (μέση καθυστέρηση) ώστε το επιβατικό όχημα να προσπεράσει το βραδυκίνητο φορτηγό

- Προσδιορίζεται ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας φορτηγό, ως λόγος της μέσης καθυστέρησης που δημιουργείται σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων εξαιτίας της κίνησης ενός φορτηγού προς τη μέση καθυστέρηση στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων

$$E_t = \frac{d_{kt}}{d_{kp}}$$ *Σχέση 2.25*

Όπου :

E_t : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας φορτηγό

d_{kt} : μέση καθυστέρηση που δημιουργείται σε ένα ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων εξαιτίας της κίνησης ενός φορτηγού

d_{kp} : μέση καθυστέρηση στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων

2.3.5. Μέθοδος με βάση την ταχύτητα

Η ταχύτητα έχει χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισοδυναμίας για τη μετατροπή των οχημάτων κατηγορίας i σε ΜΕΑ. Η μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε αρκετές παραλλαγές, μία από τις οποίες παρουσιάζεται σε αυτή την ενότητα.

Μέθοδος St. John (1976)

Ο St. John εισήγαγε τη δική του μέθοδο για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Ανέπτυξε μη γραμμικές σχέσεις που συνδέουν την ταχύτητα μίας κατηγορίας βαρέων οχημάτων και το ποσοστό συμμετοχής τους στην κυκλοφορία με τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Η μέθοδος είναι ικανή να αντιμετωπίσει την ύπαρξη περισσότερων από μία κατηγοριών βαρέων οχημάτων [29].

Οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ λοιπόν, υπολογίζονται από την ακόλουθη θεμελιώδη σχέση [29]:

$$\frac{Q_E}{Q} = \sqrt{(2r+1)}$$ *Σχέση 2.26*

Όπου :

Q_E : ισοδύναμος ρυθμός ροής αμιγούς ρεύματος επιβατικών οχημάτων

Q : ρυθμός ροής μικτού ρεύματος

r : συντελεστής, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής :

$$\begin{cases} r = \left(\frac{P_T}{100}\right)(v-1) & \text{για μία κατηγορία βραδυκίνητων οχημάτων} \\ r = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{P_i}{100}\right)(v_i-1) & \text{για περισσότερες κατηγορίες βραδυκίνητων οχημάτων} \end{cases}$$

Όπου :

P_T ή P_i : ποσοστό των βραδυκίνητων οχημάτων για μία ή περισσότερες κατηγορίες οχημάτων

v ή v_i : "πυρήνας ισοδυναμίας" για μία ή περισσότερες κατηγορίες βραδυκίνητων οχημάτων

Ο πυρήνας ισοδυναμίας υπολογίζεται ως εξής :

$$\begin{cases} v = \left(\frac{50}{P_T}\right)\left[\left(\frac{Q_E}{Q}\right)^2 - 1\right] + 1 & \text{για μία κατηγορία βραδυκίνητων οχημάτων} \\ v = e^{(7.440436 - 0.0749846V)} & \text{για περισσότερες κατηγορίες βραδυκίνητων οχημάτων}^3 \end{cases}$$

Όπου :

V : ταχύτητα του βραδυκίνητου οχήματος

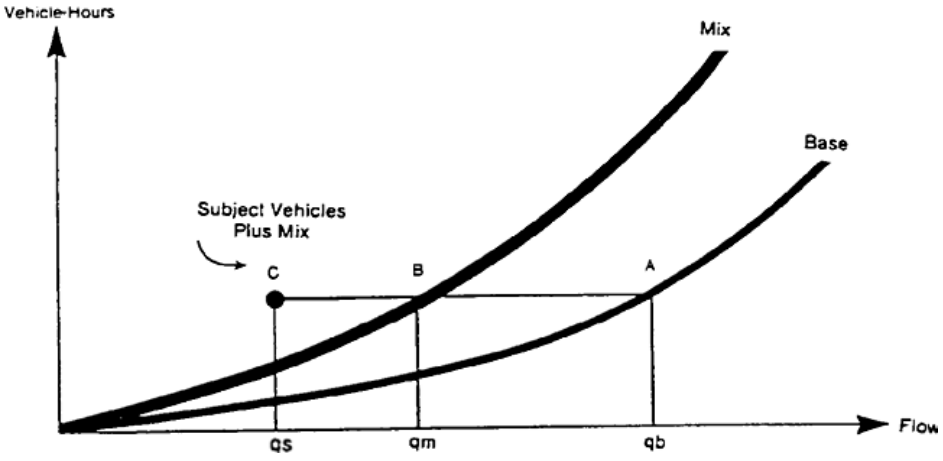
2.3.6. Μέθοδος των οχηματοωρών

Το 1983, οι Sumner et al. περιέγραψαν μία ακόμη μέθοδο υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Κριτήριο ισοδυναμίας της μεθόδου αυτής είναι οι οχηματοώρες [5],[30].

Η μέθοδος βασίζεται στην εξής λογική [5] :

- Θεωρείται αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων. Εξετάζονται οι οχηματοώρες σε ένα συγκεκριμένο οδικό τμήμα για ορισμένη χρονική διάρκεια, για ν-τιμές κυκλοφοριακού φόρτου. Σχεδιάζεται η γραφική παράσταση των οχηματοωρών σε συνάρτηση με τον κυκλοφοριακό φόρτο.
- Θεωρείται μικτό ρεύμα, το οποίο αποτελείται από επιβατικά οχήματα σε ποσοστό 1-p και οχήματα κατηγορίας M σε ποσοστό p. Εξετάζονται οι οχηματοώρες, για ν-τιμές κυκλοφοριακού φόρτου (ίδιες με της προηγούμενης θεώρησης). Σχεδιάζεται η γραφική παράσταση των οχηματοωρών σε συνάρτηση με τον κυκλοφοριακό φόρτο.
- Στο μικτό ρεύμα ένα ποσοστό επιβατικών οχημάτων Δp αντικαθίσταται από οχήματα κατηγορίας S.
- Επιλέγεται τιμή κυκλοφοριακού φόρτου q_S.
- Υπολογίζονται για αυτή την τιμή κυκλοφοριακού φόρτου οι οχηματοώρες.
- Με γραμμική παρεμβολή στις γραφικές παραστάσεις που παράχθηκαν στα προηγούμενα βήματα υπολογίζονται οι τιμές κυκλοφοριακού φόρτου στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων και στο μικτό ρεύμα επιβατικών και M οχημάτων για τις οχηματοώρες που υπολογίστηκαν προηγουμένως.

[3] Οι συντελεστές της συγκεκριμένης εξίσωσης δεν είναι σταθεροί, εξαρτώνται από την ταχύτητα σχεδιασμού ή τα όρια ταχύτητας της οδού και το ποσοστό των ζωνών όπου απαγορεύεται η προσπέραση.



Εικόνα 2.4 : Μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ κατά Sumner et al. [5]

- Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας S υπολογίζεται από τη σχέση:

  $$PCE_S = \frac{1}{\Delta p}\left[\frac{q_B}{q_S} - \frac{q_B}{q_M}\right] + 1 \qquad \textit{Σχέση 2.27}$$

  Όπου :

  PCE_S : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας S

  Δp : ποσοστό των επιβατικών οχημάτων του μικτού ρεύματος που αντικαθίσταται από οχήματα κατηγορίας S

  q_S : τιμή κυκλοφοριακού φόρτου που επιλέχθηκε

  q_B : τιμή κυκλοφοριακού φόρτου του αμιγούς ρεύματος επιβατικών αυτοκινήτων που αντιστοιχεί στις οχηματοώρες του κυκλοφοριακού φόρτου q_S

  q_M : τιμή κυκλοφοριακού φόρτου του μικτού ρεύματος οχημάτων που αντιστοιχεί στις οχηματοώρες του κυκλοφοριακού φόρτου q_S

2.3.7. Μέθοδος της προσομοίωσης

Η ανάπτυξη συστημάτων προσομοίωσης της κυκλοφορίας οδήγησε στην υιοθέτηση της ομώνυμης μεθόδου για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Η μέθοδος κερδίζει διαρκώς έδαφος καθώς με τη χρήση της αντιμετωπίζονται η πιθανή ανεπάρκεια των δεδομένων πεδίου και η δυσκολία συλλογής τους [31]. Επιπλέον, ο αριθμός των απαραίτητων δεδομένων είναι μικρός [32] και ο υπολογιστικός χρόνος για την προσομοίωση μεγάλων χρονικών περιόδων είναι πολύ μικρός [33], καθιστώντας τα συστήματα προσομοίωσης πολύ αποδοτικά.

Στη βιβλιογραφία είναι δυνατό να βρεθούν τόσο μικροσκοπικά όσο και μακροσκοπικά μοντέλα προσομοίωσης. Επιπλέον, έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί μοντέλα που αφορούν σε εξεζητημένες περιπτώσεις, όπως ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ των ταξί [32] και των μοτοποδηλάτων [34] σε ομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας αλλά και η εκτίμηση των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ σε ετερογενείς συνθήκες κυκλοφορίας [35].

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μεθοδολογία που προτείνεται από τους Keller και Saklas.

Μέθοδος Keller και Saklas (1984)

Οι Keller και Saklas χρησιμοποίησαν ένα μακροσκοπικό μοντέλο προσομοίωσης της κυκλοφοριακής ροής προκειμένου να υπολογίσουν το συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ των βαρέων οχημάτων. Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ παρουσιάστηκε ως συνάρτηση του

κυκλοφοριακού φόρτου, της σύνθεσης της κυκλοφορίας και της ρύθμισης των σηματοδοτών και υπολογίστηκε ως ο λόγος του συνολικού χρόνου μετακίνησης των βαρέων οχημάτων σε ένα δίκτυο προς το συνολικό χρόνο μετακίνησης των επιβατικών οχημάτων στο ίδιο δίκτυο [36].

Η μέθοδος αναπτύχθηκε στον προσομοιωτή TRANSYT και υλοποιείται σε οχτώ βήματα [36]:

- Θεωρείται δίκτυο αστικών αρτηριών, τεσσάρων κόμβων, με οχτώ ίδιου μήκους συνδέσμους, δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση.
- Υπολογίζεται για ένα σύνδεσμο η διάρκεια μετακίνησης σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Για τον υπολογισμό αυτό γίνεται η υπόθεση πως κάθε όχημα επιταχύνει μέχρι να αναπτύξει την ταχύτητα ελεύθερης ροής, με την οποία διασχίζει το υπόλοιπο τμήμα του συνδέσμου. Συνεπώς, η διάρκεια μετακίνησης στο σύνδεσμο είναι ίση με :

  $$TU_i^k = t_{ai}^k + t_{fi}^k \qquad \textit{Σχέση 2.28}$$

  Όπου :

  TU_i^k : διάρκεια μετακίνησης οχήματος κατηγορίας k στο σύνδεσμο i

  t_{ai}^k : χρόνος που απαιτείται ώστε όχημα κατηγορίας k να αναπτύξει ταχύτητα ελεύθερης ροής

  t_{fi}^k : χρόνος κίνησης με ταχύτητα ελεύθερης ροής

  Εφόσον,

  $$t_{ai}^k = \frac{v_f^k}{a_{max}^k} \qquad \textit{Σχέση 2.29}$$

  Όπου :

  v_f^k : ταχύτητα ελεύθερης ροής για όχημα κατηγορίας k

  a_{max}^k : μέγιστη επιτάχυνση για όχημα κατηγορίας k

  και

  $$t_{fi}^k = \frac{(L+LV^k)-s_a^k}{v_f^k} \qquad \textit{Σχέση 2.30}$$

  Όπου :

  L : μήκος συνδέσμου

  LV^k : μήκος οχήματος κατηγορίας k

  s_a^k : μήκος επιτάχυνσης για όχημα κατηγορίας k

  Η *Σχέση 2.28* γράφεται ως εξής :

  $$TU_i^k = \frac{v_f^k}{a_{max}^k} + \frac{(L+LV^k)-s_a^k}{v_f^k} \rightarrow TU_i^k = \frac{v_f^k}{a_{max}^k} + \frac{(L+LV^k)-\frac{a_{max}^k(t_{ai}^k)^2}{2}}{v_f^k} \qquad \textit{Σχέση 2.31}$$

  Η τελευταία σχέση, απλοποιείται και γράφεται ως εξής :

  $$TU_i^k = \frac{(v_f^k)^2 + 2\,a_{max}^k\,(L+LV^k)}{2\,a_{max}^k\,v_f^k} \qquad \textit{Σχέση 2.32}$$

  Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η διάρκεια μετακίνησης σε ένα σύνδεσμο. Εφόσον, όλοι οι σύνδεσμοι έχουν το ίδιο μήκος ο χρόνος μετακίνησης σε οποιονδήποτε σύνδεσμο είναι ίσος με αυτόν που υπολογίζεται από τη *Σχέση 2.32*.

- Η τιμή αυτή αποτελεί στοιχείο εισόδου, για τον προσομοιωτή, ο οποίος εν συνεχεία, υπολογίζει για κάθε κατηγορία οχήματος τον πραγματικό χρόνο μετακίνησης (TS) στο σύνδεσμο ως συνάρτηση του κυκλοφοριακού φόρτου, της σύνθεσης της κυκλοφορίας και της ρύθμισης των σηματοδοτών.

- Ο προσομοιωτής υπολογίζει την ομοιόμορφη καθυστέρηση, η οποία σχετίζεται με το ρυθμό σχηματισμού της ουράς.
  Η ομοιόμορφη καθυστέρηση, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :
  $$du = C \cdot \sum_t^N \frac{m_t}{N}$$ *Σχέση 2.33*
  Όπου :
  du : ομοιόμορφη καθυστέρηση
  C : περίοδος σηματοδότησης σε δλ
  t : βήμα προσομοίωσης
  N : αριθμός βημάτων σε μία περίοδο
  m_t : αριθμός των οχημάτων στην ουρά στο βήμα προσομοίωσης t

  Επίσης, ο αριθμός των οχημάτων στην ουρά υπολογίζεται από τη σχέση :
  $$m_t = \max[(m_{t-1} + y_t - z_t),0]$$ *Σχέση 2.34*
  Όπου :
  m_{t-1} : αριθμός των οχημάτων στην ουρά στο βήμα προσομοίωσης t
  y_t : νέα οχήματα που προστίθενται στην ουρά στο βήμα προσομοίωσης t
  z_t : ρυθμός αποφόρτισης της ουράς στο βήμα προσομοίωσης t

  Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής δεν διαθέτει κάποιο συντελεστή που να αντικατοπτρίζει τη διαφορετική επίδραση κάθε κατηγορίας οχημάτων στην ομοιόμορφη καθυστέρηση και έτσι χρησιμοποιείται μία σχέση που βασίζεται στο χρονικό διαχωρισμό. Η σχέση είναι η ακόλουθη :
  $$h_k = \frac{LV^k}{v_f^k} + \frac{sp}{v_f^k}$$ *Σχέση 2.35*
  Όπου :
  h_k : χρονικός διαχωρισμός για όχημα κατηγορίας k
  LV^k : μήκος οχήματος κατηγορίας k
  v_f^k : ταχύτητα ελεύθερης ροής για όχημα κατηγορίας k
  sp : απόσταση ασφαλείας μεταξύ των οχημάτων

  Με την παραδοχή πως $\frac{sp}{v_f^k} = 2$, η *Σχέση 2.35* γίνεται :
  $$h_k = \frac{LV^k}{v_f^k} + 2$$ *Σχέση 2.36*
  Επομένως, ο συντελεστής είναι ίσος με :
  $$W_{du_k} = \frac{h_k}{h_b} = \frac{\frac{LV^k}{v_f^k} + 2}{\frac{LV^b}{v_f^b} + 2}$$ *Σχέση 2.37*
  Όπου :
  W_{du_k} : συντελεστής βαρύτητας της ομοιόμορφης καθυστέρησης για όχημα κατηγορίας k
  h_k : χρονικός διαχωρισμός για οχήματα κατηγορίας k
  h_b : χρονικός διαχωρισμός για τα επιβατικά οχήματα
  LV^k : μήκος οχήματος κατηγορίας k
  LV^b : μήκος επιβατικού οχήματος
  v_f^k : ταχύτητα ελεύθερης ροής για όχημα κατηγορίας k
  v_f^b : ταχύτητα ελεύθερης ροής για τα επιβατικά οχήματα
- Ο προσομοιωτής υπολογίζει την τυχαία καθυστέρηση, η οποία οφείλεται στην κόκκινη ένδειξη ή την κυκλοφοριακή κατάρρευση.

Η τυχαία καθυστέρηση, υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$dr = \frac{15T}{S}\left\{q - S + \left[(q-S)^2 + 240\frac{q}{T}\right]^{1/2}\right\}$$ *Σχέση 2.38*

Όπου :
dr : τυχαία καθυστέρηση
T : χρόνος προσομοίωσης
S : ροή κορεσμού
q : κυκλοφοριακός φόρτος

Ο συγκεκριμένος προσομοιωτής δεν διαθέτει κάποιο συντελεστή που να αντικατοπτρίζει τη διαφορετική επίδραση κάθε κατηγορίας οχημάτων στην τυχαία καθυστέρηση. Για λόγους απλούστευσης γίνεται η παραδοχή πως η τυχαία καθυστέρηση εμφανίζεται μόνο κατά την εκκίνηση των οχημάτων. Η σχέση υπολογισμού του συντελεστή είναι η ακόλουθη :

$$W_{dr}^2 = \frac{\frac{2(LV^k+w)}{a_{max,k}}}{\frac{2(LV^b+w)}{a_{max,b}}}$$ *Σχέση 2.39*

Όπου :
W_{dr}^2 : συντελεστής βαρύτητας της τυχαίας καθυστέρησης για όχημα κατηγορίας k
LV^k : μήκος οχήματος κατηγορίας k
LV^b : μήκος επιβατικού οχήματος
a_{max}^k : μέγιστη επιτάχυνση για όχημα κατηγορίας k
a_{max}^b : μέγιστη επιτάχυνση για επιβατικό όχημα
w : θεωρείται ίσο με 12.15μ

- Υπολογίζεται ο χρόνος κίνησης των οχημάτων στο σύνδεσμο i.
  Ο υπολογισμός αυτός στηρίζεται στη σχέση :

$$TR = \frac{TS - du - dr}{q^k}$$ *Σχέση 2.40*

Όπου :
TR : χρόνος κίνησης των οχημάτων στο σύνδεσμο i
TS : πραγματικός χρόνος μετακίνησης στο σύνδεσμο i
du: ομοιόμορφη καθυστέρηση
dr : τυχαία καθυστέρηση

- Υπολογίζεται ο συνολικός χρόνος μετακίνησης στο σύνδεσμο i για τα οχήματα κάθε κατηγορίας.

$$TT^k = \sum_i^n TR_i^k + \sum_i^n \left[\frac{\left(W_{du}^k \cdot du_i^k\right) + \left(W_{dr}^k \cdot dr_i^k\right)}{q^k}\right]$$ *Σχέση 2.41*

Όπου :
TT^k : συνολικός χρόνος μετακίνησης των οχημάτων κατηγορίας k στο σύνδεσμο i
TR_i^k : χρόνος κίνησης των οχημάτων κατηγορίας k στο σύνδεσμο i
du_i^k : ομοιόμορφη καθυστέρηση των οχημάτων κατηγορίας k στο σύνδεσμο i
W_{du}^k : συντελεστής βαρύτητας της ομοιόμορφης καθυστέρησης για τα οχήματα κατηγορίας k
dr_i^k : τυχαία καθυστέρηση των οχημάτων κατηγορίας k στο σύνδεσμο i
W_{dr}^k : συντελεστής βαρύτητας της τυχαίας καθυστέρησης για τα οχήματα κατηγορίας k

- Τελικά, υπολογίζεται ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ από τη σχέση :

$$PCE_k = \frac{TT^k}{TT^b}$$ *Σχέση 2.42*

Όπου :

PCE_k : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων κατηγορίας k
TT^k : συνολική διάρκεια μετακίνησης για τα οχήματα κατηγορίας k
TT^b : συνολική διάρκεια μετακίνησης για τα επιβατικά οχήματα

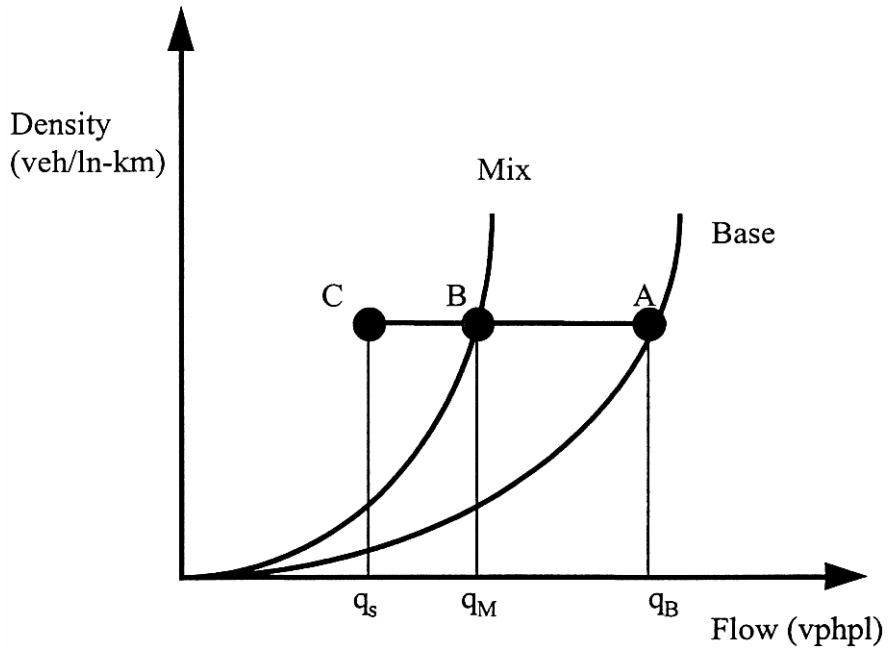
2.3.8. Μέθοδος της πυκνότητας

Η πυκνότητα έχει κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισοδυναμίας για τη μετατροπή των οχημάτων κατηγορίας i σε ΜΕΑ. Η μέθοδος της πυκνότητας, έχει εφαρμοστεί σε αρκετές παραλλαγές ορισμένες από τις οποίες παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα.

Μέθοδος Webster και Elefteriadou (1999)

Οι Webster και Elefteriadou περιέγραψαν μία νέα μέθοδο υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ, η οποία στηρίζεται στην πυκνότητα. Η μέθοδός τους βασίζεται στη μέθοδο των Sumner et al. και ακολουθεί την εξής λογική [33] :

- Θεωρείται αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων. Εξετάζεται η πυκνότητα της οδού, στην οποία κινείται το ρεύμα, για ν-τιμές κυκλοφοριακού φόρτου. Σχεδιάζεται η γραφική παράσταση της πυκνότητας σε συνάρτηση με τον κυκλοφοριακό φόρτο.
- Θεωρείται μικτό ρεύμα, το οποίο αποτελείται από επιβατικά οχήματα σε ποσοστό 1-p και οχήματα κατηγορίας M σε ποσοστό p. Εξετάζεται η πυκνότητα της οδού, στην οποία κινείται το ρεύμα, για ν-τιμές κυκλοφοριακού φόρτου (ίδιες με της προηγούμενης θεώρησης). Σχεδιάζεται η γραφική παράσταση της πυκνότητας σε συνάρτηση με τον κυκλοφοριακό φόρτο.
- Στο μικτό ρεύμα ένα ποσοστό επιβατικών οχημάτων Δp αντικαθίσταται από οχήματα κατηγορίας S.
- Επιλέγεται τιμή κυκλοφοριακού φόρτου q_S.
- Υπολογίζεται για αυτή την τιμή κυκλοφοριακού φόρτου η πυκνότητα της οδού.
- Με γραμμική παρεμβολή στις γραφικές παραστάσεις που παράχθηκαν στα προηγούμενα βήματα υπολογίζονται οι τιμές κυκλοφοριακού φόρτου στο αμιγές ρεύμα επιβατικών αυτοκινήτων και στο μικτό ρεύμα επιβατικών και M οχημάτων για την πυκνότητα που υπολογίστηκε προηγουμένως.



Εικόνα 2.5 : Μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ κατά Webster και Elefteriadou [33]

- Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας S υπολογίζεται από τη *Σχέση 2.27* [5],[33].

Highway Capacity Manual (2000)

Το HCM του 2000 υπολογίζει το συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ χρησιμοποιώντας ως κριτήριο ισοδυναμίας την πυκνότητα. Η πυκνότητα, όπως ορίζεται στη συγκεκριμένη μεθοδολογία, χαρακτηρίζει την ομοιογενή κυκλοφορία και υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$k = \frac{q}{\bar{u}_s}$$ *Σχέση 2.43*

Όπου :

k : πυκνότητα

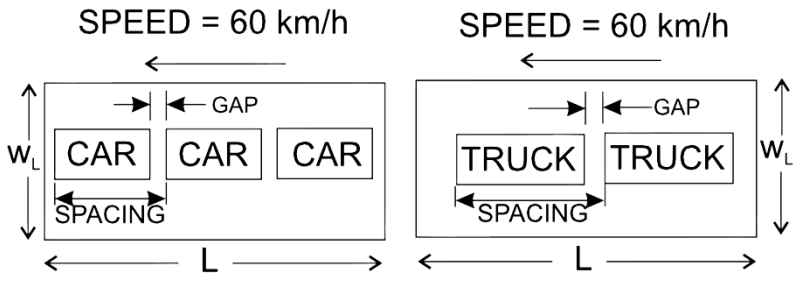
q : κυκλοφοριακός φόρτος σε οδικό τμήμα μήκους L, τη χρονική στιγμή t

$\bar{u}_s$: μέση ταχύτητα σε οδικό τμήμα μήκους L, τη χρονική στιγμή t

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ προκύπτει ως εξής [37],[38] :

- Έστω ομοιογενές ρεύμα κυκλοφορίας, που συντίθεται από επιβατικά οχήματα, που κινούνται με ταχύτητα $\bar{u}_s$ σε λωρίδα πλάτους W_{pc}. Η πυκνότητα του ρεύματος σε μήκος L είναι ίση με : $k_{pc} = \frac{q_{pc}}{\bar{u}_s}$.
- Έστω ομοιογενές ρεύμα κυκλοφορίας, που συντίθεται από βαρέα οχήματα, που κινούνται με ταχύτητα $\bar{u}_s$ (ίδια με την ταχύτητα των επιβατικών αυτοκινήτων της παραπάνω υπόθεσης) σε λωρίδα πλάτους W_{HV} (ίδιο με το πλάτος της παραπάνω υπόθεσης). Η πυκνότητα του ρεύματος σε μήκος L είναι ίση με : $k_{HV} = \frac{q_{HV}}{\bar{u}_s}$.
- Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των βαρέων οχημάτων υπολογίζεται ως λόγος πυκνοτήτων :

  $$PCU_{HV} = \frac{k_{pc}}{k_{HV}}$$ *Σχέση 2.44*



Εικόνα 2.6 : Εκτίμηση του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ σε ομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας [38]

Αναθεωρημένη μέθοδος πυκνότητας

Το 2000, οι Tiwari et al. παρουσίασαν μία αναθεωρημένη εκδοχή της μεθόδου πυκνότητας του HCM του 2000. Η μέθοδός τους ανταποκρίνεται σε συνθήκες ανομοιογενούς κυκλοφορίας.

Ανομοιογενής χαρακτηρίζεται η κυκλοφορία όταν τα οχήματα κινούνται άναρχα χωρίς να ακολουθούν τις διαχωριστικές γραμμές των λωρίδων, αλλάζουν διαρκώς θέση στο οδόστρωμα και το φυσικό πλάτος τους παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Ανομοιογενής είναι η κυκλοφορία στους περισσότερους ινδικούς δρόμους.

Εικόνα 2.7 : Σύγκριση εικόνων ομοιογενούς (αριστερά) [39] και ανομοιογενούς κυκλοφορίας (δεξιά) [40]

Η αναθεωρημένη μέθοδος πυκνότητας υλοποιείται σε τέσσερα βήματα και στηρίζεται στην ακόλουθη λογική [37], [38] :

- Έστω ανομοιογενές ρεύμα κυκλοφορίας, που συντίθεται από επιβατικά οχήματα, που κινούνται με ταχύτητα $\bar{u}_s$ σε λωρίδα πλάτους W_{85pc}[4]. Η πυκνότητα του ρεύματος σε μήκος L είναι ίση με : $k_{pc} = \frac{q_{pc}}{\bar{u}_{pc}}$.
- Έστω ανομοιογενές ρεύμα κυκλοφορίας, που συντίθεται από οχήματα κατηγορίας j, που κινούνται με ταχύτητα $\bar{u}_j$ (ίδια με την ταχύτητα των επιβατικών αυτοκινήτων της παραπάνω υπόθεσης) και καταλαμβάνουν λωρίδα πλάτους W_{85j}[5]. Η πυκνότητα του ρεύματος σε μήκος L είναι ίση με : $k_j = \frac{q_j}{\bar{u}_j}$.
- Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων κατηγορίας j σε ανομοιογενείς συνθήκες υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$PCU_j = \frac{\frac{k_{pc}}{W_{85pc}}}{\frac{k_j}{W_{85j}}} \qquad \textit{Σχέση 2.45}$$

Όπου :

PCU_j: συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας j σε ανομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας

k_{pc} : πυκνότητα του ανομοιογενούς ρεύματος επιβατικών οχημάτων

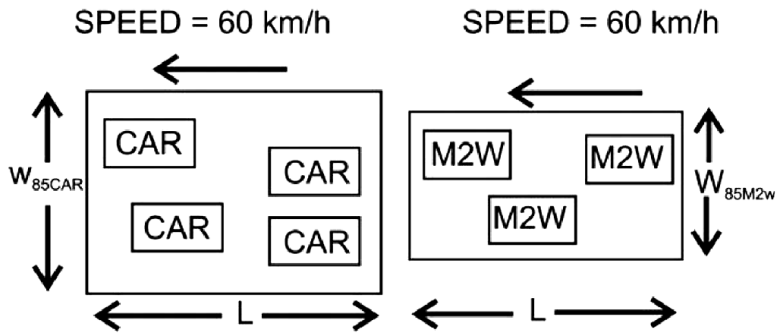
k_j : πυκνότητα του ανομοιογενούς ρεύματος οχημάτων j

W_{85pc} : πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από το 85% των επιβατικών αυτοκινήτων

W_{85j} : πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από το 85% των οχημάτων j

[4] Ως W_{85pc} ορίζεται το πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από το 85% των επιβατικών αυτοκινήτων του ρεύματος.

[5] Ως W_{85j} ορίζεται το πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από το 85% των οχημάτων j του ρεύματος.



Εικόνα 2.8 : Εκτίμηση του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ σε ανομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας [38]

- Η μετατροπή των ΜΕΑ ανομοιογενούς κυκλοφορίας στις αντίστοιχες μονάδες ομοιογενούς κυκλοφορίας γίνεται με τη χρήση του συντελεστή προσαρμογής $[f_{PCU}]_k$, ο οποίος υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$[f_{PCU}]_k = \left[\frac{\frac{k_{pc}}{W_{Lpc}}}{\frac{k_{pc}}{W_{85pc}}}\right]_k \qquad \textit{Σχέση 2.46}$$

Όπου :

$[f_{PCU}]_k$: συντελεστής προσαρμογής για την αναγωγή σε ομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας

k_{pc} : πυκνότητα του ανομοιογενούς ρεύματος επιβατικών οχημάτων

W_{Lpc} : πλάτος μίας λωρίδας για επιβατικά οχήματα σε ομοιογενείς συνθήκες κυκλοφορίας

W_{85pc} : πλάτος του οδοστρώματος που χρησιμοποιείται από το 85% των επιβατικών αυτοκινήτων

2.3.9. Μέθοδος σχηματισμού φάλαγγας

Μεγέθη που σχετίζονται με το σχηματισμό φάλαγγας ή την αποφόρτιση της ουράς έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί ως μέτρα ισοδυναμίας για τη μετατροπή σε ΜΕΑ. Η μέθοδος σχηματισμού φάλαγγας, όπως ονομάζεται, έχει εφαρμοστεί σε αρκετές παραλλαγές μία από τις οποίες παρουσιάζεται σε αυτή την ενότητα.

Μέθοδος Al-Kaisy et al. (2002)

Οι Al-Kaisy et al. διατύπωσαν τη δική τους μέθοδο για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ. Η μέθοδος τους βασίζεται στην παραδοχή πως η ικανότητα αποφόρτισης της ουράς ενός μικτού ρεύματος κυκλοφορίας παρουσιάζει μεγαλύτερη διακύμανση από την αντίστοιχη ενός αμιγούς ρεύματος επιβατικών οχημάτων. Έτσι λοιπόν, ως βέλτιστη τιμή του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ επιλέγεται αυτή που ελαχιστοποιεί τη διακύμανση. Αυτή η βέλτιστη τιμή προσδιορίζεται από την επίλυση ενός προβλήματος μη γραμμικού προγραμματισμού, που έχει την ακόλουθη μορφή [41]:

- Αντικειμενική συνάρτηση : min Z(C*)
  Όπου :
  Z : συντελεστής μεταβλητότητας ή λόγος της τυπικής απόκλισης προς το μέσο όρο
  C* : ικανότητα αποφόρτισης της ουράς σε επιβατικά οχήματα/ώρα/λωρίδα
- Μεταβλητή : συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ
- Περιορισμοί :

$C^* \geq X1$ Όπου X1, X2 τιμές που ορίζονται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά
$C^* \leq X2$ του οδικού τμήματος που διερευνάται.
συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ ≥ 1.0
συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ ≤ 10.0

2.3.10. Μέθοδος νευρωνικού δικτύου

Τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται σε πλήθος επιστημών, μεταξύ των οποίων και η κυκλοφοριακή τεχνική. Η χρήση τους διευκολύνει την αντιμετώπιση μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ διανύσματος εισόδου και εξόδου [19], στις οποίες εμπλέκεται μεγάλος αριθμός ανεξάρτητων παραγόντων [42]. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα χρήσης των νευρωνικών δικτύων για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ.

Μέθοδος Basu et al. (2006)

Οι Basu et al. επιχείρησαν την ανάπτυξη ενός νευρωνικού δικτύου για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Στη συγκεκριμένη μέθοδο μέτρο ισοδυναμίας θεωρείται η μέση ταχύτητα στο ρεύμα κυκλοφορίας. Η ταχύτητα όμως εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο και τη σύνθεση της κυκλοφορίας. Η σχέση που συνδέει την ταχύτητα με τις παραπάνω μεταβλητές δεν είναι γραμμική. Για το λόγο αυτό, η ταχύτητα μοντελοποιείται με τη χρήση του νευρωνικού δικτύου [19].

Τα οχήματα χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες [19]:

- Παλαιά επιβατικά οχήματα (OC) - κάλυψη επιφάνειας οδοστρώματος $7.82m^2$
- Νέα επιβατικά οχήματα (NC) - κάλυψη επιφάνειας οδοστρώματος $5.47m^2$
- Βαρέα οχήματα (HV) - κάλυψη επιφάνειας οδοστρώματος $23.00m^2$
- Δίκυκλα (TW) - κάλυψη επιφάνειας οδοστρώματος $1.44m^2$

Από τις κατηγορίες αυτές επιλέγεται ως βάση η κατηγορία των παλαιών επιβατικών οχημάτων (OC).

Συντίθεται ένα μοντέλο με αρχιτεκτονική 5-4-1 [19]. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο δέχεται ως δεδομένα εισόδου πέντε στοιχεία, έχει τέσσερα στοιχεία στο κρυφό επίπεδο και δίνει ένα αποτέλεσμα.

Πιο συγκεκριμένα, η δομή του μοντέλου είναι η ακόλουθη [19]:

- Τα στοιχεία εισόδου είναι τα εξής :
  - Ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος σε ισοδύναμες μονάδες επιφάνειας κάλυψης οδοστρώματος
    Ο συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος προκύπτει από την ακόλουθη σχέση :
    $$V_{Eq} = N_{HV}\frac{23}{7.82} + N_{OC}\frac{7.82}{7.82} + N_{NC}\frac{5.47}{7.82} + N_{TW}\frac{1.44}{7.82}$$ *Σχέση 2.47*
    Όπου :
    V_{Eq} : συνολικός κυκλοφοριακός φόρτος σε ισοδύναμες μονάδες επιφάνειας κάλυψης οδοστρώματος
    N_{OC} : κυκλοφοριακός φόρτος των παλαιών επιβατικών οχημάτων ανά ώρα
    N_{NC} : κυκλοφοριακός φόρτος των νέων επιβατικών οχημάτων ανά ώρα
    N_{HV} : κυκλοφοριακός φόρτος των βαρέων οχημάτων ανά ώρα
    N_{TW} : κυκλοφοριακός φόρτος των δίτροχων οχημάτων ανά ώρα
  - Το ποσοστό των παλαιών επιβατικών οχημάτων στη σύνθεση της κυκλοφορίας
  - Το ποσοστό των νέων επιβατικών οχημάτων στη σύνθεση της κυκλοφορίας
  - Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων στη σύνθεση της κυκλοφορίας
  - Το ποσοστό των δίκυκλων οχημάτων στη σύνθεση της κυκλοφορίας

- Το αποτέλεσμα είναι η μέση ταχύτητα στο ρεύμα κυκλοφορίας.

Τελικά, ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση [19]:

$$\mathrm{PCE}_{i,v,m} = \frac{\mathrm{MD}_{i,v,m}}{\mathrm{MD}_{OC,v,m}} \qquad \textit{Σχέση 2.48}$$

Όπου :

$\mathrm{PCE}_{i,v,m}$: συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ των οχημάτων της κατηγορίας i, για κυκλοφοριακό φόρτο v και σύνθεση κυκλοφορίας m

$\mathrm{MD}_{i,v,m}$: μείωση στην ταχύτητα του ρεύματος που οφείλεται στην κυκλοφορία ενός ακόμη οχήματος της κατηγορίας i, για κυκλοφοριακό φόρτο v και σύνθεση κυκλοφορίας m

$\mathrm{MD}_{OC,v,m}$: μείωση στην ταχύτητα του ρεύματος που οφείλεται στην κυκλοφορία ενός ακόμη παλαιού επιβατικού οχήματος, για κυκλοφοριακό φόρτο v και σύνθεση κυκλοφορίας m

Μέθοδος Aggarwal (2008)

Ο Aggarwal ανέπτυξε νευρωνικό δίκτυο για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τις τιμές ανεξάρτητων παραγόντων που επηρεάζουν τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Συγκεκριμένα, συνυπολογίζονται οι επιδράσεις του πλάτους του οδοστρώματος, της κατάστασης του ερείσματος, του διαχωρισμού της κυκλοφορίας σε περισσότερες κατευθύνσεις και των βραδυκίνητων οχημάτων [42].

Το μοντέλο έχει αρχιτεκτονική 4-12-1. Αυτό σημαίνει ότι δέχεται ως δεδομένα εισόδου τέσσερα στοιχεία, έχει δώδεκα στοιχεία στο κρυφό επίπεδο και δίνει ένα αποτέλεσμα.

Πιο συγκεκριμένα, η δομή του μοντέλου είναι η ακόλουθη :

- Τα δεδομένα εισόδου είναι τα εξής :
  - Πλάτος οδοστρώματος
  - Κατάσταση ερείσματος
  - Διαχωρισμός κυκλοφορίας
  - Ποσοστό βραδυκίνητων οχημάτων
- Το αποτέλεσμα είναι ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ.

2.3.11. Μέθοδος “ασαφούς λογικής”

Το 2008, ο Aggarwal ανέπτυξε ένα μοντέλο “ασαφούς λογικής” (fuzzy logic model) για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη τις τιμές ανεξάρτητων παραγόντων που επηρεάζουν τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Συγκεκριμένα, συνυπολογίζονται οι επιδράσεις του πλάτους του οδοστρώματος, της κατάστασης του ερείσματος, του διαχωρισμού της κυκλοφορίας σε περισσότερες κατευθύνσεις και των βραδυκίνητων οχημάτων [43],[44].

Το μοντέλο λειτουργεί ως εξής [43],[44] :

- Εισάγονται ως δεδομένα τα ακόλουθα στοιχεία :
  - Πλάτος οδοστρώματος
  - Κατάσταση ερείσματος
  - Διαχωρισμός κυκλοφορίας
  - Ποσοστό βραδυκίνητων οχημάτων
- Τα δεδομένα εισόδου ταξινομούνται σε ασαφή σύνολα ανάλογα με τις τιμές τους π.χ. μικρή, μεγάλη τιμή.

- Με βάση την ταξινόμηση των στοιχείων εισόδου επιλέγεται για κάθε ένα από αυτά η κατάλληλη συνάρτηση συμμετοχής από τις δύο που έχουν δημιουργηθεί.
- Εξετάζονται οχτώ κριτήρια, τα οποία σχετίζονται με τα δεδομένα εισόδου, προκειμένου να ταξινομηθεί το αποτέλεσμα π.χ. Αν το πλάτος οδοστρώματος έχει μικρή τιμή τότε και ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ έχει μικρή τιμή.
- Με βάση την ταξινόμηση του αποτελέσματος επιλέγεται η κατάλληλη συνάρτηση συμμετοχής από τις δύο που έχουν δημιουργηθεί και έτσι προκύπτει ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ.

2.3.12. Σύγκριση των μεθόδων υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται σύγκριση των μεθόδων που περιγράφηκαν προηγουμένως.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των μεθόδων. Εξετάζονται οι μέθοδοι ως προς το κριτήριο ισοδυναμίας, την πηγή των δεδομένων εισόδου (προσομοίωση ή μετρήσεις πεδίου), τις απαιτήσεις σε δεδομένα αλλά και τις κατηγορίες οδού και οχημάτων για τις οποίες σχεδιάστηκαν.

Παρατηρώντας τον πίνακα διαπιστώνεται πως οι περισσότερες μέθοδοι έχουν σχεδιαστεί για υπεραστικές οδούς ενώ στην πλειοψηφία τους δεν λαμβάνουν υπόψη τα δίκυκλα.

Πίνακας 2.2 : Συγκριτικός πίνακας των μεθόδων υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ (σελ.30-34)

Μέθοδος Υπολογισμού ΜΕΑ	**Κριτήριο Ισοδυναμίας**	**Προσομοίωση Δικτύου**	**Απαιτούνται Μετρήσεις Πεδίου**	**Παρατηρούμενα Μεγέθη**	**Σχεδιάστηκε για**	
					Κατηγορία Οδού	**Κατηγορίες Οχημάτων**
Λόγος Χρονικών Διαχωρισμών [22]	Μέσος χρονικός διαχωρισμός	✗	✓	▪ Χρονική στιγμή διέλευσης ▪ Κατηγορία οχήματος	Οδός μίας λωρίδας	▪ Αυτοκίνητο ▪ Μέσο εμπορευματικό ▪ Βαρύ εμπορευματικό ▪ Λεωφορείο
Σύγχρονη Παλινδρόμηση [22],[23]	Μέσος χρονικός διαχωρισμός	✗	✓	▪ Χρονική στιγμή διέλευσης ▪ Κατηγορία οχήματος ▪ Περίοδος μέτρησης	Οδός μίας λωρίδας	▪ Αυτοκίνητο ▪ Μέσο εμπορευματικό ▪ Βαρύ εμπορευματικό ▪ Λεωφορείο
Ασύγχρονη Παλινδρόμηση [22],[23],[25]	Μέσος χρονικός διαχωρισμός	✗	✓	▪ Χρονική στιγμή διέλευσης ▪ Κατηγορία οχήματος ▪ Περίοδος μέτρησης	Οδός μίας λωρίδας	▪ Αυτοκίνητο ▪ Μέσο εμπορευματικό ▪ Βαρύ εμπορευματικό ▪ Λεωφορείο
Walker [28]	Θεωρητικός αριθμός προσπεράσεων	-	-	▪ Ταχύτητα ▪ Κατηγορία οχήματος	Υπεραστική οδός δύο λωρίδων	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό
Καθυστερήσεις-HCM 1965 [17]	Καθυστέρηση	-	-	-	Υπεραστική οδός με περισσότερες από δύο λωρίδες	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό
Καθυστερήσεις-Craus et al. [28]	Καθυστέρηση	-	-	▪ Ταχύτητα ▪ Κατηγορία οχήματος ▪ Κρίσιμο διάκενο	Υπεραστική οδός δύο λωρίδων	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό

Μέθοδος Υπολογισμού ΜΕΑ	**Κριτήριο Ισοδυναμίας**	**Προσομοίωση Δικτύου**	**Απαιτούνται Μετρήσεις Πεδίου**	**Παρατηρούμενα Μεγέθη**	**Σχεδιάστηκε για**	
					Κατηγορία Οδού	**Κατηγορίες Οχημάτων**
Με βάση την Ταχύτητα-St. John [29]	Μέση ταχύτητα	✓	✓	▪ Ικανότητα επιτάχυνσης ανά κατηγορία οχήματος ▪ Ικανότητα ανάπτυξης ταχύτητας ανά κατηγορία οχήματος ▪ Χαρακτηριστικά προσπέρασης ▪ Αποδεκτά διάκενα ▪ Μήκος οχήματος ανά κατηγορία οχήματος	Υπεραστική οδός δύο λωρίδων	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό ▪ Όχημα αναψυχής
Οχηματοώρες [5]	Οχηματοώρες	✓	✓	▪ Μήκος συνδέσμου ▪ Αριθμός λωρίδων ▪ Συγχρονισμός και φάσεις φωτεινών σηματοδοτών ▪ Μήκος οχήματος ▪ Ταχύτητα ▪ Επιτάχυνση ▪ Χρονική στιγμή διέλευσης ▪ Κατηγορία οχήματος	Αστική αρτηρία	▪ Μικρό αυτοκίνητο ▪ Αυτοκίνητο ▪ Λεωφορείο ▪ Φορτηγό δύο αξόνων, έξι τροχών ▪ Φορτηγό τριών ή περισσότερων αξόνων ▪ Συνδυασμός φορτηγών τριών αξόνων ▪ Πολύρυμουλκούμενο όχημα 2S-2 ▪ Πολύρυμουλκούμενο όχημα 3S-2 ▪ Όχημα αναψυχής τεσσάρων ή έξι τροχών

Μέθοδος Υπολογισμού ΜΕΑ	**Κριτήριο Ισοδυναμίας**	**Προσομοίωση Δικτύου**	**Απαιτούνται Μετρήσεις Πεδίου**	**Παρατηρούμενα Μεγέθη**	**Σχεδιάστηκε για**	
					Κατηγορία Οδού	**Κατηγορίες Οχημάτων**
Προσομοίωση-Keller και Saklas [36]	Συνολικός χρόνος μετακίνησης στο δίκτυο	✓	×	×	Αστική αρτηρία	▪ Μικρό αυτοκίνητο ▪ Λεωφορείο ▪ Φορτηγό δύο αξόνων ▪ Φορτηγό τριών αξόνων ▪ Πολύρυμουλκούμενο όχημα 2S-1 ▪ Πολύρυμουλκούμενο όχημα 2S-2 ▪ Πολύρυμουλκούμενο όχημα 3S-2 ▪ Όχημα αναψυχής
Πυκνότητα-Webster και Elefteriadou [33]	Πυκνότητα	✓	✓	▪ Κλίση οδού ▪ Μήκος κεκλιμένου τμήματος ▪ Αριθμός λωρίδων ▪ Καμπυλότητα οδού (οριζόντια και κατακόρυφη) ▪ Υπερύψωση ▪ Μήκος οχήματος ▪ Ταχύτητα ▪ Επιτάχυνση – Επιβράδυνση ▪ Επίδραση κλίσης στην επιτάχυνση και την επιβράδυνση ▪ Κατηγορία οχήματος	Αυτοκινητόδρομος	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό δύο αξόνων ▪ Ημιρυμουλκούμενο όχημα τεσσάρων αξόνων ▪ Ημιρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων ▪ Διπλό ρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων ▪ Τριπλό ρυμουλκούμενο όχημα

Μέθοδος Υπολογισμού ΜΕΑ	**Κριτήριο Ισοδυναμίας**	**Προσομοίωση Δικτύου**	**Απαιτούνται Μετρήσεις Πεδίου**	**Παρατηρούμενα Μεγέθη**	**Σχεδιάστηκε για**	
					Κατηγορία Οδού	**Κατηγορίες Οχημάτων**
Πυκνότητα-HCM 2000 [6],[37],[38]	Πυκνότητα	-	-	-	Υπεραστική οδός	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Φορτηγό ▪ Όχημα αναψυχής
Αναθεωρημένη Μέθοδος Πυκνότητας [37],[38]	Πυκνότητα	✗	✓	▪ Ταχύτητα ▪ Πυκνότητα ▪ Κατηγορία οχήματος ▪ Πλάτος οδού που το όχημα χρησιμοποιεί ▪ Θέση στο οδόστρωμα	Υπεραστική οδός	▪ Δίτροχο μη μηχανοκίνητο ▪ Άλλο μη μηχανοκίνητο ▪ Δίτροχο μηχανοκίνητο ▪ Τρίτροχο μηχανοκίνητο ▪ Αυτοκίνητο ▪ Ελαφρύ όχημα ▪ Βαρύ όχημα ▪ Τρακτέρ
Σχηματισμός Φάλαγγας-Al-Kaisy et al. [41]	Ελαχιστοποίηση διακύμανσης της ικανότητας αποφόρτισης της ουράς του ρεύματος κυκλοφορίας	✗	✓	▪ Αριθμός οχημάτων ανά κατηγορία οχήματος	Αυτοκινητόδρομος	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Βαρύ όχημα
Νευρωνικό Δίκτυο-Basu et al. [19]	Μέση ταχύτητα στο ρεύμα κυκλοφορίας	✗	✓	▪ Ταχύτητα ▪ Κατηγορία οχήματος	Αστικό οδικό τμήμα μεταξύ κόμβων	▪ Δίκυκλο ▪ Παλαιό επιβατικό όχημα ▪ Νέο επιβατικό όχημα ▪ Βαρύ όχημα

Μέθοδος Υπολογισμού ΜΕΑ	**Κριτήριο Ισοδυναμίας**	**Προσομοίωση Δικτύου**	**Απαιτούνται Μετρήσεις Πεδίου**	**Παρατηρούμενα Μεγέθη**	**Σχεδιάστηκε για**	
					Κατηγορία Οδού	**Κατηγορίες Οχημάτων**
Νευρωνικό Δίκτυο-Aggarwal [42]	Συνυπολογίζονται οι επιδράσεις του πλάτους του οδοστρώματος, της κατάστασης του ερείσματος, του διαχωρισμού της κυκλοφορίας σε περισσότερες κατευθύνσεις και των βραδυκίνητων οχημάτων	✗	✓	▪ Πλάτος οδοστρώματος ▪ Κατάσταση ερείσματος ▪ Διαχωρισμός κυκλοφορίας ▪ Ποσοστό βραδυκίνητων οχημάτων	-	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Λεωφορείο
Μέθοδος “Ασαφούς Λογικής” [43],[44]	Συνυπολογίζονται οι επιδράσεις του πλάτους του οδοστρώματος, της κατάστασης του ερείσματος, του διαχωρισμού της κυκλοφορίας σε περισσότερες κατευθύνσεις και των βραδυκίνητων οχημάτων	✗	✓	▪ Πλάτος οδοστρώματος ▪ Κατάσταση ερείσματος ▪ Διαχωρισμός κυκλοφορίας ▪ Ποσοστό βραδυκίνητων οχημάτων	-	▪ Επιβατικό όχημα ▪ Λεωφορείο

Όπου : - Δεν υπάρχουν στοιχεία.

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι επιλογές μεθόδου, εξοπλισμού και περιοχής μελέτης και παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων.

3.1. Μεθοδολογική Προσέγγιση

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας επιχειρείται ο προσδιορισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Εφόσον η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε βασικά κυκλοφοριακά μεγέθη από τα οποία εξαρτώνται οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ είναι άγνωστη απαιτείται η συλλογή επιτόπιων μετρήσεων. Συνεπώς, από τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω, απορρίπτονται εκείνες που στηρίζονται στην προσομοίωση της κυκλοφορίας, την εφαρμογή επιχειρησιακής έρευνας, την ανάπτυξη νευρωνικού δικτύου και "μοντέλου ασαφούς λογικής" ενώ υποψήφιες για χρήση θεωρούνται εκείνες που απαιτούν αποκλειστικά μετρήσεις πεδίου[6]. Οι επικρατέστερες μέθοδοι είναι οι ακόλουθες :

- Μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών
- Σύγχρονη μέθοδος παλινδρόμησης
- Ασύγχρονη μέθοδος παλινδρόμησης
- Αναθεωρημένη μέθοδος πυκνότητας

Οι μέθοδοι παλινδρόμησης απορρίφθηκαν, η μεν σύγχρονη επειδή περιέχει συστηματικά σφάλματα [23] και η δε ασύγχρονη επειδή δίνει χαμηλότερα αποτελέσματα από τις υπόλοιπες μεθόδους [22]. Επιπλέον, η αναθεωρημένη μέθοδος πυκνότητας απορρίφθηκε καθώς σχεδιάστηκε για συνθήκες ετερογενούς κυκλοφορίας [37],[38], οι οποίες συναντώνται σπάνια στις ελληνικές οδούς.

Επομένως, κατάλληλη κρίθηκε η μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών. Στη συγκεκριμένη μέθοδο οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ υπολογίζονται από μετρήσεις χρονικών διαχωρισμών, οι οποίοι προκύπτουν ως διαφορά του χρόνου διέλευσης διαδοχικών οχημάτων από τη διατομή αναφοράς. Οι χρονικοί διαχωρισμοί ταξινομούνται με βάση το ακολουθούν όχημα και έτσι ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ κάθε κατηγορίας προσδιορίζεται ως λόγος του μέσου χρονικού διαχωρισμού της συγκεκριμένης κατηγορίας και του μέσου χρονικού διαχωρισμού των επιβατικών αυτοκινήτων.

3.2. Μέσα Καταγραφής Μετρήσεων

Εκτός των άλλων, στόχο της εργασίας αποτελεί η συλλογή δεδομένων με τον ταχύτερο και αποδοτικότερο τρόπο. Η εφαρμογή της παραδοσιακής μεθόδου του παρατηρητή σίγουρα δεν αποτελεί τη βέλτιστη λύση δεδομένου ότι ο ανθρώπινος παράγοντας εισάγει λάθη και παραλείψεις ενώ περιορίζει δραματικά τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων. Για το λόγο αυτό το ενδιαφέρον στράφηκε στη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού που επιτρέπει την αυτοματοποίηση της συλλογής των δεδομένων. Ωστόσο, η περιοδική παρουσία του παρατηρητή είναι επιθυμητή προκειμένου να είναι δυνατός ο έλεγχος της ορθότητας των καταγραφών του μετρητή. Συμπληρωματικά, η χρήση βιντεοκάμερας για τις μετρήσεις στις οποίες είναι παρών ο παρατηρητής παρέχει πρόσθετα πλεονεκτήματα όπως η κάλυψη παραλείψεων του παρατηρητή, η διόρθωση πιθανών λαθών του αλλά και η εξασφάλιση οποιασδήποτε άλλης πρόσθετης πληροφορίας μετά το τέλος των μετρήσεων.

[6] Δεν γίνεται λόγος για τις μεθόδους για τις οποίες υπάρχουν ελλιπή στοιχεία.

3.3. Επιλογή Εξοπλισμού

Η εφαρμογή της μεθόδου του λόγου χρονικών διαχωρισμών απαιτεί την καταγραφή της χρονικής στιγμής κατά την οποία ένα όχημα διέρχεται από τη διατομή αναφοράς και την αναγνώριση της κατηγορίας του οχήματος.

Από τα διατιθέμενα όργανα καταγραφής κυκλοφοριακών μετρήσεων καταλληλότερος για το σκοπό αυτό κρίθηκε ο φωρατής πεπιεσμένου αέρα MetroCount 5600 αφού παρέχει τη μεγαλύτερη ακρίβεια καταγραφής της χρονικής στιγμής διέλευσης οχήματος.

3.3.1. Ο φωρατής MetroCount 5600

Ο φωρατής MetroCount 5600 αποτελεί έναν οικονομικό, φορητό μετρητή κυκλοφοριακών συμβάντων κατάλληλο για μελέτες μικρής διάρκειας, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών [45]. Ο MetroCount 5600 έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με ένα ή δύο σωλήνες πεπιεσμένου αέρα. Η χρήση ενός σωλήνα επιτρέπει μόνο τη μελέτη σε επίπεδο άξονα οχήματος ενώ η χρήση δύο σωλήνων δίνει πρόσθετα τη δυνατότητα ταξινόμησης των οχημάτων σε κατηγορίες και υπολογισμού της ταχύτητας τους [46]. Επιπλέον, υπογραμμίζεται πως σε αντίθεση με άλλα συστήματα ο συγκεκριμένος φωρατής αποθηκεύει αποκλειστικά και μόνο τη χρονική στιγμή διέλευσης των αξόνων των οχημάτων από τους σωλήνες. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα μετέπειτα επεξεργασίας των καταγραφών αυτών και μελέτης τους είτε σε επίπεδο άξονα οχήματος είτε σε επίπεδο οχήματος με τη χρήση του λογισμικού MetroCount Traffic Executive [45].

Εικόνα 3.1 : Ο φωρατής πεπιεσμένου αέρα MetroCount 5600 [47]

Χαρακτηριστικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά του MetroCount 5600 συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα [45], [48]:

Πίνακας 3.1 : Βασικά χαρακτηριστικά του MetroCount 5600

MetroCount 5600	
Διάρκεια Μπαταρίας	290 μέρες
Μνήμη	2MB CMOS RAM
Είδος Αισθητήρα	Σωλήνας Πεπιεσμένου Αέρα
Ανάλυση στο Πεδίο του Χρόνου	0.833×10^{-3} δλ
Απόσταση Αισθητήρων	800χιλ – 1200χιλ
Διαστάσεις	243χιλ x 107χιλ x 82χιλ
Βάρος	1.06κ.
Θερμοκρασία Λειτουργίας	-10°C – 60°C
Υγρασία Λειτουργίας	0 – 95%
Υψόμετρο Λειτουργίας	0 – 3000μ

Αρχή λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας του φωρατή πεπιεσμένου αέρα είναι απλή. Πρόκειται για ένα σύστημα που αποτελείται από έναν ή περισσότερους σωλήνες πεπιεσμένου αέρα, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με μία υπολογιστική μονάδα (roadside unit). Οι σωλήνες τοποθετούνται στο οδόστρωμα και η υπολογιστική μονάδα σε ασφαλές μέρος εκτός οδοστρώματος. Οι σωλήνες είναι λαστιχένιοι και το ένα άκρο τους καταλήγει στην υπολογιστική μονάδα ενώ το άλλο άκρο τους είναι κλειστό. Όταν ένα όχημα πατήσει τους σωλήνες αυτοί στέλνουν τον περιεχόμενο αέρα στην υπολογιστική μονάδα. Αυτή η μεταβολή της πίεσης κλείνει ένα διακόπτη και στέλνει ένα ηλεκτρικό σήμα σηματοδοτώντας το πέρασμα του οχήματος [49].

Υπολογισμός χρονικών διαχωρισμών

Οι χρονικοί διαχωρισμοί προκύπτουν από την απλή αφαίρεση των χρονικών στιγμών διέλευσης δύο διαδοχικών οχημάτων.

Υπολογισμός ταχύτητας

Ως ταχύτητα οχήματος αναφέρεται η ταχύτητα του πρώτου άξονα του οχήματος, η οποία προκύπτει από την ακόλουθη σχέση [48]:

$$V = \frac{L}{\Delta T_{AB_{1ου\ άξονα}}} = \frac{L}{T_{B_{1ου\ άξονα}} - T_{A_{1ου\ άξονα}}} \qquad \textit{Σχέση 3.1}$$

Όπου :

V : η ταχύτητα του οχήματος

L : η απόσταση των δύο σωλήνων

$T_{A_{1ου\ άξονα}}$: η χρονική στιγμή διέλευσης του πρώτου άξονα του οχήματος από τον ανάντη σωλήνα

$T_{B_{1ου\ άξονα}}$: η χρονική στιγμή διέλευσης του πρώτου άξονα του οχήματος από τον κατάντη σωλήνα

Ταξινόμηση

Εφόσον η ταχύτητα του οχήματος έχει υπολογιστεί και θεωρείται σταθερή και ίση με την ταχύτητα του πρώτου άξονα είναι δυνατός ο υπολογισμός των αποστάσεων μεταξύ των αξόνων του οχήματος χρησιμοποιώντας τη σχέση [46]:

$$D_{i-1} = \frac{V}{\Delta T_{AB_{\text{άξονα i}}}} = \frac{V}{T_{B_{\text{άξονα i}}} - T_{A_{\text{άξονα i}}}} \qquad \textit{Σχέση 3.2}$$

Όπου :

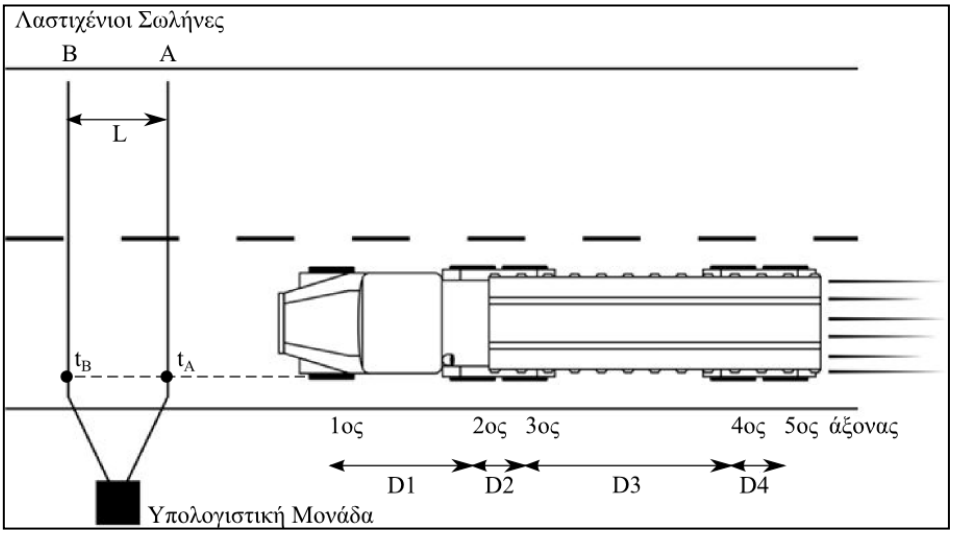
D_{i-1} : η απόσταση μεταξύ των αξόνων i-1 και i

V : η ταχύτητα του οχήματος

$T_{A_{\text{άξονα i}}}$: η χρονική στιγμή διέλευσης του άξονα i του οχήματος από τον ανάντη σωλήνα

$T_{B_{\text{άξονα x}}}$: η χρονική στιγμή διέλευσης του άξονα i του οχήματος από τον κατάντη σωλήνα

Με βάση τις αποστάσεις αυτές είναι δυνατός ο προσδιορισμός της κατηγορίας του οχήματος.



Εικόνα 3.2 : Υπολογισμός ταχύτητας και ταξινόμηση με το MetroCount 5600 [50]

3.3.2. Η βιντεοκάμερα

Συμπληρωματικά χρησιμοποιήθηκε και ερασιτεχνική βιντεοκάμερα. Ο ρόλος της βιντεοκάμερας ήταν επικουρικός. Τα δεδομένα βίντεο χρησιμοποιήθηκαν για την ανάκτηση πληροφορίας που δεν καταγράφηκε από τον παρατηρητή άλλα και τον έλεγχο τόσο των καταγραφών του παρατηρητή όσο και της αυτόματης ταξινόμησης του συστήματος MetroCount.

Χαρακτηριστικά

Τα μόνα χαρακτηριστικά της μηχανής, τα οποία επηρεάζουν τη συλλογή των μετρήσεων είναι η διάρκεια της μπαταρίας και η μνήμη της καθώς η χρήση της είναι επικουρική και δεν στοχεύει στην εξαγωγή γεωμετρικής πληροφορίας.

Η μνήμη της βιντεοκάμερας παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής μιάμισης ώρας ενώ η διάρκεια της μπαταρίας ανέρχεται στις δύο περίπου ώρες.

3.4. Επιλογή Περιοχής Μελέτης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα επιζητούμενα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της επιλεχθείσης οδού.

3.4.1. Επιζητούμενα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Κάθε μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ πρέπει να εφαρμόζεται στις συνθήκες για τις οποίες σχεδιάστηκε [22]. Η εφαρμογή της μεθόδου του λόγου χρονικών διαχωρισμών επιβάλλει τους ακόλουθους περιορισμούς στην επιλογή του μελετώμενου κόμβου:

- Επιλογή οδού μίας λωρίδας
  Ο περιορισμός αυτός οφείλεται στο γεγονός ότι η μέθοδος του λόγου χρονικών διαχωρισμών σχεδιάστηκε για οδούς αυτής της μορφής.
- Επιλογή σηματοδοτούμενου κόμβου
  Στη μέθοδο αυτή καταγράφονται οι χρονικές στιγμές άφιξης των οχημάτων όταν αυτά βρίσκονται σε κορεσμό. Η επιλογή σηματοδοτούμενου κόμβου εξασφαλίζει συνθήκες κορεσμού.
- Επιλογή οδού που εξυπηρετεί υψηλούς φόρτους
  Ο περιορισμός αυτός επιβάλλεται προκειμένου να είναι δυνατή η συλλογή ενός ικανοποιητικού δείγματος χρονικών διαχωρισμών, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι από τα πρώτα οχήματα της ουράς που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης ορισμένα θα εξαιρεθούν από τις μετρήσεις εξαιτίας της επιταχυνόμενης κίνησής τους στην αρχή της πράσινης ένδειξης.
- Επιλογή κόμβου που επιτρέπει την απρόσκοπτη κίνηση των οχημάτων κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης ώστε οι χρονικοί διαχωρισμοί να είναι ανεξάρτητοι από την κίνηση στον ανάντη κόμβο.
- Η κυκλοφορία της μελετώμενης οδού πρέπει να συντίθεται από οχήματα των παρακάτω κατηγοριών :
  - Αυτοκίνητο
  - Μέσο εμπορευματικό όχημα
  - Βαρύ εμπορευματικό όχημα
  - Λεωφορείο

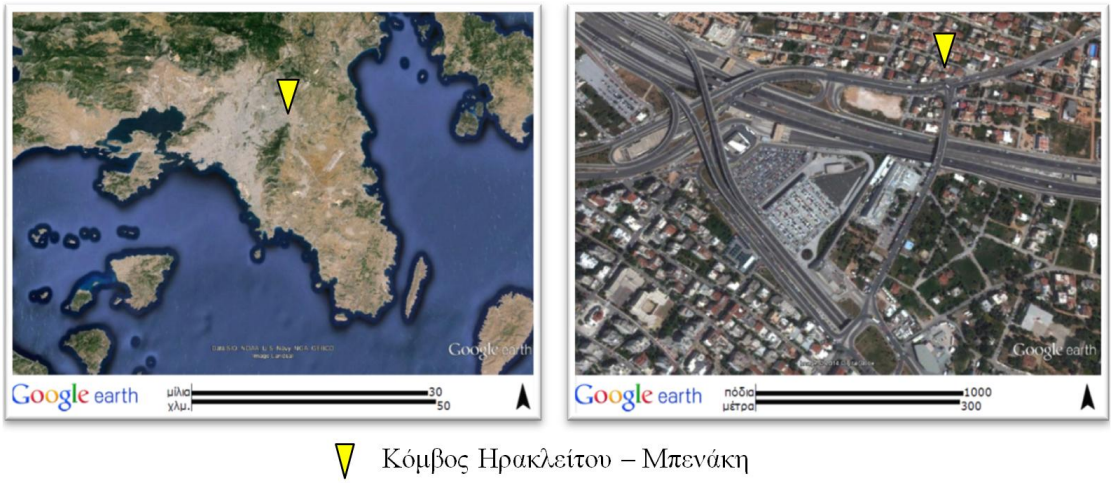
  Ο περιορισμός αυτός οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη μέθοδος σχεδιάστηκε για τον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ των παραπάνω κατηγοριών.

Επιπλέον, προκειμένου να μελετηθεί αποκλειστικά και μόνο η επίδραση της κίνησης των ίδιων των οχημάτων στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ η υπό μελέτη οδός πρέπει να συγκεντρώνει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [21]:

- Αμελητέα κατά μήκος κλίση
- Απουσία στρεφουσών κινήσεων
- Απουσία λεωφορειολωρίδας
- Απουσία εμποδίων (στάση λεωφορείου, παρόδια στάθμευση, διέλευση πεζών)
- Διαχωρισμός κατευθύνσεων με διαχωριστική νησίδα

3.4.2. Χαρακτηριστικά της επιλεχθείσης περιοχής μελέτης

Κατάλληλη για την παρούσα μελέτη κρίθηκε η συμβολή των οδών Ηρακλείτου και Μπενάκη στο Χαλάνδρι. Τα χαρακτηριστικά του κόμβου, η περίοδος και η διάρκεια των μετρήσεων περιγράφονται στις παραγράφους που ακολουθούν.



Εικόνα 3.3 : Θέση του κόμβου Ηρακλείτου – Μπενάκη στο λεκανοπέδιο της Αττικής (αριστερά) και σε σχέση με τις γειτονικές οδούς (δεξιά) [51]

Χαρακτηριστικά του κόμβου

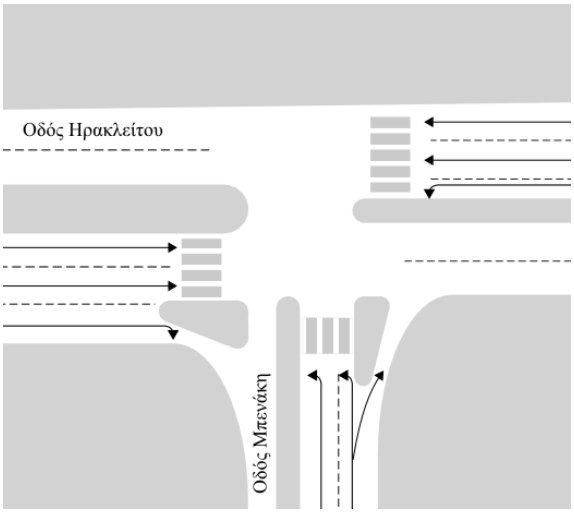
Σύμφωνα με τη λειτουργική ιεράρχηση των Οδηγιών Μελετών Οδικών Έργων [1] η οδός Ηρακλείτου αποτελεί μία κύρια αρτηρία. Ο κόμβος της οδού Ηρακλείτου με την οδό Μπενάκη είναι σηματοδοτούμενος και φωτιζόμενος. Στο ύψος του κόμβου η οδός Ηρακλείτου έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

Πίνακας 3.2 : Χαρακτηριστικά της οδού Ηρακλείτου στο ύψος του κόμβου με την οδό Μπενάκη

Χαρακτηριστικά Οδού Ηρακλείτου	
Αριθμός Λωρίδων Κυκλοφορίας (συνολικά)	6
Φόρτος	Υψηλός
Απρόσκοπτη κίνηση	Συνήθως
Κατηγορίες Εξυπηρετούμενων Οχημάτων	▪ Μοτοσυκλέτα ▪ Επιβατικό όχημα ▪ Ημιφορτηγό ▪ Μικρό φορτηγό ▪ Φορτηγό ▪ Μικρό λεωφορείο ▪ Λεωφορείο
Αμελητέα Κλίση	✓
Απουσία Στρεφουσών Κινήσεων	✗
Απουσία Λεωφορειολωρίδας	✓
Απουσία Εμποδίων	✓
Ύπαρξη Διαχωριστικής Νησίδας	✓

Η οδός Ηρακλείτου διαθέτει έξι λωρίδες κυκλοφορίας (τρεις ανά κατεύθυνση). Τόσο στην άνοδο όσο και στην κάθοδο υπάρχουν δύο λωρίδες που εξυπηρετούν την ευθεία κίνηση και μία λωρίδα που εξυπηρετεί αποκλειστικά τις στρέφουσες κινήσεις.

Εικόνα 3.4 : Ο κόμβος Ηρακλείτου – Μπενάκη [52]



Εικόνα 3.5 : Σκαρίφημα του κόμβου Ηρακλείτου – Μπενάκη

Από τις δύο κατευθύνσεις της οδού καταλληλότερη κρίθηκε η κατεύθυνση προς Πεντέλη καθώς σε αυτή την κατεύθυνση η κίνηση των οχημάτων είναι συνήθως απρόσκοπτη. Η κίνηση επί της οδού, στην κατεύθυνση προς Πεντέλη διεξάγεται κανονικά, αφού δεν υπάρχουν εμπόδια και η κίνηση των οχημάτων διακόπτεται σπάνια είτε εξαιτίας της κίνησης στην κάθετη είτε εξαιτίας της στάθμευσης προπορευόμενων οχημάτων σε κάποιο από τα καταστήματα που βρίσκονται επί της οδού. Σε απόσταση εκατό περίπου μέτρων από την εξεταζόμενη διατομή υπάρχει στάση λεωφορείου, η οποία δεν συνιστά εμπόδιο στην απρόσκοπτη κίνηση των οχημάτων (η στάση λεωφορείου προηγείται του κόμβου).

Δεδομένου ότι η χρησιμοποιούμενη μέθοδος υπολογισμού των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ απαιτεί γνώση της κατηγορίας του οχήματος ο μετρητής MetroCount 5600 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη μόνο μίας λωρίδας κυκλοφορίας. Ο περιορισμός αυτός δεν συνιστά μειονέκτημα καθώς η ίδια η μέθοδος έχει σχεδιαστεί για οδούς μίας λωρίδας κυκλοφορίας. Στην οδό Ηρακλείτου η ευθεία κίνηση εξυπηρετείται από δύο λωρίδες, ωστόσο η κίνηση στη μία δεν επηρεάζει την κίνηση στην άλλη (δεν υπάρχουν εμπόδια, σπανίως πραγματοποιούνται αλλαγές λωρίδας στο ύψος της γραμμής στάσης) και συνεπώς είναι

δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου. Σε ό,τι αφορά στην επιλογή της υπό μελέτη λωρίδας επιλέχθηκε η δεξιά λωρίδα καθώς παρέχει τη δυνατότητα ασφαλέστερης τοποθέτησης του οργάνου αφού δεξιά της υπάρχει τριγωνική νησίδα με μεγαλύτερο πλάτος από την αντίστοιχη διαχωριστική νησίδα στα αριστερά της αριστερής λωρίδας. Επιπλέον, η δεξιά λωρίδα αναμένεται να χρησιμοποιείται περισσότερο από λεωφορεία και φορτηγά δίνοντας τη δυνατότητα συλλογής αντιπροσωπευτικού δείγματος για κάθε κατηγορία οχημάτων.

Περίοδος και διάρκεια μετρήσεων

Κατάλληλες περίοδοι για την πραγματοποίηση κυκλοφοριακών μετρήσεων είναι οι ώρες αιχμής. Οι χρονικές περίοδοι αιχμής εξαρτώνται άμεσα από τις χρήσεις γης της περιοχής μελέτης. Γύρω από το μελετώμενο κόμβο συναντώνται οι ακόλουθες χρήσεις γης :

- Γενική κατοικία
- Αμιγής κατοικία
- Εγκαταστάσεις Μεταφορών

Εικόνα 3.6 : Οι χρήσεις γης γύρω από τον κόμβο Ηρακλείτου – Μπενάκη[7]

Οι παραπάνω χρήσεις γης έλκουν μετακινήσεις σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στη διάρκεια της εβδομάδας, οι παραπάνω χρήσεις έλκουν περισσότερες μετακινήσεις τις καθημερινές ενώ οι ημέρες Σάββατο και Κυριακή παρουσιάζουν μειωμένη κίνηση δεδομένου ότι δεν είναι εργάσιμες. Σε ωριαία βάση οι παραπάνω χρήσεις έλκουν περισσότερες μετακινήσεις στις χρονικές περιόδους, στη διάρκεια των οποίων οι χρήστες κατευθύνονται ή επιστρέφουν προς/από την εργασία τους. Όπως διαπιστώθηκε ύστερα από επιτόπια παρατήρηση ιδανική για τη διεξαγωγή μετρήσεων ήταν η χρονική περίοδος 14:00 – 21:00 ενώ δεν χρησιμοποιήθηκε η πρωινή αιχμή καθώς ο φόρτος ήταν αισθητά χαμηλότερος σε σχέση με τον αντίστοιχο της προαναφερθείσας περιόδου.

Προκειμένου να συλλεχθούν δεδομένα σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού στη διάρκεια της περιόδου 14:00 – 21:00 πραγματοποιούνταν μετρήσεις δύο φορές την ημέρα, μία φορά σε

[7] Σχέδιο χωρίς κλίμακα λόγω έλλειψης πληροφορίας.

συνθήκες φυσικού φωτισμού και μία φορά κατά τη διάρκεια της νύχτας σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού.

Σε ό,τι αφορά στη διάρκεια των μετρήσεων αυτή περιορίστηκε στις δυνατότητες του υπάρχοντος εξοπλισμού. Συγκεκριμένα, ο μετρητής MetroCount 5600 χρησιμοποιήθηκε αδιάκοπα για μελέτη διάρκειας περίπου δύο εβδομάδων. Οι μετρήσεις διακόπηκαν εξαιτίας της φθοράς των πνευματικών σωλήνων. Επιπλέον, η βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας και η συλλογή δεδομένων με τη μέθοδο του παρατηρητή περιορίστηκαν στη μιάμιση ώρα ανά περίοδο μέτρησης εξαιτίας της διάρκειας της μπαταρίας και του μεγέθους της μνήμης της βιντεοκάμερας.

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τις χρονικές περιόδους βιντεοσκόπησης της κυκλοφορίας και συλλογής δεδομένων με τη μέθοδο του παρατηρητή στον κόμβο Ηρακλείτου – Μπενάκη.

Πίνακας 3.3 : Χρονικές περίοδοι βιντεοσκόπησης της κυκλοφορίας και συλλογής δεδομένων με τη μέθοδο του παρατηρητή στον κόμβο Ηρακλείτου – Μπενάκη

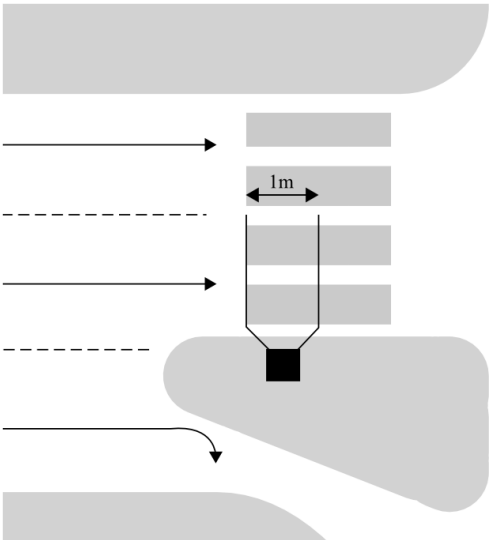
Α/Α	**Ημερομηνία**	**Ημέρα – Συνθήκες Φυσικού Φωτισμού**			**Νύχτα – Συνθήκες Τεχνητού Φωτισμού**	
		Αιθρία	Νέφωση	Βροχή	Χωρίς Βροχή	Βροχή
1	18/11/13		14:26 – 15:55			
2	19/11/13		15:39 – 17:07		20:17 – 20:52 και 20:53 – 21:38	20:52 – 20:53
3	20/11/13	16:16 – 17:16			19:36 – 21:00	
4	21/11/13		15:25 – 16:44			
5	22/11/13	16:11 – 17:11			20:42 – 21:45	
6	25/11/13		15:40 – 17:11		20:27 – 21:57	
7	26/11/13	15:25 – 16:29	15:16 – 15:25 και 16:29 – 16:44	15:14 – 15:16	20:44 – 21:25	
8	27/11/13	13:23 – 13:41			20:09 – 21:30	
9	28/11/13	16:11 – 17:11			20:25 – 21:26	
Σύνολο (ώρες)		4.37	6.18	0.03	8.62	0.02

3.5. Διεξαγωγή των Μετρήσεων

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται με λεπτομέρεια η διεξαγωγή των μετρήσεων, παρουσιάζεται η διαδικασία τοποθέτησης και ρύθμισης του μετρητή, ο ρόλος του παρατηρητή και της βιντεοκάμερας.

3.5.1. Τοποθέτηση του μετρητή

Η υπολογιστική μονάδα του συστήματος MetroCount 5600 τοποθετήθηκε στη νησίδα όπως προαναφέρθηκε. Οι δύο ίδιου μήκους πνευματικοί σωλήνες τοποθετήθηκαν στο οδόστρωμα στο ύψος της γραμμής στάσης με τρόπο τέτοιο ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι ίση με 1μ, να είναι παράλληλοι μεταξύ τους και κάθετοι στην κίνηση των οχημάτων προκειμένου να αποφευχθούν συστηματικά σφάλματα [48].

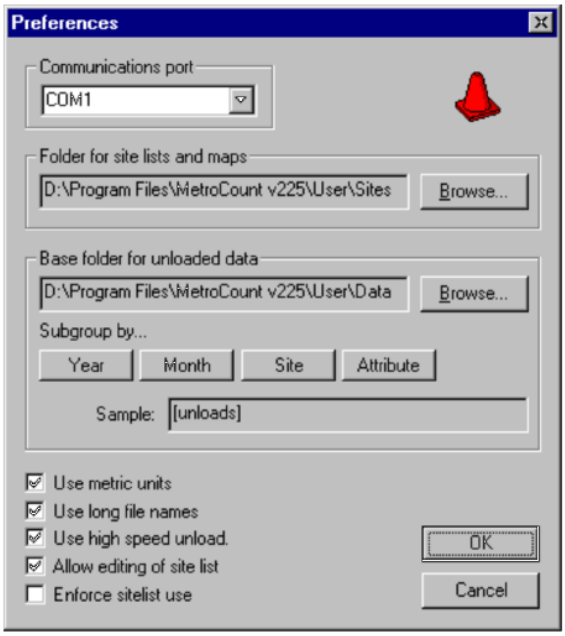


Εικόνα 3.7 : Τοποθέτηση του μετρητή

3.5.2. Ρυθμίσεις του Μετρητή

Η υπολογιστική μονάδα του συστήματος MetroCount 5600 είναι δυνατό να συνδεθεί με ηλεκτρονικό υπολογιστή προκειμένου μέσω του αντίστοιχου λογισμικού να ρυθμιστεί η λειτουργία του μετρητή.

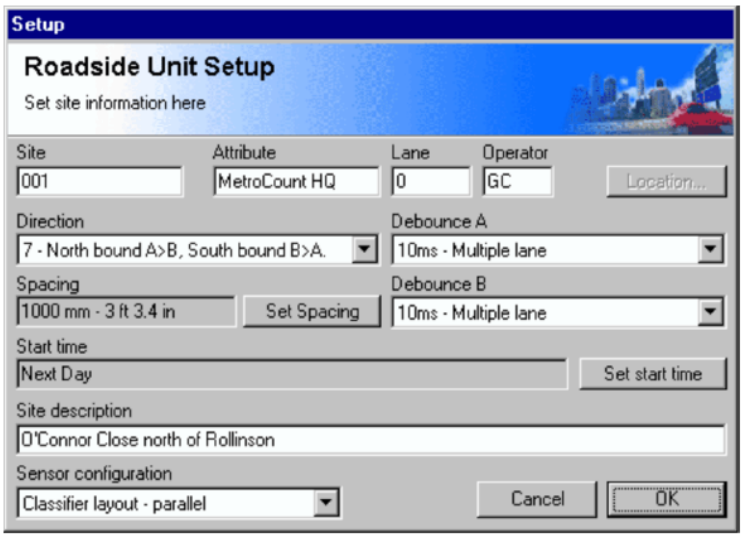
Αρχικά επιλέγεται η θύρα επικοινωνίας με το μετρητή και ο φάκελος αποθήκευσης των καταγραφών.



Εικόνα 3.8 : Επιλογή θύρας επικοινωνίας και διεύθυνσης αποθήκευσης καταγραφών[53]

Στη συνέχεια, ο χρήστης δίνει πληροφορίες για την περιοχή μελέτης (τοπωνύμιο, αριθμός λωρίδων, διεύθυνση κίνησης οχημάτων), τη διάταξη των σωλήνων και τη μεταξύ τους

απόσταση και ορίζει την τιμή «αναπήδησης»[8] (debounce) και τη χρονική στιγμή έναρξης των μετρήσεων.



Εικόνα 3.9 : Ρυθμίσεις MetroCount 5600 [53]

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης η απόσταση μεταξύ των σωλήνων ήταν 1000χιλ., οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε παράλληλη διάταξη και ως τιμή «αναπήδησης» χρησιμοποιήθηκε η προτεινόμενη τιμή για μία λωρίδα κυκλοφορίας που είναι ίση με 30×10^{-3} δλ.

3.5.3. Ο ρόλος του παρατηρητή

Όπως προειπώθηκε η περιοδική παρουσία του παρατηρητή ήταν επιθυμητή. Στις αρμοδιότητες του παρατηρητή εκτός από τη συλλογή δεδομένων συμπεριλαμβάνονταν η βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας αλλά και ο έλεγχος της λειτουργίας του μετρητή.

Έλεγχος λειτουργίας μετρητή

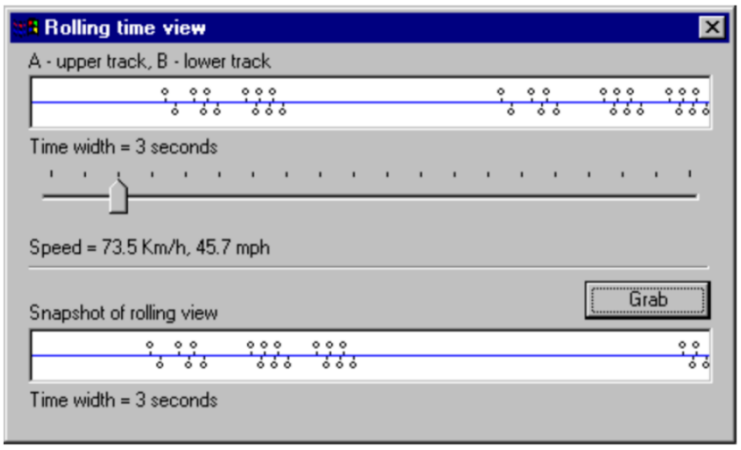
Βασικό μέλημα του παρατηρητή ήταν ο έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος MetroCount 5600.

Ο πρώτος έλεγχος του παρατηρητή αφορούσε στη φθορά των πνευματικών σωλήνων. Εφόσον οι σωλήνες δεν είχαν παρασυρθεί από τα διερχόμενα οχήματα και η επιφάνειά τους δεν έφερε σχισμές ή άλλου είδους φθορές ο παρατηρητής προχωρούσε στον έλεγχο της λειτουργίας της υπολογιστικής μονάδας.

Συνδέοντας φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή με την υπολογιστική μονάδα έλεγχε τη λειτουργία του μετρητή.

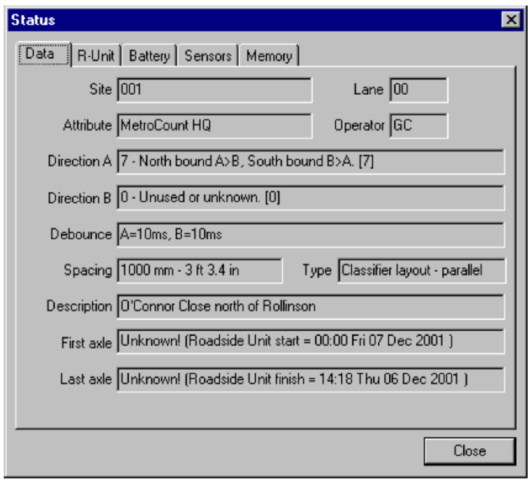
Πρώτα απ' όλα έλεγχε την καταγραφή συμβάντων σε πραγματικό χρόνο συγκρίνοντας την πραγματική με την καταγραφόμενη κατάσταση.

[8] Ως τιμή «αναπήδησης» αναφέρεται το χρονικό διάστημα μετά την τελευταία καταγραφή, στη διάρκεια του οποίου δεν πραγματοποιούνται νέες καταγραφές καθώς είναι πολύ πιθανό να παρουσιαστούν πλασματικά συμβάντα εξαιτίας της αναπήδησης των λαστιχένιων σωλήνων [48].

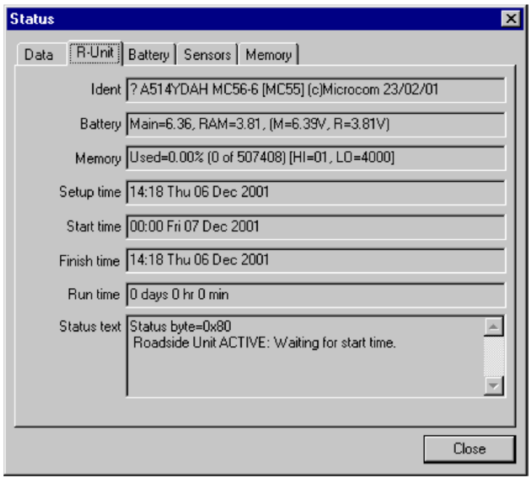


Εικόνα 3.10 : Έλεγχος καταγραφής συμβάντων σε πραγματικό χρόνο [53]

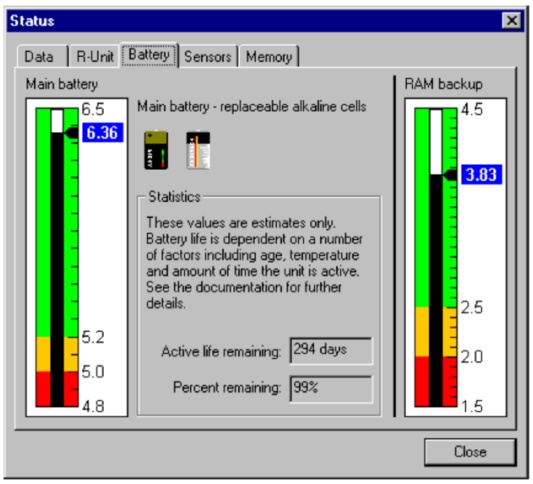
Στη συνέχεια, έλεγχε την κατάσταση του μετρητή. Πιο συγκεκριμένα, μελετούσε τις πληροφορίες σχετικά με τα αποθηκευμένα δεδομένα (*Εικόνα 3.11* – (i)), την τρέχουσα λειτουργία του μετρητή (*Εικόνα 19* – (ii)), τη διάρκεια της μπαταρίας (*Εικόνα 19* – (iii)), τον αριθμό καταγραφών ανά άξονα (*Εικόνα 19* – (iv)) και την εναπομένουσα μνήμη (*Εικόνα 19* – (v)). Επιπλέον, έλεγχε την ποιότητα των καταγραφόμενων δεδομένων συγκρίνοντας τον αριθμό των καταγραφών ανά άξονα τόσο κατά τον έλεγχο της λειτουργίας του μετρητή (*Εικόνα 19* – (iv)) όσο και κατά τη μεταφορά των δεδομένων στο φορητό υπολογιστή (*Εικόνα 19* – (vi)).



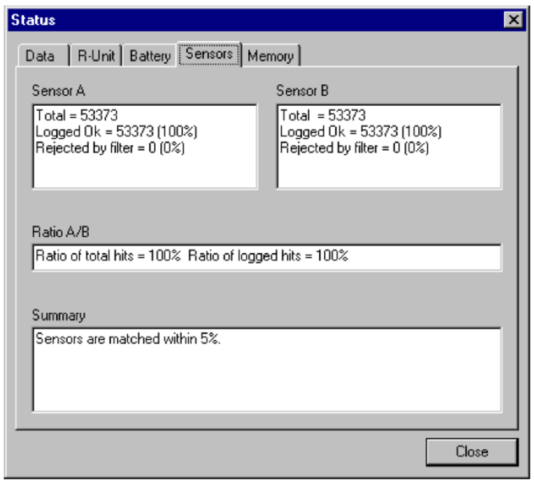
(i)



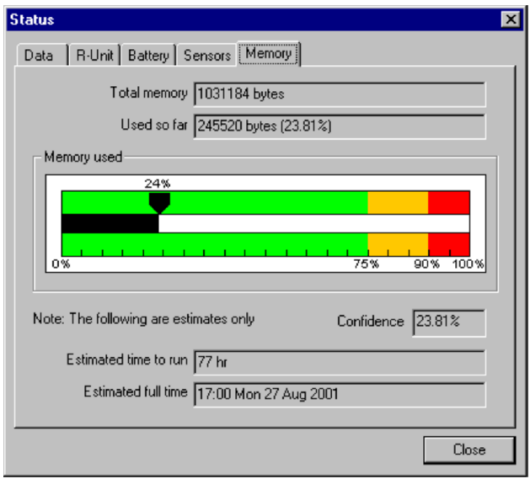
(ii)



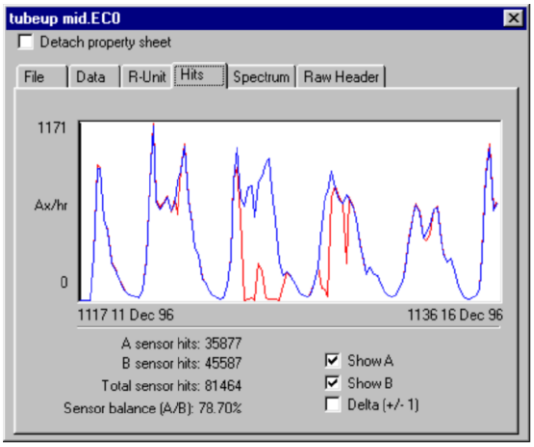
(iii)



(iv)



(v)



(vi)

Εικόνα 3.11 : Έλεγχος κατάστασης λειτουργίας του μετρητή [53]

Συλλογή μετρήσεων του παρατηρητή

Ο παρατηρητής συνέλεγε δεδομένα τα οποία αφορούσαν στον αριθμό και το είδος των οχημάτων που βρίσκονταν σε κορεσμό και έλεγχε την κανονικότητα της κυκλοφορίας καταγράφοντας συμβάντα που επηρέασαν την απρόσκοπτη κίνηση των οχημάτων (αλλαγή λωρίδας, εκ των υστέρων είσοδος στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης, ύπαρξη κατάντους ουράς που επηρέασε την ταχύτητα των οχημάτων της μελετώμενης λωρίδας, καθυστέρηση στην κίνηση των οχημάτων που οφειλόταν σε υπαιτιότητα του οδηγού π.χ. ο οδηγός μιλούσε στο τηλέφωνο).

Βιντεοσκόπηση των μετρήσεων

Ο παρατηρητής τοποθετούσε την βιντεοκάμερα σε τρίποδο πάνω στην τριγωνική νησίδα προκειμένου να καταγράψει την ουρά που δημιουργούνταν κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης και να αξιοποιήσει το υλικό βίντεο για να καλύψει τυχόν παραλείψεις ή λάθη των δικών του καταγραφών ή ακόμα και να εξάγει δεδομένα, η συλλογή των οποίων δεν είχε σχεδιαστεί εξ αρχής.

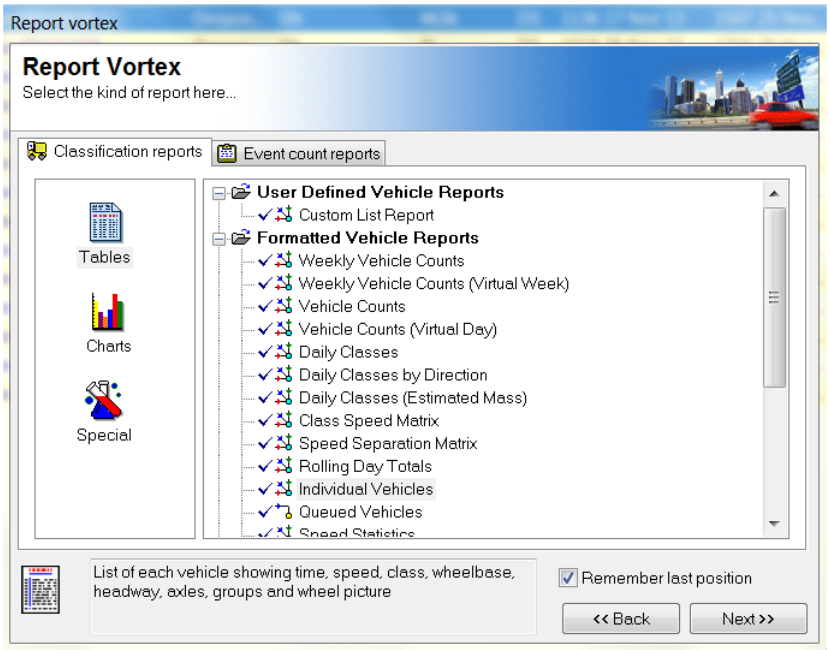
4. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία εξαγωγής και ποιοτικού ελέγχου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 και παρουσιάζεται η επεξεργασία των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή αλλά και του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600.

4.1. Εξαγωγή των Απαραίτητων Δεδομένων

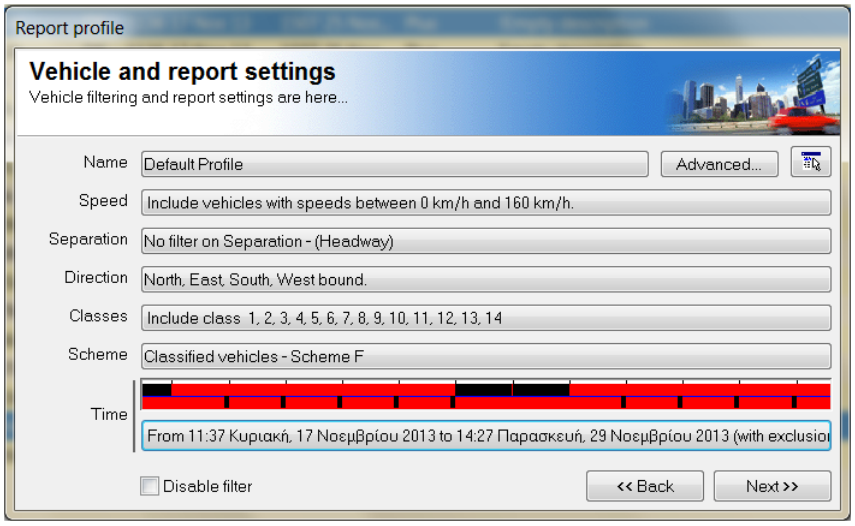
Οι καταγραφές εξάχθηκαν με τη χρήση του λογισμικού MetroCount Traffic Executive. Αρχικά, επιλέχθηκε η λειτουργία ανάλυσης των δεδομένων. Το MetroCount Traffic Executive δίνει δύο επιλογές ανάλυσης, την ανάλυση ταξινόμησης (classification analysis) και την ανάλυση συμβάντων (event count analysis). Η πρώτη λειτουργία παρέχει πληροφορία σε επίπεδο οχήματος ενώ η δεύτερη παρέχει πληροφορία σε επίπεδο άξονα οχήματος. Συνεπώς, κατάλληλη για τη συγκεκριμένη μελέτη κρίθηκε η ανάλυση ταξινόμησης.

Στη συνέχεια, επιλέχθηκε ο μορφότυπος και το περιεχόμενο της αναφοράς. Από τους παρεχόμενους μορφότυπους επιλέχθηκε η αναφορά σε μορφή πίνακα και σε ό,τι αφορά στο περιεχόμενο επιλέχθηκε η αναφορά μεμονωμένων οχημάτων (individual vehicles).



Εικόνα 4.1 : Επιλογή τύπου αναφοράς

Έπειτα, έγιναν κάποιες πρόσθετες ρυθμίσεις που αφορούν στα δεδομένα που συμπεριλήφθηκαν στην αναφορά. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε η χρήση όλων των καταγραφών εκτός του Σαββατοκύριακου, για ταχύτητες 0-160χλμ/ώρα, για όλες τις τιμές χρονικών διαχωρισμών, όλες τις κατευθύνσεις και όλες τις κατηγορίες οχημάτων.



Εικόνα 4.2 : Πρόσθετες ρυθμίσεις

Ακολούθησε η ανάλυση της αλληλουχίας αξόνων με βάση τις παραπάνω επιλογές σε τρία βήματα, ως εξής [53]:

- Συμμετοχή αξόνων
  Εξετάστηκε η αλληλουχία αξόνων και ομαδοποιήθηκαν οι άξονες σε πιθανά οχήματα. Η ομαδοποίηση αυτή στηρίχθηκε σε παραμέτρους χρόνου και αποστάσεων.
- Ταξινόμηση
  Οι ομαδοποιημένοι άξονες ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες οχημάτων με βάση τις μεταξύ τους αποστάσεις. Οι κατηγορίες των οχημάτων εξαρτώνται από το σύστημα ταξινόμησης που έχει επιλεγεί. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε το σύστημα οπτικής ταξινόμησης, Scheme F της FHWA (*Εικόνα 4.3*).
- Μορφοποίηση αναφοράς
  Τα χαρακτηριστικά των ταξινομημένων οχημάτων εγγράφηκαν σε μία κατάλληλα διαμορφωμένη αναφορά.

Τέλος, η αναφορά αποθηκεύτηκε σε μορφή απλού κειμένου ANSI (.txt) προκειμένου να είναι δυνατή η εισαγωγή των καταγραφών σε οποιοδήποτε άλλο λογισμικό για περαιτέρω επεξεργασία.

Scheme F Classification Scheme (Non-metric)

Scheme F is an attempt to implement the FHWA's visual classification scheme as an axle-based classification scheme. This is one of several interpretations.

Class	Vehicle Type	No. of Axles	Axle spacing in feet				
			Axle 1 to 2	Axle 2 to 3	Axle 3 to 4	Axle 4 to 5	Axle 5 to 6
1	motorcycle	2	< 6.0				
2	passenger car	2	6.0 - 10.0				
	car + 1 axle trailer	3	< 10.0	10.0 - 18.0			
	car + 2 axle trailer	4	< 10.0		< 3.5		
3	pickup	2	10.0 - 15.0				
	pickup + 1 axle trailer	3	10.0 - 15.0	10.0 - 18.0			
	pickup + 2 axle trailer	4	10.0 - 15.0		< 3.5		
	pickup + 3 axle trailer	5	9.9 - 15.0			< 3.5	
4	bus	2	> 20.0				
	bus	3	> 19.0				
5	single unit truck - dual rear axle	2	14.9 - 20.0			< 3.5	
6	3 axle truck	3		< 18.0			
7	4 axle truck	4					
8	2S1	3		> 18.0			
	2S2	4		> 5.0	> 3.5		
	3S1	4		< 5.0	> 10.0		
9	3S2	5		< 6.1		3.5 - 8.0	
	5 axle combination	5					
10	6 axle combination	6			3.5 - 5.0		
	3S3	6					
11	2S1-2	5		> 6.0			
12	3S1-2	6					> 10.0
13	truck	7 or more					
Ungrouped Classes							
14	unclassifiable vehicle						
0	unclassifiable axle event						

Εικόνα 4.3 : Το οπτικό σύστημα ταξινόμησης, Scheme F της FHWA [53]

Όσον αφορά στο περιεχόμενο της αναφοράς διευκρινίζεται πως αυτή περιέχει τις τιμές βασικών χαρακτηριστικών για κάθε καταγεγραμμένο όχημα. Τα οχήματα ταξινομούνται με βάση τη χρονική στιγμή διέλευσης από τη γραμμή στάσης και η πληροφορία παρέχεται σε μορφή πίνακα. Κάθε γραμμή του πίνακα αναφέρεται σε ένα μοναδικό όχημα ενώ κάθε στήλη του πίνακα περιέχει την τιμή ενός χαρακτηριστικού που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο όχημα, στο οποίο αναφέρεται η γραμμή.

Οι στήλες του πίνακα περιέχουν τις ακόλουθες πληροφορίες [54]:

- Δείκτης ομάδας δεδομένων
- Δείκτης άξονα
- Αριθμός χτυπημάτων οχήματος
- Ημερομηνία και χρονική στιγμή διέλευσης του πρώτου άξονα του οχήματος
- Κατεύθυνση κίνησης οχήματος
- Ταχύτητα οχήματος
- Μεταξόνιο οχήματος
- Χρονικός διαχωρισμός

- Διάκενο
- Αριθμός αξόνων οχήματος
- Αριθμός ομάδων αξόνων οχήματος
- Συντελεστής συσχέτισης αισθητήρων
- Κατηγορία οχήματος
- Τεχνική Πληροφορία
- Όνομα κατηγορίας και εικόνα οχήματος υπό κλίμακα

Η παρακάτω εικόνα αποτελεί απόσπασμα μίας τυχαίας αναφοράς που εξάχθηκε με τη χρήση του λογισμικού MetroCount Traffic Executive.

DS	Axle Num	Ht	YYYY-MM-DD	hh:mm:ss	Dr	Speed	Wb	Hdwy	Gap	Ax	Gp	Rho	Cl	Nm	Vehicle
00	00006231	04	2013-11-18	14:30:22	AB	24,9	2,2	69,1	68,8	2	2	0,50	2	0000704a	F2 o o - Coerced sequence 1 *
00	00006235	04	2013-11-18	14:30:24	AB	16,5	2,5	2,6	2,1	2	2	1,00	2	00004042	F2 o o
00	00006239	04	2013-11-18	14:30:27	AB	20,0	2,3	2,0	1,5	2	2	1,00	2	00004042	F2 o o
00	0000623d	04	2013-11-18	14:30:29	AB	22,5	1,8	2,3	1,9	2	1	1,00	1	00020042	F1 oo
00	00006241	04	2013-11-18	14:30:30	AB	22,0	2,5	1,5	1,2	2	2	1,00	2	00020042	F2 o o
00	00006245	04	2013-11-18	14:30:33	AB	24,4	2,3	2,1	1,7	2	2	1,00	2	00000010	F2 o o
00	00006249	04	2013-11-18	14:30:37	AB	37,0	2,3	4,6	4,3	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	0000624d	04	2013-11-18	14:30:39	AB	38,0	2,3	1,6	1,4	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	00006251	04	2013-11-18	14:30:42	AB	43,3	2,5	3,6	3,4	2	2	1,00	2	00000010	F2 o o
00	00006255	06	2013-11-18	14:31:52	AB	17,8	2,4	69,6	69,4	2	2	1,00	2	00004142	F2 o o
00	0000625b	07	2013-11-18	14:31:54	AB	21,9	2,4	2,2	1,8	2	2	1,00	2	00000120	F2 o o
00	00006262	04	2013-11-18	14:31:58	AB	24,6	2,7	3,8	3,4	2	2	1,00	2	00020142	F2 o o
00	00006266	08	2013-11-18	14:32:00	AB	23,1	2,2	2,1	1,7	2	2	1,00	2	00020142	F2 o o
00	0000626e	04	2013-11-18	14:32:02	AB	24,6	2,5	1,9	1,6	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	00006272	04	2013-11-18	14:32:05	AB	40,7	2,3	3,4	3,0	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	00006276	04	2013-11-18	14:32:07	AB	36,8	1,2	1,4	1,2	2	1	1,00	1	00020042	F1 oo
00	0000627a	04	2013-11-18	14:32:08	AB	37,7	2,5	1,4	1,2	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	0000627e	04	2013-11-18	14:32:11	AB	36,2	2,5	2,7	2,5	2	2	1,00	2	00004042	F2 o o
00	00006282	04	2013-11-18	14:32:12	AB	41,0	2,4	1,3	1,0	2	2	1,00	2	00000010	F2 o o
00	00006286	06	2013-11-18	14:33:22	AB	38,6	2,2	69,9	69,7	2	2	0,50	2	0000714a	F2 o o - Coerced sequence 1 *
00	0000628c	08	2013-11-18	14:33:24	AB	15,3	2,4	2,0	1,4	2	2	1,00	2	00004142	F2 o o
00	00006294	04	2013-11-18	14:33:26	AB	17,7	2,5	1,9	1,4	2	2	1,00	2	00004042	F2 o o
00	00006298	04	2013-11-18	14:33:28	AB	19,8	1,7	1,5	1,0	2	1	1,00	1	00000010	F1 oo
00	0000629c	04	2013-11-18	14:33:34	AB	34,0	2,5	6,4	6,0	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	000062a0	04	2013-11-18	14:33:37	AB	42,6	2,4	3,1	2,8	2	2	1,00	2	00000020	F2 o o
00	000062a4	04	2013-11-18	14:33:40	AB	39,5	2,7	2,9	2,7	2	2	1,00	2	00000010	F2 o o
00	000062a8	04	2013-11-18	14:34:51	AB	37,3	1,3	70,6	70,4	2	2	0,50	2	0000714a	F2 o o - Coerced sequence 1 *
00	000062ac	05	2013-11-18	14:34:53	AB	37,3	2,1	2,1	1,6	2	2	0,50	2	0000714a	F2 o o - Coerced sequence 1 *
00	000062b1	05	2013-11-18	14:34:55	AB	18,6	2,2	2,1	1,6	2	2	1,00	2	00004142	F2 o o

Εικόνα 4.4 : Απόσπασμα αναφοράς του MetroCount Traffic Executive

4.2. Ποιοτικός Έλεγχος Δεδομένων

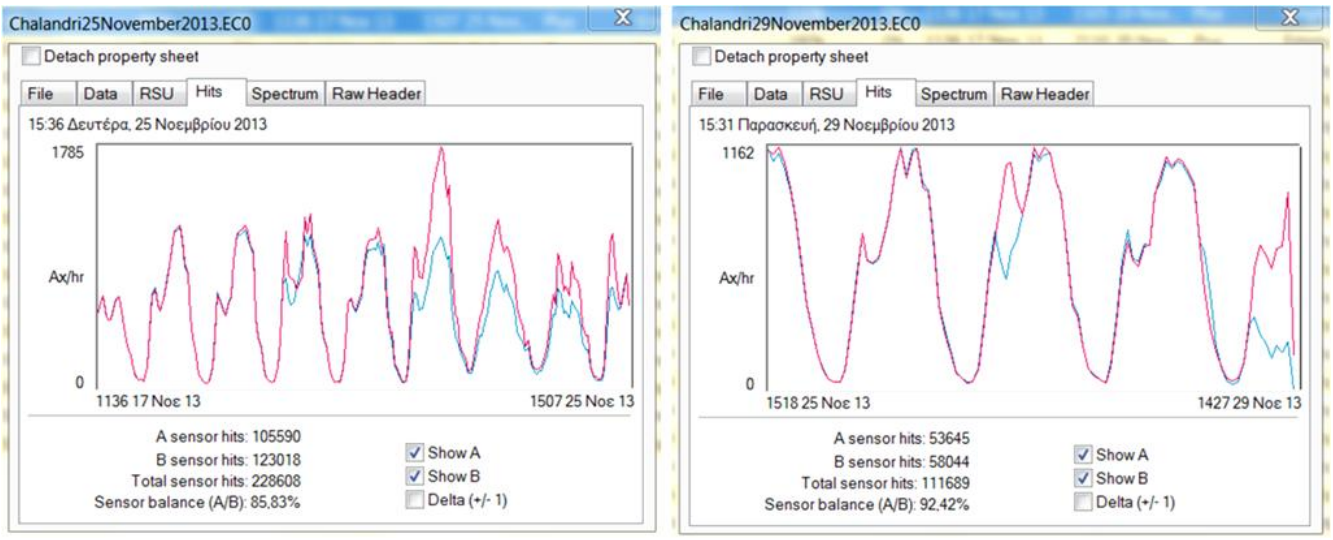
Αφότου εξάχθηκαν τα δεδομένα πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος των καταγραφών. Ο έλεγχος στηρίχθηκε στη μελέτη δύο διαγραμμάτων που παράγονται από τα αρχικά, ακατέργαστα δεδομένα. Πρόκειται για το διάγραμμα χτυπημάτων – χρόνου (Axle Hit Balance) και το φάσμα χτυπημάτων (Axle Hit Spectrum). Με τη χρήση των διαγραμμάτων αυτών προσδιορίστηκαν οι περίοδοι μη ορθής λειτουργίας του οργάνου. Ακολούθησε έλεγχος καταλληλότητας των δεδομένων που συλλέχθηκαν στα διαστήματα αυτά.

4.2.1. Μελέτη διαγράμματος χτυπημάτων – χρόνου

Το διάγραμμα χτυπημάτων – χρόνου παρουσιάζει τον αριθμό των αξόνων ανά ώρα που διήλθαν από το σωλήνα Α και το σωλήνα Β σε συνάρτηση με το χρόνο, με μπλε και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα. Για ιδανικά δεδομένα το διάγραμμα χτυπημάτων – χρόνου του σωλήνα Α ταυτίζεται με το αντίστοιχο διάγραμμα του σωλήνα Β [53]. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας.

Κόμβος Ηρακλείτου – Μπενάκη

Παρατηρώντας την *Εικόνα 4.5* διαπιστώνεται πως τα διαγράμματα χτυπημάτων – χρόνου των σωλήνων Α και Β δεν ταυτίζονται απόλυτα.



Εικόνα 4.5 : Διάγραμμα αξόνων ανά ώρα 17-25 Νοεμβρίου 2013 (αριστερά) και 25-29 Νοεμβρίου 2013 (δεξιά)

Στον *Πίνακα 4.1* παρουσιάζονται οι χρονικές περίοδοι στη διάρκεια των οποίων η διαφορά των γραφημάτων είναι αισθητή. Επιπλέον, προσδιορίζεται η αιτία της διαφοράς και αναφέρεται ο τρόπος αντιμετώπισής της.

Πίνακας 4.1 : Οι χρονικές περίοδοι ασυμφωνίας των γραφημάτων χτυπημάτων – χρόνου

Ημερομηνία	**Χρονική Περίοδος**	**Αιτία Διαφοράς και Αντιμετώπιση**
20/11/13	06:30 – 14:30	Αιτία : Απαγκίστρωση του αριστερού άκρου του πνευματικού σωλήνα Β από το στήριγμα που το διατηρούσε σε σταθερή θέση πάνω στο οδόστρωμα με αποτέλεσμα ο σωλήνας να παρασύρεται από τα διερχόμενα οχήματα και έτσι κάθε άξονας να έρχεται σε επαφή με την επιφάνειά του περισσότερες από μία φορές. Αντιμετώπιση : Επανατοποθέτηση του αριστερού άκρου του σωλήνα Β στην αρχική του θέση.
20/11/13	15:30 – 18:00	Αιτία : Άγνωστη Αντιμετώπιση : -
21/11/13	14:00 – 20:30	Αιτία : Άγνωστη Αντιμετώπιση : -
22/11/13	06:30 – 24:00	Αιτία : Εκτόπιση του πώματος του αριστερού άκρου του σωλήνα Β. Αντιμετώπιση : Επανατοποθέτηση του πώματος.
23/11/13	00:00 – 24:00	
24/11/13	00:00 – 24:00	
25/11/13	00:00 – 11:30	
27/11/13	08:30 – 13:15	Αιτία : Εκτόπιση του πώματος του αριστερού άκρου του σωλήνα Β. Αντιμετώπιση : Επανατοποθέτηση του πώματος.

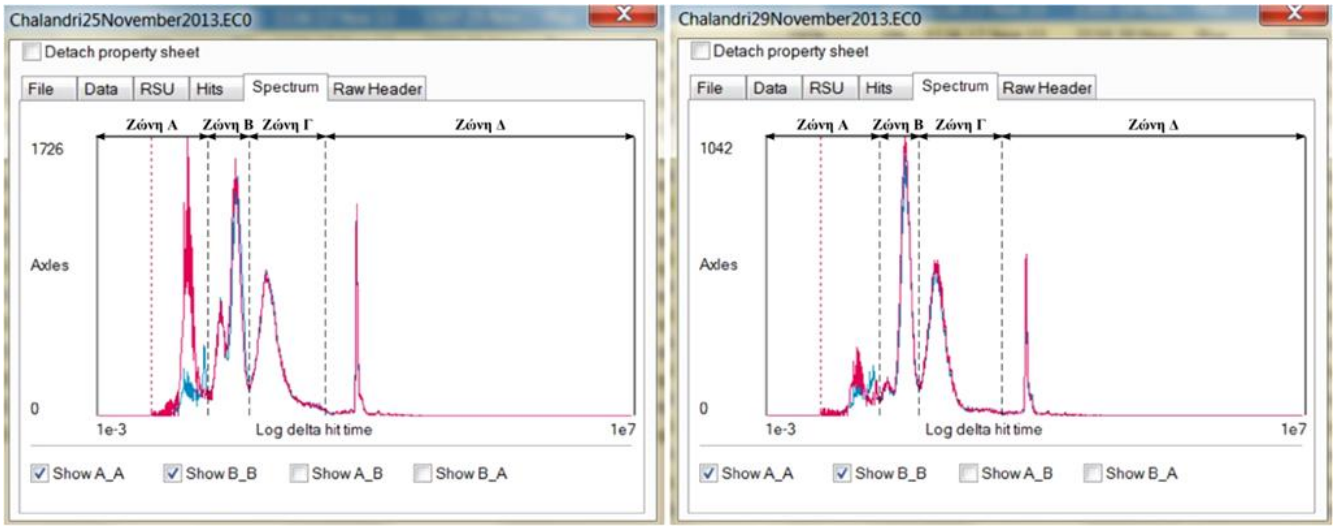
29/11/13	06:15 – 14:30	Αιτία : Απαγκίστρωση του αριστερού άκρου του πνευματικού σωλήνα Α από το στήριγμα που το διατηρούσε σε σταθερή θέση πάνω στο οδόστρωμα με αποτέλεσμα ο σωλήνας να παρασύρεται από τα διερχόμενα οχήματα. Μάλιστα ο σωλήνας παραμερίστηκε στα δεξιά του οδοστρώματος με αποτέλεσμα ελάχιστα οχήματα να έρχονται σε επαφή με την επιφάνειά του. Αντιμετώπιση : - Τα δεδομένα ήταν επαρκή και έτσι οι μετρήσεις διακόπηκαν.

4.2.2. Μελέτη φάσματος χτυπημάτων

Το φάσμα χτυπημάτων είναι ουσιαστικά το ιστόγραμμα συχνοτήτων του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ διαδοχικών χτυπημάτων του σωλήνα Α και του σωλήνα Β από άξονες οχημάτων, με μπλε και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα. Η κλίμακα του χρόνου είναι λογαριθμική. Για ιδανικά δεδομένα το φάσμα χτυπημάτων του σωλήνα Α ταυτίζεται με το αντίστοιχο του σωλήνα Β [53]. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας.

Κόμβος Ηρακλείτου – Μπενάκη

Παρατηρώντας την *Εικόνα 4.6* διαπιστώνεται πως το φάσμα χτυπημάτων του σωλήνα Α δεν ταυτίζεται απόλυτα με το φάσμα χτυπημάτων του σωλήνα Β.



Εικόνα 4.6 : Ιστόγραμμα χρονικής διαφοράς επιτυχημένων χτυπημάτων 17-25 Νοεμβρίου 2013 (αριστερά) και 25-29 Νοεμβρίου 2013 (δεξιά)

Προκειμένου να ερμηνευθούν οι διαφορές το ιστόγραμμα χωρίζεται σε τέσσερις ζώνες. Τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε ζώνης συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί [53] :

Πίνακας 4.2 : Τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων ζωνών του φάσματος χτυπημάτων

Ζώνη	**Χρονική Διαφορά (δλ)**	**Χαρακτηριστικά**
Α	[0.0 – 0.1)	▪ Αναπαριστά το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ χτυπημάτων που δεν οφείλονται σε πραγματικά συμβάντα αλλά στην αναπήδηση ή την κακή γεωμετρία των λαστιχένιων σωλήνων.
Β	[0.1 – 0.7)	▪ Αναπαριστά το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ των διελεύσεων του $ν^{οστού}$ και του $ν+1^{οστού}$ άξονα του οχήματος. Η τιμή αυτή εξαρτάται από την ταχύτητα των οχημάτων και το μεταξόνιο. ▪ Η υψηλότερη κορυφή αφορά στα IX ενώ άλλες χαμηλότερες κορυφές αφορούν σε ομάδες δύο ή τριών αξόνων και στα ρυμουλκούμενα.
Γ	[0.7 – 20.0)	▪ Το χρονικό αυτό διάστημα αντιστοιχεί στο χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της διέλευσης του τελευταίου άξονα οχήματος του παρόντος κύκλου και του πρώτου άξονα του επόμενου οχήματος του ίδιου κύκλου (διάκενο). ▪ Η κορυφή αναπαριστά το διάκενο με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (IX-IX).
Δ	[20.0 – e^7]	▪ Αναπαριστά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της διέλευσης του τελευταίου άξονα του τελευταίου οχήματος του προηγούμενου κύκλου και της διέλευσης του πρώτου άξονα του πρώτου οχήματος του νέου κύκλου. ▪ Αναπαριστά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της διέλευσης του τελευταίου άξονα ενός δικύκλου κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης του σηματοδότη και του πρώτου άξονα του πρώτου οχήματος του νέου κύκλου.

Μελετώντας την *Εικόνα 4.6* διαπιστώνεται πως οι διαφορές των ιστογραμμάτων περιορίζονται στην πρώτη ζώνη των διαγραμμάτων. Συνδυάζοντας το γεγονός αυτό με τις παραπάνω πληροφορίες γίνεται αντιληπτό πως οι διαφορές οφείλονται σε:

- Αναπήδηση των λαστιχένιων σωλήνων εξαιτίας της διέλευσης οχημάτων που κινούνται με υψηλή ταχύτητα.
- Πολλαπλά χτυπήματα των σωλήνων από τον ίδιο άξονα εξαιτίας της διέλευσης οχημάτων που κινούνται με πολύ χαμηλή ταχύτητα.
- Συμβάντα που μετέβαλαν τη γεωμετρία των σωλήνων, όπως αυτά που περιγράφηκαν στον *Πίνακα 4.1*.

4.2.3. Έλεγχος καταλληλότητας δεδομένων

Από τις μετρήσεις αφαιρέθηκαν ως ακατάλληλες εκείνες που συλλέχθηκαν σε περιόδους στη διάρκεια των οποίων ένας εκ των δύο σωλήνων είχε απαγκιστρωθεί. Ωστόσο, οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε διαστήματα όπου το πώμα ενός εκ των δύο σωλήνων είχε εκτοπιστεί δεν φαίνονταν λανθασμένες. Προκειμένου να διαπιστωθεί η καταλληλότητα των μετρήσεων αυτών συγκρίθηκαν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες ορθής λειτουργίας του μετρητή με αυτές που πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες μη ορθής λειτουργίας του

μετρητή, για τις οποίες υπάρχουν συνοδευτικά δεδομένα βίντεο και μετρήσεις του παρατηρητή. Η καταλληλότητα των δεδομένων εξετάστηκε ως προς την επιτυχία της ταξινόμησης αλλά και την ορθότητα των τιμών των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών των οχημάτων.

Έλεγχος επιτυχίας της ταξινόμησης

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων έγινε έλεγχος της ταξινόμησης όλων των καταγεγραμμένων οχημάτων. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της αυτόματης ταξινόμησης του συστήματος με τα δεδομένα βίντεο και τις μετρήσεις του παρατηρητή, διαπιστώθηκε πως οι περιπτώσεις λανθασμένης ταξινόμησης δεν αυξήθηκαν εξαιτίας της μη ορθής λειτουργίας του συστήματος. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη της αξιοπιστίας των δεδομένων.

Έλεγχος ορθότητας των τιμών των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών των οχημάτων

Σε ό,τι αφορά στην ορθότητα των τιμών των κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών των οχημάτων αυτή ελέγχθηκε με τη σύγκριση των τιμών των χρονικών διαχωρισμών περιόδων ορθής και μη ορθής λειτουργίας του συστήματος MetroCount 5600. Πιο συγκεκριμένα, ελέγχθηκε η υπόθεση πως τα δείγματα διαφορετικών ημερών που συλλέχθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού ανήκουν στον ίδιο πληθυσμό χρησιμοποιώντας τα διαστήματα εμπιστοσύνης.

Για τον έλεγχο αυτό εξετάστηκαν οι μετρήσεις της κατηγορίας IX-IX (IX που ακολουθεί IX) θεωρώντας πως οι χρονικοί διαχωρισμοί διαφορετικών συνθηκών φωτισμού ανήκουν σε διαφορετικό πληθυσμό. Έτσι πραγματοποιήθηκε ξεχωριστός έλεγχος για τους χρονικούς διαχωρισμούς που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, οι καταγραφές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού διαιρέθηκαν σε συνθήκες αιθρίας και νέφωσης. Δεδομένου ότι οι χρονικοί διαχωρισμοί δεν ακολουθούν κανονική κατανομή (η κατανομή των χρονικών διαχωρισμών μπορεί να περιγραφεί από κατανομές όπως η κατανομή γάμμα και η λογαριθμική κανονική κατανομή [1]), μελετήθηκαν ξεχωριστά οι χρονικοί διαχωρισμοί για κάθε θέση στην ουρά υποθέτοντας πως οι διαχωρισμοί σε συγκεκριμένη θέση κατανέμονται κανονικά.

Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 4.3 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Συνθήκες Φυσικού Φωτισμού – Αιθρία											
Θέση στην Ουρά / Ημερομηνίες		$4^{η}$	$5^{η}$	$6^{η}$	$7^{η}$	$8^{η}$	$9^{η}$	$10^{η}$	$11^{η}$	$12^{η}$	Σύνολο Θέσεων Διαφοράς
20/11/13	22/11/13	X	X	X	X	X		X	X	X	1
20/11/13	26/11/13	X	X	X	X	X	X	X	X		1
20/11/13	27/11/13		X		X	X	X	X	X	X	2
20/11/13	28/11/13	X	X	X		X		X	X	X	2
22/11/13	26/11/13	X		X	X	X	X	X	X		2
22/11/13	27/11/13		X		X	X		X	X	X	3
22/11/13	28/11/13	X	X	X		X	X	X	X	X	1
26/11/13	27/11/13		X	X	X	X		X	X	X	2

26/11/13	28/11/13	X		X		X	X	X	X	X	2
27/11/13	28/11/13			X	X	X		X	X	X	3

Πίνακας 4.4 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Συνθήκες Φυσικού Φωτισμού – Νέφωση											
Θέση στην Ουρά / Ημερομηνίες		$4^{η}$	$5^{η}$	$6^{η}$	$7^{η}$	$8^{η}$	$9^{η}$	$10^{η}$	$11^{η}$	$12^{η}$	Σύνολο Θέσεων Διαφοράς
18/11/13	19/11/13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
18/11/13	21/11/13	X		X	X	X	X	X	X	X	1
18/11/13	25/11/13			X	X	X	X	X	X	X	2
18/11/13	26/11/13			X	X	X	X	X		X	3
19/11/13	21/11/13	X	X	X	X	X		X	X		2
19/11/13	25/11/13	X		X	X	X	X	X		X	2
19/11/13	26/11/13				X	X	X	X		X	4
21/11/13	25/11/13		X	X	X	X		X	X		3
21/11/13	26/11/13				X	X	X	X		X	4
25/11/13	26/11/13		X	X	X	X	X	X		X	2

Πίνακας 4.5 : Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές μέσων χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Συνθήκες Τεχνητού Φωτισμού – Χωρίς Βροχή											
Θέση στην Ουρά / Ημερομηνίες		$4^{η}$	$5^{η}$	$6^{η}$	$7^{η}$	$8^{η}$	$9^{η}$	$10^{η}$	$11^{η}$	$12^{η}$	Σύνολο Θέσεων Διαφοράς
19/11/13	20/11/13	X				X	X		X	X	4
19/11/13	22/11/13	X	X	X		X	X	X	X	X	1
19/11/13	25/11/13		X		X	X	X		X	X	3
19/11/13	26/11/13	X	X		X	X		X	X	X	2
19/11/13	27/11/13	X	X	X			X	X	X	X	2
19/11/13	28/11/13	X	X	X		X		X	X	X	2
20/11/13	22/11/13	X	X		X	X	X		X	X	2
20/11/13	25/11/13			X	X	X	X	X	X	X	2
20/11/13	26/11/13			X		X	X	X	X	X	3
20/11/13	27/11/13	X		X	X	X	X	X	X	X	1
20/11/13	28/11/13	X		X	X	X	X	X	X	X	1
22/11/13	25/11/13		X		X	X	X	X	X	X	2
22/11/13	26/11/13	X	X		X	X	X	X	X	X	1
22/11/13	27/11/13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0

22/11/13	28/11/13	X	X	X	X	X		X	X	X	1
25/11/13	26/11/13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0
25/11/13	27/11/13		X		X	X	X	X	X	X	2
25/11/13	28/11/13	X	X		X	X	X	X	X	X	1
26/11/13	27/11/13	X	X	X		X		X	X	X	2
26/11/13	28/11/13	X	X			X	X	X	X		3
27/11/13	28/11/13	X	X	X	X			X	X		3

Όπου :

X: Μετρήσεις οι οποίες ανήκουν στον ίδιο πληθυσμό, για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Μετρήσεις σε περίοδο μη ορθής λειτουργίας του μετρητή

Μετρήσεις σε περίοδο ορθής λειτουργίας του μετρητή

Σημειώνεται πως δεν πραγματοποιήθηκε έλεγχος για τη δεύτερη και τρίτη θέση διότι σε αυτές τις θέσεις οι χρονικοί διαχωρισμοί επηρεάζονται από την αντίδραση εκκίνησης και την επιτάχυνση. Επίσης δεν εξετάστηκαν οι διαφορές στη δέκατη τρίτη, τη δέκατη τέταρτη και τη δέκατη πέμπτη θέση καθώς ο αριθμός των δεδομένων για τις θέσεις αυτές είναι πολύ μικρός. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο δεν πραγματοποιήθηκε έλεγχος για τις μετρήσεις που καταγράφηκαν σε συνθήκες βροχής.

Παρατηρώντας τους πίνακες διαπιστώνεται πως υπάρχουν διαφορές ακόμα και μεταξύ μετρήσεων που έχουν καταγραφεί σε συνθήκες ορθής λειτουργίας του οργάνου. Μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις οι διαφορές μεταξύ μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί σε συνθήκες ορθής λειτουργίας του οργάνου εντοπίζονται σε περισσότερες θέσεις απ' ότι οι αντίστοιχες διαφορές μεταξύ μετρήσεων που έχουν καταγραφεί σε συνθήκες ορθής και μη ορθής λειτουργίας του οργάνου. Επιπροσθέτως, οι διαφορές εμφανίζονται σε μηδέν έως τέσσερις θέσεις και συνήθως σε δύο[9] από τις εννέα μελετώμενες θέσεις ανά ζεύγος ημερών, δείχνοντας πως η πλειοψηφία των μετρήσεων μπορεί να ενταχθεί στον ίδιο πληθυσμό.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω με το γεγονός ότι οι μετρήσεις οπτικά δεν φαίνεται να διαφέρουν εξάγεται το συμπέρασμα πως οι τιμές που έχουν καταγραφεί μπορούν να θεωρηθούν ορθές.

Εφόσον λοιπόν, η ταξινόμηση των οχημάτων και οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών είναι ορθές, οι καταγραφές που πραγματοποιήθηκαν σε διαστήματα όπου το πώμα ενός εκ των δύο σωλήνων είχε εκτοπιστεί είναι κατάλληλες για χρήση.

4.3. Επεξεργασία Καταγραφών που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή

Η επεξεργασία των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή αποσκοπεί στο να αφαιρεθούν από το δείγμα οι άκυρες μετρήσεις και να διατηρηθούν μόνο αυτές που αφορούν σε οχήματα, τα οποία βρίσκονταν σε κορεσμό. Ως όχημα σε κορεσμό ορίζεται το όχημα, το οποίο αναγκάζεται να σταματήσει ή να ελαττώσει σημαντικά την ταχύτητά του εξαιτίας της ουράς που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης του σηματοδότη [23] ενώ στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης κινείται απρόσκοπτα, με ταχύτητα ελεύθερης ροής σε συνθήκες αυξημένης κίνησης [16]. Ένας ακόμα στόχος της επεξεργασίας των μετρήσεων είναι η μείωση της πολυπλοκότητας των

[9] Οι θέσεις στις οποίες εντοπίζονται διαφορές δεν είναι συγκεκριμένες.

δεδομένων, στο πλαίσιο της οποίας εξετάστηκε η δυνατότητα συγχώνευσης των κατηγοριών των οχημάτων.

4.3.1. Διαγραφή άκυρων καταγραφών

Αρχικά, διαγράφηκαν ως άκυρες οι παρακάτω καταγραφές :

- Καταγραφές που αναφέρονται σε οχήματα που δεν κινούνταν απρόσκοπτα
  Πρόκειται για τις ελάχιστες περιπτώσεις όπου η κίνηση των οχημάτων της εξεταζόμενης λωρίδας εμποδίστηκε από την κίνηση στην κάθετη ή τη στάθμευση προπορευόμενων οχημάτων σε κάποιο από τα παρόδια καταστήματα.
- Καταγραφές που αναφέρονται στην κατεύθυνση ΒΑ
  Εφόσον η κατεύθυνση ενδιαφέροντος είναι η ΑΒ αφαιρέθηκαν όλες οι μετρήσεις οι οποίες αναφέρονται στην κατεύθυνση ΒΑ. Υπογραμμίζεται πως σε ιδανικές συνθήκες θα ήταν αδύνατη η καταγραφή μετρήσεων στην κατεύθυνση ΒΑ δεδομένου ότι στη μελετώμενη λωρίδα η κίνηση αυτή δεν επιτρέπεται. Ωστόσο, εμφανίζονται αρκετά συμβάντα και σε αυτήν την κατεύθυνση, τα οποία συνδέονται κυρίως με το γεγονός ότι στη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης του σηματοδότη αρκετά οχήματα σταματούν μπροστά από τη γραμμή στάσης, ενώ ο πρώτος άξονάς τους έχει ήδη διέλθει από το σωλήνα Α, με αποτέλεσμα η καταγραφή για το νέο κύκλο να ξεκινά με το χτύπημα του πρώτου άξονα στο σωλήνα Β.
- Άλλες άκυρες καταγραφές
  Πρόκειται για καταγραφές, οι οποίες δεν μεταφέρουν έγκυρη πληροφορία π.χ. αφορούν σε λανθασμένα ταξινομημένα οχήματα με μηδενικούς χρονικούς διαχωρισμούς. Αυτές οι καταγραφές εμφανίζονται κυρίως όταν κάποιο δίκυκλο κινείται σε νοητή λωρίδα, δίπλα από κάποιο άλλο όχημα το οποίο κινείται στην υπαρκτή λωρίδα. Επίσης, τέτοιου είδους καταγραφές συχνά ακολουθούν τις καταγραφές που αναφέρονται στην κατεύθυνση ΒΑ.

4.3.2. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (1)

Οι καταγραφές του συστήματος MetroCount 5600 εμπλουτίστηκαν με πληροφορίες που προέρχονται από τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο προκειμένου να αφαιρεθούν οι μετρήσεις που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό. Έτσι δημιουργήθηκαν τα ακόλουθα πεδία :

- Πρώτο όχημα της ουράς/Τελευταίο όχημα σε κορεσμό
  Το πεδίο αυτό δίνει για κάθε κύκλο πληροφορία για το πρώτο όχημα της ουράς και το τελευταίο όχημα σε κορεσμό. Το πεδίο λαμβάνει τις τιμές 1 και 2 για το πρώτο όχημα της ουράς και το τελευταίο όχημα σε κορεσμό αντίστοιχα ενώ η τιμή 0 χρησιμοποιείται για κάθε άλλη περίπτωση.
- Όχημα που καθυστέρησε
  Το πεδίο αυτό περιλαμβάνει πληροφορία για την καθυστέρηση στην κίνηση των οχημάτων, η οποία μπορεί να οφείλεται σε υπαιτιότητα του οδηγού (π.χ. ο οδηγός μιλούσε στο τηλέφωνο), στην ύπαρξη κατάντους ουράς που επηρέασε την κίνηση του μελετώμενου οχήματος, στην κίνηση αλλαγής λωρίδας του προπορευόμενου οχήματος κ.α. Το πεδίο λαμβάνει την τιμή 1 για τα οχήματα που καθυστέρησαν και την τιμή 0 για οποιαδήποτε άλλη περίπτωση.
- Όχημα που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης
  Το πεδίο αυτό περιέχει πληροφορία για τα οχήματα εκείνα που παρέκαμψαν τα προηγηθέντα οχήματα και εισήλθαν στη μέση της ουράς στη διάρκεια της πράσινης

ένδειξης. Το πεδίο λαμβάνει την τιμή 1 για τα οχήματα που παρέκαμψαν τη σειρά και την τιμή 0 για οποιαδήποτε άλλη περίπτωση.

- Παράλειψη της συγκεκριμένης μέτρησης
  Το συγκεκριμένο πεδίο χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αφαιρεθούν από το δείγμα μεμονωμένες καταγραφές, οι οποίες μεταφέρουν μη έγκυρη πληροφορία π.χ. καταγραφές που αφορούν σε λανθασμένα ταξινομημένα οχήματα για τα οποία δεν είναι δυνατό να ανακτηθούν πληροφορίες συνδυάζοντας τις καταγραφές του μετρητή, τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο.

Συμπληρωματικά προστέθηκαν τα εξής πεδία :

- Κατηγορία οχήματος
  Το πεδίο αυτό περιλαμβάνει πληροφορία για την ταξινόμηση των οχημάτων, όπως αυτή προέκυψε από τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο. Η χρησιμότητα του συγκεκριμένου πεδίου έγκειται στο γεγονός ότι η ταξινόμηση του MetroCount Traffic Executive περιέχει σφάλματα.
  Το πεδίο λαμβάνει τιμές 1-10, οι οποίες αντιστοιχούν στις παρακάτω κατηγορίες οχημάτων :

Πίνακας 4.6 : Αντιστοίχιση τιμών και κατηγορίας οχημάτων

Τιμή	Κατηγορία Οχήματος
1	Δίκυκλο
2	-
3	Επιβατικό όχημα (ΙΧ)
4	-
5	Ημιφορτηγό
6	Μικρό φορτηγό
7	Μικρό λεωφορείο
8	Λεωφορείο
9	Φορτηγό
10	Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα

  Οι παραπάνω τιμές αφορούν στα οχήματα που βρίσκονταν σε κορεσμό ενώ η τιμή 0 χρησιμοποιείται για κάθε όχημα που δεν βρισκόταν σε κορεσμό.

- Κατηγορία πρώτου οχήματος λανθασμένα ταξινομημένης αλληλουχίας οχημάτων
  Ως λανθασμένα ταξινομημένη αλληλουχία οχημάτων νοείται μία σειρά οχημάτων που λανθασμένα ταξινομείται ως ένα ενιαίο όχημα. Εφόσον ο πρώτος άξονας κάθε οχήματος χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του χρονικού διαχωρισμού η γνώση της κατηγορίας του πρώτου οχήματος της λανθασμένα ταξινομημένης αλληλουχίας οχημάτων επιτρέπει τη χρήση της συγκεκριμένης μέτρησης αυξάνοντας το μέγεθος του δείγματος.
  Οι τιμές του πεδίου αυτού είναι ίδιες με τις τιμές του πεδίου Κατηγορία Οχήματος.
- Συνθήκες φωτισμού
  Το πεδίο αυτό περιέχει πληροφορία για τις συνθήκες φωτισμού. Οι τιμές που λαμβάνει και οι συνθήκες φωτισμού που αντιστοιχούν σε αυτές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 4.7 : Αντιστοίχιση τιμών και συνθηκών φωτισμού

Τιμή	Συνθήκες Φωτισμού
11	Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία
12	-
13	Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση
14	Φυσικός Φωτισμός – Βροχή
21	Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή
22	-
23	-
24	Τεχνητός Φωτισμός – Βροχή

- Αριθμός οχημάτων που θα προστεθούν στο σύνολο των οχημάτων που βρίσκονταν σε κορεσμό στον παρόντα κύκλο.
  Το πεδίο αυτό είναι χρήσιμο για τον υπολογισμό του συνολικού αριθμού οχημάτων που βρίσκονταν σε κορεσμό σε κάθε κύκλο. Το πεδίο λαμβάνει την τιμή 0 για τα οχήματα που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό και τα οχήματα που παρέκαμψαν τη σειρά και εισήλθαν στη μέση της ουράς, την τιμή 1 για κάθε σωστά ταξινομημένο όχημα που βρισκόταν σε κορεσμό και τιμή μεγαλύτερη του 1 για κάθε λανθασμένα ταξινομημένη αλληλουχία οχημάτων, ανάλογα με τον αριθμό οχημάτων που περιλαμβάνει.

Με την αφαίρεση της περιττής πληροφορίας και την προσθήκη των προαναφερθέντων πεδίων τα αρχεία μετρήσεων διαμορφώθηκαν ως εξής :

Πίνακας 4.8 : Διαμόρφωση αρχείων μετρήσεων

Στήλη	Περιεχόμενο
A	Ταχύτητα οχήματος
B	Μεταξόνιο οχήματος
C	Χρονικός διαχωρισμός
D	Διάκενο
E	Αριθμός αξόνων οχήματος
F	Αριθμός ομάδων αξόνων οχήματος
G	Συντελεστής συσχέτισης αισθητήρων
H	Κατηγορία οχήματος
I	Κατηγορία οχήματος
J	Κατηγορία πρώτου οχήματος λανθασμένα ταξινομημένης αλληλουχίας οχημάτων
K	Συνθήκες φωτισμού
L	Πρώτο όχημα της ουράς/Τελευταίο όχημα σε κορεσμό
M	Όχημα που καθυστέρησε
N	Όχημα που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης

O	Παράλειψη της συγκεκριμένης μέτρησης
P	Αριθμός οχημάτων που θα προστεθούν στην ουρά του παρόντος κύκλου

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Speed	Wb	Hdwy	Gap	Ax	Gp	Rho	Class	Video-Class	Class-1st vehicle of the misclassified sequence	Lighting Conditions	First queue vehicle/Last saturated vehicle	Delayed	Slipped in the queue	Don't count	Number of vehicles to add to the queue
2	23.4	1.4	65.6	65.2	2	2	0.75	2	10	1	13	1	0	0	0	2
3	20.5	2.5	3.1	1.9	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
4	21.5	2.6	2.2	1.8	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
5	20.4	2.5	1.5	1.1	2	2	1	2	3	0	13	0	0	1	0	0
6	21.3	2.5	1.8	1.4	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
7	20.1	2.6	1.6	1.2	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
8	22.4	2.4	1.6	1.2	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
9	25.2	2.5	1.8	1.4	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
10	24.7	2.6	1.5	1.1	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
11	23.1	2.3	1.9	1.5	2	2	1	2	3	0	13	0	1	0	0	1
12	25.2	2.8	1.7	1.3	2	2	1	2	4	0	13	0	0	0	0	1
13	26.9	2.3	2	1.6	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
14	36.6	2.5	2.6	2.3	2	2	1	2	3	0	13	2	1	0	0	1
15	31.1	5.2	68.9	68.6	2	2	0.5	2	10	1	13	1	0	0	0	2
16	15.9	2.4	3.1	1.3	2	2	1	2	3	0	13	0	0	1	0	0
17	18.1	3.1	2	1.4	2	2	1	3	6	0	13	0	0	0	0	1
18	19.8	2.7	1.6	1	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
19	21.8	2.7	1.6	1.1	2	2	1	2	4	0	13	0	0	0	0	1
20	22.5	2.4	2.2	1.7	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
21	22.4	2.5	1.4	1	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
22	21.8	2.5	2.3	1.9	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
23	24.7	2.6	1.9	1.5	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
24	28.5	2.5	2.2	1.8	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
25	28.7	1.8	1.4	1.1	2	1	1	1	2	0	13	2	0	0	0	1
26	37	2.6	2.7	2.5	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
27	36.5	2.4	1.5	1.3	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
28	21.2	2.2	66.6	66.4	2	2	1	2	4	0	13	1	0	0	0	1
29	21.8	2.6	1.9	1.5	2	2	1	2	4	0	13	0	0	0	0	1
30	20	2.3	2.1	1.6	2	2	1	2	4	0	13	0	0	1	0	0
31	23.2	2.8	1.7	1.3	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
32	22.1	2.4	1.5	1	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1
33	18.4	3.6	2.4	2	2	2	1	3	8	0	13	0	0	1	0	0
34	19.5	2.4	2.2	1.5	2	2	1	2	3	0	13	0	0	0	0	1

Εικόνα 4.7 : Απόσπασμα διαμορφωμένου αρχείου δεδομένων

Τα αρχεία αυτά εισάχθηκαν στο MATLAB, όπου με την εφαρμογή κατάλληλου αλγορίθμου αφαιρέθηκαν από το δείγμα οι μετρήσεις που είχαν σημανθεί ως :

- Όχημα που καθυστέρησε
- Όχημα που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης Τονίζεται πως μαζί με τις καταγραφές που αφορούν στα οχήματα που παρέκαμψαν την ουρά αφαιρέθηκαν και οι καταγραφές του επόμενου οχήματος δεδομένου ότι η κίνηση του τελευταίου επηρεάζεται από την είσοδο του πρώτου στη μέση της ουράς.
- Παράλειψη της συγκεκριμένης μέτρησης

4.3.3. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (2)

Οι χρονικοί διαχωρισμοί των πρώτων οχημάτων της ουράς είναι μεγαλύτεροι από τους χρονικούς διαχωρισμούς των υπολοίπων, κορεσμένων οχημάτων. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι χρονικοί διαχωρισμοί των πρώτων οχημάτων εμπεριέχουν την επίδραση της αντίδρασης εκκίνησης και της επιτάχυνσης. Συνεπώς, τα πρώτα οχήματα της ουράς δεν βρίσκονται σε κορεσμό και είναι αναγκαία η αφαίρεσή τους από το δείγμα.

Για τον προσδιορισμό της θέσης στην οποία παύουν να επιδρούν οι προαναφερθέντες παράγοντες και οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών παρουσιάζουν μία σχετική σταθερότητα μελετήθηκε η υπάρχουσα βιβλιογραφία και εξετάστηκαν οι συλλεχθείσες μετρήσεις.

Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία

Μελετώντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία διαπιστώνεται πως η διεθνής έρευνα δεν συγκλίνει σε μία συγκεκριμένη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι θέσεις σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών που προτείνονται από το HCM και το TfL και οι αντίστοιχες θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε σχετικές μελέτες :

Πίνακας 4.9 : Προτεινόμενες θέσεις σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών

Εγχειρίδιο	Θέση στην Ουρά
HCM 2010 [4]	$5^{η}$
TfL 2010 [16]	$3^{η}$

Πίνακας 4.10 : Χρησιμοποιηθείσες θέσεις σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών

Έτος	Περιοχή Μελέτης	Συγγραφείς	Θέση στην Ουρά
1947	New York, USA New Haven, USA	Greenshields et al. [23],[55]	$6^{η}$
1964	Sydney, Australia	Leong [23]	$5^{η}$
1982	Lexington, USA Louisville, USA	Agent and Crabtree [8]	$4^{η}$
1990	Omaha, USA Lincoln, USA Columbus, USA Norfolk, USA Bellevue, USA Fremont, USA	Moussavi and Tarawneh [55]	$5^{η}$
1997	Αθήνα, Ελλάδα	Σερμπής και Σπυροπούλου [21]	$3^{η}$
2005	Yokohama, Japan Dhaka, Bangladesh	Rahman et al. [56]	$3^{η}$-$6^{η}$[10]
2007	Stellenbosch, South Africa	Bester and Meyers [57]	$7^{η}$
2013	Bhubaneswar, India	Partha et al. [58]	$6^{η}$

Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών με βάση τις συλλεχθείσες μετρήσεις

Ο προσδιορισμός της θέσης σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών δεν πραγματοποιείται με την εφαρμογή μίας συγκεκριμένης μεθόδου. Οι Stokes et al. (1986) χρησιμοποίησαν τη γραμμική παλινδρόμηση για τον προσδιορισμό της θέσης αυτής [59] ενώ για τον ίδιο σκοπό οι Moussavi and Tarawneh (1990) και οι Rahman et al. (2005) εφάρμοσαν τον έλεγχο t (t-test) και την ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) αντίστοιχα [55],[56].

Στην παρούσα μελέτη ο προσδιορισμός της θέσης σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών έγινε με την εφαρμογή του ελέγχου t, θεωρώντας πως τα δείγματα διαφορετικών θέσεων στην ουρά που λήφθηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού ανήκουν σε διαφορετικό πληθυσμό, ελέγχθηκε η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των πληθυσμών τους δεν διαφέρουν σημαντικά. Για τον έλεγχο της παραπάνω υπόθεσης εξετάστηκαν οι

[10] Οι Rahman et al. μελέτησαν τη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών και συμπέραναν πως εξαρτάται από τη διάταξη της υπό μελέτη λωρίδας, τη γεωμετρία και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κόμβου. Συγκεκριμένα από την έρευνά τους προέκυψαν οι παρακάτω θέσεις σταθεροποίησης :

- Οδός μίας λωρίδας : $4^{η}$ θέση
- Οδός δύο λωρίδων : $3^{η}$ θέση - εξωτερική λωρίδα
$5^{η}$ θέση - εσωτερική λωρίδα
- Οδός τριών λωρίδων : $3^{η}$ - $5^{η}$ θέση
- Οδός τεσσάρων λωρίδων : $3^{η}$ θέση

διαφορές της κατηγορίας IX-IX που καταγράφηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας.

Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 4.11 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Θέσεων	**95%**	**99%**
$2^{η} – 3^{η}$		
$3^{η} – 4^{η}$		
$4^{η} – 5^{η}$	X	X
$5^{η} – 6^{η}$	X	X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X
$7^{η} – 8^{η}$	X	X
$8^{η} – 9^{η}$	X	X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X
$10^{η} – 11^{η}$		X
$11^{η} – 12^{η}$	X	X

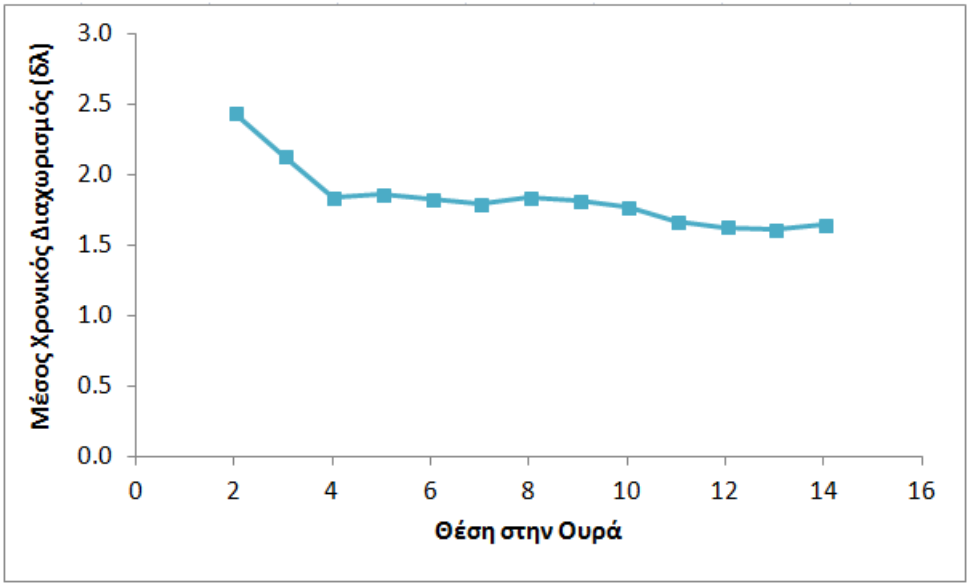
Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Σημειώνεται πως στον παραπάνω έλεγχο δεν χρησιμοποιήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί της δέκατης τρίτης, δέκατης τέταρτης και δέκατης πέμπτης θέσης επειδή το μέγεθος του δείγματος στις θέσεις αυτές είναι μικρό.

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στις περισσότερες περιπτώσεις.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών με βάση τις συλλεχθείσες μετρήσεις είναι η τέταρτη θέση στην ουρά.



Εικόνα 4.8 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Ακολούθησε λοιπόν, η διαγραφή των μετρήσεων που αναφέρονται στα τρία πρώτα οχήματα κάθε κύκλου και η επεξεργασία των μετρήσεων ολοκληρώθηκε με τον έλεγχο για τη δυνατότητα συγχώνευσης των κατηγοριών των οχημάτων.

4.3.4. Συγχώνευση κατηγοριών οχημάτων

Η δυνατότητα συγχώνευσης των κατηγοριών των οχημάτων ελέγχθηκε, εξετάζοντας τις εξής δύο υποθέσεις :

- Οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών οχημάτων οποιασδήποτε κατηγορίας που ακολουθούν IX δεν διαφέρουν σημαντικά.
- Οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά.

Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε ο έλεγχος t στις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας υποθέτοντας πως τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Από τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως σε αρκετές περιπτώσεις ορισμένες κατηγορίες μπορούν να συγχωνευθούν και έτσι προκύπτουν οι ακόλουθες κατηγορίες οχημάτων :

Πίνακας 4.12 : Τελικές κατηγορίες οχημάτων

Κατηγορία Οχημάτων	**Δημιουργήθηκε με Συγχώνευση των Κατηγοριών**
Δίκυκλο	-
Επιβατικό όχημα (IX)	-
Ελαφρύ φορτηγό	Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό, Μικρό λεωφορείο
Βαρύ φορτηγό	Λεωφορείο, Φορτηγό

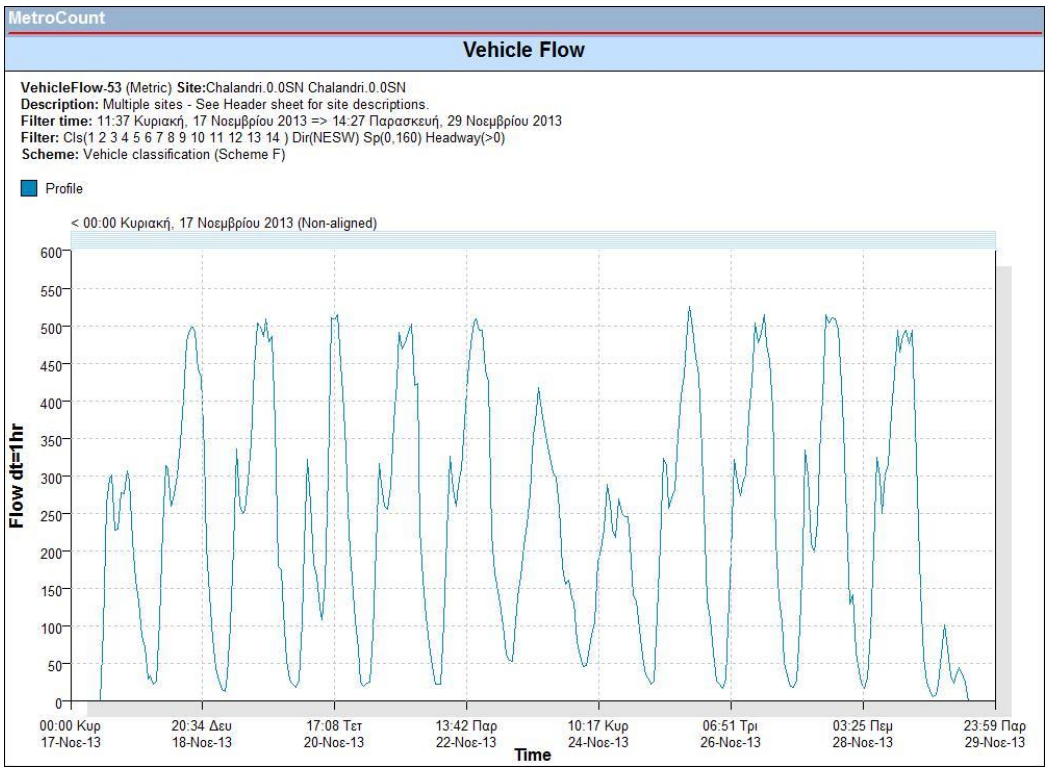
4.4. Επεξεργασία του Συνόλου των Καταγραφών του Συστήματος MetroCount 5600

Η επεξεργασία του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 αποσκοπεί στο να αφαιρεθούν από το δείγμα οι άχρηστες και άκυρες μετρήσεις και να διατηρηθούν μόνο αυτές που αφορούν σε οχήματα, τα οποία βρίσκονταν σε κορεσμό.

4.4.1. Διαγραφή άχρηστων καταγραφών

Αρχικά, διαγράφηκαν ως άχρηστες οι παρακάτω καταγραφές :

- Καταγραφές που αναφέρονται σε ημέρες μειωμένης ζήτησης.
  Παρατηρώντας την *Εικόνα 4.9* διαπιστώνεται πως το Σαββατοκύριακο ο φόρτος είναι μειωμένος. Για το λόγο αυτό αφαιρέθηκαν οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν στις 17, 23 και 24 Νοεμβρίου 2013.



Εικόνα 4.9 : Διάγραμμα αξόνων ανά ώρα 17-29 Νοεμβρίου 2013

- Καταγραφές που αναφέρονται σε χρονικές περιόδους στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, οι οποίες παρουσιάζουν μειωμένη ζήτηση.
  Μετά από επιτόπια παρατήρηση διαπιστώθηκε πως τις καθημερινές η μελετώμενη λωρίδα παρουσιάζει μειωμένη ζήτηση μεταξύ των ωρών 21:30 και 07:30. Γι' αυτό αφαιρέθηκαν από το δείγμα οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν στο προαναφερθέν διάστημα.
- Καταγραφές που συλλέχθηκαν σε χρονικές περιόδους στη διάρκεια των οποίων οι συνθήκες φωτισμού δεν μπορούν να χαρακτηριστούν απόλυτα ως συνθήκες ημέρας ή νύχτας (σούρουπο). Για το λόγο αυτό αφαιρέθηκαν από το δείγμα οι καταγραφές που αναφέρονται στο διάστημα 17:20-18:20.

4.4.2. Διαγραφή άκυρων καταγραφών

Στη συνέχεια, διαγράφηκαν ως άκυρες οι ακόλουθες καταγραφές :

- Καταγραφές που αναφέρονται σε διαστήματα μη ορθής λειτουργίας του μετρητή εξαιτίας της απαγκίστρωσης του αριστερού άκρου ενός εκ των δύο σωλήνων.
- Καταγραφές που αναφέρονται στην κατεύθυνση BA
  Εφόσον η κατεύθυνση ενδιαφέροντος είναι η AB αφαιρέθηκαν όλες οι μετρήσεις, οι οποίες αναφέρονται στην κατεύθυνση BA.
- Άλλες άκυρες καταγραφές
  Πρόκειται για καταγραφές, οι οποίες δεν μεταφέρουν έγκυρη πληροφορία π.χ. αφορούν σε οχήματα με μηδενικούς χρονικούς διαχωρισμούς.

4.4.3. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (1)

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία αφαίρεσης των μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό και χαρακτηρίστηκαν ως οχήματα που καθυστέρησαν, εισήλθαν στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης, έπονταν οχήματος που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης ή διήλθαν από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού. Για το σκοπό αυτό το αρχείο των μετρήσεων διαμορφώθηκε κατάλληλα και εισάχθηκε στο MATLAB, όπου με την εφαρμογή ανάλογων αλγορίθμων διαγράφηκαν οι καταγραφές των μη κορεσμένων οχημάτων.

Διαμόρφωση του αρχείου μετρήσεων

Οι καταγραφές του συστήματος MetroCount 5600 εμπλουτίστηκαν με χρήσιμες πληροφορίες. Έτσι λοιπόν, προστέθηκαν τα ακόλουθα πεδία :

- Δείκτης
  Δεδομένου ότι ο αριθμός των μετρήσεων είναι μεγάλος προστέθηκε ένα πεδίο-δείκτης που επιτρέπει την αντιστοίχηση οποιασδήποτε σειράς του διαμορφωμένου αρχείου μετρήσεων στο αρχικό, ακατέργαστο αρχείο μετρήσεων.
- Συνθήκες φωτισμού
  Το πεδίο αυτό περιέχει πληροφορία για τις συνθήκες φωτισμού. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για τη νεφοκάλυψη, οι συνθήκες φωτισμού διακρίνονται μόνο σε φυσικό φωτισμό (ημέρα) και τεχνητό φωτισμό (νύχτα). Οι τιμές που λαμβάνει το παρόν πεδίο και οι συνθήκες φωτισμού που αντιστοιχούν σε αυτές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 4.13 : Αντιστοίχιση τιμών και συνθηκών φωτισμού

Τιμή	Συνθήκες Φωτισμού
1	Φυσικός Φωτισμός
2	Τεχνητός Φωτισμός

Παρόλο που τη χρονική περίοδο 17-29 Νοεμβρίου ο ήλιος ανατέλλει στις 07:10 και δύει στις 17:10 η τιμή 1 χρησιμοποιήθηκε για όλες τις μετρήσεις που καταγράφηκαν από τις 07:30 ως τις 17:20 καθώς, όπως διαπιστώθηκε μετά από επιτόπια παρατήρηση, στο παραπάνω διάστημα υπάρχει επαρκές φυσικό φως.

Σημειώνεται πως δεν προστέθηκε πληροφορία για τις καιρικές συνθήκες και συγκεκριμένα για τη βροχή καθώς ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται σε απόσταση περίπου τριών χιλιομέτρων από το μελετώμενο κόμβο και οι μετρήσεις βροχής που συλλέγει δεν αντικατοπτρίζουν τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης, όπως διαπιστώθηκε

μετά από διασταύρωση των μετρήσεων του με τα δεδομένα βίντεο και τις μετρήσεις του παρατηρητή.

Με την αφαίρεση της περιττής πληροφορίας και την προσθήκη των προαναφερθέντων πεδίων το αρχείο μετρήσεων διαμορφώθηκε ως εξής :

Πίνακας 4.14 : Διαμόρφωση αρχείων μετρήσεων

Στήλη	Περιεχόμενο
A	Δείκτης
B	Ταχύτητα οχήματος
C	Χρονικός διαχωρισμός
D	Διάκενο
E	Μεταξόνιο οχήματος
F	Αριθμός χτυπημάτων οχήματος
G	Αριθμός αξόνων οχήματος
H	Αριθμός ομάδων αξόνων οχήματος
I	Συντελεστής συσχέτισης αισθητήρων
J	Κατηγορία οχήματος
K	Συνθήκες φωτισμού

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	A/A	Speed	Hdway	Gap	Wb	Ht	Ax	Gp	Rho	Cl	Day/Night
2	3537	50.1	67	66.9	2	4	2	2	0.5	2	1
3	3538	47.3	18.6	18.1	2.5	4	2	2	1	2	1
4	3539	47.9	0.9	0.7	2.2	4	2	2	1	2	1
5	3540	18.4	72.1	71.9	2.3	4	2	2	1	2	1
6	3541	45.6	13.8	13.3	2.1	4	2	2	1	2	1
7	3542	45.9	1.3	1.2	2.5	4	2	2	1	2	1
8	3543	38.7	3.2	3	2.3	4	2	2	1	2	1
9	3544	37.4	1.3	1.1	2.2	4	2	2	1	2	1
10	3545	39.7	1.8	1.6	2.7	4	2	2	1	2	1
11	3546	39.2	1.3	1.1	2.3	4	2	2	1	2	1
12	3547	13.8	66.5	66.3	2.3	7	2	2	1	2	1
13	3548	24.9	3	2.4	2.4	4	2	2	1	2	1
14	3549	24.3	1.6	1.3	2.2	4	2	2	1	2	1
15	3550	23.5	3.9	3.6	2.7	4	2	2	1	2	1
16	3551	44.4	6.4	6	2.4	4	2	2	1	2	1
17	3552	35.1	1.4	1.2	2.5	4	2	2	1	2	1
18	3553	38.7	3.5	3.3	3.3	4	2	2	1	3	1
19	3554	36.7	70.9	70.6	2	4	2	2	0.5	2	1
20	3555	16.7	1.5	1	2.4	4	2	2	1	2	1
21	3556	17.1	2.5	1.9	2.3	4	2	2	1	2	1
22	3557	60	7.6	7.2	2.3	4	2	2	1	2	1
23	3558	49.2	4	3.9	2.2	4	2	2	1	2	1
24	3559	44.8	2.6	2.4	2.2	4	2	2	1	2	1
25	3560	17.1	71.9	71.7	2.4	4	2	2	1	2	1
26	3561	18.5	2.8	2.2	2.2	4	2	2	1	2	1
27	3562	17.7	2.7	2.3	2.2	4	2	2	1	2	1
28	3563	47.8	7	6.6	2.5	4	2	2	1	2	1
29	3564	48.1	5	4.8	3.3	4	2	2	1	3	1
30	3565	45	2.4	2.1	2.3	4	2	2	1	2	1

Εικόνα 4.10 : Απόσπασμα διαμορφωμένου αρχείου δεδομένων

Διευκρινίζεται πως οι τιμές της στήλης J (Κατηγορία Οχήματος) προέρχονται από την αυτόματη ταξινόμηση του MetroCount Traffic Executive καθώς δεν υπάρχει ξεκάθαρη αντιστοιχία μεταξύ των κατηγοριών του Scheme F και των κατηγοριών που προέκυψαν από τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις αδυναμίες της αυτόματης ταξινόμησης αποτελεί το λόγο για τον οποίο αποφεύχθηκε η

συγχώνευση κατηγοριών που παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά αφού η κίνηση αυτή θα περιέπλεκε ακόμα περισσότερο τις κατηγορίες δυσχεραίνοντας τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο υποκεφαλαίων.

Σε ό,τι αφορά στις αδυναμίες της αυτόματης ταξινόμησης των οχημάτων έχουν καταγραφεί τα εξής φαινόμενα :

- Λανθασμένη ταξινόμησης αλληλουχίας οχημάτων σε μία από τις κατηγορίες φορτηγών περισσότερων των δύο αξόνων
- Λανθασμένη ταξινόμηση της πλειοψηφίας των μικρών επιβατικών οχημάτων στην κατηγορία Δίκυκλο εξαιτίας του μικρού μήκους τους
- Λανθασμένη ταξινόμηση της πλειοψηφίας των λεωφορείων στην κατηγορία Φορτηγό δύο αξόνων

Πίνακας 4.15 : Αντιστοίχηση των κατηγοριών οχημάτων που προέκυψαν από τις μετρήσεις του παρατηρητή και τα δεδομένα βίντεο στις κατηγορίες της αυτόματης ταξινόμησης του MetroCount Traffic Executive (Scheme F)

MetroCount Traffic Executive (Scheme F)	Μετρήσεις Παρατηρητή – Δεδομένα Βίντεο
Δίκυκλο	Δίκυκλο, ΙΧ
ΙΧ (με ή χωρίς ρυμουλκούμενο)	ΙΧ, Ελαφρύ φορτηγό
Ημιφορτηγό	Ελαφρύ φορτηγό, Βαρύ φορτηγό
Λεωφορείο	Βαρύ φορτηγό
Φορτηγό δύο αξόνων	Βαρύ φορτηγό
Φορτηγό τριών αξόνων	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων (2S1,2S2,3S1)	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων (2S1-2)	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Πολυρυμουλκούμενο όχημα έξι αξόνων (3S1-2)	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα
Φορτηγό επτά ή περισσότερων αξόνων	Βαρύ φορτηγό, Λανθασμένα ταξινομημένο όχημα

Αλγόριθμός διαγραφής καταγραφών που αφορούν σε οχήματα που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό

Μελετώντας τις καταγραφές του συστήματος MetroCount 5600 που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή διαπιστώθηκε πως στις περισσότερες περιπτώσεις είναι εφικτός ο διαχωρισμός των οχημάτων που βρίσκονταν σε κορεσμό από τα οχήματα που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό καθώς οι χρονικοί διαχωρισμοί των τελευταίων παρουσιάζουν τις εξής ιδιαιτερότητες :

- Οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων που εισήλθαν στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης είναι μικρότεροι από τους χρονικούς διαχωρισμούς των οχημάτων σε κορεσμό.
- Οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων που καθυστέρησαν είναι μεγαλύτεροι από τους χρονικούς διαχωρισμούς των οχημάτων σε κορεσμό.

Επομένως, η σύγκριση των τιμών των χρονικών διαχωρισμών με ορισμένες ακραίες τιμές, (μέγιστη και ελάχιστη τιμή) μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να διακριθούν τα οχήματα που βρίσκονταν σε κορεσμό από τα οχήματα που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό. Ως μέγιστη τιμή ορίστηκε η τιμή που δεν υπερβαίνει το 95% των κορεσμένων οχημάτων και ως ελάχιστη τιμή ορίστηκε η τιμή που δεν υποβαίνει το 95% των κορεσμένων οχημάτων. Σημειώνεται πως το συγκεκριμένο ποσοστό επιλέχθηκε αφότου συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα για ποσοστό 95%, 99% και 100%. Επιπλέον, διευκρινίζεται πως οι ακραίες τιμές προέκυψαν από τις τιμές που δεν ξεπερνά το 95% των οχημάτων που βρίσκονταν σε κορεσμό όπως αυτό αποτυπώθηκε στις καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή. Τονίζεται μάλιστα πως προσδιορίστηκαν διαφορετικές τιμές ανά κατηγορία χρονικών διαχωρισμών[11], ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού (φυσικός φωτισμός, τεχνητός φωτισμός) αλλά και τη θέση στην ουρά (δεύτερη θέση, τρίτη θέση, τέταρτη ή επόμενη θέση στην ουρά).

Σε ό,τι αφορά στον προσδιορισμό των οχημάτων που διήλθαν από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού αυτός βασίστηκε στην παραδοχή πως η λήξη του κορεσμού σηματοδοτείται από τη διέλευση δύο διαδοχικών οχημάτων που καθυστέρησαν.

Η διαδικασία αφαίρεσης των μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό πραγματοποιείται ανά κύκλο σηματοδότησης αφ' ενός για να αποφευχθεί να χαρακτηριστεί λανθασμένα ως όχημα που καθυστέρησε το πρώτο όχημα του εκάστοτε κύκλου, γεγονός το οποίο θα είχε επίπτωση στο χαρακτηρισμό των υπόλοιπων οχημάτων και αφ' ετέρου επειδή οι χρονικοί διαχωρισμοί στη δεύτερη και την τρίτη θέση στην ουρά απαιτούν διαφορετικό χειρισμό από τους χρονικούς διαχωρισμούς που αναφέρονται στην τέταρτη ή σε επόμενη θέση δεδομένου ότι οι τελευταίοι είναι μικρότεροι και σχετικά σταθεροί σε αντίθεση με τους πρώτους.

Η ομαδοποίηση των καταγραφών σε κύκλους σηματοδότησης επιβάλλει τον προσδιορισμό του πρώτου οχήματος κάθε κύκλου. Υπογραμμίζεται πως το πρώτο όχημα κάθε κύκλου δεν έχει απαραιτήτως χρονικό διαχωρισμό περίπου ίσο με το χρόνο κόκκινης ένδειξης καθώς κατά τη διάρκεια του κόκκινου είναι σύνηθες το φαινόμενο της διέλευσης του πρώτου οχήματος της ουράς (ή των πρώτων αξόνων αυτού) και ορισμένων δικύκλων από τη γραμμή στάσης προκειμένου να σταθούν μπροστά από τη γραμμή αυτή ή να διασχίσουν τον κόμβο. Ο προσδιορισμός του πρώτου οχήματος κάθε κύκλου έγινε ως εξής[12] :

- Διαχωρίστηκε από το σύνολο των καταγραφών υποσύνολο που περιέχει όλες τις καταγραφές που αναφέρονται σε οχήματα με χρονικό διαχωρισμό μεγαλύτερο ή ίσο των 25δλ. Η επιλογή των 25δλ δεν είναι τυχαία καθώς για τη συγκεκριμένη πρόσβαση

[11] Στις περιπτώσεις που η κατηγορία του χρονικού διαχωρισμού δεν απαντά στις καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή οι ακραίες τιμές προέκυψαν ως σταθμισμένος μέσος όρος των ακραίων τιμών άλλων κατηγοριών θεωρώντας πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος π.χ. οι ακραίες τιμές της κατηγορίας Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων υπολογίστηκαν ως σταθμισμένος μέσος όρος των ακραίων τιμών των κατηγοριών Δίκυκλο-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων, ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων και Ημιφορτηγό-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων.

[12] Στο σημείο αυτό επισημαίνεται πως ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε για τον προσδιορισμό του πρώτου οχήματος κάθε κύκλου ακολουθώντας τη λογική αυτή είναι απολύτως προσαρμοσμένος στα δεδομένα της παρούσας μελέτης και λειτουργεί ικανοποιητικά καθώς συγκρίνοντας τα αποτελέσματά του με τα δεδομένα βίντεο και τις μετρήσεις παρατηρητή σε δείγμα διακοσίων κύκλων βρέθηκε μόνο ένα λάθος.

ο χρόνος πράσινης ένδειξης είναι ίσος με 22δλ και ο χρόνος κίτρινης ένδειξης είναι ίσος με 3δλ (22+3=25).

- Από το παραπάνω υποσύνολο εξετάστηκαν ξεχωριστά οι χρονικοί διαχωρισμοί που αναφέρονται σε ζεύγη διαδοχικών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα για κάθε ζεύγος συγκρίθηκε η τιμή του πρώτου χρονικού διαχωρισμού με την τιμή 65δλ, η οποία ισούται με το χρόνο κόκκινης ένδειξης, προκειμένου να συναχθεί αν ο πρώτος ή ο δεύτερος χρονικός διαχωρισμός αναφέρεται σε όχημα που ηγείτο της ουράς. Σε ό,τι αφορά στους υπόλοιπους χρονικούς διαχωρισμούς θεωρήθηκε πως όλοι τους αναφέρονται σε όχημα που ηγείτο της ουράς.

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστηκε αλγόριθμος για τον χαρακτηρισμό κάθε οχήματος, τα αποτελέσματα του οποίου αποτελούν δεδομένα εισόδου για τον αλγόριθμο αφαίρεσης καταγραφών που αφορούν σε οχήματα που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (καθυστέρησαν, εισήλθαν στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης, έπονταν οχήματος που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης ή διήλθαν από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού).

Με τη χρήση του αλγορίθμου χαρακτηρισμού οι καταγραφές εμπλουτίζονται με σχετική πληροφορία, η οποία αποθηκεύεται σε μία πρόσθετη στήλη. Οι τιμές της στήλης και οι χαρακτηρισμοί που αντιστοιχούν σε αυτές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

4.16 : Αντιστοίχηση τιμών και χαρακτηρισμών οχημάτων

Τιμή	Χαρακτηρισμός
1	Όχημα που ηγούνταν της ουράς
2	Όχημα που βρισκόταν σε κορεσμό[13]
3	Όχημα που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης
4	Όχημα που καθυστέρησε
5	Όχημα σε κορεσμό, το οποίο επόταν οχήματος που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης
0	Όχημα που διήλθε από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού

Από τους παραπάνω χαρακτηρισμούς, ο πρώτος χρησιμοποιείται εξ' ορισμού για το πρώτο όχημα της ουράς ενώ οι υπόλοιποι αφορούν σε όχημα που βρισκόταν στη δεύτερη ή σε επόμενη θέση στην ουρά. Συγκεκριμένα, ο δεύτερος χαρακτηρισμός αποδίδεται σε όχημα του οποίου ο χρονικός διαχωρισμός που δεν ξεπερνά τις ακραίες τιμές της κατηγορίας του στη θέση που βρισκόταν στην ουρά και τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούσαν κατά τη διέλευσή του από τη γραμμή στάσης. Ο τρίτος χαρακτηρισμός αναφέρεται σε όχημα με χρονικό διαχωρισμό μικρότερο από την ελάχιστη τιμή της κατηγορίας του, για τη συγκεκριμένη θέση στην ουρά και τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούσαν. Ο τέταρτος χαρακτηρισμός αναφέρεται σε όχημα με χρονικό διαχωρισμό μεγαλύτερο από τη μέγιστη τιμή της κατηγορίας του, για τη συγκεκριμένη θέση στην ουρά και τις συνθήκες φωτισμού που επικρατούσαν. Ο πέμπτος χαρακτηρισμός αφορά σε όχημα με χρονικό διαχωρισμό εντός ορίων, το οποίο επόταν οχήματος που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης. Ο τελευταίος χαρακτηρισμός αποδίδεται σε όχημα που επόταν δύο διαδοχικών οχημάτων που καθυστέρησαν, ανεξαρτήτως της τιμής του χρονικού διαχωρισμού.

[13] Ο χαρακτηρισμός «Όχημα που βρισκόταν σε κορεσμό» χρησιμοποιείται καταχρηστικά ακόμα και για τα οχήματα που βρίσκονταν στη δεύτερη ή την τρίτη θέση στην ουρά.

Σημειώνεται πως ο παραπάνω αλγόριθμος τροφοδοτεί παράλληλα με το πεδίο χαρακτηρισμού ένα ακόμη πεδίο, το οποίο περιέχει πληροφορία για τη θέση κάθε οχήματος στην ουρά. Το πεδίο αυτό είναι χρήσιμο για την αφαίρεση των οχημάτων που διήλθαν από τη γραμμή στάσης πριν την έναρξη του κορεσμού.

Αφότου εξάχθηκαν τα αποτελέσματα του αλγορίθμου χαρακτηρισμού, το αρχείο μετρήσεων υποβλήθηκε σε νέα επεξεργασία με την εφαρμογή του αλγορίθμου αφαίρεσης καταγραφών που δεν βρίσκονταν σε κορεσμό. Με τη χρήση του τελευταίου διαγράφηκαν οι καταγραφές που αναφέρονται σε οχήματα, τα οποία χαρακτηρίστηκαν ως Όχημα που εισήλθε στη μέση της ουράς κατά διάρκεια της πράσινης ένδειξης, Όχημα που καθυστέρησε, Όχημα σε κορεσμό, το οποίο επόταν οχήματος που εισήλθε στη μέση της ουράς στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης και Όχημα που διήλθε από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των τελευταίων αλγορίθμων με τα δεδομένα βίντεο και τις μετρήσεις παρατηρητή έδειξε πως οι αλγόριθμοι αστοχούν στη διαχείριση του 20% των καταγραφών. Οι αιτίες της αστοχίας είναι οι εξής :

- Έχουν καταγραφεί χρονικοί διαχωρισμοί που αναφέρονται σε οχήματα που καθυστέρησαν ή εισήλθαν στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης οι τιμές των οποίων δεν διαφέρουν από αυτές των κορεσμένων οχημάτων (σύνηθες).
- Έχουν καταγραφεί χρονικοί διαχωρισμοί κορεσμένων οχημάτων, οι τιμές των οποίων ξεπερνούν τις ακραίες τιμές (σπάνιο).
- Η λήξη του κορεσμού δεν σηματοδοτείται πάντα από τη διέλευση δύο διαδοχικών οχημάτων που καθυστέρησαν (σπάνιο).

Ωστόσο, υπογραμμίζεται πως το 30% του συνόλου των καταγραφών αναφέρεται σε οχήματα που καθυστέρησαν, εισήλθαν στη μέση της ουράς κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης ή διήλθαν από τη γραμμή στάσης μετά τη λήξη του κορεσμού. Επομένως, η χρήση των παραπάνω αλγορίθμων μειώνει από 30% σε 20% το ποσοστό των καταγραφών που αναφέρονται σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό και δεν μπορούν να αφαιρεθούν από το δείγμα με κριτήριο τη θέση τους στην ουρά.

4.4.4. Διαγραφή μετρήσεων που αφορούν σε οχήματα, τα οποία δεν βρίσκονταν σε κορεσμό (2)

Δεδομένου ότι τα πρώτα οχήματα της ουράς δεν βρίσκονται σε κορεσμό είναι αναγκαία η αφαίρεσή τους από το δείγμα. Ως θέση έναρξης του κορεσμού χρησιμοποιήθηκε η τέταρτη θέση στην ουρά, όπως προέκυψε από την επεξεργασία των μετρήσεων που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή. Ακολούθησε λοιπόν, η διαγραφή των μετρήσεων που αναφέρονται στα τρία πρώτα οχήματα κάθε κύκλου με την οποία ολοκληρώθηκε η επεξεργασία των δεδομένων.

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνάται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επιρροή των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς, τις ταχύτητες, τη σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες, τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και τη ροή κορεσμού μελετώντας ξεχωριστά τις καταγραφές που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή και το σύνολο των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600.

5.1. Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη με Βάση τις Καταγραφές που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή

5.1.1. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών (θέση έναρξης του κορεσμού), τις τιμές των χρονικών διαχωρισμών αλλά και την κατανομή τους.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών προσδιορίστηκε η θέση έναρξης του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Δεν προσδιορίστηκε η θέση αυτή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και βροχής και τεχνητού φωτισμού και βροχής καθώς οι μετρήσεις δεν είναι επαρκείς (δύο και ένας κύκλοι μετρήσεων αντίστοιχα).

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των μετρήσεων χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX. Στις μετρήσεις αυτές εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί αν η διαφορά των μέσων τιμών των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά είναι στατιστικά σημαντική.

Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Όπως ειπώθηκε στην ενότητα *4.3.3.* η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας είναι η τέταρτη θέση στην ουρά.

Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις IX-IX που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.1 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Θέσεων	**95%**	**99%**
$2^{η} – 3^{η}$		
$3^{η} – 4^{η}$	X	X
$4^{η} – 5^{η}$		X
$5^{η} – 6^{η}$		X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X
$7^{η} – 8^{η}$	X	X
$8^{η} – 9^{η}$	X	X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X
$11^{η} – 12^{η}$	X	X

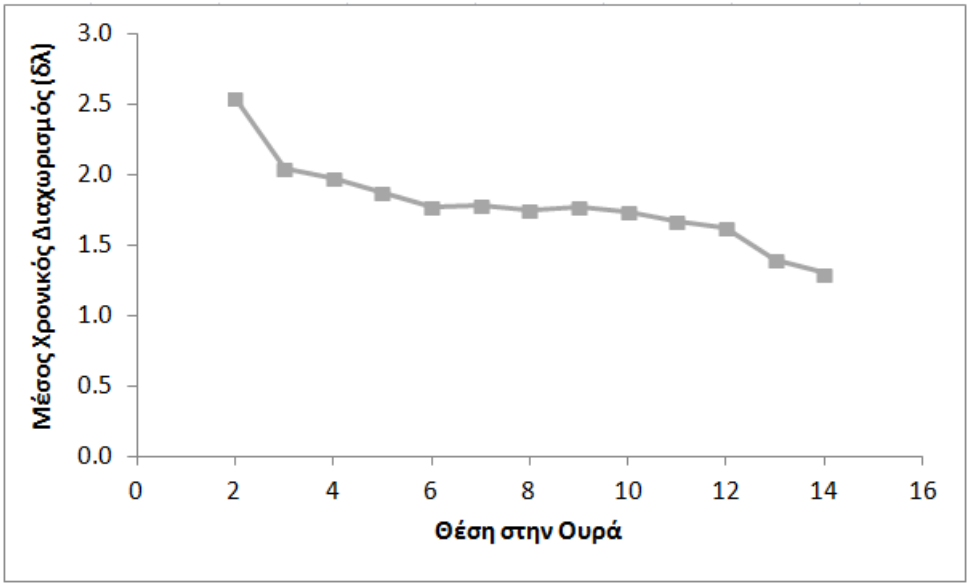
Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Σημειώνεται πως στον παραπάνω έλεγχο δεν χρησιμοποιήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί της δέκατης τρίτης και δέκατης τέταρτης θέσης επειδή το μέγεθος του δείγματος στις θέσεις αυτές είναι μικρό.

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στις περισσότερες περιπτώσεις. Επιπλέον, εξάγεται ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης είναι η έκτη θέση στην ουρά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και η τρίτη θέση για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%.

Παρ’ όλα αυτά, με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί συνάγεται πως ο κορεσμός ξεκινά στην τρίτη θέση.



Εικόνα 5.1 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

<u>Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή</u>

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις IX-IX που συλλέχθηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.2 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Θέσεων	**95%**	**99%**
$2^{η} – 3^{η}$		
$3^{η} – 4^{η}$		
$4^{η} – 5^{η}$	X	X
$5^{η} – 6^{η}$	X	X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X
$7^{η} – 8^{η}$		
$8^{η} – 9^{η}$	X	X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X
$11^{η} – 12^{η}$		
$12^{η} – 13^{η}$	X	X

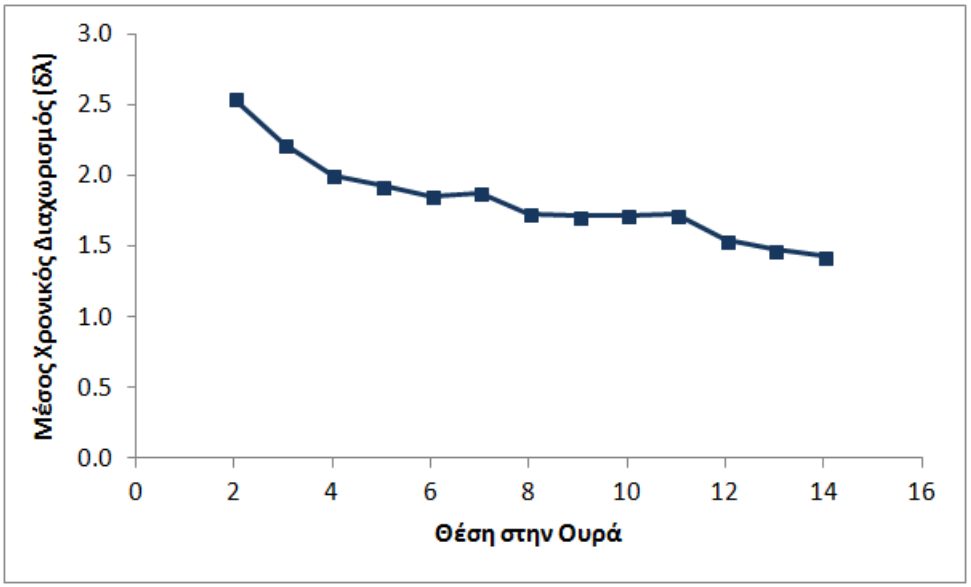
Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Σημειώνεται πως στον παραπάνω έλεγχο δεν χρησιμοποιήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί της δέκατης τέταρτης θέσης επειδή το μέγεθος του δείγματος στη θέση είναι μικρό.

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στις περισσότερες περιπτώσεις.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή είναι τέταρτη θέση στην ουρά.



Εικόνα 5.2 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού ενδέχεται να επιδρούν στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών. Συγκεκριμένα, η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών είναι η τέταρτη θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας και σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Η θέση αυτή φαίνεται να είναι διαφορετική σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης χωρίς ωστόσο να είναι βέβαιο αν προηγείται ή έπεται της τέταρτης θέσης αφού για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η θέση σταθεροποίησης στις συνθήκες αυτές είναι η έκτη ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% η θέση αυτή είναι τρίτη. Θα μπορούσε βέβαια η διαφορά στη θέση σταθεροποίησης σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης να οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες. Επιπροσθέτως, από την ανάλυση προκύπτει πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών και η θέση έναρξης του κορεσμού δεν ταυτίζονται σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Συγκεκριμένα, υπ' αυτές τις συνθήκες και γι' αυτό το επίπεδο εμπιστοσύνης η σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών επέρχεται στην έκτη θέση ενώ ο κορεσμός επιτυγχάνεται στην τρίτη θέση.

Πίνακας 5.3 : Θέση έναρξης κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

Συνθήκες Φωτισμού	**Θέση Έναρξης Κορεσμού**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	$4^{η}$
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	$3^{η}$
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	$4^{η}$

Πίνακας 5.4 : Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

	Θέση Σταθεροποίησης των Χρονικών Διαχωρισμών	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	$4^{η}$	$4^{η}$
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	$6^{η}$	$3^{η}$
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	$4^{η}$	$4^{η}$

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών μελετήθηκαν οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους αλλά και κατά την έναρξη του κορεσμού, η γενική τάση των τιμών αυτών στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης και τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Δεν εξετάστηκαν οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και βροχής και τεχνητού φωτισμού και βροχής καθώς οι μετρήσεις δεν είναι επαρκείς.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των μετρήσεων χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX.

<u>Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους</u>

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX στη θέση σταθεροποίησής τους σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Πίνακας 5.5 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX στη θέση σταθεροποίησής τους σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα

	Μέση Τιμή των Χρονικών Διαχωρισμών στη Θέση Σταθεροποίησής τους (δλ)	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	1.84-1.86	1.84-1.86
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	1.77	2.04
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	2.00	2.00

Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για

επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% ενώ μελετήθηκαν ξεχωριστά οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών που προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης των τιμών των χρονικών διαχωρισμών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως σε κάθε περίπτωση η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Θεωρώντας πως σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης οι χρονικοί διαχωρισμοί σταθεροποιούνται στην έκτη θέση, η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού στη θέση σταθεροποίησής τους σε αυτές τις συνθήκες είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή ενώ δεν διαφέρει από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας. Αντιθέτως, θεωρώντας πως σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης οι χρονικοί διαχωρισμοί σταθεροποιούνται στην τρίτη θέση, η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού στη θέση σταθεροποίησής τους σε αυτές τις συνθήκες είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας ενώ δεν διαφέρει από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

<u>Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατά την έναρξη του κορεσμού</u>

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Πίνακας 5.6 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα

Συνθήκες Φωτισμού	**Μέση Τιμή των Χρονικών Διαχωρισμών Κατά την Έναρξη του Κορεσμού (δλ)**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	1.84-1.86[14]
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	2.04
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	2.00

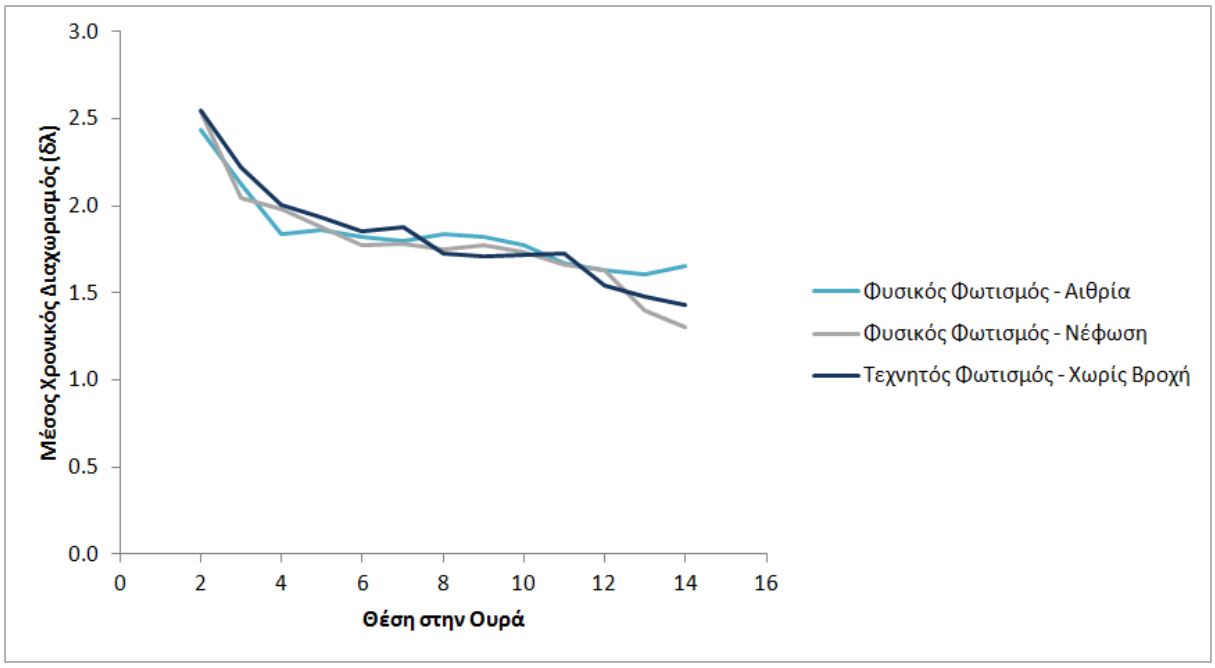
Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατά την έναρξη του κορεσμού στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού κατά την έναρξη του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης και σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Η ίδια τιμή δεν φαίνεται να διαφέρει μεταξύ φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

[14] Αναφέρονται οι τιμές 1.84 και 1.86, οι οποίες αφορούν στην τέταρτη και την πέμπτη θέση στην ουρά αντίστοιχα καθώς ο κορεσμός ξεκινά στην τέταρτη θέση και οι τιμές της τέταρτης και της πέμπτης θέσης δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ενώ η τιμή της πέμπτης θέσης είναι μεγαλύτερη από αυτή της τέταρτης θέσης παρόλο που οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών τείνουν να μειώνονται σταδιακά στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη γενική τάση των τιμών των χρονικών διαχωρισμών κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης

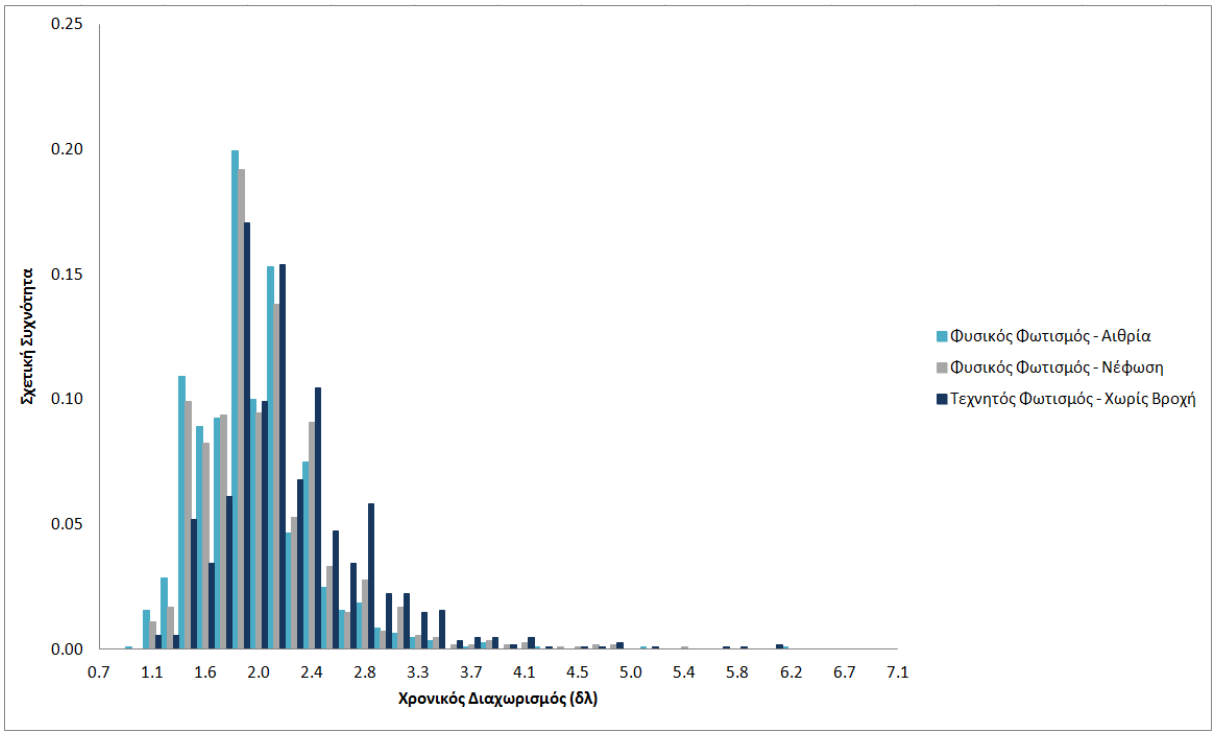
Από τη μελέτη του διαγράμματος που ακολουθεί διαπιστώνεται πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών μειώνονται σταδιακά στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης σε όλες τις συνθήκες φωτισμού.



Εικόνα 5.3 : Διάγραμμα του μέσου χρονικού διαχωρισμού της κατηγορίας IX-IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών εξετάζοντας τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τη σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών των χρονικών διαχωρισμών σε όλες τις καιρικές συνθήκες για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.



Εικόνα 5.4 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας καταγράφονται τα μεγαλύτερα ποσοστά χρονικών διαχωρισμών μικρότερων από 1.8δλ ενώ συγκρίνοντας τα αντίστοιχα ποσοστά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης με αυτά που σημειώνονται σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή παρατηρείται πως τα ποσοστά είναι μεγαλύτερα σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης. Επίσης, σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή καταγράφονται τα μεγαλύτερα ποσοστά χρονικών διαχωρισμών μεγαλύτερων από 2.3δλ ενώ συγκρίνοντας τα αντίστοιχα ποσοστά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης με αυτά που σημειώνονται σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας παρατηρείται πως τα ποσοστά είναι μεγαλύτερα σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης.

Επιπλέον, οι τιμές που παρουσιάζουν την υψηλότερη συχνότητα σε όλες τις συνθήκες φωτισμού είναι οι τιμές 1.8 και 2.1δλ, με την τιμή 1.8δλ να σημειώνει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης σε όλες τις συνθήκες φωτισμού.

<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού φαίνεται να επιδρούν στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών. Συγκρίνοντας τις τιμές των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή με τις αντίστοιχες τιμές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας και φυσικού φωτισμού και νέφωσης εξάγεται το συμπέρασμα πως τη νύχτα οι χρονικοί διαχωρισμοί τείνουν να είναι μεγαλύτεροι αφού παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μέση τιμή στη θέση σταθεροποίησής τους και εμφανίζουν την υψηλότερη συχνότητα τιμών μεγαλύτερων από 2.3δλ και τη χαμηλότερη συχνότητα τιμών μικρότερων από 1.8δλ. Συγκρίνοντας τις τιμές των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης με τις αντίστοιχες τιμές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας εξάγεται το συμπέρασμα πως σε συνθήκες νέφωσης οι χρονικοί διαχωρισμοί τείνουν να είναι μεγαλύτεροι αφού παρουσιάζουν, ανάλογα με το επίπεδο εμπιστοσύνης, μεγαλύτερη ή ίση μέση τιμή στη θέση σταθεροποίησής τους και

εμφανίζουν υψηλότερη συχνότητα τιμών μεγαλύτερων από 2.3δλ και χαμηλότερη συχνότητα τιμών μικρότερων από 1.8δλ.

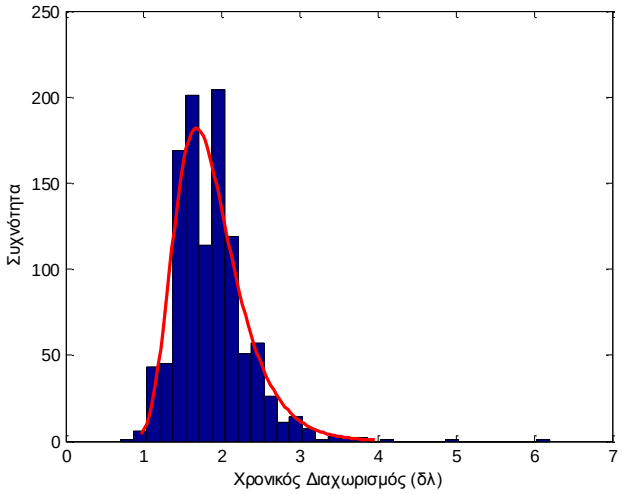
Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στην κατανομή των χρονικών διαχωρισμών

Με τη χρήση του ελέγχου x^2 εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μετρήσεις των χρονικών διαχωρισμών στις διάφορες συνθήκες φωτισμού ακολουθούν κάποια γνωστή κατανομή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του ελέγχου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 5.7 : Κατανομή των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

	Κατανομή για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	-	Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	Λογάριθμο-λογιστική	Λογάριθμο-λογιστική
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	-	-

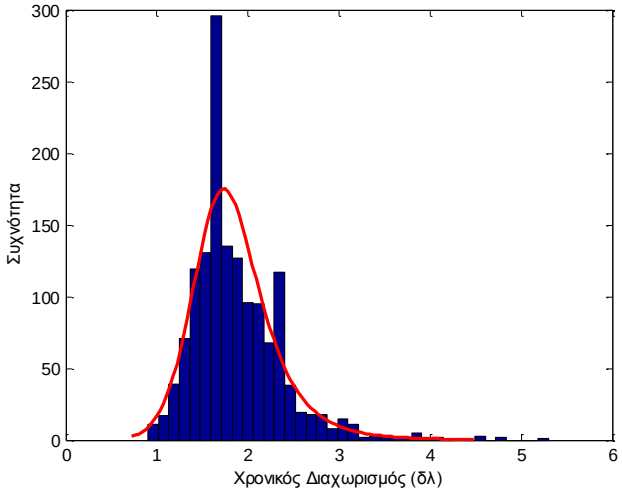
Ακολουθούν τα ιστογράμματα συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών, στα οποία αντιπαραβάλλονται οι αντίστοιχες κατανομές, τις οποίες φαίνεται να ακολουθούν οι μετρήσεις στις εκάστοτε συνθήκες φωτισμού.



Εικόνα 5.5 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Όπου :

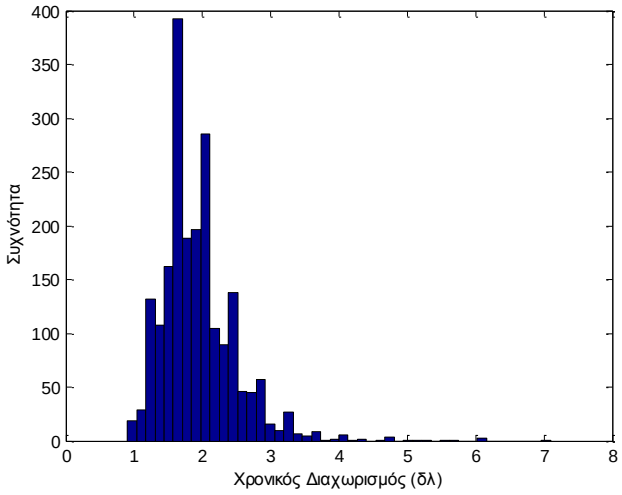
Κατανομή Μετρήσεων
Αντίστοιχη Γενικευμένη Κατανομή Ακραίων Τιμών



Εικόνα 5.6 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Όπου :

Κατανομή Μετρήσεων
Αντίστοιχη Λογαριθμο-Λογιστική Κατανομή



Εικόνα 5.7 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Όπου :

Κατανομή Μετρήσεων

Από τα παραπάνω προκύπτει πως οι συνθήκες φωτισμού είναι πιθανό να επηρεάζουν την κατανομή των χρονικών διαχωρισμών.

5.1.2. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των IX, περιγράφεται η διαδικασία επιλογής του δείγματος για τη διερεύνηση της επενέργειας των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων, τις τιμές και την κατανομή τους και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας.

Επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε ο έλεγχος t στις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας υποθέτοντας πως τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως η ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη του προπορευόμενου οχήματος. Επομένως, η διερεύνηση της επίδρασης των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες μπορεί να βασιστεί σε όλες τις μετρήσεις ταχυτήτων που αναφέρονται σε ΙΧ ανεξάρτητα από την κατηγορία του προπορευόμενου οχήματος. Επιπλέον, στο δείγμα μπορούν να συμπεριληφθούν και οι ταχύτητες που αναφέρονται στα ΙΧ που ηγούνται της ουράς παρόλο που διαφέρουν από τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ καθώς αποτελούν τη μοναδική πληροφορία για την πρώτη θέση στην ουρά και η διαφορά των τιμών τους οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της κίνησης του πρώτου οχήματος της ουράς.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων προσδιορίστηκε η θέση στην οποία οι ταχύτητες παρουσιάζουν μία σχετική σταθερότητα σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη όλων των μετρήσεων ταχυτήτων που αναφέρονται σε ΙΧ ενώ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενότητας αυτής με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας παρουσιάζονται και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αναφέρονται στις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ. Στις μετρήσεις εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί αν η διαφορά των μέσων τιμών των ταχυτήτων γειτονικών θέσεων στην ουρά είναι στατιστικά σημαντική.

<u>Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (ΙΧ) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (ΙΧ-ΙΧ) αντίστοιχα, οι οποίες συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.8 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Θέσεων	**ΙΧ**		**ΙΧ-ΙΧ**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
$1^{η} – 2^{η}$		X	-	-
$2^{η} – 3^{η}$				
$3^{η} – 4^{η}$	X	X	X	X
$4^{η} – 5^{η}$				
$5^{η} – 6^{η}$	X	X	X	X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X	X	X

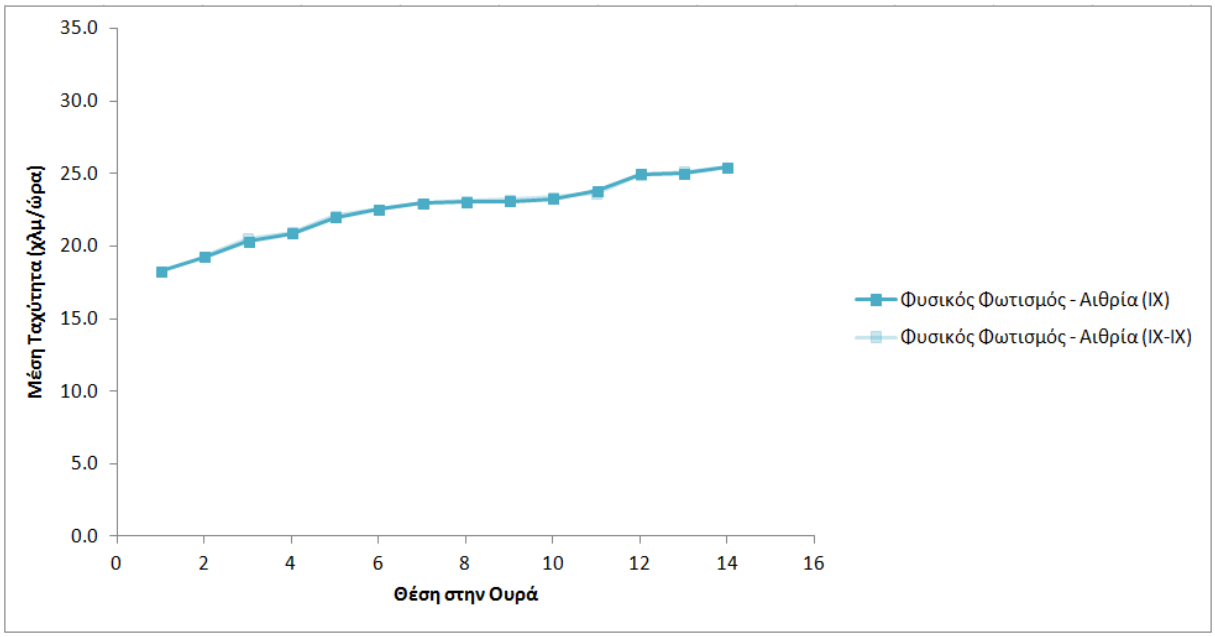
$7^{η}$ – $8^{η}$	X	X	X	X
$8^{η}$ – $9^{η}$	X	X	X	X
$9^{η}$ – $10^{η}$	X	X	X	X
$10^{η}$ – $11^{η}$	X	X	X	X
$11^{η}$ – $12^{η}$		X		X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως τα αποτελέσματα δεν διαφέρουν για τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας είναι η πέμπτη θέση στην ουρά.



Εικόνα 5.8 : Μέση τιμή ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

<u>Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (ΙΧ) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ αντίστοιχα (ΙΧ-ΙΧ), οι οποίες συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.9 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

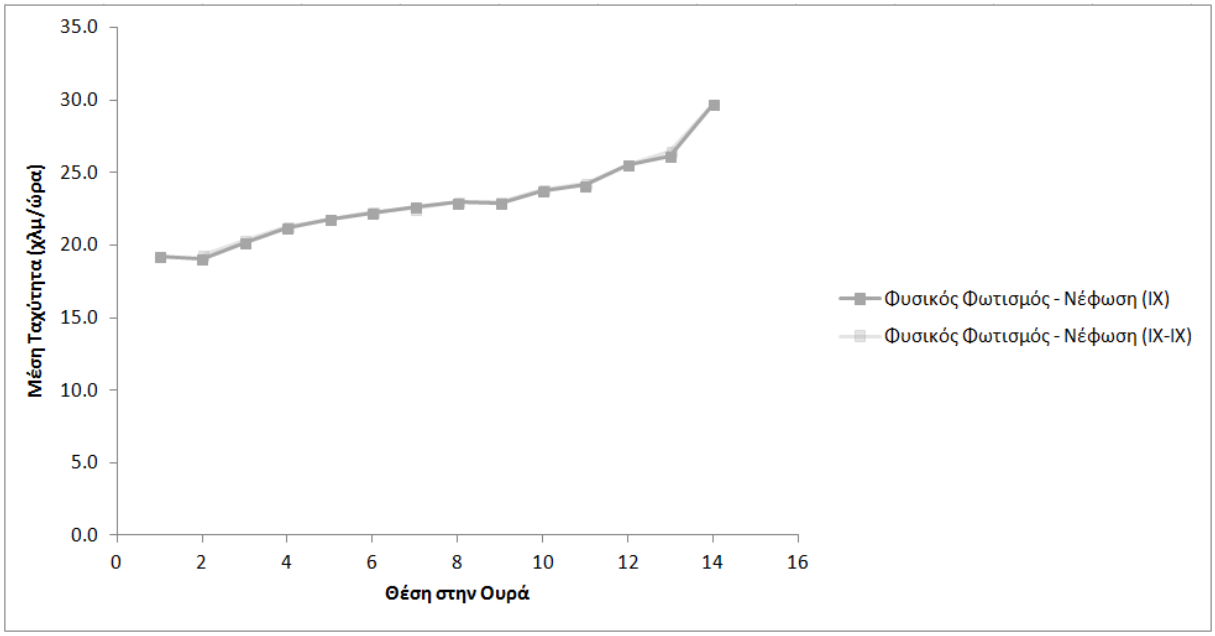
	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Θέσεων	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
$1^{η} – 2^{η}$	X	X	-	-
$2^{η} – 3^{η}$				
$3^{η} – 4^{η}$				
$4^{η} – 5^{η}$	X	X	X	X
$5^{η} – 6^{η}$	X	X	X	X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X	X	X
$7^{η} – 8^{η}$	X	X	X	X
$8^{η} – 9^{η}$	X	X	X	X
$9^{η} – 10^{η}$		X		X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X	X	X
$11^{η} – 12^{η}$				X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων για τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν IX.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης είναι η τέταρτη θέση στην ουρά.



Εικόνα 5.9 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

<u>Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (IX) και των IX που ακολουθούν IX αντίστοιχα (IX-IX), οι οποίες συλλέχθηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.10 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

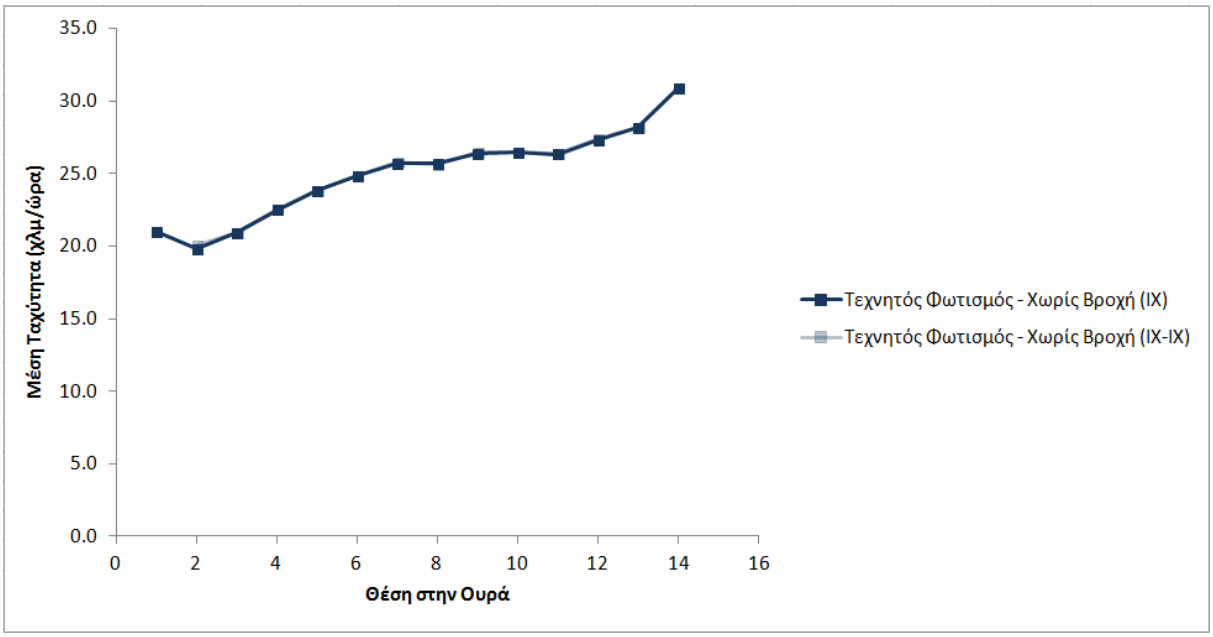
	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Θέσεων	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
$1^{η} – 2^{η}$		X	-	-
$2^{η} – 3^{η}$				
$3^{η} – 4^{η}$				
$4^{η} – 5^{η}$				
$5^{η} – 6^{η}$				
$6^{η} – 7^{η}$				
$7^{η} – 8^{η}$	X	X	X	X
$8^{η} – 9^{η}$	X	X		X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X	X	X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X	X	X
$11^{η} – 12^{η}$	X	X	X	X
$12^{η} – 13^{η}$	X	X	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων για τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν IX.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή είναι η έβδομη θέση στην ουρά για τα IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και για τα IX που ακολουθούν IX για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% και η έκατη θέση στην ουρά για τα IX που ακολουθούν IX για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



Εικόνα 5.10 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού φαίνεται να επιδρούν στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων. Συγκεκριμένα, η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων είναι η πέμπτη θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, η τέταρτη θέση σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης και η έβδομη θέση σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού χωρίς βροχή. Επομένως, η σταθεροποίηση των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται τουλάχιστον δύο θέσεις μετά την αντίστοιχη θέση σταθεροποίησης σε συνθήκες φυσικού φωτισμού.

Πίνακας 5.11 : Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

Συνθήκες Φωτισμού	**Θέση Σταθεροποίησης των Ταχυτήτων**			
	IX		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	$5^{η}$	$5^{η}$	$5^{η}$	$5^{η}$
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	$4^{η}$	$4^{η}$	$4^{η}$	$4^{η}$
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	$7^{η}$	$7^{η}$	$9^{η}$	$7^{η}$

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων μελετήθηκαν οι μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησης τους, η γενική τάση των τιμών αυτών στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης και τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των όλων των μετρήσεων ταχυτήτων που αναφέρονται σε IX ενώ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενότητας αυτής με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας παρουσιάζονται και μεμονωμένα τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αναφέρονται μόνο στις μετρήσεις ταχυτήτων των IX που ακολουθούν IX.

<u>Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων</u>

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Πίνακας 5.12 : Μέση τιμή των ταχυτήτων των IX στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα

Συνθήκες Φωτισμού	**Μέση Τιμή των Ταχυτήτων στη Θέση Σταθεροποίησης των Ταχυτήτων (χλμ/ώρα)**			
	IX		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	21.99	21.99	22.12	22.12
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	21.22	21.22	21.25	21.25
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	25.69	25.69	26.5	25.76

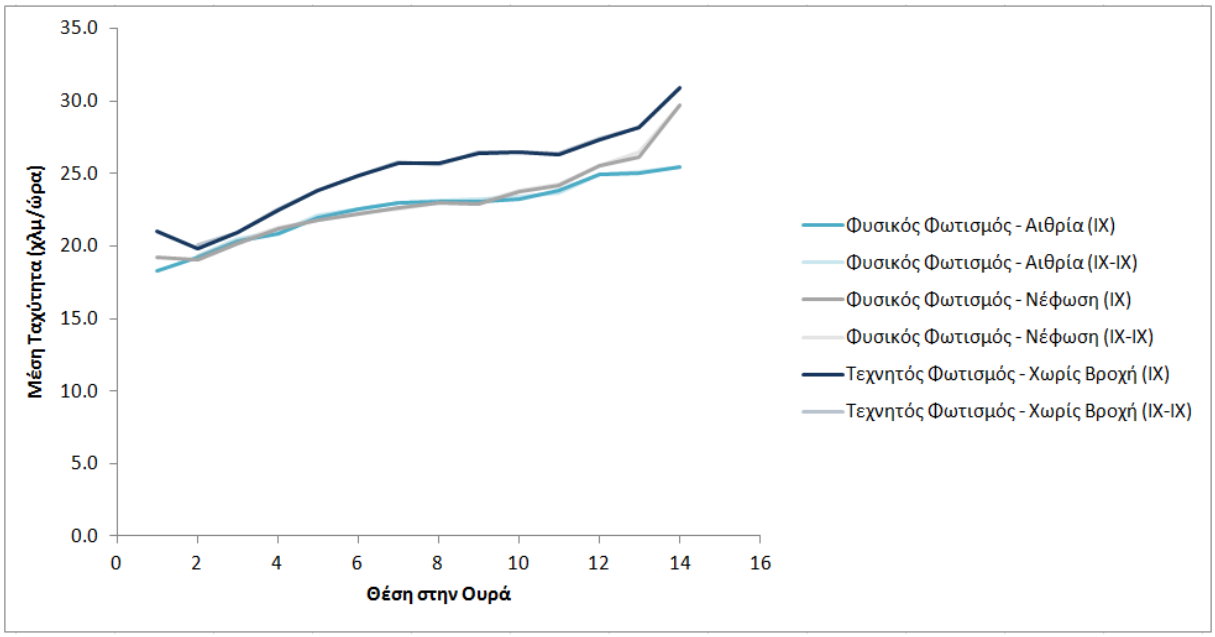
Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως σε κάθε περίπτωση η μέση τιμή των ταχυτήτων των IX στη θέση σταθεροποίησής τους, σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας ή νέφωσης. Επίσης, η μέση τιμή των ταχυτήτων των IX στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης είναι σε

κάθε περίπτωση μικρότερη ή ίση της αντίστοιχης τιμής σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη γενική τάση των τιμών των ταχυτήτων κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης

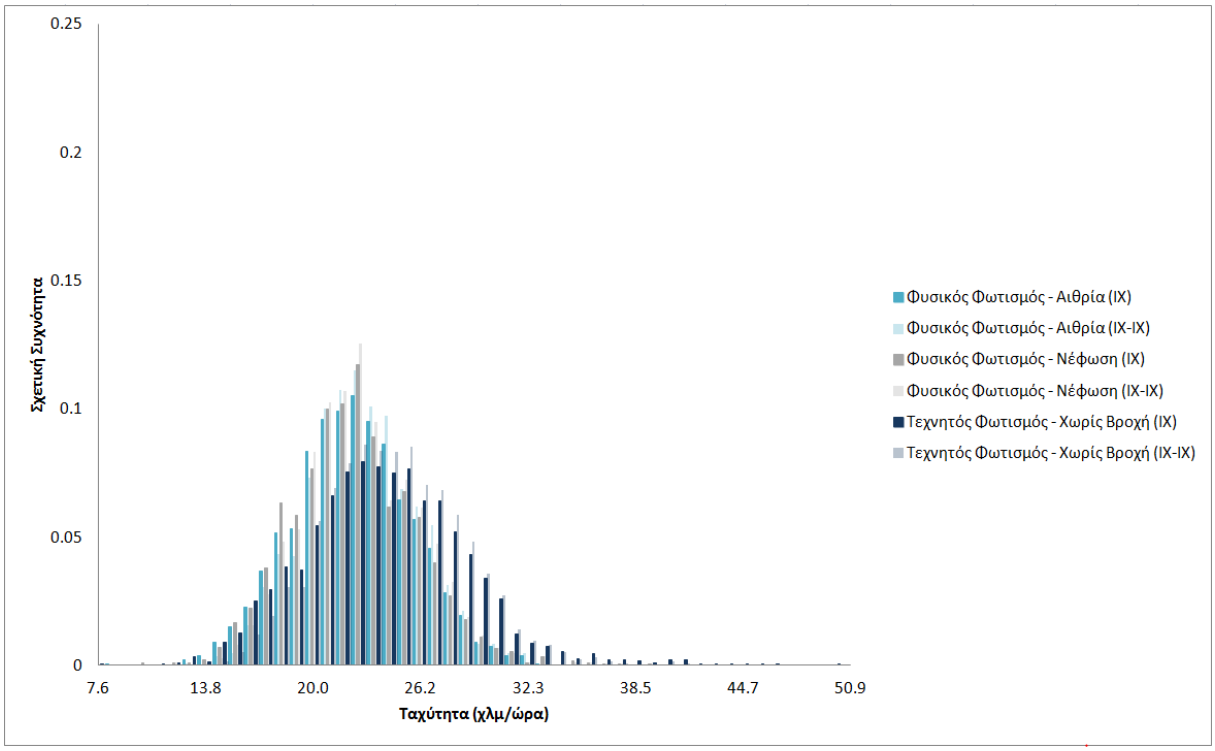
Από τη μελέτη του διαγράμματος που ακολουθεί διαπιστώνεται πως οι τιμές των ταχυτήτων αυξάνονται σταδιακά στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης σε όλες τις συνθήκες φωτισμού.



Εικόνα 5.11 : Διάγραμμα της μέση ταχύτητας των ΙΧ σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων εξετάζοντας τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τη σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ σε όλες τις καιρικές συνθήκες για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.



Εικόνα 5.12 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή καταγράφονται τα μικρότερα ποσοστά ταχυτήτων μικρότερων από 24.4χλμ/ώρα και τα μεγαλύτερα ποσοστά ταχυτήτων μεγαλύτερων από 25.3χλμ/ώρα. Επιπλέον, η τιμή που παρουσιάζει την υψηλότερη συχνότητα σε όλες τις συνθήκες φωτισμού είναι η τιμή 22.6χλμ/ώρα.

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού φαίνεται να επιδρούν στις τιμές των ταχυτήτων. Συγκρίνοντας τις τιμές των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή με τις αντίστοιχες τιμές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας και φυσικού φωτισμού και νέφωσης εξάγεται το συμπέρασμα πως τη νύχτα οι ταχύτητες τείνουν να είναι μεγαλύτερες αφού παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μέση τιμή κατά την έναρξη του κορεσμού και εμφανίζουν τη χαμηλότερη συχνότητα τιμών μικρότερων από 24.4χλμ/ώρα και την υψηλότερη συχνότητα τιμών μεγαλύτερων από 25.3χλμ/ώρα. Βέβαια, επισημαίνεται πως οι ταχύτητες αυτές δεν αναφέρονται σε συνθήκες ελεύθερης ροής.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στην κατανομή των ταχυτήτων

Με τη χρήση του ελέγχου x^2 εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μετρήσεις των ταχυτήτων τις διάφορες συνθήκες φωτισμού ακολουθούν κάποια γνωστή κατανομή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του ελέγχου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 5.13 : Κατανομή των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

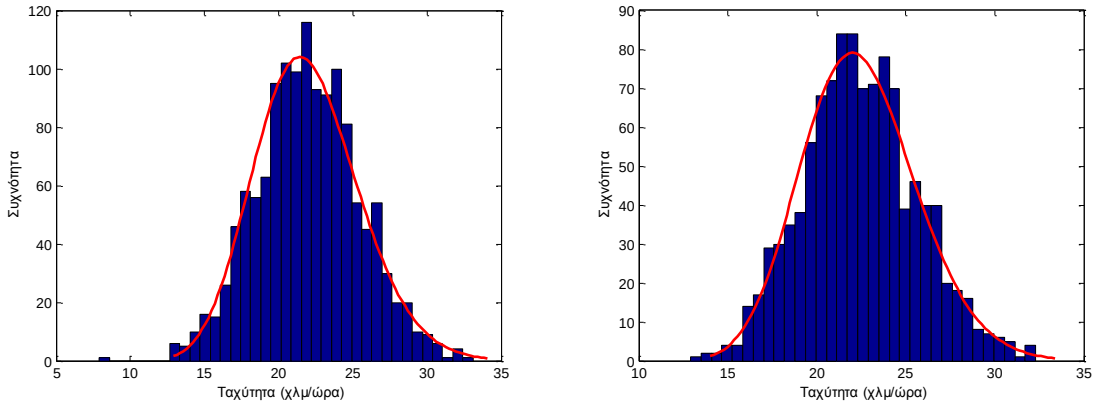
	Κατανομή για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Nakagami, Κανονική, Rice	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Nakagami, Κανονική, Rice
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	Nakagami	Γάμμα, Nakagami, Κανονική, Rice
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	-	-

Πίνακας 5.14 : Κατανομή των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

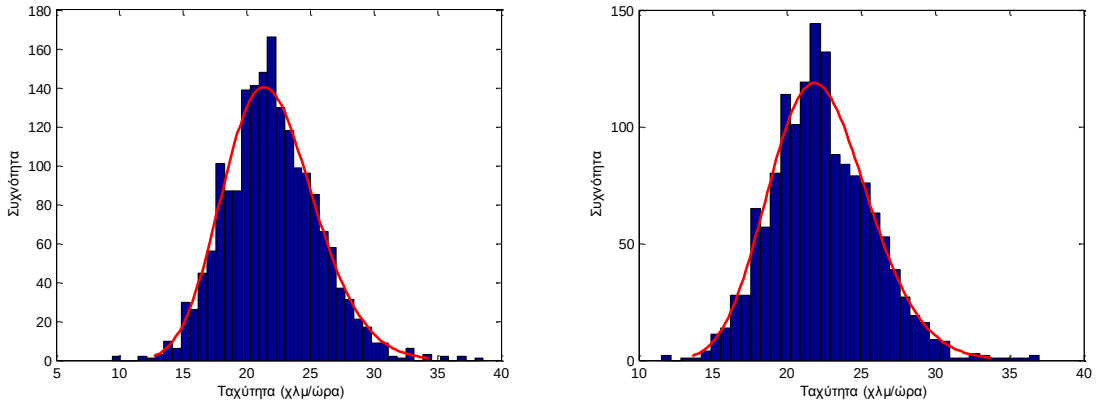
	Κατανομή για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Nakagami, Κανονική, Rice	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Nakagami, Κανονική, Rice
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Λογαριθμική κανονική	Γάμμα, Γενικευμένη κατανομή ακραίων τιμών, Λογαριθμική κανονική
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	Γάμμα	Γάμμα, Nakagami

Μελετώντας τους πίνακες διαπιστώνεται πως τα αποτελέσματα διαφέρουν για τις μετρήσεις των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις αντίστοιχες μετρήσεις των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ. Όμως και στις δύο περιπτώσεις τα δεδομένα προσαρμόζονται σε περισσότερες από μία κατανομές. Ακόμα παρατηρείται πως η κατανομή, η οποία περιγράφει τις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ σε όλες τις συνθήκες φωτισμού εκτός των μετρήσεων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή είναι η κατανομή γάμμα. Φαίνεται λοιπόν, πως οι συνθήκες φωτισμού δεν επηρεάζουν την κατανομή των ταχυτήτων.

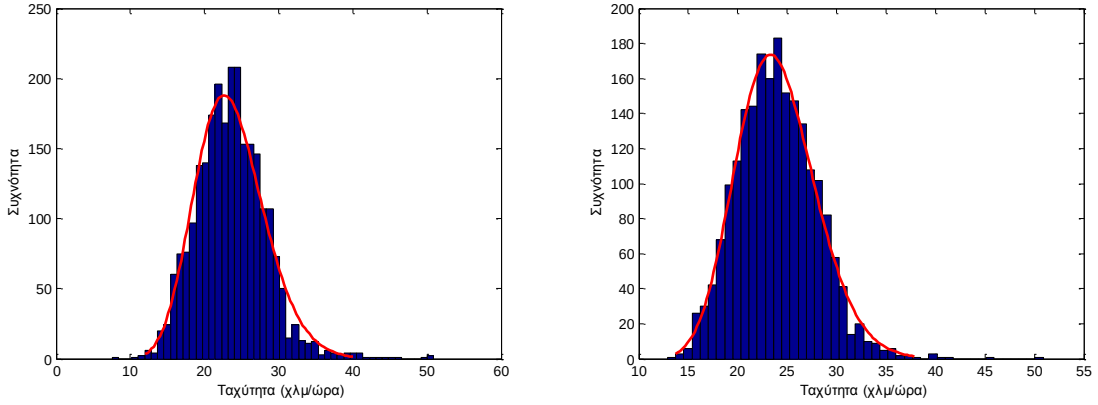
Ακολουθούν τα ιστογράμματα συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών, στα οποία αντιπαραβάλλονται οι αντίστοιχες κατανομές γάμμα.



Εικόνα 5.13 Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας



Εικόνα 5.14 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης



Εικόνα 5.15 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (δεξιά) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Όπου :

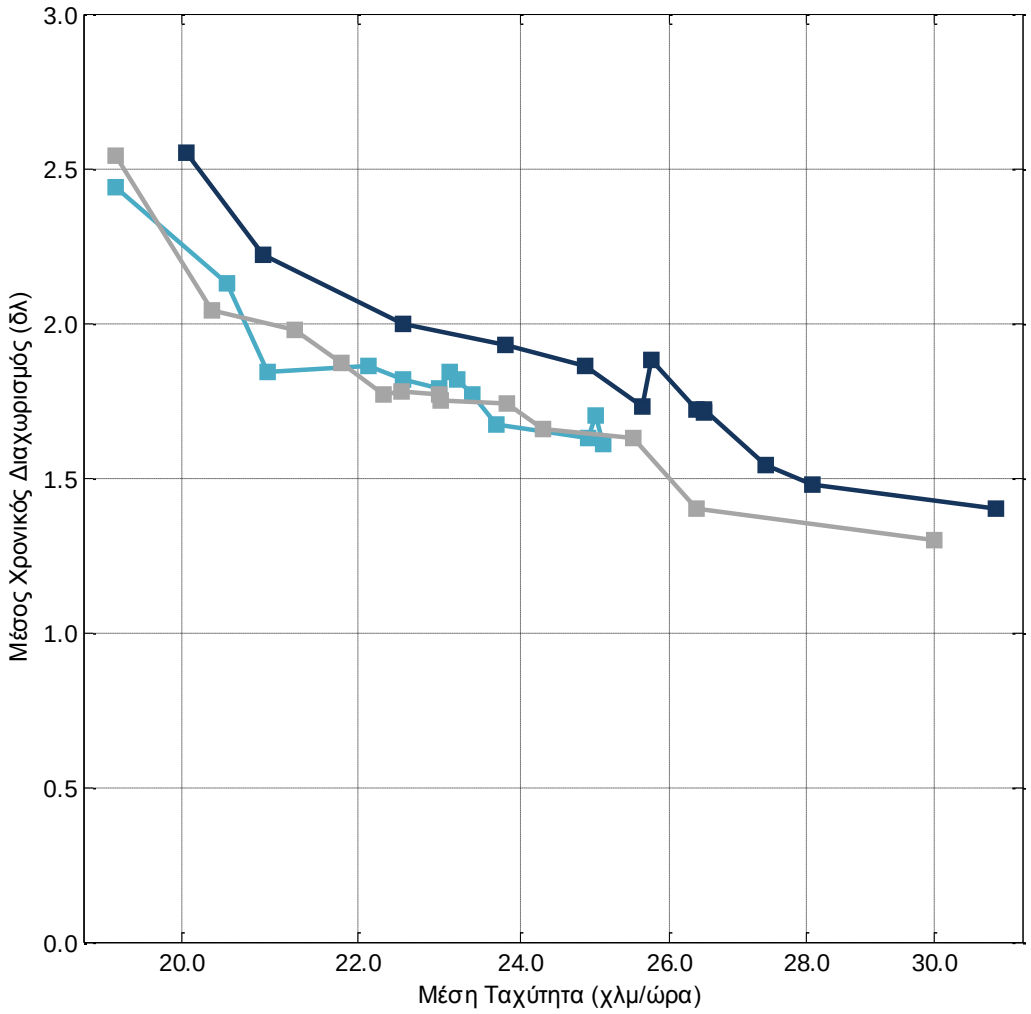
Κατανομή Μετρήσεων
Αντίστοιχη Κατανομή Γάμμα

Ενδέχεται λοιπόν, οι συνθήκες φωτισμού να μην επιδρούν στην κατανομή των ταχυτήτων των ΙΧ.

5.1.3. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση χρονικών διαχωρισμών – ταχυτήτων

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τα ζεύγη των μέσων τιμών των χρονικών διαχωρισμών και των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ, ανά θέση στην ουρά, σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ζεύγη των μέσων χρονικών διαχωρισμών και μέσων ταχυτήτων της κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ στις διάφορες συνθήκες φωτισμού. Σημειώνεται πως η κλίμακα του οριζόντιου άξονα είναι λογαριθμική.



Εικόνα 5.16 : Διάγραμμα μέσων χρονικών διαχωρισμών – μέσων ταχυτήτων κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ ανά θέση στην ουρά, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού

Όπου :

Φυσικός Φωτισμός - Αιθρία
Φυσικός Φωτισμός - Νέφωση
Τεχνητός Φωτισμός - Χωρίς Βροχή

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή καταγράφονται οι μεγαλύτεροι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί αλλά και οι υψηλότερες μέσες ταχύτητες. Επομένως, τη νύχτα, τα οχήματα διατηρούν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους και να κινούνται με υψηλότερες ταχύτητες.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες δεν είναι σταθερή.

5.1.4. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Για το σκοπό αυτό προσδιορίστηκε ο τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συντελεστές και η ακρίβεια τους σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ

Στην παρούσα υποενότητα παρουσιάζεται ο τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ, που υπολογίστηκαν χωρίς τις διορθώσεις για $n_{ii}\neq 0$ και $n_{ii}=0$[15] αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs[16], όπως αυτός προκύπτει από την εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων.

<u>Τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ που υπολογίστηκαν χωρίς τις διορθώσεις του Scraggs για $n_{ii}\neq 0$</u>

Όπως επιπώθηκε και στο Κεφάλαιο 2°, στη μέθοδο του λόγου χρονικών διαχωρισμών ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$p_i = \frac{\bar{h}_{ii}}{\bar{h}_{cc}} \qquad \textit{Σχέση 5.1}$$

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός κατηγορίας ii (όχημα κατηγορίας i που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\bar{h}_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ii}} h_{ii,j}}{n_{ii}} = \frac{h_{ii,n_{ii}} + h_{ii,n_{ii}-1} + \cdots + h_{ii,1}}{n_{ii}} \qquad \textit{Σχέση 5.2}$$

Όπου :

j : ο αύξων αριθμός του χρονικού διαχωρισμού κατηγορίας ii

n_{ii} : το πλήθος των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας ii

Ενώ ο μέσος χρονικός διαχωρισμός κατηγορίας cc (επιβατικό όχημα που ακολουθεί επιβατικό όχημα) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\bar{h}_{cc} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{cc}} h_{cc,j}}{n_{cc}} = \frac{h_{cc,n_{cc}} + h_{cc,n_{cc}-1} + \cdots + h_{cc,1}}{n_{cc}} \qquad \textit{Σχέση 5.3}$$

Όπου :

j : ο αύξων αριθμός του χρονικού διαχωρισμού κατηγορίας cc

[15] n_{ii} : ο αριθμός των καταγεγραμμένων χρονικών διαχωρισμών οχήματος κατηγορίας i, που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i

[16] Προφανώς nii≠0.

n_{cc} : το πλήθος των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας cc

Σύμφωνα με το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων το σφάλμα του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i προκύπτει από την ακόλουθη σχέση :

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ii}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.4}$$

Ενώ

$$\sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 = \left(\frac{\partial \bar{h}_{ii}}{\partial h_{ii,n_{ii}}}\right)^2 \sigma_{h_{ii,n_{ii}}}{}^2 + \left(\frac{\partial \bar{h}_{ii}}{\partial h_{ii,n_{ii}-1}}\right)^2 \sigma_{h_{ii,n_{ii}-1}}{}^2 + \cdots + \left(\frac{\partial \bar{h}_{ii}}{\partial h_{ii,1}}\right)^2 \sigma_{h_{ii,1}}{}^2$$

$$\xrightarrow{\begin{cases} \sigma_{h_{ii,j}} = \sigma_{h_{ii}} = \sigma_h \\ \left(\frac{\partial \bar{h}_{ii}}{\partial h_{ii,j}}\right)^2 = \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 = \frac{1}{n_{ii}{}^2} \end{cases}}$$

$$\sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 = \frac{1}{n_{ii}{}^2}\sigma_h{}^2 + \frac{1}{n_{ii}{}^2}\sigma_h{}^2 + \cdots + \frac{1}{n_{ii}{}^2}\sigma_h{}^2 \rightarrow \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 = n_{ii}\frac{1}{n_{ii}{}^2}\sigma_h{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 = \frac{1}{n_{ii}}\sigma_h{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.5}$$

Ομοίως,

$$\sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 = \frac{1}{n_{cc}}\sigma_h{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.6}$$

Συνεπώς,

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ii}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \frac{1}{n_{ii}}\sigma_h{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ii}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \frac{1}{n_{cc}}\sigma_h{}^2 \rightarrow \sigma_{p_i}{}^2 = \frac{\sigma_h{}^2}{n_{ii}\bar{h}_{cc}{}^2} + \frac{\bar{h}_{ii}{}^2\sigma_h{}^2}{n_{cc}\,\bar{h}_{cc}{}^4} \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \frac{\sigma_h{}^2}{\bar{h}_{cc}{}^2}\left(\frac{1}{n_{ii}} + \frac{\bar{h}_{ii}{}^2}{n_{cc}\,\bar{h}_{cc}{}^2}\right) \qquad \textit{Σχέση 5.7}$$

<u>Τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ που υπολογίστηκαν χωρίς τις διορθώσεις του Scraggs για n_{ii}=0</u>

Σε περίπτωση που δεν έχουν καταγραφεί χρονικοί διαχωρισμοί κατηγορίας ii, η τιμή ΜΕΑ της κατηγορίας i υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$p_i = \frac{\bar{h}_{ci} + (\bar{h}_{ic} - \bar{h}_{cc})}{\bar{h}_{cc}} \qquad \textit{Σχέση 5.8}$$

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός της κατηγορίας cc υπολογίζεται από τη *Σχέση 4.3*.

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός κατηγορίας ci (όχημα κατηγορίας i που ακολουθεί επιβατικό όχημα) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\bar{h}_{ci} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ci}} h_{ci,j}}{n_{ci}} = \frac{h_{ci,n_{ci}} + h_{ci,n_{ci}-1} + \cdots + h_{ci,1}}{n_{ci}} \qquad \textit{Σχέση 5.9}$$

Όπου :

j : ο αύξων αριθμός του χρονικού διαχωρισμού κατηγορίας ci

n_{ci} : το πλήθος των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας ci

Ενώ ο μέσος χρονικός διαχωρισμός κατηγορίας ic (επιβατικό όχημα που ακολουθεί όχημα κατηγορίας i) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\bar{h}_{ic} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ic}} h_{ic,j}}{n_{ic}} = \frac{h_{ic,n_{ic}} + h_{ic,n_{ic}-1} + \cdots + h_{ic,1}}{n_{ic}} \qquad \textit{Σχέση 5.10}$$

Όπου :

j : ο αύξων αριθμός του χρονικού διαχωρισμού κατηγορίας ic

n_{ic} : το πλήθος των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας ic

Σύμφωνα με το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων το σφάλμα του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i προκύπτει από την ακόλουθη σχέση :

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 + \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2 + \left[\frac{-1\,\bar{h}_{cc} - 1\,(\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ci} - \bar{h}_{cc})}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right]^2 \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 + \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ci}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.11}$$

Το σφάλμα του μέσου χρονικού διαχωρισμού κατηγορίας cc δίνεται από τη *Σχέση 4.6*.

Ομοίως,

$$\sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 = \frac{1}{n_{ci}} \sigma_h{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.12}$$

$$\sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2 = \frac{1}{n_{ic}} \sigma_h{}^2 \qquad \textit{Σχέση 5.13}$$

Συνεπώς,

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 + \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ic}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \frac{1}{n_{ci}} \sigma_h{}^2 + \left(\frac{1}{\bar{h}_{cc}}\right)^2 \frac{1}{n_{ic}} \sigma_h{}^2 + \left(\frac{\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ic}}{\bar{h}_{cc}{}^2}\right)^2 \frac{1}{n_{cc}} \sigma_h{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \frac{\sigma_h{}^2}{n_{ci} \bar{h}_{cc}{}^2} + \frac{\sigma_h{}^2}{n_{ic} \bar{h}_{cc}{}^2} + \frac{(\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ic})^2 \sigma_h{}^2}{n_{cc}\, \bar{h}_{cc}{}^4} \rightarrow$$

$$\sigma_{p_i}{}^2 = \frac{\sigma_h{}^2}{\bar{h}_{cc}{}^2} \left[\frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n_{ic}} + \frac{(\bar{h}_{ci} + \bar{h}_{ic})^2}{n_{cc}\, \bar{h}_{cc}{}^2}\right] \qquad \textit{Σχέση 5.14}$$

<u>Τύπος υπολογισμού του σφάλματος των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ που υπολογίστηκαν με τις διορθώσεις του Scraggs</u>

Με την εφαρμογή των διορθώσεων του Scraggs η τιμή ΜΕΑ της κατηγορίας i υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση :

$$p_i' = \frac{\bar{h}_{ii}'}{\bar{h}_{cc}'} \qquad \textit{Σχέση 5.15}$$

Οι διορθωμένοι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί των κατηγοριών cc, ii, ci και ic υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\bar{h}_{ii}' = \bar{h}_{ii} - \frac{Q}{n_{ii}} \qquad \textit{Σχέση 5.16}$$

$$\bar{h}_{cc}' = \bar{h}_{cc} - \frac{Q}{n_{cc}} \qquad \textit{Σχέση 5.17}$$

$$\bar{h}'_{ci} = \bar{h}_{ci} - \frac{Q}{n_{ci}}$$ *Σχέση 5.18*

$$\bar{h}'_{ic} = \bar{h}_{ic} - \frac{Q}{n_{ic}}$$ *Σχέση 5.19*

Όπου :

$$Q = \frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} (\bar{h}_{cc} - \bar{h}_{ic} - \bar{h}_{ci} - \bar{h}_{ii})}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}}$$ *Σχέση 5.20*

Σύμφωνα με το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων το σφάλμα των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας i προκύπτει από την ακόλουθη σχέση :

$$\sigma_{p'_i}{}^2 = \left(\frac{1}{\bar{h}'_{cc}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 + \left(\frac{\bar{h}'_{ii}}{\bar{h}'_{cc}{}^2}\right)^2 \sigma_{\bar{h}'_{cc}}{}^2$$ *Σχέση 5.21*

Ενώ

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = \left(\frac{\partial \bar{h}'_{ii}}{\partial \bar{h}_{ii}}\right)^2 \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{\partial \bar{h}'_{ii}}{\partial Q}\right)^2 \sigma_Q{}^2$$

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \bar{h}'_{ii}}{\partial \bar{h}_{ii}}\right)^2 = (1)^2 = 1 \\ \left(\frac{\partial \bar{h}'_{ii}}{\partial Q}\right)^2 = \left(-\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 = \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 \end{cases} \longrightarrow$$

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = 1\sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 \sigma_Q{}^2 \rightarrow \sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 \sigma_Q{}^2$$

Όπου :

$$\sigma_Q{}^2 = \left(\frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic}}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}}\right)^2 (\sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 + \sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 + \sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2)$$

$$\begin{cases} \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 = \frac{1}{n_{ii}} \sigma_h{}^2 \\ \sigma_{\bar{h}_{cc}}{}^2 = \frac{1}{n_{cc}} \sigma_h{}^2 \\ \sigma_{\bar{h}_{ci}}{}^2 = \frac{1}{n_{ci}} \sigma_h{}^2 \\ \sigma_{\bar{h}_{ic}}{}^2 = \frac{1}{n_{ic}} \sigma_h{}^2 \end{cases} \longrightarrow$$

$$\sigma_Q{}^2 = \left(\frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic}}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}}\right)^2 \left(\frac{1}{n_{ii}} \sigma_h{}^2 + \frac{1}{n_{cc}} \sigma_h{}^2 + \frac{1}{n_{ci}} \sigma_h{}^2 + \frac{1}{n_{ic}} \sigma_h{}^2\right) \rightarrow$$

$$\sigma_Q{}^2 = \left(\frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic}}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}} \sigma_h\right)^2 \left(\frac{1}{n_{ii}} + \frac{1}{n_{cc}} + \frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n_{ic}}\right)$$ *Σχέση 5.22*

Άρα,

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = \sigma_{\bar{h}_{ii}}{}^2 + \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 \sigma_Q{}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = \frac{1}{n_{ii}} \sigma_h{}^2 + \left(\frac{1}{n_{ii}}\right)^2 \left(\frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic}}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}} \sigma_h\right)^2 \left(\frac{1}{n_{ii}} + \frac{1}{n_{cc}} + \frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n_{ic}}\right) \rightarrow$$

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^2 = \frac{1}{n_{ii}} \sigma_h{}^2 \left[1 + \left(\frac{1}{n_{ii}}\right) \left(\frac{n_{cc} n_{ii}\, n_{ci} n_{ic}}{n_{cc}\, n_{ci} n_{ic} + n_{ii}\, n_{ci} n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ic} + n_{cc} n_{ii}\, n_{ci}}\right)^2 \left(\frac{1}{n_{ii}} + \frac{1}{n_{cc}} + \frac{1}{n_{ci}} + \frac{1}{n_{ic}}\right)\right]$$

$$Q1=\frac{n_{cc}n_{ii}\,n_{ci}n_{ic}}{n_{cc}\,n_{ci}n_{ic}+n_{ii}\,n_{ci}n_{ic}+n_{cc}n_{ii}\,n_{ic}+n_{cc}n_{ii}\,n_{ci}}$$

$$F=\left(\frac{1}{n_{ii}}+\frac{1}{n_{cc}}+\frac{1}{n_{ci}}+\frac{1}{n_{ic}}\right)$$

$$\longrightarrow$$

$$\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^{2}=\frac{1}{n_{ii}}\sigma_{h}{}^{2}\left[1+\left(\frac{1}{n_{ii}}\right)Q1^{2}F\right] \qquad \textit{Σχέση 5.23}$$

Ομοίως,

$$\sigma_{\bar{h}'_{cc}}{}^{2}=\frac{1}{n_{cc}}\sigma_{h}{}^{2}\left[1+\left(\frac{1}{n_{cc}}\right)Q1^{2}F\right] \qquad \textit{Σχέση 5.24}$$

Συνεπώς,

$$\sigma_{p'_{i}}{}^{2}=\left(\frac{1}{\bar{h}'_{cc}}\right)^{2}\sigma_{\bar{h}'_{ii}}{}^{2}+\left(\frac{\bar{h}'_{ii}}{\bar{h}'_{cc}{}^{2}}\right)^{2}\sigma_{\bar{h}'_{cc}}{}^{2}\rightarrow$$

$$\sigma_{p'_{i}}{}^{2}=\left(\frac{1}{\bar{h}'_{cc}}\right)^{2}\frac{1}{n_{ii}}\sigma_{h}{}^{2}\left[1+\left(\frac{1}{n_{ii}}\right)Q1^{2}F\right]+\left(\frac{\bar{h}'_{ii}}{\bar{h}'_{cc}{}^{2}}\right)^{2}\frac{1}{n_{cc}}\sigma_{h}{}^{2}\left[1+\left(\frac{1}{n_{cc}}\right)Q1^{2}F\right]\rightarrow$$

$$\sigma_{p'_{i}}{}^{2}=\frac{\sigma_{h}{}^{2}}{\bar{h}'_{cc}{}^{2}}\left\{\frac{1}{n_{ii}}\left[1+\left(\frac{1}{n_{ii}}\right)Q1^{2}F\right]+\frac{\bar{h}'_{ii}}{n_{cc}\bar{h}'_{cc}{}^{2}}\left[1+\left(\frac{1}{n_{cc}}\right)Q1^{2}F\right]\right\} \qquad \textit{Σχέση 5.25}$$

Υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και της ακρίβειάς τους

Η παρούσα υποενότητα αναφέρεται στον υπολογισμό των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και της ακρίβειάς τους σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, φυσικού φωτισμού και νέφωσης και τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ανά κατηγορία, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το μέγεθος του δείγματος των χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας.

Πίνακας 5.15 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-ΙΧ	0.9	0.0	1
ΙΧ-ΙΧ	1.791	0.012	914
ΙΧ-Ελαφρύ φορτηγό	2.00	0.09	74
ΙΧ-Βαρύ φορτηγό	2.72	0.12	43
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	2.03	0.06	70
Ελαφρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	2.0	0.4	3
Ελαφρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	2.8	0.5	6
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ	2.69	0.07	33
Βαρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	2.4	0.5	3
Βαρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	3.9	0.6	3

Με τη χρήση των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ των κατηγοριών Ελαφρύ φορτηγό και Βαρύ φορτηγό.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\mathrm{IX-IX}} + \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό−Ελαφρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό−IX}} + \bar{h}_{\text{IX−Ελαφρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 2.0 \neq 2.0 + 2.0 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$\mathrm{p_i} = 1.098 \pm 0.016$$

$$\mathrm{p_i'} = 1.237 \pm 0.022$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\mathrm{IX-IX}} + \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό−Βαρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό−IX}} + \bar{h}_{\text{IX−Βαρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 3.9 \neq 2.7 + 2.7 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$\mathrm{p_i} = 2.159 \pm 0.016$$

$$\mathrm{p_i'} = 2.039 \pm 0.022$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

<u>Τιμές συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ανά κατηγορία, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το μέγεθος του δείγματος των χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης.

Πίνακας 5.16 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-ΙΧ	-	-	-
ΙΧ-ΙΧ	1.778	0.011	1196
ΙΧ-Ελαφρύ φορτηγό	1.92	0.05	90
ΙΧ-Βαρύ φορτηγό	2.66	0.11	69
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	1.96	0.04	88
Ελαφρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	1.7	0.1	2
Ελαφρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	2.4	0.0	1
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ	2.37	0.06	58
Βαρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	2.6	0.3	5
Βαρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	3.0	0.9	2

Με τη χρήση των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ για τις κατηγορίες Ελαφρύ φορτηγό και Βαρύ φορτηγό.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{IX}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό}-\text{Ελαφρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{IX}-\text{Ελαφρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 1.7 \neq 2.0 + 1.9 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα., είναι ίσος με :

$$p_i = 0.956 \pm 0.020$$

$$p_i' = 1.170 \pm 0.028$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{IX}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό}-\text{Βαρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{IX}-\text{Βαρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 3.0 \neq 2.4 + 2.7 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.660 \pm 0.020$$

$$p_i' = 1.820 \pm 0.028$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

<u>Τιμές ΜΕΑ και ακρίβεια σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ανά κατηγορία, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το μέγεθος του δείγματος των χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή.

Πίνακας 5.17 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Κατηγορία	**Μέση Τιμή (δλ)**	**Τυπική Απόκλιση (δλ)**	**Μέγεθος Δείγματος**
Δίκυκλο-ΙΧ	1.2	0.1	5
ΙΧ-ΙΧ	1.822	0.011	1581
ΙΧ-Ελαφρύ φορτηγό	2.05	0.09	49
ΙΧ-Βαρύ φορτηγό	2.93	0.11	50
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	1.86	0.07	42
Ελαφρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	1.8	0.4	3
Ελαφρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	3.8	0.0	1
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ	2.71	0.09	42
Βαρύ φορτηγό-Ελαφρύ φορτηγό	4.1	0.4	2
Βαρύ φορτηγό-Βαρύ φορτηγό	4.2	0.0	1

Με τη χρήση των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ για τις κατηγορίες Ελαφρύ φορτηγό και Βαρύ φορτηγό.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{ΙΧ−ΙΧ}} + \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό−Ελαφρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Ελαφρύ φορτηγό−ΙΧ}} + \bar{h}_{\text{ΙΧ−Ελαφρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 1.8 \neq 1.9 + 2.0 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.006 \pm 0.016$$

$$p_i' = 1.128 \pm 0.022$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{IX-IX} + \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό}-\text{Βαρύ φορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Βαρύ φορτηγό}-IX} + \bar{h}_{IX-\text{Βαρύ φορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 4.2 \neq 2.7 + 2.9 .$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 2.306 \pm 0.027$$

$$p_i' = 2.11 \pm 0.04$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού τους προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Στον συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και η ακρίβειά τους ανά κατηγορία οχημάτων σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Πίνακας 5.18 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια ανά κατηγορία οχημάτων και συνθήκες φωτισμού

Συντελεστής Αναγωγής σε ΜΕΑ ανά Κατηγορία Οχημάτων και Συνθήκες Φωτισμού									
Κατηγορία Οχημάτων	**Φυσικός Φωτισμός - Αιθρία**			**Φυσικός Φωτισμός - Νέφωση**			**Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή**		
IX	1.000			1.000			1.000		
Ελαφρύ φορτηγό	1.237	±	0.022	1.170	±	0.028	1.128	±	0.022
Βαρύ Φορτηγό	2.039	±	0.022	1.820	±	0.028	2.11	±	0.04

Μελετώντας τον *Πίνακα 5.19* διαπιστώνεται πως οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ των κατηγοριών Ελαφρύ φορτηγό και Βαρύ φορτηγό δεν παραμένουν σταθερές σε όλες τις συνθήκες φωτισμού. Από τη μελέτη του προαναφερθέντος πίνακα προκύπτει πως ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό τη νύχτα είναι μικρότερος ή ίσος του αντίστοιχου συντελεστή τη μέρα ενώ αντιθέτως ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ

της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό είναι μεγαλύτερος τη νύχτα απ' ότι τη μέρα. Ωστόσο, συγκρίνοντας τις τιμές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας και φυσικού φωτισμού και νέφωσης και οι δύο κατηγορίες παρουσιάζουν μικρότερους συντελεστές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης. Επομένως, οι συνθήκες φωτισμού ενδέχεται να επηρεάζουν τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ.

Τέλος, συγκρίνοντας τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας, όπως αυτοί προέκυψαν από την παρούσα ανάλυση, με αυτούς που προτείνει το ΥΠΕΧΩΔΕ και το TfL διαπιστώνεται πως για την κατηγορία Ελαφρύ φορτηγό, η οποία συντίθεται από τις επιμέρους κατηγορίες Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό και Μικρό λεωφορείο, οι διαφορές δεν είναι έντονες για δύο από τις τρεις υποκατηγορίες (1.237, 1.00 και 1.00 αντίστοιχα, 1.237, 1.00 και 1.00 αντίστοιχα και 1.237, 2.00 και 2.00 αντίστοιχα) ενώ για την κατηγορία Βαρύ φορτηγό, η οποία συντίθεται από τις επιμέρους κατηγορίες Λεωφορείο και Φορτηγό, οι διαφορές δεν είναι έντονες για μία από τις δύο υποκατηγορίες (2.039, 3.00 και 3.20 αντίστοιχα και 2.039, 2.00 και 2.00 αντίστοιχα).

5.1.5. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε η ροή κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Υπενθυμίζεται πως η ροή κορεσμού αντιπροσωπεύει το μέγιστο αριθμό επιβατικών αυτοκινήτων που μπορεί να διέλθει από μία διατομή σε μία ώρα πράσινης ένδειξης και επομένως, υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση [22] :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} \qquad \textit{Σχέση 5.26}$$

Ροή κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός IX που ακολουθεί IX είναι ίσος με 1.791δλ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας. Συνεπώς, η ροή κορεσμού είναι ίση με :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} = \frac{3600}{1.791} = 2010 \text{ ΜΕΑ/ώρα πράσινου}$$

Ροή κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός IX που ακολουθεί IX είναι ίσος με 1.778δλ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας. Συνεπώς, η ροή κορεσμού είναι ίση με :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} = \frac{3600}{1.778} = 2025 \text{ ΜΕΑ/ώρα πράσινου}$$

Ροή κορεσμού σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός IX που ακολουθεί IX είναι ίσος με 1.822sec σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας. Συνεπώς, η ροή κορεσμού είναι ίση με :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} = \frac{3600}{1.822} = 1976 \text{ ΜΕΑ/ώρα πράσινου}$$

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στο συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ροή κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Πίνακας 5.19 : Ροή κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

Συνθήκες Φωτισμού	**Ροή Κορεσμού (ΜΕΑ/ώρα πράσινου)**
Φυσικός Φωτισμός – Αιθρία	2010
Φυσικός Φωτισμός – Νέφωση	2025
Τεχνητός Φωτισμός – Χωρίς Βροχή	1976

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως η ροή κορεσμού παρουσιάζει ελαφρά μικρότερη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή σε σχέση με τις υπόλοιπες συνθήκες. Συγκρίνοντας τις τιμές που λαμβάνει σε συνθήκες φυσικού φωτισμού παρατηρείται πως σε συνθήκες νέφωσης η ροή κορεσμού είναι ελαφρά μεγαλύτερη απ' ότι σε συνθήκες αιθρίας.

5.2. Επίδραση των Συνθηκών Φωτισμού σε Χαρακτηριστικά Κυκλοφοριακά Μεγέθη με Βάση το Σύνολο των Καταγραφών του Συστήματος MetroCount 5600

5.2.1. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών (θέση έναρξης του κορεσμού), τις τιμές των χρονικών διαχωρισμών αλλά και την κατανομή τους.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών προσδιορίστηκε η θέση έναρξης του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των μετρήσεων χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX. Στις μετρήσεις αυτές εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί αν η διαφορά των μέσων τιμών των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά είναι στατιστικά σημαντική.

<u>Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού</u>

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις IX-IX που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.20 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Θέσεων	**95%**	**99%**
$2^{η}$ – $3^{η}$		
$3^{η}$ – $4^{η}$		
$4^{η}$ – $5^{η}$		
$5^{η}$ – $6^{η}$	X	X
$6^{η}$ – $7^{η}$	X	X

$7^{η}$ – $8^{η}$	X	X
$8^{η}$ – $9^{η}$	X	X
$9^{η}$ – $10^{η}$	X	X
$10^{η}$ – $11^{η}$	X	X
$11^{η}$ – $12^{η}$		
$12^{η}$ -$13^{η}$	X	X
$13^{η}$ – $14^{η}$	X	X

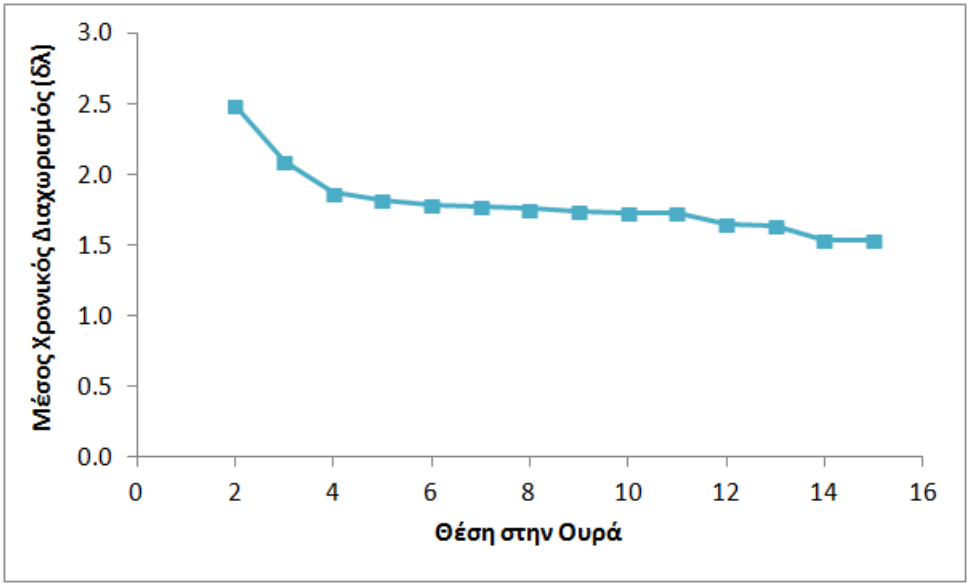
Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Σημειώνεται πως στον παραπάνω έλεγχο δεν χρησιμοποιήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί της δέκατης πέμπτης και δέκατης έκτης θέσης επειδή το μέγεθος του δείγματος στις θέσεις αυτές είναι μικρό.

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στις περισσότερες περιπτώσεις. Επιπλέον, εξάγεται ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών είναι η πέμπτη θέση στην ουρά.

Παρ' όλα αυτά, με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί συνάγεται πως ο κορεσμός ξεκινά στην τέταρτη θέση.



Εικόνα 5.17 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

<u>Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού</u>

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις IX-IX που συλλέχθηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.21 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Θέσεων	**95%**	**99%**
$2^{η} – 3^{η}$		
$3^{η} – 4^{η}$		
$4^{η} – 5^{η}$		
$5^{η} – 6^{η}$	X	X
$6^{η} – 7^{η}$	X	X
$7^{η} – 8^{η}$	X	X
$8^{η} – 9^{η}$	X	X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X
$11^{η} – 12^{η}$		
$12^{η} – 13^{η}$	X	X
$13^{η} – 14^{η}$	X	X

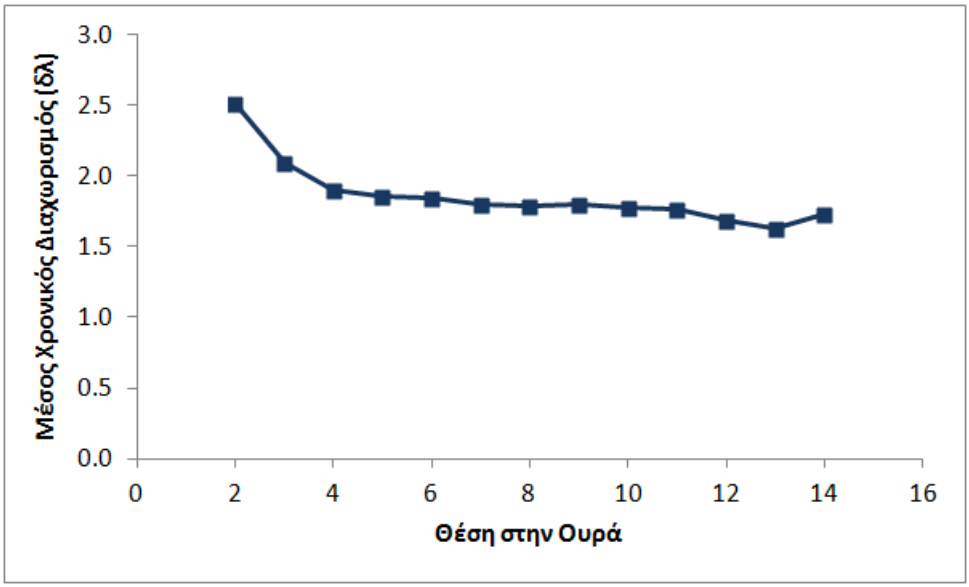
Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Σημειώνεται πως στον παραπάνω έλεγχο δεν χρησιμοποιήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί της δέκατης πέμπτης θέσης επειδή το μέγεθος του δείγματος στη θέση αυτή είναι μικρό.

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών γειτονικών θέσεων στην ουρά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στις περισσότερες περιπτώσεις. Επιπλέον, εξάγεται ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών είναι η πέμπτη θέση στην ουρά.

Παρ’ όλα αυτά, με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί συνάγεται πως ο κορεσμός ξεκινά στην τέταρτη θέση.



Εικόνα 5.18 : Μέση τιμή χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας, από την ανάλυση προκύπτει πως η θέση έναρξης του κορεσμού και η θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών δεν ταυτίζονται τόσο σε συνθήκες φυσικού όσο και σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, συνάγεται πως οι συνθήκες φωτισμού δεν επιδρούν στην έναρξη του κορεσμού και τη σταθεροποίηση των χρονικών διαχωρισμών καθώς αυτές επιτυγχάνονται στην τέταρτη και την πέμπτη θέση αντίστοιχα σε συνθήκες φυσικού αλλά και τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.22 : Θέση έναρξης κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

Συνθήκες Φωτισμού	**Θέση Έναρξης Κορεσμού**
Φυσικός Φωτισμός	$4^{η}$
Τεχνητός Φωτισμός	$4^{η}$

Πίνακας 5.23 : Θέση σταθεροποίησης των χρονικών διαχωρισμών ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

	Θέση Σταθεροποίησης των Χρονικών Διαχωρισμών	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός	$5^{η}$	$5^{η}$
Τεχνητός Φωτισμός	$5^{η}$	$5^{η}$

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών μελετήθηκαν οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους αλλά και κατά την έναρξη του κορεσμού, η γενική τάση των τιμών αυτών στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης και τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και τεχνητού φωτισμού.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των μετρήσεων χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.24 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού

	Μέση Τιμή των Χρονικών Διαχωρισμών στη Θέση Σταθεροποίησής τους (δλ)	
Συνθήκες Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός	1.819	1.819
Τεχνητός Φωτισμός	1.852	1.852

Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού φωτισμού είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% είναι ίση με την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατά την έναρξη του κορεσμού

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.25 : Μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού

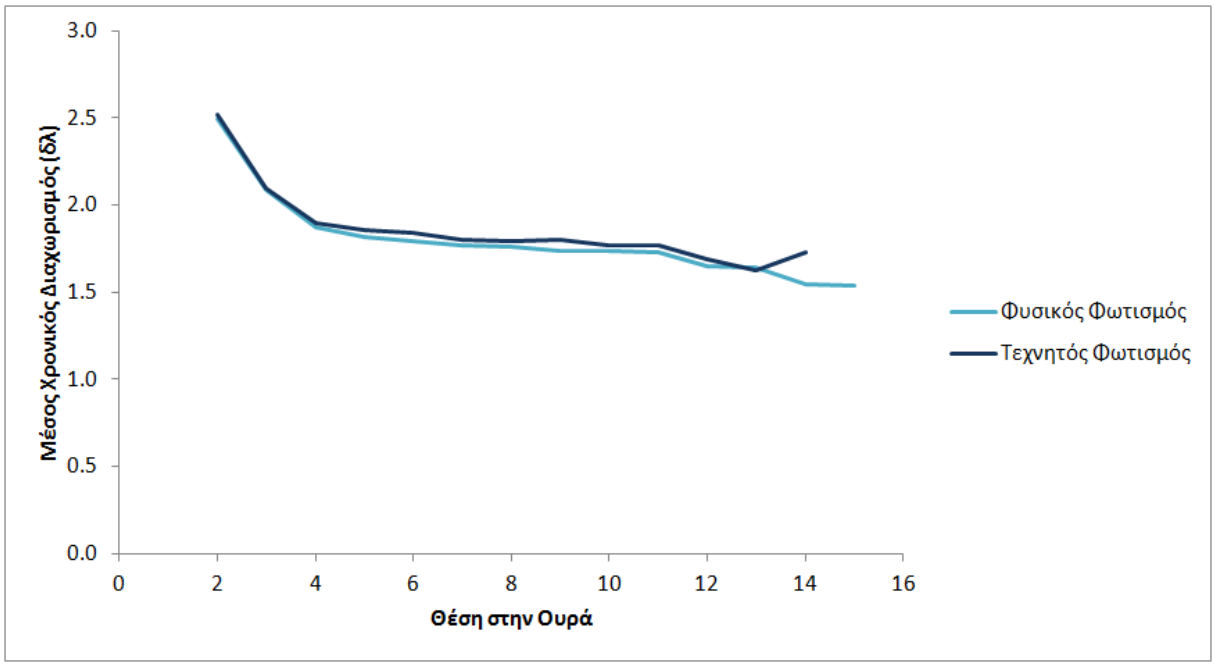
Συνθήκες Φωτισμού	**Μέση Τιμή των Χρονικών Διαχωρισμών Κατά την Έναρξη του Κορεσμού (δλ)**
Φυσικός Φωτισμός	1.871
Τεχνητός Φωτισμός	1.899

Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατά την έναρξη του κορεσμού στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού κατά την έναρξη του κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού είναι σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού ενώ για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% είναι ίση με την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη γενική τάση των τιμών των χρονικών διαχωρισμών κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης

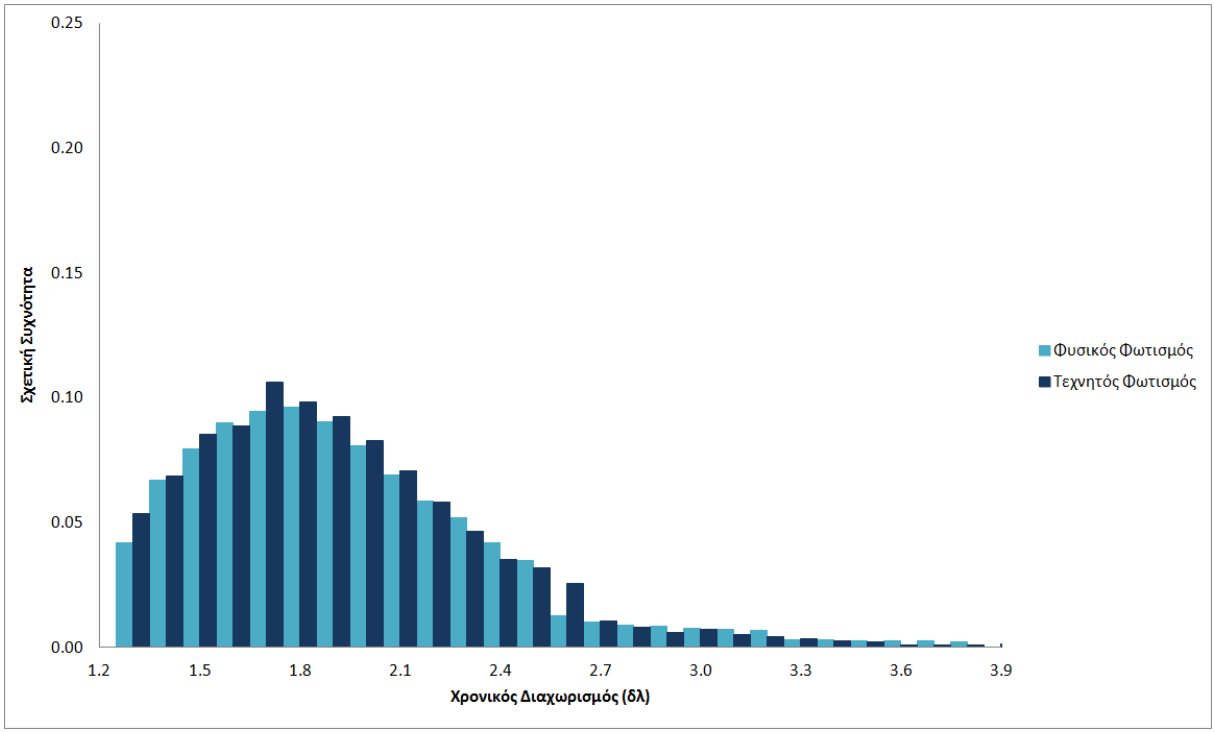
Από τη μελέτη του διαγράμματος που ακολουθεί διαπιστώνεται πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών μειώνονται σταδιακά στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης σε όλες τις συνθήκες φωτισμού.



Εικόνα 5.19 : Διάγραμμα του μέσου χρονικού διαχωρισμού της κατηγορίας IX-IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των χρονικών διαχωρισμών εξετάζοντας τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τη σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.



Εικόνα 5.20 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές αμελητέες διαφορές (διαφορά σχετικών συχνοτήτων 0.00-0.02).

Επιπλέον, η τιμή που παρουσιάζει την υψηλότερη συχνότητα σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού αντίστοιχα είναι η τιμή 1.8δλ και 1.7δλ.

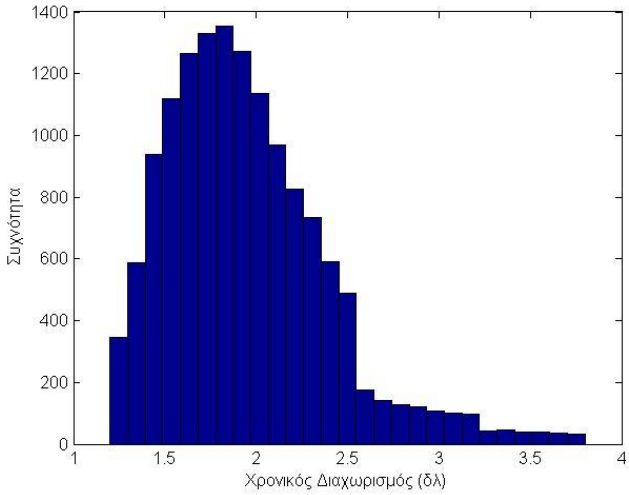
<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού δεν φαίνεται να επηρεάζουν ιδιαίτερα τις τιμές των χρονικών διαχωρισμών.

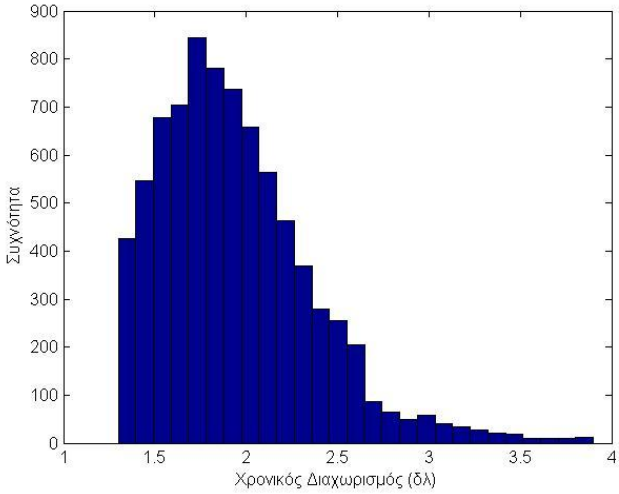
Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στην κατανομή των χρονικών διαχωρισμών

Με τη χρήση του ελέγχου x^2 εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μετρήσεις των χρονικών διαχωρισμών στις διάφορες συνθήκες φωτισμού ακολουθούν κάποια γνωστή κατανομή. Ωστόσο, δεν προέκυψε κάποιο αποτέλεσμα.

Ακολουθούν τα ιστογράμματα συχνοτήτων των χρονικών διαχωρισμών.



Εικόνα 5.21 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες φυσικού φωτισμού



Εικόνα 5.22 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Όπου :

Κατανομή Μετρήσεων

Από τα παραπάνω δεν είναι δυνατό να εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με το αν οι συνθήκες φωτισμού επηρεάζουν την κατανομή των χρονικών διαχωρισμών.

5.2.2. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των IX, περιγράφεται η διαδικασία επιλογής του δείγματος για τη διερεύνηση της επενέργειας των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων, τις τιμές και την κατανομή τους και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας.

Επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε ο έλεγχος t στις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού υποθέτοντας πως τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως η ταχύτητα δεν μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη του προπορευόμενου οχήματος. Ωστόσο, αρκετές κατηγορίες παρουσιάζουν κοινή μέση ταχύτητα. Έτσι λοιπόν, για τη διερεύνηση της επίδρασης των συνθηκών φωτισμού στις ταχύτητες αφαιρέθηκαν από το δείγμα οι ταχύτητες που αναφέρονται στην κατηγορία Δίκυκλο-ΙΧ σε όλες τις θέσεις στην ουρά, οι ταχύτητες που αναφέρονται στην κατηγορία Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ στη δεύτερη και τρίτη θέση στην ουρά και οι ταχύτητες που αναφέρονται στις κατηγορίες Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ και Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ σε όλες τις θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά. Επιπλέον, στο δείγμα συμπεριλήφθηκαν και οι ταχύτητες που αναφέρονται στα ΙΧ που ηγούνται της ουράς παρ' όλες τις διαφορές που παρουσιάζουν καθώς αποτελούν τη μοναδική πληροφορία για την πρώτη θέση στην ουρά και η διαφορά των τιμών τους οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της κίνησης του πρώτου οχήματος της ουράς.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων προσδιορίστηκε η θέση στην οποία οι ταχύτητες παρουσιάζουν μία σχετική σταθερότητα σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και τεχνητού φωτισμού.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη όλων των μετρήσεων ταχυτήτων που αναφέρονται σε ΙΧ ενώ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενότητας αυτής με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας παρουσιάζονται και τα αντίστοιχα αποτελέσματα που αναφέρονται στις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ. Στις μετρήσεις εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί αν η διαφορά των μέσων τιμών των ταχυτήτων γειτονικών θέσεων στην ουρά είναι στατιστικά σημαντική.

<u>Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (ΙΧ) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (ΙΧ-ΙΧ) αντίστοιχα, οι οποίες συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.26 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Θέσεων	**ΙΧ**		**ΙΧ-ΙΧ**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
$1^η – 2^η$			-	-
$2^η – 3^η$				
$3^η – 4^η$				
$4^η – 5^η$				

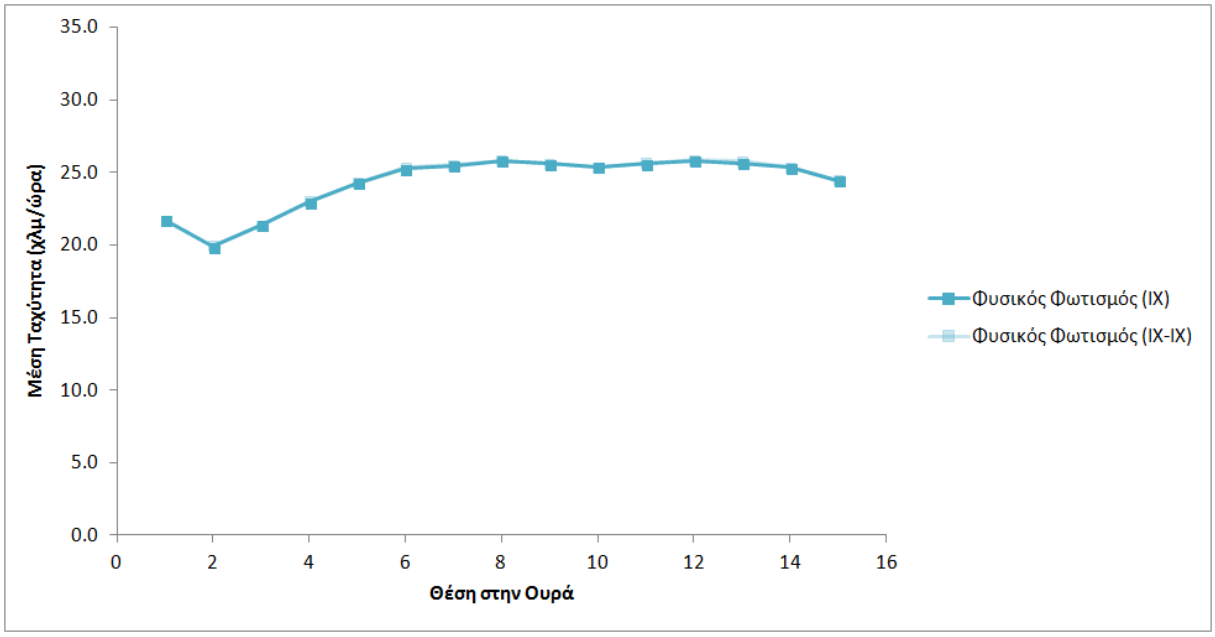
$5^{η}$ – $6^{η}$				
$6^{η}$ – $7^{η}$	X	X	X	X
$7^{η}$ – $8^{η}$	X	X	X	X
$8^{η}$ – $9^{η}$	X	X	X	X
$9^{η}$ – $10^{η}$	X	X	X	X
$10^{η}$ – $11^{η}$	X	X	X	X
$11^{η}$ – $12^{η}$	X	X	X	X
$12^{η}$ – $13^{η}$	X	X	X	X
$13^{η}$ – $14^{η}$	X	X	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως τα αποτελέσματα δεν διαφέρουν για τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν IX.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού είναι η έκτη θέση στην ουρά.



Εικόνα 5.23 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

<u>Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού</u>

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για τις μετρήσεις ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (IX) και των IX που ακολουθούν IX αντίστοιχα (IX-IX), οι οποίες συλλέχθηκαν σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Πίνακας 5.27 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων διαφορετικών θέσεων στην ουρά δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

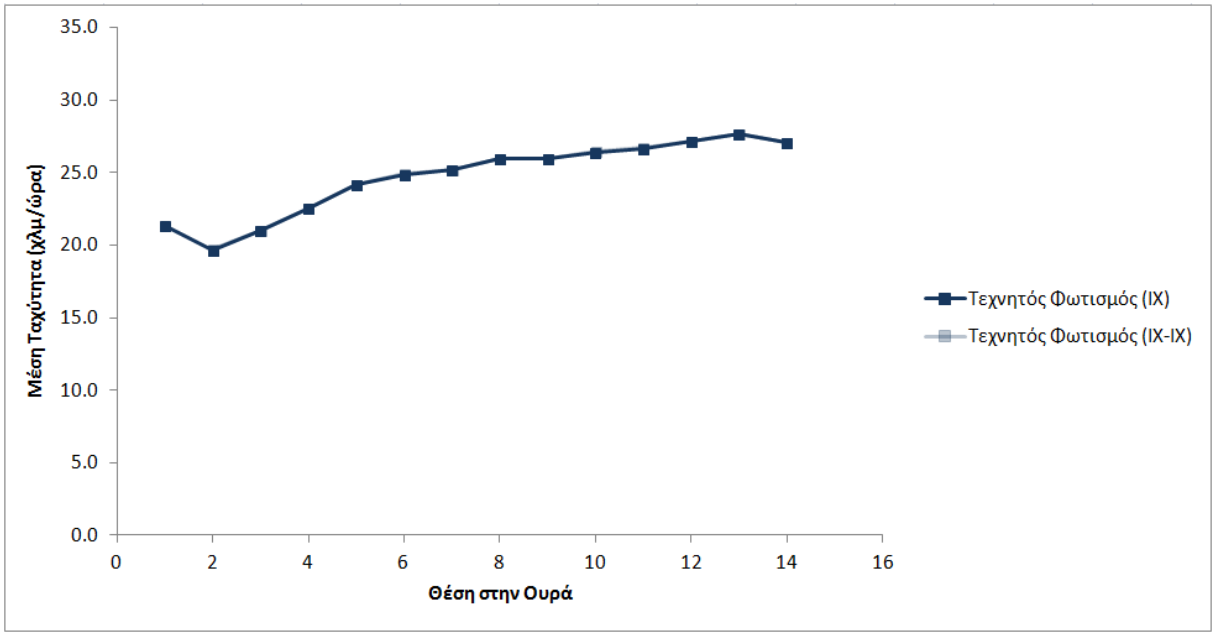
	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Θέσεων	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
$1^{η} – 2^{η}$			-	-
$2^{η} – 3^{η}$				
$3^{η} – 4^{η}$				
$4^{η} – 5^{η}$				
$5^{η} – 6^{η}$				
$6^{η} – 7^{η}$	X	X	X	X
$7^{η} – 8^{η}$				
$8^{η} – 9^{η}$	X	X	X	X
$9^{η} – 10^{η}$	X	X	X	X
$10^{η} – 11^{η}$	X	X	X	X
$11^{η} – 12^{η}$	X	X	X	X
$12^{η} – 13^{η}$	X	X	X	X
$13^{η} – 14^{η}$	X	X	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων για τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας και τις ταχύτητες των IX που ακολουθούν IX.

Συνδυάζοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από τον προηγούμενο πίνακα με αυτές που εξάγονται από το επόμενο διάγραμμα προκύπτει ως συμπέρασμα πως η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού είναι η όγδοη θέση στην ουρά.



Εικόνα 5.24 : Μέση τιμή ταχυτήτων των IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

<u>Σύνοψη αποτελεσμάτων</u>

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού φαίνεται να επιδρούν στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων. Συγκεκριμένα, η θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων είναι η έκτη θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και η όγδοη θέση σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Επομένως, η σταθεροποίηση των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού επιτυγχάνεται δύο θέσεις μετά την αντίστοιχη θέση σταθεροποίησης σε συνθήκες φυσικού φωτισμού.

Πίνακας 5.28 : Θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

	Θέση Σταθεροποίησης των Ταχυτήτων			
Συνθήκες Φωτισμού	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός	6η	6η	6η	6η
Τεχνητός Φωτισμός	8η	8η	8η	8η

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων μελετήθηκαν οι μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησης τους, η γενική τάση των τιμών αυτών στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης και τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και τεχνητού φωτισμού.

Η διερεύνηση στηρίχθηκε στη μελέτη των όλων των μετρήσεων ταχυτήτων που αναφέρονται σε IX[17] ενώ προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενότητας αυτής με τα αποτελέσματα της προηγούμενης ενότητας παρουσιάζονται και μεμονωμένα τα

[17] Ο όρος «μετρήσεις ταχυτήτων που αναφέρονται σε IX» χρησιμοποιείται καταχρηστικά για το σύνολο των μετρήσεων που εντάχθηκαν στην ενιαία κατηγορία που περιγράφηκε στην ενότητα «*Επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των IX*».

αντίστοιχα αποτελέσματα που αναφέρονται μόνο στις μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ στη θέση σταθεροποίησής τους σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.29 : Μέση τιμή των ταχυτήτων των ΙΧ στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού

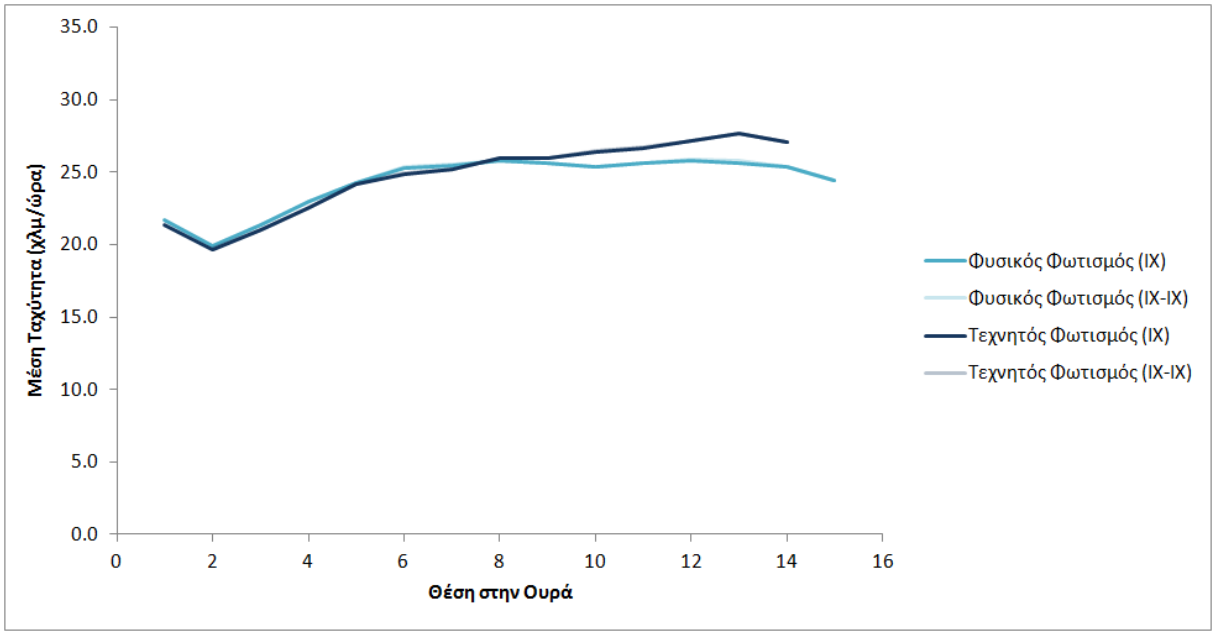
	Μέση Τιμή των Ταχυτήτων στη Θέση Σταθεροποίησης των Ταχυτήτων (χλμ/ώρα)			
Συνθήκες Φωτισμού	**ΙΧ**		**ΙΧ-ΙΧ**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός	25.26	25.26	25.32	25.32
Τεχνητός Φωτισμός	25.94	25.94	25.92	25.92

Στις τιμές του παραπάνω πίνακα εφαρμόστηκε ο έλεγχος t προκειμένου να εξεταστεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των ταχυτήτων στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%.

Μελετώντας τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως η μέση τιμή των ταχυτήτων των ΙΧ στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων φαίνεται να επηρεάζεται από τις συνθήκες φωτισμού καθώς η μέση τιμή των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή σε συνθήκες φυσικού φωτισμού για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%, ομοίως και η μέση τιμή των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρ' όλα αυτά, η διαφορά των μέσων τιμών των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων δεν κρίνεται στατιστικά σημαντική για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%. Το γεγονός αυτό είναι πιθανό να οφείλεται στην ελαφρά μείωση του μεγέθους του δείγματος.

Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη γενική τάση των τιμών των ταχυτήτων κατά τη διάρκεια της πράσινης ένδειξης

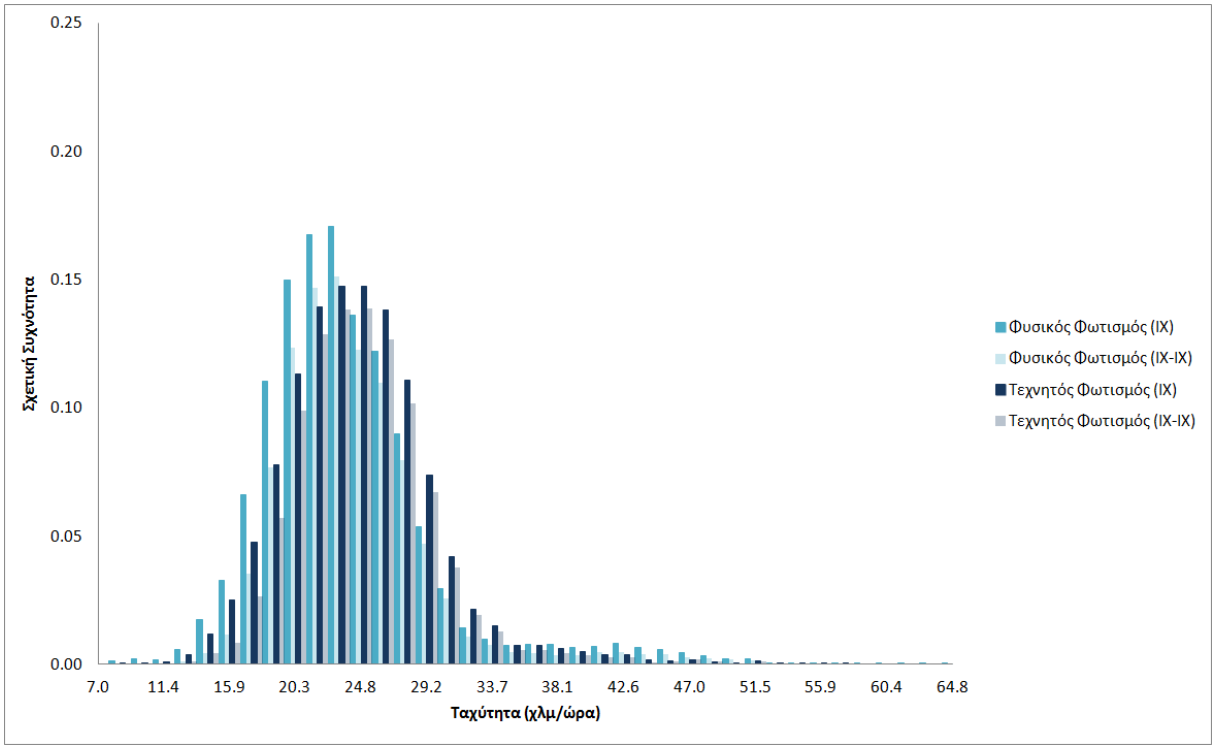
Από τη μελέτη του διαγράμματος που ακολουθεί διαπιστώνεται πως οι τιμές των ταχυτήτων αυξάνονται σταδιακά στη διάρκεια της πράσινης ένδειξης σε όλες τις συνθήκες φωτισμού.



Εικόνα 5.25 : Διάγραμμα της μέση ταχύτητας των IX σε συνάρτηση με τη θέση στην ουρά

<u>Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στις τιμές των ταχυτήτων εξετάζοντας τα ιστογράμματα σχετικών συχνοτήτων</u>

Το επόμενο διάγραμμα παρουσιάζει τη σχετική συχνότητα εμφάνισης των τιμών των ταχυτήτων των IX σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.



Εικόνα 5.26 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού καταγράφονται τα μικρότερα ποσοστά ταχυτήτων μικρότερων από 23.3χλμ/ώρα και τα μεγαλύτερα ποσοστά ταχυτήτων μεγαλύτερων από 24.8χλμ/ώρα. Επιπλέον, η τιμή που παρουσιάζει την υψηλότερη συχνότητα σε συνθήκες φυσικού φωτισμού είναι η τιμή 23.3χλμ/ώρα και σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού είναι οι τιμές 23.3χλμ/ώρα και 24.8χλμ/ώρα, οι οποίες έχουν την ίδια σχετική συχνότητα.

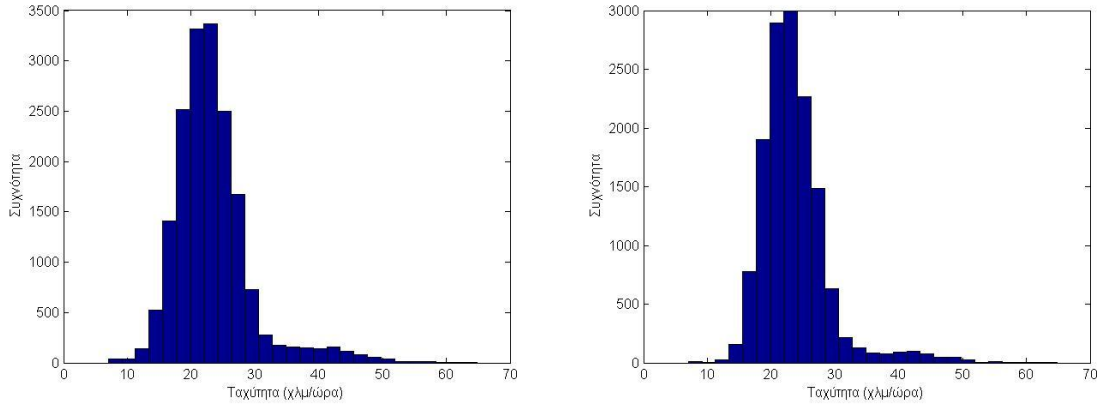
Σύνοψη αποτελεσμάτων

Συνοψίζοντας, οι συνθήκες φωτισμού φαίνεται να επιδρούν στις τιμές των ταχυτήτων. Συγκρίνοντας τις τιμές των ταχυτήτων σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού με τις αντίστοιχες τιμές σε συνθήκες φυσικού φωτισμού εξάγεται το συμπέρασμα πως τη νύχτα οι ταχύτητες τείνουν να είναι μεγαλύτερες αφού παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μέση τιμή κατά την έναρξη του κορεσμού και εμφανίζουν τη χαμηλότερη συχνότητα τιμών μικρότερων από 23.3χλμ/ώρα και την υψηλότερη συχνότητα τιμών μεγαλύτερων από 24.8χλμ/ώρα. Βέβαια, επισημαίνεται πως οι ταχύτητες αυτές δεν αναφέρονται σε συνθήκες ελεύθερης ροής.

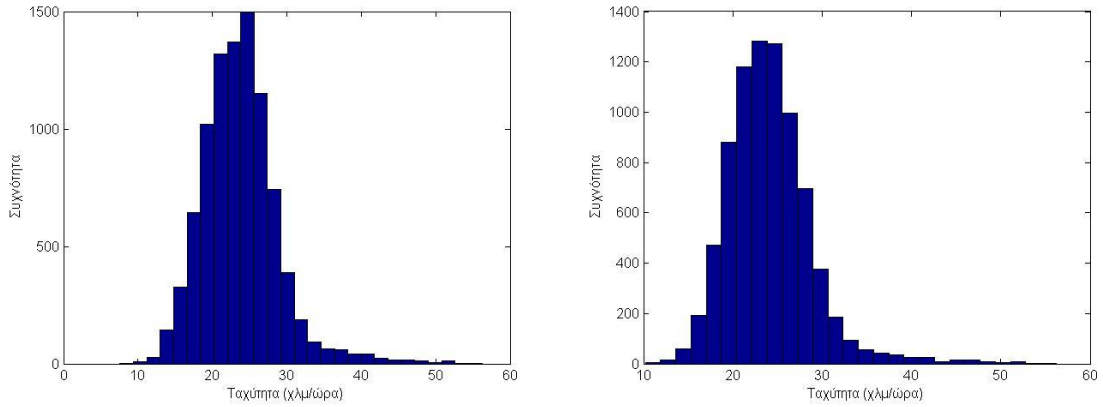
Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στην κατανομή των ταχυτήτων

Με τη χρήση του ελέγχου x^2 εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μετρήσεις των ταχυτήτων στις διάφορες συνθήκες φωτισμού ακολουθούν κάποια γνωστή κατανομή. Ωστόσο, δεν προέκυψε κάποιο αποτέλεσμα.

Ακολουθούν τα ιστογράμματα συχνοτήτων των ταχυτήτων.



Εικόνα 5.27 Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (δεξιά) σε συνθήκες φυσικού φωτισμού



Εικόνα 5.28 : Ιστόγραμμα συχνοτήτων των τιμών των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας (αριστερά) και των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ (δεξιά) σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Όπου :

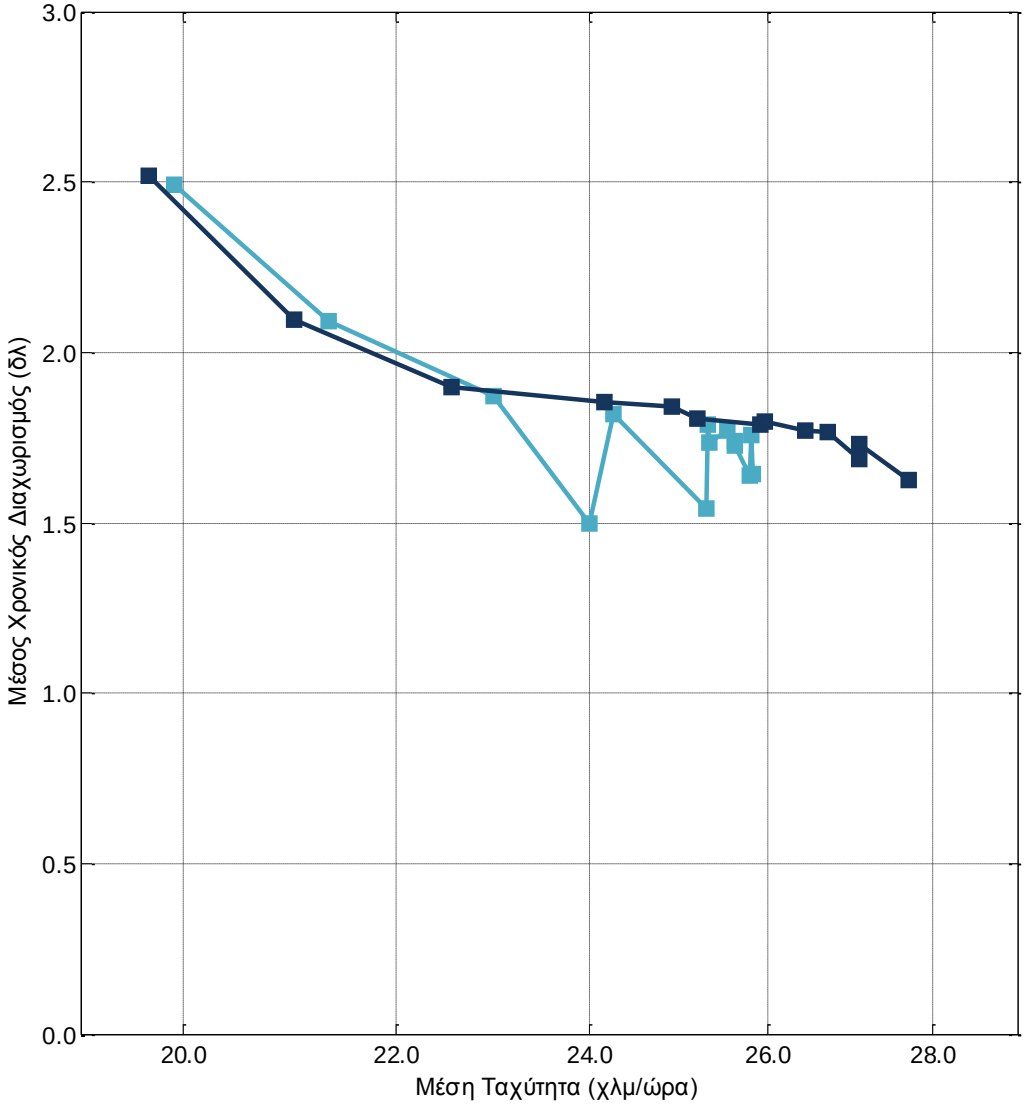
Κατανομή Μετρήσεων

Από τα παραπάνω δεν είναι δυνατό να εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με το αν οι συνθήκες φωτισμού επηρεάζουν την κατανομή των χρονικών διαχωρισμών.

5.2.3. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση χρονικών διαχωρισμών – ταχυτήτων

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν τα ζεύγη των μέσων τιμών των χρονικών διαχωρισμών και των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ, ανά θέση στην ουρά, σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ζεύγη των μέσων χρονικών διαχωρισμών και μέσων ταχυτήτων κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ στις διάφορες συνθήκες φωτισμού. Σημειώνεται πως η κλίμακα του οριζόντιου άξονα είναι λογαριθμική.



Εικόνα 5.29 : Διάγραμμα μέσων χρονικών διαχωρισμών – μέσων ταχυτήτων κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού

Όπου :

Φυσικός Φωτισμός
Τεχνητός Φωτισμός

Μελετώντας το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται πως σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού καταγράφονται οι υψηλότερες μέσες ταχύτητες αφού σημειώνονται μέσες τιμές μεγαλύτερες των 26χλμ/ώρα, πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Επιπλέον, παρατηρείται πως το διάγραμμα μέσων χρονικών διαχωρισμών και μέσων ταχυτήτων σε συνθήκες φυσικού φωτισμού παρουσιάζει μία ιδιαιτερότητα αφού για ταχύτητες μεγαλύτερες από 24χλμ/ώρα οι χρονικοί διαχωρισμοί χωρίζονται σε δύο ζώνες. Η πρώτη ζώνη περιλαμβάνει χρονικούς διαχωρισμούς μικρότερους από αυτούς που καταγράφονται σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού και η δεύτερη ζώνη περιλαμβάνει χρονικούς διαχωρισμούς περίπου ίσους με αυτούς που καταγράφονται σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Επομένως, για ταχύτητες μεγαλύτερες από 24χλμ/ώρα οι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού μπορούν να θεωρηθούν μεγαλύτεροι ή ίσοι των μέσων χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες φυσικού φωτισμού.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες δεν είναι σταθερή για ταχύτητες μεγαλύτερες των 24χλμ/ώρα λόγω επίδρασης των συνθηκών φωτισμού.

5.2.4. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκαν οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και η ακρίβεια τους σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται ανά κατηγορία, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το μέγεθος του δείγματος των χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού.

Πίνακας 5.30 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες φυσικού φωτισμού

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-Δίκυκλο	2.2	0.0	9
Δίκυκλο-ΙΧ	1.577	0.023	226
Δίκυκλο-Ημιφορτηγό	2.9	0.2	16
Δίκυκλο-Φορτηγό δύο αξόνων	3.0	0.3	3
Δίκυκλο-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	2.4	0.4	5
Δίκυκλο-Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	2.0	0.0	1
ΙΧ-Δίκυκλο	1.895	0.025	258
ΙΧ-ΙΧ	1.780	0.003	10020
ΙΧ-Ημιφορτηγό	2.260	0.025	523
ΙΧ-Φορτηγό δύο αξόνων	2.96	0.03	218
ΙΧ-Φορτηγό τριών αξόνων	2.33	0.13	30
ΙΧ-Φορτηγό τεσσάρων αξόνων	1.85	0.05	2
ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	1.94	0.05	130
ΙΧ-Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων	2.0	0.0	2
ΙΧ-Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	1.85	0.06	8
ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων	3.1	0.3	18
ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα έξι αξόνων	1.5	0.0	1
ΙΧ-Φορτηγό επτά ή περισσότερων αξόνων	2.5	0.2	4
Ημιφορτηγό-Δίκυκλο	1.86	0.08	24
Ημιφορτηγό-ΙΧ	2.218	0.015	459
Ημιφορτηγό-Ημιφορτηγό	4.2	0.2	16
Ημιφορτηγό-Λεωφορείο	5.3	0.0	1
Ημιφορτηγό-Φορτηγό δύο αξόνων	2.7	0.0	1
Ημιφορτηγό-Φορτηγό τριών αξόνων	2.2	0.2	7
Ημιφορτηγό-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	2.2	0.0	1
Ημιφορτηγό-Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	2.3	0.0	1
Ημιφορτηγό-Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων	1.7	0.0	1
Λεωφορείο-ΙΧ	3.1	0.2	6
Λεωφορείο-Ημιφορτηγό	2.8	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-Δίκυκλο	2.2	0.2	7
Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ	2.767	0.022	162
Φορτηγό δύο αξόνων-Ημιφορτηγό	2.7	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-Φορτηγό τριών αξόνων	2.4	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	2.8	0.3	5
Φορτηγό τριών αξόνων-Δίκυκλο	1.7	0.0	1
Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ	2.43	0.07	30
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	1.9	0.2	4
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-Ημιφορτηγό	1.9	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Δίκυκλο	2.0	0.1	4
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	2.56	0.03	65
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Ημιφορτηγό	2.8	0.2	4
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Φορτηγό τριών αξόνων	1.9	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	2.1	0.3	4
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων	2.5	0.0	1
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-ΙΧ	1.6	0.0	1
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-Ημιφορτηγό	3.3	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-Δίκυκλο	2.4	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-Ημιφορτηγό	2.8	0.5	2
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-Φορτηγό δύο αξόνων	4.7	0.0	1

Με τη χρήση των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ των κατηγοριών Δίκυκλο, Ημιφορτηγό, Φορτηγό δύο αξόνων, Φορτηγό

τριών αξόνων, Φορτηγό Τεσσάρων αξόνων, Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων και Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Δίκυκλο αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{IX-IX} + \bar{h}_{\Delta\acute{\iota}\kappa\upsilon\kappa\lambda o-\Delta\acute{\iota}\kappa\upsilon\kappa\lambda o} = \bar{h}_{\Delta\acute{\iota}\kappa\upsilon\kappa\lambda o-IX} + \bar{h}_{IX-\Delta\acute{\iota}\kappa\upsilon\kappa\lambda o}$$

αφού

$$1.8 + 2.2 \neq 1.6 + 1.9 .$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Δίκυκλο, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.236 \pm 0.009$$

$$p_i' = 0.970 \pm 0.013$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ημιφορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{IX-IX} + \bar{h}_{\text{Ημιφορτηγό}-\text{Ημιφορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Ημιφορτηγό}-IX} + \bar{h}_{IX-\text{Ημιφορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 4.2 \neq 2.2 + 2.3 .$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ημιφορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 2.331 \pm 0.007$$

$$p_i' = 1.569 \pm 0.010$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό δύο αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$$p_i = 2.215 \pm 0.003$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό τριών αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$p_i = 1.674 \pm 0.007$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό τεσσάρων αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$p_i = 1.092 \pm 0.024$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{IX-IX} + \bar{h}_{\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}-\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}} =$$

$$\bar{h}_{\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}-IX} + \bar{h}_{IX-\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}}$$

αφού

$1.8 + 2.1 \neq 2.6 + 1.9$.

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$p_i = 1.151 \pm 0.014$

$p_i' = 1.497 \pm 0.019$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$p_i = 1.02 \pm 0.03$

Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται, ανά κατηγορία οχημάτων, η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το μέγεθος του δείγματος των χρονικών διαχωρισμών που καταγράφηκαν σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.31 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών ανά κατηγορία οχημάτων σε κορεσμένες συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-Δίκυκλο	2.5	0.0	1
Δίκυκλο-ΙΧ	1.64	0.03	161
Δίκυκλο-Ημιφορτηγό	1.9	0.4	2
Δίκυκλο-Φορτηγό δύο αξόνων	3.1	0.0	1
ΙΧ-Δίκυκλο	1.645	0.029	195
ΙΧ-ΙΧ	1.811	0.004	6187
ΙΧ-Ημιφορτηγό	2.35	0.07	97
ΙΧ-Φορτηγό δύο αξόνων	2.98	0.06	91
ΙΧ-Φορτηγό τριών αξόνων	1.6	0.0	1
ΙΧ-Φορτηγό τεσσάρων αξόνων	1.9	0.3	6
ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	1.92	0.05	81
ΙΧ-Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων	2.8	0.0	1
ΙΧ-Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	1.51	0.03	7
ΙΧ-Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων	4	1	2
ΙΧ-Φορτηγό επτά ή περισσότερων αξόνων	2.3	0.0	1
Ημιφορτηγό-Δίκυκλο	2.2	0.1	3
Ημιφορτηγό-ΙΧ	2.28	0.05	98
Ημιφορτηγό-Ημιφορτηγό	3.2	0.4	2
Ημιφορτηγό-Λεωφορείο	1.2	0.0	1
Ημιφορτηγό-Φορτηγό δύο αξόνων	4.2	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-Δίκυκλο	1.8	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ	2.88	0.03	79
Φορτηγό δύο αξόνων-Ημιφορτηγό	4.1	0.4	2
Φορτηγό δύο αξόνων-Φορτηγό δύο αξόνων	3.1	0.0	1
Φορτηγό δύο αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	3.1	0.4	2
Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ	2.3	0.2	5
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	1.7	0.1	5
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-Φορτηγό δύο αξόνων	3.1	0.3	2
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Δίκυκλο	2.3	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	1.7	0.0	3
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Φορτηγό δύο αξόνων	3.2	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Φορτηγό τεσσάρων αξόνων	2.3	0.8	2
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	3.1	0.0	2
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-ΙΧ	2.3	0.1	4
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-Ημιφορτηγό	3.5	0.0	1

Με τη χρήση των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ των κατηγοριών Δίκυκλο, Ημιφορτηγό, Φορτηγό δύο αξόνων, Φορτηγό τριών αξόνων, Φορτηγό Τεσσάρων αξόνων, Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων και Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Δίκυκλο αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{IX}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{Δίκυκλο}-\text{Δίκυκλο}} = \bar{h}_{\text{Δίκυκλο}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{IX}-\text{Δίκυκλο}}$$

αφού

$$1.8 + 2.5 \neq 1.6 + 1.6 \,.$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Δίκυκλο, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.380 \pm 0.028$$

$$p_i' = 0.82 \pm 0.04$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ημιφορτηγό αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{IX}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{Ημιφορτηγό}-\text{Ημιφορτηγό}} = \bar{h}_{\text{Ημιφορτηγό}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{IX}-\text{Ημιφορτηγό}}$$

αφού

$$1.8 + 3.2 \neq 2.3 + 2.4 .$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ημιφορτηγό, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.739 \pm 0.020$$

$$p_i' = 1.565 \pm 0.027$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό δύο αξόνων αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{\text{IX}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{Φορτηγό δύο αξόνων}-\text{Φορτηγό δύο αξόνων}} = \bar{h}_{\text{Φορτηγό δύο αξόνων}-\text{IX}} + \bar{h}_{\text{IX}-\text{Φορτηγό δύο αξόνων}}$$

αφού

$$1.8 + 3.1 \neq 2.9 + 3.0 .$$

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό δύο αξόνων, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$$p_i = 1.712 \pm 0.028$$

$$p_i' = 2.23 \pm 0.04$$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό τριών αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$$p_i = 1.164 \pm 0.003$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Φορτηγό τεσσάρων αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$p_i = 0.958 \pm 0.004$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων αρχικά, εξετάστηκε η υπόθεση πως οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι ανεξάρτητοι του προπορευόμενου οχήματος. Η υπόθεση δεν επαληθεύτηκε καθώς η παρακάτω ισότητα δεν ισχύει

$$\bar{h}_{IX-IX} + \bar{h}_{\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}-\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}} = \bar{h}_{\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}-IX} + \bar{h}_{IX-\text{Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων}}$$

αφού

$1.8 + 3.1 \neq 1.9 + 1.8$.

Φαίνεται λοιπόν, πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών πρέπει να διορθωθούν με τη χρήση των συντελεστών του Scraggs.

Ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων, όπως αυτός υπολογίστηκε χωρίς τις διορθώσεις αλλά και με τις διορθώσεις του Scraggs με την εφαρμογή της *Σχέσης 5.1* και της *Σχέσης 5.15* αντίστοιχα, είναι ίσος με :

$p_i = 1.712 \pm 0.020$

$p_i' = 1.291 \pm 0.025$

Σημειώνεται πως η ακρίβεια προσδιορισμού προέκυψε από την εφαρμογή της *Σχέσης 5.7* και της *Σχέσης 5.25* αντίστοιχα.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων χρησιμοποιήθηκε η *Σχέση 5.8* ενώ για τον προσδιορισμό της ακρίβειάς του εφαρμόστηκε η *Σχέση 5.14*. Ο συντελεστής είναι ίσος με :

$p_i = 1.078 \pm 0.016$

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στον συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και η ακρίβειά τους ανά κατηγορία οχημάτων σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Πίνακας 5.32 : Συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και ακρίβεια ανά κατηγορία οχημάτων και συνθήκες φωτισμού

ΜΕΑ ανά Κατηγορία Οχημάτων και Συνθήκες Φωτισμού						
Κατηγορία Οχημάτων	**Φυσικός Φωτισμός**			**Τεχνητός Φωτισμός**		
Δίκυκλο	0.970	±	0.013	0.82	±	0.04
IX	1.000			1.000		
Ημιφορτηγό	1.569	±	0.010	1.565	±	0.027
Φορτηγό δύο αξόνων	2.215	±	0.003	2.23	±	0.04
Φορτηγό τριών αξόνων	1.674	±	0.007	1.164	±	0.003
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων	1.092	±	0.024	0.958	±	0.004
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων	1.497	±	0.019	1.291	±	0.025
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων	1.02	±	0.03	-		

Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων	-	1.078	±	0.016

Μελετώντας τον *Πίνακα 5.33* διαπιστώνεται πως οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ των κατηγοριών Ημιφορτηγό και Φορτηγό δύο αξόνων δεν φαίνεται να διαφοροποιούνται σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού.

Σε ό,τι αφορά στις υπόλοιπες κατηγορίες, τα αποτελέσματα προδίδουν τις αδυναμίες της αυτόματης ταξινόμησης του MetroCount Traffic Executive καθώς οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ που προέκυψαν διαφέρουν πολύ από τους αναμενόμενους. Συνεπώς, οι συντελεστές αυτοί δεν μπορούν να θεωρηθούν ορθοί.

Τέλος, συγκρίνοντας τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού, όπως αυτοί προέκυψαν από την παρούσα ανάλυση, με αυτούς που προτείνει το ΥΠΕΧΩΔΕ και το TfL διαπιστώνεται πως για τα μεν ημιφορτηγά οι διαφορές είναι έντονες (1.569, 1.00 και 1.00 αντίστοιχα), για τα δε φορτηγά δύο αξόνων οι τιμές δεν διαφέρουν πολύ (2.215, 2.00 και 2.00 αντίστοιχα).

5.2.5. Επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού

Στην ενότητα αυτή εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε η ροή κορεσμού σε όλες τις συνθήκες φωτισμού για τις οποίες υπάρχουν επαρκή δεδομένα.

Ροή κορεσμού σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός IX που ακολουθεί IX είναι ίσος με 1.780δλ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Συνεπώς, η ροή κορεσμού είναι ίση με :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} = \frac{3600}{1.780} = 2022 \text{ ΜΕΑ/ώρα πράσινου}$$

Ροή κορεσμού σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός IX που ακολουθεί IX είναι ίσος με 1.811sec σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Συνεπώς, η ροή κορεσμού είναι ίση με :

$$s = \frac{3600}{\bar{h}_{IX-IX}} = \frac{3600}{1.811} = 1988 \text{ ΜΕΑ/ώρα πράσινου}$$

Σύνοψη αποτελεσμάτων

Στο συγκεντρωτικό πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ροή κορεσμού στις εξετασθείσες συνθήκες φωτισμού.

Πίνακας 5.33 : Ροή κορεσμού ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού

Συνθήκες Φωτισμού	**Ροή Κορεσμού (ΜΕΑ/ώρα πράσινου)**
Φυσικός Φωτισμός	2022
Τεχνητός Φωτισμός	1988

Μελετώντας τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται πως η ροή κορεσμού παρουσιάζει ελαφρά μικρότερη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Μέχρι σήμερα, οι μελέτες σχεδιασμού και αναβάθμισης της οδικής υποδομής βασίζονται αποκλειστικά σε μετρήσεις, οι οποίες έχουν συλλεχθεί σε τυπικές συνθήκες περιβάλλοντος (φυσικός φωτισμός, χωρίς βροχή), αγνοώντας την πιθανή επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών (καιρικές συνθήκες και συνθήκες φωτισμού) στην κυκλοφοριακή ροή. Σε ό,τι αφορά στις συνθήκες φωτισμού, η έρευνα συγκλίνει στην άποψη πως οι συνθήκες φωτισμού επενεργούν στην οδηγική συμπεριφορά και την κυκλοφοριακή ικανότητα και μάλιστα οι μελετητές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η κυκλοφοριακή ικανότητα είναι μικρότερη τη νύχτα, γεγονός κρίσιμο για το σχεδιασμό και τη βελτίωση του οδικού δικτύου, ιδίως σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρούνται υψηλοί φόρτοι και μετά τη δύση του ηλίου. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν πως η επίδραση αυτή είναι αμελητέα.

Με αφορμή κυρίως την παραπάνω παρατήρηση αλλά και την ασυμφωνία που εντοπίζεται μεταξύ των συμπερασμάτων της διεθνούς έρευνας, στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε χαρακτηριστικά κυκλοφοριακά μεγέθη προκειμένου να προσδιοριστεί ποιοτικά η σχέση που τα συνδέει. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών φωτισμού σε βασικά μεγέθη της κυκλοφοριακής ροής και η αντίδραση των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων στις εναλλαγές του φωτισμού μέσα από τη μεταβολή των συντελεστών αναγωγής σε ΜΕΑ. Επιπλέον, δεδομένου ότι η διερεύνηση εστιάζει στην επιρροή των συνθηκών φωτισμού στη διακοπτόμενη κυκλοφοριακή ροή, σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σταθερού χρόνου, ερευνώνται εκτός των άλλων, οι επιπτώσεις των συνθηκών φωτισμού στη ροή κορεσμού.

Από την ανάλυση των μετρήσεων της παρούσας εργασίας προκύπτει πως οι συνθήκες φωτισμού επενεργούν στους χρονικούς διαχωρισμούς, στις ταχύτητες και κατ' επέκταση στη σχέση χρονικών διαχωρισμών-ταχυτήτων αλλά και στη ροή κορεσμού ενώ δεν μπορεί να εξαχθεί σαφές συμπέρασμα για την επιρροή τους στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται αναλυτικά, τα αποτελέσματα της εργασίας και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

6.1. Συμπεράσματα

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή και της ανάλυσης του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600. Ωστόσο, τονίζεται πως δεν είναι δυνατή η απόλυτη αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων καθώς οι εξετασθείσες συνθήκες φωτισμού της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας διαφέρουν από αυτές της επιβλεπόμενης επεξεργασίας εξαιτίας της έλλειψης πληροφορίας σχετικά με τη νεφοκάλυψη και τη βροχή για τις περιόδους απουσίας του παρατηρητή. Για το λόγο αυτό, τα συμπεράσματα είναι γενικά και εστιάζουν στην επίδραση της εναλλαγής των συνθηκών φυσικού και τεχνητού φωτισμού στους χρονικούς διαχωρισμούς, τις ταχύτητες, τη σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες, τους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και τη ροή κορεσμού. Τα κυριότερα συμπεράσματα της διερεύνησης είναι λοιπόν, τα ακόλουθα :

- Όσον αφορά στους χρονικούς διαχωρισμούς, τα αποτελέσματα της ανάλυσης των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή και της ανάλυσης του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 είναι αντικρουόμενα. Αφ' ενός, τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης επεξεργασίας δείχνουν πως οι συνθήκες φωτισμού είναι πιθανό να επιδρούν στους χρονικούς

διαχωρισμούς και αφ' ετέρου τα αποτελέσματα της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας δείχνουν πως οι συνθήκες φωτισμού δεν επηρεάζουν τους χρονικούς διαχωρισμούς. Τονίζεται ότι στην επιβλεπόμενη επεξεργασία οι συνθήκες φυσικού φωτισμού διακρίνονται σε συνθήκες αιθρίας και νέφωσης ενώ στην αυτοματοποιημένη επεξεργασία είναι αδύνατη όχι μόνο η συγκεκριμένη διάκριση αλλά και η αφαίρεση των μετρήσεων που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και βροχής. Επομένως, τα αποτελέσματα της πρώτης έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από τα αποτελέσματα της δεύτερης. Συνεπώς, θα μπορούσε να συναχθεί πως οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών σε συνθήκες διακοπτόμενης ροής αυξάνονται όσο δυσχεραίνουν οι συνθήκες φωτισμού, με τις χαμηλότερες τιμές να καταγράφονται σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας και τις υψηλότερες τιμές να καταγράφονται σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή. Στο σημείο αυτό, σημειώνεται πως οι Ben-Edigbe και Kurnia (2013) και οι Ben-Edigbe et al. (2014) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι χρονικοί διαχωρισμοί δεν επηρεάζονται από την εναλλαγή των συνθηκών φωτισμού μελετώντας τις τιμές τους σε συνθήκες μη διακοπτόμενης ροής.

- Με βάση τόσο τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης όσο και της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας εξάγεται το συμπέρασμα πως οι ταχύτητες τείνουν να είναι μεγαλύτερες τη νύχτα. Υπογραμμίζεται πως το συμπέρασμα αυτό φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με αυτό των Παπαηλιού κ.ά. (2012), ωστόσο διευκρινίζεται πως δεν τίθεται ζήτημα αντιλογίας αφού η παρούσα εργασία εστιάζει σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σε συνθήκες μη ελεύθερης ροής ενώ η παραπάνω έρευνα επικεντρώνεται σε υπεραστικό οδικό τμήμα σε συνθήκες ελεύθερης ροής. Για τον ίδιο λόγο δεν υπάρχει ουσιαστική διαφωνία μεταξύ του παρόντος συμπεράσματος και αυτού των Ben-Edigbe και Kurnia (2013) και των Ben-Edigbe et al. (2014), οι οποίοι μελέτησαν τις ταχύτητες σε συνθήκες μη διακοπτόμενης ροής, σε οδό δύο κατευθύνσεων με διαχωριστική νησίδα.
- Μελετώντας τις δύο αναλύσεις διαπιστώνεται πως η σχέση που συνδέει τους χρονικούς διαχωρισμούς με τις ταχύτητες δεν είναι σταθερή. Η ευμεταβλησία της σχέσης δικαιολογείται από τη μεταβολή των χρονικών διαχωρισμών αλλά και των ταχυτήτων εξαιτίας της εναλλαγής των συνθηκών φωτισμού.
- Βάσει των δεδομένων της παρούσας εργασίας δεν μπορεί να εξαχθεί σαφές συμπέρασμα σχετικά με την επίδραση των συνθηκών φωτισμού στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ καθώς τα αποτελέσματα της ανάλυσης των καταγραφών που συνοδεύονται από δεδομένα βίντεο και μετρήσεις παρατηρητή και της ανάλυσης του συνόλου των καταγραφών του συστήματος MetroCount 5600 δεν συμφωνούν απόλυτα. Πιο συγκεκριμένα, ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Βαρύ φορτηγό της επιβλεπόμενης επεξεργασίας, που συνίσταται από τις υποκατηγορίες Λεωφορείο και Φορτηγό παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού ενώ αντιθέτως ο συντελεστής της κατηγορίας Φορτηγό δύο αξόνων της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας δεν μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού. Επιπλέον, ο συντελεστής αναγωγής σε ΜΕΑ της κατηγορίας Ελαφρύ φορτηγό της επιβλεπόμενης επεξεργασίας, που συνίσταται από τις υποκατηγορίες Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό και Μικρό λεωφορείο και ο συντελεστής της κατηγορίας Ημιφορτηγό της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας, σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού παρουσιάζουν τιμές μικρότερες ή ίσες και ίσες αντίστοιχα των τιμών που λαμβάνουν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν είναι δυνατό να θεωρηθεί πως τα αποτελέσματα της επιβλεπόμενης επεξεργασίας υπερτερούν των αποτελεσμάτων της αυτοματοποιημένης επεξεργασίας ή αντίστροφα καθώς η μεν στηρίζεται σε μικρό σχετικά δείγμα και η δε στηρίζεται σε μεγάλο σχετικά δείγμα, το οποίο είναι πιθανό να έχει ταξινομηθεί λανθασμένα.

- Μελετώντας τα αποτελέσματα των δύο αναλύσεων διαπιστώνεται πως η ροή κορεσμού παρουσιάζει ελαφρά μικρότερη τιμή σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Το συμπέρασμα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με αυτό των Branston (1979) και Agent και Crabtree (1982), οι οποίοι υποστήριξαν πως η ροή κορεσμού μειώνεται τη νύχτα ενώ έρχεται σε αντίθεση με αυτό του Teply (1981), ο οποίος δεν παρατήρησε διαφορά μεταξύ των τιμών της ροής κορεσμού σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού. Επιπλέον, δεδομένου ότι η κυκλοφοριακή ικανότητα είναι ανάλογη της ροής κορεσμού, το παρόν συμπέρασμα επιβεβαιώνει αυτό των Brilon και Ponzlet (1995) και Al-Kaisy και Hall (2000), οι οποίοι θεώρησαν πως η κυκλοφοριακή ικανότητα μειώνεται τη νύχτα.

6.2. Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας διαμορφώνεται το συμπέρασμα πως σε κόμβο φωτεινής σηματοδότησης σταθερού χρόνου και συγκεκριμένα στην ευθεία κίνηση, η εναλλαγή των συνθηκών φωτισμού συμβάλλει στη μεταβολή των τιμών χαρακτηριστικών μεγεθών της κυκλοφοριακής τεχνικής. Παρ' όλα αυτά, το συμπέρασμα αυτό δεν θα μπορούσε να γενικευτεί για τους κάτωθι λόγους :

- Το συμπέρασμα προέκυψε από τη μελέτη ενός μόνο κόμβου.
- Το μεν δείγμα των επιβατικών αυτοκινήτων είναι μεγάλο, το δε δείγμα των υπόλοιπων κατηγοριών είναι σχετικά μικρό.
- Η αυτόματη ταξινόμηση του συστήματος MetroCount 5600 εμπεριέχει σημαντικά λάθη.
- Για την πλειοψηφία των μετρήσεων οι συνθήκες φωτισμού διακρίνονται σε συνθήκες φυσικού και τεχνητού φωτισμού αγνοώντας τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες εξαιτίας της έλλειψης πληροφορίας σχετικά με τη βροχή. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αδυναμία διάκρισης των συνθηκών φυσικού φωτισμού σε συνθήκες αιθρίας και νέφωσης, εξαιτίας της έλλειψης σχετικής πληροφορίας, αλλοιώνει τα αποτελέσματα διότι αφ' ενός, όπως αναφέρεται στη βιβλιογραφία, οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν την κυκλοφοριακή ροή και αφ' ετέρου, όπως προέκυψε από την ανάλυση των καταγραφών που συνοδεύονται από μετρήσεις παρατηρητή και δεδομένα βίντεο, η νέφωση είναι πιθανό να επιδρά στην κυκλοφοριακή ροή στη διάρκεια της ημέρας.

Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποτελούν ένδειξη πως οι συνθήκες φωτισμού επενεργούν σε χαρακτηριστικά μεγέθη της κυκλοφοριακής τεχνικής. Η μελλοντική έρευνα οφείλει λοιπόν, να επικεντρωθεί στην αποσαφήνιση του παραπάνω ζητήματος με τη συλλογή περισσότερων μετρήσεων από περισσότερους κόμβους σε βασικές οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες αλλά και σε κόμβους με διαφορετικά χαρακτηριστικά ενώ θα ήταν επιθυμητό να μελετηθούν και κόμβοι χωρίς παρόδιο φωτισμό. Επιπροσθέτως, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι σχετικές μελέτες έχουν δείξει πως οι συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ και η ροή κορεσμού διαφοροποιούνται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και ειδικότερα συναρτώνται με την ένταση της βροχής [14], η έρευνα θα μπορούσε να επεκταθεί και σε αυτήν την κατεύθυνση. Μία ακόμη προοπτική για περαιτέρω διερεύνηση είναι η μελέτη της μεταβολής της ροής κορεσμού ανάλογα με την εποχή του χρόνου αφού παρόμοιες μελέτες έχουν δείξει πως οι διαφορές μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού είναι σημαντικές [7]. Τέλος, όσον αφορά στους συντελεστές αναγωγής σε ΜΕΑ θα ήταν ενδιαφέρουσα η σύγκριση των τιμών που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθόδου του λόγου χρονικών διαχωρισμών με τις τιμές άλλων μεθόδων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Φραντζεσκάκης, Ι.Μ., Γκόλιας, Ι.Κ. και Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ.Χ. 2009. *Κυκλοφοριακή Τεχνική*, Αθήνα : Παπασωτηρίου.

[2] mycourses.ntua.gr. 2012. *Τα Βασικά Μεγέθη της Κυκλοφοριακής Ροής, Φόρτος-Πυκνότητα-Ταχύτητα*. Ανακτήθηκε 11 Μαρτίου 2013, από http://mycourses.ntua.gr/courses/SURVEY1076/document/Lecture_Introduction_1.pdf

[3] mycourses.ntua.gr. 2012. *Βασικές Έννοιες Κυκλοφοριακής Τεχνικής*. Ανακτήθηκε 4 Απριλίου 2013, από http://mycourses.ntua.gr/courses/SURVEY1076/document/Lecture_Satflow_Traffic_Signals.pdf

[4] Transportation Research Board, 2010. *Highway Capacity Manual 2010*. Washington, D.C. : TRB, National Academies.

[5] Sumner, R., Hill, D. and Shapiro, S. 1984. Segment Passenger Car Equivalent Values for Cost Allocation on Urban Arterial Roads. *Transportation Research, Part A*, 18(5-6), pp.399-406.

[6] Transportation Research Board, 2000. *Highway Capacity Manual 2000*. Washington, D.C. : TRB, National Research Council.

[7] Stokes, R.W. 1989. Some Factors Affecting Signalized Intersection Capacity. *ITE Journal*, 59(1), pp.35-40.

[8] Agent, K.R. and Crabtree, J.D., 1982. *Analysis of Saturation Flow at Signalized Intersections*. Lexington, USA.

[9] Al-Kaisy, A.F. and Hall, F.L. Effect of Darkness on the Capacity of Long-Term Freeway Reconstruction Zones. TRB, *Proceedings of the Transportation Research Circular E-C018 : Fourth International Symposium on Highway Capacity*, pp.164-174, Maui, Hawaii 27 June-1 July 2000.

[10] Παπαηλιού, Σ., Ηλιού, Ν. και Βογιατζής, Κ. Διερεύνηση της Συμπεριφοράς των Οδηγών σε Διαφορετικές Συνθήκες Φωτεινότητας Περιβάλλοντος, με χρήση Καινοτόμων Τεχνολογιών. ΤΕΕ, *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Οδοποιίας*, Αθήνα, Ελλάδα 9-10 Φεβρουαρίου 2012.

[11] Ben-Edigbe, and Kurnia, A.Y. 2013. Determining Road Lighting Impact on Traffic Stream Characteristics. *American Journal of Applied Sciences*, 10(7), pp.746-750.

[12] Ben-Edigbe, J., Nordiana, M. and Rahman, R. 2014. Effect of Road Lighting in the Quality of Dual Carriageway Road Service. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(5), pp.950-956.

[13] FHWA. 1995. *Traffic Monitoring Guide*. Ανακτήθηκε 11 Μαρτίου 2013, από http://www.fhwa.dot.gov/ohim/tmgbook.pdf

[14] Alhassan, H.M. and Ben-Edigbe, J. Evaluation of Passenger Car Equivalent Values under Rainfall. IACSIT, *Proceedings of the 2012 International Conference on Traffic and Transportation Engineering*, pp.6-10, Belgrade, Serbia, 29-30 November 2012.

[15] mycourses.ntua.gr. 2012. *Η Χωρική και η Χρονική Διάσταση του Φόρτου*. Ανακτήθηκε 11 Μαρτίου 2013, από http://mycourses.ntua.gr/courses/SURVEY1076/document/Lecture_Introduction_2.pdf

[16] TfL. 2010. *Traffic Modelling Guidelines Version 3*. Ανακτήθηκε 3 Απριλίου 2013, από http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/traffic-modelling-guidelines.pdf

[17] Ingle, A. 2004. *Development of Passenger Car Equivalents for Basic Freeway Segments*. MSc Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg-Virginia.

[18] Metkari, M., Budhkar, A.K. and Maurya, A.K. Review of Passenger Car Equivalence Studies in Indian Context. BDCE, *Proceedings of the EFITRA*, pp.19-23, Wardha, India 17-18 March 2012.

[19] Basu, D., Maitra, S.R. and Maitra, B. 2006. Modelling Passenger Car Equivalents at an Urban Mid-Block using Stream Speed as measure of Equivalence. *European Transport*, 34, pp.75-87.

[20] Saha, P., Hossain, DR.Q.S., Mahmud, H.M.I. and Islam, MD.Z. 2009. Passenger Car Equivalent (PCE) of Through Vehicles at Signalized Intersections in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh. *IATSS Research*, 33(2), pp.99-104.

[21] Σερμπής, Δ. και Σπυροπούλου Ι. 1997. *Μελέτη της Επιρροής της Κίνησης των Δικύκλων σε Αστικούς Κόμβους με Φωτεινή Σηματοδότηση*. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.

[22] Kimber, R.M., McDonald, M. and Hounsell, N. 1985. Passenger Car Units in Saturation Flows : Concept, Definition, Derivation. *Transportation Research, Part B*, 19(1), pp.39-61.

[23] Branston, D. and van Zuylen, H. 1978. The Estimation of Saturation Flow, Effective Green Time and Passenger Car Equivalents at Traffic Signals by Multiple Linear Regression. *Transportation Research*, 12(1), pp.47-53.

[24] Γκόλιας, Ι., Σερμπής, Δ. και Σπυροπούλου, Ι. 1999. Διερεύνηση της Κίνησης των Δικύκλων σε Αστικούς Κόμβους με Φωτεινή Σηματοδότηση. *Τεχνικά Χρονικά* Ι, (1-2), σελ.21-30.

[25] Branston, D. and Gipps, P. 1981. Some Experience with a Multiple Linear Regression Method of Estimating Parameters of the Traffic Signal Departure Process. *Transportation Research, Part A*, 15(6), pp.445-458.

[26] Christopher Bennett's and Lis Pedersen's Web Site. 1998. *Highway Capacity : Overview and Issues*.Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου 2013, από http://www.lpcb.org/

[27] Tom Mathew, Department of Civil Engineering, IIT Bombay. 2013. *Chapter 5 – Measuring at a point*. Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου 2013, από http://www.civil.iitb.ac.in/tvm/

[28] Craus, J., Polus, A. and Grinberg, I. 1980. A Revised Method for the Determination of Passenger Car Equivalencies. *Transportation Research, Part A*, 14(4), pp. 241-246.

[29] St. John, A.D. 1977. Nonlinear Truck Factor for Two-Lane Highways. *Transportation Research Record*, (615), pp.49-53.

[30] Demarchi, S.H. and Setti, J.R. 2003. Limitations of PCE Derivation for Traffic Streams with More than One Truck Type. *Transportation Research Record*, (1852), pp.96-104.

[31] Sun, D., Lv, J. and Paul, L. Calibrating Passenger Car Equivalent (PCE) for Highway Work Zones using Speed and Percentage of Trucks. TRB, *Proceedings of the 87th Annual Meeting*, Washington, D.C., 13-17 January 2008.

[32] Golias, C.J. 2003. Examining Sensitivity of Impact of Taxi Traffic on Capacity and Delays at Urban Road Sections. *Journal of Transportation Engineering*, 129(3), pp.286-291.

[33] Webster, N. and Elefteriadou, L. 1999. A Simulation Study of Truck Passenger Car Equivalents (PCE) on Basic Freeway Sections. *Transportation Research, Part B*, 33(5), pp. 323-336.

[34] Do, N.H., Ngoc Le, Q.-L. and Nam, K.-C. An Estimation of Passenger Car Equivalent of Motorbikes. ECMS, *Proceedings of the 24th European Conference on Modelling and Simulation*, Kuala Lumpur, Malaysia, 1-4June 2010.

[35] Arasan, V.T. and Arkatkar, S.S. Derivation of Capacity Standards for Intercity Roads Carrying Heterogeneous Traffic using Computer Simulation. IRF, *Proceedings of the 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service*, Stockholm, Sweden, 28 June-1 July 2011.

[36] Keller, E.L. and Saklas, J.G. 1984. Passenger Car Equivalents from Network Simulation. *Journal of Transportation Engineering (ASCE)*, 110(4), pp.397-411.

[37] Tiwari, G., Fazio, J. and Pavitravas S. Passenger Car Units for Heterogeneous Traffic Using a Modified Density Method. TRB, *Proceedings of the Transportation Research Circular E-C018 : Fourth International Symposium on Highway Capacity*, pp.246-257, Maui, Hawaii 27 June-1 July 2000.

[38] Tiwari, G., Fazio, J. and Gaurav, S. 2007. Traffic Planning for Non-Homogeneous Traffic. *Sādhanā*, 32(4), pp.309-328.

[39] blueschoolofmonitoring. 2013. *Driving Lessons in Lane Discipline*. Ανακτήθηκε 9 Απριλίου 2013, από http://www.blueschoolofmotoring.com/

[40] The Guardian. 2011. *Delhi's traffic chaos has a character of its own.* Ανακτήθηκε 9 Απριλίου 2013, από http://www.guardian.co.uk/

[41] Al-Kaisy, A.F., Hall, F.L. and Reisman, E.S. 2002. Developing passenger car equivalents for heavy vehicles on freeways during queue discharge flow. *Transportation Research, Part A*, 36(8), pp. 725-742.

[42] Aggarwal, P. Artificial Neural Network for Passenger Car Unit. WSEAS, *Proceedings of the Applied Computer Conference '08*, pp.131-136, Istanbul, Turkey 27-30 May 2008.

[43] Aggarwal, P. 2008. Fuzzy Model for Estimation of Passenger Car Units. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 5(4), pp. 449-458.

[44] Aggarwal, P. Passenger Car Unit Value for Trucks using Fuzzy Model. WCE, *Proceedings of the World Congress of Engineering 2011*, pp.1017-1020, London, UK 6-8 July 2011.

[45] MetroCount. 2005. *MetroCount 5600 Vehicle Classifier System*. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/downloads/MC5600_Brochure.pdf

[46] MetroCount. 2013. *Course Outline for MTE Certification*. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/downloads/support/training/Ca_US_MTEv321TrainingMay2013LoRes.pdf

[47] MetroCount. 2013. *Home.* Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/

[48] MetroCount. 2005. *Speed Accuracy*. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/downloads/flyers/SpeedAccuracy.pdf

[49] Otto, C.W. 2006. *Development of a Mobile Vehicle Classification System*. BSc Thesis, University of Southern Queensland, Queensland.

[50] MetroCount. 2011. *MC5600 PowerPoint Presentation*. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου, από http://metrocount.com/downloads/supplementary/MetroCount_5600.pps

[51] Google Earth. 2013. *Οδός Ηρακλείτου*. Ανακτήθηκε 2 Φεβρουαρίου 2014, από http://www.google.com/earth

[52] ΕΚΧΑ Α.Ε. 2014. *Υπηρεσία Θέασης Ορθοφωτογραφιών*. Ανακτήθηκε 2 Φεβρουαρίου 2014, από http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx

[53] MetroCount. 2002. *MetroCount Traffic Executive User Manual*. Ανακτήθηκε 12 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/downloads/MTE%20v225%20User%20Manual.pdf

[54] MetroCount. 2009. *Individual Vehicles*. Ανακτήθηκε 12 Φεβρουαρίου 2014, από http://metrocount.com/

[55] Moussavi, M. and Tarawneh, M. Variability of Departure Headways at Signalized Intersections. ITE, *Proceedings of the 60th Annual Meeting*, Orlando, Florida 5-9 August 1990.

[56] Rahman, M., Nur-ud-deen, S.A. and Hassan, T. Comparison of Saturation Flow Rate at Signalized Intersections in Yokohama and Dhaka. EASTS, *Proceedings of the 6th Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Bangkok, Thailand 21-24 September 2005.

[57] Bester, C.J. and Meyers, W.L. Saturation Flow Rates. ATC, *Proceedings of the 26th Southern African Transport Conference*, Pretoria, South Africa 9-12 July 2007.

[58] Partha, P.D., Sumit, N. and Rahul, K. 2013. Queue Discharge Characteristics at Signalised Intersections Under Mixed Traffic Conditions. *European Transport*, 55.

[59] Stokes, R.W., Stover, V.G. and Messer, C.J. 1986. Use and Effectiveness of Simple Linear Regression to Estimate Saturation Flows at Signalized Intersections. *Transportation Research Record*, (1091), pp.95-101.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο παρόν παράρτημα παρατίθενται συμπληρωματικά, πίνακες περιγραφικών στατιστικών στοιχείων (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγεθος δείγματος).

Πίνακας Α. 1 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών οχημάτων οποιασδήποτε κατηγορίας που ακολουθούν ΙΧ σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
ΙΧ-ΙΧ	1.867	0.014	1079
ΙΧ-Ημιφορτηγό	2.5	0.2	22
ΙΧ-Μικρό φορτηγό	1.98	0.09	60
ΙΧ-Μικρό λεωφορείο	1.9	0.2	11
ΙΧ-Λεωφορείο	3.0	0.1	26
ΙΧ-Φορτηγό	2.6	0.2	26

Πίνακας Α. 2 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-ΙΧ	2.5	0.2	18
ΙΧ-ΙΧ	1.867	0.014	1079
Ημιφορτηγό-ΙΧ	2.0	0.1	16
Μικρό φορτηγό-ΙΧ	2.09	0.07	58
Μικρό λεωφορείο-ΙΧ	2.3	0.2	12
Λεωφορείο-ΙΧ	2.90	0.09	26
Φορτηγό-ΙΧ	2.6	0.1	15

Πίνακας Α. 3 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας ΙΧ-ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
$2^{η}$	2.44	0.08	83
$3^{η}$	2.13	0.05	82
$4^{η}$	1.84	0.04	101
$5^{η}$	1.86	0.04	120
$6^{η}$	1.82	0.03	117
$7^{η}$	1.79	0.03	111
$8^{η}$	1.84	0.04	108
$9^{η}$	1.82	0.04	102
$10^{η}$	1.77	0.04	96
$11^{η}$	1.67	0.04	78
$12^{η}$	1.63	0.06	50
$13^{η}$	1.61	0.06	24

14η	1.7	0.1	6
15η	1.2	0.0	1

Πίνακας Α. 4 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
2η	2.54	0.06	145
3η	2.04	0.04	134
4η	1.98	0.04	142
5η	1.87	0.03	149
6η	1.77	0.03	143
7η	1.78	0.03	148
8η	1.75	0.03	146
9η	1.77	0.03	145
10η	1.74	0.04	130
11η	1.66	0.04	94
12η	1.63	0.05	69
13η	1.40	0.06	25
14η	1.3	0.0	5

Πίνακας Α. 5 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
2η	2.55	0.05	250
3η	2.22	0.04	260
4η	2.00	0.03	252
5η	1.93	0.03	240
6η	1.86	0.03	221
7η	1.88	0.04	197
8η	1.73	0.03	183
9η	1.71	0.03	156
10η	1.72	0.04	131
11η	1.72	0.04	99
12η	1.54	0.04	60
13η	1.48	0.05	35
14η	1.4	0.2	7

Πίνακας Α. 6 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας (πρώτη έως τρίτη θέση στην ουρά)

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
-ΙΧ	18.3	0.4	107
Δίκυκλο-ΙΧ	19.7	0.7	17
ΙΧ-ΙΧ	19.90	0.21	165
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	18.8	0.5	16
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ	18.0	0.6	8

Πίνακας Α. 7 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας (όλες οι θέσεις στην ουρά)

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
ΙΧ-ΙΧ	22.45	0.10	1079
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	21.7	0.4	86
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ	21.4	0.4	41

Πίνακας Α. 8 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (χλμ/ώρα)		Τυπική Απόκλιση (χλμ/ώρα)		Μέγεθος Δείγματος	
	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ
$1^{η}$	18.3	-	0.4	-	107	-
$2^{η}$	19.24	19.30	0.24	0.27	113	83
$3^{η}$	20.31	20.5	0.28	0.3	93	82
$4^{η}$	20.88	20.95	0.22	0.24	118	101
$5^{η}$	21.99	22.12	0.25	0.26	133	120
$6^{η}$	22.53	22.54	0.26	0.26	124	117
$7^{η}$	22.95	22.98	0.26	0.27	123	111
$8^{η}$	23.03	23.11	0.27	0.29	129	108
$9^{η}$	23.10	23.21	0.27	0.28	119	102
$10^{η}$	23.3	23.4	0.3	0.3	104	96
$11^{η}$	23.8	23.7	0.3	0.3	84	78
$12^{η}$	25.0	24.9	0.5	0.5	52	50
$13^{η}$	25.0	25.1	0.6	0.7	27	24
$14^{η}$	25	25	1	1	6	6
$15^{η}$	29.7	29.7	0.0	0.0	1	1

Πίνακας Α. 9 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και νέφωσης

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (χλμ/ώρα)		Τυπική Απόκλιση (χλμ/ώρα)		Μέγεθος Δείγματος	
	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ
1η	19.2	-	0.3	-	169	-
2η	19.07	19.31	0.19	0.22	180	145
3η	20.20	20.33	0.19	0.21	152	134
4η	21.22	21.25	0.21	0.24	163	142
5η	21.79	21.79	0.23	0.24	166	149
6η	22.18	22.29	0.22	0.23	162	143
7η	22.62	22.51	0.20	0.21	167	148
8η	22.94	23.00	0.23	0.25	165	146
9η	22.89	22.97	0.23	0.24	163	145
10η	23.77	23.84	0.28	0.29	140	130
11η	24.1	24.3	0.3	0.3	106	94
12η	25.5	25.5	0.4	0.4	77	69
13η	26.2	26.4	0.8	0.8	28	25
14η	30	30	1	1	5	5

Πίνακας Α. 10 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού, χωρίς βροχή

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (χλμ/ώρα)		Τυπική Απόκλιση (χλμ/ώρα)		Μέγεθος Δείγματος	
	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ
1η	21.0	-	0.5	-	273	-
2η	19.84	20.05	0.18	0.18	290	250
3η	20.92	20.90	0.16	0.17	271	260
4η	22.51	22.54	0.17	0.17	260	252
5η	23.82	23.82	0.19	0.20	250	240
6η	24.85	24.86	0.20	0.21	235	221
7η	25.69	25.76	0.25	0.26	207	197
8η	25.69	25.63	0.23	0.23	197	183
9η	26.39	26.5	0.29	0.3	167	156
10η	26.4	26.5	0.3	0.3	140	131
11η	26.3	26.4	0.4	0.4	104	99
12η	27.3	27.4	0.5	0.5	63	60
13η	28.1	28.1	0.7	0.7	35	35
14η	31	31	1	1	7	7

Πίνακας Α. 11 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
2η	2.490	0.013	1977
3η	2.091	0.009	2070
4η	1.871	0.008	1746
5η	1.819	0.008	1590
6η	1.789	0.009	1395
7η	1.771	0.009	1214
8η	1.758	0.010	1129
9η	1.740	0.011	961
10η	1.734	0.012	776
11η	1.726	0.013	598
12η	1.645	0.016	394
13η	1.637	0.023	162
14η	1.54	0.05	48
15η	1.5	0.1	6
16η	1.2	0.0	1

Πίνακας Α. 12 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
2η	2.520	0.019	832
3η	2.096	0.014	935
4η	1.899	0.011	896
5η	1.852	0.011	844
6η	1.840	0.012	811
7η	1.804	0.012	778
8η	1.789	0.012	723
9η	1.797	0.013	649
10η	1.772	0.014	583
11η	1.768	0.015	456
12η	1.687	0.018	291
13η	1.626	0.025	129
14η	1.73	0.07	26
15η	1.3	0.0	1

Πίνακας Α. 13 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού (πρώτη έως τρίτη θέση στην ουρά)

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
-ΙΧ	21.73	0.17	2688
Δίκυκλο-ΙΧ	19.8	0.4	231
ΙΧ-ΙΧ	20.65	0.06	4047
Ημιφορτηγό-ΙΧ	20.16	0.25	147
Λεωφορείο-ΙΧ	20.2	0.9	9
Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ	21.7	0.9	45
Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ	18.0	0.5	22
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	20	2	3
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	21	2	19
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-ΙΧ	20	1	2
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-ΙΧ	21.7	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-ΙΧ	19.3	0.5	2

Πίνακας Α. 14 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας (θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά)

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
Δίκυκλο-ΙΧ	31.3	0.7	226
ΙΧ-ΙΧ	24.90	0.06	10020
Ημιφορτηγό-ΙΧ	24.31	0.23	459
Λεωφορείο-ΙΧ	23	2	6
Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ	25.0	0.3	162
Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ	23.8	0.7	30
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	20	1	4
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	24.8	0.9	65
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-ΙΧ	17.2	0.0	1

Πίνακας Α. 15 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας (όλες οι θέσεις στην ουρά)

Κατηγορία	Μέση Τιμή (δλ)	Τυπική Απόκλιση (δλ)	Μέγεθος Δείγματος
-ΙΧ	21.73	0.17	2688
Δίκυκλο-ΙΧ	25.5	0.5	457
ΙΧ-ΙΧ	23.68	0.05	14067
Ημιφορτηγό-ΙΧ	23.31	0.20	606
Λεωφορείο-ΙΧ	21	1	15
Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ	24.3	0.3	207
Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ	21.4	0.6	52
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	20	1	7
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ	23.9	0.8	84
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-ΙΧ	19	1	3
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-ΙΧ	21.7	0.0	1
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-ΙΧ	19.3	0.5	2

Πίνακας Α. 16 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες φυσικού φωτισμού

Θέση στην Ουρά	Μέση Τιμή (χλμ/ώρα)		Τυπική Απόκλιση (χλμ/ώρα)		Μέγεθος Δείγματος	
	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ	ΙΧ	ΙΧ-ΙΧ
1η	21.73	-	0.17	-	2688	-
2η	19.88	19.91	0.07	0.07	2089	1977
3η	21.37	21.35	0.09	0.09	2186	2070
4η	22.96	22.99	0.11	0.12	1873	1746
5η	24.27	24.26	0.13	0.14	1720	1590
6η	25.26	25.32	0.16	0.16	1480	1395
7η	25.47	25.53	0.16	0.17	1319	1214
8η	25.83	25.81	0.18	0.19	1188	1129
9η	25.59	25.62	0.18	0.18	1016	961
10η	25.37	25.34	0.19	0.19	820	776
11η	25.58	25.63	0.20	0.21	626	598
12η	25.81	25.83	0.23	0.23	414	394
13η	25.6	25.8	0.4	0.4	167	162
14η	25.3	25.3	0.5	0.5	48	48
15η	24	24	1	1	6	6
16η	30.8	30.8	0.0	0.0	1	1

Πίνακας Α. 17 : Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των ταχυτήτων των ΙΧ ανά θέση στην ουρά σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού

Θέση στην Ουρά	**Μέση Τιμή (χλμ/ώρα)**		**Τυπική Απόκλιση (χλμ/ώρα)**		**Μέγεθος Δείγματος**	
	ΙΧ	**ΙΧ-ΙΧ**	**ΙΧ**	**ΙΧ-ΙΧ**	**ΙΧ**	**ΙΧ-ΙΧ**
1η	21.34	-	0.22	-	1049	-
2η	19.68	19.69	0.09	0.10	851	832
3η	21.02	21.02	0.10	0.11	951	935
4η	22.55	22.56	0.12	0.12	920	896
5η	24.18	24.17	0.14	0.15	871	844
6η	24.87	24.91	0.15	0.15	832	811
7η	25.17	25.20	0.15	0.15	809	778
8η	25.94	25.92	0.18	0.18	744	723
9η	25.96	25.98	0.18	0.18	670	649
10η	26.42	26.44	0.20	0.20	598	583
11η	26.66	26.72	0.23	0.23	473	456
12η	27.1	27.1	0.3	0.3	300	291
13η	27.7	27.7	0.4	0.4	129	129
14η	27.1	27.1	0.9	0.9	26	26
15η	23.0	23.0	0.0	0.0	1	1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΣΥΓΧΩΝΕΥΣΕΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ

Β.1. Συγχώνευση Κατηγοριών Οχημάτων – Επεξεργασία Καταγραφών που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών οχημάτων οποιασδήποτε κατηγορίας που ακολουθούν ΙΧ δεν διαφέρουν σημαντικά και για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά αντίστοιχα (Ho). Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε μόνο για τις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Πίνακας Β. 1 : Κατηγορίες οχημάτων των οποίων οι μέσες τιμές χρονικών διαχωρισμών δεν διαφέρουν σημαντικά όταν το προπορευόμενο όχημα ανήκει στην κατηγορία ΙΧ

	ΙΧ	Ημιφορτηγό	Μικρό φορτηγό	Μικρό λεωφορείο	Λεωφορείο	Φορτηγό
ΙΧ			X	X		
Ημιφορτηγό				X		X
Μικρό φορτηγό	X			X		
Μικρό λεωφορείο	X	X	X			
Λεωφορείο						X
Φορτηγό		X			X	

Πίνακας Β. 2 : Κατηγορίες οχημάτων των οποίων η επίδραση στη μέση τιμή των χρονικών διαχωρισμών των ακολουθούντων ΙΧ φαίνεται να είναι η ίδια

	Δίκυκλο	ΙΧ	Ημιφορτηγό	Μικρό φορτηγό	Μικρό λεωφορείο	Λεωφορείο	Φορτηγό
Δίκυκλο				X	X	X	X
ΙΧ			X				
Ημιφορτηγό		X		X	X		
Μικρό φορτηγό	X		X		X		
Μικρό λεωφορείο	X		X	X			X
Λεωφορείο	X						X
Φορτηγό	X				X	X	

Όπου :

X: Πιθανή συγχώνευση ομάδων σύμφωνα με μία εκ των δύο υποθέσεων

X: Πιθανή συγχώνευση ομάδων σύμφωνα και με τις δύο υποθέσεις

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου διαπιστώνεται πως σε αρκετές περιπτώσεις ορισμένες κατηγορίες μπορούν να συγχωνευθούν. Όμως κρίνεται απαραίτητο να συγχωνευθούν μόνο οι κατηγορίες που ικανοποιούν και τις δύο υποθέσεις. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι συγχωνεύσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν με κριτήριο την αποδοχή και των δύο υποθέσεων, ανά κατηγορία οχημάτων :

Πίνακας Β. 3 : Συγχωνεύσεις κατηγοριών με κριτήριο την αποδοχή και των δύο υποθέσεων

Κατηγορία	Συγχώνευση με τις Ακόλουθες Κατηγορίες
Ημιφορτηγό	Μικρό λεωφορείο
Μικρό φορτηγό	Μικρό λεωφορείο
Μικρό λεωφορείο	Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό
Λεωφορείο	Φορτηγό
Φορτηγό	Λεωφορείο

Μελετώντας τον τελευταίο πίνακα εξάγεται ως συμπέρασμα πως οι κατηγορίες Λεωφορείο και Φορτηγό πρέπει να συγχωνευθούν. Σε ό,τι αφορά στη συγχώνευση των κατηγοριών Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό και Μικρό λεωφορείο αυτή είναι έγκυρη μόνο εφόσον και οι τρεις κατηγορίες παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά. Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% η κατηγορία Μικρό λεωφορείο εμφανίζει κοινά χαρακτηριστικά με τις κατηγορίες Ημιφορτηγό και Μικρό φορτηγό. Ωστόσο, οι κατηγορίες Ημιφορτηγό και Μικρό φορτηγό φαίνεται να διαφέρουν. Μεταβάλλοντας το επίπεδο εμπιστοσύνης από 95% σε 99% οι διαφορές εξαλείφονται. Έτσι λοιπόν, προκύπτουν οι ακόλουθες κατηγορίες οχημάτων :

Πίνακας Β. 4 : Τελικές κατηγορίες οχημάτων

Κατηγορία Οχημάτων	Δημιουργήθηκε με Συγχώνευση των Κατηγοριών
Δίκυκλο	-
Επιβατικό όχημα (ΙΧ)	-
Ελαφρύ φορτηγό	Ημιφορτηγό, Μικρό φορτηγό, Μικρό λεωφορείο
Βαρύ φορτηγό	Λεωφορείο, Φορτηγό

Β.2. Συγχώνευση Κατηγοριών Ταχυτήτων – Επεξεργασία Καταγραφών που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά.

Εφόσον οι μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που αποτελούν το πρώτο όχημα στην ουρά (-ΙΧ) αναφέρονται εξ' ορισμού στην πρώτη θέση στην ουρά και οι μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν δίκυκλο εμφανίζονται στο υπό εξέταση δείγμα κυρίως στη δεύτερη και τρίτη θέση στην ουρά και δεδομένου ότι στις θέσεις αυτές είναι εμφανής η επίδραση της αντίδρασης εκκίνησης και της επιτάχυνσης, όπως αναφέρεται στην ενότητα *4.3.3.*, στις συγκρίσεις ταχυτήτων των κατηγοριών -ΙΧ και Δίκυκλο-ΙΧ με οποιαδήποτε άλλη κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι μετρήσεις των τριών πρώτων θέσεων της ουράς καθώς αυτές διαφέρουν σημαντικά από τις μετρήσεις που αναφέρονται σε επόμενες θέσεις, οι οποίες είναι απαλλαγμένες από την επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων. Σε ό,τι αφορά στη σύγκριση των ταχυτήτων των κατηγοριών ΙΧ-ΙΧ, Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ και Βαρύ φορτηγό-ΙΧ μεταξύ τους αυτή βασίστηκε σε όλες τις μετρήσεις ανεξαρτήτως θέσης στην ουρά.

Εφαρμόστηκε λοιπόν, ο έλεγχος t στις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού και αιθρίας υποθέτοντας πως τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν :

Πίνακας Β. 5 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) (πρώτη έως τρίτη θέση στην ουρά)

	-ΙΧ	**Δίκυκλο-ΙΧ**	**ΙΧ-ΙΧ**	**Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ**	**Βαρύ φορτηγό-ΙΧ**
-ΙΧ		X		X	X
Δίκυκλο-ΙΧ	X		X	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Πίνακας Β. 6 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) (όλες οι θέσεις στην ουρά)

	ΙΧ-ΙΧ	**Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ**	**Βαρύ φορτηγό-ΙΧ**
ΙΧ-ΙΧ		X	
Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ	X		X
Βαρύ φορτηγό-ΙΧ		X	

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Μελετώντας τους παραπάνω πίνακες διαπιστώνεται πως οι ταχύτητες των ΙΧ που ηγούνται της ουράς διαφέρουν σημαντικά από τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ ενώ αντιθέτως δεν διαφέρουν από τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν Δίκυκλο, Ελαφρύ ή Βαρύ φορτηγό. Επιπλέον, οι ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν δίκυκλο δεν διαφέρουν σημαντικά από τις ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν οποιοδήποτε άλλο όχημα ή βρίσκονται στην πρώτη θέση στην ουρά. Επιπροσθέτως, οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των κατηγοριών ΙΧ-ΙΧ, Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ και Ελαφρύ φορτηγό-ΙΧ, Βαρύ φορτηγό-ΙΧ μπορούν να θεωρηθούν ίσες μεταξύ τους για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Επίσης, μεταβάλλοντας το επίπεδο εμπιστοσύνης από 95% σε 99% οι ταχύτητες των ΙΧ που ακολουθούν ΙΧ, Ελαφρύ και Βαρύ φορτηγό εξισώνονται. Συνεπώς, η ταχύτητα είναι ανεξάρτητη του προπορευόμενου οχήματος. Λαμβάνοντας μάλιστα υπόψη πως οι ταχύτητες που αναφέρονται στα ΙΧ που ηγούνται της ουράς αποτελούν τη μοναδική πληροφορία για την πρώτη θέση στην ουρά και η διαφορά των τιμών τους οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της κίνησης του πρώτου οχήματος της ουράς, όλες οι μετρήσεις ταχυτήτων που αναφέρονται σε ΙΧ μπορούν να συγχωνευτούν σε μία ενιαία κατηγορία.

Β.3. Συγχώνευση Κατηγοριών Ταχυτήτων – Επεξεργασία Συνόλου Καταγραφών Συστήματος MetroCount 5600

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση του προπορευόμενου οχήματος στην ταχύτητα κίνησης των ΙΧ εξετάστηκε η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά.

Εφόσον οι μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που αποτελούν το πρώτο όχημα στην ουρά αναφέρονται εξ' ορισμού στην πρώτη θέση στην ουρά και οι μετρήσεις ταχυτήτων των ΙΧ που ακολουθούν Συνδυασμό φορτηγό έξι αξόνων ή Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε

αξόνων εμφανίζονται στο υπό εξέταση δείγμα στη δεύτερη και τρίτη θέση στην ουρά και δεδομένου ότι στις θέσεις αυτές είναι εμφανής η επίδραση της αντίδρασης εκκίνησης και της επιτάχυνσης, όπως αναφέρεται στην ενότητα *4.3.3.*, στις συγκρίσεις ταχυτήτων των κατηγοριών –IX, Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX και Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων με οποιαδήποτε άλλη κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι μετρήσεις των τριών πρώτων θέσεων της ουράς καθώς αυτές διαφέρουν σημαντικά από τις μετρήσεις που αναφέρονται σε επόμενες θέσεις, οι οποίες είναι απαλλαγμένες από την επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων. Σε ό,τι αφορά στη σύγκριση των ταχυτήτων των υπόλοιπων κατηγοριών μεταξύ τους αυτή βασίστηκε αρχικά σε όλες τις μετρήσεις ανεξαρτήτως θέσης στην ουρά, ωστόσο δεν ήταν δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για ορισμένες κατηγορίες και για το λόγο αυτό συγκρίθηκαν ξεχωριστά οι μετρήσεις των τριών πρώτων θέσεων στην ουρά και των θέσεων που έπονται της τρίτης θέσης.

Εφαρμόστηκε λοιπόν, ο έλεγχος t στις μετρήσεις που συλλέχθηκαν σε συνθήκες φυσικού φωτισμού υποθέτοντας πως τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν :

Πίνακας Β. 7 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (πρώτη έως τρίτη θέση στην ουρά)

	-IX	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX
-IX					X	X		X	X	X	X	X
Δίκυκλο-IX			X	X	X	X		X	X	X	X	X
IX-IX		X		X	X	X		X	X	X	X	X
Ημιφορτηγό-IX		X	X		X	X		X	X	X	X	X
Λεωφορείο-IX	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
Φορτηγό τριών αξόνων-IX								X	X	X	X	X
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	

Πίνακας Β. 8 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% (πρώτη έως τρίτη θέση στην ουρά)

	-IX	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX
-IX					X	X		X	X	X	X	X
Δίκυκλο-IX			X	X	X	X		X	X	X	X	X
IX-IX		X		X	X	X		X	X	X	X	X
Ημιφορτηγό-IX		X	X		X	X		X	X	X	X	X
Λεωφορείο-IX	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Φορτηγό τριών αξόνων-IX					X			X	X	X	X	X
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Πίνακας Β. 9 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά)

	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX
Δίκυκλο-IX									X
IX-IX				X	X	X		X	X
Ημιφορτηγό-IX				X	X	X		X	X
Λεωφορείο-IX		X	X		X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX		X	X	X		X		X	X
Φορτηγό τριών αξόνων-IX		X	X	X	X			X	X
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX				X					X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X			X
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	

Πίνακας Β. 10 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% (θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά)

	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX
Δίκυκλο-IX									X
IX-IX			X	X	X	X	X	X	X
Ημιφορτηγό-IX		X		X	X	X	X	X	X
Λεωφορείο-IX		X	X		X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX		X	X	X		X	X	X	X
Φορτηγό τριών αξόνων-IX		X	X	X	X		X	X	X
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX		X	X	X	X	X			X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX		X	X	X	X	X			X
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX		X	X	X	X	X	X	X	

Πίνακας Β. 11 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (όλες οι θέσεις στην ουρά)

	-IX	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX
-IX					X		X	X		X	X	X
Δίκυκλο-IX						X			X		X	
IX-IX				X		X			X	X	X	X
Ημιφορτηγό-IX			X		X				X	X	X	
Λεωφορείο-IX	X			X			X	X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX		X	X						X		X	
Φορτηγό τριών αξόνων-IX	X				X			X		X	X	
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	X				X		X			X	X	X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX		X	X	X	X	X					X	
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	X		X	X	X		X	X			X	X
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX	X		X		X			X		X	X	

Πίνακας Β. 12 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX που ακολουθούν όχημα οποιασδήποτε κατηγορίας δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho) για επίπεδο εμπιστοσύνης 99% (όλες οι θέσεις στην ουρά)

	-IX	Δίκυκλο-IX	IX-IX	Ημιφορτηγό-IX	Λεωφορείο-IX	Φορτηγό δύο αξόνων-IX	Φορτηγό τριών αξόνων-IX	Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX
-IX					X		X	X		X	X	X
Δίκυκλο-IX						X			X	X	X	
IX-IX				X	X	X		X	X	X	X	X
Ημιφορτηγό-IX			X		X	X		X	X	X	X	X
Λεωφορείο-IX	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
Φορτηγό δύο αξόνων-IX		X	X	X	X				X	X	X	
Φορτηγό τριών αξόνων-IX	X				X			X	X	X	X	X
Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-IX	X		X	X	X		X			X	X	X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-IX		X	X	X	X	X	X			X	X	
Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Συνδυασμός φορτηγών έξι αξόνων-IX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Πολυρυμουλκούμενο όχημα πέντε αξόνων-IX	X		X	X	X		X	X		X	X	

Μελετώντας τους *Πίνακες Β.7* και *Β.8* διαπιστώνεται πως η μέση τιμή των ταχυτήτων της κατηγορίας –ΙΧ διαφέρει από τις υπόλοιπες. Παρατηρώντας τους *Πίνακες Β.11* και *Β.12* συνάγεται πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των κατηγοριών Λεωφορείο-ΙΧ και Συνδυασμός φορτηγών πέντε αξόνων-ΙΧ δεν διαφέρουν από τις αντίστοιχες των υπόλοιπων κατηγοριών, χωρίς να ισχύει το ίδιο για την κατηγορία Δίκυκλο-ΙΧ ενώ δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για τις κατηγορίες Δίκυκλο-ΙΧ, Ημιφορτηγό-ΙΧ, Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ, Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ, Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ και Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων. Από τους *Πίνακες Β.9* και *Β.10* εξάγεται το πόρισμα πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των κατηγοριών Ημιφορτηγό-ΙΧ, Φορτηγό δύο αξόνων-ΙΧ και Φορτηγό τριών αξόνων-ΙΧ δεν διαφέρουν από τις αντίστοιχες των υπόλοιπων κατηγοριών στις θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά ενώ οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των κατηγοριών Φορτηγό τεσσάρων αξόνων-ΙΧ και Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ διαφέρουν μεταξύ τους στις θέσεις αυτές, όχι όμως στις θέσεις δύο και τρία.

Συνεπώς, η ταχύτητα δεν μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη του προπορευόμενου οχήματος. Ωστόσο, αρκετές κατηγορίες παρουσιάζουν κοινή μέση ταχύτητα. Έτσι λοιπόν, συγχωνεύτηκαν σε μία ενιαία κατηγορία όλες οι μετρήσεις ταχυτήτων που αναφέρονται σε ΙΧ εκτός από αυτές που αφορούν σε ΙΧ που ακολουθούν Δίκυκλο (για όλες τις θέσεις στην ουρά), Φορτηγό τριών αξόνων (για τη δεύτερη και τρίτη θέση στην ουρά), Φορτηγό τεσσάρων αξόνων (για όλες τις θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά) και Πολυρυμουλκούμενο όχημα τριών/τεσσάρων αξόνων-ΙΧ (για όλες τις θέσεις που έπονται της τρίτης θέσης στην ουρά). Επιπλέον, στην ενιαία αυτή κατηγορία συμπεριλήφθηκαν και οι ταχύτητες που αναφέρονται στα ΙΧ που ηγούνται της ουράς καθώς αποτελούν τη μοναδική πληροφορία για την πρώτη θέση στην ουρά και η διαφοροποίηση των τιμών τους οφείλεται στην ιδιαιτερότητα της κίνησης του πρώτου οχήματος της ουράς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Γ.1. Στατιστικοί Έλεγχοι Καταγραφών που Συνοδεύονται από Δεδομένα Βίντεο και Μετρήσεις Παρατηρητή

Γ.1.1. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% ενώ μελετήθηκαν ξεχωριστά οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών που προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης των τιμών των χρονικών διαχωρισμών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%. Τα αποτελέσματα του ελέγχου t αποτυπώνονται στους πίνακες που ακολουθούν :

Πίνακας Γ. 1 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού (Ho), όπως αυτές προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση	X	X
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή		
Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή		

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Πίνακας Γ. 2 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού (Ho), όπως αυτές προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση		
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή		
Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Γ.1.2. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού δεν διαφέρουν σημαντικά

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά κατά την έναρξη του κορεσμού εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας Γ. 3 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho)

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση		
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή		
Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή	X	X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Γ.1.3. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες ταχύτητες των IX στη θέση σταθεροποίησής τους δεν διαφέρουν σημαντικά

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% ενώ μελετήθηκαν ξεχωριστά οι μέσες τιμές των ταχυτήτων που προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης των τιμών των χρονικών διαχωρισμών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%. Τα αποτελέσματα του ελέγχου t αποτυπώνονται στους πίνακες που ακολουθούν :

Πίνακας Γ. 4 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες ταχύτητες των IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησης τους στις διάφορες συνθήκες φωτισμού (Ho), όπως αυτές προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση		X		X
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή				
Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή				

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Πίνακας Γ. 5 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες ταχύτητες των IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησης τους στις διάφορες συνθήκες φωτισμού (Ho), όπως αυτές προέκυψαν από τον έλεγχο σταθεροποίησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 99%

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση		X		X
Φυσικός Φωτισμός, Αιθρία – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή				
Φυσικός Φωτισμός, Νέφωση – Τεχνητός Φωτισμός, Χωρίς Βροχή				

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Γ.2. Στατιστικοί Έλεγχοι Συνόλου Καταγραφών Συστήματος MetroCount 5600

Γ.2.1. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας Γ. 6 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού (Ho)

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Τεχνητός Φωτισμός		X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Γ.2.2. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού δεν διαφέρουν σημαντικά

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών κατηγορίας IX-IX δεν διαφέρουν σημαντικά κατά την έναρξη του κορεσμού εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας Γ. 7 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες τιμές των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX κατά την έναρξη του κορεσμού, στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho)

	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης	
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Τεχνητός Φωτισμός		X

Όπου :

X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

Γ.2.3. Έλεγχος της υπόθεσης πως οι μέσες ταχύτητες των IX στη θέση σταθεροποίησής τους δεν διαφέρουν σημαντικά

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπόθεση πως οι μέσες τιμές των ταχυτήτων των IX δεν διαφέρουν σημαντικά στη θέση σταθεροποίησής τους εφαρμόστηκε ο έλεγχος t. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99% και τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί :

Πίνακας Γ. 8 : Αποτελέσματα του ελέγχου t για την υπόθεση πως οι μέσες ταχύτητες των IX στη θέση σταθεροποίησης των ταχυτήτων στις διάφορες συνθήκες φωτισμού δεν διαφέρουν σημαντικά (Ho)

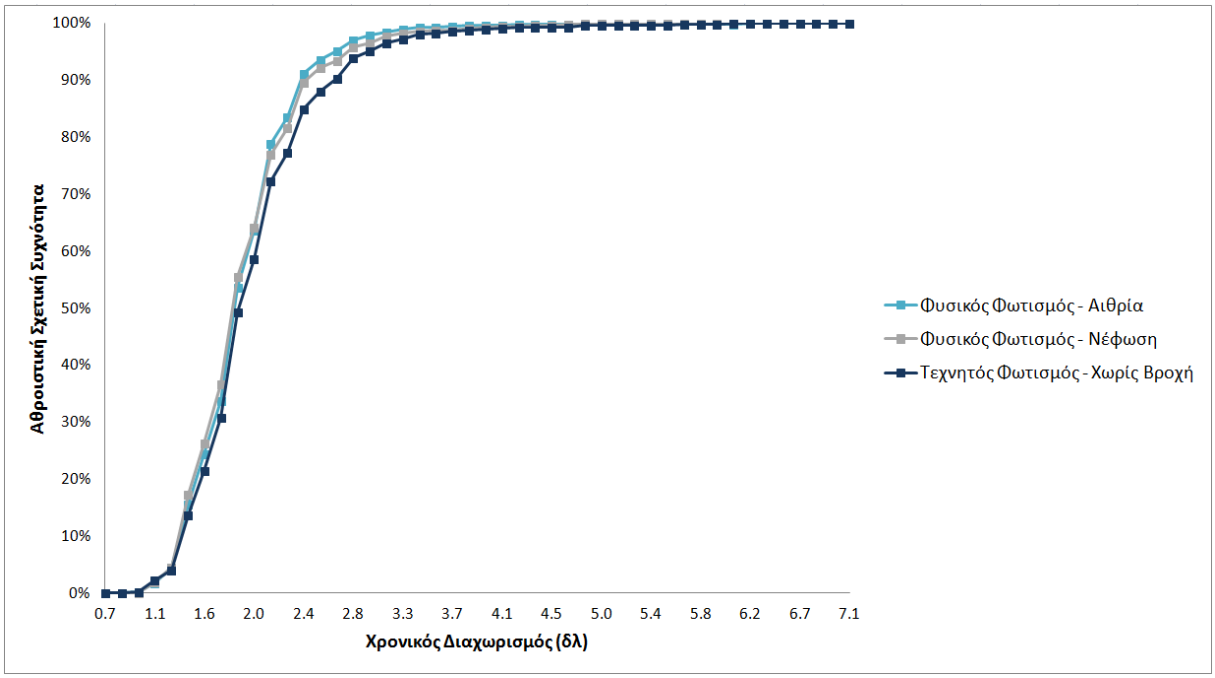
	Αποδοχή Ho για Επίπεδο Εμπιστοσύνης			
Σύγκριση Συνθηκών Φωτισμού	**IX**		**IX-IX**	
	95%	**99%**	**95%**	**99%**
Φυσικός Φωτισμός – Τεχνητός Φωτισμός				X

Όπου :

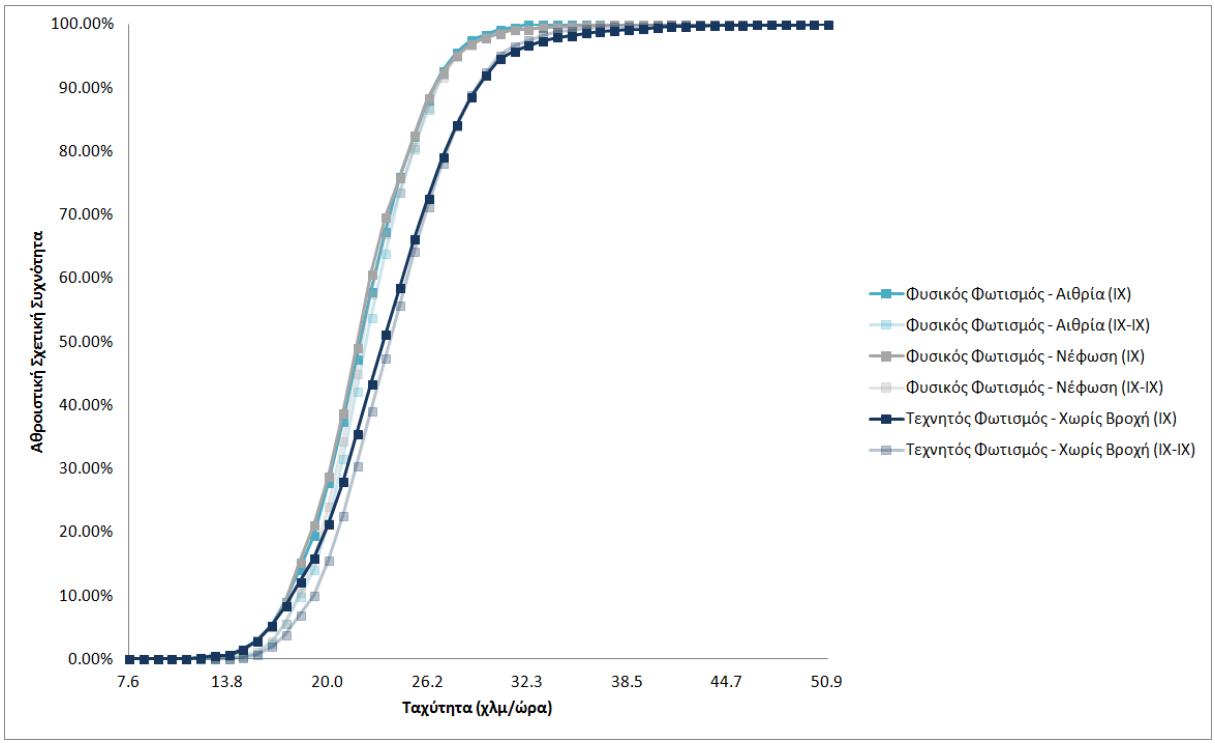
X: Αποδοχή της υπόθεσης Ho

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ. ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

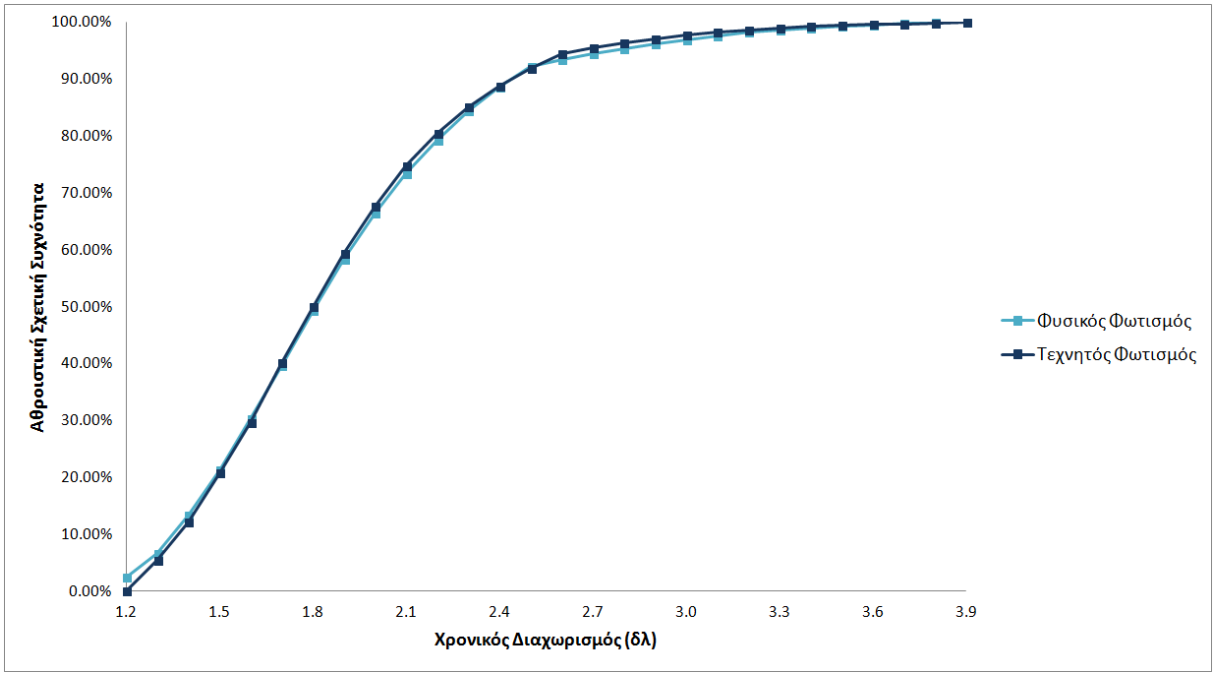
Συμπληρωματικά παρατίθενται τα ακόλουθα ιστογράμματα αθροιστικής σχετικής συχνότητας.



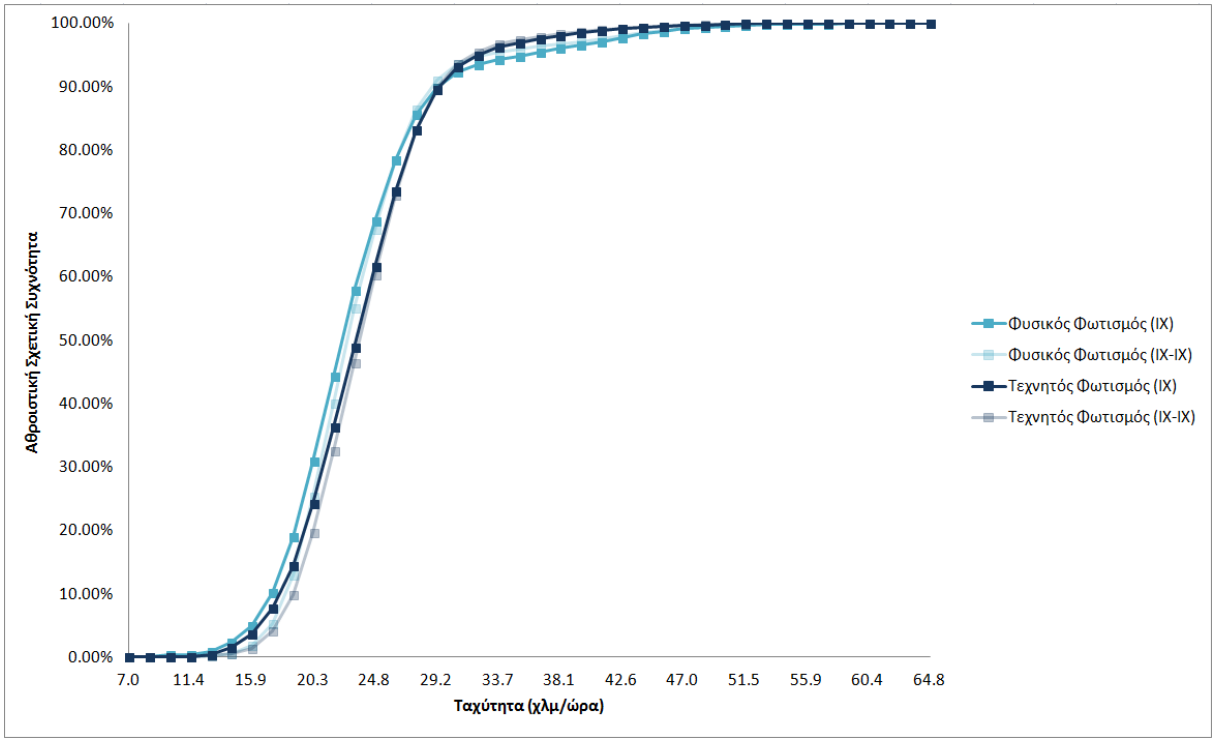
Εικόνα Δ. 1 : Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX



Εικόνα Δ. 2 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX



Εικόνα Δ. 3 : Ιστόγραμμα αθροιστικής σχετικής συχνότητας των τιμών των χρονικών διαχωρισμών της κατηγορίας IX-IX



Εικόνα Δ. 4 : Ιστόγραμμα σχετικών συχνοτήτων των τιμών ταχυτήτων των IX