

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Ανάπτυξη Έξυπνων Φύλλων Εργασίας για τον υπολογισμό
Σηματοδότησης με Βάση την Αμερικάνικη Μεθοδολογία**

ΥΠΟ

ΚΑΡΑΚΟΛΗ ΤΡΑΪΑΝΟ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2020

© 2020 Τραϊανός Καρακόλης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής [Δρ. Παντελής Κοπελιάς](#)
(Επιβλέπων) [Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών](#)
[Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Δεύτερος Εξεταστής [Δρ. Κωνσταντίνος Βογιατζής](#)
[Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο](#)
[Θεσσαλίας](#)

Τρίτος Εξεταστής [Διδάσκων Παναγιώτης Λεμονάκης](#)
[Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας](#)

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Παντελή Κοπελιά, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου. Επίσης, είμαι ευγνώμων στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητής κ. Κωνσταντίνος Βογιατζής και διδάσκοντας κ. Παναγιώτης Λεμονάκης για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Ευχαριστώ τους φίλους μου, για την ηθική υποστήριξή τους. Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνω αυτή την εργασία στην μητέρα μου και στον πατέρα μου.

Ανάπτυξη Έξυπνων Φύλλων Εργασίας για τον υπολογισμό Σηματοδότησης με Βάση την Αμερικάνικη Μεθοδολογία

Τραϊανός Καρακόλης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2020

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Κοπελιάς, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Σε αυτή την διπλωματική εργασία αναλύεται η αμερικάνικη μεθοδολογία σηματοδοτούμενων κόμβων για σηματοδότηση σταθερού χρόνου και αναπτύσσονται τρεις εφαρμογές τυποποίησης για αντίστοιχους κόμβους συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά (γεωμετρικά κυκλοφοριακά και σηματοδότησης) που πρέπει να μετρηθούν σε ένα κόμβο ώστε να αναλυθεί,. Θα γίνει εκτενής αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα του σηματοδοτούμενου κόμβου (η ύπαρξη πεζών στον κόμβο αν επιτρέπεται η στάθμευση ή όχι και άλλα) και με πιο τρόπο.

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας καθώς και των εφαρμογών είναι μεγέθη όπως ο βαθμός κορεσμού, οι μέσες καθυστερήσεις και η Στάθμη Εξυπηρέτησης των οχημάτων ανά ρεύμα κυκλοφορίας, ανά πρόσβαση και συνολικά στον κόμβο.

Τέλος γίνονται συγκρίσεις πάνω σε παραδείγματα στις εφαρμογές ώστε να φανούν στη πράξη και αριθμητικά οι επιδράσεις σε ορισμένες κυκλοφοριακές συνθήκες και χαρακτηριστικά στους χρόνους του προγράμματος σηματοδότησης.

Λεξεις Κλειδιά: σηματοδοτούμενος κόμβος, σηματοδότηση σταθερού χρόνου, βαθμός κορεσμός, καθυστερήσεις, πρόγραμμα σηματοδότησης

**Smart Spreadsheet Applications for time signals
based on the HCM methodology**

Τραϊανός Καρακόλης

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2020

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Κοπελιάς, Επίκουρος Καθηγητής

Abstract

The subject of this dissertation is to analyze pre-timed signalized intersections with US methodology and develop 3 typical applications of standard characteristics intersections.

It will be mentioned what characteristics (geometrical, traffic etc.) must be measured for the implementation of the methodology and which are the factors that influence the signal times. The results of this methodology are the degree of saturation, the delays and Level of Service, per vehicle or per lane groups or for the intersection.

Finally, are presented comparisons and examples in order to find out what changes occur for different traffic conditions and values of different intersections.

Keywords: Signalized intersections, pre-timed signalization, degree of saturation , delays, lane group, signal timing plan

Πίνακας Περιεχόμενα

Πίνακας Περιεχόμενα.....	vi
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2 Αντικείμενο διπλωματικής.....	1
2. Βασικές έννοιες σηματοδότησης και κυκλοφοριακές έννοιες.....	3
2.1 Βασικές έννοιες σηματοδότησης.....	3
2.2 Βασικές κυκλοφοριακές έννοιες.....	4
2.3 Προσαρμογές για τον ρυθμό ροής κορεσμού.....	5
3 Μεθοδολογία.....	6
3.1 Γενικές πληροφορίες για την μεθοδολογία.....	6
3.2 Στοιχεία εισόδου.....	7
3.3 Προσαρμογές.....	7
3.4 Παράγοντας προσαρμογής για αριστερές στροφές.....	9
3.4.1 Παράδειγμα υπολογισμού Συντελεστών/Επιρροής αριστερής στροφής στη ροή Κορεσμού.....	9
3.4.2 Η περίπτωση της εισόδου πολλαπλών λωρίδων εναντιωμένων από είσοδο πολλαπλών λωρίδων.....	10
3.4.3 Η περίπτωση της εισόδου μονής λωρίδας εναντιωμένης από είσοδο μονής λωρίδας 13	
3.5 Παράγοντας προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα.....	13
3.6 Αναλογία κορεσμού και χωρητικότητα.....	15
3.7 Καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης.....	15
3.8 Περίπτωση ύπαρξης προστατευόμενης και επιτρεπόμενης φάσης σε αριστερές στροφές.....	17
3.9 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας.....	19
4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1.....	19
4.1 Επεξήγηση εφαρμογής.....	19
4.2 Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”.....	20
4.3 Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”.....	21
4.4 Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”.....	22
4.5 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”.....	23
4.6 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”.....	23
4.7 Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδήλατα”.....	23
4.8 Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”.....	23

4.9	Φύλλο εργασίας “Διαγράμματα”	24
4.10	Φύλλο εργασίας “Λίστες”	24
4.11	Αριθμητικό παράδειγμα.	24
5	Εφαρμογή 2	29
5.1	Επεξήγηση εφαρμογής	29
5.2	Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”	29
5.3	Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”	30
5.4	Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”	31
5.5	Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”	31
5.6	Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”	31
5.7	Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδήλατα”	31
5.8	Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”	31
5.9	Φύλλο εργασίας “Διαγράμματα”	32
5.10	Φύλλο εργασίας “Λίστες”	32
5.11	Αριθμητικό παράδειγμα	32
6	Εφαρμογή 3	37
6.1	Επεξήγηση εφαρμογής	37
6.2	Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”	37
6.3	Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”	38
6.4	Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”	39
6.5	Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”	39
6.6	Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”	39
6.7	Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδήλατα”	40
6.8	Φύλλο εργασίας “perm-prot”	40
6.9	Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”	40
6.10	Φύλλο εργασίας “Λίστες”	40
6.11	Αριθμητικό παράδειγμα.	40
7	Συμπεράσματα και προτάσεις.....	44
8	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

1 Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή

Το πρώτο ηλεκτρικό φανάρι κατασκευάστηκε στην Αμερική το 1912. Εφευρέτης του θεωρείται ο αστυνομικός Lester Wire από το Οχάιο. Λίγο αργότερα στις 5 Αυγούστου 1914 η Αμερικάνικη εταιρία σηματοδότησης (American traffic signal company) εγκατέστησε ένα σύστημα φωτεινών σηματοδοτών με εναλλαγή δύο χρωμάτων (πράσινο και κόκκινο) με προειδοποιητικό ήχο πριν τις εναλλαγές τους. Οι φωτεινοί σηματοδότες τριών χρωμάτων δημιουργήθηκαν το 1920 από τον αστυνομικό William Potts στο Detroit. Οι αστυνομικοί ενάλλασαν τους σηματοδότες, ένας αστυνόμος σε κάθε είσοδο του κόμβου. Ο Potts παρατήρησε πως ήταν αδύνατο οι εναλλαγές να γίνονται ταυτόχρονα για αυτό πρόσθεσε και το πορτοκαλί. Ήδη από το 1922 στην Αμερική αρχίζουν να χρησιμοποιούνται σηματοδότες σταθερού χρόνου οι οποίοι αντικαθιστούν σταδιακά και ολοκληρωτικά τους σηματοδότες που άνθρωποι εναλλάσσουν χειροκίνητα τις ενδείξεις τους. Οι σηματοδότες που είναι επενεργούμενη από την κυκλοφορία κάνουν την εμφάνισή τους περίπου 30 χρόνια αργότερα και επιφέρουν βελτίωση κυκλοφοριακών συνθηκών σε σχέση με του σταθερού χρόνου. Παρόλα αυτά ακόμα και σήμερα οι φωτεινοί σηματοδότες σταθερού χρόνου είναι περισσότεροι καθώς το κόστος των επενεργούμενων από την κυκλοφορία σηματοδοτών είναι σημαντικά μεγαλύτερο (<https://www.history.com/this-day-in-history/first-electric-traffic-signal-installed>)

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Η ανάλυση και η αξιολόγηση σηματοδοτούμενων κόμβων σταθερού χρόνου είναι μία χρονοβόρα εργασία που γίνεται είτε σε επίπεδο κόμβου είτε σε επίπεδο δικτύου με βάση τις διαφοροποιήσεις και διακυμάνσεις των κυκλοφοριακών δεδομένων. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία εξηγείται η μεθοδολογία ανάλυσης σηματοδοτούμενων κόμβων σταθερού χρόνου και θα αναπτύσσονται τρεις εφαρμογές που θα υπολογίζουν/αναλύουν σηματοδοτούμενους κόμβους συγκεκριμένων χαρακτηριστικών.

Η εργασία χωρίζεται σε δύο σκέλη. Στην παρουσίαση και επεξήγηση της αμερικάνικης μεθοδολογία των σηματοδοτούμενων κόμβων σταθερού χρόνου σύμφωνα με το εγχειρίδιο HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000 (Transportation Research Board of National Academy of Sciences, 2000) και στην δημιουργία πρότυπων υπολογιστικών φύλων υπολογισμού.

Πιο συγκεκριμένα για την μεθοδολογία αρχικά θα γίνει αναφορά σε κυκλοφοριακές έννοιες όπως ρεύματα, ομάδες λωρίδων, φάσεις σηματοδότησης, κυκλοφοριακή ικανότητα, ροή κορεσμού και άλλα. Στη συνέχεια θα αναλυθεί η μεθοδολογία με βάση τα δημιουργούμενα υπολογιστικά φύλλα και θα παρουσιαστούν τα παραδείγματα, τα

Καρακόλης Τραϊανός

οποία κλιμακώνονται από περισσότερο απλές προς πιο σύνθετες περιπτώσεις κόμβων.

Οι εφαρμογές που δημιουργήθηκαν (υπολογιστικά φύλλα) έχουν αυξανόμενη δυσκολία και πολυπλοκότητα. Η δεύτερη εφαρμογή βασίζεται στην πρώτη και η τρίτη στη δεύτερη.

Για κάθε υπολογιστικό φύλλο που δημιουργήθηκε και το οποίο αντιστοιχεί σε κόμβο με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά δίδονται παραδείγματα και εξάγονται αποτελέσματα. Για κάθε παράδειγμα γίνονται οι σχετικές παρατηρήσεις και συγκρίσεις.

Τέλος, η εργασία καταλήγει σε συμπεράσματα και προτείνει τρόπους επέκτασης των εφαρμογών επισημαίνοντας τις δυσκολίες που προκύπτουν κατά την αυτοματοποίηση της διαδικασίας εφαρμογής της μεθοδολογίας.

Η Μεθοδολογία που παρουσιάζεται παρακάτω είναι βασισμένη στο εγχειρίδιο “Highway Capacity Manual” (Transportation Research Board of National Academy of Sciences, 2000), και πιο συγκεκριμένα προέρχεται κυρίως από το κεφάλαιο 16 “Signalized Intersection”. Η μεθοδολογία συνάδει με τις εργασίες των (Messer & Fambro, 1977) για την ανάπτυξη τεχνικών για την χωρητικότητα των κρίσιμων ροών. Για τις καθυστερήσεις σημαντικό είναι να αναφερθούν οι (Webster & Cobbe, 1966), οι οποίοι είναι οι δημιουργοί του πρώτου μέρους της εξίσωσης της ομοιόμορφης καθυστέρησης. Για βασικές έννοιες κυκλοφοριακής τεχνικής, η εργασία στηρίχτηκε σε δύο ελληνικά συγγράμματα (Φραντζεσκάκης, et al., 2008) και (Αντωνίου & Σπυροπούλου, 2020) και (Μίντσης, 2020).

2. Βασικές έννοιες σηματοδότησης και κυκλοφοριακές έννοιες

2.1 Βασικές έννοιες σηματοδότησης

Συνοψίζοντας τα παρουσιαζόμενα στο σύγγραμμα Βασικές Αρχές Κυκλοφοριακής Τεχνικής και Προσωμοίωσης (Αντωνίου & Σπυροπούλου, 2020), καθώς και στο κεφ. 16 του HCM, παρατίθενται παρακάτω οι ορισμοί για βασικές έννοιες σηματοδότησης.

Σηματοδότηση σταθερού χρόνου: Στη σηματοδότηση σταθερού χρόνου οι φωτεινές ενδείξεις μεταβάλλονται και διαδέχονται η μία την άλλη επαναλαμβανόμενα με σταθερούς χρόνους ασχέτως των κυκλοφοριακών φόρτων.

Σηματοδότηση επενεργούμενη από την κυκλοφορία: Οι ενδείξεις στο φωτεινό σηματοδότη εναλλάσσονται βάση της κυκλοφορίας και δεν είναι οι ίδιοι σε κάθε κύκλο.

Κύκλος σηματοδότησης: Ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη διαδοχή των ενδείξεων του σηματοδότη.

Στάδιο φωτεινής σηματοδότησης είναι ένα μέρος του κύκλου σηματοδότησης όπου ρεύματα κυκλοφορίας επιτρέπεται να κινούνται ταυτόχρονα (πρακτικά να έχουν κοινό πράσινο).

Φάση σηματοδότησης είναι ομάδα ενός ή περισσοτέρων ρευμάτων, τα οποία είναι υποσύνολα του σταδίου ανάλογα του χρόνου πρασίνου τους.

Πρόωρη διακοπή είναι η διακοπή της αντίθετα κινούμενης ροής οχημάτων μερικά δευτερόλεπτα πριν από τη διακοπή της ροής των οχημάτων της ίδιας κατεύθυνσης με αυτά που στρέφουν αριστερά ώστε να εξυπηρετηθούν καλύτερα υψηλοί φόρτοι αριστερών στροφών.

Καθυστερημένη έναρξη: Μια εναλλακτική λύση, είναι να καθυστερήσει η έναρξη της κίνησης της αντίθετα κινούμενης ροής οχημάτων μερικά δευτερόλεπτα

Απολυμένος χρόνος πρασίνου: Είναι ο χρόνος ενός σταδίου που καταναλώνεται στις εκκινήσεις των οχημάτων, την εκκένωση του κόμβου από τα οχήματα και σε περιόδους καθολικής κόκκινης ένδειξης.

Ενεργός χρόνος πρασίνου: Είναι ο χρόνος που προκύπτει αν αφαιρεθεί από την περίοδο ο απολυμένος χρόνος.

Κοινό κόκκινο: Στους σηματοδοτούμενους κόμβους είναι σύνηθες για ένα μικρό χρονικό διάστημα να έχουν όλες οι προσβάσεις κόκκινο ώστε να προλαβαίνει να εκκενωθεί το πεδίο συγκρούσεων από αυτούς που είχαν πορτοκαλί και η κόκκινη ένδειξη εφαρμόστηκε πριν να εκκενώσουν τον κόμβο.

Προστατευόμενη φάση αριστερής στροφής: Όταν δεν υπάρχει κίνηση που να παρεμποδίζει (ή γίνεται ταυτόχρονα) τις αριστερές στροφές.

Επιτρεπόμενη φάση αριστερής στροφής ή μη προστατεύομενη: Όταν υπάρχει κίνηση που να παρεμποδίζει τις αριστερές στροφές και οι αριστερές στροφές εκτελούνται από κενά της κυκλοφορίας.

2.2 Βασικές κυκλοφοριακές έννοιες

Σύμφωνα με τις παραπάνω πηγές καθώς και το σύγγραμμα Κυκλοφοριακή Τεχνική (Φραντζεσκάκης, et al., 2008) παρατίθενται παρακάτω οι βασικοί ορισμοί των κυκλοφοριακών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και υπολογισμό σηματοδοτούμενου κόμβου.

Κυκλοφοριακός φόρτος είναι ο αριθμός των οχημάτων που διέρχονται από μια διατομή οδού μέσα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο, συνήθως οχήματα ανά ώρα.

Κυκλοφοριακή ικανότητα ή χωρητικότητα είναι 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.

(Ισοδύναμος) ρυθμός ροής είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος προσαρμοσμένος, ώστε να δείχνει την κυκλοφορία σε υπό-διάστημα της ώρας ανοιγμένο σε ωριαίο φόρτο. Συνήθως χρησιμοποιείται ένα τέταρτο της ώρας. (Φραντζεσκάκης, et al., 2008)

Βαθμός κορεσμού είναι το πηλίκο του κυκλοφοριακού φόρτου που θέλει να εξυπηρετηθεί από μία διατομή προς την κυκλοφοριακή ικανότητα της διατομής

Στάθμη εξυπηρέτησης: Είναι ένα ποιοτικό μέγεθος που περιγράφει τις συνθήκες και το επίπεδο λειτουργίας (μέσα σε ένα κυκλοφοριακό ρεύμα), όσον αφορά μεγέθη όπως η ταχύτητα και ο χρόνος διαδρομής, η ελευθερία ελιγμών, οι διακοπές της κυκλοφοριακής ροής, η ασφάλεια και η άνεση. Έχει έξι στάθμες που ορίζονται βάση του μέσου χρόνου αναμονής.

Ρεύμα κυκλοφορίας η ομάδα λωρίδων: Είναι μία η περισσότερες λωρίδες οι οποίες μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα στη σηματοδότηση. Θα γίνει πιο εκτενής αναφορά στην συνέχεια.

Κρίσιμο ρεύμα κυκλοφορίας: Το ρεύμα κυκλοφορίας που μεταβολές των χαρακτηριστικών του επιφέρουν τις μεγαλύτερες αλλαγές σε καθυστερήσεις και βαθμό κορεσμού και αποτελούν κριτήριο στη διαδικασία υπολογισμού της σηματοδότησης..

Καθυστερήσεις: Ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) αναμονής οχημάτων σε κόμβο ή ρεύμα ή πρόσβαση ή μεμονωμένα. . (Transportation Research Board of National Academy of Sciences, 2000)

Ροή κορεσμού: Ο μέγιστος κυκλοφοριακός φόρτος που μπορεί να διέλθει από μία διατομή ή ομάδα λωρίδων που εξυπηρετούν από κοινού μια κατεύθυνση υπό τις επικρατούσες οδικές, κυκλοφοριακές συνθήκες καθώς και τις συνθήκες σηματοδότησης με την παραδοχή ότι χρησιμοποιείται πλήρως ο χρόνος πράσινης ένδειξης.

2.3 Προσαρμογές για τον ρυθμό ροής κορεσμού

Κατά τον υπολογισμό σηματοδότησης βασικός παράγοντας είναι ο προσδιορισμός με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια της ροής κορεσμού δηλαδή του κυκλοφοριακού φόρτου που μπορεί να εξυπηρετήσει μια λωρίδα ή ένα ρεύμα κυκλοφορίας αν η ένδειξη είναι πράσινη χωρίς μεταβολές για μια ώρα.

Το μέγεθος αυτό μπορεί να μετρηθεί στο πεδίο με κατάλληλη μεθοδολογία ή να υπολογιστεί με βάση κάποιους συντελεστές προσαρμογής σε κάποια αρχική τιμή. Η αμερικάνικη μεθοδολογία (HCM, 2020) δίδει:

Βασική ροή κορεσμού ανά λωρίδα: Αριθμός που μετράται σε επιβατικά αυτοκίνητα ανά ώρα ανά λωρίδα. Συνήθως ισούται με 1900.

Παράγοντας προσαρμογής για πλάτος λωρίδας; Ο συγκεκριμένος παράγοντας υπολογίζει την αρνητική επίπτωση που έχουν οι στενές λωρίδες στο ρυθμό ροής κορεσμού ή και το αντίθετο την αύξηση του ρυθμού ροής κορεσμού σε περίπτωση λωρίδων μεγάλου πλάτους.

Παράγοντας προσαρμογής για βαριά οχήματα: Ως βαριά οχήματα θεωρούνται αυτά με περισσότερους από 2 άξονες. Ο παράγοντας αυτός, λαμβάνει υπόψιν το πρόσθετο χώρο που καταλαμβάνουν αυτά τα οχήματα καθώς και τις λειτουργικές τους διαφορές σε σχέση με τα επιβατικά αυτοκίνητα.

Παράγοντας προσαρμογής κλίσης εισόδου: Η κλίση της οδού επηρεάζει όλα τα οχήματα καθώς ο χρόνος έναρξης της κίνησης και επιτάχυνσης διαφέρει σε επίπεδο και σε έδαφος με κλίση.

Παράγοντας προσαρμογής για ύπαρξη λωρίδας στάθμευσης και δραστηριότητα σε γειτονικές ομάδες λωρίδων: Ο συγκεκριμένος παράγοντας υπολογίζει την επίπτωση που έχει η λωρίδα στάθμευσης με την γειτονική της λωρίδα καθώς και την παρεμπόδισή της κυκλοφοριακής ροής λόγω στάθμευσης.

Παράγοντας προσαρμογής για την επίπτωση ύπαρξης στάσης λεωφορείων στην περιοχή του κόμβου

Παράγοντας προσαρμογής για τύπο περιοχής: Αυτός ο παράγοντας υπολογίζει την σχετικά χαμηλότερη αποδοτικότητα (ροή κορεσμού) των κεντρικών εμπορικών περιοχών σε σχέση με τις οδούς στις υπόλοιπες περιοχές

Παράγοντας προσαρμογής αξιοποίησης λωρίδας: Στο συγκεκριμένο παράγοντα αποτυπώνεται η άνιση κατανομή κίνησης σε λωρίδες κοινού ρεύματος κυκλοφορίας.

Παράγοντες προσαρμογής αριστερών ή δεξιών στροφών στο ρεύμα κυκλοφορίας: Οι στροφές σε σχέση με τις ευθείες κινήσεις μπορεί να χρειάζεται να διέλθουν από το απέναντι (εναντιωμένο) ρεύμα και άρα σε αυτή την περίπτωση η ροή κορεσμού είναι μικρότερη

Παράγοντες προσαρμογής για αριστερές και δεξιές κινήσεις εξαιτίας της παρεμπόδισης ποδηλάτων και πεζών: Ο συγκεκριμένος παράγοντας εκτιμά το πόσο παρεμποδίζουν πεζοί και ποδηλάτα τις στρέφουσες του κόμβου

3 Μεθοδολογία

3.1 Γενικές πληροφορίες για την μεθοδολογία

Η μεθοδολογία για την ανάλυση σηματοδοτούμενων κόμβων είναι «διασπώμενη». Είναι σχεδιασμένη ώστε να λαμβάνει υπόψιν κάθε είσοδο και κάθε ομάδα λωρίδων ξεχωριστά. Κατά συνέπεια το πρώτο βήμα είναι η τμηματοποίηση του κόμβου σε ρεύματα κυκλοφορίας ή αλλιώς ομάδες λωρίδων. Γενικά ο ορισμός ενός ρεύματος κυκλοφορίας έχει ως εξής(Αντωνίου & Σπυροπούλου, 2020) :

«(α) μία λωρίδα κυκλοφορίας στην οποία πραγματοποιούνται κινήσεις διαφορετικές από ότι στις διπλανές λωρίδες ή (β) δύο ή περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας οι οποίες ελέγχονται από την ίδια ένδειξη του φωτεινού σηματοδότη και είναι τέτοιες ώστε μέρος των οχημάτων που εξυπηρετούνται από αυτές να μπορούν να επιλέξουν οποιαδήποτε από αυτές τις λωρίδες κυκλοφορίας για να πραγματοποιήσουν την κίνησή τους (καθώς το ρεύμα μπορεί να συμπεριφέρεται ως μία ουρά) και καμία από τις υπόλοιπες λωρίδες κυκλοφορίας. Σημειώνεται ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στα κυκλοφορικά μεγέθη καθώς μπορεί λωρίδες με κοινές την ευθεία κίνηση και την αριστερή στροφή να συμπεριφέρονται ως ρεύμα μόνο αριστερών λόγω υψηλού φόρτου». Όταν δύο ή παραπάνω λωρίδες περιλαμβάνονται σε ένα ρεύμα αντιμετωπίζονται για στους υπολογισμούς ως μία ενότητα.

Η μεθοδολογία για την ανάλυση σηματοδοτούμενων κόμβων έχει ως αποτελέσματα το επίπεδο εξυπηρέτησης και τις καθυστερήσεις των οχημάτων στον κόμβο. Άλλα σημαντικά μεγέθη που εξάγονται από την μεθοδολογία είναι η χωρητικότητα και η αναλογία της ροής προς την χωρητικότητα δηλαδή η αναλογία του βαθμού κορεσμού.

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας έχουν αναπτυχθεί στο “Highway Capacity Manual” (Transportation Research Board of National Academy of Sciences, 2000) ορισμένα φύλλα εργασίας τα οποία αυτοματοποιούν μερικώς την διαδικασία για την ανάλυση ενός σηματοδοτούμενου κόμβου: Φύλλο εργασίας εισόδου, φύλλο εργασίας προσαρμογής ροής κορεσμού, φύλλο εργασίας χωρητικότητας και επιπέδου εξυπηρέτησης, συμπληρωματικό φύλλο εργασίας για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές ταυτόχρονες με μονή λωρίδα, συμπληρωματικό φύλλο εργασίας για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές εναντιωμένες με πολλαπλή λωρίδα, συμπληρωματικό φύλλο εργασίας για τις επιπτώσεις των πεζών και των ποδηλάτων στις επιτρεπόμενες αριστερές και δεξιές στροφές και συμπληρωματικό φύλλο εργασίας της ομοιόμορφης καθυστέρησης για αριστερές στροφές από αποκλειστική λωρίδα για προστατευόμενη συν επιτρεπόμενη φάση. Τα φύλλα αυτά αποτέλεσαν τη βάση δημιουργία των πρότυπων υπολογιστικών φύλων της εργασίας και της εφαρμογής παραδειγμάτων.

3.2 Στοιχεία εισόδου

Αρχικά πρέπει να εντοπιστούν και να εισαχθούν τα στοιχεία εισόδου τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: Τα γεωμετρικά, τα κυκλοφοριακά και αυτά που σχετίζονται με τις συνθήκες σηματοδότησης.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αποτελούνται από τον τύπο της περιοχής, τον αριθμό των λωρίδων, το μέσο πλάτος λωρίδας, την ύπαρξη αποκλειστικών αριστερών ή δεξιών στροφών, το μήκος της λωρίδας των αποκλειστικών στροφών και αν επιτρέπεται η στάθμευση.

Τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά αποτελούνται από το μέγεθος της ζήτησης σε κάθε κίνηση, το βασικό ρυθμό ροής κορεσμού, τον συντελεστή ωριαίας αιχμής, το ποσοστό βαρέων οχημάτων, το ρυθμό ροής πεζών σε κάθε είσοδο, την ύπαρξη τοπικών λεωφορείων που σταματούν στον κόμβο, την δραστηριότητα των οχημάτων για στάθμευσή και τον τύπο άφιξης των οχημάτων.

Τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις συνθήκες σηματοδότησης είναι, η διάρκεια του κύκλου, ο χρόνος πρασίνου, ο χρόνος του κίτρινου, αν η σηματοδότηση είναι σταθερού χρόνου ή επενεργούμενη από την κυκλοφορία (οι εφαρμογές αναπτύχθηκαν μόνο για σταθερού χρόνου), ο ελάχιστος χρόνος πρασίνου για τους πεζούς, το πλάνο για τις φάσεις σηματοδότησης και ο χρόνος ανάλυσης.

3.3 Προσαρμογές

Στο φύλλο εργασίας για τις προσαρμογές αρχικά, υπολογίζεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Αυτός εξαρτάται βάση του πως ο μελετητής κατέγραψε τα στοιχεία κίνησης. Οι τρεις κύριοι τρόποι είναι οι εξής: Μέτρηση ενός μόνο τετάρτου, μέτρηση μίας ώρας και μέτρηση τεσσάρων συνεχόμενων τετάρτων. Για τις εφαρμογές στην είσοδο των δεδομένων θεωρείται πως μετρήθηκε ένα μόνο τέταρτο της ώρας. Σε αυτήν την περίπτωση ο ρυθμός ροής κατά την αιχμή (δεκαπεντάλεπτο με τον μεγαλύτερο φόρτο ανοιγμένο στην ώρα) θα είναι ο ωριαίος φόρτος της κίνησης προς τον συντελεστή ωριαίας αιχμής.

Μετά, στο ίδιο φύλλο εργασίας καλούμαστε να υπολογίσουμε τον ρυθμό ροής κορεσμού για κάθε ρεύμα κυκλοφορίας, ο οποίος προκύπτει από το γινόμενο όλων των συντελεστών προσαρμογής που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Ο βασικός ρυθμός ροής κορεσμού λαμβάνεται συνήθως 1900 οχήματα ανά λωρίδα ανά ώρα και είναι αυτός που προσαρμόζεται για να μας δώσει το τελικό ρυθμό ροής κορεσμού.

Ο υπολογισμός των μεγεθών και των εξισώσεών τους δίνεται στον πίνακα 1

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Παράγοντες προσαρμογής για την ροή κορεσμού

Παράγοντας	Τύπος	Προσδιορισμός παραμέτρων	Παρατηρήσεις
Πλάτος λωρίδας	$f_w=1+(W-3,6)/9$	W =Πλάτος λωρίδας	$W \geq 2.4$
Βαρέα οχήματα	$f_{HV}=100/(100+\%HV(ET-1))$	$\%HV$ = ποσοστό βαρέων οχημάτων	$ET=2 \text{ οχ.}/\beta. \text{οχ.}$
Κλίση	$F_g=1-(\%G/200)$	$G\%$ = η ποσοστιαία κλίση των προσβάσεων του κόμβου	Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει ανηφόρα
Στάθμευση	$F_p=(N-0,1-18N_m/3600)/N$	N =αριθμός λωρίδων στο ρεύμα κυκλοφορίας N_m = Αριθμός ελιγμών για παρκάρισμα σε μία ώρα	$0 \leq N_m \leq 180$ Αν δεν υπάρχει επιτρεπόμενη στάθμευση $F_p=1$
Παρεμπόδιση λεωφορείων	$F_{bb}=(N-14,4N_b/3600)/N$	N =αριθμός λωρίδων στο ρεύμα κυκλοφορίας N_m = Αριθμός στάσεων του λεωφορείου στην ώρα	
Τύπος περιοχής	$F_a=0,9$ ή $F_a=1$		0,9 για κεντρικές εμπορικές περιοχές αλλιώς ίσον 1
Αξιοποίηση λωρίδας	$F_{lv}=V_g/(V_{g1} * N)$	V_g = Μη προσαρμοσμένη ζήτηση κίνησης ρεύματος V_{g1} = Μη προσαρμοσμένη ζήτηση κίνησης της λωρίδας με την μεγαλύτερη κίνηση N = λωρίδες του ρεύματος	
Δεξιές στροφές	1. $F_{rt}=0,85$ ή 2. $F_{rt}=1-0,15P_{rt}$ ή 3. $F_{rt}=1-0,135P_{rt}$	P_{rt} = αναλογία των αριστερών στροφών στο ρεύμα κυκλοφορίας	Η 1. Για αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής Η 2. Για μοιραζόμενη λωρίδα και η 3. Για μία μονή λωρίδα στο ρεύμα.

Όπως γίνεται ευκόλως αντιληπτό από τον πίνακα 1 απουσιάζει ο παράγοντας για τις αριστερές στροφές και για πεζούς ποδήλατα. Ο λόγος είναι ότι έχουν πιο σύνθετο υπολογισμό που είναι δύσκολο να συνοψιστεί στον πίνακα. Περισσότερα αναφέρονται στη συνέχεια.

3.4 Παράγοντας προσαρμογής για αριστερές στροφές

Η μεθοδολογία για τον υπολογισμό του παράγοντα για τις αριστερές στροφές παρουσιάζεται αναλυτικά μέσω μιας εφαρμογής για μεγαλύτερη κατανόηση

3.4.1 Παράδειγμα υπολογισμού Συντελεστών/Επιρροής αριστερής στροφής στη ροή Κορεσμού

Αρχικά πρέπει να ορισθεί κάτω υπό ποιες συνθήκες πραγματοποιούνται οι αριστερές στροφές. Οι πιθανές περιπτώσεις είναι έξι και η κάθε μία έχει ξεχωριστή αντιμετώπιση.

- 1) Αποκλειστική λωρίδα αριστερών στροφών με προστατευόμενη φάση.
- 2) Αποκλειστική λωρίδα αριστερών στροφών με επιτρεπόμενη φάση.
- 3) Αποκλειστική λωρίδα αριστερών στροφών με επιτρεπόμενη φάση και προστατευόμενη φάση
- 4) Μικτή λωρίδα αριστερής στροφής με προστατευόμενη φάση
- 5) Μικτή λωρίδα αριστερής στροφής με επιτρεπόμενη φάση
- 6) Μικτή λωρίδα αριστερής στροφής με επιτρεπόμενη και προστατευόμενη φάση

Στις δύο πιο απλές περιπτώσεις, δηλαδή αυτές με την προστατευόμενη φάση, ο συντελεστής είναι 0,95.

Για μικτή λωρίδα με προστατευόμενη φάση, ο συντελεστής θα είναι:

$$flt = \frac{1}{1+0,05*Plt} \quad (3.1)$$

Όταν υπάρχουν επιτρεπόμενες αριστερές στροφές, είτε από αποκλειστικές λωρίδες αριστερής στροφής είτε από μοιραζόμενες, η επίπτωση του παράγοντα αυτού στον κόμβο είναι περίπλοκη. Ας θεωρηθεί ένας κόμβος ή μία οδός η οποία είναι διπλής κατεύθυνσης, όπου οι δύο κατευθύνσεις κινούνται ταυτόχρονα. Η μία από τις 2 λωρίδες έχει επιτρεπόμενες αριστερές στροφές.

Όταν ανάψει η πράσινη ένδειξη η εναντιωμένη κίνηση στην αριστερή στροφή αρχίζει να κινείται. Μέχρι να καθαρίσει η απέναντι ευθεία η αριστερή στροφή παρεμποδίζεται. Το υποσύνολο του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου που παρεμποδίζεται μέχρι να καθαρίσει η εναντιωμένη ουρά ορίζεται g_q . Το υποσύνολο του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου μέχρι να φτάσει το πρώτο όχημα που επιθυμεί να στρίψει αριστερά ορίζεται g_f . Το υποσύνολο του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου κατά το οποίο οι αριστερές στροφές φιλτράρονται μέσα από την εναντιωμένη κίνηση ορίζεται g_u .

Ο διαχωρισμός του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές δημιουργεί τρεις διακριτές περιόδους που έχουν διαφορετικό συντελεστή αριστερής στροφής, δηλαδή έχουν διαφορετική επίπτωση στον κόμβο.

g_f : Μέχρι την άφιξη του πρώτου αριστερά στρέφοντος οχήματος, η μοιραζόμενη λωρίδα δεν επηρεάζεται από τις αριστερές στροφές. Κατά την διάρκεια αυτής της

περιόδου ο αποτελεσματικός παράγοντας προσαρμογής αριστερής στροφής είναι 1, καθώς δεν υπάρχουν ακόμα απαιτήσεις για αριστερές στροφές. Εξ' ορισμού $gf=0$ για αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής στην επιτρεπόμενη φάση.

$gq-gf$: Αν το πρώτο όχημα που θέλει να στρίψει αριστερά φτάσει πριν να καθαρίσει η απέναντι ουρά, αναμένει, παρεμποδίζοντας τη λωρίδα μοιραζόμενης κυκλοφορίας. Κατά αυτή τη χρονική διάρκεια δεν γίνεται καμία κίνηση στην μοιραζόμενη λωρίδα ο συντελεστής προσαρμογής αριστερής στροφής θα είναι μηδέν.

gu : Μόλις καθαρίσει η απέναντι ουρά τα οχήματα που θέλουν να στρίψουν αριστερά επιλέγουν κενά στην εναντιωμένη μη κορεσμένη κυκλοφορία. Είναι ευκόλως αντιληπτό ότι επηρεάζουν και τα οχήματα που θέλουν να κινηθούν ευθεία στη μοιραζόμενη λωρίδα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό χρησιμοποιείται το ισοδύναμο ευθεία κινούμενων οχημάτων για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές EL_1 (βλ. Πίνακα 2) . Τότε ο προσαρμοσμένος συντελεστής για αριστερές στροφές στη συγκεκριμένη διάρκεια θα είναι:

$$\frac{1}{1+PL(EL_1-1)} \quad (3.2)$$

Τέλος για να εξαχθεί ο τελικός παράγοντας προσαρμογής για την λωρίδα που έχει αριστερές στροφές παίρνουμε τους επιμέρους παράγοντες που υπολογίστηκαν και τους αθροίζουμε πολλαπλασιασμένους επί το κλάσμα του χρόνου τους προς το συνολικό χρόνο πρασίνου (συντελεστής βαρύτητας).

$$Fm = \left(\frac{gf}{g}\right) * 1 + \left(\frac{gq-gf}{g}\right) * 0 + gu * \frac{1}{1+PL(EL_1-1)} \quad (3.3)$$

Επειδή δεν λαμβάνουμε υπόψιν τα αυτοκίνητα που στρίβουν κατά τη διάρκεια της κόκκινης ένδειξης παίρνουμε ως ελάχιστο

$$fm \geq \frac{2(1+PL)}{g} \quad (3.4)$$

Οι δύο πιο συχνές περιπτώσεις για τις αριστερές στροφές σε μη προστατευόμενη κίνηση είναι: 1) η αποκλειστική λωρίδα αριστερών στροφών με επιτρεπόμενη φάση και 2) η μικτή λωρίδα αριστερής στροφής με επιτρεπόμενη φάση. Οι δύο αυτές περιπτώσεις αναλύονται στα φύλλα εργασίας αριστερών στροφών ρεύματος μονής λωρίδας που εναντιώνεται ρεύμα μονής λωρίδας και πολλαπλών λωρίδων που εναντιώνονται από πολλές λωρίδες.

3.4.2 Η περίπτωση της εισόδου πολλαπλών λωρίδων εναντιωμένων από είσοδο πολλαπλών λωρίδων

Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως είναι αυτής της περίπτωσης αλλά οι παραπάνω εξηγήσεις περιοριστήκαν στις επιπτώσεις στην λωρίδα αριστερής στροφής. Οι συγκεκριμένες επιπτώσεις πρέπει να επεκταθούν σε ολόκληρο το ρεύμα καθώς επηρεάζονται και οι υπόλοιπες λωρίδες του ρεύματος λόγω του ελιγμού των οχημάτων ώστε να αποφύγουν την παρεμπόδιση από τις αριστερές στροφές. Η εξίσωση που δίνει μία ρεαλιστική τιμή του συντελεστή στο ρεύμα της κυκλοφορίας είναι:

$$Flt = \frac{fm+0.91(N-1)}{N} \quad (3.5)$$

Καρακόλης Τραϊανός

Δηλαδή ο συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές στο ρεύμα κυκλοφορίας ισούται με τον συντελεστή που έχει η λωρίδα των αριστερών στροφών συν ενενήντα ένα τις εκατό των υπόλοιπων λωρίδων και όλο διαιρεμένο προς τις συνολικές λωρίδες του ρεύματος.

Για να εφαρμοστεί αυτό το μοντέλο είναι αναγκαίος ο υπολογισμός των υποσυνόλων του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου δηλαδή τα g_f , g_q και g_u καθώς και άλλων μεγεθών που παρατίθενται παρακάτω βήμα προς βήμα.

1^ο βήμα: Υπολογισμός g_f

$$g_f = g * e^{-0.882LTC^{0.717}} - tL \text{ για μοιραζόμενη λωρίδα αριστερής στροφής} \quad (3.6)$$

$$g_f = 0 \text{ (για αποκλειστική)}$$

όπου:

LTC είναι οι αριστερές στροφές ανά κύκλο

tL είναι ο χαμένος χρόνος

g είναι ο χρόνος πρασίνου

2^ο βήμα: Υπολογισμός g_q

$$g_q = \frac{volc * q_{r0}}{0.5 - \frac{Volc * (1 - q_{r0})}{g_0}} - t_l \quad (3.7)$$

όπου:

q_{r0} είναι η αναλογία της εναντιωμένης ροής που οφείλεται στην εναντιωμένη ουρά.

G_0 είναι το αποτελεσματικό πράσινο της εναντιωμένης ροής.

$Volc$ είναι ο προσαρμοσμένος εναντιωμένος ρυθμός ροής ανά λωρίδα ανά κύκλο και υπολογίζεται

$$Volc = \frac{voC}{3600NofLU_0} \quad (3.8)$$

Όπου:

V_0 είναι ο εναντιωμένος προσαρμοσμένος ρυθμός ροής.

C είναι η διάρκεια του κύκλου σηματοδότησης

N_0 είναι ο αριθμός λωρίδων της εναντιωμένης κίνησης.

F_{LU_0} είναι ο παράγοντας αξιοποίησης λωρίδων της εναντιωμένης κίνησης.

3^ο βήμα: Υπολογισμός g_u

$$gu = g - gq \text{ για } gq > gf$$

$$\text{Αλλιώς} \tag{3.9}$$

$$gu = g - gf$$

4^ο βήμα: Επιλογή E_{L1} από πίνακα 2

5^ο βήμα: Υπολογισμός της αναλογίας αριστερών στροφών στη μοιραζόμενη λωρίδα

$$PL = PLT * \left(1 + \frac{(N-1)*g}{gf + \frac{gu}{E_{L1}} + 4.24} \right) \tag{3.10}$$

6^ο βήμα: Υπολογισμός f_m όπως πριν:

$$f_m = (gf/g) * 1 + ((gq - gf)/g) * 0 + gu * 1/(1 + PL(E_{L1} - 1)) \tag{3.11}$$

7^ο βήμα: Υπολογισμός f_{LT}

$$f_{LT} = (f_m + (N - 1))/N \tag{3.12}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Ισοδύναμο ευθεία κινούμενων οχημάτων για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές E_{L1}

Type of Left-Turn Lane	Effective Opposing Flow, $v_{oe} = v_o/f_{LUo}$						
	1	200	400	600	800	1000	1200 ^a
Shared	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Exclusive	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4.0

Notes:

a. Use formula for effective opposing flow more than 1200; v_{oe} must be > 0.

$$E_{L1} = s_{HT}/s_{LT} - 1 \text{ (shared)}$$

$$E_{L1} = s_{HT}/s_{LT} \text{ (exclusive)}$$

$$s_{LT} = \frac{v_{oe} l_c \left(\frac{-v_{ol} l_c}{3600} \right)}{1 - e^{\left(\frac{-v_{ol} l_c}{3600} \right)}}$$

where

E_{L1} = through-car equivalent for permitted left turns

s_{HT} = saturation flow of through traffic (veh/h/ln) = 1900 veh/h/ln

s_{LT} = filter saturation flow of permitted left turns (veh/h/ln)

l_c = critical gap = 4.5 s

l_f = follow-up headway = 4.5 s (shared), 2.5 s (exclusive)

Πηγή: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

3.4.3 Η περίπτωση της εισόδου μονής λωρίδας εναντιωμένης από εισοδο μονής λωρίδας

Η συγκεκριμένη περίπτωση είναι παρόμοια με την προηγούμενη και τα βήματα υπολογισμού είναι ίδια με κάποιες διαφορές.

Η πρώτη και πιο σημαντική είναι ότι κατά την περίοδο $g_q - g_f$ η κίνηση δεν είναι μηδενική καθώς οι στροφές στην εναντιωμένη κυκλοφορία δημιουργούν κενά. Άρα ο τύπος για τον συντελεστή αριστερών στροφών στη λωρίδα της αριστερής στροφής γίνεται:

$$f_{LT} = f_m = gf/gq + (gdiff/g) * \left(\frac{1}{1+PLT(EL2-1)} + \left(\frac{gu}{g} \right) * \frac{1}{1+PLT*(EL1-1)} \right) \quad (3.13)$$

Η δεύτερη διαφορά είναι ότι αλλάζουν τα υποσύνολα του αποτελεσματικού χρόνου πρασίνου, g_f , και g_u .

$$gf = Ge^{-0,860*LTC^{0,629}} - tL \quad (3.14)$$

$$gq = 4,943Volc^{0,762qro^{1,061}} - tL \quad (3.15)$$

Τρίτη διαφορά είναι ότι υπάρχει το $EL2$ με εξίσωση

$$EL2 = \frac{1-pTHo^n}{PLTo} \text{ με } n = \frac{gq-gf}{2} \geq 0 \quad (3.16)$$

Υπάρχουν και δύο ακόμα πιο ιδιαίτερες περιπτώσεις όπου μια λωρίδα εμποδίζεται από πολλαπλή ή και το αντίθετο. Η επίλυσή της θα είναι μια μίξη των προηγούμενων δύο περιπτώσεων.

3.5 Παράγοντας προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα

Ο συγκεκριμένος παράγοντας εκτιμά την επίδραση των πεζών και των ποδηλατών στα ρεύματα κυκλοφορίας. Η διαδικασία για τον υπολογισμό του έχει τέσσερα βήματα:

1° βήμα: προσδιορισμός της μέσης κατάληψης πεζών. Εξαρτάται από την ένταση πεζών η οποία πρέπει να μετατραπεί σε ροή πεζών δηλαδή:

$$V_{pedg} = V_{ped} * \left(\frac{c}{gp} \right) \quad (3.17)$$

Έπειτα υπολογίζεται η μέση κατάληψη από την εξίσωση:

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000} \text{ για } (V_{pedg} \leq 1000) \quad (3.18)$$

ή

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{10000} + 0.4 \text{ για } 1000 < V_{pedg} \leq 5000 \quad (3.19)$$

2° βήμα: Προσδιορισμός σχετικής κατάληψης στη ζώνη σύγκρουσης:

Για δεξιόστροφες κινήσεις χωρίς ποδήλατα ή για αριστερές κινήσεις από μονόδρομο σχετική κατάληψη ισούται με: $OCC_r = OCC_{pedg}$

Για δεξιόστροφες κινήσεις με ποδήλατα πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η ροή των ποδηλατών. $V_{bicg} = V_{bic} * (C/g)$ με $V_{bic} \leq 1900$

Η κατάληψη των ποδηλάτων στη ζώνη σύγκρουσης είναι:

$$OCCbicg = 0.02 + \frac{Vbic}{2700} \mu\epsilon Vbic \leq 1900 \quad (3.20)$$

και η σχετική κατάληψη ισούται με:

$$OCCr = OCCpedg + OCCbicg - OCCpedg * OCCbicg \quad (3.21)$$

Για αριστερόστροφες κινήσεις σε δρόμο διπλής κυκλοφορίας ο χρόνος καθαρισμού της εναντιωμένης κυκλοφορίας g_q αρχικά συγκρίνεται με τον πράσινο χρόνο πεζών g_p . Αν $g_q > g_p$ τότε η διαδικασία τελειώνει και το $f_{Lpb} = 1$.

Σε αντίθετη περίπτωση ορίζεται η κατάληψη πεζών αφού καθαρίσει η εναντιωμένη ουρά, από την εξίσωση:

$$OCCpedu = OCCpedg * \left(1 - 0.5 * \left(\frac{g_q}{g_p} \right) \right) \quad (3.22)$$

Έπειτα βρίσκουμε την σχετική κατάληψη, που λαμβάνει υπόψιν την πιθανότητα αποδεκτών κενών για αριστερές στροφές μέσα από την εναντιωμένη κυκλοφορία αφού πρώτα καθαρίσει η ουρά της, με εξίσωση:

$$OCCr = OCCpedu * (e^{-(5.3600) * vo}) \quad (3.23)$$

3^ο βήμα: Προσδιορισμός παράγοντα προσαρμογής επιτρεπόμενης φάσης πεζών ποδηλάτων για στρέφουσες κινήσεις. Αν ο αριθμός των λωρίδων που λαμβάνουν αριστερές στροφές είναι ίσος με τον αριθμό λωρίδων που πραγματοποιούνται οι αριστερές στροφές τότε τα στρέφοντα οχήματα δεν μπορούν να ελιχθούν για να αποφύγουν του πεζούς και τα ποδήλατα. Ο παράγοντας προσαρμογής τότε θα είναι η αναλογία του χρόνου που η ζώνη σύγκρουσης δεν είναι κατειλημμένη δηλαδή:

$$Apbt = 1 - OCCr \quad (3.24)$$

Αν ο αριθμός των λωρίδων που λαμβάνουν αριστερές στροφές ξεπερνά τον αριθμό των λωρίδων για αριστερή στροφή τότε τα οχήματα πιθανότατα να ελίσσονται προκειμένου να αποφύγουν πεζούς και ποδήλατα μειώνοντας έτσι και την επίδραση αυτών στη ροή κορεσμού για το ρεύμα. Τότε η εξίσωση του παράγοντα αυτού θα είναι:

$$Apbt = 1 - 0.6 * OCCr \quad (3.25)$$

4^ο βήμα: Προσδιορισμός παράγοντα προσαρμογής ροής κορεσμού για αριστερές f_{Lpb} και δεξιές στροφές f_{Rpb} . Η επίδραση πεζών και ποδηλάτων στον κόμβο εξαρτάται μεταξύ άλλων και στην αναλογία της προστατευόμενης φάσης στις στρέφουσες κινήσεις. Η αναλογία αυτή για δεξιές στρέφουσες κινήσεις είναι περίπου ίση με το ποσοστό της προστατευόμενης πράσινης φάσης, ενώ για τις αριστερές είναι περίπου $(1 - (permphase f_{it}) / 0.95$. Τέλος η εξίσωση που μας δίνει τον εν λόγο παράγοντα είναι:

$$fRpb = 1 - PRT * (1 - Apbt) * (1 - PRTA) \text{ για δεξιές στροφές} \quad (3.26)$$

και:

$$fLpb = 1 - PLT * (1 - Apbt) * (1 - PLTA) \text{ για αριστερές στροφές} \quad (3.27)$$

3.6 Αναλογία κορεσμού και χωρητικότητα

Μόλις ολοκληρωθούν οι υπολογισμοί για την ροή κορεσμού μαζί με όλους τους παράγοντες προσαρμογής υπολογίζεται η βαθμός κορεσμού δηλαδή το κλάσμα της πραγματικής ροής προς την ροή κορεσμού (v/s); το οποίο χρησιμοποιείται για την εύρεση του κρίσιμου ρεύματος στο οποίο θα υπάρξει εκτενής αναφορά στη συνέχεια.

Επίσης υπολογίζεται η χωρητικότητα $c_i = s_i * g / C$. Ένα άλλο χρήσιμο μέγεθος που υπολογίζεται εδώ είναι ο βαθμός κορεσμού $x_i = (v/c)_i$. Οι τύποι αυτοί συμφωνούν και με τους (Messer & Fambro, 1977). Αυτό το μέγεθος είναι κρίσιμο καθώς αποτελέσματα μεγαλύτερο του 1 μπορεί να υποδεικνύουν ότι η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την χωρητικότητα για το συγκεκριμένο ρεύμα.

Το κρίσιμο ρεύμα μας δίνει το «μονοπάτι» της κίνησης που είναι αυτό που θα δημιουργεί τις μεγαλύτερες καθυστερήσεις στον κόμβο. Πιο συγκεκριμένα είναι το ρεύμα που μας δίνει την υψηλότερη αναλογία κορεσμού στην διάρκεια του κύκλου στον κόμβο. Το κρίσιμο ρεύμα υπακούει στους παρακάτω τρεις κανόνες:

1^{ος}: *Εξαιρώντας τους χαμένους(απολυμένους) χρόνους μία κρίσιμη ροή πρέπει να έχει κρίσιμες λωρίδες που να κινούνται συνεχώς*

2^{ος}: *Στην διάρκεια του κύκλου σηματοδότησης δεν πρέπει να κινούνται περισσότερα από 1 κρίσιμα ρεύματα.*

3^{ος}: *Το κρίσιμο «μονοπάτι» πρέπει να έχει το υψηλότερο άθροισμα v/s των κρίσιμων ρευμάτων του.*

3.7 Καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης

Η μέση ελεγχόμενη καθυστέρηση ανά ρεύμα ανά όχημα ισούται με

$$d = d1 * PF + d2 + d3$$

και είναι η αναμενόμενη καθυστέρηση του κάθε οχήματος στο ρεύμα σε δευτερόλεπτα.

PF είναι παράγοντας προσαρμογής. Εξαρτάται από το πόσο καλά συγχρονισμένοι είναι οι σηματοδότες πριν τον κόμβο σε σχέση με τον κόμβο, δηλαδή εξαρτάται από τον τύπο άφιξης των οχημάτων (Πίνακας 3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Παράγοντας προσαρμογής σηματοδότησης PF

Green Ratio (g/C)	Arrival Type (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000

Πηγή: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

d_1 είναι η ομοιόμορφη καθυστέρηση. Υπολογίζει την καθυστέρηση υποθέτοντας ομοιόμορφες αφίξεις, σταθερή ροή και μη ύπαρξη αρχικής ουράς. Η εξίσωσή της είναι η παρακάτω:

$$d1=0.5*C*(1-g/C)/(1-(\min(1,x)*g/C)).$$

Ο τύπος για την ομοιόμορφη καθυστέρηση βασίζεται στο πρώτο σκέλος της εξίσωσης για καθυστερήσεις του Webster (Webster & Cobbe, 1966).

d_2 είναι η αυξητική καθυστέρηση. Σκοπός της είναι να ενσωματώσει την πρόσθετη καθυστέρηση που δημιουργείται λόγω τυχαίων και υπερκορεσμών ροών. Η εξίσωσή της είναι:

$$d2=900T((x-1)+((x-1)^2+8kIx/(CT))^{0.5})$$

όπου:

T είναι η διάρκεια της περιόδου ανάλυσης,

k είναι παράγοντας που εξαρτάται από τις ρυθμίσεις σηματοδότη σε σταθερού χρόνου είναι ίσο με 0,5,

I είναι παράγοντας προσαρμογής «φιλτραρίσματος» που για ανάλυση μεμονωμένων κόμβων (όπως οι δημιουργούμενες στην εργασία εφαρμογές) είναι ίσος με 1.

d_3 είναι η καθυστέρηση που επιφέρει η ύπαρξη αρχικής ουράς στη μελέτη. Στις παρακάτω εφαρμογές θεωρείται ότι η αρχική ουρά είναι μηδενική.

Αφού υπολογιστούν οι επιμέρους καθυστερήσεις στα ρεύματα κυκλοφορίας υπολογίζονται συγκεντρωτικά αποτελέσματα για τις εισόδους (προσβάσεις) του κόμβου αλλά και τον κόμβο συνολικά.

Η εκτιμώμενη συγκεντρωτική καθυστέρηση για την κάθε πρόσβαση θα είναι:

$$dA=\Sigma(divi)/\Sigma vi$$

και συνολικά του κόμβου,

$$d=\Sigma(dA*vA)/\Sigma vA$$

Βάση των καθυστερήσεων εξάγεται το Επίπεδο Εξυπηρέτησης όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Επίπεδο εξυπηρέτησης

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10–20
C	> 20–35
D	> 35–55
E	> 55–80
F	> 80

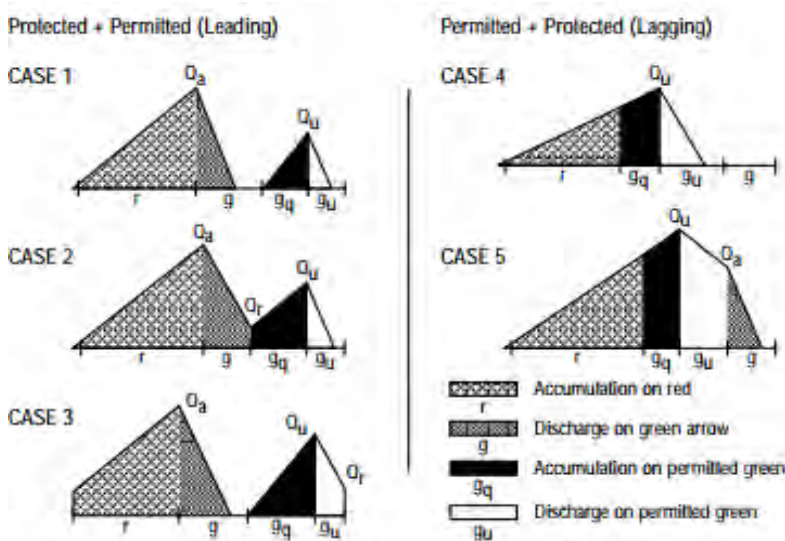
Πηγή: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

3.8 Περίπτωση ύπαρξης προστατευόμενης και επιτρεπόμενης φάσης σε αριστερές στροφές

Αρχικά όταν υπάρχει επιτρεπόμενη συν προστατευόμενη φάση αριστερής στροφής αντιμετωπίζεται σαν δύο διαφορετικά ρεύματα. Άρα υπολογίζονται ανεξάρτητα οι ροές κορεσμού τους. Η βασική ιδιαιτερότητα ωστόσο είναι στον υπολογισμό των καθυστερήσεων και πιο συγκεκριμένα στην ομοιόμορφη καθυστέρηση καθώς και στον βαθμό κορεσμού χ .

Η ομοιόμορφη καθυστέρηση γενικά είναι η περιοχή που σχηματίζεται σε έναν άξονα χ , ψ με χ τον χρόνο και ψ την παρατηρούμενη ουρά. Αν δεν υπάρχει συνδυασμός επιτρεπόμενης και προστατευόμενης φάσης αυτή η περιοχή σχηματίζει τρίγωνο και είναι εύκολο να υπολογιστεί.

Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν 6 διαφορετικές περιπτώσεις που μας δίνουν 6 διαφορετικές περιοχές (βλ. σχήμα 1).



ΣΧΗΜΑ 1: Πολύγωνα συσσώρευσης ουράς

Πηγή: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

Για να υπολογιστεί εν τέλει η ομοιόμορφη καθυστέρηση χρειάζεται διαδοχικά τον υπολογισμό των:

- 1) ενεργό κόκκινο

$$r=C-g-g_q-g_u$$

- 2) ρυθμό άφιξης:

$$qa=v/(3600*max(x,1))$$

- 3) ρυθμός αναχώρησης για επιτρεπόμενη

$$ss=(s*(gq+gu))/(gu*3600)$$

- 4) ρυθμός αναχώρησης για προστατευόμενη φάση

$$sp=s/3600$$

- 5) Ο βαθμός κορεσμού επιτρεπόμενης και προστατευόμενης φάσης ο τύπος του οποίου αλλάζει ανάλογα του αν προπορεύεται η προστατευόμενη φάση ή η επιτρεπόμενη:

Βαθμός κορεσμού επιτρεπόμενης:

$$Xperm=qa*(gq+gu)/(ss*gu) \text{ για αρχικώς προστατευόμενη αλλιώς: } \\ Xperm=qa*(r+gq+gu)/(ss*gu)$$

Βαθμός κορεσμού προστατευόμενης

$$xprot=qa*(r+g)/(sp*g)$$

- 6) Η καθυστέρηση υπολογίζεται βάση των ουρών στην αρχή του πρασίνου (Qa), στην αρχή του αποτελεσματικού πρασίνου (Qu), το υπολειπόμενο ουράς (Qr), το ενεργό κόκκινο και τον ρυθμό άφιξης οχημάτων. Οι τύποι αυτών παρατίθενται στον Πίνακα 5.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Ομοιόμορφα μεγέθη ουράς και εξίσωση καθυστέρησης

Uniform Queue Size and Delay Equations					
	Case	Q_a	Q_u	Q_r	d_i
If $X_{perm} \leq 1.0$ & $X_{prot} \leq 1.0$	1	q_u	$q_u g_q$	0	$[0.50(q_u C)] \{ r Q_u + Q_u^2 / (s_p - q_u) \} + g_q Q_u + Q_u^2 / (s_p - q_u)$
If $X_{perm} \leq 1.0$ & $X_{prot} > 1.0$	2	q_u	$Q_r + q_u g_q$	$Q_r - g_p (s_p - q_u)$	$[0.50(q_u C)] \{ r Q_u + g_p (Q_u + Q_r) + g_q (Q_r + Q_u) + Q_u^2 / (s_p - q_u) \}$
If $X_{perm} > 1.0$ & $X_{prot} \leq 1.0$	3	$Q_r + q_u$	$q_u g_q$	$Q_r - g_p (s_p - q_u)$	$[0.50(q_u C)] \{ g_q Q_u + q_u (Q_u + Q_r) + r (Q_r + Q_u) + Q_u^2 / (s_p - q_u) \}$
If $X_{perm} \leq 1.0$ (lagging left)	4	0	$q_u (r + g_q)$	0	$[0.50(q_u C)] \{ r + g_q \} Q_u + Q_u^2 / (s_p - q_u)$
If $X_{perm} > 1.0$ (lagging left)	5	$Q_u - g_p (s_p - q_u)$	$q_u (r + g_q)$	0	$[0.50(q_u C)] \{ r + g_q \} Q_u + g_p (Q_u + Q_r) + Q_u^2 / (s_p - q_u)$

Πηγή: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000

3.9 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας

Αρχικά, όπως προαναφέρθηκε η μεθοδολογία αυτή έχει ως σκοπό την πρόβλεψη της αναλογίας κορεσμού και τις καθυστερήσεις σε κάθε ρεύμα, κάθε είσοδο αλλά και του κόμβου συνολικά.

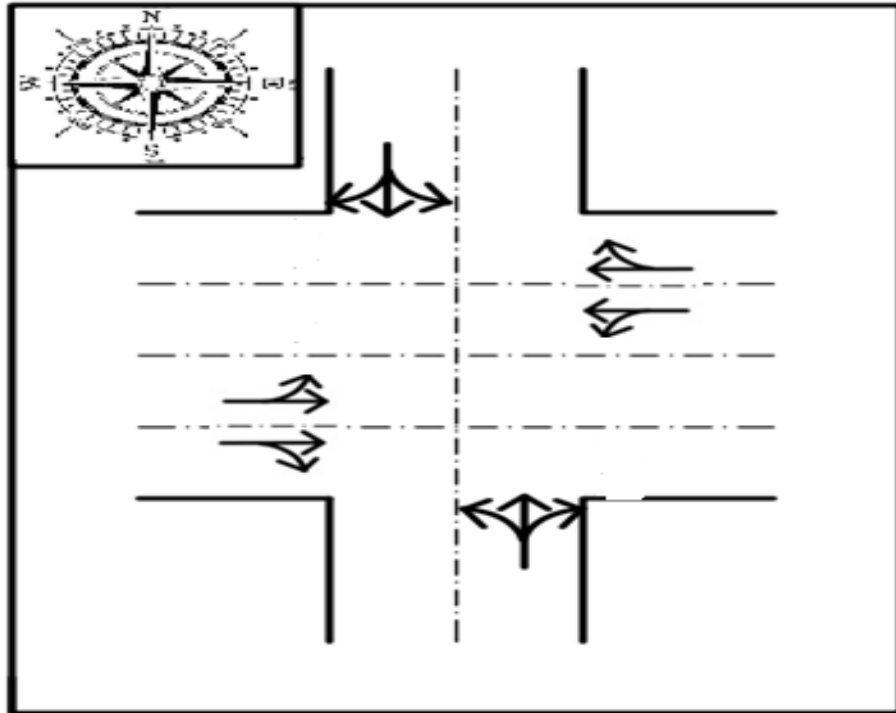
Καθυστερήσεις μεγαλύτερες των 80 δευτερολέπτων και αναλογίες κορεσμού μεγαλύτερες του 1 θεωρούνται μη αποδεκτές και οι αιτίες τους θα πρέπει να εξεταστούν. Πιο συγκεκριμένα:

- Όταν καθυστέρηση του κόμβου είναι αποδεκτή αλλά υπάρχουν επί μέρους ρεύματα μη ανεκτά πρέπει να μελετηθεί πιθανή αλλαγή πλάνου σηματοδότησης και χρόνων πρασίνου ώστε να βελτιωθούν τα επιμέρους μη λειτουργικά ρεύματα.
- Όταν οι καθυστερήσεις στον κόμβο είναι μη αποδεκτές αλλά η αναλογία κορεσμού είναι σχετικά χαμηλή, μπορεί ο κύκλος σηματοδότησης να είναι μεγάλος για τις υπάρχουσες κυκλοφοριακές συνθήκες ή το πλάνο σηματοδότησης να είναι μη αποδοτικό ή και τα δύο.
- Τέλος όταν και η αναλογία κορεσμού και οι καθυστερήσεις είναι υψηλές, η κατάσταση είναι κρίσιμη. Χρειάζεται να εξεταστεί πέρα από πιθανή αλλαγή σηματοδότησης και πιθανή βελτίωση στη γεωμετρία της οδού.

4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1

4.1 Επεξήγηση εφαρμογής

Η πρώτη εφαρμογή μελετά και αναλύει σηματοδοτούμενους κόμβους της ακόλουθης γεωμετρίας (σχήμα 2): Στη βόρεια και την νότια είσοδο υπάρχει οδός μίας λωρίδας ανά κατεύθυνση. Οι επιτρεπόμενες κινήσεις σε αυτές τις λωρίδες είναι ευθεία, δεξιά, αριστερά. Στην ανατολική και την δυτική είσοδο αντίστοιχα υπάρχουν 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση με επιτρεπόμενες όλες τις κινήσεις.



ΣΧΗΜΑ 2: Κόμβος και επιτρεπόμενες κινήσεις

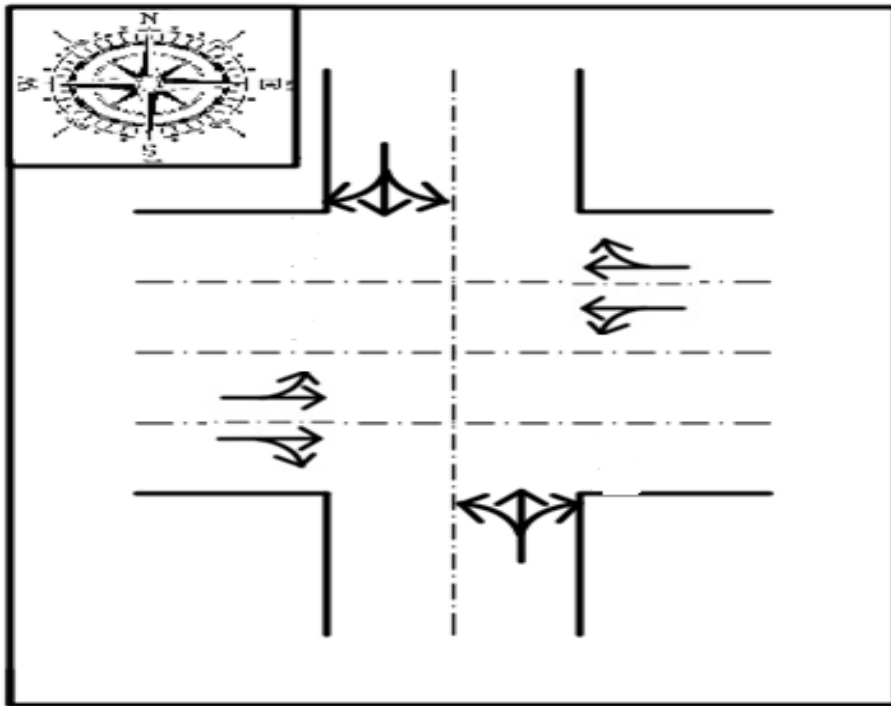
Η σηματοδότηση της εν λόγω περίπτωσης διεξάγεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη επιτρέπει όλες τις κινήσεις στην ανατολική και την δυτική είσοδο ενώ η δεύτερη όλες τις κινήσεις σε βόρεια και νότια είσοδο.

4.2 Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”

Η εφαρμογή ξεκινά με την παρουσίαση του προβλήματος. Έπειτα έχει τρεις επιλογές (τρία τετράγωνα) τα οποία παραπέμπουν τον χρήστη απευθείας στα πιο χρήσιμα για τον ίδιο φύλλα. Δηλαδή το φύλλο όπου ο μελετητής θα εισάγει τα απαραίτητα δεδομένα «φύλλο εισόδου», και τα φύλλα όπου θα δει τα αποτελέσματα σχηματικά «διαγράμματα» και αριθμητικά «LOS capacity» (Εικόνα 1).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1Η

Η εν λόγω εφαρμογή επιλύει προβλήματα με γεωμετρία οδού την παρακάτω και 2 φάσεις σηματοδότησης:



Χρειάζεται να εισαχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία από τον μελετητή στο φύλλο εισόδου και αμέσως μπορεί να δει τα αποτελέσματα στα διαγράμματα ή στο φύλλο LOS Capacity

Φύλλο εισόδου

Διαγράμματα

LOS capacity

ΕΙΚΟΝΑ 1: Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”

4.3 Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”

Το φύλλο εισόδου ζητά την εισαγωγή ορισμένων στοιχείων και πιο συγκεκριμένα:

- τον κυκλοφοριακό φόρτο
- το ποσοστό των βαρέων οχημάτων
- τον φόρτο πεζών και ποδηλατών
- τον συντελεστή ωριαίας αιχμής
- την κλίση της οδού
- το πλάτος των λωρίδων
- τον αριθμό των λωρίδων

- το χρόνο πρασίνου για κάθε φάση (πρώτη φάση: κινήσεις ανατολικής-δυτικής εισόδου και δεύτερη όλες οι κινήσεις βόρειας και νότιας εισόδου) συν το χρόνο κιτρίνου για κάθε φάση,
- τον κύκλο σηματοδότησης
- την βασική ροή κορεσμού
- Τους απολυμένους χρόνους

Επίσης ο μελετητής πρέπει να εισάγει αν υπάρχει δυνατότητα στάθμευσης, αν είναι εμπορική-κεντρική περιοχή. Έπειτα των τύπο δεξιάς στροφής με κελιά μορφοποιημένα ώστε να δίνουν τις επιλογές αποκλειστική, μοιραζόμενη, και μονή λωρίδα. Ομοίως για τον τύπο αφίξεως με επιλογές από το 1 έως το 6. Στο συγκεκριμένο φύλλο γίνεται και ο υπολογισμός του ελάχιστου χρόνου πρασίνου για πεζούς που πρέπει να συγκριθεί με το πραγματικό χρόνο πρασίνου που έχουν οι πεζοί (Εικόνα 2).

Φύλλο εργασίας εισόδου														Προσθετα δεδομενα						
	Ανατολική εισοδος				Δυτική εισοδος				Βόρεια εισοδος				Νότια εισοδος				Ανατολική εισοδος	Δυτική εισοδος	Βόρεια εισοδος	Νότια εισοδος
V	65,00	620,00	35,00	30,00	700,00	20,00	30,00	370,00	20,00	40,00	510,00	50,00			0,9	0,9	0,9	0,9		
HV %	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00			0	0	0	0		
V _{ped}		100,00			100,00			100,00			100,00				3,3	3,3	4,5	4,5		
V _{bc}		20,00			20,00			20,00			20,00				3	3	3	3		
N _m															2	2	1	1		
N _b															Μοιραζόμενη	Μοιραζόμενη	Μονή λωρίδα	Μονή λωρίδα		
p/C		1,94			1,94			1,94			1,94				Μονόδρομη	2	3	3		
min.p.t/C		14,73			14,73			11,23			11,23				Μοιραζόμενη					
															Χρόνος πράσινου στην δεύτερη φάση	26				
															Χρόνος κίτρινου ένδειξης 1ης φάσης	4				
															Χρόνος κίτρινου στην πρώτη φάση	36				
															Χρόνος κίτρινου ένδειξης 2ης φάσης	4				
															Διάρκεια κύκλου	70				
															Κεντρική βιομηχανική περιοχή	Ναι				
															Parking	Όχι				
															Βασική ροή κορεσμού	1900				
															Χαμένος χρόνος κίνησης	4				

ΕΙΚΟΝΑ 2: Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”

4.4 Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”

Αυτό το φύλλο εργασίας όπως και όλα τα παρακάτω συμπληρώνονται αυτόματα από του υπολογισμού που έχουν ήδη εισαχθεί. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτουν οι ροές κορεσμού ανά ρεύμα κυκλοφορίας. Τα ρεύματα κυκλοφορίας είναι 4 και περιλαμβάνουν ευθείες, δεξιές και αριστερές κινήσεις σε κάθε κατεύθυνση κίνησης δηλαδή ανατολική δυτική βόρεια και νότια. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν βασίζονται στο προαναφερόμενα (Πίνακας 1) με εξαίρεση τους συντελεστές προσαρμογής για αριστερές στροφές και για τους πεζούς και τα ποδήλατα τα οποία αναπτύσσονται στα επόμενα φύλλα. Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι για το συντελεστή προσαρμογής αξιοποίησης λωρίδας δεν χρησιμοποιείται ο τύπος αλλά βοηθητικός πίνακας του HCM (Πίνακας 6).

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Παράγοντας προσαρμογής αξιοποίησης λωρίδας

EXHIBIT 10-23. DEFAULT LANE UTILIZATION ADJUSTMENT FACTORS

Lane Group Movements	No. of Lanes in Lane Group	Traffic in Most Heavily Traveled Lane (%)	Lane Utilization Adjustment Factor (f_{LU})
Through or shared	1	100.0	1.000
	2	52.5	0.952
	3 ^a	36.7	0.908
Exclusive left turn	1	100.0	1.000
	2 ^a	51.5	0.971
Exclusive right turn	1	100.0	1.000
	2 ^a	56.5	0.885

Πηγή: *HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000*

4.5 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”

Το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας υπολογίζει τον παράγοντα προσαρμογής αριστερής στροφής μονής λωρίδας εμποδιζόμενη από μονή λωρίδα. Μονή λωρίδα υπάρχει μόνο σε βόρεια και νότια είσοδο έτσι συμπληρώθηκαν μόνο αυτά τα κελιά. Τα κελιά για ανατολική και δυτική είσοδο αφήθηκαν κενά καθώς ο παράγοντας αριστερής στροφής για αυτά θα συμπληρωθεί από το επόμενο φύλλο εργασίας που επιλύει για αριστερές στροφές από ρεύμα πολλαπλών λωρίδων που εμποδίζεται από πολλαπλές λωρίδες.

4.6 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”

Αυτό το φύλλο εργασίας έχει όμοια λειτουργία με το προηγούμενο δηλαδή υπολογίζει τον παράγοντα προσαρμογής αριστερής στροφής για ρεύματα πολλαπλών ρευμάτων που τους εναντιώνονται πολλαπλά ρεύματα στην αριστερή στροφή.

4.7 Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδήλατα”

Σε αυτό το φύλλο εργασίας υπολογίζονται οι συντελεστές προσαρμογής για τους πεζούς και τα ποδήλατα

4.8 Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”

Σε αυτό το φύλλο εργασίας υπολογίζονται στο πρώτο σκέλος η ροή κορεσμού η αναλογία ροής και το κρίσιμο ρεύμα που σε αυτή την περίπτωση είναι διακριτό και εύκολο να υπολογιστεί. Συγκεκριμένα είναι το μεγαλύτερο σε αναλογία ροής (v/s)

ρεύμα της πρώτης φάσης συν το μεγαλύτερο της δεύτερης φάσεις. Και στο δεύτερο σκέλος υπολογίζονται οι καθυστερήσεις και το επίπεδο εξυπηρέτησης.

4.9 Φύλλο εργασίας “Διαγράμματα”

Σε αυτό το φύλλο εργασίας δίνεται η σύνοψη και η οπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του κόμβου με διαδραστικά γραφήματα που αλλάζουν βάση των στοιχείων που εισήχθησαν στην αρχή.

4.10 Φύλλο εργασίας “Λίστες”

Το εν λόγω φύλλο εργασίας είναι καθαρά βοηθητικό και δεν έχει μορφοποίηση. Εδώ αναπτύχθηκαν όλοι οι πίνακες, οι περισσότεροι λογικοί έλεγχοι, οι επιλογές στοιχείων μέσα από πίνακες, λίστες για να μορφοποιούνται τα διαγράμματα βάση συνθηκών κλπ.

4.11 Αριθμητικό παράδειγμα.

Στο εν λόγω παράδειγμα εισήχθησαν τα δεδομένα που φαίνονται στον Πίνακα 7 και 8. Όπου:

V είναι ο κυκλοφοριακός φόρτος σε κάθε είσοδο για κάθε κίνηση

HV% το ποσοστό των βαρέων οχημάτων σε κάθε κίνηση

V_{ped} η μετρηθήσα κίνηση πεζών σε κάθε είσοδο

V_{bic} η μετρηθήσα κίνηση ποδηλάτων σε κάθε είσοδο

N_m ο αριθμός ελιγμών για στάθμευση

N_b ο αριθμός των λεωφορείων που σταματάνε κοντά στον κόμβο εντός μίας ώρας.

Τέλος *minp.t/c* είναι ο ελάχιστος χρόνος για τους πεζούς ο οποίος πρέπει να συγκριθεί με τον πραγματικό. Αυτό πρέπει να το κάνει ο μελετητής μετρά που θα εισάγει τις φάσεις σηματοδότησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Εισαγωγή στοιχείων

Φύλλο εργασίας εισόδου												
	Ανατολική είσοδος			Δυτική είσοδος			Βόρεια είσοδος			Νότια είσοδος		
	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒
V	65,00	620,00	35,00	30,00	700,00	20,00	30,00	370,00	20,00	40,00	510,00	50,00
HV %	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
V_{ped}		100,00			100,00			100,00			100,00	
V_{bic}		20,00			20,00			20,00			20,00	
N_m												
N_b												
p/C		1,94			1,94			1,94			1,94	
minp.t/C		14,73			14,73			11,23			11,23	

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Πρόσθετα στοιχεία εισαγωγής

Πρόσθετα δεδομένα				
	Ανατολική είσοδος	Δυτική είσοδος	Βόρεια είσοδος	Νότια είσοδος
Συντελεστής ωριαίας αιχμής	0,9	0,9	0,9	0,9
Κλίση	0	0	0	0
Πλάτος λωρίδων	3,3	3,3	4,5	4,5
Υποτιθέμενο πλάτος για πεζούς	3	3	3	3
Λωρίδες	2	2	1	1
Τύπος δεξιάς στροφής	Μοιραζόμενη	Μοιραζόμενη	Μονή λωρίδα	Μονή λωρίδα
Τύπος αφίξεως οχημάτων	4	2	3	3
Χρόνος πράσινου στην δεύτερη φάση	26			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 1ης φάσης	4			
Χρόνος πράσινου στην πρώτη φάση	36			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 2ης φάσης	4			
Διάρκεια κύκλου	70			
Κεντρική βιομηχανική περιοχή	Ναι			
Parking	Όχι			
Βασική ροή κορεσμού	1900			
Χαμένος χρόνος κίνησης	4			

Με αυτά λοιπόν τα δεδομένα εξάγονται τα αποτελέσματα του πίνακα 9 και 10.





ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Ανάλυση χωρητικότητας

Φύλλο εργασίας Χωρητικότητας και επιπέδου εξυπηρέτησης				
Ανάλυση χωρητικότητας				
	Ανατολική είσοδος	Δυτική είσοδος	Βόρεια είσοδος	Νότια είσοδος
Αριθμός φάσης	1,00	1,00	2,00	2,00
Τύπος φάσης				
Ρευματα				
v	800,00	833,33	466,67	666,67
s	2103,14	2672,52	1611,04	1623,54
t_l	4,00	4,00	4,00	4,00
g	26,00	26,00	36,00	36,00
g/C	0,37	0,37	0,51	0,51
c	781,17	992,65	828,53	834,96
v/c	1,02	0,84	0,56	0,80
v/s	0,38	0,31	0,29	0,41
Κρίσιμο ρεύμα	1,00	0,00	0,00	1,00
Yc	0,79			
L	8,00			
Xc	0,89			

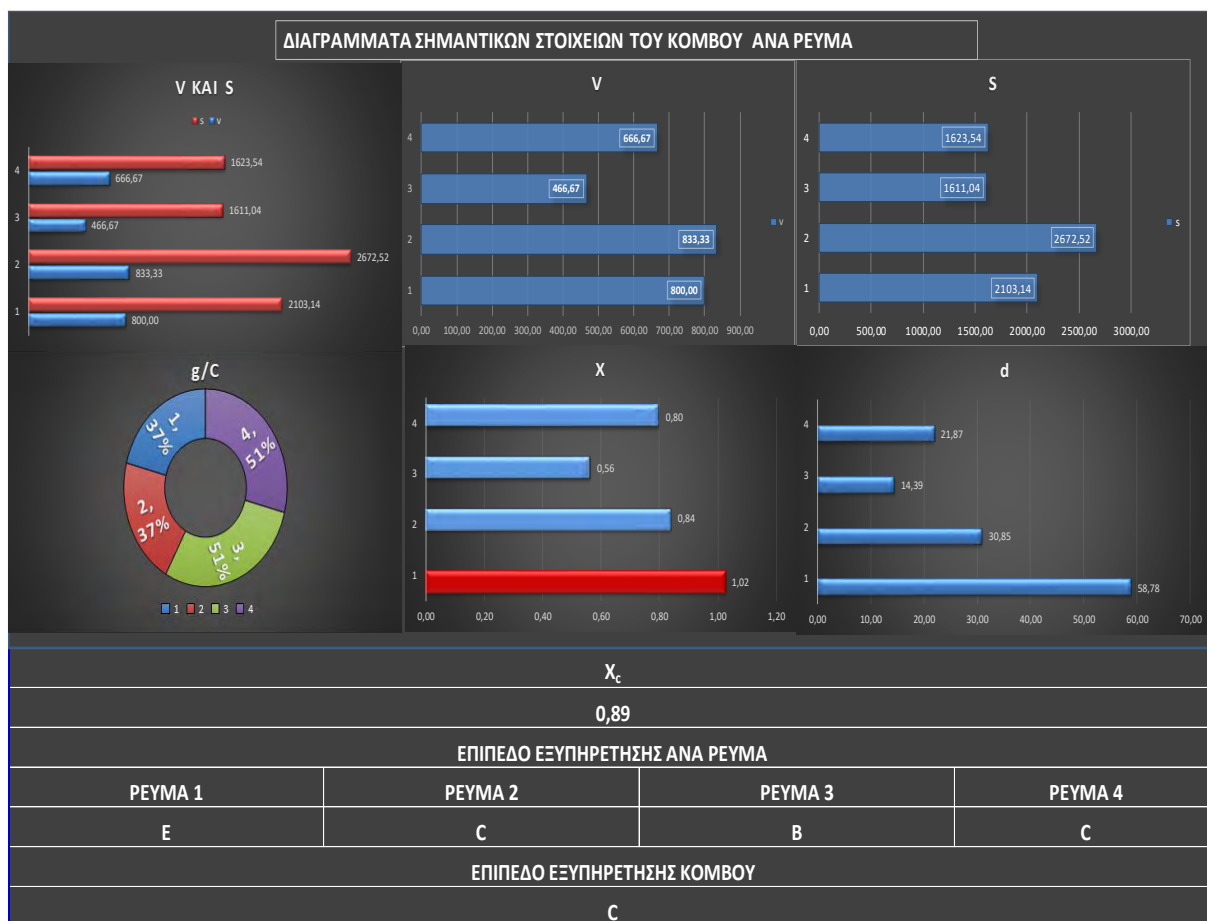
Παρατηρείται πως υπάρχει πιθανό πρόβλημα στην αναλογία κορεσμού στην ανατολική είσοδο λόγω υπέρβασης της μονάδας. Κατά τα άλλα, τα αποτελέσματά φαίνονται λειτουργικά.

Όσον αφορά τις καθυστερήσεις παρατηρείται πως η ανατολική είσοδος έχει τις υψηλότερες ενώ συνολικά ο κόμβος είναι επιπέδου εξυπηρέτησης C

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων								
	Ανατολική είσοδος οχημάτων		Δυτική είσοδος οχημάτων		Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων	
Ρευματα		1		2		3		4
v		800,00		833,33		466,67		666,67
c		781,17		992,65		828,53		834,96
v/c		1,02		0,84		0,56		0,80
g/C		0,37		0,37		0,51		0,51
d₁		22,00		20,09		11,62		14,01
k		0,50		0,50		0,50		0,50
d₂		38,46		8,49		2,76		7,86
PF		0,92		1,11		1,00		1,00
d		58,78		30,85		14,39		21,87
		E		C		B		C
d_A		58,78		30,85		14,39		21,87
LOS/είσοδο		E		C		B		C
v_A		800,00		833,33		466,67		666,67
d_i		33,99						
LOS		C						

Όλα αυτά φαίνονται σχηματικά στα παρακάτω διαγράμματα του σχήματος 3.



ΣΧΗΜΑ 3: Διαγράμματα αποτελεσμάτων

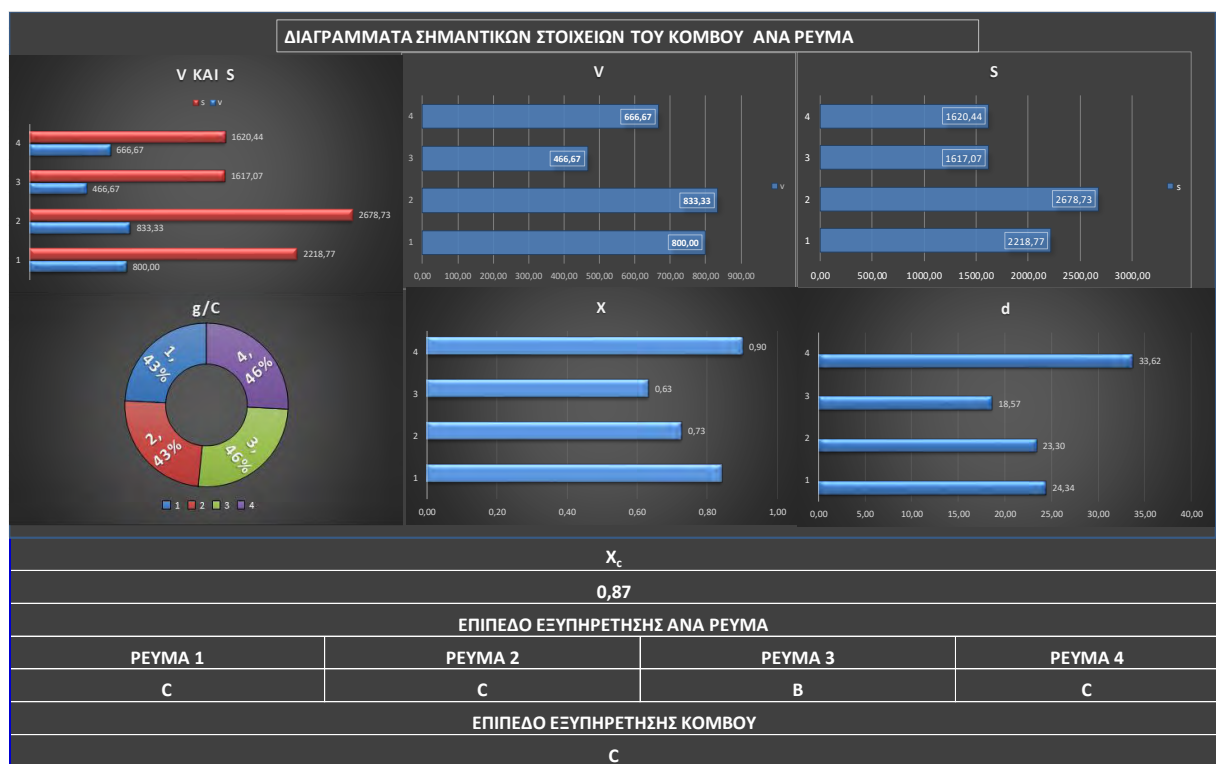
Στα διαγράμματα, η αναλογία ροή/χωρητικότητα ανά ρεύμα και καθυστερήσεις/ρεύμα είναι μορφοποιημένα ώστε τιμές μεγαλύτερες του 1 δηλαδή όταν η ζήτηση ξεπερνά την χωρητικότητα και τιμές μεγαλύτερες του 80 δηλαδή επιπέδου εξυπηρέτησης F, να διακρίνεται με κόκκινο χρώμα.

Παρατηρείται ότι ο κόμβος λειτουργεί αποδεκτά με εξαίρεση το ρεύμα 1 το οποίο έχει αναλογία κορεσμού μη αποδεκτή και τη μεγαλύτερη καθυστέρηση στον κόμβο μ. Αυτό οδηγεί στην αλλαγή στους χρόνους πρασίνου μεταξύ πρώτης και δεύτερης φάσης.

Πιο συγκεκριμένα αλλάζοντας την πρώτη φάση από 36 σε 32 δλ και την δεύτερη από 26 σε 30 δλ, δηλαδή μεταφέροντας 4 δευτερόλεπτα από την μία φάση στην άλλη επέρχεται διόρθωση όλων των προβλημάτων χωρίς δημιουργία κάποιου άλλου. Οι αναλογίες κορεσμού έγιναν όλες αποδεκτές και η στάθμη εξυπηρέτησης στο ρεύμα 1 βελτιώθηκε από E σε C χωρίς να αλλάξει η στάθμη εξυπηρέτησης κανενός άλλου ρεύματος. Οι καθυστερήσεις στα ρεύματα 3 και 4 αυξήθηκαν χωρίς να αλλάξουν επίπεδο εξυπηρέτησης. Συνολικά ο κόμβος είναι πιο αποδοτικός τώρα. Τα αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 11 και τα διαγράμματα στο σχήμα 4 παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων								
Ρεύματα	Ανατολική είσοδος οχημάτων		Δυτική είσοδος οχημάτων		Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων	
	1	2	3	4	1	2	3	4
v	800,00	833,33	466,67	666,67				
c	950,90	1148,03	739,23	740,77				
v/c	0,84	0,73	0,63	0,90				
g/C	0,43	0,43	0,46	0,46				
d ₁	17,87	16,59	14,50	17,52				
k	0,50	0,50	0,50	0,50				
d ₂	8,92	4,02	4,07	16,10				
PF	0,86	1,16	1,00	1,00				
d	24,34	23,30	18,57	33,62				
	C	C	B	C				
d _A	24,34	23,30	18,57	33,62				
LOS/ είσοδο	C	C	B	C				
v _A	800,00	833,33	466,67	666,67				
d _i	25,29							
LOS	C							

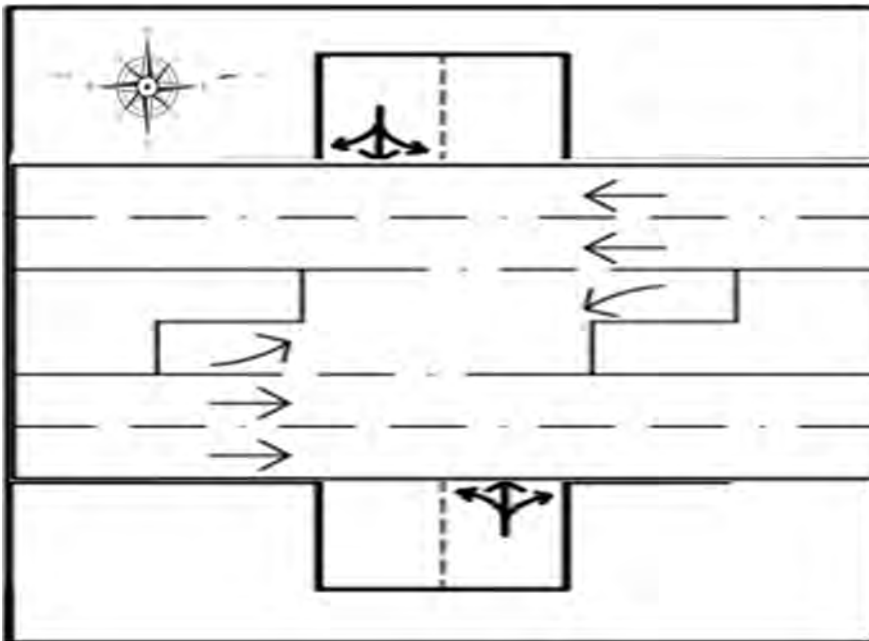


ΣΧΗΜΑ 4: Διαγράμματα αποτελεσμάτων

5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2

5.1 Επεξήγηση εφαρμογής

Η εν λόγω εφαρμογή επιλύει προβλήματα με γεωμετρία οδού που φαίνεται στο σχήμα 4. Είναι παρόμοια της εφαρμογής 1 με την επιπλέον προσθήκη μιας λωρίδας αριστερής στροφής στην ανατολική και στη δυτική είσοδο. Ομοίως έχει 2 φάσεις σηματοδότησης. Η πρώτη περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις (αριστερές, δεξιές, ευθεία) των εισόδων βορρά και νότου. Η δεύτερη χωρίζεται σε 3 στάδια, πρώτα αριστερές στροφές συν ευθεία και δεξιά στην ανατολική είσοδο μετά ευθείες και δεξιές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο, σταματώντας τις αριστερές στροφές της ανατολικής εισόδου, και τέλος ξεκινούν οι αριστερές στροφές στην δυτική, σταματώντας όλες οι κινήσεις στην ανατολική ενώ συνεχίζει η ευθεία και δεξιά κίνηση της δυτικής.



ΣΧΗΜΑ 4: Κόμβος και επιτρεπόμενες κινήσεις

Η εφαρμογή έχει ίδια δομή και μορφοποίηση με την προηγούμενη δηλαδή τα φύλλα εργασίας είναι παρόμοια με τις απαραίτητες τροποποιήσεις ώστε να ανταποκρίνονται στο πρόβλημα.

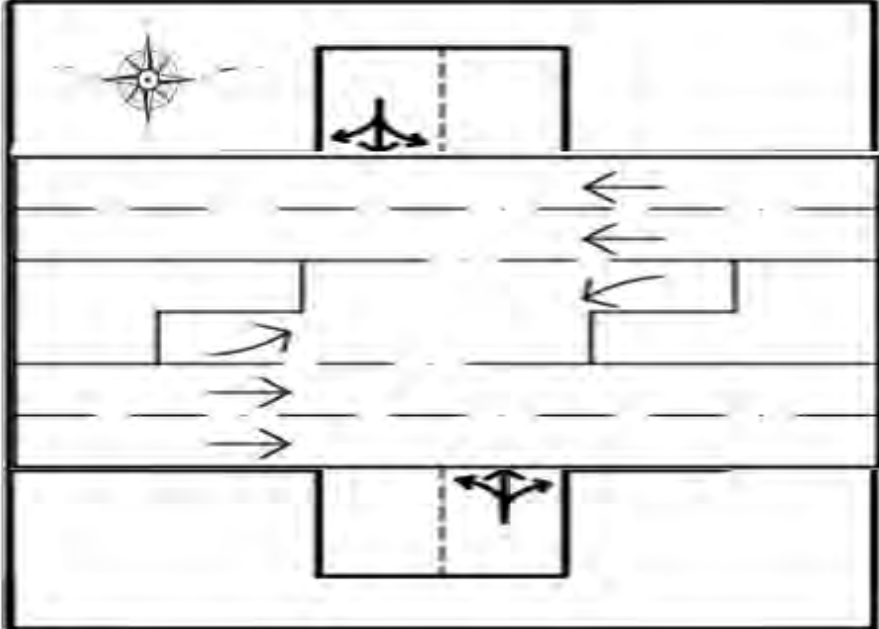
5.2 Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”

Είναι ίδιας λογικής και μορφοποίησης με την εφαρμογή 1, δηλαδή γίνεται επεξήγηση προβλήματος και υπερσυνδέσεις με τα φύλλα εργασίας όπου εισάγονται δεδομένα

εξάγονται τα ζητούμενα αποτελέσματα (φύλλα εργασίας «Φύλλο εισόδου», «Διαγράμματα» και «LOS Capacity»). (Εικόνα 3)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2Η

Η εφαρμογή επιλύει προβλήματα με γεωμετρία οδού την παρακάτω και 2 στάδια σηματοδότησης όπου η δεύτερη χωρίζεται σε 3 φάσεις: όλες οι κινήσεις στην ανατολική είσοδο στη συνέχεια ευθείες και δεξιές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο με στοπ των αριστερών στροφών και τέλος έναρξη αριστερής στροφής και συνέχεια ευθείας και δεξιάς στην δυτική με στοπ όλων των κινήσεων στην ανατολική



Χρειάζεται να εισαχθούν τα απαραίτητα στοιχεία από τον μελετητή στο φύλλο εισόδου. Τέλος τα αποτελέσματα φαίνονται στο LOS Capacity και στα διαγράμματα

Φύλλο εισόδου	Διαγράμματα	LOS capacity
---------------	-------------	--------------

ΕΙΚΟΝΑ 3: Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”

5.3 Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”

Ζητά από τον χρήστη την εισαγωγή δεδομένων που αναφέραμε και στην εφαρμογή 1 ενώ στη δεύτερη φάση ζητείται να εισαχθούν οι επιμέρους χρόνοι των τριών σταδίων

Καρακόλης Τραϊανός

της δεύτερης φάσης. Ως πρώτη φάση ο μελετητής να θεωρήσει όλες τις κινήσεις βορά και νότου (ευθεία, δεξιά, αριστερά). Στη δεύτερη φάση το πρώτο της στάδιο είναι στην ανατολική είσοδο αριστερές στροφές και ευθεία δεξιά κινήσεις. Το δεύτερο στάδιο είναι όλες οι κινήσεις ανατολικής και δυτικής εισόδου αλλά χωρίς καμία αριστερή στροφή και τέλος, τρίτο στάδιο στη δυτική είσοδο όλες οι κινήσεις χωρίς καμία κίνηση στην ανατολική είσοδο.

5.4 Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”

Κύριες διαφορές με την εφαρμογή 1 είναι ότι προστέθηκε ένα ακόμα ρεύμα κυκλοφορίας σε ανατολική και δυτική είσοδο, αυτό των προστατευόμενων αριστερών στροφών για τα οποία πρέπει να υπολογισθεί ο η ροή κορεσμού. Επίσης σε ανατολική και δυτική είσοδο αλλάζουν και οι συντελεστές προσαρμογής αριστερών στροφών και πεζών ποδηλάτων για αριστερές στροφές καθώς υπάρχει προστατευόμενη αριστερή στροφή.

5.5 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”

Είναι όμοιο με την εφαρμογή 1 καθώς στην βόρεια και νότια είσοδο δεν υπάρχουν αλλαγές γεωμετρίας ή κινήσεων

5.6 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”

Το εν λόγω φύλλο εργασίας δεν έχει καμία απολύτως επίπτωση στο αποτέλεσμα καθώς δεν υπάρχουν επιτρεπόμενη αριστερή στροφή εμποδιζόμενη από πολλαπλές λωρίδες.

5.7 Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδηλάτα”

Ίδιο με την εφαρμογή 1 με προσαρμογές.

5.8 Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”

Και εδώ η βασική διαφορά από την εφαρμογή 1 είναι ότι προστέθηκαν 2 ακόμα ρεύματα κυκλοφορίας, δηλαδή οι προστατευόμενες αριστερές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο. Άρα συνολικά υπολογίζονται για 6 ρεύματα οι λόγοι κορεσμού και οι καθυστερήσεις. Επίσης διαφέρει και το κρίσιμο ρεύμα, το οποίο είναι για την πρώτη φάση η μεγαλύτερη αναλογία ροής ανάμεσα σε βόρεια και νότια είσοδο και για δεύτερη φάση ή αριστερή στροφή στην ανατολική είσοδο συν το ρεύμα της δυτικής εισόδου που έχει τις επιτρεπόμενες κινήσεις ευθεία και δεξιά ή οι επιτρεπόμενες κινήσεις (ευθεία και δεξιά) της ανατολικής εισόδου συν την αριστερή της δυτικής εισόδου.

5.9 Φύλλο εργασίας “Διαγράμματα”

Σε αυτό το φύλλο εργασίας δίνεται η σύνοψη και η οπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του κόμβου με διαδραστικά γραφήματα που αλλάζουν βάση των στοιχείων που εισήχθησαν στην αρχή. Η αρίθμηση των ρευμάτων που δόθηκε προηγούμενως θα χρησιμοποιηθεί εδώ στα διαγράμματα. Ρεύμα 1 είναι οι ευθεία και δεξιά κινήσεις της ανατολικής εισόδου. Ρεύμα 2 είναι ευθείες και δεξιά κινήσεις της δυτικής εισόδου, ρεύμα 3 όλες οι κινήσεις της βόρειας εισόδου, ρεύμα 4 όλες οι κινήσεις της νότιας εισόδου, ρεύμα 5 προστατευόμενη αριστερή στροφή στην ανατολική είσοδο και τέλος ρεύμα 6 η αριστερή προστατευόμενη στροφή της δυτικής εισόδου.

5.10 Φύλλο εργασίας “Λίστες”

Όπως και στην πρώτη εφαρμογή είναι βοηθητικό φύλλο χωρίς μορφοποίηση που έχει οτιδήποτε χρειαζόταν για τους επί μέρους υπολογισμούς.

5.11 Αριθμητικό παράδειγμα

Τα δεδομένα που εισήχθησαν είναι παρόμοια με την προηγούμενη εφαρμογή για να συγκριθούν ως προς το αν η πρόσθετη λωρίδα αριστερής στροφής σε οδό που δεν είχε χαμηλή εξυπηρέτηση βελτίωσε ή επιβάρυνε τους σχετικούς δείκτες. Τα δεδομένα φαίνονται στους πίνακες 12 και 13 παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Εισαγωγή στοιχείων

Φύλλο εργασίας εισόδου												
	Ανατολική εισοδος			Δυτική εισοδος			Βόρεια εισοδος			Νότια εισοδος		
	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒
V	65,00	620,00	35,00	30,00	700,00	20,00	30,00	370,00	20,00	40,00	510,00	50,00
PHF	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
I₁												
e												
V_{ped}		100,00			100,00			100,00			100,00	
V_{bic}		20,00			20,00			20,00			20,00	
N_m												
N_b												
minp.t/C		14,76			14,76			11,26			11,26	

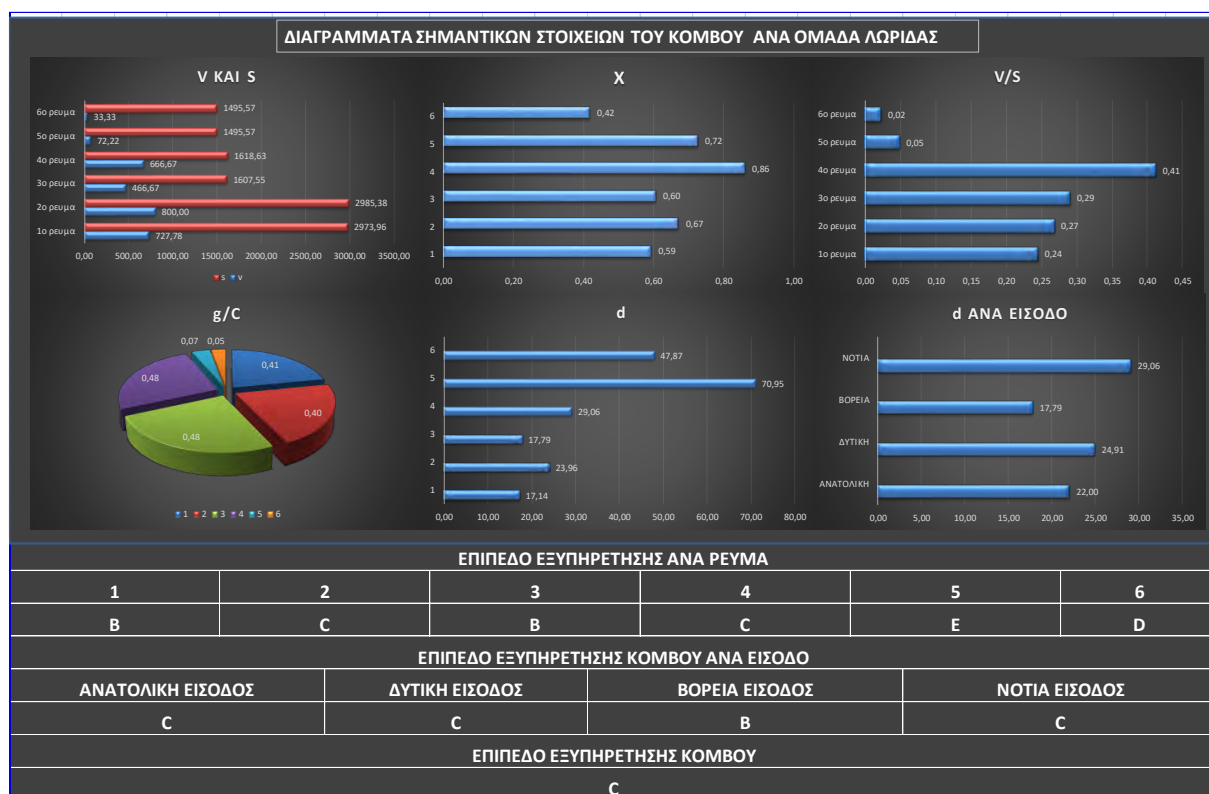
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: Πρόσθετα στοιχεία εισαγωγής

Πρόσθετα δεδομένα				
	Ανατολική εισοδος	Δυτική εισοδος	Βόρεια εισοδος	Νότια εισοδος
Κλίση				
Πλάτος λωρίδων	3,3	3,3	4,5	4,5
Υποτιθέμενο πλάτος για πεζούς	3	3	3	3
HV %	5,00	5,00	8,00	8,00
Αποκλειστική αριστερή λωρίδα	1	1		
Τύπος δεξιάς στροφής	Μοιραζόμενη	Μοιραζόμενη	Μονή λωρίδα	Μονή λωρίδα
Τύπος αφίξεως οχημάτων	4	2	3	3
Χρόνος πράσινου στην πρώτη φάση	36			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 1ης φάσης	4			
1ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	5			
2ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	26			
3ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	4			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 2ης φάσης	4			
Διάρκεια κύκλου	75			
Κεντρική βιομηχανική περιοχή	Ναι			
Parking	Όχι			
Βασική ροή κορεσμού	1900			
Χαμένος χρόνος κίνησης	4			

Με αυτά λοιπόν τα δεδομένα παρατηρούνται τα παρακάτω αποτελέσματα (πίνακας 14, 15 και σχήμα 5).

ΠΙΝΑΚΑΣ 14: Ανάλυση χωρητικότητας

Φύλλο εργασίας Χωρητικότητας και επιπέδου εξυπηρέτησης						
Ανάλυση χωρητικότητας						
		Ανατολική είσοδο		Δυτική είσοδος		Βόρεια είσοδος
		Δυτική είσοδος		Ανατολική είσοδος		Νότια είσοδος
Αριθμός φάσης	2	2	2	2	1	1
Τύπος φάσης	2a	2γ	2b	2b	1	1
Ρεύματα	5	6	1	2	3	4
v	72.22	33.33	727.78	800.00	466.67	666.67
s	1495.57	1495.57	2973.96	2985.38	1607.55	1618.63
t _L	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
g	5.00	4.00	31.00	30.00	36.00	36.00
g/C	0.07	0.05	0.41	0.40	0.48	0.48
c	99.70	79.76	1229.24	1194.15	771.62	776.94
v/c	0.72	0.42	0.59	0.67	0.60	0.86
v/s	0.05	0.02	0.24	0.27	0.29	0.41
Κρίσιμο ρεύμα	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
Υc	0.73					
L	12					
Χc	0.87					



ΣΧΗΜΑ 5: Διαγράμματα αποτελεσμάτων

Παρατηρείται ότι πέρα από το ρεύμα της νότιας εισόδου που έχει σχετικά υψηλό βαθμό κορεσμού, τα υπόλοιπα ρεύματα έχουν χαμηλή. Επίσης ο κορεσμός του κόμβου συνολικά, φαίνεται λειτουργικός και λίγο χαμηλότερος της εφαρμογής 1 (0,87 έναντι 0,89 στο 1^ο παράδειγμα). Επίσης η μικρή αναλογία χωρητικότητας στις μη κρίσιμες

Καρακόλης Τραϊανός

ροές μας δείχνει πως έχουμε πιθανόν ελευθερία να αλλάξουμε την σηματοδότηση χωρίς προβλήματα (να μειώσουμε το χρόνο πρασίνου τους).

ΠΙΝΑΚΑΣ 15: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων									
Ρευματα	Ανατολική είσοδος οχημάτων			Δυτική είσοδος οχημάτων			Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων
	↖ 5	↗ 1		↖ 6	↗ 2		↗ 3		↗ 4
v	72,22	727,78		33,33	800,00		466,67		666,67
c	99,70	1229,24		79,76	1194,15		771,62		776,94
v/c	0,72	0,59		0,42	0,67		0,60		0,86
g/C	0,07	0,41		0,05	0,40		0,48		0,48
d ₁	34,32	17,09		34,37	18,44		14,29		17,24
k	0,50	0,50		0,50	0,50		0,50		0,50
d ₂	36,63	2,10		15,31	3,00		3,50		11,82
PF	1,00	0,88		0,95	1,14		1,00		1,00
d	70,95	17,14		47,87	23,96		17,79		29,06
	E	B		D	C		B		C
d _Δ	22,00			24,91			17,79		29,06
LOS/ είσοδο	C			C			B		C
v _Δ	800,00			833,33			466,67		666,67
d _i	23,87								
LOS	C								

Για τις καθυστερήσεις παρατηρείται πως ο κόμβος είναι λειτουργικός με εξαίρεση την αριστερή στροφή της ανατολικής εισόδου που είναι στάθμης εξυπηρέτησης E. Αυξάνοντας κατά 1 δευτερόλεπτο τον χρόνο του πρώτου σταδίου της πρώτης φάσης και μειώνοντας το από το δεύτερο στάδιο της δεύτερης φάσης παρουσιάζεται επίλυση του προβλήματος (πίνακας 16).

ΠΙΝΑΚΑΣ 16: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων									
Ρευματα	Ανατολική είσοδος οχημάτων			Δυτική είσοδος οχημάτων			Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων
	↖ 5	↗ 1		↖ 6	↗ 2		↗ 3		↗ 4
v	72,22	727,78		33,33	800,00		466,67		666,67
c	119,65	1229,24		79,76	1154,35		771,61		776,91
v/c	0,60	0,59		0,42	0,69		0,60		0,86
g/C	0,08	0,41		0,05	0,39		0,48		0,48
d ₁	33,35	17,09		34,37	19,27		14,29		17,24
k	0,50	0,50		0,50	0,50		0,50		0,50
d ₂	20,54	2,10		15,31	3,44		3,50		11,82
PF	1,00	0,88		0,95	1,13		1,00		1,00
d	53,90	17,14		47,87	25,12		17,79		29,06
	D	B		D	C		B		C
d _Δ	20,46			26,03			17,79		29,06
LOS/ είσοδο	C			C			B		C
v _Δ	800,00			833,33			466,67		666,67
d _i	23,76								
LOS	C								

Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της εφαρμογής 1 πριν την βελτιστοποίηση είχαμε σημαντική μείωση της συνολικής καθυστέρησης από 33,99 δλ σε 23,87 δλ και σε σχέση με την βελτιστοποιημένη σηματοδότηση της εφαρμογής 1 παρατηρούνται λίγο χαμηλότερες καθυστερήσεις. Επίσης μπορούν να μειωθούν αισθητά οι καθυστερήσεις χωρίς προβλήματα μειώνοντας τον κύκλο σηματοδότησης γιατί υπάρχουν αρκετά χαμηλές αναλογίες κορεσμού.

Ένα παράδειγμα φαίνεται στην παρακάτω δοκιμή με σηματοδότηση του πίνακα 17.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: Στοιχεία σηματοδότησης

Χρόνος πράσινου στην πρώτη φάση	26
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 1ης φάσης	4
1ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	7
2ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	15
3ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	6
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 2ης φάσης	4
Διάρκεια κύκλου	56

Λαμβάνονται τα εξής αποτελέσματα (πίνακας 18):

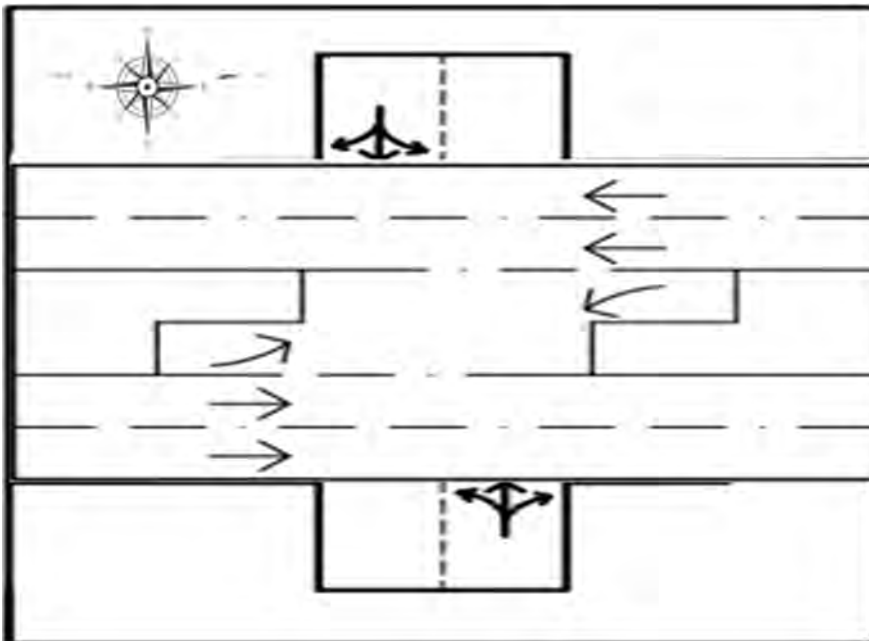
ΠΙΝΑΚΑΣ 18: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων												
Ρευματά	Ανατολική είσοδος οχημάτων				Δυτική είσοδος οχημάτων				Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων	
	5	1	6	2	3	4						
v	72,22	727,78	33,33	800,00	466,67	666,67						
c	186,95	1168,22	160,24	1119,46	748,74	752,34						
v/c	0,39	0,62	0,21	0,71	0,62	0,89						
g/C	0,13	0,39	0,11	0,38	0,46	0,46						
d ₁	22,53	13,67	22,83	14,94	11,31	13,65						
k	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50						
d ₂	5,93	2,51	2,93	3,91	3,89	14,51						
PF	1,00	0,90	0,97	1,12	1,00	1,00						
d	28,46	14,84	25,01	20,58	15,20	28,16						
	C	B	C	C	B	C						
d _a	16,07		20,76		15,20		28,16					
LOS/είσοδο	B		C		B		C					
v _A	800,00		833,33		466,67		666,67					
d _i	20,25											
LOS	C											

6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3

6.1 Επεξήγηση εφαρμογής

Η εν λόγω εφαρμογή επιλύει προβλήματα με γεωμετρία οδού που φαίνεται στο σχήμα 6. Έχει 2 στάδια σηματοδότησης. Το πρώτο περιλαμβάνει όλες τις κινήσεις (αριστερές, δεξιές, ευθεία) των προσβάσεων βορρά και νότου. Το δεύτερο χωρίζεται σε 3 φάσεις πρώτα αριστερές στροφές προστατευμένες συν ευθεία και δεξιά στην ανατολική είσοδο μετά ευθεία κινήσεις και δεξιές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο αλλά και επιτρεπόμενες αριστερές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο, και τέλος αριστερές στροφές προστατευόμενες στην δυτική, σταματούν όλες οι κινήσεις στην ανατολική και συνεχίζει η ευθεία και δεξιά κινήσεις τις δυτικής.



ΣΧΗΜΑ 6: Κόμβος και επιτρεπόμενες κινήσεις

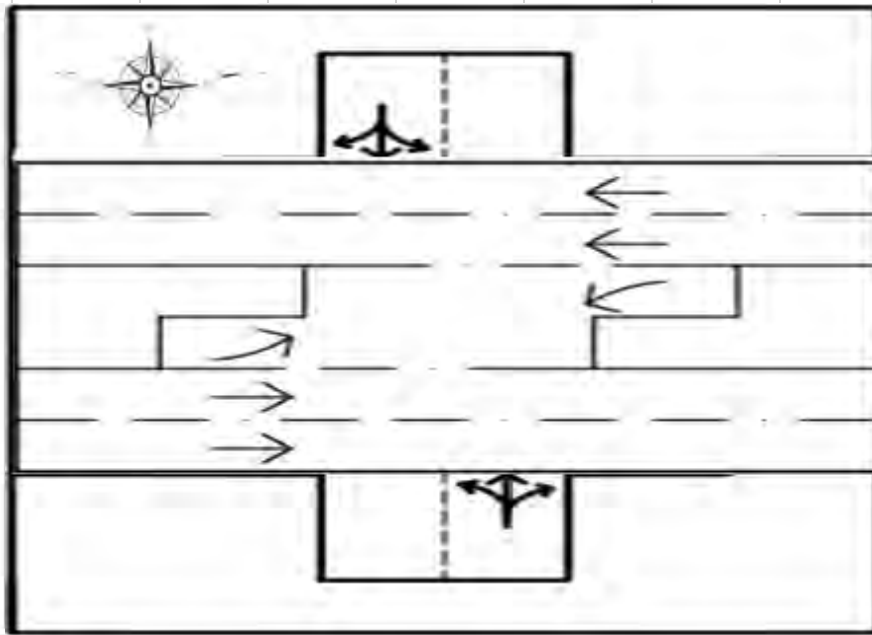
Η εφαρμογή έχει ίδια δομή και μορφοποίηση με την προηγούμενη δηλαδή τα φύλλα εργασίας είναι παρόμοια με τις απαραίτητες τροποποιήσεις ώστε να ανταποκρίνονται στο πρόγραμμα.

6.2 Φύλλο εργασίας "πρόβλημα"

Το φύλλο είναι δομημένο με την ίδια λογική με τις εφαρμογή 2, δηλαδή επεξήγηση προβλήματος και υπερσυνδέσεις με τα φύλλα εργασίας όπου εισάγονται δεδομένα εξάγονται τα ζητούμενα αποτελέσματα (φύλλα εργασίας "Φύλλο εισόδου", "Διαγράμματα" και "LOS Capacity") (Εικόνα 4)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3Η

Η εν λόγω εφαρμογή επιλύει προβλήματα με γεωμετρία οδού την παρακάτω. Έχει 2 στάδια σηματοδότησης όπου το δευτερο χωρίζεται σε 3 φάσεις πρώτα αριστερές προστατευμένες στροφές, δεξιές και ίσιες κινήσεις στην ανατολική είσοδο μετά ευθείες και δεξιές στροφές σε ανατολική και δυτική είσοδο με επιτρεπόμενες τις αριστερες στροφες και τέλος αριστερές προστατευμένες και δεξιές και ευθείες κινήσεις στην δυτική είσοδο



Χρειάζεται να εισαχθούν τα απαραίτητα στοιχεία από τον μελετητή στο φύλλο εισόδου. Τέλος τα αποτελέσματα φαίνονται στο LOS Capacity και στα διαγράμματα

Φύλλο εισόδου

Διαγράμματα

LOS capacity

ΕΙΚΟΝΑ 4: Φύλλο εργασίας “πρόβλημα”

6.3 Φύλλο εργασίας “Φύλλο εισόδου”

Είναι ίδιο με της εφαρμογής 2 απλά προστέθηκαν και οι χρόνοι των σταδίων της δεύτερης φάσης.

6.4 Φύλλο εργασίας “Προσαρμογές”

Σε σχέση με την δεύτερη εφαρμογή εδώ προστέθηκε άλλο ένα ρεύμα σε δυτική και ανατολική είσοδο αυτό της επιτρεπόμενης φάσης της αριστερής στροφής καθώς όπως προαναφέρθηκε η επιτρεπόμενη φάση αριστερής στροφής από την προστατευόμενη υπολογίζονται σαν ξεχωριστό ρεύμα. (πίνακας 19)

ΠΙΝΑΚΑΣ 19: Ρυθμός ροής κορεσμού και προσαρμογές

Προσαρμογές έντασης												
	Ανατολική είσοδος			Δυτική είσοδος			Βόρεια είσοδος			Νότια είσοδος		
	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒
V	65,00	620,00	35,00	30,00	650,00	20,00	30,00	370,00	20,00	40,00	510,00	50,00
PHF	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
V_p	72,22	688,89	38,89	33,33	722,22	22,22	33,33	411,11	22,22	44,44	566,67	55,56
Ρευματα	↖	↗		↖	↗			↘			↘	
v	72,22	727,78		33,33	744,44			466,67			666,67	
P_{lt} ή P_{rt}	1,00		0,03	1,00		0,02	0,07		0,05	0,07		0,08
Ρυθμός ροής κορεσμού												
Ρευματα	↖ prot	↗ 1	↖ perm	↖ prot	↗ 2	↖ perm		↘ 3			↘ 4	
S₀	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00		1900,00			1900,00	
N	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00		1,00			1,00	
f_w	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97		1,10			1,10	
f_{HV}	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		0,93			0,93	
f_g	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	
f_p	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	
f_{bb}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00			1,00	
f_a	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		0,90			0,90	
f_{LU}	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	1,00		1,00			1,00	
f_{LT}	0,95	1,00	0,45	0,95	1,00	0,57		0,93			0,95	
f_{RT}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,99			0,99	
f_{LPB}	0,98	1,00	0,98	0,98	1,00	0,98		1,00			1,00	
f_{RPB}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00			0,99	
s	1472,20	2973,96	698,59	1464,51	2984,47	879,45		1608,24			1618,88	

6.5 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές μονές”

Είναι όμοιο με την εφαρμογή 1 καθώς στην βόρεια και νότια είσοδο δεν έχω αλλαγές γεωμετρίας ή κινήσεων.

6.6 Φύλλο εργασίας “αριστερές στροφές πολλαπλές”

Παρόμοιο με της εφαρμογής 1. Εδώ θα υπολογιστεί ο συντελεστής για την επιτρεπόμενη φάση της αριστερής στροφής σε ανατολική και δυτική είσοδο.

6.7 Φύλλο εργασίας “πεζοί ποδήλατα”

Ίδιο με την εφαρμογή 1 και 2 με προσαρμογές όπως η αναλογία προστατευόμενης φάσης.

6.8 Φύλλο εργασίας “perm-prot”

Αυτό το φύλλο εργασίας δημιουργήθηκε μόνο για αυτή την εφαρμογή και υπολογίζει την ομοιόμορφη καθυστέρηση της αριστερής κίνησης σε ανατολική και δυτική είσοδο.

6.9 Φύλλο εργασίας “LOS Capacity”

Το τελικό αποτέλεσμα που θα παραχθεί από αυτό το φύλλο εργασίας θα είναι 6 ρεύματα. Αρχικά θα αναλυθούν 8. Το κρίσιμο ρεύμα αν και σύνθετο βρίσκεται αυτόματα διαλέγοντας από τα 4 πιθανά που είναι: Στη βόρεια και νότια είσοδο όπως και στις προηγούμενες εφαρμογές. Στην ανατολική και την δυτική είσοδο θα είναι αυτό που θα μας δώσει το μεγαλύτερο άθροισμα v/s ανάμεσα σε: ανατολική προστατευμένη αριστερή στροφή συν δυτική ευθεία δεξιά, ή δυτική προστατευμένη αριστερή στροφή συν ανατολική ευθεία και δεξιά, ή οι δύο προστατευμένες συν την μία επιτρεπόμενη, ή οι δύο προστατευμένες συν την άλλη επιτρεπόμενη.

6.10 Φύλλο εργασίας “Λίστες”

Βοηθητικό φύλλο ελέγχων, πινάκων και συνθηκών.

6.11 Αριθμητικό παράδειγμα.

Τα δεδομένα που εισήχθησαν είναι παρόμοια με την προηγούμενη εφαρμογή για να συγκριθούν οι επιπτώσεις προσθήκης και επιτρεπόμενης φάσης σε αριστερές στροφές. (Πίνακας 20) και (Πίνακας 21)

ΠΙΝΑΚΑΣ 20: Εισαγωγή στοιχείων

Φύλλο εργασίας εισόδου												
	Ανατολική είσοδος			Δυτική είσοδος			Βόρεια είσοδος			Νότια είσοδος		
	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒	←	↑	⇒
V	65,00	620,00	35,00	30,00	700,00	20,00	30,00	370,00	20,00	40,00	510,00	50,00
PHF	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
I₁												
e												
V_{ped}		100,00			100,00			100,00			100,00	
V_{bic}		20,00			20,00			20,00			20,00	
N_m												
N_b												
minp.t/C		14,76			14,76			11,26			11,26	

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Πρόσθετα στοιχεία εισαγωγής

Πρόσθετα δεδομένα				
	Ανατολική είσοδος	Δυτική είσοδος	Βόρεια είσοδος	Νότια είσοδος
Κλίση				
Πλάτος λωρίδων	3,3	3,3	4,5	4,5
Υποτιθέμενο πλάτος για πεζούς	3	3	3	3
HV %	5,00	5,00	8,00	8,00
Τύπος δεξιάς στροφής	Μοιραζόμενη	Μοιραζόμενη	Μονή λωρίδα	Μονή λωρίδα
Τύπος αφίξεως οχημάτων	4	2	3	3
Χρόνος πράσινου στην πρώτη φάση	36			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 1ης φάσης	4			
1ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	5			
2ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	26			
3ο μέρος πρασίνου 2ης φάσης	4			
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 2ης φάσης	4			
Διάρκεια κύκλου	75			
Κεντρική βιομηχανική περιοχή	Ναι			
Parking	Όχι			
Βασική ροή κορεσμού	1900			
Χαμένος χρόνος κίνησης	4			

Με αυτά τα δεδομένα λοιπόν παρατηρούνται τα παρακάτω αποτελέσματα δεξ (Πίνακας 22):

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: Ανάλυση χωρητικότητας

Φύλλο εργασίας Χωρητικότητας και επιπέδου εξυπηρέτησης								
Ανάλυση χωρητικότητας								
	Ανατολική είσοδος		Δυτική είσοδος		Ανατολική είσοδος		Δυτική είσοδος	
Αριθμός φάσης	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2	2
Τύπος φάσης	2a	2γ	2b	2b	1,00	1,00	2b	2b
Ρεύματα	↖ prot	↖ prot	↗	↗	↘	↘	↖ perm	↖ perm
v	72,22	0,00	727,78	744,44	466,67	666,67	0,00	33,33
s	1472,20	1464,51	2973,96	2984,47	1608,24	1618,88	698,59	879,45
t _L	4,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,00	4,00
g	5,00	4,00	31,00	30,00	36,00	36,00	31,00	30,00
g/C	0,07	0,05	0,35	0,35	0,48	0,48	0,41	0,40
c	98,15	78,11	1030,97	1034,62	771,96	777,06	288,75	351,78
v/c	0,74	0,00	0,71	0,72	0,60	0,86	0,00	0,09
v/s	0,05	0,00	0,24	0,25	0,29	0,41	0,00	0,04
Κρίσιμο ρεύμα	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Yc	0,710304396							
L	12							
Xc	0,845600471							

Εδώ παρατηρούμε πιο είναι το κρίσιμο ρεύμα καθώς και τις αναλογίες κορεσμού. Η αναλογία κορεσμού για τον κόμβο είναι χαμηλή, ενώ και επιμέρους τα ρεύματα παρουσιάζουν αρκετά χαμηλό κορεσμό το οποίο είναι ένδειξη ότι ο κύκλος σηματοδότησης μπορεί να μικρύνει μαζί με τις καθυστερήσεις. Οι καθυστερήσεις παρουσιάζονται παρακάτω στον πίνακα 23.

ΠΙΝΑΚΑΣ 23: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων												
Ρεύματα	Ανατολική είσοδος οχημάτων				Δυτική είσοδος οχημάτων				Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων	
	↖ 5	↖ 1	↖ 6	↖ 2	↖ 3	↖ 4	↖ 3	↖ 4				
v	72,22	727,78	33,33	744,44			466,67			666,67		
c	386,90	1030,97	429,89	1034,62			771,69			777,06		
v/c	0,19	0,71	0,08	0,72			0,60			0,86		
g/C	0,48	0,35	0,45	0,35			0,48			0,48		
d ₁	15,07	21,19	20,09	21,33			14,29			17,24		
k	0,50	0,50	0,50	0,50			0,50			0,50		
d ₂	1,06	4,07	0,35	4,32			3,50			11,81		
PF	1,00	0,95	0,95	1,09			1,00			1,00		
d	16,14	24,13	19,39	27,65			17,79			29,05		
	B	C	B	C			B			C		
d _A	23,41		27,30		17,79		29,05					
LOS/είσοδο	C		C		B		C					
v _A	800,00		777,78		466,67		666,67					
d _i	24,94											
LOS	C											

Οι καθυστερήσεις είναι χαμηλές και αποδεκτές χωρίς κανένα επί μέρους ρεύμα να αντιμετωπίζει προβλήματα. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα της προηγούμενης εφαρμογής, παρατηρείται παρόμοια συνολική καθυστέρηση στον κόμβο.

Όπως προαναφέρθηκε υπάρχει περιθώριο να μικρύνει ο κύκλος σηματοδότησης. Πιο συγκεκριμένα με τους ίδιους κυκλοφοριακούς φόρτους και τα ίδια ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά στον κόμβο αλλά με αλλαγές στους χρόνους σηματοδότησης (Πίνακας 24) έχουμε μία μικρή μείωση καθυστερήσεων χωρίς να έχει κορεσθεί κυκλοφοριακά καμία λωρίδα όπως βλέπουμε στα αποτελέσματα του πίνακα 25.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24: Στοιχεία σηματοδότησης

Χρόνος πράσινου στην πρώτη φάση	30
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 1ης φασασης	4
1ο μέρος πρασίνου 2ης φασασης	5
2ο μέρος πρασίνου 2ης φασασης	22
3ο μέρος πρασίνου 2ης φασασης	4
Χρόνος κίτρινης ένδειξης 2ης φάσης	4
Διάρκεια κύκλου	65

Πίνακας 25: Χωρητικότητα, καθυστερήσεις και επίπεδο εξυπηρέτησης

Χωρητικότητα Ελεγχόμενη καθυστέρηση και επίπεδο εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων										
Ρευμάτα	Ανατολική είσοδος οχημάτων			Δυτική είσοδος οχημάτων			Βόρεια είσοδος οχημάτων		Νότια είσοδος οχημάτων	
	↖ 5	↗ 1	↖	↖ 6	↗ 2	↖	↖ 3	↗ 4		
v	72,22	727,78		33,33	744,44			466,67		666,67
c	422,95	1006,44		444,20	1010,06			745,26		747,81
v/c	0,17	0,72		0,08	0,74			0,63		0,89
g/C	0,49	0,34		0,46	0,34			0,46		0,46
d ₁	12,99	18,83		17,38	18,95			13,25		16,01
k	0,50	0,50		0,50	0,50			0,50		0,50
d ₂	0,87	4,51		0,33	4,80			3,95		15,10
PF	1,00	0,95		0,95	1,09			1,00		1,00
d	13,87	22,48		16,85	25,43			17,21		31,11
	B	C		B	C			B		C
d _A	21,70			25,06			17,21		31,11	
LOS/είσοδο	C			C			B		C	
v _A	800,00			777,78			466,67		666,67	
d _i	24,20									
LOS	C									

7 Συμπεράσματα και προτάσεις

Τα κυκλοφοριακά χαρακτηριστικά ενός κόμβου αλλάζουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα λόγω εποχικότητας και αλλαγών στο δίκτυο (μονοδρομήσεις, πεζοδρομήσεις κλπ). Για αυτό ο τακτικός έλεγχος και η μέτρηση των χαρακτηριστικών αυτών καθίσταται επιβεβλημένη καθώς οι αλλαγές αυτές μπορούν εύκολα να καταστήσουν ένα σύστημα σηματοδότησης ξεπερασμένο και αναποτελεσματικό.

Όπως παρουσιάστηκε στα παραδείγματα των εφαρμογών μία ακατάλληλη σηματοδότηση δημιουργεί καθυστερήσεις και κορεσμό στον κόμβο. Αλλάζοντας τους χρόνους των φάσεων και του κύκλου σηματοδότησης μπορούμε να έχουμε σημαντικές μειώσεις στις καθυστερήσεις των οχημάτων του κόμβου χωρίς αλλαγές στην γεωμετρία της οδού.

Το αρνητικό των εφαρμογών που αναπτύχθηκαν έγκειται στο ότι λύνει πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις κόμβων. Επίσης καμία από τις τρεις εφαρμογές δεν έχει σηματοδότηση επενεργούμενη από την κυκλοφορία. Οπότε θεωρείται χρήσιμη μία επέκταση των εφαρμογών σε ποικίλες περιπτώσεις.

Χρήσιμη θα ήταν επίσης η ανάπτυξη αντίστοιχων εφαρμογών που να εκτιμούν την σηματοδότηση (quick estimation method) ή η δημιουργία φύλλου εργασίας που να εκτιμά την καθυστέρηση σε περίπτωση αρχικής ουράς.

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Messer, C. J. & Fambro, D. B., 1977. CRITICAL LANE ANALYSIS FOR INTERSECTION DESIGN. Στο: Washigton D.C: National research consil, pp. 26-35.

Transpotration Research Board of National Academy of Schiences, 2000. *HIGHWAY CAPACITY MANUAL*. s.l.:TRANSPORTATION RESEARCH BOARD of National Academy of Schiences.

Webster, F. V. & Cobbe, B. M., 1966. *Traffic Signals*. London: s.n.

Αντωνίου, Κ. & Σπυροπούλου, . Ι., 2020. AOC. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/SURVEY139/Lecture_Satflow_TRaffic_Signals.pdf

Μίντσης, Γ., 2020. *auth*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS371/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/3%20%CE%91%CE%BD%CE%AC%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CE%9A%CF%85%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%A>

Φραντζεσκάκης, Ι. Μ., Γκόλιας, Ι. Κ. & Πιτσιάβα-Λατινοπούλου, Μ. Χ., 2008.

ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρείου.

History available at :(<https://www.history.com/this-day-in-history/first-electric-traffic-signal-installed>)