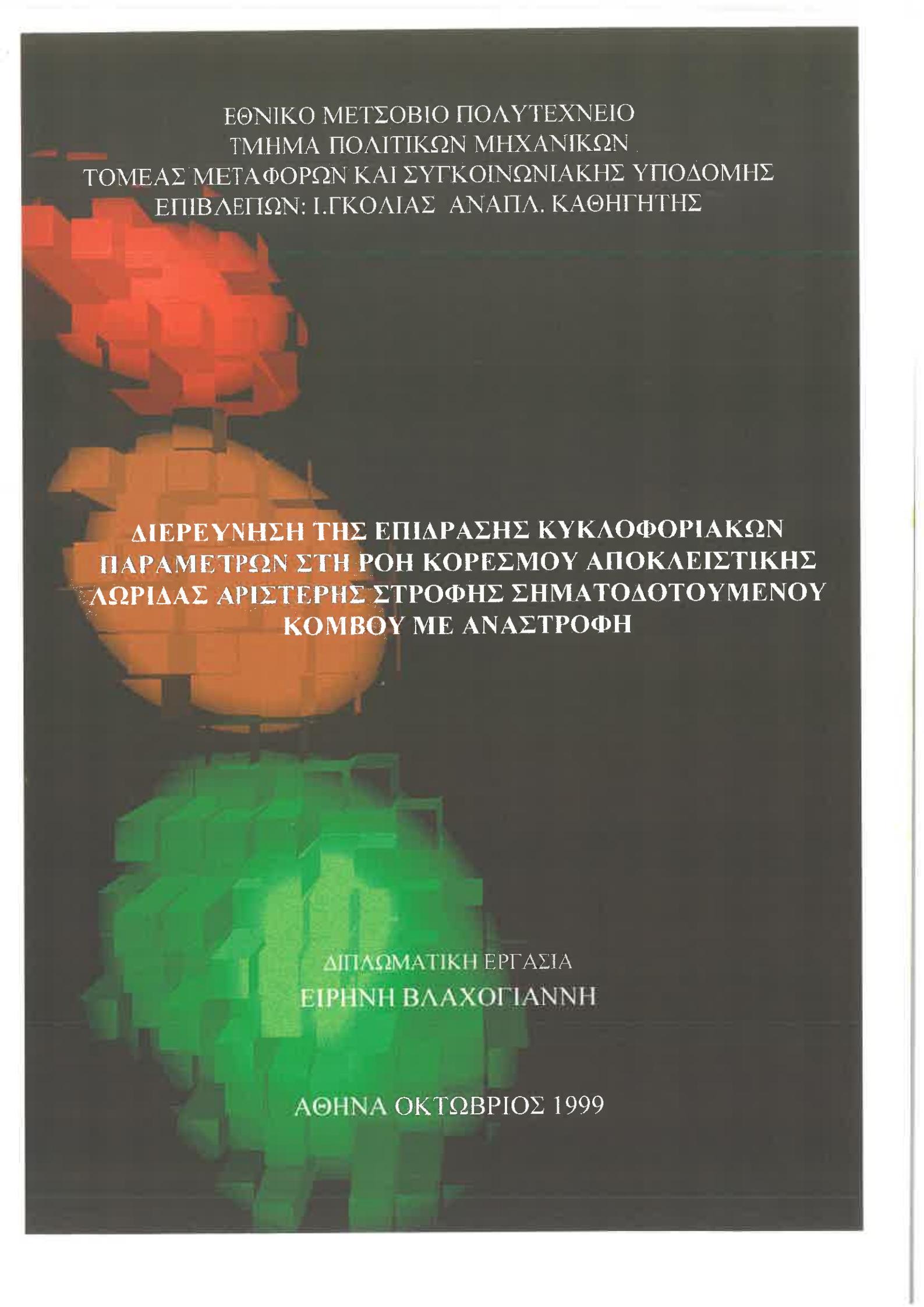




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι.ΓΚΟΛΙΑΣ ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΗΣ
ΛΩΡΙΔΑΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ
ΚΟΜΒΟΥ ΜΕ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΙΡΗΝΗ ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1999

ΣΥΝΟΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης κυκλοφοριακών παραμέτρων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου στον οποίο πραγματοποιούνται αναστροφές. Συγκεκριμένα, εξετάζεται με τη μέθοδο της προσομοίωσης η επιρροή του ποσοστού των αναστροφών, του λόγου του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης, ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας και η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν κυκλοφοριακές μετρήσεις σε κατάλληλο σηματοδοτούμενο κόμβο με αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to define the effect of several traffic parameters on saturation flow rate of an exclusive left-turn lane where U-turn is permitted. Percentage of U-turning vehicles, ratio of effective green time to the cycle length g/C , traffic volume Q and cycle length C are examined by using simulation as a tool of analysis. For this purpose, a suitable signalized intersection with an exclusive left-turn lane was chosen and traffic data were collected.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη διερεύνηση της επίδρασης κυκλοφοριακών παραμέτρων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές . Οι κυκλοφοριακές παράμετροι των οποίων εξετάζεται η επίδραση είναι ο λόγος του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης g/C , ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας Q και η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης C .

Η μέθοδος που επιλέχτηκε για την ανάλυση και την εξαγωγή συμπερασμάτων είναι η προσομοίωση. Η επιλογή βασίστηκε στα πολλά πλεονκτήματα της μεθόδου. Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά της είναι ότι για τη συγκεκριμένη μελέτη, στην οποία διερευνήθηκε η επίδραση διαφόρων ποσοστών οχημάτων που κάνουν αναστροφή στην ροή κορεσμού χρειάστηκε μικρότερος αριθμός μετρήσεων και κατ'επέκταση λιγότερος χρόνος για τη συλλογή τους από το αν η διερεύνηση γινόταν με τη χρήση μαθηματικών μεθόδων. Ακόμα, με την κατασκευή του προτύπου προσομοίωσης έγινε δυνατή η διερεύνηση της επίδρασης του κυκλοφοριακού φόρτου της αριστερής λωρίδας Q , της διάρκειας της περιόδου του σηματοδότη C και του λόγου g/C της

χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου στη ροή κορεσμού για διάφορα ποσοστά οχημάτων που κάνουν αναστροφή.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης ήταν οι τιμές του μέσου χρονικού διαχωρισμού για διάφορα ποσοστά αναστροφών και διάφορες τιμές των παραπάνω κυκλοφοριακών παραμέτρων, που είναι αντιπροσωπευτικές για την αριστερή λωρίδα. Από τους μέσους χρονικούς διαχωρισμούς, με τη μέθοδο των λόγων των χρονικών διαχωρισμών, προέκυπτε η ροή κορεσμού της λωρίδας.

Με την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι για διάφορα ποσοστά αναστροφών η ροή κορεσμού μειώνεται μέχρι το ποσοστό αναστροφών να γίνει 40-70% και ύστερα αρχίζει να αυξάνεται μέχρι το ποσοστό να γίνει 100%. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο χρόνο πράσινου g και τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας.

Για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής με αναστροφές προτείνονται δύο καμπύλες. Η μια αντιστοιχεί σε μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πράσινου και μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο και η άλλη σε μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πράσινου και μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και σε μεγάλο χρησιμοποιούμενο χρόνο πράσινου και οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο. Οι τιμές της ροής κορεσμού για ενδιάμεσες τιμές του χρησιμοποιούμενου πράσινου και του κυκλοφοριακού φόρτου μπορούν να προκύψουν από τις δύο καμπύλες ανάλογα με το ποια τιμή από τις δύο προσεγγίζεται περισσότερο. Ακόμα, για τη μείωση της αβεβαιότητας που προκύπτει κατά το γραφικό υπολογισμό της ροής κορεσμού υπολογίστηκε ο λόγος του οποίου ο αριθμητής είναι το χρησιμοποιούμενο πράσινο μειωμένο κατά 6δλ, που είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αποκατάσταση των συνθηκών κορεσμού, και ο παρανομαστής είναι το γινόμενο του κυκλοφοριακού φόρτου ανά φάση επί το μέσο χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων που υπολογίστηκε με τη μέθοδο της προσομοίωσης. Δηλαδή:

$$\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$$

όπου g: ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πρασίνου
 Q: ο κυκλοφοριακός φόρτος της αριστερής λωρίδας
 n: ο αριθμός των φάσεων
 $\bar{H}$: ο μέσος χρονικός διαχωρισμός

Από την ανάλυση των τιμών του λόγου προέκυψε μια καμπύλη με συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.57$. Έτσι, από αυτή την καμπύλη γνωρίζοντας την τιμή του παραπάνω λόγου είναι δυνατός ο υπολογισμός της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΣΥΝΟΨΗ	
ABSTRACT	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ	1
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
1.3 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	4
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	6
2.1 ΙΣΟΠΕΔΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΙ ΚΟΜΒΟΙ	6
2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	6
2.1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	7
2.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	9
2.3 ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ	10
2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	12
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	15
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	15
3.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	17
3.1.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	17
3.1.3 ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	18
3.1.4 ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	18
3.1.5 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	19
3.1.6 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	21
3.1.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	22
3.1.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	24
3.1.9 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	25



3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	26
3.2.1 ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	26
3.2.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΟΥΡΑΣ	33
3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	34
3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	34
3.3.2 ΑΝΙΚΕΙΜΕΝΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ SIMUL8	34
3.3.3 ΤΥΧΑΙΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ	35
3.3.4 ΣΥΛΛΗΨΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	36
3.3.5 ΟΠΤΙΚΗ ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	37
 4. ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	
4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	39
4.1.1 ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	39
4.1.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	40
4.1.3 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	41
4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	42
4.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	42
4.2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΒΙΝΤΕΟΚΑΜΕΡΑ	43
4.2.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΧΕΙΡΟΣ	45
4.2.4 ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	46
4.2.5 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	47
4.2.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	48
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	49
4.3.1 ΓΕΝΙΚΑ	49
4.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΟΓΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΩΝ (HEADWAY RATIO METHOD)	49
4.3.3 ΧΑΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	50
4.3.4 ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	52
4.3.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	52
4.3.6 ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ	53
4.3.7 ΜΕΣΟΙ ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΙ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥΣ	54
4.3.8 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	55
 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	57
5.1 ΓΕΝΙΚΑ	57
5.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	58

5.3 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	61
5.3.1 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	62
5.3.2 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	63
5.3.3 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	65
5.3.4 ΕΞΑΛΕΙΨΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΡΟΛΗΨΙΑΣ	66
5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	68
5.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΝΟΥΝ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ	69
5.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΛΟΓΟ g/C ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	74
5.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΦΟΡΤΟ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ	86
5.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ C	96
5.9 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	99
6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ	108
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	108
6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ	109
7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	
7.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	127

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

	Σελίδα
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
Πίνακας 4.1: Μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί κάθε κατηγορίας οχημάτων.	54
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
Πίνακας 5.1: Τιμών ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\Omega\text{ΡΑ}$	70
Πίνακας 5.2: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=150\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	75
Πίνακας 5.3: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=200\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	75
Πίνακας 5.4: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=300\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	76
Πίνακας 5.5: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=150\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	77
Πίνακας 5.6: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	77
Πίνακας 5.7: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	78
Πίνακας 5.8: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=150\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	82
Πίνακας 5.9: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=200\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	82
Πίνακας 5.10: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=300\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	83
Πίνακας 5.11: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=150\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	83
Πίνακας 5.12: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	84
Πίνακας 5.13: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	84
Πίνακας 5.14: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=150\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ}/\acute{\omega}\text{ρα}$	

και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	87
Πίνακας 5.15: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	87
Πίνακας 5.16: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.4$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	88
Πίνακας 5.17: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$	89
Πίνακας 5.18: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	89
Πίνακας 5.19: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	93
Πίνακας 5.20: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$	93
Πίνακας 5.21: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.4$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$	94
Πίνακας 5.22: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$	95
Πίνακας 5.23: Τιμές ροής κορεσμού για $g=24\delta\lambda$ και για $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$	96
Πίνακας 5.24: Τιμές ροής κορεσμού για $g=24\delta\lambda$ και για $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$	97
Πίνακας 5.25: Τιμές ροής κορεσμού για $g=24\delta\lambda$ και για $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	97
Πίνακας 5.26: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$	98
Πίνακας 5.27: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$	98
Πίνακας 5.28: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$	99
Πίνακας 5.29: Συνολικός πίνακας τιμών ροής κορεσμού	100
Πίνακας 5.30: Τελικός πίνακας τιμών ροής κορεσμού	101
Πίνακας 5.31: Τιμές του λόγου $\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$ και οι αντίστοιχες τιμές της ροής κορεσμού.	105

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ & ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σελίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Σχήμα 2.1: Σχηματική παράσταση μεταβολής του ρυθμού αποφόρτισης μιας πρόσβασης ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου κατά τη διάρκεια μιας κορεσμένης πράσινης περιόδου.	11
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής για τη δημιουργία προτύπου προσομοίωσης.	32
Σχήμα 3.2: Σύστημα εξυπηρέτησης ουράς.	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Διάγραμμα 4.1: Εύρεση του σημείου που αρχίζει η ροή κορεσμού.	51
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σχήμα 5.1: Διάγραμμα ροής του προτύπου προσομοίωσης που χρησιμοποιείται για την ανάλυση.	60
Σχήμα 5.2: Κατασκευή προτύπου, επαλήθευση και έλεγχος αξιοπιστίας.	63
Διάγραμμα 5.1: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $g/C=0.2$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $C=120\delta\lambda$	71
Διάγραμμα 5.2: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$.	79
Διάγραμμα 5.3: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$.	80
Διάγραμμα 5.4: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$.	
Διάγραμμα 5.5: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για διάφορες κυκλοφοριακές συνθήκες.	102

Διάγραμμα 5.6: Υπολογισμός της ροής κορεσμού με βάση το βαθμό κορεσμού της λωρίδας.

106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η διοχέτευση της κυκλοφορίας στους κόμβους, στους οποίους παρουσιάζονται υψηλοί φόρτοι, γίνεται με τη βοήθεια διαχωριστικών νησίδων. Ένας από τους κύριους σκοπούς των νησίδων είναι η βελτίωση της οδικής ασφάλειας των οχημάτων που κινούνται στον κόμβο. Οι νησίδες στους κόμβους, στους οποίους παρουσιάζονται σημαντικοί φόρτοι οχημάτων που στρέφουν

αριστερά, κατασκευάζονται έτσι ώστε να δημιουργείται αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής και να διευκολύνεται με αυτόν τον τρόπο η εξυπηρέτηση των αριστερά στρεφόντων οχημάτων. Σε μερικούς από αυτούς τους κόμβους μαζί με την αριστερή στροφή επιτρέπεται και η αναστροφή των οχημάτων (U-turn).

Η αναστροφή πραγματοποιείται σε περιπτώσεις που ο οδηγός θέλει να αλλάξει κατεύθυνση στην οδό που κινείται. Έτσι παρατηρούνται οχήματα που κάνουν αναστροφή σε οδούς κατά μήκος των οποίων, βρίσκονται εμπορικά κέντρα εστιατόρια, τράπεζες, νοσοκομεία, κτλ. Η δυνατότητα που έχουν τα οχήματα να πραγματοποιούν αναστροφή, εξαιτίας της ύπαρξης διαχωριστικών νησίδων, αντί να στρέφουν αριστερά διασχίζοντας οδούς με υψηλό φόρτο, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ατυχημάτων.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες μπορεί να εμφανιστούν σημαντικά ποσοστά οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων που στρέφουν αριστερά. Τα οχήματα αυτά, όπως είναι προφανές πρέπει να επηρεάζουν τη ροή των οχημάτων που στρέφουν αριστερά.

Η επιρροή αυτή δε λαμβάνεται υπόψη από το 1985 Highway Capacity Manual (HCM) κατά τον υπολογισμό ροής κορεσμού λωρίδας αριστερής στροφής. Στην προσπάθεια διερεύνησης αυτής της επιρροής, έγινε μι μελέτη από το Τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών του πανεπιστημίου της Βόριας Καρολίνας με στόχο τον καθορισμό της επίδρασης των αναστροφών στη ροή κορεσμού λωρίδας αριστερής στροφής . Ένας δεύτερος σκοπός ήταν η προσπάθεια προσδιορισμού μειωτικών συντελεστών με βάση τα ποσοστά των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων σε μια πρόσβαση. Από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν μειωτικοί συντελεστές 1.0, 0.9 και 0.8 για ποσοστά αναστροφών μικρότερα από 65%, από 65-85% και μεγαλύτερα από 85% αντίστοιχα.

Επίσης, μια διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο ΕΜΠ, με θέμα την επίδραση των αναστροφών στην κυκλοφοριακή ικανότητα αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιρροή των αναστροφών στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής εξαρτάται από το πλάτος των οδών στις προσβάσεις δηλαδή, από τον αριθμό των λωρίδων στις προσβάσεις. Η μελέτη έγινε σε δύο διαφορετικές προσβάσεις με δύο και τρεις λωρίδες. Για κάθε πρόσβαση προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Σε πρόσβαση δύο λωρίδων ισχύει $MEA_{ANAS}=1,653 MEA_{AP}$
- Σε πρόσβαση τριών λωρίδων ισχύει $MEA_{ANAS}=1,411 MEA_{AP}$

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου, στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές. Εξετάστηκαν δηλαδή, κάποιες παράμετροι, όπως ο λόγος g/C του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης, ο κυκλοφοριακός φόρτος της αριστερής λωρίδας και η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης C , για να βρεθεί η επιρροή τους στη ροή κορεσμού.

Για την παραπάνω διερεύνηση κατασκευάστηκε ένα πρότυπο προσομοίωσης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων.

1.3 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Στο **1^ο κεφάλαιο** γίνεται μια εισαγωγή στους στόχους και στο αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.
- Στο **2^ο κεφάλαιο** περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο στηρίχτηκε η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά σε παλαιότερες χαρακτηριστικές έρευνες με το αντικείμενο.
- Στο **3^ο κεφάλαιο** αναπτύσσονται περιεκτικά τα κριτήρια επιλογής του εξεταζόμενου οδικού τμήματος, η διαδικασά συλλογής στοιχείων και γίνεται αναφορά σε ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των μετρήσεων.
- Στο **4^ο κεφάλαιο** περιγράφεται η προσομοίωση, που επιλέχτηκε ως μέθοδος για την λήψη αποτελεσμάτων, και περιγράφεται η διαδικασία δημιουργίας του προτύπου προσομοίωσης.
- Στο **5^ο κεφάλαιο** αρχικά περιγράφεται ο έλεγχος αξιοπιστίας του προτύπου προσομοίωσης και στη συνέχεια παρουσιάζεται διεξοδικά η ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης για τις διάφορες παραμέτρους.
- Στο **6^ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται μια αντιπροσωπευτική εφαρμογή, στην οποία παρουσιάζεται η επιρροή των διαφόρων παραμέτρων, που διερευνόντα στην καθυστέρηση του εξεταζόμενου κόμβου.

- Στο 7^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των μετρήσεων, γίνεται μια προσπάθεια ερμηνείας τους και αναφέρονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΙΣΟΠΕΔΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΙ ΚΟΜΒΟΙ**2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ**

Οι ισόπεδοι κόμβοι, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές, αποτελούν τον κύριο παράγοντα των συνθηκών ροής και της κυκλοφοριακής ικανότητας μιας οδού. Οι

ισόπεδοι κόμβοι σ'ένα τμήμα οδού ελέγχουν, κατά κύριο λόγο, τη δυνατότητα μιας οδικής αρτηρίας να εξυπηρετήσει τις ροές οχημάτων και πεζών. Όταν εξετάζεται η κυκλοφοριακή ικανότητα ενός κόμβου, υπολογίζεται η κυκλοφοριακή ικανότητα κάθε επιμέρους πρόσβασης στον κόμβο ή και τμήματος της πρόσβασης.

Η κυκλοφορία στο μεγαλύτερο ποσοστό των ισόπεδων κόμβων του κυρίου αρτηριακού οδικού δικτύου μιας πόλης, ιδιαίτερα στην κεντρική της περιοχή, ρυθμίζεται με φωτεινή σηματοδότηση (traffic signalization). Οι κόμβοι με φωτεινή σηματοδότηση παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον, γιατί σ'αυτούς εμφανίζονται τα κυριότερα προβλήματα κυκλοφοριακής ικανότητας. Μη σηματοδοτούμενοι κόμβοι είναι αυτοί ακριβώς που δεν παρουσιάζουν μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους. Όταν οι φόρτοι αυτοί αυξηθούν, εγκαθίσταται συνήθως φωτεινή σηματοδότηση.

2.1.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Κάθε εγκατάσταση σηματοδότησης απαιτεί μια διεξοδική μελέτη των κυκλοφοριακών συνθηκών και του δικτύου, ώστε να επιλεγούν οι κόμβοι όπου είναι απαραίτητη η σηματοδότηση και να καθοριστούν το είδος και τα χαρακτηριστικά μεγέθη λειτουργίας του συστήματος. Παρακάτω εξετάζονται μερικές βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται στις μελέτες σηματοδότησης [1].

Περίοδος (cycle): Είναι η χρονική διάρκεια που απαιτείται για μια πλήρη διαδοχή ενδείξεων των σηματοδοτών. Μεγαλύτερες περίοδοι εξυπηρετούν περισσότερα οχήματα ανά ώρα, δημιουργούν όμως μεγαλύτερες καθυστερήσεις. Έτσι, κατά τη μελέτη σηματοδότησης ενός κόμβου ή συστήματος κόμβων, επιλέγονται οι μικρότερες δυνατές περίοδοι που μπορούν να εξυπηρετήσουν την τρέχουσα κυκλοφορία, ώστε να προκύψει η ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση.

Συνήθως οι περίοδοι σηματοδότησης είναι 60δλ σε πρόγραμμα εκτός αιχμής, 90δλ σε ώρες αιχμής (αιχμή προς κέντρο) και 120δλ σε περιπτώσεις μεγάλων κυκλοφοριακών φόρτων.

Φάση (phase): Είναι το τμήμα της περιόδου όπου δίνεται προτεραιότητα σε μια κίνηση ή σε ένα συνδυασμό κινήσεων. Ο αριθμός των φάσεων σε ένα σηματοδοτούμενο κόμβο καθορίζεται από τον αριθμό και το μέγεθος των κυκλοφοριακών ρευμάτων οχημάτων και πεζών που πρόκειται να εξυπηρετηθούν.

Χρόνος κίτρινης ένδειξης (yellow or amber interval): Στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες, χρησιμοποιείται η κίτρινη ένδειξη των σηματοδοτών μόνο πριν από την κόκκινη ένδειξη με διπλό σκοπό:

1. Να ειδοποιήσει τους οδηγούς που πλησιάζουν τον κόμβο ότι η πράσινη ένδειξη τελειώνει, ώστε να τους επιτρέψει να σταματήσουν ομαλά.
2. Να επιτρέψει στα οχήματα ή τους πεζούς που βρίσκονται μέσα στο σηματοδοτούμενο κόμβο να απομακρυνθούν από την περιοχή των δυνατών συγκρούσεων, πριν κινηθούν τα ρεύματα οχημάτων και πεζών της προηγούμενης φάσης.

Χρόνος πράσινης ένδειξης (green interval): Είναι ο χρόνος που ο σηματοδότης έχει πράσινη ένδειξη.

Ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ πράσινων ενδείξεων (intergreen period) Η χρονική περίοδος μεταξύ του τέλους της πράσινης ένδειξης, της φάσης που τερματίζεται (χάνει την προτεραιότητα) και της αρχής της πράσινης ένδειξης της φάσης που αρχίζει (αποκτά την προτεραιότητα) ονομάζεται «ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ πράσινων ενδείξεων». Κατ'ελάχιστο είναι ίσος με το χρόνο της κίτρινης

ένδειξης. Σε εκτεταμένους όμως κόμβους, όπου το χρονικό διάστημα «εκκένωσης» του κόμβου είναι σημαντικό, ο ενδιάμεσος χρόνος μπορεί να είναι ουσιαστικά μεγαλύτερος από την κίτρινη ένδειξη.

Καθολική κόκκινη ένδειξη (all red period): σε κόμβους με μεγάλη κίνηση πεζών είναι δυνατή η δημιουργία μιας ιδιαίτερης φάσης για την αποτελεσματική εξυπηρέτηση των πεζών που μπορούν έτσι να κινηθούν ταυτόχρονα σε όλες τις κατευθύνσεις, ακόμα και διαγώνια. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, όλοι οι σηματοδότες οχημάτων παρουσιάζουν κόκκινη ένδειξη, που ονομάζεται καθολική κόκκινη ένδειξη.

Χαμένος χρόνος (lost time): Είναι ο χρόνος μιας φάσης που καταναλώνεται στις εκκινήσεις των οχημάτων, την εκκένωση του κόμβου από τα οχήματα και σε τυχόν περιόδους καθολικής κόκκινης ένδειξης.

Χρησιμοποιούμενος χρόνος (effective time): Είναι ο χρόνος που προκύπτει, αν αφαιρεθεί από την περίοδο ο χαμένος χρόνος. Δηλαδή είναι ο χρόνος που χρησιμοποιείται για την κίνηση των οχημάτων.

2.2 ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η **κυκλοφοριακή ικανότητα** (traffic capacity) εκφράζει το μέγιστο αριθμό οχημάτων ή πεζών που μπορούν να περάσουν από ένα δεδομένο σημείο ή ομοιόμορφο τμήμα λωρίδας κυκλοφορίας ή οδού, κατά μια κατεύθυνση ή και κατά τις δύο κατευθύνσεις κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου, με τις οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες και τις συνθήκες ελέγχου της κυκλοφορίας που επικρατούν.[1]

Για την περίπτωση της *διακοπτόμενης ροής*, που παρουσιάζεται στις αστικές περιοχές, ο καθορισμός βασικών κυκλοφοριακών ικανοτήτων υπό ιδανικές συνθήκες δεν είναι εύκολος, γιατί απαιτείται μια λεπτομερής εξέταση των αιτιών που προκαλούν τις διακοπές. Γενικά, στις ΗΠΑ γίνεται δεκτό ότι μια λωρίδα κυκλοφορίας αστικής αρτηρίας μπορεί να εξυπηρετήσει, υπό ιδανικές συνθήκες, 1800 επιβατικά οχήματα ανά ώρα πράσινης ένδειξης. Μετρήσεις που έγιναν από το ΕΜΠ έδωσαν αντίστοιχα 2100 ΜΕΑ ανά ώρα πράσινης ένδειξης και λωρίδα.[1]

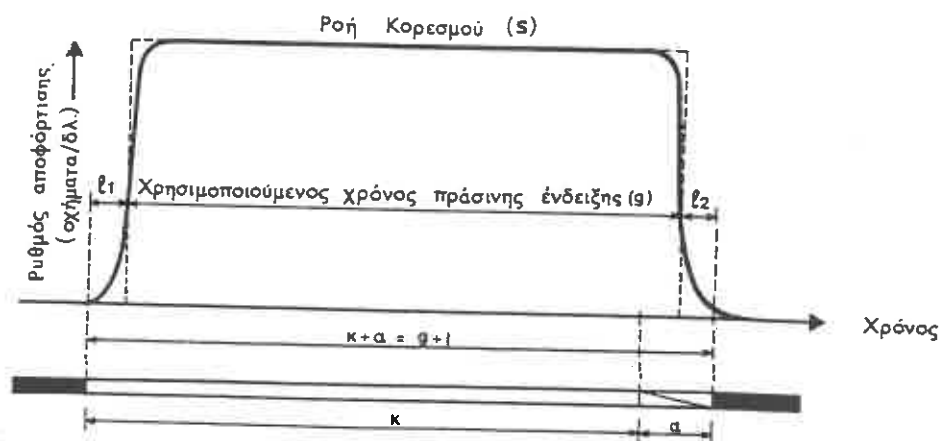
Η **κυκλοφοριακή ικανότητα πρόσβασης** (intersection approach capacity) ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός ροής (ιδανικός) για την υπόψη πρόσβαση που μπορεί να πραγματοποιηθεί υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες και τις συνθήκες σηματοδότησης. Ο ρυθμός ροής εξετάζεται για περίοδο 15 πρώτων λεπτών (χρήση ΣΩΑ) και η κυκλοφοριακή ικανότητα μετριέται σε οχήματα ανά ώρα.[1]

2.3 ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ

Τα τελευταία χρόνια, η κυκλοφοριακή ικανότητα των ισόπεδων σηματοδοτούμενων κόμβων έχει αποτελέσει θέμα πολλών μελετών. Οι διαδικασίες για την εκτίμησή της βασίζονται στη χρήση ενός «ιδανικού» μέγιστου κυκλοφοριακού ρυθμού ροής (ροή κορεσμού) που αντανάκλα τις συγκεκριμένες τοπικές συνθήκες, που μπορεί να μην είναι ιδανικές.

Το παρακάτω σχήμα αποτελεί το διάγραμμα αποφόρτισης μιας κορεσμένης πρόσβασης κόμβου. Το βασικό πρότυπο μιας κορεσμένης πρόσβασης πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τον Webster σε μια μελέτη του (Traffic Signal Settings) που δημοσιεύτηκε το 1958. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, όταν η

ένδειξη του σηματοδότη γίνει πράσινη, ο ρυθμός ροής αυξάνει γρήγορα μέχρι κάποια χρονική στιγμή, οπότε και σταθεροποιείται σε μια τιμή. Αυτή η ομοιόμορφη ροή ονομάζεται **ροή κορεσμού** της πρόσβασης (S) και ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός ροής, που μπορεί να περάσει από μια δοσμένη πρόσβαση κόμβου ή ομάδα λωρίδων, υπό τις επικρατούσες οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες, με την παραδοχή 100% χρησιμοποιούμενου χρόνου πράσινης ένδειξης. Μετριέται σε οχήματα ανά ώρα χρησιμοποιούμενου πράσινου.[3]



Σχήμα 2.1: Σχηματική παράσταση μεταβολής του ρυθμού αποφόρτισης μιας πρόσβασης ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου κατά τη διάρκεια μιας κορεσμένης πράσινης περιόδου.

Η ροή κορεσμού σε οχήματα εξαρτάται από τις οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες, δηλαδή από την οριζοντιογραφική διάταξη του κόμβου (και ιδιαίτερα από το πλάτος των λωρίδων κυκλοφορίας στις προσβάσεις του κόμβου), τις κατά μήκος κλίσεις, τον αριθμό των οχημάτων που στρέφουν, τη σύνθεση της κυκλοφορίας, την παρουσία σταθμευμένων αυτοκινήτων και από το είδος των οχημάτων που διέρχονται από τον εξεταζόμενο κόμβο.

Για την εκτίμηση της επιρροής των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων στη ροή κορεσμού, προκύπτει η ανάγκη καθιέρωσης κοινού μέτρου σύγκρισης (μονάδα μέτρησης). Απαιτείται δηλαδή, η αναγωγή του κυκλοφοριακού φόρτου εκφρασμένου ως αθροίσματος των οχημάτων διαφόρων κατηγοριών, σε αντίστοιχο κυκλοφοριακό φόρτο μιας συγκεκριμένης κατηγορίας οχημάτων, η οποία χρησιμοποιείται ως μέτρο σύγκρισης. Έτσι η ροή κορεσμού μπορεί να γραφτεί και σε ΜΕΑ ανά ώρα [2]. Η ροή κορεσμού επηρεάζεται από παράγοντες, όπως από το αν είναι ημέρα ή νύχτα, εάν είναι ώρα αιχμής και από το αν βρέχει.

2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.

Η κυκλοφοριακή ικανότητα μιας πρόσβασης μπορεί να μεταβληθεί με τους παρακάτω τρόπους:

- Αύξηση της περιόδου του σηματοδότη έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας.
- Μείωση της διάρκειας της πράσινης ένδειξης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας.
- Αύξηση της ροής κορεσμού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας.
- Μείωση του χαμένου χρόνου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας.[4]

Η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής με προστατευόμενη φάση ισούται με τη ροή κορεσμού μιας λωρίδας υπό ιδανικές συνθήκες, μειωμένη μ'έναν συντελεστή που προκύπτει από τον Αμερικάνικο

Κανονισμό. Έτσι, για ιδανική ροή 1800 οχήματα ανά ώρα πρασίνου, η οποία προτείνεται σύμφωνα με τη μέθοδο ΗΠΑ, προκύπτει ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής είναι ίση με $S=0,95 \cdot 1800=1710$ οχήματα/ώρα πράσινης ένδειξης. Για τα ελληνικά δεδομένα, μια τιμή 2100 οχήματα ανά ώρα πρασίνου φαίνεται πιο κοντά στην πραγματικότητα, οπότε ανάλογα η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής είναι ίση με $S=0,95 \cdot 2100=1995$ οχήματα/ώρα πράσινης ένδειξης.

Όμως, την αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής χρησιμοποιούν και τα οχήματα που κάνουν αναστροφή. Όσο περισσότερα οχήματα, που χρησιμοποιούν την αριστερή λωρίδα, κάνουν αναστροφή, τόσο περισσότερο μειώνεται η ροή κορεσμού της λωρίδας. Ωστόσο, στους υπολογισμούς της κυκλοφοριακής ικανότητας λωρίδας αριστερής στροφής ο Κανονισμός 1985 HCM (Highway Capacity Manual) δε λαμβάνει υπόψη αυτήν την κίνηση των οχημάτων.

Μια μελέτη, που πραγματοποιήθηκε στο πανεπιστήμιο της Βόριας Καρολίνας από το τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ροή κορεσμού λωρίδας αριστερής στροφής επηρεάζεται από το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή. Η μελέτη αυτή προτείνει μειωτικό συντελεστή 1,0 για ποσοστό οχημάτων που κάνουν αναστροφή μέχρι 65%, 0,90 για ποσοστό οχημάτων που κάνουν αναστροφή από 65-85% και 0,80 για ποσοστό οχημάτων που κάνουν αναστροφή που ξεπερνά το 85%.[9]

Επίσης, μια διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο ΕΜΠ, με θέμα την επίδραση των αναστροφών στην κυκλοφοριακή ικανότητα αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επιρροή των αναστροφών στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής εξαρτάται από το πλάτος των οδών στις προσβάσεις, δηλαδή από τον αριθμό των λωρίδων στις προσβάσεις. Η μελέτη έγινε σε δύο διαφορετικές προσβάσεις με δύο και τρεις λωρίδες. Για κάθε πρόσβαση προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Σε πρόσβαση δύο λωρίδων ισχύει $MEA_{ΑΝΑΣ}=1,653 MEA_{AP}$
- Σε πρόσβαση τριών λωρίδων ισχύει $MEA_{ΑΝΑΣ}=1,411 MEA_{AP}$

Αυτό σημαίνει ότι σε πρόσβαση δύο λωρίδων η πραγματοποίηση αναστροφών επιβαρύνει τη ροή κορεσμού κατά 65,3% (ποσοστό αναστροφών) περίπου. Αντίστοιχα, για πρόσβαση τριών λωρίδων προκύπτει μια επιβάρυνση 41,1% περίπου της ροής κορεσμού. [10]

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα δειχθεί η επίδραση διαφόρων κυκλοφοριακών παραμέτρων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Προσομοίωση είναι μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων με σκοπό τον προσδιορισμό και την ανάλυση του προτύπου ενός συστήματος. Η προσομοίωση, είτε πραγματοποιείται σε Η/Υ, είτε με κάποιον άλλον τρόπο, σχετίζεται με τη δημιουργία μιας τεχνητής ιστορίας του συστήματος, από την παρατήρηση της

οποίας εξάγονται συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του πραγματικού συστήματος.

Η συμπεριφορά του συστήματος, όπως αυτό εξελίσσεται στο χρόνο, μελετάται με την ανάπτυξη του **προτύπου προσομοίωσης**. Το πρότυπο αυτό βασίζεται σε μια σειρά υποθέσεων, που αφορούν τη λειτουργία του υπό εξέταση συστήματος. Οι εν λόγω υποθέσεις εκφράζονται με μαθηματικές, λογικές και συμβολικές σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων του συστήματος. Μετά την ανάπτυξή του και τον έλεγχο αξιοπιστίας του, το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έρευνα και τη μελέτη ενός ευρέος φάσματος ερωτήσεων σχετικά με το πραγματικό σύστημα.

Η προσομοίωση βοηθάει στην πρόβλεψη των επιδράσεων πιθανών αλλαγών του συστήματος στη λειτουργία του ή στη μελέτη συστημάτων, που βρίσκονται στο στάδιο του σχεδιασμού, δηλαδή συστημάτων πριν από τη λειτουργία τους. Έτσι η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο ανάλυσης για την πρόβλεψη της επίδρασης διαφόρων αλλαγών στο υπάρχον σύστημα και ως εργαλείο σχεδιαστικό για την λειτουργία καινούργιου συστήματος κάτω από διάφορες συνθήκες.

Η επίλυση των προτύπων, σε μερικές περιπτώσεις, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μαθηματικών μεθόδων, δηλαδή με τη χρήση του διαφορικού λογισμού, της θεωρίας των πιθανοτήτων, με αλγεβρικές μεθόδους ή με άλλες μαθηματικές τεχνικές. Τα περισσότερα όμως πραγματικά συστήματα είναι τόσο πολύπλοκα, που τα πρότυπά τους είναι δύσκολο να επιλυθούν με τη χρήση μαθηματικών μεθόδων. Σ'αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μαθηματικά πρότυπα, τα οποία έχουν σκοπό ν'αναπαραστήσουν (προσομοιάσουν) τη συμπεριφορά του συστήματος στο χρόνο.

3.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το σύστημα ορίζεται ως μια σειρά αντικειμένων τα οποία αλληλεπιδράζονται και αλληλεπιδρούν με καθορισμένο ή τυχαίο τρόπο για την εκπλήρωση ενός σκοπού. Ένα σύστημα επηρεάζεται συνήθως από αλλαγές που συμβαίνουν εκτός του συστήματος, δηλαδή στο περιβάλλον του συστήματος. Επομένως, για την κατασκευή ενός προτύπου του συστήματος είναι απαραίτητος ο καθορισμός των ορίων μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντός του, ο οποίος εξαρτάται κάθε φορά από το σκοπό της μελέτης [5].

3.1.2 ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για την κατανόηση και την ανάλυση ενός συστήματος είναι απαραίτητο να δοθούν κάποιοι ορισμοί:

Στοιχείο (entity): Είναι το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει στο σύστημα (π.χ. όχημα).

Ιδιότητα (attribute): Τα στοιχεία ενός συστήματος έχουν κάποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες.

Δραστηριότητα (activity): Αντιπροσωπεύει μια χρονική περίοδο συγκεκριμένης διάρκειας.

Κατάσταση του συστήματος (state of the system): Περιγράφεται από μεταβλητές που σχετίζονται με το σκοπό της μελέτης.

Γεγονός (event): Είναι ένα στιγμιαίο συμβάν, που μπορεί ν'αλλάξει την κατάσταση του συστήματος.

Ο όρος «ενδογενής» χρησιμοποιείται για να περιγράψει δραστηριότητες και γεγονότα που συμβαίνουν μέσα στο σύστημα. Ο όρος «εξωγενής», αντίθετα χρησιμοποιείται για την περιγραφή δραστηριοτήτων και γεγονότων που συμβαίνουν στο περιβάλλον του συστήματος, αλλά επηρεάζουν το σύστημα.

3.1.3 ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα διάφορα συστήματα κατηγοριοποιούνται σε διακριτά και συνεχή. Διακριτό σύστημα είναι αυτό στο οποίο η κατάσταση των μεταβλητών αλλάζει μόνο σε διακριτά χρονικά σημεία. Συνεχές είναι αυτό στο οποίο η κατάσταση των μεταβλητών αλλάζει συνεχώς με το χρόνο. Στην πράξη λίγα συστήματα είναι μόνο διακριτά ή μόνο συνεχή. Συνήθως όμως, στα περισσότερα συστήματα κυριαρχεί ο ένας μόνο τύπος, οπότε είναι δυνατός ο χαρακτηρισμός ενός συστήματος ως διακριτού ή συνεχούς [5].

3.1.4 ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η μελέτη του συστήματος περιλαμβάνει την πλήρη περιγραφή του, την κατανόηση της συμπεριφοράς του σε ενεστώτα και μελλοντικό χρόνο και τις υπάρχουσες δυνατότητες τροποποίησής του. Ακόμα η μελέτη του συστήματος είναι πολύ σημαντική, γιατί σε πολλές περιπτώσεις βοηθάει στην πρόβλεψη της λειτουργίας του κάτω από καινούργια πολιτική. Ωστόσο, ένα σύστημα μπορεί να βρίσκεται σε υποθετική βάση ή στη φάση του σχεδιασμού, πράγμα που σημαίνει

ότι μπορεί να είναι δύσκολη η διερεύνησή του. Σ' αυτές τις περιπτώσεις η μελέτη του συστήματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του προτύπου του συστήματος, που περιγράφει το σύστημα.

Ως πρότυπο ορίζεται η αναπαράσταση του συστήματος, που έχει ως σκοπό τη μελέτη του συστήματος. Στις περισσότερες μελέτες δεν είναι απαραίτητη η λεπτομερειακή αναπαράσταση του συστήματος. Έτσι, το πρότυπο δεν είναι μόνο μια αναπαράσταση του συστήματος, αλλά και μια απλοποίησή του. Από την άλλη μεριά, το πρότυπο πρέπει ν'αναπαριστά το σύστημα με ικανοποιητική λεπτομέρεια, έτσι ώστε να προκύπτουν σωστά συμπεράσματα για το πραγματικό σύστημα. Τα πρότυπα έχουν και αυτά, όμοια με το σύστημα, στοιχεία, ιδιότητες και δραστηριότητες. Ένα πρότυπο όμως, πάντα περιλαμβάνει στοιχεία που είναι σχετικά με τη μελέτη για την οποία κατασκευάζεται.

3.1.5 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Τα πρότυπα διακρίνονται σε εικονικά, αναλογικά και συμβολικά. Τα εικονικά πρότυπα αποτελούν πιστή, κατά το δυνατόν, αναπαράσταση σε μικρογραφία ή μεγέθυνση του υπό μελέτη συστήματος. Π.χ. φωτογραφίες ή σχέδια αντικειμένων, χάρτες, πρότυπα πλοίων δοκιμαζόμενα σε δεξαμενές, πρότυπα τμημάτων αεροπλάνου δοκιμαζόμενα σε αεροσήραγγες, κτλ. Τα πρότυπα είναι τα πλέον συγκεκριμένα και ειδικά, κατά συνέπεια, και τα πιο δύσχρηστα.

Στα αναλογικά πρότυπα οι ιδιότητες του συστήματος παριστάνονται από άλλες ιδιότητες, όπως π.χ. οι γεωδευτικές γραμμές σε χάρτη παριστάνουν υψόμετρο, οι υδραυλικές ροές παριστάνουν κυκλοφορία (υδραυλικά ανάλογα κυκλοφοριακών συστημάτων), κτλ. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Αναλυτικός Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (Analogue Computer) αποτελεί ένα αναλογικό

πρότυπο πολλαπλής χρήσης. Τα αναλογικά πρότυπα είναι λιγότερο συγκεκριμένα και πιο εύχρηστα από τα εικονικά.

Τα συμβολικά πρότυπα χρησιμοποιούν γράμματα, αριθμούς και άλλους τύπους συμβόλων για την αναπαράσταση παραμέτρων (μεταβλητών και σταθερών) ενός προβλήματος και των σχέσεων μεταξύ τους. Συνήθως λαμβάνουν μορφή μαθηματικών σχέσεων και ονομάζονται μαθηματικά πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά είναι πιο αφηρημένα και γενικά γι αυτό είναι και τα πιο εύχρηστα.[6]

Ένα πρότυπο προσομοίωσης είναι ένας ειδικός τύπος μαθηματικού προτύπου ενός συστήματος. Τα πρότυπα προσομοίωσης ταξινομούνται σε στατικά και δυναμικά, σε αιτιοκρατικά (ντετερμινιστικά) και στοχαστικά και σε διακριτά και συνεχή.

- Ένα στατικό πρότυπο προσομοίωσης αναπαριστά ένα σύστημα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (μερικές φορές ονομάζεται προσομοίωση Monte Carlo).
- Ένα δυναμικό πρότυπο προσομοίωσης αντιπροσωπεύει συστήματα, τα οποία αλλάζουν με το χρόνο.
- Τα αιτιοκρατικά (ντετερμινιστικά) πρότυπα είναι αυτά των οποίων τα δεδομένα θεωρούνται πλήρως προσδιορισμένα και η εξέλιξή τους διέπεται από την αρχή της αλληλουχίας αιτίων και αιτιατών και τα αποτελέσματά τους είναι πλήρως προσδιορισμένα. Για παράδειγμα, εάν οι ασθενείς ενός οδοντιατρείου φτάσουν στην προγραμματισμένη ώρα του ραντεβού τους, τότε οι αφίξεις είναι ντετερμινιστικές.
- Στοχαστικό πρότυπο προσομοίωσης είναι αυτό του οποίου τα δεδομένα περιλαμβάνουν στοιχεία αβεβαιότητας και απροσδιοριστίας και η εξέλιξή του διέπεται από τους νόμους των πιθανοτήτων, οπότε και τα

αποτελέσματά του δίνονται σε πιθανές εκβάσεις, Έτσι, τ'αποτελέσματα της στοχαστικής προσομοίωσης είναι στατιστικές εκτιμήσεις των αληθινών χαρακτηριστικών του συστήματος.

- Τα διακριτά και συνεχή πρότυπα ορίζονται ανάλογα με τα διακριτά και συνεχή συστήματα. Ένα διακριτό πρότυπο προσομοίωσης όμως δεν χρησιμοποιείται πάντα για την αναπαράσταση ενός διακριτού συστήματος, ούτε επίσης ένα συνεχές πρότυπο για ένα συνεχές σύστημα. Επομένως, τα πρότυπα προσομοίωσης μπορεί να είναι και διακριτά και συνεχή. Η επιλογή προτύπου προσομοίωσης που είναι διακριτό ή συνεχές (ή και τα δύο) εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του συστήματος και την αντικειμενικότητα της μελέτης.

3.1.6 Η ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η προσομοίωση είναι ευρέως αποδεκτή ως εργαλείο για την έρευνα και την ανάλυση συστημάτων, εξαιτίας της διαθεσιμότητας γλωσσών προσομοίωσης για ειδικούς σκοπούς, των πολλών υπολογιστικών ικανοτήτων με μειωμένο κόστος ανά λειτουργία και τις εξελιγμένες μεθοδολογίες της.

Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους ακόλουθους σκοπούς:

1. Η προσομοίωση δίνει τη δυνατότητα μελέτης των εσωτερικών αλληλεπιδράσεων ενός πολύπλοκου συστήματος ή ενός υποσυστήματος, το οποίο ανήκει σ'ένα πολύπλοκο σύστημα.
2. Με την προσομοίωση διαφόρων αλλαγών, πληροφοριακών, λειτουργικών, περιβαλλοντικών μπορούν να παρατηρηθούν

τ'αποτελέσματα των επιδράσεων τους στη συμπεριφορά του προτύπου.

3. Η γνώση που αποκτάται κατά το σχεδιασμό προτύπου προσομοίωσης είναι πολύ σημαντική για τη βελτίωση του συστήματος.
4. Η αλλαγή των δεδομένων και τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για το ποιες είναι οι πιο σημαντικές μεταβλητές και για το πώς αλληλεπιδρούν.
5. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται και για την ενίσχυση μεθοδολογιών που επιλύονται αναλυτικά.
6. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη των επιπτώσεων ενός καινούργιου σχεδίου ή μιας καινούργιας πολιτικής.
7. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επαλήθευση των αναλυτικών λύσεων.

3.1.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Προτού χρησιμοποιηθεί η προσομοίωση ως εργαλείο για ανάλυση, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης είναι [5]:

1. Αφού κατασκευαστεί το πρότυπο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλές φορές για την ανάλυση διαφόρων σχεδίων και πολιτικών.
2. Οι μέθοδοι της προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση ενός συστήματος ακόμα και όταν τα δεδομένα δεν είναι πλήρη.
3. Συνήθως τ'αποτελέσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση απαιτούν λιγότερο χρόνο και έχουν μικρότερο οικονομικό κόστος από τ'αποτελέσματα που προκύπτουν από το πραγματικό σύστημα.
4. Οι μέθοδοι της προσομοίωσης εφαρμόζονται πιο εύκολα από τις αναλυτικές μεθόδους.
5. Στ'αναλυτικά πρότυπα απαιτούνται πολλές απλοποιητικές υποθέσεις, ενώ στα πρότυπα προσομοίωσης δεν υπάρχουν τέτοιοι περιορισμοί. Δηλαδή, στ'αναλυτικά πρότυπα υπάρχει περιορισμένος αριθμός μεταβλητών που μπορούν να υπολογιστούν, ενώ στα πρότυπα προσομοίωσης τα δεδομένα που γεννιούνται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση οποιασδήποτε μεταβλητής.
6. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η επίλυση του προβλήματος γίνεται μόνο με τη μέθοδο της προσομοίωσης.

Τα μειονεκτήματα της προσομοίωσης είναι:

1. Η κατασκευή του προτύπου προσομοίωσης και οι έλεγχοι αξιοπιστίας του μπορεί να είναι δαπανηροί.



2. Σ'ένα πρότυπο προσομοίωσης απαιτείται μεγάλος αριθμός εκτελέσεων, πράγμα που μπορεί ν'απαιτεί πολύ χρόνο.
3. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται μερικές φορές σε περιπτώσεις στις οποίες επαρκούν οι αναλυτικές μέθοδοι. Αυτή η κατάσταση οφείλεται στο ότι οι χρήστες εξοικιώνονται με τη μέθοδο της προσομοίωσης και ξεχνούν τις άλλες μεθόδους.

Ωστόσο, στις μέρες μας η ισχύς των δύο πρώτων μειονεκτημάτων μειώνεται εξαιτίας της ύπαρξης γλωσσών για ειδικούς σκοπούς στην προσομοίωση και της ανάπτυξης των H/Y.

3.1.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η προσομοίωση μπορεί να βρει πολλές εφαρμογές. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

1. Προσομοίωση στις λειτουργίες ενός μεγάλου αεροδρομίου που πραγματοποιείται από μια εταιρεία αερογραμμών για να προβλεφθούν οι επιδράσεις των αλλαγών της πολιτικής της εταιρείας.
2. Προσομοίωση της ουράς οχημάτων που σχηματίζεται σ'ένα φωτεινό σηματοδότη.

3.1.9 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η προσομοίωση επιλέχτηκε στη συγκεκριμένη εργασία ως μέθοδος ανάλυσης για τη διερεύνηση της επίδρασης του ποσοστού των οχημάτων που κάνουν αναστροφή στην ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, εξαιτίας των περιορισμένων δεδομένων. Με την προσομοίωση έγινε δυνατή η διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων ποσοστών οχημάτων που κάνουν αναστροφή στην ροή κορεσμού. Η διερεύνηση αυτή, εάν γινόταν με τη χρήση μαθηματικών μεθόδων, θα απαιτούσε μεγάλο αριθμό μετρήσεων και πολύ χρόνο.

Ακόμα, με την κατασκευή του προτύπου έγινε δυνατή η διερεύνηση της επίδρασης του κυκλοφοριακού φόρτου της αριστερής λωρίδας Q , της διάρκειας της περιόδου του σηματοδότη C και του λόγου g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου στη ροή κορεσμού για διάφορα ποσοστά οχημάτων που κάνουν αναστροφή. Δηλαδή, με την προσομοίωση δόθηκε η δυνατότητα ανάλυσης διαφόρων σεναρίων για την αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής, που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Όπως είναι κατανοητό, εάν γινόταν χρήση κάποιας άλλης μεθόδου για να τη διερεύνηση όλων των παραπάνω σεναρίων θα απαιτούνταν μεγάλος αριθμός μετρήσεων σε πολλές προσβάσεις για να προκύψουν τα συμπεράσματα που προέκυψαν με την προσομοίωση. Τα πλαίσια όμως της παρούσας εργασίας είναι πιο περιορισμένα.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι η προσομοίωση είναι μια εύκολη και σχετικά γρήγορη μέθοδος, η οποία, σε συνδυασμό με την ακρίβειά της, αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Η μελέτη με προσομοίωση είναι επιτυχής, όταν ακολουθούνται κάποια βήματα. Τα βήματα αυτά καθοδηγούν τον αναλυτή και τον βοηθούν στην κατασκευή ενός προτύπου που αναπαριστά επακριβώς την πραγματικότητα, διευκολύνει την ανάλυση και δίνει χρήσιμα αποτελέσματα, που μπορούν να εφαρμοστούν στην πραγματικότητα. Τα βήματα αυτά, που περιγράφονται παρακάτω, ακολουθήθηκαν και στην παρούσα εργασία.

3.2.1 ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

1. Κατάστρωση του προβλήματος

Κάθε μελέτη πρέπει να ξεκινάει με μια καταγραφή του προβλήματος. Η καταγραφή αυτή μπορεί να γίνεται από αυτόν που αντιμετωπίζει το πρόβλημα ή από τον αναλυτή, αλλά και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να υπάρχει συνεννόηση και συμφωνία για την κατάστρωση του προβλήματος. Παρόλο που δε φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες, κατά την εξέλιξη της μελέτης το πρόβλημα πρέπει να ξανακαταστρωθεί.

2. Καθορισμός σκοπών και συνολικό πλάνο προγραμματισμού

Ο σκοπός μελέτης ενός συστήματος υποδεικνύει τις ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν με την προσομοίωση. Επομένως, σε αυτό το σημείο παίρνεται η απόφαση για το αν η προσομοίωση είναι η κατάλληλη μεθοδολογία για την επίλυση του προβλήματος. Μέτα την απόφαση ότι η προσομοίωση είναι η

κατάλληλη μέθοδος, δημιουργείται το συνολικό πλάνο, το οποίο περιλαμβάνει τον αριθμό των ανθρώπων που σχετίζονται με την μελέτη, το κόστος αυτής και τον αριθμό των ημερών που απαιτούνται για την εκπλήρωση κάθε φάσης της μελέτης μαζί με την εξαγωγή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων.

3. Κατασκευή προτύπου

Η επιτυχής κατασκευή ενός προτύπου βασίζεται σε μερικές γενικές αρχές, όπως στον προσδιορισμό των μεταβλητών του συστήματος με βάση εμπειρικά δεδομένα, παρατηρήσεις και υποθέσεις, στη συλλογή και τροποποίηση των βασικών υποθέσεων που χαρακτηρίζουν το σύστημα, στην εμπλούτιση, στη διατύπωση και στη μαθηματικοποίηση σχέσεων ανάμεσα στις μεταβλητές του συστήματος που περιγράφουν τη συμπεριφορά του, μέχρι να προκύψει μια χρήσιμη προσέγγιση του. Δηλαδή, ξεκινώντας από ένα απλό πρότυπο καταλήγουμε στο πιο πολύπλοκο. Η πολυπλοκότητα, όμως του προτύπου δεν πρέπει να ξεπερνά τα απαιτούμενα όρια για να μην οδηγούμαστε σε χρονοβόρες και δαπανηρές διαδικασίες. Ακόμα, με την κατασκευή του προτύπου πρέπει ν'άσχοληθεί και ο χρήστης του, έτσι ώστε ν'αυξηθεί η ποιότητα των αποτελεσμάτων και η εμπιστοσύνη του χρήστη στην εφαρμογή προτύπου. Όμως, παρόλα τα παραπάνω, δε μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες για την κατασκευή προτύπων σε κάθε περίπτωση.

4. Συλλογή δεδομένων

Η κατασκευή του προτύπου είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη συλλογή των δεδομένων. Το είδος των δεδομένων που πρέπει να συλλεχθούν υποδεικνύεται κάθε φορά από το σκοπό της μελέτης. Για παράδειγμα, στη μελέτη ενός

σηματοδότη, για την εύρεση του μήκους της ουράς αναμονής, απαιτούνται η κατανομή των αφίξεων των οχημάτων και οι κατανομές εξυπηρέτησής τους. Κάθε αλλαγή στην πολυπλοκότητα του προτύπου, απαιτεί αλλαγή στα στοιχεία των δεδομένων. Η συλλογή των δεδομένων απαιτεί αρκετό χρονικό διάστημα, γι αυτό πρέπει να ξεκινάει αμέσως, συνήθως μαζί με τα πρώτα στάδια κατασκευής του προτύπου.

5. Κωδικοποίηση[5]

Τα περισσότερα πραγματικά συστήματα οδηγούν σε πρότυπα που απαιτούν πολλούς υπολογισμούς και αποθήκευση πολλών πληροφοριών, γι' αυτό για την κωδικοποίησή τους χρησιμοποιούνται Η/Υ. Η κωδικοποίηση του προτύπου μπορεί να γίνει σε γλώσσα γενικού σκοπού, όπως είναι η FORTRAN ή σε γλώσσα προσομοίωσης ειδικού σκοπού, όπως είναι η GPSS, SIMSCRIPT, SLAM. Η γλώσσα γενικού σκοπού απαιτεί περισσότερο χρόνο για να γραφτεί, αλλά εκτελείται από τον Η/Υ πιο γρήγορα από μια γλώσσα προσομοίωσης. Προτιμότερες ωστόσο, είναι οι γλώσσες ειδικού σκοπού, γιατί με αυτές η κωδικοποίηση πραγματοποιείται γρηγορότερα.

6. Επαλήθευση[5]

Η επαλήθευση γίνεται στο πρόγραμμα του Η/Υ που έχει ετοιμαστεί για το πρότυπο προσομοίωσης και ολοκληρώνεται, όταν οι παράμετροι και η δομή της λογικής του προτύπου αντιπροσωπεύονται σωστά από την κωδικοποίηση. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα πολύπλοκα πρότυπα είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, η κωδικοποίηση του προτύπου να γίνει χωρίς σφάλμα. Συνήθως, για την ολοκλήρωση της επαλήθευσης στα περισσότερα στάδια της χρησιμοποιείται η κοινή λογική.

7. Έλεγχος αξιοπιστίας[5]

Η διαπίστωση ότι το πρότυπο, που έχει κατασκευαστεί, αντιπροσωπεύει επακριβώς το πραγματικό σύστημα, αποτελεί τον έλεγχο της αξιοπιστίας του προτύπου. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του προτύπου επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιας επαναληπτικής διαδικασίας σύγκρισης του προτύπου με τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, που έχει ως αποτέλεσμα την εύρεση των διαφορών τους. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται, έως ότου η ακρίβεια του προτύπου θεωρηθεί επαρκής.

8. Εκτελέσεις και ανάλυση

Από την ανάλυση των διαφόρων εκτελέσεων εκτιμώνται τα μεγέθη της λειτουργίας του συστήματος του οποίου γίνεται προσομοίωση.

9. Περισσότερες εκτελέσεις

Όταν ολοκληρωθεί η ανάλυση των εκτελέσεων, ο αναλυτής αποφασίζει, εάν απαιτούνται επιπρόσθετες εκτελέσεις και με βάση ποιο σχέδιο θα πραγματοποιηθούν οι επιπρόσθετες δοκιμές.

10. Περιγραφή προγράμματος και αναφορά αποτελεσμάτων

Η περιγραφή του προγράμματος είναι απαραίτητη για πολλούς λόγους. Για παράδειγμα, εάν το πρόγραμμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ξανά από τον ίδιο ή από διαφορετικό αναλυτή πρέπει να μπορεί να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο αυτό λειτουργεί. Ακόμα, η επαρκής περιγραφή θα διευκολύνει στην

περίπτωση που το πρόγραμμα χρειαστεί τροποποίηση. Επίσης, η περιγραφή του προγράμματος είναι απαραίτητη, όταν ο χρήστης θελήσει ν'αλλάξει τις παραμέτρους του προτύπου προσπαθώντας να αποφασίσει τη σχέση μεταξύ μεταβλητών και μεγεθών λειτουργίας ή να διαπιστώσει ποιες μεταβλητές βελτιστοποιούν τα μεγέθη λειτουργίας.

Επίσης η αναφορά όλων των αποτελεσμάτων πρέπει να είναι σαφής και περιεκτική, έτσι ώστε οι χρήστες του προτύπου να μπορούν να επανεξετάσουν την κατάστρωση του προβλήματος, τ'αποτελέσματα των δοκιμών και την προτεινόμενη λύση του προβλήματος. Τέλος, η αναφορά των αποτελεσμάτων, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι αποφάσεις πρέπει να αιτιολογηθούν περισσότερο, θα αυξήσει την αξιοπιστία του προτύπου και θα διευκολύνει τη διαδικασία κατασκευής του προτύπου.

11. Εφαρμογή

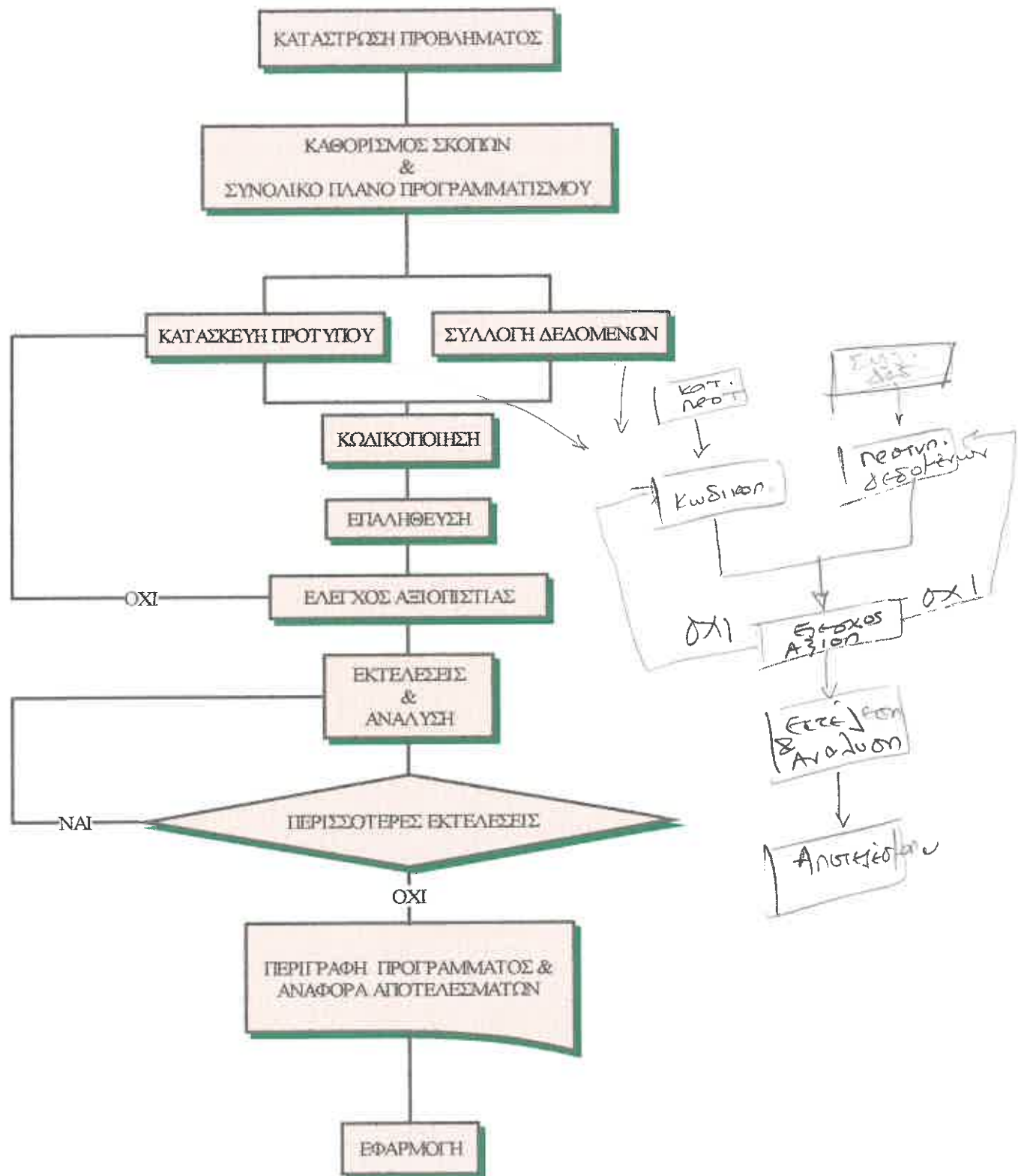
Η επιτυχία του βήματος αυτού εξαρτάται από το πόσο καλά έχουν πραγματοποιηθεί τα υπόλοιπα δέκα βήματα, από το πόσο ο αναλυτής χρησιμοποίησε τον τελικό χρήστη του προτύπου κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας προσομοίωσης και από το πόσο ο χρήστης του προτύπου έχει κατανοήσει τη φύση του και τ'αποτελέσματά του.

Η διαδικασία κατασκευής του προτύπου προσομοίωσης μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τα βήματα 1 και 2 και είναι μια περίοδος «πρώτων σκέψεων» και προσανατολισμού. Περιλαμβάνει την αρχική καταγραφή του προβλήματος, η οποία είναι περιγραφική και το αρχικό πλάνο προγραμματισμού, που συνήθως οργανώνεται ξανά. Η δεύτερη φάση σχετίζεται με την κατασκευή του προτύπου και τη συλλογή δεδομένων και περιλαμβάνει τα 3, 4, 5, 6 και 7 βήματα. Τα βήματα αυτά απαιτούν πολλές επαναλήψεις. Σ'αυτή τη

φάση δε θα πρέπει να αποκλείεται ο χρήστης του προτύπου για την αποφυγή προβλημάτων κατά την εφαρμογή. Η τρίτη φάση σχετίζεται με τις εκτελέσεις του προτύπου και περιλαμβάνει τα βήματα 8, και 9. Σ' αυτή τη φάση θα πρέπει να υπάρχει ένα πλάνο για τις δοκιμές με το πρότυπο προσομοίωσης. Οι μεταβλητές που προκύπτουν, περιέχουν τυχαίο σφάλμα και γι αυτό απαιτείται στατιστική ανάλυση. Η τέταρτη φάση σχετίζεται με την εφαρμογή του προτύπου και

περιλαμβάνει τα βήματα 10 και 11. Η σωστή ολοκλήρωση του κάθε βήματος της διαδικασίας οδηγεί στην επιτυχή εφαρμογή του προτύπου προσομοίωσης. Είναι προφανές, ότι το πιο σημαντικό σημείο σε όλη τη διαδικασία είναι το βήμα 7, ο έλεγχος αξιοπιστίας, και αυτό γιατί τ'αποτελέσματα από ένα πρότυπο στο οποίο δεν έχει γίνει έλεγχος αξιοπιστίας, μπορεί να είναι λανθασμένα και να αποβούν επικίνδυνα και δαπανηρά. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής φαίνονται συνοπτικά τα παραπάνω βήματα της προσομοίωσης.

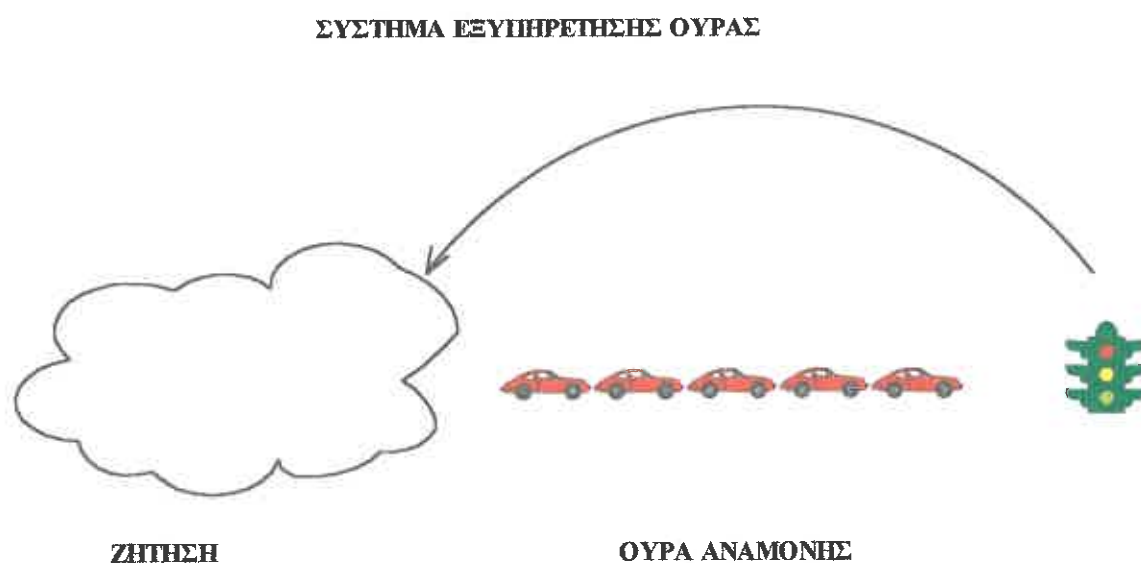
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής για τη δημιουργία προτύπου προσομοίωσης.

3.2.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΟΥΡΑΣ

Η μελέτη της επίδρασης του ποσοστού των οχημάτων, που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, πραγματοποιείται με την προσομοίωση της ουράς που δημιουργείται στη λωρίδα, πριν το φωτεινό σηματοδότη. Η ουρά αναμονής περιγράφεται από τη ζήτηση, τις αφίξεις και τις εξυπηρετήσεις, που αποτελούν τις ιδιότητές της. Ένα απλό σύστημα εξυπηρέτησης ουράς φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 3.2: Σύστημα εξυπηρέτησης ουράς.

Σε αυτό το σύστημα η ζήτηση είναι άπειρη, που σημαίνει ότι, εάν ένα όχημα περιμένει στην ουρά ή εξυπηρετείται, ο ρυθμός αφίξεων των άλλων οχημάτων μένει ανεπηρέαστος. Ακόμα, τα οχήματα που βρίσκονται στην ουρά εξυπηρετούνται οπωσδήποτε με βάση μια κατανομή πιθανότητας που δεν αλλάζει με το χρόνο. Η ουρά εξυπηρετείται κατά προτεραιότητα άφιξης, δηλαδή τα οχήματα εξυπηρετούνται κατά τη σειρά αφίξεώς τους.

Η κατάσταση του συστήματος είναι ο αριθμός των οχημάτων στην ουρά και η κατάσταση του σηματοδότη είναι πράσινο ή κόκκινο. Ένα γεγονός είναι ένα συμβάν που προκαλεί μια στιγμιαία αλλαγή στην κατάσταση του συστήματος. Στην ουρά της αριστερής λωρίδας, δύο είναι τα γεγονότα που μπορούν να επηρεάσουν την κατάσταση του συστήματος: η είσοδος ενός οχήματος στο σύστημα και η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης ενός οχήματος.

3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

3.3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε αυτό το στάδιο, περιγράφεται η σύλληψη του προτύπου και η κωδικοποίησή του στον H/Y με τη βοήθεια του προγράμματος SIMUL8. Αρχικά, περιγράφονται αναλυτικά η λογική και οι λειτουργίες του προγράμματος SIMUL8 και στη συνέχεια παρουσιάζεται το πρότυπο στην αρχική του μορφή.

3.3.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΣΤΟ SIMUL8

Ένα αντικείμενο στο SIMUL8 είναι αυτό που σχετίζεται με την εργασία, που γίνεται στο σύστημα και μπορεί να σχεδιαστεί στην οθόνη. Τα αντικείμενα του SIMUL8 είναι:

- Τα Κέντρα Εργασίας (Work Centers)
- Οι Μεταφορείς (Conveyors)
- Οι Αποθήκες – Ουρές (Storage Bins – Queues)
- Οι Πηγές (Resources)

- Τα Σημεία Εισόδου Εργασίας (Work Entry Points)
- Τα Σημεία Εξόδου Εργασίας (Work Exit Points)

Τα στοιχεία του προτύπου είναι τα οχήματα της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής. Τα οχήματα εισέρχονται στην πρόσβαση από τα Σημεία Εισόδου Εργασίας. Στα Σημεία Εισόδου Εργασίας ο χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων περιγράφεται από μια κατανομή. Σε αυτό το αντικείμενο προσδιορίζεται και το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων της λωρίδας. Τα Κέντρα Εργασίας είναι τα μέρη, όπου γίνεται η εργασία. Στην προκειμένη περίπτωση ο σηματοδότης, στον οποίο πραγματοποιείται η εξυπηρέτηση, απεικονίζεται από ένα Κέντρο Εργασίας. Η εξυπηρέτηση κάθε οχήματος εξαρτάται από τις ιδιότητές του και γίνεται βάσει κατανομών. Οι Αποθήκες – Ουρές, όπως είναι αυτονόητο, απεικονίζουν την ουρά των οχημάτων που δημιουργείται πριν το σηματοδότη. Τέλος, η εργασία ολοκληρώνεται στα Σημεία Εξόδου Εργασίας δηλαδή, σε αυτά τα σημεία καταλήγουν τα οχήματα μετά την εξυπηρέτησή τους. Η κατεύθυνση των οχημάτων στο SIMUL8 δίνεται από βέλη που συνδέουν τα διάφορα αντικείμενα.

3.3.3 ΤΥΧΑΙΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

Οι τυχαίοι αριθμοί δίνουν τη δυνατότητα στο πρότυπο που κατασκευάζεται να αναπαριστά καλύτερα την πραγματικότητα. Χρησιμοποιούνται στις κατανομές και στην έξοδο από ένα Κέντρο Εργασίας, όπου προσδιορίζεται η κατεύθυνση των στοιχείων μετά την εξυπηρέτηση. Η κάθε κατανομή και το κάθε Κέντρο Εργασίας χρησιμοποιούν διαφορετική ομάδα τυχαίων αριθμών. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα, κατά την αλλαγή καθε ενός από αυτά, να μην επηρεάζονται οι τυχαίοι αριθμοί των υπολοίπων. Ακόμα, όταν το ρολόι του SIMUL8 μηδενιστεί, όλες οι ομάδες

τυχαίων αριθμών ξεκινούν πάλι από την αρχική τους τιμή. Δηλαδή, και στη επόμενη εκτέλεση το πρότυπο θα δώσει τα ίδια αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει

γιατί το SIMUL8 χρησιμοποιεί «ψευδο-τυχαίους αριθμούς», οι οποίοι αναπαράγονται με μαθηματικό τρόπο και απλά μοιάζουν να είναι τυχαίοι. Κάθε φορά, που ο χρόνος του προτύπου μηδενίζεται, γεννιέται η ίδια σειρά αριθμών. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη του SIMUL8 να παρατηρεί πολλές φορές το πρότυπο. Πρέπει να σημειωθεί ότι στο SIMUL8 υπάρχουν 30000 ομάδες τυχαίων αριθμών και επιτρέπει την αλλαγή των τυχαίων αριθμών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση του προτύπου για διαφορετικούς τυχαίους αριθμούς.

3.3.4 ΣΥΛΛΗΨΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Πρόκειται για ένα στοχαστικό πρότυπο που έχει τυχαίες μεταβλητές, οι οποίες οδηγούν σε τυχαία αποτελέσματα. Έτσι, αναμένεται τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από αυτό το πρότυπο να είναι αντικειμενικά και να παρουσιάζουν τις τάσεις της πραγματικότητας.

Η ουρά που δημιουργείται στην λωρίδα αριστερής στροφής, πριν από το σηματοδότη, τροφοδοτείται από ένα Σημείο Εισόδου Εργασίας. Ο τρόπος με τον οποίο τροφοδοτείται η ουρά περιγράφεται από μια κατανομή, που είναι η κατανομή των αφίξεων. Ακόμα, σε αυτό το σημείο δίνεται το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων της αριστερής λωρίδας, που είναι και μια από τις μεταβλητές του προτύπου.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η εξυπηρέτηση των οχημάτων της λωρίδας αριστερής στροφής από το Κέντρο Εργασίας, που αναπαριστά το σηματοδότη, με

κατανομές που προκύπτουν από τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται στην επιλεγμένη πρόσβαση.

Η περίοδος του σηματοδότη και ο χρόνος της πράσινης και της κίτρινης ένδειξης αποτελούν μεταβλητές του προτύπου. Όταν το Κέντρο Εργασίας δουλεύει, δηλαδή ο σηματοδότης έχει πράσινη ένδειξη τα οχήματα που βρίσκονται στην ουρά εξυπηρετούνται, ενώ όταν δε λειτουργεί, δηλαδή ο σηματοδότης έχει κόκκινη ένδειξη τα οχήματα που φτάνουν στην πρόσβαση αναμένουν στην ουρά για την εξυπηρέτησή τους.

Μετά τη συλλογή στοιχείων από την πρόσβαση παρουσιάζεται η τελική μορφή του προτύπου από την οποία προκύπτουν τα απαιτούμενα αποτελέσματα.

3.3.5 ΟΠΤΙΚΗ ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Ένα πολύ σημαντικό βήμα στην προσομοίωση είναι η δυνατότητα οπτικής παρακολούθησης του προτύπου, την οποία προσφέρουν προγράμματα, όπως το SIMUL8. Η δυνατότητα αυτή οδηγεί τον αναλυτή στην καλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης των διαφόρων αντικειμένων, δηλαδή στο πώς επηρεάζονται τα αποτελέσματα και πώς μπορεί ν' αλλάξει και να βελτιωθεί το πρότυπο.

Με την οπτική παρουσίαση του προτύπου διευκολύνεται η παρακολούθηση της κίνησης των οχημάτων που στρέφουν αριστερά και που κάνουν αναστροφή, της εξυπηρέτησης και της δημιουργίας της ουράς. Ακόμα, μεταβάλλοντας κάποιες τιμές των μεταβλητών, όπως το χρόνο πρασίνου και τον κύκλο του σηματοδότη, μπορούν να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη βελτίωση του πραγματικού συστήματος. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η επαλήθευση του προτύπου, που έχει κατασκευαστεί στο SIMUL8, με το πραγματικό σύστημα.

Βεβαίως, η μελέτη του προτύπου οπτικά δεν αποτελεί επιστημονικό τρόπο και πρέπει να συνοδεύεται από πιο επιστημονικές και ακριβείς δοκιμές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΣΥΛΛΟΓΗ
ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

4.1.1 ΙΔΑΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Ο καθορισμός της ροής κορεσμού κάτω από ιδανικές συνθήκες είναι χρήσιμος, γιατί δίνει μια εικόνα του μέγιστου ρυθμού ροής που μπορεί να περάσει

από μια πρόσβαση. Αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό της πραγματικής ροής κορεσμού, η οποία προκύπτει από την ιδανική ροή κορεσμού μειωμένη με διάφορους συντελεστές που εκφράζουν τις επικρατούσες μη ιδανικές οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες. Ειδικότερα οι ιδανικές συνθήκες περιλαμβάνουν:

1. Μόνο επιβατικά οχήματα.
2. Πλάτος λωρίδας όχι μικρότερο από 3.60 m.
3. Μηδενική κατά μήκος κλίση.
4. Χωρίς στάθμευση ή στάση λεωφορείων
5. Μη κεντρική περιοχή
6. Μόνο ευθεία κίνηση, χωρίς δεξιές ή αριστερές στροφές.

4.1.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Για να μελετηθεί η επίδραση στην κυκλοφοριακή ικανότητα λωρίδας αριστερής στροφής του ποσοστού των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων, είναι προτιμότερο η πρόσβαση που θα επιλεγεί να έχει οδικές και κυκλοφοριακές συνθήκες που να μην αποκλίνουν από τις ιδανικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο είναι πιο εύκολη η μελέτη της επίδρασης των αναστροφών στην κυκλοφοριακή λειτουργία της αριστερής στροφής.

Μια εμπεριστατωμένη μελέτη θα πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία από έναν μεγάλο αριθμό προσβάσεων, που θα έχουν παρόμοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Με αυτήν την προϋπόθεση γίνεται δυνατή η σύγκριση μεταξύ των στοιχείων των διαφόρων προσβάσεων.

Ωστόσο, λόγω της δυσκολίας στον εντοπισμό προσβάσεων με παρόμοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και των στενών ορίων αυτής της μελέτης, επιλέχθηκε

μόνο μια πρόσβαση, πράγμα που δεν αλλοιώνει την ουσία της ανάλυσης και τα αποτελέσματά της.

4.1.3 ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ-ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Ο κόμβος που επιλέχθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων βρίσκεται επί της Λεωφόρου Κηφισίας στο Μαρούσι (ο επόμενος μετά το «Υγεία»). Η κύρια οδός έχει τρεις λωρίδες σε κάθε κατεύθυνση και η δυτερεύουσα έχει μια λωρίδα σε κάθε κατεύθυνση. Παράλληλα με την κύρια οδό υπάρχει και από τις δύο κατευθύνσεις ένας παράδρομος με μια λωρίδα κυκλοφορίας.

Στην κατεύθυνση από το Κέντρο προς το Μαρούσι υπάρχει μια αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής με προστατευόμενη φάση. Το πλάτος της λωρίδας της αριστερής στροφής είναι $w=3.30\text{m}$, ένα πλάτος που είναι πολύ συνηθισμένο στην Ελλάδα. Η λωρίδα έχει χωρητικότητα περίπου 10 οχημάτων. Τα οχήματα που πραγματοποιούν αναστροφή καταλήγουν σε οδό με τρεις λωρίδες. Ωστόσο, πρέπει να παρατηρηθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή κατάληγουν στον παράλληλο παράδρομο της Λεωφόρου Κηφισίας, που και αυτός έχει πλάτος $w=3.30\text{m}$.

Στην περιοχή της πρόσβασης το έδαφος είναι επίπεδο, η συναρμογή των κρασπέδων είναι σωστή και οι ακτίνες καμπυλότητας είναι οι κατάλληλες. Ο κόμβος βρίσκεται σε ευθεία και η ορατότητα είναι πολύ καλή. Ακόμα, στο τμήμα που καταλήγουν οι αναστροφές δεν υπάρχει διάβαση για τους πεζούς, στάση λεωφορείων ή σταθμευμένα οχήματα που θα μπορούσαν να παρενοχλήσουν την κίνηση των οχημάτων που κάνουν αναστροφή. Επίσης, η δεξιά στροφή από τη

δευτερεύουσα οδό δεν επιτρέπεται, όταν η ένδειξη στην αριστερή στροφή που εξετάζεται είναι πράσινη.

4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Πριν την τελική συλλογή των δεδομένων, παρατηρήθηκε το φαινόμενο, πιθανές ασυνήθιστες καταστάσεις και έγινε μια πρώτη προσπάθεια για συλλογή μετρήσεων. Παράλληλα, έγινε κατηγοριοποίηση των μετρήσεων, η οποία τροποποιήθηκε πολλές φορές μέχρι την τελική συλλογή των μετρήσεων.

Σύμφωνα με τον Αμερικάνικο Κανονισμό, ο οποίος περιγράφει πώς γίνεται η μέτρηση της ροής κορεσμού σε μια πόσβαση, καταγράφονται οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων που διέρχονται από αυτήν. Η μέτρηση των χρονικών διαχωρισμών γίνεται στη γραμμή εκκίνησης, η οποία είναι η νοητή γραμμή που είναι κάθετη στη λωρίδα της αριστερής στροφής εκεί που αρχίζει η διάβαση των πεζών. Σε αυτή τη γραμμή, βρίσκονται οι μπροστινοί τροχοί του πρώτου οχήματος που ξεκινά κατά την έναρξη της πράσινης ένδειξης.

Ακόμα, για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού απαιτείται η γνώση της χρονικής διάρκειας κορεσμού, δηλαδή της χρονικής διάρκειας κατά την οποία η ροή των οχημάτων είναι συνεχής και σταθερή. Κατά την παρατήρηση της πρόσβασης, πριν την τελική συλλογή των στοιχείων, επισημάνθηκε ότι ο κορεσμός διαρκούσε σε όλη τη φάση και γι' αυτό έγινε καταγραφή της συνολικής διάρκειας της πράσινης ένδειξης.

Τέλος, είναι αυτονόητο ότι πρέπει να καταγραφούν ο ελιγμός και η κατηγορία του οχήματος που είναι απαραίτητα για την επεξεργασία των μετρήσεων.

Έτσι τα βασικά στοιχεία που μετρήθηκαν είναι τα εξής:

1. Η διάρκεια της πράσινης ένδειξης.
2. Η διάρκεια της κόκκινης ένδειξης.
3. Η χρονική στιγμή διέλευσης κάθε οχήματος από τη γραμμή εκκίνησης
4. Κατηγορία οχήματος (επιβατικό ή βαρύ όχημα).
5. Ελιγμός του οχήματος.

Η καταγραφή των παραπάνω στοιχείων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με βιντεοσκόπηση της κυκλοφορίας στον κόμβο και εκ των υστέρων ανάλυση και περιγραφή των γεγονότων, είτε με μικροϋπολογιστή χειρός και επιτόπου καταγραφή γεγονότων. Η κάθε μέθοδος παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, από την αξιολόγηση των οποίων μπορεί να προκύψει η ευκολότερη και ακριβέστερη μέθοδος.

4.2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΒΙΝΤΕΟΚΑΜΕΡΑ.

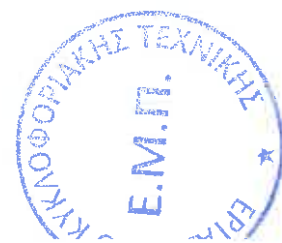
Πλεονεκτήματα

- Καταγραφή στοιχείων χωρίς πολύ κόπο και κούραση, για μεγάλη διάρκεια μετρήσεων και παρατηρήσεων.

- Είναι δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων για όλες τις καιρικές συνθήκες χωρίς να είναι απαραίτητη η συνεχής παρουσία στον τόπο των μετρήσεων, αφού η καταγραφή γίνεται αυτόματα.
- Δίνεται η δυνατότητα περιορισμού των σφαλμάτων στις μετρήσεις και μεγαλύτερη ευχέρεια ελέγχου της ορθότητάς τους. Είναι δηλαδή εφικτός ο εκ των υστέρων έλεγχος της ορθότητας των στοιχείων που έχουν καταγραφεί και η διαγραφή όλων εκείνων που δεν συμφωνούν με τις ερωτήσεις που τίθενται.
- Δεν απαιτούνται πολλοί παρατηρητές.
- Εξασφαλίζεται άμεση πρόσβαση στα στοιχεία των μετρήσεων ανά πάσα στιγμή και με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατός ο επανέλεγχος των μετρήσεων και η συγκέντρωση επιπλέον πληροφοριών.

Μειονεκτήματα

- Τα στοιχεία που συλλέγονται με τη βιντεοκάμερα δεν μπορούν να μεταφερθούν αυτόματα σε Η/Υ. Πρέπει πρώτα να γίνει ανάλυση των βιντεοταινιών και κατόπιν να καταγραφούν τα στοιχεία ένα-ένα στον Η/Υ. Η διαδικασία αυτή απαιτεί πολύ χρόνο. Ακόμη εισάγει τον κίνδυνο ανθρώπινων λαθών στην πληκτρολόγηση των στοιχείων πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται πολύς χρόνος για να γίνει μια σύγκριση των στοιχείων της πηγής και αυτών που μεταφέρονται στον Η/Υ.



4.2.3 ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΪΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΧΕΙΡΟΣ

Πλεονεκτήματα

- Άμεση μεταφορά στοιχείων σε Η/Υ. Συγκεκριμένα, είναι δυνατή η άμεση μεταφορά όλων των στοιχείων του μικροϋπολογιστή στον Η/Υ μέσω προγράμματος.
- Δίνει τη δυνατότητα καταγραφής της ακριβούς κίνησης πολλών οχημάτων με αυτόματη καταγραφή της ώρας διέλευσης με ακρίβεια ± 0.5 του δευτερολέπτου.
- Αποφυγή λαθών κατά τη μεταφορά στοιχείων από τον μικροϋπολογιστή στον Η/Υ, αφού η μεταφορά γίνεται απ'ευθείας και δίχως την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα.

Μειονεκτήματα

- Αδυναμία καταγραφής μοτοσυκλετών που διέρχονται από τους κόμβους.
- Περιορισμένη μνήμη και πιθανά προβλήματα στην αποθήκευση ή τη μεταφορά στοιχείων, λόγω της αποφόρτισης των μπαταριών.
- Περιορισμένη ακρίβεια στο χρονόμετρο: τα μηχανήματα αυτά δίνουν χρονική ακρίβεια της τάξης του ± 0.5 του δευτερολέπτου και αυτό δεν επιτρέπει τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στη μελέτη και στην ανάλυση των μετρήσεων.

Επειδή κρίθηκε πιο σημαντικό το γεγονός ότι με τη βιντεοκάμερα μπορεί γίνει επανεξέταση των στοιχείων των μετρήσεων, πράγμα που είναι πολύ χρήσιμο κατά την εφαρμογή της μεθόδου προσομοίωσης, η συλλογή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με βιντεοκάμερα, η οποία παραχωρήθηκε από τον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής του ΕΜΠ.

Η διαδικασία μέτρησης ήταν η ακόλουθη:

Η κάμερα τοποθετήθηκε λίγο πριν την πρόσβαση, έτσι ώστε να είναι ορατή η γραμμή εκκίνησης, τα οχήματα που βρίσκονται στην αριστερή λωρίδα, το είδος της κίνησης που πραγματοποιούν και η ένδειξη του σηματοδότη. Επίσης, η κάμερα ήταν σε τέτοια θέση, ώστε οποιαδήποτε ασυνήθιστη κατάσταση να είναι ορατή.

Η χωρητικότητα της λωρίδας που μελετήθηκε είναι περίπου 10 οχήματα και πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την περίοδο των μετρήσεων η ουρά των οχημάτων ήταν περίπου ίση με τη χωρητικότητα.

4.2.4 ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε καλές καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε ώρες αιχμής, πράγμα που σημαίνει ότι η ροή κορεσμού έμεινε ανεπηρέαστη από μεταβολές των παραπάνω παραγόντων που επηρεάζουν την τιμή της. Οι μετρήσεις έγιναν στις 13/7/99, στις 15/7/99 και στις 23/7/99. Η συνολική διάρκεια των μετρήσεων ήταν 4 ώρες και 30 λεπτά. Από την προκαταρκτική ανάλυση βρέθηκε ότι το δείγμα ήταν στατιστικά επαρκές, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από την πλήρη ανάλυση. Ο συνολικός αριθμός οχημάτων που καταγράφηκαν είναι 418.

4.2.5 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Μετά τη συγκέντρωση των στοιχείων ακολούθησε η ανάλυσή τους. Κατά την ανάλυση της βιντεοταινίας μετρήθηκαν με χρονόμετρο χειρός οι χρονικές στιγμές, κατά τις οποίες τα οχήματα διήλθαν από τη γραμμή εκκίνησης, όπως επίσης καταγράφηκαν το είδος και ο ελιγμός του κάθε οχήματος. Το χρονόμετρο χειρός είχε ακρίβεια δεκάτου του δευτερολέπτου, ωστόσο η ανθρώπινη αντίδραση κατά την καταγραφή εκτιμάται ότι είναι της τάξης του μισού του δευτερολέπτου.

Για κάθε μια περίοδο καταγραφόταν σε μαγνητόφωνο η χρονική στιγμή διέλευσης κάθε οχήματος από τη γραμμή εκκίνησης και με επανάληψη της βιντεοταινίας γινόταν η καταγραφή του ελιγμού και του είδους του οχήματος.

Η καταγραφή περιελάμβανε τα οχήματα που διήλθαν κατά τη διάρκεια κορεσμού. Δηλαδή τα οχήματα που περίμεναν στην ουρά αναμονής, πριν την έναρξη της πράσινης φάσης, αλλά και αυτά που «ενώθηκαν» με την ουρά κατά τη διάρκεια του πρασίνου επιβραδύνοντας ανάλογα και τελικά διήλθαν από τη γραμμή εκκίνησης. Τα οχήματα, που βρίσκονταν μπροστά από τη γραμμή εκκίνησης και εκκινούσαν ενώ η ένδειξη του σηματοδότη ήταν κόκκινη, αγνοήθηκαν, όπως επίσης και τα οχήματα που κινούνταν στην πλαϊνή λωρίδα της αριστερής στρωφής και έστρεφαν αριστερά. Ακόμα, δε λήφθηκαν υπόψη οι μοτοσικλέτες εξαιτίας του μικρού ποσοστού τους επί του συνόλου των οχημάτων και απορρίφθηκαν οι μετρήσεις, στις οποίες η ροή δεν ήταν συνεχής και σταθερή, αλλά εμποδιζόταν από συμφορήσεις ή άλλα αίτια. Τέλος, από παρατηρήσεις που έγιναν στις μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η ροή κορεσμού αποκαθίσταται μετά τα δύο πρώτα οχήματα σε κάθε περίοδο, επομένως για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού πρέπει σε κάθε περίοδο να διαγραφούν αυτά τα δύο οχήματα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην πρόσβαση που επιλέχθηκε, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων επί του συνόλου των οχημάτων που μετρήθηκαν ήταν πολύ μικρό, δηλαδή το δείγμα που καταγράφηκε ήταν στατιστικά ανεπαρκές και γι' αυτό η μελέτη περιορίστηκε μόνο στα επιβατικά οχήματα.

4.2.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Προκειμένου να διασφαλιστεί η αξιοπιστία της εργασίας και να προστατευτεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων των μετρήσεων έγιναν κατά τη διάρκεια της μελέτης διάφορες ενέργειες προς αυτήν την κατεύθυνση. Οι σημαντικότερες από αυτές ήταν:

- Διεξαγωγή των μετρήσεων κατά τυχαίο τρόπο, έτσι ώστε το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό.
- Πραγματοποίηση δοκιμαστικών λήψεων με την κάμερα για την εύρεση της κατάλληλης οπτικής γωνίας λήψης και την εξοικείωση των χρηστών με την κάμερα.
- Έλεγχος του χρονομέτρου χειρός.
- Συνεχείς επαναλήψεις της βιντεοταινίας για την εξάλειψη λαθών και την κατανόηση των οδικών και κυκλοφοριακών συνθηκών που επικρατούν, καθώς επίσης και παρατήρηση διαφόρων ασυνήθιστων καταστάσεων.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.3.1 Γενικά

Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τις μετρήσεις με την κάμερα, αποθηκεύτηκαν και αναλύθηκαν στον Η/Υ. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της μεθόδου των λόγων των χρονικών διαχωρισμών (headway ratio method), η οποία περιγράφεται παρακάτω, και με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel.

Αρχικά, με βάση τις πρωτογενείς μετρήσεις, υπολογίστηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων, που διήλθαν από τη γραμμή εκκίνησης και ο μέσος όρος τους. Στη συνέχεια, βρέθηκαν με τη βοήθεια του του στατιστικού προγράμματος BestFit οι κατανομές, που προσαρμόζονται καλύτερα στις μετρήσεις.

Ακόμα, παρουσιάζονται όλα τα στάδια της επεξεργασίας, των πρωτογενών μετρήσεων, που συλλέχτηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στην επιλεγόμενη πρόσβαση. Τα αποτελέσματα αυτής της επεξεργασίας θα χρησιμοποιηθούν στο πρότυπο που θα κατασκευαστεί για την εξαγωγή τελικών αποτελεσμάτων.

4.3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΛΟΓΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΩΝ (HEADWAY RATIO METHOD)

Με τη μέθοδο λόγων των χρονικών διαχωρισμών εκτιμάται η ροή κορεσμού σε μια εξεταζόμενη πρόσβαση. Κατά τη μέθοδο των λόγων των χρονικών διαχωρισμών καταγράφονται οι χρόνοι αναχώρησης των «κορεσμένων» οχημάτων («κορεσμένο όχημα» χαρακτηρίζεται ένα όχημα που σταμάτησε ή

επιβράδυνε στην ουρά αναμονής, πριν διέλθει από τη γραμμή εκκίνησης της πρόσβασης). Υπολογίζεται στη συνέχεια ο χρονικός διαχωρισμός κάθε οχήματος, που είναι ο χρόνος μεταξύ της διέλευσης από τη γραμμή εκκίνησης των πίσω τροχών του προπορευόμενου οχήματος και της διέλευσης των πίσω τροχών του εξεταζόμενου οχήματος, και ο μέσος όρος τους. Η ροή κορεσμού εκτιμάται από τη σχέση:

$$S = \frac{1}{\bar{H}} \text{ (ΜΕΑ/ώρα)}$$

όπου $\bar{H}$ είναι ο μέσος χρονικός διαχωρισμός των «κορεσμένων οχημάτων».

4.3.3 ΧΑΜΕΝΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

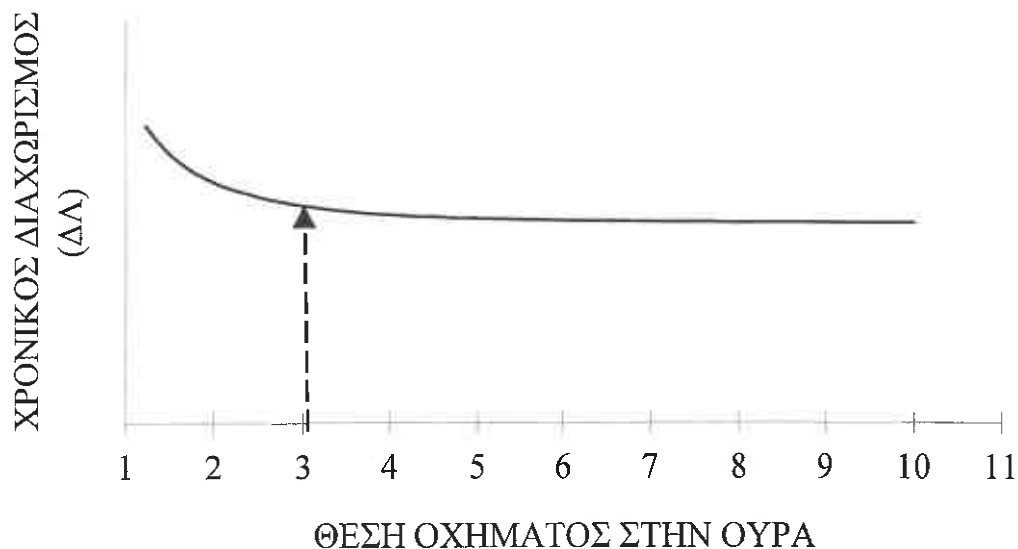
Ο χαμένος χρόνος εκκίνησης μιας φάσης σηματοδότησης είναι ο χρόνος που χάνεται κατά την εκκίνηση των οχημάτων στην αρχή της φάσης. Ο χαμένος χρόνος εκκίνησης προκύπτει από τις ιδανικές συνθήκες που είναι σχετικές με την τιμή των χρονικών διαχωρισμών στις συνθήκες κορεσμού. Η ροή των οχημάτων στην αρχή της φάσης δεν είναι σταθερή και οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών παρουσιάζουν σημαντικές αυξομειώσεις μεταξύ τους, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει κορεσμός στην κίνηση των οχημάτων.

Ο Αμερικάνικος Κανονισμός αναφέρει ότι η ροή κορεσμού σε μια οδό αποκαθίσταται μετά τη διέλευση και του τέταρτου οχήματος από τη γραμμή εκκίνησης. Επομένως, για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού πρέπει από μια ουρά οχημάτων, που αναμένουν και ξεκινούν μόλις ανάψει ο σηματοδότης, να αφαιρεθούν από τους υπολογισμούς τα τέσσερα πρώτα οχήματα. Αυτό συμβαίνει, γιατί θεωρήθηκε ότι ο συνολικός χρόνος κίνησης των τεσσάρων πρώτων

οχημάτων είναι αρκετός, ώστε τα υπόλοιπα οχήματα να μπορέσουν ν' αποκτήσουν την ταχύτητα που αντιστοιχεί σε κατάσταση κορεσμού και οι χρονικοί διαχωρισμοί μεταξύ των οχημάτων να έχουν τιμές που αναφέρονται σε κατάσταση κορεσμού.

Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την παρούσα διπλωματική εργασία αποφασίστηκε ότι η ροή κορεσμού αποκαθίσταται μετά το δεύτερο όχημα. Η απόφαση αυτή βασίστηκε στο σχεδιασμό της γραφικής παράστασης των χρονικών διαχωρισμών σε συνάρτηση με τη θέση των οχημάτων στην ουρά για όλους τους κύκλους που μετρήθηκαν. Από τη γραφική αυτή παράσταση, που φαίνεται σχηματικά παρακάτω, προέκυψε ότι από το τρίτο όχημα και μετά οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων τείνουν να σταθεροποιηθούν.

ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΠΟΥ ΑΡΧΙΖΕΙ Η ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ



Διάγραμμα 4.1: Εύρεση του σημείου που αρχίζει η ροή κορεσμού.

4.3.4 ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ

Εξαιρούμενα οχήματα είναι αυτά τα οχήματα που διέρχονται έως τη στιγμή αποκατάστασης συνθηκών κορεσμού. Από παρατηρήσεις που έγιναν στα στοιχεία που συλλέχθηκαν στην πρόσβαση προέκυψε ότι τα δύο πρώτα οχήματα στην ουρά πρέπει να εξαιρεθούν από τους υπολογισμούς της ροής κορεσμού σε κάθε φάση.

4.3.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα οχήματα που διήλθαν από τη γραμμή εκκίνησης κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την κατεύθυνση τους σε οχήματα που στρέφουν αριστερά (Α) και οχήματα που κάνουν αναστροφή (U). Επειδή θεωρήθηκε ότι υπάρχει επίδραση στο εξεταζόμενο όχημα από το προπορευόμενό του, οι χρονικοί διαχωρισμοί που

προκύπτουν κατηγοριοποιήθηκαν με βάση την κατηγορία και την κατεύθυνση του εξεταζόμενου οχήματος και του οχήματος που προπορεύεται.[2] Οι κατηγορίες αυτές συμβολίστηκαν με τέσσερις χαρακτήρες, από τους οποίους οι δύο πρώτοι αναφέρονται στην κατηγορία και στον ελιγμό του προπορευόμενου οχήματος αντίστοιχα και οι δύο τελευταίοι στην κατηγορία και στον ελιγμό του εξεταζόμενου οχήματος. Σημειώνεται, ότι σε σχετική εργασία (Scraggs(7)) έχει ήδη αποδειχθεί ότι το όχημα που ακολουθεί δεν επηρεάζει την κίνηση του εξεταζόμενου οχήματος, πράγμα που ήταν και αναμενόμενο. Έτσι, προκύπτουν οι παρακάτω κατηγορίες των χρονικών διαχωρισμών:

- ΕΑΕΑ: Επιβατικό που στρέφει αριστερά προπορεύεται επιβατικού που στρέφει αριστερά.

- ΕΑΕΥ: Επιβατικό που στρέφει αριστερά προπορεύεται επιβατικού που κάνει αναστροφή.
- ΕΥΕΑ: Επιβατικό που κάνει αναστροφή προπορεύεται επιβατικού που στρέφει αριστερά.
- ΕΥΕΥ: Επιβατικό που κάνει αναστροφή προπορεύεται επιβατικού που κάνει αναστροφή.

Σε κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες υπολογίστηκε ο μέσος χρονικός διαχωρισμός με τη βοήθεια του Excel.

4.3.6 ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ

Για να διαπιστωθεί ότι το δείγμα των χρονικών διαχωρισμών σε κάθε κατηγορία είναι στατιστικά επαρκές και δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα, εφαρμόζεται το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα. Σύμφωνα με αυτό, για ένα δείγμα κανονικού πληθυσμού με πιθανότητα $(1-\alpha)$, ισχύει η διπλή ανισότητα.

$$m - z_{\alpha/2} * \sigma / \sqrt{n} < \mu < m + z_{\alpha/2} * \sigma / \sqrt{n}$$

όπου m : ο μέσος όρος του δείγματος που μετρήθηκε.

μ : ο μέσος όρος του δείγματος στην πραγματικότητα.

σ : η τυπική απόκλιση του δείγματος.

n : το μέγεθος του δείγματος.

$z_{\alpha/2}$: η τιμή της μοναδιαίας κανονικής κατανομής για επίπεδο σημαντικότητας α .

Η ακρίβεια των μετρήσεων επιδιώχθηκε να είναι της τάξης του 95%, πράγμα που σημαίνει ότι το επίπεδο της σημαντικότητας είναι 0, 05. Για $\alpha=0, 05$ η

τιμή της μοναδιαίας κανονικής συνάρτησης βρίσκεται ότι είναι $z_{0,05/2}=1,96$. [8]
Επομένως, η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$m - 1.96 * \sigma / \sqrt{n} < \mu < m + 1.96 * \sigma / \sqrt{n}$$

4.3.7 ΜΕΣΟΙ ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΙ ΚΑΘΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥΣ

Οι μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί και τα διαστήματα εμπιστοσύνης κάθε κατηγορίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορίες οχημάτων	EAEA	EAEU	EUEA	EUEU
Μέσος χρονικός διαχωρισμός	1.8	2.07	2.3	2.03

Πίνακας 4.1: Μέσοι χρονικοί διαχωρισμοί κάθε κατηγορίας οχημάτων.

Τα διαστήματα εμπιστοσύνης των μετρήσεων κάθε κατηγορίας είναι αποδεκτά. Επομένως, στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην επιλεγμένη πρόσβαση.

Από τη σύγκριση των μέσων όρων των κατηγοριών EUEA και EAEU παρατηρείται ότι το επιβατικό όχημα που στρέφει αριστερά έχει χρονικό διαχωρισμό από το προπορευόμενο επιβατικό όχημα, που κάνει αναστροφή, μεγαλύτερο από αυτόν που έχει το επιβατικό όχημα, που κάνει αναστροφή, από το προπορευόμενό του, που στρέφει αριστερά. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στη κατηγορία EUEA το προπορευόμενο όχημα, που κάνει αναστροφή, επιβραδύνει για την ασφαλή ολοκλήρωση της στροφής του, με αποτέλεσμα το όχημα που

ακολουθεί και στρέφει αριστερά, να μειώνει και αυτό την ταχύτητά του για να διατηρήσει την απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενο του όχημα. Αντίθετα,

στην κατηγορία EAEU παρατηρούνται μικρότεροι χρονικοί διαχωρισμοί, γιατί το προπορευόμενο όχημα που στρέφει αριστερά δε μειώνει ταχύτητα, οπότε δεν επηρεάζει την κίνηση του εξεταζόμενου οχήματος, που κάνει αναστροφή.

Ακόμα, παρατηρείται ότι οι μέσοι όροι των κατηγοριών EAEU και EUEU είναι περίπου ίδιοι, ενώ ο μέσος χρονικός διαχωρισμός της κατηγορίας EUEA είναι μεγαλύτερος από αυτόν της κατηγορίας EUEU. Αυτό συμβαίνει γιατί, καθώς το προπορευόμενο όχημα, που κάνει αναστροφή, επιβραδύνει, ο οδηγός που ακολουθεί και επιθυμεί να πραγματοποιήσει τον ίδιο ελιγμό, αφήνει μικρότερη απόσταση ασφαλείας από αυτόν τον οδηγό της κατηγορίας EUEA, που επιθυμεί να πραγματοποιήσει διαφορετικό ελιγμό. Δηλαδή η διαφορά στους μέσους χρονικούς διαχωρισμούς των δύο κατηγοριών οφείλεται στη διαφορετική συμπεριφορά του οδηγού στην κάθε περίπτωση.

Τέλος, παρατηρείται ότι το μικρότερο μέσο χρονικό διαχωρισμό παρουσιάζει η κατηγορία EAEA, πράγμα που ήταν και αναμενόμενο. Στην κατηγορία αυτή το όχημα που προπορεύεται δεν μειώνει την ταχύτητά του για την πραγματοποίηση του ελιγμού του και γι' αυτό δεν επηρεάζει την κίνηση του οχήματος που ακολουθεί.

4.3.8 ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν στο πρότυπο προέκυψαν από τις παραπάνω μετρήσεις με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος BestFit. Το πρόγραμμα αυτό, δίνει τις κατανομές που προσομοιάζουν καλύτερα στις μετρήσεις που έχουν γίνει στην πρόσβαση με βάση το κριτήριο χ^2 . Οι κατανομές

που επιλέγονται τελικά, έχουν μέση τιμή ίση με τη μέση τιμή του δείγματος. Έτσι, για την κατηγορία ΕΑΕΑ επιλέγεται η κατανομή GAMMA (15.76, 0.12), για την κατηγορία ΕΑΕΥ επιλέγεται η κατανομή GAMMA (12.31, 0.17), για την κατηγορία ΕΥΕΑ η κατανομή GAMMA (7.55, 0.27) και για την κατηγορία ΕΥΕΥ η κατανομή GAMMA (7.55, 0.27). Τέλος, για τα εξαιρούμενα οχήματα χρησιμοποιείται διαφορετική κατανομή η οποία είναι η GAMMA (6.56, 0.37).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΑΝΑΛΥΣΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά τη σύλληψη του προτύπου και τη συλλογή των μετρήσεων ακολούθησε ο καθορισμός των μεταβλητών του. Έτσι, ως μεταβλητές του προτύπου επιλέχτηκαν το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας, η διάρκεια της περιόδου C του σηματοδότη

και ο λόγος g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης g προς τη διάρκεια της περιόδου C . Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην προσεκτική παρατήρηση του προτύπου, η οποία περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 5.4 (επιλογή μεταβλητών).

Μετά τον καθορισμό των μεταβλητών και με βάση κάποια στοιχεία, που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των μετρήσεων το πρότυπο τροποποιήθηκε. Μετά τον καθορισμό της τελικής του μορφής, έγιναν οι ανάλογες εκτελέσεις, από τις οποίες προέκυψαν τα αποτελέσματα που θα αναλυθούν σε αυτό το κεφάλαιο. Η ανάλυση θα γίνει για κάθε μεταβλητή χωριστά, οπότε τα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα αντιστοιχούν σε διαφορετική μεταβολή χαρακτηριστικών μεγεθών του συστήματος κάθε φορά.

Πρώτα, όμως, θα παρουσιαστεί η δομή του προτύπου, από το οποίο προκύπτουν τα αποτελέσματα που θα χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση, θα γίνει η επαλήθευση και ο έλεγχος αξιοπιστίας του προτύπου και θα περιγραφεί η μέθοδος στην οποία βασίζονται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των εκτελέσεων του προτύπου.

5.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Οι βασικές αρχές του προτύπου είναι ίδιες με αυτές που περιγράφονται στο κεφάλαιο της μεθοδολογικής προσέγγισης, στην παράγραφο που αναφέρεται στη σύλληψη του προτύπου προσομοίωσης.

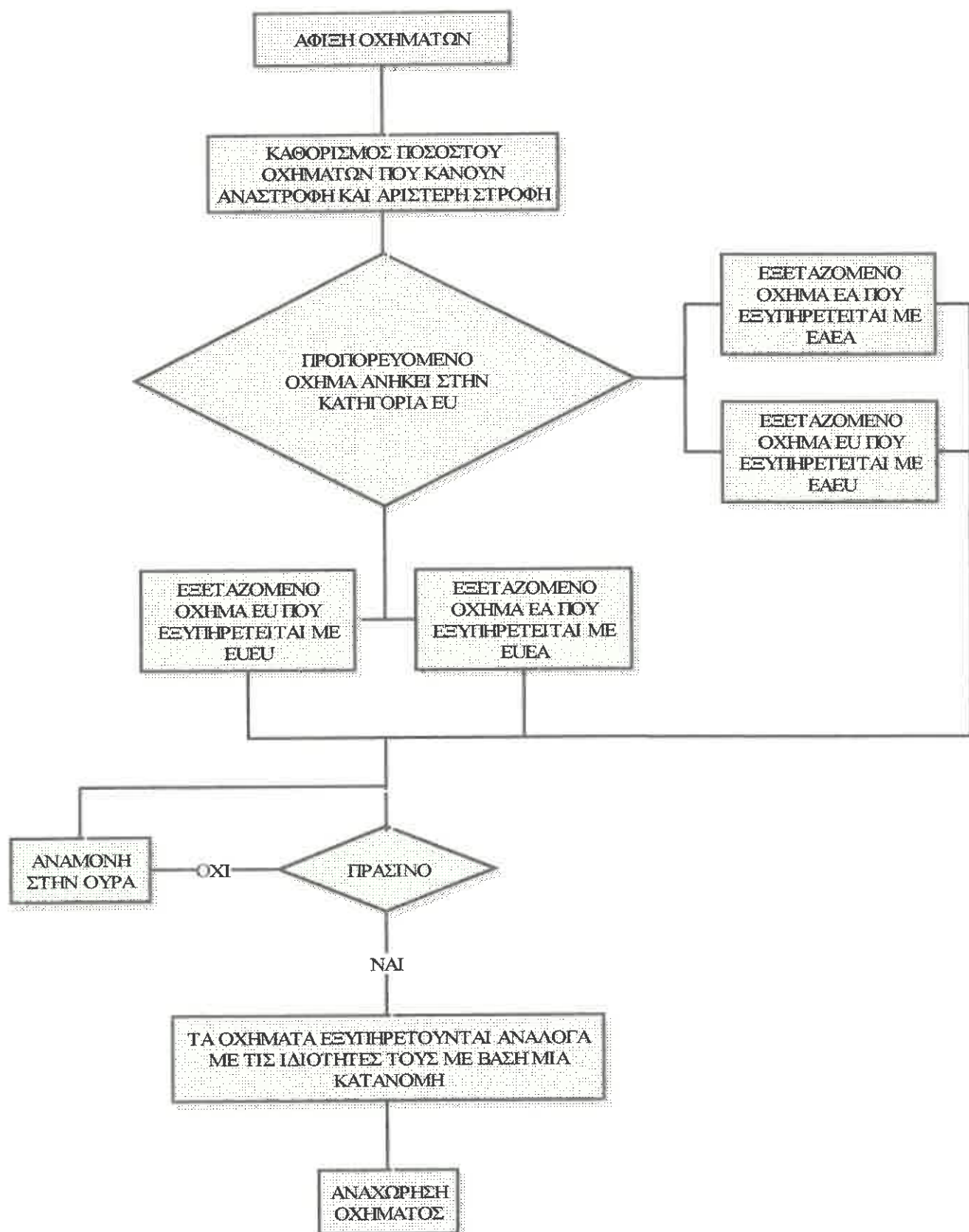
Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται το πρότυπο που κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του SIMUL8 και που χρησιμοποιείται κατά την ανάλυση, καθώς επίσης

και το διάγραμμα ροής του, που θα βοηθήσει στη κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων του προτύπου.

Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων έγινε κατηγοριοποίηση των οχημάτων με βάση την κατηγορία και τον ελιγμό τους. Δηλαδή, τα οχήματα διακρίθηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες. Η μια περιελάμβανε τα επιβατικά οχήματα που στρέφουν αριστερά και συμβολίστηκε ως ΕΑ και η δεύτερη περιελάμβανε τα επιβατικά οχήματα που κάνουν αναστροφή και συμβολίστηκε ως ΕΥ. Επειδή θεωρήθηκε ότι υπάρχει επίδραση στο εξεταζόμενο όχημα από το προπορευόμενό του, τα οχήματα των δύο παραπάνω κατηγοριών ταξινομούνται σε άλλες δύο υποκατηγορίες. Επομένως, συνολικά υπάρχουν οι εξής κατηγορίες: ΕΑΕΑ, ΕΥΕΑ, ΕΑΕΥ και ΕΥΕΥ, οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο των μετρήσεων. Τα οχήματα κάθε υποκατηγορίας έχουν διαφορετικές ιδιότητες. Με βάση αυτές τις ιδιότητες πραγματοποιείται η εξυπηρέτηση από το Κέντρο Εργασίας που αναπαριστά το σηματοδότη, με κατανομές που προκύπτουν για κάθε υποκατηγορία από τις μετρήσεις στην επιλεγμένη πρόσβαση.

Επίσης, τα δύο πρώτα οχήματα σε κάθε φάση, τα οποία αποτελούν τα εξαιρούμενα οχήματα για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού, εξυπηρετούνται με διαφορετική κατανομή από τα υπόλοιπα οχήματα.

Τέλος, τα αποτελέσματα των εκτελέσεων καταγράφονται από το SIMUL8 στο Excel με τη βοήθεια της VISUAL BASIC, απ'όπου γίνεται η επεξεργασία τους. Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα ροής του προτύπου για την καλύτερη κατανόηση της δομής του προτύπου:



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα ροής του προτύπου προσομοίωσης που χρησιμοποιείται για την ανάλυση.

5.3 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Από τις πιο σημαντικές και τις πιο δύσκολες εργασίες κατά την κατασκευή ενός προτύπου είναι η επαλήθευση και ο έλεγχος αξιοπιστίας.

Ο σκοπός του ελέγχου αξιοπιστίας είναι διπλός:

1. Να δημιουργηθεί ένα πρότυπο που ν'αναπαριστά, όσο γίνεται καλύτερα, τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατό του με σκοπό τη διερεύνηση του συστήματος.
2. Να αυξήσει σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο την αξιοπιστία του προτύπου.

Ο έλεγχος αξιοπιστίας δε θα πρέπει να θεωρείται ως μια μεμονωμένη διαδικασία που συνοδεύει την κατασκευή ενός προτύπου, αλλά ένα μέρος της δημιουργίας του προτύπου. Η διαδικασία της επαλήθευσης και του ελέγχου αξιοπιστίας μπορούν να χωριστεί σε δύο μεγάλα μέρη.

1. Η επαλήθευση αναφέρεται στη σύγκριση του προτύπου που βρίσκεται στη φάση της σύλληψης με το κωδικοποιημένο πρότυπο, το οποίο είναι η εφαρμογή της σύλληψης στον Η/Υ.
2. Ο έλεγχος αξιοπιστίας του προτύπου γίνεται για να διαπιστωθεί εάν το πρότυπο αναπαριστά επακριβώς το πραγματικό σύστημα. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιας επαναληπτικής διαδικασίας σύγκρισης του προτύπου με τη συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος, που έχει

ως αποτέλεσμα την εύρεση των διαφορών τους. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου η ακρίβεια του προτύπου θεωρηθεί επαρκής.

5.3.1 ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.

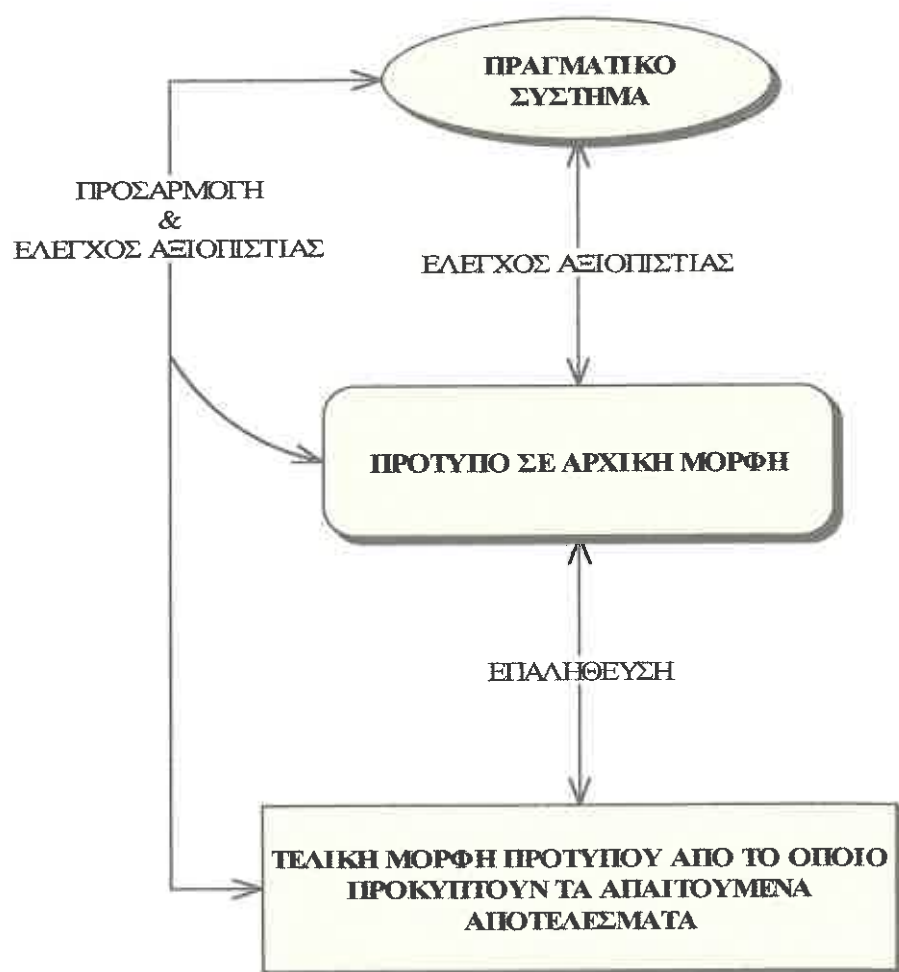
Η επαλήθευση του προτύπου γίνεται για να διαπιστωθεί εάν το πρότυπο που βρίσκεται στη φάση της σύλληψης αντικατοπτρίζεται στο κωδικοποιημένο πρότυπο. Το πρότυπο που βρίσκεται στη φάση της σύλληψης αρκετά συχνά παρουσιάζει ελλείψεις και απλοποιήσεις όσον αφορά τις λειτουργίες του συστήματος.

Παρακάτω περιγράφονται οι διαδικασίες που έγιναν με βάση την κοινή λογική για τη διαδικασία της επαλήθευσης του προτύπου:

1. Η κωδικοποίηση του προτύπου ελέγχθηκε και από κάποιον άλλον εκτός από τον προγραμματιστή.
2. Έγινε ένα διάγραμμα ροής, το οποίο να περιελάμβανε κάθε δυνατή λογική αντίδραση του συστήματος σε οποιοδήποτε γεγονός.
3. Έγινε προσεκτική εξέταση των αποτελεσμάτων του προτύπου αλλάζοντας τις παραμέτρους, για να διαπιστωθεί εάν τα αποτελέσματα είναι λογικά.
4. Στο τέλος της προσομοίωσης έγινε έλεγχος των παραμέτρων, για να διαπιστωθεί ότι αυτές δεν άλλαξαν κατά λάθος.

5.3.2 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ

Η επαλήθευση και ο έλεγχος αξιοπιστίας του προτύπου, παρόλο που αποτελούν δύο διαφορετικά βήματα κατά την κατασκευή ενός προτύπου πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Ο έλεγχος αξιοπιστίας του προτύπου είναι μια διαδικασία προσαρμογής του προτύπου με το πραγματικό σύστημα. Η προσαρμογή του προτύπου είναι μια επαναληπτική διαδικασία σύγκρισης και τροποποίησης του προτύπου σε σχέση με το πραγματικό σύστημα όπως φαίνεται και στο σχήμα.



Σχήμα 5.2: Κατασκευή προτύπου, επαλήθευση και έλεγχος αξιοπιστίας.

Η σύγκριση του προτύπου με την πραγματικότητα μπορεί να είναι υποκειμενική ή αντικειμενική. Έτσι, η σύγκριση του προτύπου και των αποτελεσμάτων του μπορεί να γίνει από ανθρώπους που είναι γνώστες μιας ή περισσότερων πτυχών του συστήματος, ή μπορεί να γίνει με τη βοήθεια στατιστικών δοκιμών. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται, έως ότου το πρότυπο θεωρηθεί ότι είναι ικανοποιητικά ακριβές. Ένα μειονέκτημα της φάσης της προσαρμογής του προτύπου είναι ότι ο έλεγχος αξιοπιστίας γίνεται για μια μόνο ομάδα δεδομένων. Για να εξαλειφθεί αυτό το μειονέκτημα πρέπει να συλλεχθούν καινούργια δεδομένα για να χρησιμοποιηθούν στο τελευταίο στάδιο του ελέγχου αξιοπιστίας. Δηλαδή, μετά την προσαρμογή του προτύπου, που γίνεται με τη χρήση των πρωταρχικών δεδομένων, γίνεται ο τελικός έλεγχος αξιοπιστίας με τη χρήση της δεύτερης ομάδας δεδομένων. Εάν στον τελικό έλεγχο παρατηρηθούν μη αποδεκτές διαφορές μεταξύ του προτύπου και του συστήματος, πρέπει η διαδικασία να γυρίσει στη φάση της προσαρμογής και να τροποποιηθεί το πρότυπο μέχρι να γίνει αποδεκτό. Στην παρούσα εργασία ο έλεγχος αξιοπιστίας έγινε για δεδομένα, που είχαν υποστεί έλεγχο αξιοπιστίας κατά τη συλλογή τους, ο οποίος περιγράφεται στο κεφάλαιο των μετρήσεων, με αποτέλεσμα να εξαλειφθεί το μειονέκτημα της φάσης της προσαρμογής του προτύπου, που περιγράφεται παραπάνω. Ένα πρότυπο προφανώς, δεν αντιπροσωπεύει ποτέ επακριβώς ένα σύστημα.

Επιπλέον, κάθε επανάληψη του προτύπου, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2, αντιστοιχεί σε κάποιο κόστος, χρόνο και προσπάθεια. Πρέπει να σταθμιστεί η πιθανή και όχι εγγυημένη αύξηση της ακρίβειας του προτύπου σε σχέση με το κόστος της επιπλέον προσπάθειας για τον έλεγχο αξιοπιστίας. Συνήθως, υπάρχει μια μέγιστη διαφορά μεταξύ των προβλέψεων του προτύπου και της συμπεριφοράς του συστήματος που είναι αποδεκτή. Εάν αυτή η ακρίβεια δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα στα όρια του προϋπολογισμού, ή πρέπει να μειωθεί το επίπεδο της ακρίβειας ή το πρότυπο πρέπει να εγκαταληφθεί.

5.3.3 ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Το πρότυπο, που δημιουργήθηκε με βάση το ενδιαφέρον για την επίδραση του ποσοστού των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνολικού αριθμού των οχημάτων αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στη ροή κορεσμού της λωρίδας, προέκυψε από μια σειρά συνθηκών. Ο τρόπος της επίδρασης χρησιμοποιείται ως κριτήριο για τον έλεγχο αξιοπιστίας του προτύπου.

Μια απαραίτητη συνθήκη για τον έλεγχο αξιοπιστίας αποτελεσμάτων είναι η ύπαρξη κάποιου πρωταρχικού συστήματος, έτσι ώστε να είναι δυνατό να συλλεχθεί τουλάχιστον μια σειρά δεδομένων για τις συνθήκες, για να γίνει η σύγκριση με τις προβλέψεις του προτύπου. Επομένως, εάν το σύστημα βρίσκεται στη φάση του σχεδιασμού και δεν είναι δυνατή η συλλογή δεδομένων, ο έλεγχος αξιοπιστίας αποτελεσμάτων δεν μπορεί να γίνει. Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατό να υπάρχουν κάποια υποσυστήματα συστημάτων που σχεδιάζονται και έτσι να μπορεί να γίνει ο έλεγχος αξιοπιστίας αποτελεσμάτων. Στην προκειμένη περίπτωση η πρόσβαση ήταν επαρκής οπότε ήταν δυνατό να συλλεχθεί μια σειρά δεδομένων, στα οποία βασίστηκε η κατασκευή του προτύπου. Στη συνέχεια, καθορίστηκαν οι τιμές των μεταβλητών του προτύπου με βάση τις συνθήκες που επικρατούσαν στην πρόσβαση. Δηλαδή καθορίστηκαν το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, η διάρκεια του χρησιμοποιούμενου πρασίνου, ο κύκλος του φωτεινού σηματοδότη και ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας (ο οποίος δεν είχε μετρηθεί, αλλά επιλέχτηκε να είναι τέτοιος ώστε να υπάρχουν 12-15 οχήματα στην ουρά, όπως συνέβαινε στην πραγματικότητα) με βάση της πραγματικές συνθήκες. Η εκτέλεση του προτύπου έδωσε μέσο χρονικό διαχωρισμό 1870ΜΕΑ/ώρα και από τις μετρήσεις προέκυψε ότι ο μέσος χρονικός διαχωρισμός των οχημάτων είναι 1868ΜΕΑ/ώρα. Επομένως, ο έλεγχος αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, που έγινε με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων

του προτύπου και των μετρήσεων, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αξιοπιστία του προτύπου είναι επαρκής.

Ένα άλλο πρόβλημα, που πρέπει να αντιμετωπιστεί, είναι το γεγονός ότι η εκτέλεση ξεκινάει με το σύστημα να βρίσκεται στην αρχική κατάσταση, στην οποία δεν περιμένει και δεν εξυπηρετείται κανένα στοιχείο. Αυτό σημαίνει, ότι οι πρώτες αφίξεις έχουν μεγάλη πιθανότητα να εξυπηρετηθούν γρήγορα και ο μέσος όρος του δείγματος που τις περιλαμβάνει δεν είναι αμερόληπτος. Καθώς όμως αυξάνεται ο χρόνος εκτέλεσης και το πλήθος του δείγματος, ο μέσος όρος αρχίζει και γίνεται πιο αμερόληπτος.

5.3.4 ΕΞΑΛΕΙΨΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΡΟΛΗΨΙΑΣ

Για να μειωθεί η αρχική μεροληψία υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις:

1. Το σύστημα μπορεί να ξεκινήσει από μια πιο αντιπροσωπευτική αρχική κατάσταση.
2. Το πρώτο μέρος κάθε εκτέλεσης μπορεί να αγνοηθεί.
3. Εκτέλεση μεγάλης χρονικής διάρκειας.

Σε μερικές μελέτες προσομοίωσης, ιδιαίτερα σε υφιστάμενα συστήματα, μπορεί να υπάρχουν πληροφορίες για τις αναμενόμενες συνθήκες, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα επιλογής καλύτερων αρχικών συνθηκών από την αρχική κατάσταση, στην οποία δεν περιμένει και δεν εξυπηρετείται κανένα στοιχείο. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιείται μια σειρά τιμών για τις αρχικές συνθήκες, έτσι ώστε για κάθε επανάληψη να επιλέγεται διαφορετική αρχική

κατάσταση. Σε άλλες πάλι μπορεί να χρησιμοποιείται η ίδια αρχική κατάσταση, αφαιρώντας ασυνήθιστες αρχικές συνθήκες για την μείωση της μεροληψίας, με αποτέλεσμα όμως, την αύξηση του βαθμού συσχέτισης μεταξύ των εκτελέσεων. Αυτή η προσέγγιση προϋποθέτει, ωστόσο, καλή γνώση της λειτουργίας του συστήματος πριν αρχίσει η προσομοίωση. Επομένως, με αποτελέσματα που προκύπτουν είτε με τη μια μέθοδο, είτε με την άλλη, προβλέπονται συνθήκες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υπόδειξη λογικών αρχικών συνθηκών. Εάν τα πραγματικά αποτελέσματα είναι ανεξάρτητα από αρχική μεροληψία, η επανάληψη μερικών εκτελέσεων με καινούργιες αρχικές συνθήκες δε θα δώσουν σημαντική διαφορά.

Ωστόσο, η πιο συνήθης προσέγγιση για τη μείωση της αρχικής μεροληψίας είναι η αφαίρεση του αρχικού μέρους της εκτέλεσης. Δηλαδή, η εκτέλεση ξεκινάει από την αρχική κατάσταση, στην οποία δεν περιμένει και δεν εξυπηρετείται κανένα στοιχείο και σταματά μετά από κάποια χρονική περίοδο. Τα στοιχεία που υπάρχουν εκείνη τη στιγμή στο σύστημα μένουν όπως είναι. Μετά ξεκινά πάλι η εκτέλεση και τα στατιστικά δεδομένα αρχίζουν να συλλέγονται από τη στιγμή του καινούργιου ξεκινήματος. Όσον αφορά το χρονικό διάστημα που πρέπει να αγνοηθεί, δεν υπάρχουν κανόνες, αλλά αφήνεται στην κρίση του αναλυτή.

Μια άλλη προσέγγιση στο πρόβλημα της εκτίμησης της ακρίβειας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, η οποία δε βασίζεται στην επανάληψη, είναι αυτή που χρησιμοποιεί μια εκτέλεση μεγάλης χρονικής διάρκειας, από όπου κατά προτίμηση έχει αφαιρεθεί η αρχική μεροληψία. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε στο υπό μελέτη πρότυπο. Οι εκτελέσεις έγιναν πρώτα ενδεικτικά για κάποια χρονικά διαστήματα. Από τη γραφική παράσταση των χρονικών διαχωρισμών προέκυψε ότι μετά από κάποια χρονική διάρκεια οι τιμές τους κυμαίνονταν γύρω από μία μέση τιμή. Αυτή η χρονική διάρκεια καθορίστηκε ως αρκετά μεγάλη για να γίνουν δεκτές οι τιμές των χρονικών διαχωρισμών ως αμερόληπτες. Από τα οχήματα που εξυπηρετούνταν συνολικά, διαγραφόντουσαν

τα οχήματα που δε κινούνταν σε κορεσμό, δηλαδή τα οχήματα των οποίων οι χρονικοί διαχωρισμοί ήταν μεγαλύτεροι από 3δλ. Επομένως, για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους η διάρκεια της εκτέλεσης του προτύπου έπρεπε να είναι μεγαλύτερη, γιατί τα οχήματα έφταναν στην πρόσβαση με μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς. Ο αριθμός των οχημάτων που θεωρήθηκε στατιστικά επαρκής για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους ήταν περίπου 3500 οχήματα, ενώ για μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους θεωρήθηκε στατιστικά επαρκής ο αριθμός των 2500 οχημάτων. Για να καταγραφούν στο Excel τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για κάθε περίπτωση χρειαζόταν χρονικό διάστημα μισής ώρας.

5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ως μεταβλητές του προτύπου επιλέχθηκαν το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας, η διάρκεια της περιόδου C του σηματοδότη και ο λόγος g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης g προς τη διάρκεια της περιόδου C. Η επιλογή αυτών των μεταβλητών βασίστηκε στην παρατήρηση του προτύπου. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν κάποιες εκτελέσεις, από τις οποίες έγινε φανερό ότι οι τιμές της ροής κορεσμού μπορούν να μεταβληθούν όταν αλλάζει το ποσοστό των οχημάτων της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, που κάνουν αναστροφή, ο κυκλοφοριακός φόρτος της λωρίδας, η διάρκεια της περιόδου C του σηματοδότη και ο λόγος g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης g προς τη διάρκεια της περιόδου C. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν τιμές για τα παραπάνω μεγέθη, οι οποίες αντικατοπτρίζουν πραγματικές καταστάσεις. Αυτές οι τιμές αποτελούν ένα φάσμα τιμών, το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό για αποκλειστικές λωρίδες αριστερής στροφής. Ακόμα, οι συνδυασμοί των τιμών των μεταβλητών, που επιλέχθηκαν είναι τόσοι, ώστε να μπορούν να προκύψουν τα απαραίτητα συμπεράσματα για την επιρροή των επιλεγμένων μεταβλητών στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής

στροφής. Έτσι, για το λόγο g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης g προς τη διάρκεια της περιόδου C επιλέχτηκαν οι τιμές 0.1, 0.2, 0.3 και 0.4, για τη διάρκεια της περιόδου C του σηματοδότη οι τιμές 60 και 120δλ και για τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας οι τιμές 150, 200, 300 και 400ΜΕΑ/ώρα.

5.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΝΟΥΝ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ

Τα αποτελέσματα του προτύπου προσομοίωσης είναι οι χρονικοί διαχωρισμοί των οχημάτων που διέρχονται από το φωτεινό σηματοδότη, για αρκετά μεγάλη χρονική περίοδο. Η περίοδος αυτή είναι τόσο μεγάλη, όσο απαιτείται για να είναι τα αποτελέσματα στατιστικά επαρκή. Κατά την επεξεργασία τους, υπολογίζεται ο μέσος όρος τους που είναι ο μέσος χρονικός διαχωρισμός. Από το μέσο χρονικό διαχωρισμό, προκύπτει η ροή κορεσμού της πρόσβασης, η οποία, με βάση τη μέθοδο των λόγων των χρονικών διαχωρισμών, είναι ίση με την αντίστροφη τιμή του μέσου χρονικού διαχωρισμού των οχημάτων που διέρχονται από την πρόσβαση.

Η ανάλυση έγινε για ποσοστά αναστροφών από 0-100% ανά 10%. Η ανάλυση έγινε ανά 10%, γιατί από διάφορες αρχικές εκτελέσεις του προτύπου, οι οποίες έγιναν για την επελήθευση του, προέκυψε ότι η μεταβολή στις τιμές της ροής κορεσμού είναι σημαντική, όταν τα ποσοστά των οχημάτων που κάνουν αναστροφή αυξάνονται κατά 10%.

Από τα αποτελέσματα, που προέκυψαν για τις τιμές των μεταβλητών που αναφέρονται παραπάνω, έγινε φανερό ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής επηρεάζεται από το ποσοστό των οχημάτων που πραγματοποιούν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων που κινούνται στην

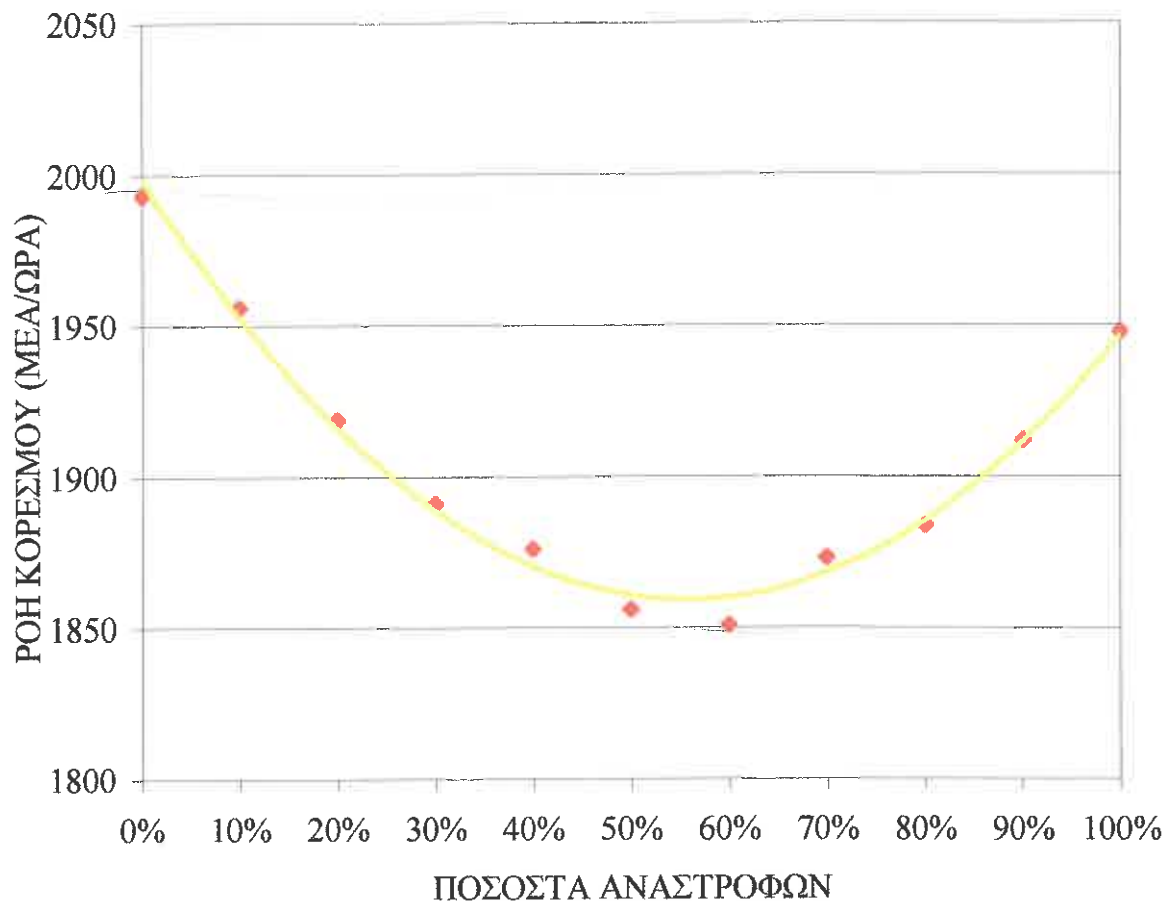
αριστερή λωρίδα. Η ροή κορεσμού μειώνεται μέχρι κάποιο ποσοστό 40-70% και ύστερα αρχίζει να αυξάνεται μέχρι το ποσοστό των 100% αναστροφών. Η επιρροή αυτή γίνεται καλύτερα αντιληπτή για το παρακάτω παράδειγμα, όπου περιγράφεται ο λόγος για τον οποίο η τιμή της ροής κορεσμού αυξομειώνεται ανάλογα με το ποσοστό των οχημάτων που πραγματοποιούν αναστροφή.

Επιλέχτηκαν ενδεικτικά η τιμή του λόγου του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου $g/C=0.2$, η τιμή του κυκλοφοριακού φόρτου της αριστερής λωρίδας $Q=300\text{ΜΕΑ}/\Omega\text{ΡΑ}$ και η τιμή της διάρκειας της περιόδου $C=120\delta\lambda$. Η επιρροή που περιγράφεται στη συνέχεια ισχύει για όλους τους συνδυασμούς των τιμών των μεταβλητών, που έχουν επιλεγεί.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1993
10%	1956
20%	1919
30%	1891
40%	1876
50%	1856
60%	1851
70%	1873
80%	1884
90%	1912
100%	1948

Πίνακας 5.1: Τιμών ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\Omega\text{ΡΑ}$

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ
ΓΙΑ $g/C=0.2$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ ΚΑΙ $C=120\delta\lambda$



Διάγραμμα 5.1: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $g/C=0.2$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $C=120\delta\lambda$

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, που αντιπροσωπεύονται στο παραπάνω διάγραμμα από τις κόκκινες κουκίδες, περιγράφονται από μια γραφική παράσταση που έχει παραβολική μορφή. Αυτό συμβαίνει, γιατί η ροή κορεσμού ξεκινά από μια μέγιστη τιμή για 0% αναστροφές μειώνεται προοδευτικά μέχρι το ποσοστό των 40-70% και στη συνέχεια αυξάνεται έως μια αρκετά μεγάλη τιμή για ποσοστό αναστροφών 100%, η οποία όμως είναι μικρότερη από την τιμή της ροής κορεσμού για 0% αναστροφές. Η μορφή του διαγράμματος εξηγείται από το γεγονός ότι για 0% αναστροφές στη λωρίδα, υπάρχουν οχήματα που ανήκουν στην

υποκατηγορία ΕΑΕΑ, που έχει το μικρότερο μέσο χρονικό διαχωρισμό από όλες τις υποκατηγορίες. Συνεπώς, για 0% αναστροφές, παρατηρείται η μεγαλύτερη τιμή της ροής κορεσμού για την αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής για συγκεκριμένες τιμές μεταβλητών (χρόνος πρασίνου, χρονική διάρκεια περιόδου και κυκλοφοριακό φόρτο). Όσο το ποσοστό των αναστροφών αυξάνεται, στη λωρίδα υπάρχουν εκτός από τα οχήματα που ανήκουν στην υποκατηγορία ΕΑΕΑ και οχήματα που ανήκουν στις υπόλοιπες υποκατηγορίες. Οι υποκατηγορίες αυτές, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, έχουν μέσους χρονικούς διαχωρισμούς μεγαλύτερους από την υποκατηγορία ΕΑΕΑ. Επομένως η αύξηση του ποσοστού των αναστροφών έχει ως συνέπεια τη μείωση της ροής κορεσμού. Η μείωση, που φαίνεται στο διάγραμμα είναι της τάξης του 7% και για διάφορες τιμές των μεταβλητών g/C , C και Q κυμαίνονται μεταξύ του 5-7%. Ωστόσο, περίπου μετά το 60% των αναστροφών στο παράδειγμα και γύρω στο 40-70% στους υπόλοιπους συνδυασμούς των τιμών των μεταβλητών που εξετάστηκαν, αρχίζουν και αυξάνονται τα οχήματα της υποκατηγορίας ΕΥΕΥ σε σχέση με τις άλλες υποκατηγορίες. Ο μέσος χρονικός διαχωρισμός της υποκατηγορίας ΕΥΕΥ είναι μικρότερος από τους μέσους χρονικούς διαχωρισμούς των υποκατηγοριών ΕΑΕΥ και ΕΥΕΑ, με αποτέλεσμα η ροή κορεσμού της αριστερής λωρίδας να αυξάνει μέχρι την τιμή που αντιστοιχεί σε 100% ποσοστό αναστροφών. Η αύξηση αυτή είναι της τάξης του 5% στο παράδειγμα και 3-6% στους υπόλοιπους συνδυασμούς των τιμών των μεταβλητών που εξετάστηκαν.

Επομένως, η τιμή της ροής κορεσμού για 0% αναστροφές είναι η μέγιστη τιμή της ροής κορεσμού σε μια πρόσβαση, γιατί τα οχήματα που στρέφουν αριστερά εξυπηρετούνται χωρίς να επηρεάζουν την κίνηση των οχημάτων που ακολουθούν. Καθώς αυξάνει το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων, η επιρροή τους στη στα οχήματα που στρέφουν αριστερά εκφράζεται με μείωση της ροής κορεσμού. Αυτό συμβαίνει, γιατί τα οχήματα, που κάνουν αναστροφή, μειώνουν την ταχύτητά τους για την πραγματοποίηση του ελιγμού τους, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται τα οχήματα που ακολουθούν και να διατηρούν μεγαλύτερες χρονικές αποστάσεις από τα

προπορευόμενά τους οχήματα. Όσο αυξάνεται το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή πέρα από κάποιο όριο, που εξαρτάται από τις κυκλοφοριακές συνθήκες της πρόσβασης, τόσο αυξάνει η πιθανότητα στην πρόσβαση να υπάρχουν οχήματα που κάνουν αναστροφή και το προπορευόμενό τους κάνει αναστροφή. Σε αυτήν την περίπτωση, ο οδηγός του οχήματος που ακολουθεί αφήνει μικρότερη απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενό του όχημα γιατί πραγματοποιεί τον ίδιο ελιγμό με το προπορευόμενο όχημα, με αποτέλεσμα τη μείωση των χρονικών αποστάσεων μεταξύ των οχημάτων και κατ'επέκταση την αύξηση της ροής κορεσμού.

5.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΛΟΓΟ g/C ΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Με τη βοήθεια της μεθόδου προσομοίωσης εξετάζεται η επιρροή του λόγου g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής με οχήματα, που κάνουν αναστροφή. Οι τιμές g/C που επιλέχθηκαν είναι 0.1, 0.2, 0.3 και 0.4. Οι τιμές της ροής κορεσμού προέκυψαν για τιμές διάρκειας περιόδου $C=60\delta\lambda$ και $C=120\delta\lambda$ και για κυκλοφοριακούς φόρτους αριστερής λωρίδας $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ (για $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και για λόγο $g/C=0.2$ στον κόμβο υπήρχε κορεσμός και επειδή, σε αυτήν την παράγραφο εξετάζεται η επιρροή του λόγου g/C δεν παρουσιάζονται οι τιμές της ροής κορεσμού που προκύπτουν για $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις τιμές της ροής κορεσμού, οι οποίες προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μεθόδου προσομοίωσης.

Για λόγο $g/C=0.1$ της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου, παρατηρήθηκαν ουρές για κυκλοφοριακούς φόρτους 200, 300 και 400ΜΕΑ/ώρα και για διάρκειες περιόδου σηματοδότησης 60 και $120\delta\lambda$. Επίσης, ουρές παρουσιάστηκαν και για κυκλοφοριακό φόρτο 150ΜΕΑ/ώρα εκτός από την περίπτωση, στην οποία η διάρκεια της περιόδου ήταν $60\delta\lambda$ και τα ποσοστά αναστροφών κυμαίνονταν από 0-20%. Για την παραπάνω περίπτωση, οι τιμές της ροής κορεσμού ήταν 2033, 2012 και 1962ΜΕΑ/ώρα . Οι τιμές για τις υπόλοιπες μεταβλητές φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1972	1939	1933
10%	1934	1890	1879
20%	1896	1887	1862
30%	1860	1865	1858
40%	1856	1820	1842
50%	1875	1846	1843
60%	1893	1854	1831
70%	1872	1848	1841
80%	1888	1863	1862
90%	1910	1870	1855
100%	1974	1886	1884

Πίνακας 5.2: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1998	1946	1931
10%	1953	1937	1902
20%	1938	1902	1851
30%	1909	1876	1838
40%	1905	1851	1820
50%	1883	1839	1809
60%	1897	1814	1839
70%	1903	1834	1864
80%	1930	1872	1860
90%	1933	1889	1871
100%	1956	1920	1893

Πίνακας 5.3: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ $C=60$		
	$g/C=0.2$	$g/C=0.3$	$g/C=0.4$
0%	2026	1979	1942
10%	1999	1946	1911
20%	1977	1897	1885
30%	1955	1857	1888
40%	1922	1856	1837
50%	1906	1837	1835
60%	1894	1842	1842
70%	1921	1859	1850
80%	1951	1879	1878
90%	1971	1891	1891
100%	1996	1903	1893

 $C=120$.

Πίνακας 5.4: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι οι διαφορές στις τιμές της ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, για λόγους $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$ και για $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$ δεν είναι σημαντικές, παρά μόνο στην περίπτωση που το ποσοστό των οχημάτων που κάνουν αναστροφή είναι 100%. Η περίπτωση αυτή δεν είναι αξιοσημείωτη, γιατί το ποσοστό αυτό των αναστροφών είναι θεωρητικό και δεν συνατάται στην πραγματικότητα. Άρα, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι τιμές της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, για $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $C=60\delta\lambda$, προκύπτουν ως ο μέσος όρος των τιμών που έχουν υπολογιστεί για $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$, ακόμα και για ποσοστό αναστροφών 100%. Επίσης, στο ίδιο περίπου συμπέρασμα καταλήγουμε και κατά την ανάλυση των τιμών της ροής κορεσμού για μεγαλύτερους κυκλοφοριακούς φόρτους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι διαφορές στις τιμές της ροής κορεσμού δεν είναι αισθητές για λόγους $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$, ενώ η διαφορά είναι σημαντική για λόγο $g/C=0.2$. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι για λόγους g/C μεγαλύτερους ή ίσους με 0.3, οι τιμές της ροής κορεσμού είναι οι μέσοι όροι των τιμών για $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$.

για τα αντίστοιχα ποσοστά αναστροφών. Επομένως, οι παραπάνω πίνακες για διάρκεια περιόδου σηματοδότησης $C=60\delta\lambda$ γίνονται:

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1948
10%	1901
20%	1882
30%	1861
40%	1839
50%	1855
60%	1859
70%	1854
80%	1871
90%	1878
100%	1915

Πίνακας 5.5: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	$g/C=0.2$	$g/C \geq 0.3$
0%	1998	1939
10%	1953	1920
20%	1938	1877
30%	1909	1857
40%	1905	1836
50%	1883	1824
60%	1897	1827
70%	1903	1849
80%	1930	1866
90%	1933	1880
100%	1956	1907

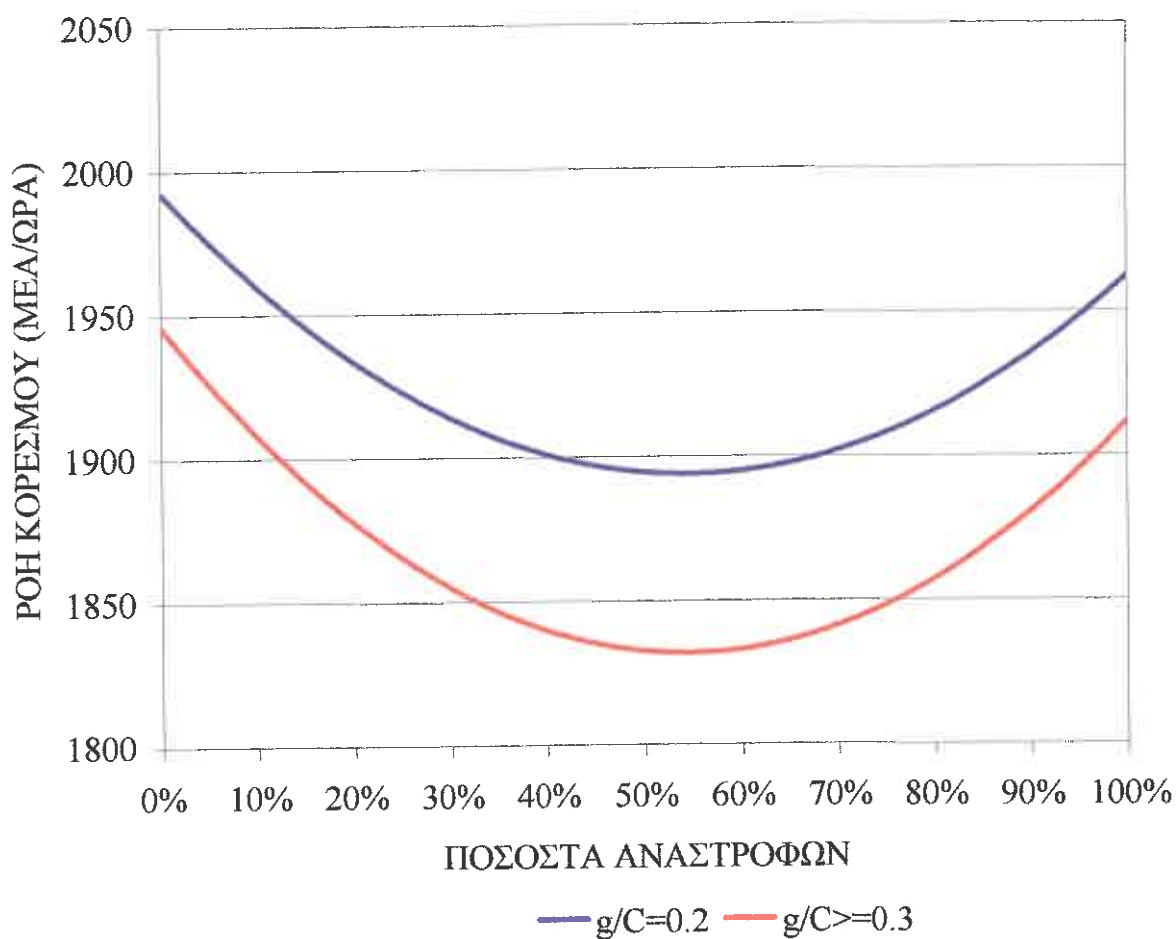
Πίνακας 5.6: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	$g/C=0.2$	$g/C \geq 0.3$
0%	2026	1961
10%	1999	1929
20%	1977	1891
30%	1955	1873
40%	1922	1847
50%	1906	1836
60%	1894	1842
70%	1921	1855
80%	1951	1879
90%	1971	1891
100%	1996	1898

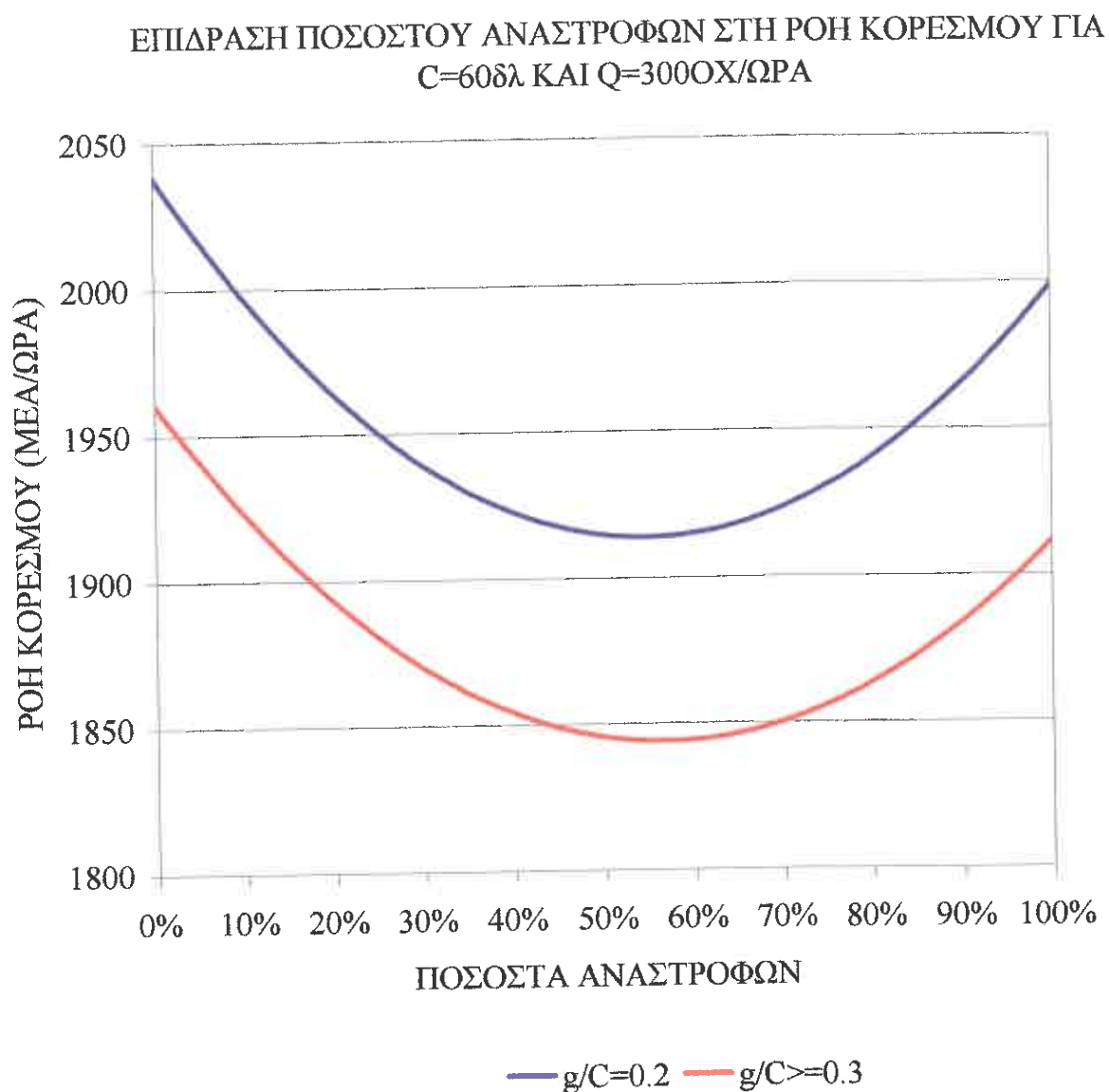
Πίνακας 5.7: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

Τα στοιχεία των παραπάνω πινάκων παρουσιάζονται στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν, στα οποία είναι φανερή η επιρροή του του λόγου g/C για μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης και μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους αριστερής λωρίδας. Από τα διαγράμματα αυτά, που παρουσιάζονται στη συνέχεια, προκύπτουν οι τιμές της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για κυκλοφοριακούς φόρτους 200ΜΕΑ/ώρα και 300ΜΕΑ/ώρα και για λόγους $g/C=0.2$ και $g/C \geq 0.3$.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΓΙΑ
 $C=60\delta\lambda$ ΚΑΙ $Q=200\text{ΜΕΑ/}\Omega\text{ΡΑ}$



Διάγραμμα 5.2: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ/}\Omega\text{ΡΑ}$.



Διάγραμμα 5.3: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\omega\text{ρα}$.

Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι όσο αυξάνει ο λόγος g/C , τόσο η ροή κορεσμού της λωρίδας μειώνεται. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι όσο αυξάνεται ο λόγος g/C για σταθερό C , δηλαδή όσο αυξάνεται ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πρασίνου, τόσο πιο πολλά οχήματα με μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς μπορούν να εξυπηρετηθούν. Όταν το χρησιμοποιούμενο πράσινο είναι μικρό, τα οχήματα με μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς δεν

προλαβαίνουν να εξυπηρετηθούν και σταματούν στις πρώτες θέσεις της ουράς περιμένοντας η εξυπηρέτησή τους να γίνει στην επόμενη φάση. Μόλις ανάψει πράσινο, τα οχήματα αυτά εξυπηρετούνται, ωστόσο εξαιρούνται από τον υπολογισμό της ροής κορεσμού, γιατί βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της ουράς. Έτσι, ο μέσος χρονικός διαχωρισμός είναι μικρός και η ροή κορεσμού μεγάλη.

Ακόμα, το γεγονός ότι οι διαφορές στις τιμές της ροής κορεσμού μειώνονται όσο αυξάνεται το g/C για σταθερό C , εξηγείται από το ότι ο χρόνος του χρησιμοποιούμενου πρασίνου είναι αρκετά μεγάλος για να μπορούν να εξυπηρετηθούν οχήματα με μικρούς και μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς. Οπότε, για αυτές τις τιμές του λόγου g/C , θεωρείται μια μέση τιμή ως η τιμή της ροής κορεσμού για το ανάλογο ποσοστό αναστροφών.

Η επιρροή του g/C για σταθερό $C=60\delta\lambda$ στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, με αναστροφές, όπως φαίνεται από τους πίνακες και τα διαγράμματα, είναι της τάξης του 5%. Μια τέτοια μείωση της ροής κορεσμού αποτελεί αρκετά σημαντικό γεγονός σε μια λωρίδα, γιατί όπως φαίνεται και στην εφαρμογή που ακολουθεί, η καθυστέρηση του κόμβου, που προκύπτει από ένα τέτοιο γεγονός, δεν είναι αμελητέα.

Έτσι, προκύπτει ότι, σε προσβάσεις με μικρή διάρκεια πρασίνου, τα οχήματα κινούνται πιο πυκνά το ένα με το άλλο, δηλαδή με μικρότερους χρονικούς διαχωρισμούς. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι εξαιτίας της μικρής διάρκειας πρασίνου, οι οδηγοί αφήνουν μικρότερη απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενο τους όχημα, για να προλάβουν να εξυπηρετηθούν, πριν η ένδειξη του σηματοδότη γίνει κόκκινη.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες των τιμών της ροής κορεσμού για μεγάλη χρονική διάρκεια περιόδου και διάφορους κυκλοφοριακούς φόρτους αριστερής λωρίδας.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1970	1967	1958
10%	1929	1926	1921
20%	1914	1892	1884
30%	1868	1864	1858
40%	1917	1858	1847
50%	1853	1851	1837
60%	1858	1837	1835
70%	1850	1861	1855
80%	1871	1862	1854
90%	1894	1870	1872
100%	1926	1906	1893

Πίνακας 5.8: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1983	1957	1951
10%	1936	1916	1910
20%	1914	1879	1851
30%	1885	1854	1846
40%	1858	1857	1857
50%	1847	1816	1836
60%	1849	1822	1842
70%	1849	1836	1844
80%	1877	1862	1844
90%	1892	1859	1856
100%	1917	1922	1911

Πίνακας 5.9: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1993	1977	1964
10%	1956	1945	1927
20%	1919	1918	1899
30%	1891	1885	1882
40%	1876	1865	1851
50%	1856	1860	1851
60%	1851	1848	1851
70%	1873	1853	1844
80%	1884	1860	1848
90%	1912	1884	1881
100%	1948	1912	1918

Πίνακας 5.10: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι για διάρκεια περιόδου $C=120\delta\lambda$ οι διαφορές των τιμών της ροής κορεσμού για οποιοδήποτε g/C είναι μικρές. Άρα και σε αυτή την περίπτωση, η ροή κορεσμού για τα διάφορα ποσοστά αναστροφών, προκύπτει ως ο μέσος όρος των τιμών για $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$. Επομένως, οι παραπάνω πίνακες γίνονται:

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1965
10%	1925
20%	1897
30%	1863
40%	1874
50%	1847
60%	1843
70%	1855
80%	1862
90%	1879
100%	1908

Πίνακας 5.11: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1964
10%	1921
20%	1881
30%	1862
40%	1857
50%	1833
60%	1838
70%	1843
80%	1861
90%	1869
100%	1917

Πίνακας 5.12: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1978
10%	1943
20%	1912
30%	1886
40%	1864
50%	1856
60%	1850
70%	1857
80%	1864
90%	1892
100%	1926

Πίνακας 5.13: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

Από τους παραπάνω πίνακες είναι φανερό ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής δεν επηρεάζεται από το λόγο g/C για μεγάλη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης είτε για μικρούς, είτε για μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους. Αυτό συμβαίνει γιατί, στην προκειμένη περίπτωση ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πρασίνου είναι μεγάλος, με αποτέλεσμα η εξυπηρέτηση των οχημάτων να μην επηρεάζεται από αυτόν. Δηλαδή κατά τη διάρκεια του πρασίνου, μπορούν να εξυπηρετηθούν οχήματα με μεγάλους και μικρούς χρονικούς διαχωρισμούς, με αποτέλεσμα η ροή κορεσμού σε αυτήν την περίπτωση παραμένει ανεπηρέαστη.

Στις ενδιάμεσες τιμές του λόγου του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης g/C , για μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης, κρίνεται ότι αντιστοιχούν οι τιμές της ροής κορεσμού για λόγους $g/C=0.2$ και $g/C \geq 0.3$, ανάλογα με το ποια τιμή από τις δύο προσεγγίζεται περισσότερο. Οποιαδήποτε επιπλέον ανάλυση θα αποτελούσε υπερβολή, γιατί οι διαφορές μεταξύ των τιμών που θα προέκυπταν και αυτών που προτείνονται είναι αμελητέες.

5.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟ ΦΟΡΤΟ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ

Σ' αυτήν την παράγραφο εξετάζεται η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής με ποσοστό οχημάτων που κάνουν αναστροφή. Τα συμπεράσματα, που προέκυψαν στην προηγούμενη παράγραφο δεν θα περιληφθούν σε αυτή, αλλά στην τελική παράγραφο, όπου θα συμπεριληφθούν όλα τα συμπεράσματα από τις διάφορες μεμονωμένες αναλύσεις.

Οι τιμές των κυκλοφοριακών φόρτων που επιλέχτηκαν είναι 150, 200, 300 και 400 ΜΕΑ/ΩΡΑ και θεωρούνται οι πιο αντιπροσωπευτικές, για την αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής. Οι τιμές της ροής κορεσμού προέκυψαν για τιμές διάρκειας περιόδου $C=60\delta\lambda$ και $C=120\delta\lambda$ και για τιμές του λόγου g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου 0.2, 0.3 και 0.4¹. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις τιμές της ροής κορεσμού, οι οποίες προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μεθόδου προσομοίωσης για μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης, με βάση τον κυκλοφοριακό φόρτο της αριστερής λωρίδας.

¹ Αποτελέσματα για λόγο χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς διάρκεια περιόδου $g/C=0.2$ και κυκλοφοριακό φόρτο $Q=400\text{ ΜΕΑ/ΩΡΑ}$ δεν προέκυψαν γιατί στην πρόσβαση δημιουργήθηκε μεγάλη ουρά.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1972	1998	2026
10%	1934	1953	1999
20%	1896	1938	1977
30%	1860	1909	1955
40%	1856	1905	1922
50%	1875	1883	1906
60%	1893	1897	1894
70%	1872	1903	1921
80%	1888	1930	1951
90%	1910	1933	1971
100%	1974	1956	1996

Πίνακας 5.14: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ			
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=400ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1939	1946	1979	1988
10%	1890	1937	1946	1942
20%	1887	1902	1897	1907
30%	1865	1876	1857	1890
40%	1820	1851	1856	1875
50%	1846	1839	1837	1864
60%	1854	1814	1842	1852
70%	1848	1834	1859	1865
80%	1863	1872	1879	1884
90%	1870	1889	1891	1910
100%	1886	1920	1903	1953

Πίνακας 5.15: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ			
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=400ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1933	1931	1942	1945
10%	1879	1902	1911	1916
20%	1862	1851	1885	1873
30%	1858	1838	1888	1874
40%	1842	1820	1837	1839
50%	1843	1809	1835	1843
60%	1831	1839	1842	1832
70%	1841	1864	1850	1828
80%	1862	1860	1878	1862
90%	1855	1871	1891	1889
100%	1884	1893	1893	1914

Πίνακας 5.16: Τιμές ροής κορεσμού για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.4$ και $Q=150\text{ΜΕΑ}/\text{ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ}/\text{ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\text{ώρα}$

Παρατηρώντας τους παραπάνω πίνακες είναι φανερό ότι οι διαφορές στις τιμές της ροής κορεσμού της πρόσβασης για κυκλοφοριακούς φόρτους $Q=200\text{ΜΕΑ}/\text{ΩΡΑ}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ}/\text{ΩΡΑ}$ για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$, δεν είναι σημαντικές. Δηλαδή, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι τιμές της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$, προκύπτουν ως ο μέσος όρος των τιμών που έχουν υπολογιστεί για τους παραπάνω κυκλοφοριακούς φόρτους χωριστά. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για $C=60\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$ και για κυκλοφοριακούς φόρτους μεγαλύτερους από $150\text{ΜΕΑ}/\text{ώρα}$. Έτσι οι πίνακες αυτοί γίνονται ως εξής:

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q>=200ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1972	2012
10%	1934	1976
20%	1896	1958
30%	1860	1932
40%	1856	1914
50%	1875	1895
60%	1893	1896
70%	1872	1912
80%	1888	1941
90%	1910	1952
100%	1974	1976

Πίνακας 5.17: Τιμές ροής κορεσμού για C=60δλ και g/C=0.2

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1963	1938
10%	1929	1902
20%	1898	1868
30%	1872	1865
40%	1851	1835
50%	1847	1833
60%	1841	1836
70%	1852	1846
80%	1875	1866
90%	1890	1877
100%	1916	1896

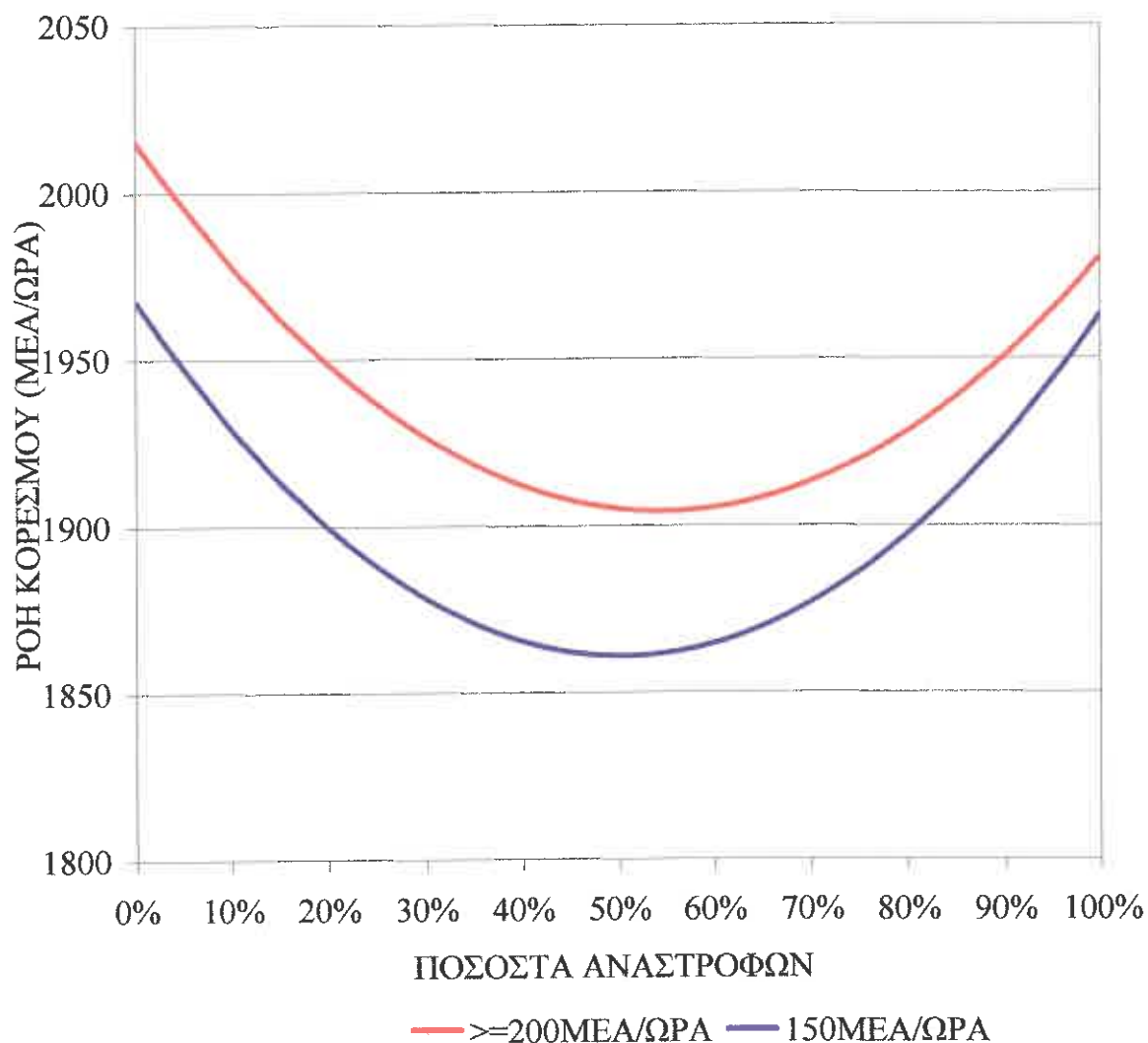
Πίνακας 5.18: Τιμές ροής κορεσμού για C=60δλ, g/C=0.3 και g/C=0.4

Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτει ότι η ροή κορεσμού επηρεάζεται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της αριστερής λωρίδας για μικρό λόγο g/C και μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης. Επομένως, η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο για μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου.

Προκύπτει δηλαδή ότι σε προσβάσεις με μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους και μικρή διάρκεια πρασίνου, τα οχήματα κινούνται πιο αραιά το ένα με τ'άλλο, δηλαδή με μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι τα οχήματα στην πρόσβαση φτάνουν με μεγάλες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τα οχήματα που κινούνται στην κορεσμένη φάση του πρασίνου να έχουν μεγαλύτερες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους. Δηλαδή οι οδηγοί αφήνουν μεγάλες αποστάσεις από το προπορευόμενό τους όχημα, αφού γνωρίζουν ότι θα προλάβουν να εξυπηρετηθούν κατά τη διάρκεια του πρασίνου.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα των τιμών της ροής κορεσμού της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$, όπου παρουσιάζεται η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου στην αριστερή λωρίδα για διάφορα ποσοστά αναστροφών.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΣΤΗ ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΓΙΑ
 $C=60\delta\lambda$ ΚΑΙ $g/C=0.2$



Διάγραμμα 5.4: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεσμού για $C=60\delta\lambda$ και $g/C=0.2$.

Η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου Q για μικρή διάρκεια περιόδου, $C=60\delta\lambda$, στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής, με αναστροφές, όπως φαίνεται από τους πίνακες και το διάγραμμα, είναι της τάξης του 5%. Μια τέτοια αύξηση της ροής κορεσμού αποτελεί αρκετά σημαντικό

γεγονός σε μια λωρίδα, γιατί όπως φαίνεται και στην εφαρμογή, που ακολουθεί, η καθυστέρηση του κόμβου επηρεάζεται από μεταβολές της ροής κορεσμού αριστερής λωρίδας.

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι όσο μειώνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος Q της αριστερής λωρίδας για μικρή διάρκεια περιόδου και μικρό λόγο g/C , τόσο η ροή κορεσμού της λωρίδας μικραίνει. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου Q της αριστερής λωρίδας, οδηγεί σε μείωση του ρυθμού άφιξης των οχημάτων στη λωρίδα. Επομένως, στην ουρά φτάνουν λίγα οχήματα, με μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς, τα οποία εξυπηρετούνται κατά τη διάρκεια του πρασίνου, με αποτέλεσμα κατά την εξυπηρέτησή τους να έχουν μεγάλες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους. Έτσι, η ροή κορεσμού για μικρούς κυκλοφοριακούς φόρτους μικραίνει.

Για τις τιμές του κυκλοφοριακού φόρτου που είναι ενδιάμεσες αυτών που εξετάστηκαν, κρίνεται ότι αντιστοιχούν οι τιμές της ροής κορεσμού για κυκλοφοριακούς φόρτους 150ΜΕΑ/ώρα και μεγαλύτερους ή ίσους με 200ΜΕΑ/ώρα, ανάλογα με το ποια τιμή από τις δύο προσεγγίζεται περισσότερο. Οποιαδήποτε επιπλέον ανάλυση θα αποτελούσε υπερβολή, γιατί οι διαφορές μεταξύ των τιμών που θα προέκυπταν και αυτών που προτείνονται είναι αμελητέες.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση για μεγάλη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης και διάφορους λόγους g/C .



ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1970	1983	1993
10%	1929	1936	1956
20%	1914	1914	1919
30%	1868	1885	1891
40%	1917	1858	1876
50%	1853	1847	1856
60%	1858	1849	1851
70%	1850	1849	1873
80%	1871	1877	1884
90%	1894	1892	1912
100%	1926	1917	1948

Πίνακας 5.19: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.2$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ			
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=400ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1967	1957	1977	1984
10%	1926	1916	1945	1955
20%	1892	1879	1918	1915
30%	1864	1854	1885	1897
40%	1858	1857	1865	1878
50%	1851	1816	1860	1855
60%	1837	1822	1848	1854
70%	1861	1836	1853	1850
80%	1862	1862	1860	1879
90%	1870	1859	1884	1895
100%	1906	1922	1912	1939

Πίνακας 5.20: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.3$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ			
	Q=150ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=200ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=300ΜΕΑ/ΩΡΑ	Q=400ΜΕΑ/ΩΡΑ
0%	1958	1951	1964	1972
10%	1921	1910	1927	1930
20%	1884	1851	1899	1909
30%	1858	1846	1882	1871
40%	1847	1857	1851	1859
50%	1837	1836	1851	1847
60%	1835	1842	1851	1846
70%	1855	1844	1844	1848
80%	1854	1844	1848	1869
90%	1872	1856	1881	1871
100%	1893	1911	1918	1903

Πίνακας 5.21: Τιμές ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$, $g/C=0.4$ και $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$,
 $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$

Παρατηρείται ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ και $g/C=0.2$, $g/C=0.3$ και $g/C=0.4$ και για κυκλοφοριακούς φόρτους $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$ δεν παρουσιάζουν αισθητές διαφορές, με αποτέλεσμα η ροή κορεσμού για μεγάλη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης και για διάφορα ποσοστά αναστροφών, να προκύπτει ως ο μέσος όρος των τιμών, που έχουν υπολογιστεί από την προσομοίωση για $Q=150\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$, $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$ και $Q=400\text{ΜΕΑ/ώρα}$. Δηλαδή παρατηρείται ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για $C=120\delta\lambda$ δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, όσο αυξάνεται ο κυκλοφοριακός φόρτος. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι για μεγάλη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης C , ο χρόνος του χρησιμοποιούμενου πρασίνου που προκύπτει από τις τιμές του λόγου g/C 0.2, 0.3 και 0.4, είναι 24, 36 και 48δλ, δηλαδή πρόκειται για αρκετά μεγάλα χρονικά διαστήματα, στα οποία εξυπηρετούνται πολλά οχήματα, με μεγάλους και μικρούς χρονικούς διαχωρισμούς. Έτσι, η επιρροή του κυκλοφοριακού φόρτου της αριστερής λωρίδας δεν είναι αισθητή στην τιμή της

ροής κορεσμού. Μετά από αυτές τις διαπιστώσεις οι παραπάνω πίνακες γίνονται ως εξής:

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	g/C=0.2	g/C=0.3	g/C=0.4
0%	1982	1971	1961
10%	1940	1936	1922
20%	1916	1901	1886
30%	1881	1875	1864
40%	1884	1865	1854
50%	1852	1846	1843
60%	1853	1840	1844
70%	1857	1850	1848
80%	1877	1866	1854
90%	1899	1877	1870
100%	1930	1920	1906

Πίνακας 5.22: Τιμές ροής κορεσμού για C=120δλ, g/C=0.2, g/C=0.3 και g/C=0.4

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι τιμές της ροής κορεσμού μπορεί να θεωρηθεί ότι μένουν ανεπηρέαστες από τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας για μεγάλη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης. Δηλαδή για μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους, τα οχήματα φτάνουν πιο πυκνά στην πρόσβαση και οι οδηγοί αφήνουν μικρότερη απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενό τους όχημα, για να προλάβουν να εξυπηρετηθούν, πριν η ένδειξη του σηματοδότη γίνει κόκκινη, εξαιτίας της μικρής διάρκειας πρασίνου και του μεγάλου μήκους ουράς, που δημιουργείται λόγω του μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου.

5.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ C

Σ'αυτήν την παράγραφο εξετάζεται η επιρροή της διάρκειας περιόδου σηματοδότησης στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές. Οι τιμές της διάρκειας περιόδου σηματοδότησης που επιλέχθηκαν είναι C=60δλ και C=120δλ. Οι τιμές της ροής κορεσμού προέκυψαν για τιμές του λόγου g/C της χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης προς τη διάρκεια της περιόδου 0.2 για C=120δλ και 0.4 για C=60δλ έτσι ώστε, οι χρόνοι του χρησιμοποιούμενου πρασίνου να είναι συγκρίσιμοι. Ακόμα, οι τιμές της ροής κορεσμού προέκυψαν για κυκλοφοριακούς φόρτους Q=150ΜΕΑ/ώρα Q=200ΜΕΑ/ώρα Q=300ΜΕΑ/ώρα. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις τιμές της ροής κορεσμού, οι οποίες προέκυψαν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μεθόδου προσομοίωσης.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=120δλ
0%	1933	1970
10%	1879	1929
20%	1862	1914
30%	1858	1868
40%	1842	1917
50%	1843	1853
60%	1831	1858
70%	1841	1850
80%	1862	1871
90%	1855	1894
100%	1884	1926

Πίνακας 5.23: Τιμές ροής κορεσμού για g=24δλ και για Q=150ΜΕΑ/ώρα

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=120δλ
0%	1931	1983
10%	1902	1936
20%	1851	1914
30%	1838	1885
40%	1820	1858
50%	1809	1847
60%	1839	1849
70%	1864	1849
80%	1860	1877
90%	1871	1892
100%	1893	1917

Πίνακας 5.24: Τιμές ροής κορεσμού για $g=24\delta\lambda$ και για $Q=200\text{ΜΕΑ/ώρα}$

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=120δλ
0%	1942	1993
10%	1911	1956
20%	1885	1919
30%	1888	1891
40%	1837	1876
50%	1835	1856
60%	1842	1851
70%	1850	1873
80%	1878	1884
90%	1891	1912
100%	1893	1948

Πίνακας 5.25: Τιμές ροής κορεσμού για $g=24\delta\lambda$ και για $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι οι τιμές της ροής κορεσμού δεν μεταβάλλονται σημαντικά για διαφορετικές διάρκειες της περιόδου του

σηματοδότη, όταν το χρησιμοποιούμενο πράσινο παραμένει σταθερό και είναι μικρό. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για συγκεκριμένο μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου, δεν εξαρτώνται από το αν η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης είναι μικρή ή μεγάλη.

Τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν για λόγο $g/C=0.2$ και $C=90\delta\lambda$ και $g/C=0.3$ και $C=60\delta\lambda$. (τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αντιστοιχούν σε ποσοστά 0-30%)

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=90δλ
0%	1939	1981
10%	1890	1956
20%	1887	1904
30%	1865	1888

Πίνακας 5.26: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=150$ ΜΕΑ/ώρα

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=90δλ
0%	1946	1979
10%	1937	1956
20%	1902	1896
30%	1876	1864

Πίνακας 5.27: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=200$ ΜΕΑ/ώρα

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	C=60δλ	C=90δλ
0%	1979	2008
10%	1946	1958
20%	1897	1927
30%	1857	1896

Πίνακας 5.28: Τιμές ροής κορεσμού για $g=18\delta\lambda$ και για $Q=300\text{ΜΕΑ/ώρα}$

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι, όταν το χρησιμοποιούμενο πράσινο παραμένει σταθερό και είναι μεγάλο, οι τιμές της ροής κορεσμού δεν μεταβάλλονται σημαντικά για διαφορετικές διάρκειες της περιόδου του σηματοδότη. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για συγκεκριμένο μεγάλο χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου, δεν εξαρτώνται από το αν η διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης είναι μικρή ή μεγάλη.

5.9 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από την προηγούμενη σταδιακή ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, προέκυψε ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για ποσοστά αναστροφών από 0-100%, εξαρτάται από το λόγο του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης g/C , όταν αυτός παίρνει μικρές τιμές, για μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης, δηλαδή, όταν το χρησιμοποιούμενο πράσινο είναι μικρό. Ενώ, μένει ανεπηρέαστη για μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους και για μεγάλη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης. Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η ροή κορεσμού αριστερής λωρίδας, στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές, εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας, για μικρό λόγο χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη

διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης και για μικρή διάρκεια περιόδου σηματοδότησης, δηλαδή για μικρό χρησιμοποιούμενο πράσινο. Σε αντίθετη περίπτωση, ο κυκλοφοριακός φόρτος δεν επηρεάζει τη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής. Τέλος, επισημάνθηκε ότι η ροή κορεσμού δεν εξαρτάται από τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης. Δηλαδή, το συνολικό συμπέρασμα είναι ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής εξαρτώνται από τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας, αλλά και από το χρόνο του χρησιμοποιούμενου πρασίνου. Επομένως, οι παραπάνω πίνακες μπορούν τελικά να συμπτυχθούν στον εξής πίνακα:

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ		
	Μικρό g Μικρό Q	Μικρό g Μεγάλο Q	Μεγάλο g Οποιοδήποτε Q
0%	1972	2012	1959
10%	1934	1976	1922
20%	1896	1958	1890
30%	1860	1932	1868
40%	1856	1914	1854
50%	1875	1895	1841
60%	1893	1896	1841
70%	1872	1912	1851
80%	1888	1941	1865
90%	1910	1952	1879
100%	1974	1976	1909

Πίνακας 5.29: Συνολικός πίνακας τιμών ροής κορεσμού

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι οι τιμές της ροής κορεσμού για μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και οι τιμές για μεγάλο χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Μπορεί λοιπόν να

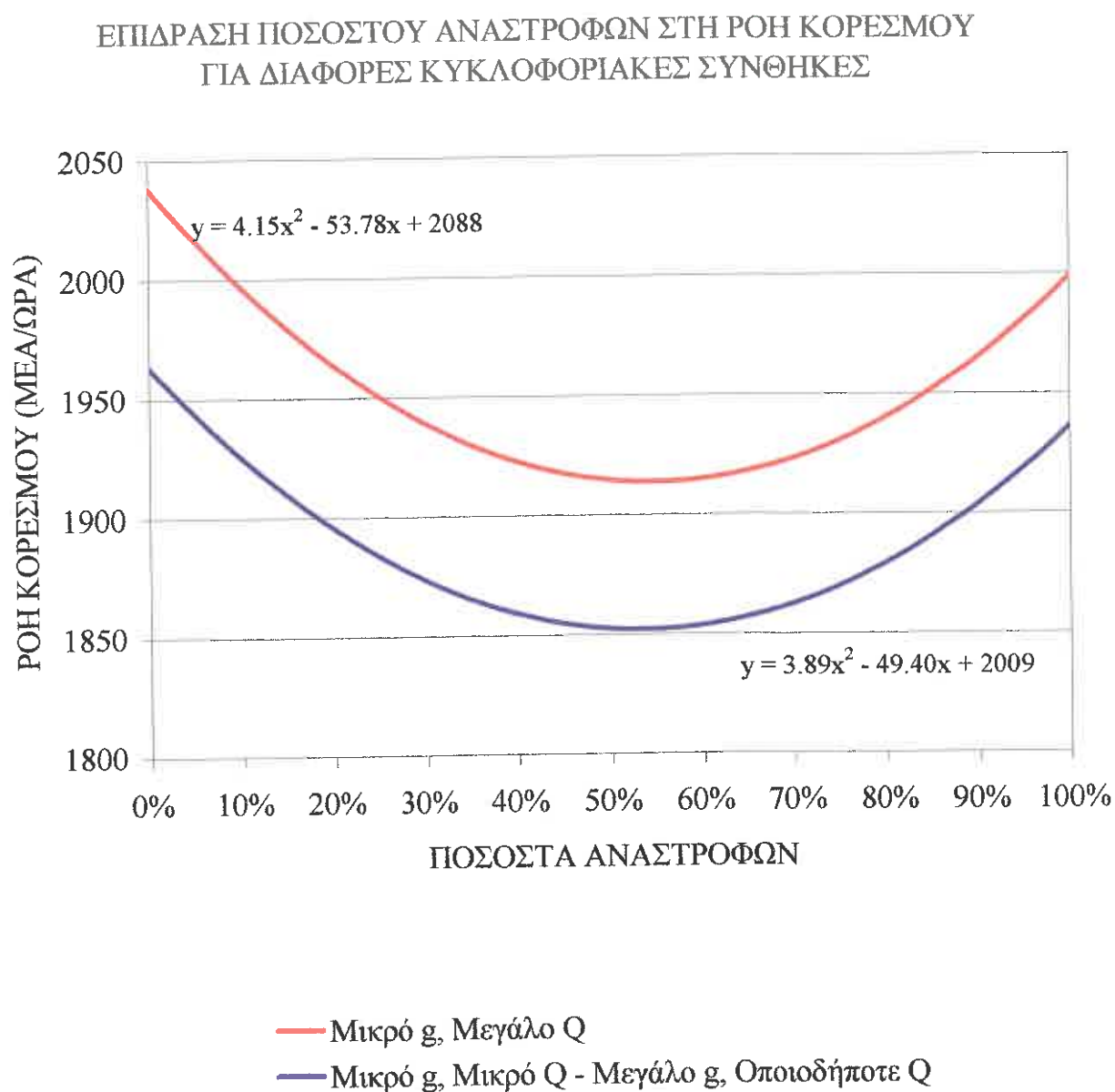
θεωρηθεί ότι η ροή κορεσμού για τις δύο αυτές περιπτώσεις προκύπτει ως ο μέσος όρος των

τιμών της κάθεμιας περίπτωσης που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα. Έτσι, τελικά οι τιμές της ροής κορεσμού σε αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής για διάφορα ποσοστά αναστροφών δίνονται από τον παρακάτω πίνακα ανάλογα με της κυκλοφοριακές συνθήκες που επικρατούν στη λωρίδα.

ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕΑ/ΩΡΑ	
	Μικρό g Μεγάλο Q	ΑΛΛΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
0%	2012	1966
10%	1976	1928
20%	1958	1893
30%	1932	1864
40%	1914	1855
50%	1895	1858
60%	1896	1867
70%	1912	1862
80%	1941	1877
90%	1952	1895
100%	1976	1942

Πίνακας 5.30: Τελικός πίνακας τιμών ροής κορεσμού

Τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται καλύτερα στο παρακάτω διάγραμμα, στο οποίο αντιπροσωπεύονται από δύο καμπύλες δευτέρου βαθμού.



Διάγραμμα 5.5: Επίδραση ποσοστού αναστροφών στη ροή κορεμού για διάφορες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούν να προκύψουν οι τιμές της ροής κορεμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για διάφορα ποσοστά

αναστροφών ανάλογα με το χρόνο του χρησιμοποιούμενου πρασίνου και με τον κυκλοφοριακό φόρτο της λωρίδας. Έτσι, από την πρώτη γραφική παράσταση προκύπτουν οι τιμές της ροής κορεσμού για μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο και από τη δεύτερη γραφική παράσταση οι τιμές της ροής κορεσμού για μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και για μεγάλο χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο. Στην μελέτη που έγινε το μικρό χρησιμοποιούμενο πράσινο αντιστοιχεί σε 12δλ και το μεγάλο σε 18δλ, ενώ ο μικρός φόρτος αντιστοιχεί σε 150ΜΕΑ/ώρα και ο μεγάλος σε 200ΜΕΑ/ώρα.

Οι τιμές της ροής κορεσμού για ενδιάμεσες τιμές του χρησιμοποιούμενου πρασίνου και του κυκλοφοριακού φόρτου μπορούν να προκύψουν από τις δύο παραπάνω καμπύλες ανάλογα με το ποια καμπύλη από τις δύο προσεγγίζεται περισσότερο. Οποιαδήποτε επιπλέον ανάλυση θα αποτελούσε υπερβολή, γιατί οι διαφορές μεταξύ των τιμών που θα προέκυπταν και αυτών που προτείνονται είναι αμελητέες.

Εκτός από τη γραφική προσέγγιση των τιμών της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για διάφορους χρόνους χρησιμοποιούμενου πρασίνου και κυκλοφοριακούς φόρτους, προτείνεται και μια άλλη προσέγγιση, η οποία μειώνει την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων της προηγούμενης δίνοντας τιμές της ροής κορεσμού για οποιοδήποτε ποσοστό αναστροφών.

Για όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση έγινε επεξεργασία για να βρεθεί πόσος χρόνος απαιτείται για την εξυπηρέτηση όλων των οχημάτων μιας φάσης, που κινούνται σε κορεσμό σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο πράσινο. Έτσι, υπολογίστηκε ο ακόλουθος λόγος, του οποίου ο αριθμητής είναι το χρησιμοποιούμενο πράσινο μειωμένο κατά 6δλ, που είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αποκατάσταση των συνθηκών κορεσμού, και ο παρανομαστής είναι το γινόμενο του κυκλοφοριακού φόρτου ανά φάση επί το μέσο χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων που υπολογίστηκε ως ζυγισμένος μέσος

όρος των διαφόρων κατηγοριών των οχημάτων και επιβεβαιώθηκε με τη μέθοδο της προσομοίωσης. Δηλαδή:

$$\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$$

όπου	g:	ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πρασίνου
	Q:	ο κυκλοφοριακός φόρτος της αριστερής λωρίδας
	n:	ο αριθμός των φάσεων
	$\bar{H}$:	ο μέσος χρονικός διαχωρισμός

Όλες οι τιμές του λόγου, που πρέκυσαν, ομαδοποιήθηκαν σε διάφορα διαστήματα ώστε να βρεθεί το πιο κατάλληλο. Η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε γιατί ο αριθμός των λόγων που υπολογίστηκαν ήταν πολύ μεγάλος έτσι ώστε, πολλές τιμές να είναι επαναλαμβανόμενες, αλλά και για να μειωθεί η διακύμανση των τιμών της ροής κορεσμού και να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα. Η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο ενωποιήθηκαν όλες οι ίδιες τιμές του λόγου και βρέθηκε ο μέσος όρος της ροής κορεσμού. Στο δεύτερο στάδιο ομαδοποιήθηκαν οι τιμές που είχαν μικρές διαφορές μεταξύ τους και μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες τιμές. Ο στατιστικός έλεγχος για ναδειχθεί ότι οι ομάδες έχουν επιλεχτεί σωστά έγινε με διαδοχικά t-tests. Έτσι, οι τιμές ομαδοποιηθήθηκαν και τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ (ΔΛ)	ΡΟΗ ΚΟΡΕΣΜΟΥ (ΜΕΑ/ΩΡΑ)
0.66	1976.00
0.96	1927.75
1.22	1892.63
1.35	1899.86
1.45	1933.10
1.61	1888.14
1.82	1868.80
1.93	1914.80
2.16	1864.00
2.28	1893.75
2.43	1886.75
2.55	1901.20
2.77	1864.00
2.87	1900.40
3.10	1859.50
3.21	1869.00
3.30	1894.70
3.40	1888.50
3.68	1839.10
3.82	1874.20
4.35	1831.20

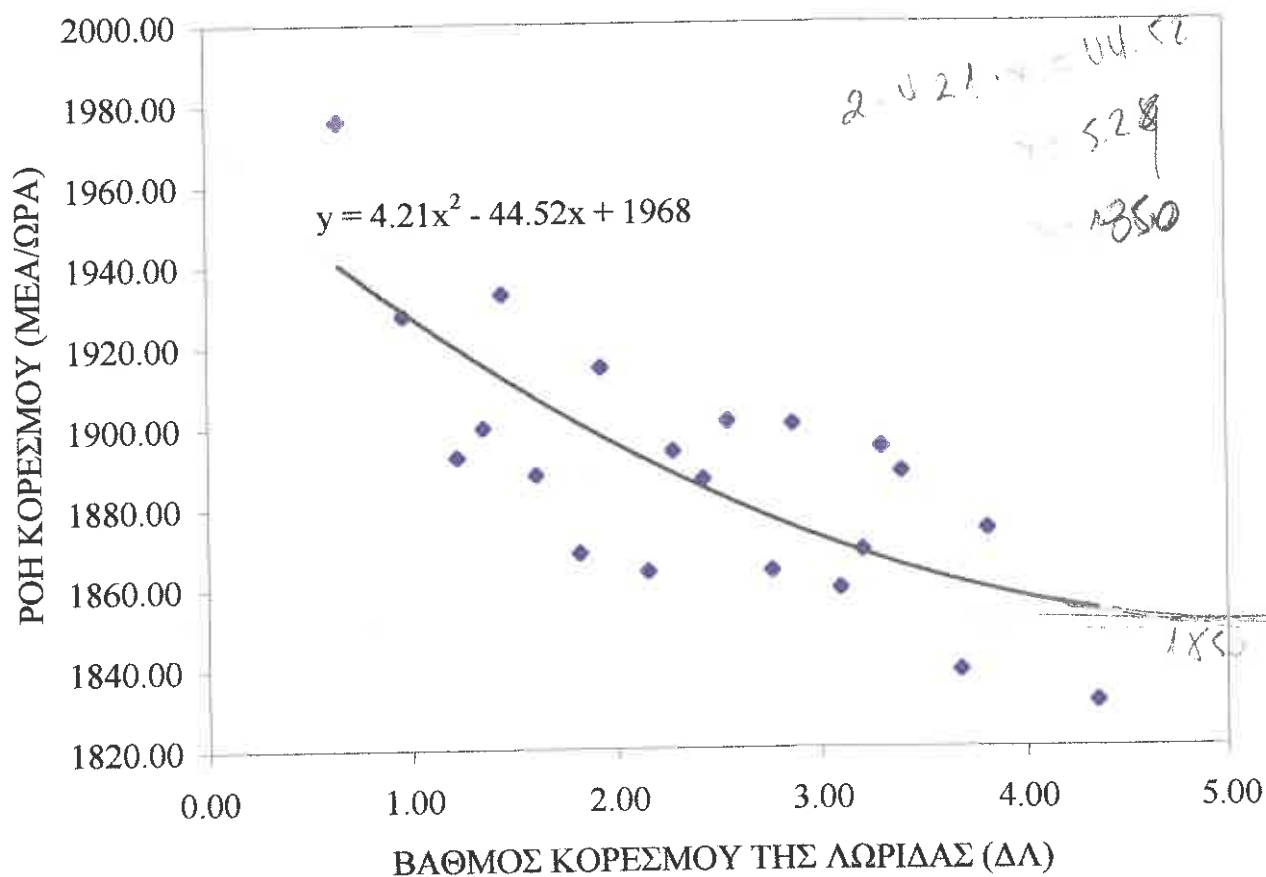
Πίνακας 5.31: Τιμές του λόγου $\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$ και οι αντίστοιχες τιμές της ροής

κορεσμού.

Από το διάγραμμα που προκύπτει από τις παραπάνω τιμές του λόγου μπορεί να υπολογιστεί η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.

Παρακάτω δίνεται η γραφική παράσταση των διαφόρων τιμών του λόγου $\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΗΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΚΟΡΕΣΜΟΥ ΤΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ



Διάγραμμα 5.6: Υπολογισμός της ροής κορεσμού με βάση το βαθμό κορεσμού της λωρίδας.

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα και την εξίσωση που δίνεται είναι δυνατός ο υπολογισμός της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου στον οποίο πραγματοποιούνται

αναστροφές. Επειδή, από την ανάλυση των τιμών του λόγου η καμπύλη προέκυψε με συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.57$ ο υπολογισμός της ροής κορεσμού μπορεί να γίνεται με βάση αυτήν την καμπύλη, αλλά και με βάση το διάγραμμα 5.5 γραφικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

6.1 Γενικά

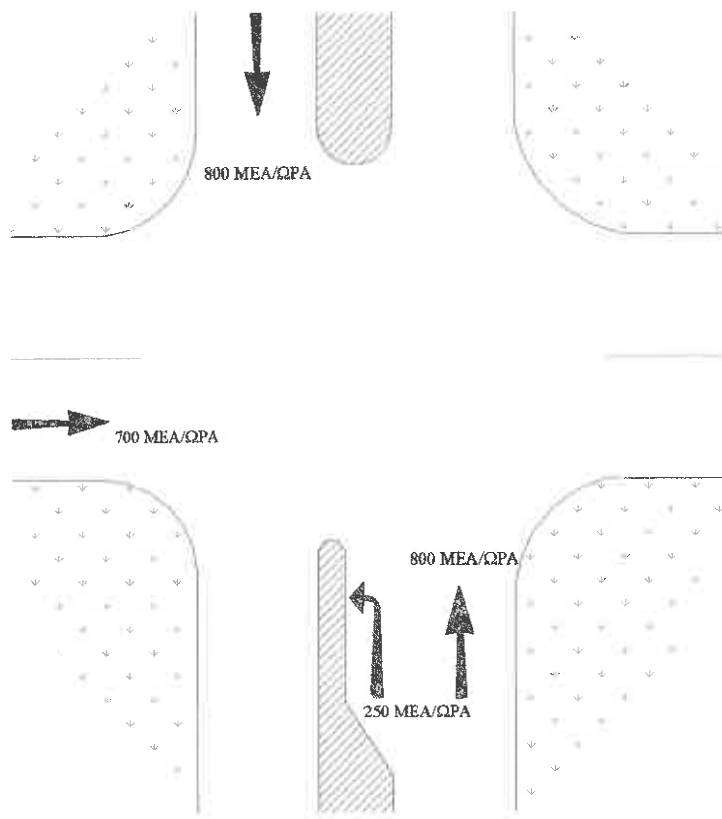
Στο πέμπτο κεφάλαιο βρέθηκε ότι η επιρροή του λόγου g/C του χρησιμοποιούμενου πρασίνου g προς τη διάρκεια περιόδου σηματοδότησης C και του κυκλοφοριακού φόρτου στη ροή κορεσμού της αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής για διάφορα ποσοστά αναστροφών είναι της τάξης του 5%. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μια χαρακτηριστική εφαρμογή από όπου φαίνεται ότι η μείωση της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής κατά 5% αυξάνει την καθυστέρηση στον κόμβο.

6.2 Εφαρμογή

Για τον εικονιζόμενο κόμβο σε επίπεδη κεντρική εμπορική περιοχή ζητούνται για δεδομένους φόρτους αιχμής οι μέσες καθυστερήσεις στον κόμβο για την περίπτωση που η ροή κορεσμού της αριστερής στροφής είναι ίση με τη τιμή που προτείνεται από τον Αμερικάνικο κανονισμό και για την περίπτωση που είναι μειωμένη κατά 5%.

Δίνονται:

- Ο συνολικός απολυμμένος χρόνος στην αρχή και στο τέλος κάθε φάσης 2δλ
- Διάρκεια κίτρινης ένδειξης 3δλ
- $\Sigma\Omega A=1.00$ (όχι προσαρμογή των φόρτων)
- Ιδανική ροή κορεσμού 2100ΜΕΑ/ώρα
- Οι εικονιζόμενοι φόρτοι σε ΜΕΑ/ώρα



Συμφωνα με τον Αμερικάνικο κανονισμό η ροή κορεσμού S μιας λωρίδας κυκλοφορίας δίνεται από τον τύπο:

$$S = S_0 \cdot N \cdot f_w \cdot f_{hv} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{RT} \cdot f_{LT}$$

Όπου:

N = αριθμός λωρίδων

f_w = συντελεστής για πλάτος λωρίδας

f_{hv} = συντελεστής για βαριά οχήματα

f_g = συντελεστής για κατά μήκος κλίση

f_p = συντελεστής για στάθμευση στην πρόσβαση

f_{bb} = συντελεστής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβαση

f_a = συντελεστής για τον τύπο της περιοχής

f_{RT} = συντελεστής για δεξιές στροφές

f_{LT} = συντελεστής για αριστερές στροφές

Υπολογισμός των λόγων $y_i=v_i/S_i$

Φάση A:

Ρεύμα AB

$$S=2100 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=2100 \text{ MEA/ώρα}$$

$$y_{AB}=v_{AB}/S_{AB}=800/2100=0.38$$

Ρεύμα A₂

$$S=4200 \text{ MEA/ώρα}$$

$$y_{A2}=v_{A2}/S_{A2}=800/2100=0.38$$

Λαμβάνεται ο μεγαλύτερος λόγος από τους δύο ως κρίσιμος λόγος για τη φάση A.

Φάση B:

Ρεύμα B₁

Ακραία λωρίδα

$$S=2100 \text{ MEA/ώρα}$$

Το ρεύμα B₁ είναι το ίδιο με το ρεύμα A₁, του οποίου η εξυπηρέτηση έχει ξεκινήσει από την προηγούμενη φάση. Έτσι, ο κρίσιμος λόγος για τη φάση B είναι ο y_{B2} , που υπολογίζεται στη συνέχεια.

Ρεύμα B₂*Λωρίδα προς τη νησίδα*

$$S=2100 \cdot 0.95=1995 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{B2}=v_{B2}/S_{B2}=250/1995=0.13$$

Φάση Γ:Ρεύμα Γ

$$S=2100=2100 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{\Gamma}=v_{\Gamma}/S_{\Gamma}=700/2100=0.33$$

Το συνολικό Y θα είναι:

$$Y=y_{\alpha}+y_{\beta}+y_{\Gamma}=0.38+0.13+.033=0.84$$

Υπολογισμός χαμένων χρόνων

Ο συνολικός χαμένος χρόνος θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$L=\Sigma(I-\alpha)+\Sigma I+R$$

$R=0$. Δεν υπάρχει καθολική ένδειξη κόκκινου.

$I=2$ δλ/φάση. Σύνολο χαμένων χρόνων στην αρχή και στο τέλος κάθε φάσης.

$\alpha=3$ δλ. Χρόνος κίτρινης ένδειξης.

I : οι ενδιάμεσοι χρόνοι ασφαλείας μεταξύ των πράσινων ενδείξεων.

Κατανέμεται στις τρεις φάσεις ανάλογα με το λόγο y_i/Y κάθε μιας:

$$g_A = g \cdot y_A/Y = 78 \cdot 0.38/0.84 = 34.94$$

$$g_B = g \cdot y_B/Y = 78 \cdot 0.13/0.84 = 11.49$$

$$g_I = g \cdot y_I/Y = 78 \cdot 0.0/0.84 = 30.57$$

Υπολογισμός κυκλοφοριακής ικανότητας κάθε ρεύματος

Η κυκλοφοριακή ικανότητα δίνεται από τον τύπο:

$$c_i = S_i \cdot (g/C)_i$$

Έτσι, για κάθε ρεύμα είναι ίση με:

$$c_{AB} = S_{AB} \cdot (g/C)_{AB} = 2100 \cdot (46.43/90) = 1083$$

$$c_{A2} = S_{A2} \cdot (g/C)_{A2} = 2100 \cdot (34.94/90) = 815$$

$$c_B = S_B \cdot (g/C)_B = 1995 \cdot (11.49/90) = 255$$

$$c_I = S_I \cdot (g/C)_I = 2100 \cdot (30.57/90) = 713$$

Μέσες καθυστερήσεις για κάθε ρεύμα

Δίνονται από τον τύπο:

$$d_i = 0.38 \cdot C \cdot \frac{[1 - (g/C)]^2}{[1 - (g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

όπου:

- C: η περίοδος σηματοδότησης
 g/C : ο λόγος του χρησιμοποιούμενου πράσινου προς την περίοδο
 $X=v/c$: ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την κυκλοφοριακή ικανότητα

Φάση A

$$\begin{aligned} A_2: \quad & g_A/C=0.39 \\ & X_{A2}=Cv_{A2}/g_A S_{A2}=0.981 \\ & d_{A2}=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)} \\ & d_{A2}=40.908\lambda \end{aligned}$$

Φάση B

$$\begin{aligned} B: \quad & g_B/C=0.13 \\ & X_B=Cv_B/g_B S_B=0.981 \\ & d_B=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)} \\ & d_B=68.128\lambda \end{aligned}$$

Η καθυστέρηση του ρεύματος, που εξυπηρετείται κατά τη φάση Α και τη φάση Β είναι :

$$\begin{aligned}
 \text{AB:} \quad & g_A/C=0.52 \\
 & X_{A1}=Cv_{A1}/g_A S_{A1}=0.738 \\
 & d_{A1}=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)} \\
 & d_{A1}=14.848\lambda
 \end{aligned}$$

Φάση Γ

$$\begin{aligned}
 \Gamma: \quad & g_\Gamma/C=0.34 \\
 & X_\Gamma=Cv_\Gamma/g_\Gamma S_\Gamma=0.981 \\
 & d_\Gamma=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)} \\
 & d_\Gamma=44.178\lambda
 \end{aligned}$$

Υπολογισμός της μέσης καθυστέρησης ανά ΜΕΑ σε όλο τον κόμβο

Προκύπτει ως ο αριθμητικός μέσος όλων των καθυστερήσεων:

$$\begin{aligned}
 d &= \Sigma d_i v_i / \Sigma v_i \\
 d &= 368\lambda / \text{ΜΕΑ}
 \end{aligned}$$

Εάν η ροή κορεσμού της αριστερης λωρίδας μειωθεί κατά 5%, τότε οι υπολογισμοί για τη μέση καθυστέρηση στον κόμβο θα είναι:

Υπολογισμός των λόγων $y_i = v_i / S_i$

Φάση A:

Ρεύμα AB

$$S = 2100 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2100 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{AB} = v_{AB} / S_{AB} = 800 / 2100 = 0.381$$

Ρεύμα A₂

$$S = 4200 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{A2} = v_{A2} / S = 800 / 2100 = 0.381$$

Λαμβάνεται ο μεγαλύτερος λόγος από τους δύο ως κρίσιμος λόγος για τη φάση A

Φάση B:

Ρεύμα B₁

Ακραία λωρίδα

$$S = 2100 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

Το ρεύμα B_1 είναι το ίδιο με το ρεύμα A_1 , του οποίου η εξυπηρέτηση έχει ξεκινήσει από την προηγούμενη φάση. Έτσι, ο κρίσιμος λόγος για τη φάση B είναι ο y_{B2} , που υπολογίζεται στη συνέχεια.

Ρεύμα B_2

Λωρίδα προς τη νησίδα

$$S=2100 \cdot 0.95=1895 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{B2}=v_{B2}/S_{B2}=250/1895=0.132$$

Φάση Γ:

Ρεύμα Γ

$$S=2100=2100 \text{ ΜΕΑ/ώρα}$$

$$y_{\Gamma}=v_{\Gamma}/S_{\Gamma}=700/2100=0.333$$

Το συνολικό Y θα είναι:

$$Y=y_{\alpha}+y_{\beta}+y_{\Gamma}=0.381+0.132+.0333=0.85$$

Υπολογισμός χρησιμοποιούμενου χρόνου πρασίνου

Ο συνολικός χρόνος χρησιμοποιούμενης πράσινης ένδειξης είναι:

$$g=90-12=78 \delta\lambda$$

Κατανέμεται στις τρεις φάσεις ανάλογα με το λόγο y_i/Y κάθε μιας:

$$g_A = g \cdot y_A/Y = 78 \cdot 0.381/0.85 = 34.66$$

$$g_B = g \cdot y_B/Y = 78 \cdot 0.132/0.85 = 12.00$$

$$g_I = g \cdot y_I/Y = 78 \cdot 0.33/0.85 = 30.33$$

Υπολογισμός κυκλοφοριακής ικανότητας κάθε ρεύματος

Η κυκλοφοριακή ικανότητα δίνεται από τον τύπο:

$$c_i = S_i \cdot (g/C)_i$$

Έτσι, για κάθε ρεύμα είναι ίση με:

$$c_{AB} = S_{AB} \cdot (g/C)_{AB} = 2100 \cdot (46.66/90) = 1089$$

$$c_{A2} = S_{A2} \cdot (g/C)_{A2} = 2100 \cdot (34.66/90) = 809$$

$$c_B = S_B \cdot (g/C)_B = 1995 \cdot (12.00/90) = 253$$

$$c_I = S_I \cdot (g/C)_I = 2100 \cdot (30.33/90) = 708$$

Μέσες καθυστερήσεις για κάθε ρεύμα

Δίνονται από τον τύπο:

$$d_i = 0.38 \cdot C \cdot \frac{[1 - (g/C)]^2}{[1 - (g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

όπου:

- C: η περίοδος σηματοδότησης
 g/C : ο λόγος του χρησιμοποιούμενου πράσινου προς την περίοδο
 $X=v/c$: ο λόγος του κυκλοφοριακού φόρτου προς την κυκλοφοριακή ικανότητα

Φάση A

$$A_2: \quad g_A/C=0.39$$

$$X_{A2}=Cv_{A2}/g_A S_{A2}=0.989$$

$$d_{A2}=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

$$d_{A2}=42.78\delta\lambda$$

Φάση B

$$B: \quad g_B/C=0.13$$

$$X_B=Cv_B/g_B S_B=0.989$$

$$d_B=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

$$d_B=70.13\delta\lambda$$

Η καθυστέρηση του ρεύματος, που εξυπηρετείται κατά τη φάση A και τη φάση B είναι

$$AB: \quad g_A/C=0.52$$

$$X_{A1}=Cv_{A1}/g_A S_{A1}=0.735$$

$$d_{A1}=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2 [(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

$$d_{A1}=14.64\delta\lambda$$

Φάση Γ

$$\Gamma: \quad g_{\Gamma}/C=0.34$$

$$X_{\Gamma}=Cv_{\Gamma}/g_{\Gamma}S_{\Gamma}=0.989$$

$$d_{\Gamma}=0.38 \cdot C \frac{[1-(g/C)]^2}{[1-(g/C)(X)]} + 173 \cdot X^2[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/c)}]$$

$$d_{\Gamma}=46,08\delta\lambda$$

Υπολογισμός της μέσης καθυστέρησης ανά ΜΕΑ σε όλο τον κόμβο

Προκύπτει ως ο αριθμητικός μέσος όλων των καθυστερήσεων:

$$d=\Sigma d_i v_i / \Sigma v_i$$

$$d=38\delta\lambda/\text{ΜΕΑ}$$

Εάν η ροή κορεσμού της αριστερής λωρίδας μειωθεί κατά 5%, τότε η μέση καθυστέρηση στον κόμβο αυξάνεται κατά 5.55%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7

ΤΕΛΙΚΑ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης κυκλοφοριακών παραμέτρων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου, στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές. Εξετάστηκαν δηλαδή, κάποιες παράμετροι, όπως ο λόγος g/C του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης, ο κυκλοφοριακός φόρτος της αριστερής λωρίδας Q και η

διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης C, για να βρεθεί η επιρροή τους στη ροή κορεσμού.

Για το σκοπό αυτό επιλέχτηκε μια αντιπροσωπευτική πρόσβαση στην οποία μετρήθηκαν οι χρονικοί διαχωρισμοί των αριστερά στρεφώντων οχημάτων και των οχημάτων που πραγματοποιούσαν αναστροφή.

Για την επεξεργασία των στοιχείων επιλέχτηκε ως μέθοδος ανάλυσης η προσομοίωση, εξαιτίας των πλεονεκτημάτων, που παρουσίαζε σε σχέση με άλλες μαθηματικές μεθόδους. Η προσομοίωση έδωσε τη δυνατότητα διερεύνησης αρκετών παραμέτρων που επηρεάζουν τη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου, στην οποία πραγματοποιούνται αναστροφές. Χρησιμοποιώντας κάποια άλλη μέθοδο για την ίδια μελέτη θα ήταν απαραίτητη η συλλογή πολλών μετρήσεων, από διαφορετικές προσβάσεις με διαφορετικά μεγέθη λειτουργίας. Με την προσομοίωση διευκολύνθηκε κατά πολλή η μελέτη και επιπλέον αυξήθηκε η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, αφού η προσομοίωση ως μέθοδος έχει αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αναλύθηκαν προσεκτικά, έτσι ώστε, από αυτά να προκύψουν τα συμπεράσματα που αναφέρονται στη συνέχεια.

Ένα πρώτο συμπέρασμα είναι ότι η ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής επηρεάζεται από το ποσοστό των οχημάτων, που κάνουν αναστροφή επί του συνόλου των οχημάτων. Δηλαδή αύξηση του ποσοστού αναστροφών μέχρι 40-70% έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ροής κορεσμού κατά 7%, γιατί τα οχήματα που κάνουν αναστροφή επηρεάζουν την κίνηση των οχημάτων που στρέφουν αριστερά. Για μεγαλύτερα ποσοστά, η ροή κορεσμού αρχίζει και αυξάνεται μέχρι το ποσοστό αναστροφών να γίνει 100%. Τότε η ροή κορεσμού είναι αρκετά μεγάλη, όχι όμως μεγαλύτερη από τη ροή κορεσμού για ποσοστό αναστροφών 0%. Η αύξηση αυτή, εξηγείται από το γεγονός ότι για υψηλά ποσοστά αναστροφών υπάρχουν περισσότερα οχήματα που

πραγματοποιούν τον ίδιο έλιγμό με αποτέλεσμα η επιρροή του προπορευόμενου οχήματος σε αυτό που ακολουθεί να είναι μικρή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ψυχολογία του οδηγού.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η επίδραση του λόγου g/C του χρησιμοποιούμενου πρασίνου προς τη διάρκεια της περιόδου σηματοδότησης, του κυκλοφοριακού φόρτου της αριστερής λωρίδας Q και της διάρκειας της περιόδου σηματοδότησης C . Από τη συνολική ανάλυση προέκυψε ότι η ροή κορεσμού της αριστερής λωρίδας εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Όταν το χρησιμοποιούμενο πράσινο είναι μικρό, τα οχήματα με μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς δεν προλαβαίνουν να εξυπηρετηθούν και σταματούν στις πρώτες θέσεις της ουράς περιμένοντας η εξυπηρέτησή τους να γίνει στην επόμενη φάση. Μόλις ανάψει πράσινο, τα οχήματα αυτά εξυπηρετούνται, ωστόσο εξαιρούνται από τον υπολογισμό της ροής κορεσμού, γιατί βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της ουράς. Έτσι, για μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου ο μέσος χρονικός διαχωρισμός είναι μικρός και η ροή κορεσμού μεγάλη. Αντίθετα, για μεγάλες τιμές του χρησιμοποιούμενου χρόνου πρασίνου μπορούν να εξυπηρετηθούν οχήματα με μικρούς και μεγάλους χρονικούς διαχωρισμούς. Οπότε, για αυτές τις τιμές του λόγου g/C , θεωρείται ότι η ροή κορεσμού δεν επηρεάζεται από το χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου.

Όσον αφορά τον κυκλοφοριακό φόρτο, όταν είναι μικρός, τα οχήματα κινούνται πιο αραιά το ένα με τ'άλλο, δηλαδή με μεγαλύτερους χρονικούς διαχωρισμούς. Τα οχήματα φτάνουν στην πρόσβαση με μεγάλες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους, με αποτέλεσμα αυτά που κινούνται στην κορεσμένη φάση του πρασίνου να έχουν μεγαλύτερες χρονικές αποστάσεις μεταξύ τους.

Για τον υπολογισμό της ροής κορεσμού για διάφορες κυκλοφοριακές παραμέτρους προτάθηκαν δύο καμπύλες. Η μια αντιστοιχεί σε μικρό

χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο και η άλλη σε μικρό χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και μικρό κυκλοφοριακό φόρτο και σε μεγάλο χρησιμοποιούμενο χρόνο πρασίνου και οποιοδήποτε κυκλοφοριακό φόρτο. Οι τιμές της ροής κορεσμού για ενδιάμεσες τιμές του χρησιμοποιούμενου πρασίνου και του κυκλοφοριακού φόρτου μπορούν να προκύψουν από τις δύο καμπύλες ανάλογα με το ποια καμπύλη από τις δύο προσεγγίζεται περισσότερο.

Ακόμα, για τη μείωση της αβεβαιότητας που προκύπτει κατά το γραφικό υπολογισμό της ροής κορεσμού υπολογίστηκε ο λόγος του οποίου ο αριθμητής είναι το χρησιμοποιούμενο πράσινο μειωμένο κατά 6δλ, που είναι ο χρόνος που απαιτείται για την αποκατάσταση των συνθηκών κορεσμού, και ο παρανομαστής είναι το γινόμενο του κυκλοφοριακού φόρτου ανά φάση επί το μέσο χρονικό διαχωρισμό των οχημάτων που υπολογίστηκε με τη μέθοδο της προσομοίωσης. Δηλαδή:

$$\frac{g-6}{\frac{Q}{n} \cdot \bar{H}}$$

όπου	g:	ο χρησιμοποιούμενος χρόνος πρασίνου
	Q:	ο κυκλοφοριακός φόρτος της αριστερής λωρίδας
	n:	ο αριθμός των φάσεων
	$\bar{H}$:	ο μέσος χρονικός διαχωρισμός

Από την ανάλυση των τιμών του λόγου προέκυψε μια καμπύλη με συντελεστή προσαρμογής $R^2=0.57$. Έτσι, από αυτή την καμπύλη γνωρίζοντας την τιμή του παραπάνω λόγου είναι δυνατός ο υπολογισμός της ροής κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου.

7.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Η ανάλυση και η επεξεργασία των μετρήσεων στην παρούσα διπλωματική εργασία οδήγησε στα παραπάνω βασικά συμπεράσματα. Τα συμπεράσματα αυτά δημιουργούν ερεθίσματα για περαιτέρω έρευνα.

Το πρότυπο προσομοίωσης, που κατασκευάστηκε για αυτή τη διπλωματική εργασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση διαφόρων γεωμετρικών παραμέτρων στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής ισόπεδου σηματοδοτούμενου κόμβου, όπως το πλάτος της λωρίδας και το πλάτος των νησίδων. Ακόμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της επιρροής των αναστροφών στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας για όλες της κατηγορίες οχημάτων. Γενικότερα, με το πρότυπο αυτό μπορεί να βρεθεί η επίδραση οποιουδήποτε κυκλοφοριακού ή γεωμετρικού μεγέθους στη ροή κορεσμού αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ. Α., “Σχεδιασμός των μεταφορών και κυκλοφορική τεχνική”, Τόμος 1, Αθήνα 1986.
2. Ι.Γκόλιας, Β.Καπότης, “Προς μια Νέα Προσέγγιση στον Υπολογισμό των τιμών ΜΕΑ σε Σηματοδοτούμενους Κόμβους”, Αθήνα 1993.
3. Robert W.Stokes, “Comparison of Saturation Flow Rates at Signalized Intersections”, ITE Journal-November 1988.
4. “Highway Capacity Manual. Special Report 209”, Transportation Research Board, Washington 1985.
5. Banks, J. and Carson, J.S. (1984), “Discrete-Event System Simulation”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
6. Ξηρόκωστας Δ., “Επιχειρησιακή Έρευνα”, Αθήνα 1991.
7. Scraggs, D.A., (1964). “Determination of the passenger car equivalent of a goods vehicle in a single lane flow at traffic signals”. RRL Report LN/573/DAS, TRRL, Crowthorne.
8. Γ.Κοκολάκης, Ι.Σπηλιώτης, “Εισαγωγή στη θεωρία πιθανοτήτων και στατιστική”, Αθήνα 1991.
9. “Κυκλοφοριακή Ικανότητα Σηματοδοτούμενων Κόμβων. Ενδιάμεση Έκθεση Προόδου Έργου”, Τομέας Μεταφορών & Συγκοινωνιακής Υποδομής. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Οκτώβριος 1986.
10. J.C. Adams and J.E. Hummer, “Effects of U-turns on Left- Turn Saturation Flow Rates”, In Manual of Transportation Research Record 1938, Washington 1993, p90-100.
11. Α.Αγγελιδάκης, Μ.Αγρογιάννης, “Διερεύνηση της επίδρασης των αναστροφών στην κυκλοφοριακή λειτουργία αριστερής στροφής”, Αθήνα Ιούλιος 1997.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (Α/Υ)
	00:00.0	
1	00:01.1	U
2	00:02.7	U
3	00:05.1	U
	00:00.0	
1	00:03.5	U
2	00:08.4	A
3	00:12.8	U
4	00:14.9	U
	00:00.0	
1	00:05.8	U
2	00:06.8	U
3	00:09.5	U
4	00:11.5	U
5	00:14.3	U
	00:00.0	
1	00:03.3	U
2	00:06.6	U
3	00:07.6	U
4	00:10.6	A
5	00:12.8	U
6	00:16.2	U
	00:00.0	
1	00:04.3	U
2	00:05.3	U
3	00:06.3	U
4	00:08.3	U
5	00:12.0	U
	00:00.0	
1	00:01.9	U
2	00:05.6	U
3	00:07.6	A
4	00:09.9	U
5	00:10.9	U
	00:00.0	
1	00:04.2	U
2	00:08.7	U

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

3	00:11.5	A
	00:00.0	
1	00:02.9	U
2	00:04.9	U
3	00:07.9	U
4	00:09.9	U
5	00:10.9	U
	00:00.0	
1	00:02.9	U
2	00:04.9	A
3	00:06.9	U
4	00:08.9	U
5	00:10.9	U
6	00:12.9	U
	00:00.0	
1	00:03.4	U
2	00:05.7	A
3	00:07.1	U
4	00:09.3	U
5	00:11.4	A
6	00:13.4	U
	00:00.0	
1	00:01.8	U
2	00:03.1	U
3	00:05.7	U
4	00:06.7	U
5	00:08.2	U
6	00:10.7	U
	00:00.0	
1	00:01.9	U
2	00:04.3	U
3	00:06.5	U
4	00:08.7	U
	00:00.0	
1	00:02.7	U
2	00:05.1	U
3	00:07.3	U
4	00:09.5	U
5	00:11.9	U
	00:00.0	
1	00:01.4	U

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2	00:03.1	U
3	00:05.1	U
4	00:07.1	U
5	00:10.3	U
6	00:13.3	U
	00:00.0	
1	00:02.1	U
2	00:03.8	U
3	00:07.5	U
4	00:09.8	U
5	00:11.8	U
	00:00.0	
1	00:02.1	U
2	00:04.8	U
3	00:07.8	U
4	00:10.1	A
5	00:11.2	U
	00:00.0	
1	00:01.1	A
2	00:02.4	U
3	00:05.7	U
4	00:07.8	U
5	00:09.8	A
6	00:11.8	A
	00:00.0	
1	00:01.7	A
2	00:05.0	U
3	00:07.1	U
4	00:08.2	A
5	00:10.6	U
6	00:12.4	U
7	00:13.1	U
	00:00.0	
1	00:01.4	U
2	00:03.8	U
3	00:07.1	U
4	00:09.1	U
5	00:11.3	U
6	00:13.1	U
	00:00.0	
1	00:01.9	U

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2	00:05.4	U
3	00:08.8	U
4	00:09.8	U
5	00:11.2	U
6	00:13.8	U
	00:00.0	
1	00:01.7	U
2	00:05.5	U
3	00:07.9	A
4	00:09.5	U
5	00:11.3	U
6	00:13.5	U
7	00:14.9	U
	00:00.0	
1	00:02.1	U
2	00:03.5	U
3	00:06.8	U
4	00:09.0	U
5	00:12.4	U
	00:00.0	
1	00:02.8	A
2	00:06.3	U
3	00:09.5	A
4	00:11.1	A
5	00:13.5	U
6	00:14.5	U
	00:00.0	
1	00:02.5	U
2	00:05.2	U
3	00:07.1	A
4	00:09.4	U
5	00:11.0	U
	00:00.0	
1	00:02.6	U
2	00:05.1	U
3	00:08.3	A
4	00:10.5	U
5	00:12.3	A
	00:00.0	
1	00:02.0	U
2	00:04.7	U

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

3	00:06.6	U
4	00:08.8	A
5	00:10.5	U
6	00:11.6	U
	00:00.0	
1	00:02.9	U
2	00:05.6	U
3	00:07.4	U
4	00:08.8	U
5	00:11.3	U
6	00:12.4	U
	00:00.0	
1	00:02.9	U
2	00:07.3	A
3	00:10.6	A
4	00:12.2	U
5	00:13.3	U
6	00:16.7	A
	00:00.0	
1	00:01.6	U
2	00:06.0	U
3	00:11.0	A
4	00:13.9	A
	00:00.0	
1	00:02.5	U
2	00:04.8	U
3	00:06.8	U
4	00:08.7	U
	00:00.0	
1	00:02.9	U
2	00:06.9	U
3	00:09.2	U
4	00:10.6	U
5	00:12.6	U
	00:00.0	
1	00:02.1	U
2	00:05.4	U
3	00:10.4	U
4	00:12.7	U
	00:00.0	
1	00:01.7	U

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2	00:05.2	U
3	00:07.3	U
4	00:09.2	U
5	00:09.7	U
6	00:12.0	U
	00:00.0	
1	00:02.4	U
2	00:05.4	U
3	00:07.0	U
4	00:09.0	U
5	00:11.3	U
	00:00.0	
1	00:02.0	U
2	00:05.3	U
3	00:06.6	U
4	00:08.4	U
5	00:10.7	U
6	00:12.6	U
	00:00.0	
1	00:02.0	U
2	00:04.5	U
3	00:06.8	A
4	00:08.3	U
5	00:10.0	U
6	00:11.4	U
7	00:13.2	U
	00:00.0	
1	00:01.4	A
2	00:02.9	U
3	00:04.5	U
4	00:06.4	U
5	00:08.3	U
6	00:10.4	U
	00:00.0	
1	00:01.6	U
2	00:04.3	A
3	00:07.4	U
4	00:09.4	U
5	00:11.1	U
6	00:14.2	U
	00:00.0	

