



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΚΥΡΙΤΣΗΣ ΧΑΡΙΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΙΣΟΠΕΔΩΝ ΚΟΜΒΩΝ**



Τριμελής Επιτροπή:

**ΝΑΘΑΝΑΗΛ ΕΥΤΥΧΙΑ - Επιβλέπουσα
ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΜΠΟΤΖΩΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

ΒΟΛΟΣ 2007



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5558/1
Ημερ. Εισ.: 11-10-2007
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2007
ΚΥΡ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας.....	1
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	1
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ.....	3
2.1 Εισαγωγή.....	3
2.2 Διάγραμμα Ροής της Διαδικασίας.....	3
2.3 Η Προκαταρκτική Λίστα.....	4
2.4 Ανάλυση Ασφαλείας.....	4
2.5 Ανάλυση Λειτουργικότητας.....	6
2.6 Ιεράρχηση Πολλαπλών Επιπέδων (MLP).....	13
3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	19
3.1 Αναγνώριση των Ισόπεδων Κόμβων της Προκαταρκτικής Λίστας.....	19
3.2 Διαμόρφωση των Δεδομένων.....	20
3.3 Ανάλυση.....	22
3.4 Ιεράρχηση Πολλαπλών Επιπέδων.....	100
4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	110
4.1 Ανακεφαλαίωση.....	110
4.2 Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	112
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΩΝ ΚΟΜΒΩΝ.....	114
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΩΝ ΚΟΜΒΩΝ.....	119
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	131

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η κυκλοφοριακή συμφόρηση και ο υψηλός αριθμός ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους των ελληνικών αστικών δικτύων, αποτελούν ένα σοβαρό πρόβλημα, το οποίο θα επιδεινώνεται με τη συνεχή αύξηση του αστικού πληθυσμού και του κυκλοφοριακού φόρτου. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η εφαρμογή οδικών βελτιώσεων από τους συγκοινωνιολόγους μηχανικούς, που αναλαμβάνουν το σχεδιασμό των μεταφορών, ώστε να επιλυθεί το παραπάνω πρόβλημα. Ωστόσο, η “αντιπαράθεση” μεταξύ της απαίτησης για εφαρμογή βελτιώσεων στους κόμβους και των περιορισμένων κονδυλίων, κάνει απαραίτητη τη συνετή επιλογή των μελετών βελτίωσης ισόπεδων κόμβων, ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά η σοβαρότητα της κυκλοφοριακής επιδείνωσης, με τα προβλεπόμενα κονδύλια.

Η επιλογή, όμως, των καταλληλότερων μέτρων βελτίωσης ισόπεδων κόμβων, κάθε άλλο παρά εύκολη είναι. Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, το παραπάνω ζήτημα μελετάται διεξοδικά και έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται διάφορες διαδικασίες ιεράρχησης βελτιώσεων του οδικού δικτύου, συμπεριλαμβανομένων και των ισόπεδων κόμβων. Οι διαδικασίες αυτές αξιολογούν διάφορα κριτήρια, για να αποτιμήσουν τα προτεινόμενα μέτρα βελτίωσης και, στη συνέχεια, να τα ιεραρχήσουν.

1.2 Στόχος της Διπλωματικής Εργασίας

Οι περισσότερες από αυτές τις διαδικασίες χρησιμοποιούν μόνο κριτήρια ασφάλειας για να αξιολογήσουν τις προτεινόμενες βελτιώσεις. Δυστυχώς, όμως, ένα μέτρο βελτίωσης για ισόπεδους κόμβους με καλά αποτελέσματα στον τομέα της ασφάλειας δεν μπορεί να διασφαλίσει την ίδια αποτελεσματικότητα στον τομέα της λειτουργικότητας, και αντιστρόφως. Πρόσφατα, το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου της Νότιας Φλόριντας με την υποστήριξη της Διεύθυνσης Μεταφορών της Φλόριντας (FDOT)¹, κρίνοντας ότι το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης και της καθυστέρησης των οχημάτων είναι αρκετά σοβαρό ώστε να λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων βελτίωσης, ανέπτυξε μία καινούρια μεθοδολογία ιεράρχησης, η οποία βασίζεται τόσο σε κριτήρια ασφαλείας, όσο και σε κριτήρια λειτουργικότητας.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση της συγκεκριμένης μεθοδολογίας και η αξιολόγηση της μέσα από μία εφαρμογή σε ένα υποθετικό οδικό δίκτυο. Στην εφαρμογή αυτή, ιεραρχούνται εννέα ισόπεδοι κόμβοι βάσει της νέας διαδικασίας ιεράρχησης, για να αποτιμηθούν τα πλεονεκτήματα και η αποτελεσματικότητά της.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται ο στόχος και η δομή της διπλωματικής εργασίας. Το Κεφάλαιο 2 επεξηγεί τη μεθοδολογία ιεράρχησης που υιοθετεί και εφαρμόζει η εργασία Στο

¹ Florida Department of Transportation

Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε ένα υποθετικό οδικό δίκτυο. Τέλος, το Κεφάλαιο 4 περιέχει μία ανακεφαλαίωση της μεθοδολογίας ιεράρχησης, τα συμπεράσματα και τις προτάσεις που προκύπτουν από την εργασία.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο, περιγράφεται λεπτομερώς η νέα διαδικασία ιεράρχησης βελτιώσεων ισόπεδων κόμβων. Η διαδικασία αυτή, όπως προαναφέρθηκε στην Εισαγωγή, αναπτύχθηκε από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου της Νότιας Φλόριντας με την υποστήριξη της Διεύθυνσης Μεταφορών της Φλόριντας (FDOT).

2.1 Εισαγωγή

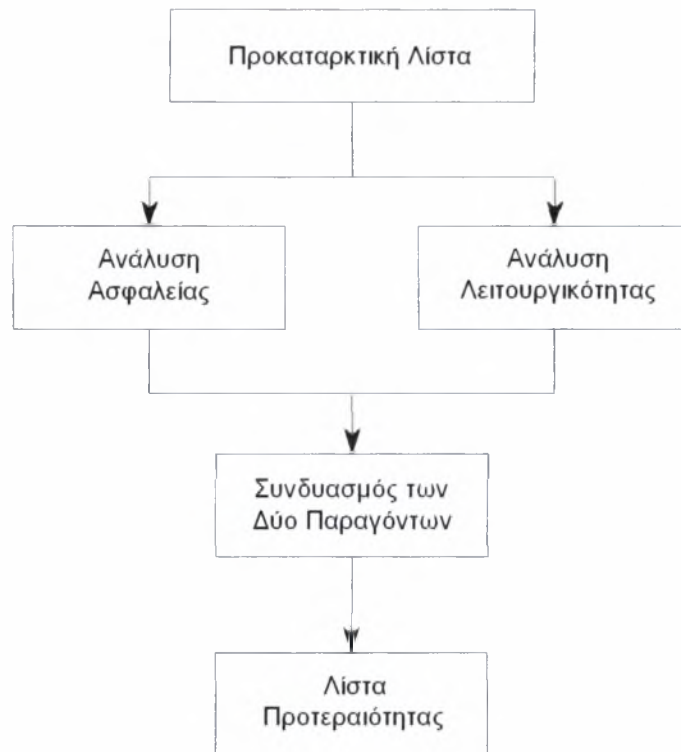
Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, αρκετές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την εκτενή ανάλυση και ιεράρχηση μελετών βελτίωσης ισόπεδων κόμβων. Αρκετοί παράγοντες έχουν ληφθεί υπόψη σε αυτές τις μεθόδους: ασφάλεια, λειτουργικότητα, επιπτώσεις στο περιβάλλον, οικονομικές επιπτώσεις και επίδραση στους πεζούς. Ανάμεσα σε αυτούς τους παράγοντες, η επίδραση στην ασφάλεια και τη λειτουργικότητα αποτελούν τους δύο σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των βελτιώσεων κόμβων. Για το λόγο αυτό, σε αυτή τη διαδικασία λαμβάνονται υπόψη μόνο αυτοί οι δύο παράγοντες.

Ο συνδυασμός της επίδρασης στην ασφάλεια και της επίδρασης στην λειτουργικότητα σε ένα ενιαίο δείκτη αποτελεί το βήμα “κλειδί” στην ανάπτυξη της διαδικασίας αυτής. Είναι ένα σύνθετο πρόβλημα, καθώς είναι δύσκολο να περιγραφεί η σχέση μεταξύ της ασφαλείας και της λειτουργικότητας με μία ποσοτικοποιημένη τιμή.

2.2 Διάγραμμα Ροής της Διαδικασίας

Στο Σχήμα 2-1 παρουσιάζονται τα βήματα της νέας διαδικασίας.

- Βήμα 1^ο: Το πρώτο βήμα της διαδικασίας είναι η δημιουργία της προκαταρκτικής λίστας, η οποία αποτελείται από τους κόμβους που χρειάζονται βελτιώσεις και τις αντίστοιχες προτεινόμενες βελτιώσεις για κάθε κόμβο.
- Βήμα 2^ο: Στο δεύτερο βήμα, εκτελείται για κάθε κόμβο της προκαταρκτικής λίστας, η ανάλυση ασφαλείας και η ανάλυση λειτουργικότητας, με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης των προτεινόμενων βελτιώσεων στην ασφάλεια και τη λειτουργικότητα ξεχωριστά.
- Βήμα 3^ο: Το τρίτο βήμα είναι ο συνδυασμός της επίδρασης στην ασφάλεια και την λειτουργικότητα, σε ένα ενιαίο δείκτη κατάταξης και, στη συνέχεια, η δημιουργία της τελικής λίστας προτεραιότητας, η οποία λαμβάνει υπόψη παράγοντες ασφαλείας και λειτουργικότητας.
- Βήμα 4^ο: Το τελευταίο βήμα είναι η επιλογή των πρώτων στη λίστα κόμβων, για την εφαρμογή των αντίστοιχων προτεινόμενων βελτιώσεων.



Σχήμα 2-1 Διάγραμμα Ροής της Νέας Διαδικασίας [1]

2.3 Η Προκαταρκτική Λίστα

Η προκαταρκτική λίστα αποτελείται από τα στοιχεία της διαδικασίας ανάλυσης, δηλαδή, μία ομάδα κόμβων προς βελτίωση και τα αντίστοιχα μέτρα βελτίωσης για κάθε υποψήφιο κόμβο. Ο αριθμός των ατυχημάτων που μπορούν να αποφευχθούν σε κάθε περιοχή καθορίζει ποιοι κόμβοι θα συμπεριληφθούν στη λίστα. Αρχικά, οι κόμβοι αναγνωρίζονται βάσει του αριθμού των ατυχημάτων. Για κάθε ατύχημα που συνέβη σε μία περιοχή, προσδιορίζεται ο τύπος του ατυχήματος, ελέγχοντας την αντίστοιχη αναφορά ατυχήματος. Ο έλεγχος του τύπου των ατυχημάτων επιτρέπει μία εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων που μπορούν να αποφευχθούν, αν πραγματοποιηθούν βελτιώσεις στον κόμβο. Οι κόμβοι με το μεγαλύτερο αριθμό αποτρέψιμων ατυχημάτων θα συμπεριληφθούν στην προκαταρκτική λίστα για να ιεραρχηθούν.

2.4 Ανάλυση Ασφαλείας

Η ανάλυση ασφαλείας πραγματοποιείται για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων βελτιώσεων σε κάθε κόμβο. Σε αυτή τη μεθοδολογία, χρησιμοποιείται ο λόγος οφέλους προς κόστος $(B/C)^2$, ως κριτήριο ασφαλείας. Η ανάλυση B/C μελετάει τα οφέλη από τη βελτίωση ενός ισόπεδου κόμβου, βασισμένη στο όφελος από τα ατυχήματα που θα αποφευχθούν λόγω των προτεινόμενων

² Benefit-cost ratio

βελτιώσεων ασφαλείας και του συνολικού κόστους εφαρμογής των προτεινόμενων βελτιώσεων. Πλεονέκτημα του κριτηρίου αυτού είναι ότι εμπεριέχει πληροφορίες τόσο για την αποτελεσματικότητα των μέτρων βελτίωσης στον τομέα της ασφαλείας, όσο και για το κόστος των μελετών.

Η ανάλυση ασφαλείας πραγματοποιείται σε τρία βήματα [4]. Πρώτα, πρέπει να εκτιμηθεί το όφελος στον τομέα της ασφάλειας που θα προκύψει από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω των βελτιώσεων. Το όφελος αυτό μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση μίας εξίσωσης οφέλους ασφαλείας, η οποία λαμβάνει υπόψη τις παρακάτω μεταβλητές: τον προβλεπόμενο ετήσιο αριθμό ατυχημάτων στη θέση j (N_j), το συντελεστή μείωσης ατυχημάτων για το μέτρο βελτίωσης k (CRF_k)³, το ποσοστό του συνολικού αριθμού ατυχημάτων στο οποίο εφαρμόζεται το CRF_k , ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας των ατυχημάτων s (RF_s), και το κόστος των ατυχημάτων ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας s (AC_s). Η εξίσωση αυτή έχει την παρακάτω μορφή [4]:

$$B_{jk} = \left[\sum_{s=1}^2 N_j (CRF_k) RF_s AC_s \right] (P/A, i, n) \quad (2-1)$$

όπου

B_{jk} = παρούσα αξία των οφελών του μέτρου βελτίωσης k στη θέση j ,

N_j = προβλεπόμενος ετήσιος αριθμός των ατυχημάτων στη θέση j ,

CRF_k = συντελεστής μείωσης ατυχημάτων για το μέτρο βελτίωσης k ,

RF_s = το ποσοστό του συνολικού αριθμού ατυχημάτων στο οποίο εφαρμόζεται το CRF_{mk} , ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας των ατυχημάτων s ,

AC_s = κόστος ατυχημάτων ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας s ,

$(P/A, i, n)$ = συντελεστής παρούσας αξίας για την αναγωγή των ετήσιων οφελών στην αρχή της θεωρούμενης χρονικής περιόδου.

Περισσότερα στοιχεία για τα CRFs παρατίθενται στο Παράρτημα Γ (Γ.1).

Ο δείκτης s αντιπροσωπεύει δύο επίπεδα σοβαρότητας ατυχημάτων, για τα οποία το κόστος ατυχήματος διαφέρει [4]:

- $s = 1$ για θανατηφόρα ατυχήματα και ατυχήματα με τραυματισμό
- $s = 2$ για ατυχήματα με υλικές ζημιές μόνο.

³ Crash Reduction Factor

Το $(P/A, i, n)$ υπολογίζεται από την Εξίσωση 2-2 [4].

$$(P/A, i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2-2)$$

όπου

$(P/A, i, n)$ = συντελεστής παρούσας αξίας για την αναγωγή των ετήσιων οφελών στην αρχή της θεωρούμενης χρονικής περιόδου,

i = συντελεστής επικαιροποίησης (εξορισμού τιμή $i = 4\%$),

n = ο αριθμός των ετών κατά τα οποία υπάρχει όφελος από τη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης

Στη συνέχεια, αφού εκτιμηθεί το όφελος από τη μείωση των ατυχημάτων λόγω των βελτιώσεων, υπολογίζεται το κόστος κατασκευής C , για κάθε μέτρο βελτίωσης σε κάθε ισόπεδο κόμβο.

Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος B/C διαιρώντας το όφελος του μέτρου βελτίωσης με το κόστος κατασκευής του.

2.5 Ανάλυση Λειτουργικότητας

Η ανάλυση λειτουργικότητας πραγματοποιείται για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων βελτιώσεων στη λειτουργικότητα κάθε υποψήφιου κόμβου. Η ανάλυση αυτή βασίζεται στο Εγχειρίδιο Κυκλοφοριακής Ικανότητας Αυτοκινητοδρόμων 2000 (HCM 2000)⁴, με τη βοήθεια του οποίου υπολογίζονται δύο μεγέθη: η μέση μείωση της καθυστέρησης (Δd) και η υφιστάμενη μέση καθυστέρηση (d_B).

Σύμφωνα με το HCM 2000, η κυκλοφοριακή καθυστέρηση ορίζεται ως εξής :

Η διαφορά μεταξύ του πραγματικού χρόνου μετακινήσεως και του χρόνου μετακινήσεως υπό ιδανικές συνθήκες, οι οποίες είναι η απουσία κυκλοφοριακού ελέγχου, η απουσία καθυστέρησης λόγω γεωμετρικών συνθηκών, η απουσία οποιουδήποτε τυχαίου συμβάντος και, τέλος, η απουσία άλλων οχημάτων στην οδό.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι καθυστέρησης που μπορούν να μετρηθούν σε ένα κόμβο, και ο καθένας από αυτούς εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό για το συγκοινωνιολόγο μηχανικό. Η καθυστέρηση στάσης (control delay) αποτελεί το κριτήριο της ανάλυσης λειτουργικότητας στη μεθοδολογία αυτή, διότι οι έννοιες της κυκλοφοριακής ικανότητας και της Στάθμης Εξυπηρέτησης σε ένα κόμβο είναι άμεσα συνυφασμένες με τη μέση καθυστέρηση στάσης, η οποία αποτελεί το ποσοστό της συνολικής καθυστέρησης που οφείλεται στον έλεγχο των προσβάσεων, είτε με σηματοδότηση

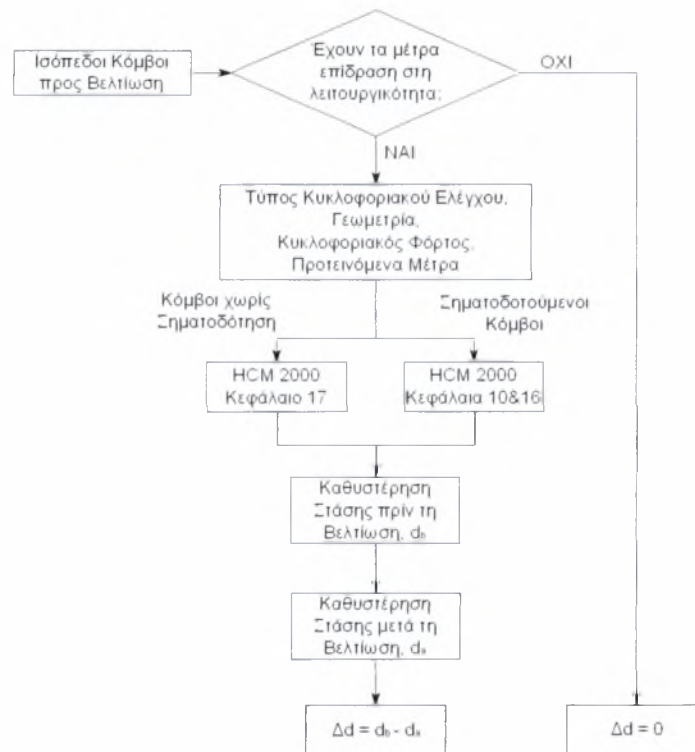
⁴ Highway Capacity Manual 2000

(ισόπεδοι σηματοδοτούμενοι κόμβοι) είτε με σήματα STOP ή με τριγωνικά σήματα παραχώρησης προτεραιότητας YIELD (ισόπεδοι κόμβοι χωρίς σηματοδότηση).

2.5.1 Διάγραμμα Ροής της Ανάλυσης Λειτουργικότητας

Η διαδικασία της ανάλυσης λειτουργικότητας φαίνεται στο Σχήμα 2-2.

- Βήμα 1^ο: Ελέγχεται εάν τα προτεινόμενα μέτρα έχουν επίδραση πάνω στην κυκλοφοριακή λειτουργία. Εάν η απάντηση είναι “ναι”, η διαδικασία προχωράει στο 2^ο Βήμα, διαφορετικά προχωράει στο 6^ο Βήμα.
- Βήμα 2^ο: Εισαγωγή δεδομένων που απαιτούνται στα παρακάτω βήματα.
- Βήμα 3^ο: Υπολογισμός μέσης καθυστέρησης στάσης πριν από τις βελτιώσεις (d_b), με χρήση του μοντέλου του Κεφαλαίου 10 και του μοντέλου του Κεφαλαίου 16 του HCM 2000 για σηματοδοτούμενους κόμβους ή του μοντέλου του Κεφαλαίου 17, HCM 2000 για κόμβους χωρίς σηματοδότηση.
- Βήμα 4^ο: Υπολογισμός μέσης καθυστέρησης στάσης μετά τις βελτιώσεις (d_a), με χρήση των μοντέλων για κόμβους με ή χωρίς σηματοδότηση, που χρησιμοποιούνται και στο 3^ο Βήμα.
- Βήμα 5^ο: Υπολογισμός της μείωσης της καθυστέρησης (Δd) που ισούται με τη διαφορά της μέσης καθυστέρησης στάσης πριν από τις βελτιώσεις και της μέσης καθυστέρησης στάσης μετά τις βελτιώσεις, και τερματισμός της διαδικασίας..
- Βήμα 6^ο: Η μείωση της καθυστέρησης (Δd) είναι ίση με το μηδέν και η διαδικασία τερματίζεται.



Σχήμα 2-2 Διάγραμμα Ροής της Ανάλυσης Λειτουργικότητας [1]

2.5.2 Μέτρα Βελτίωσης

Στο πρώτο βήμα, ελέγχεται για κάθε κόμβο της προκαταρκτικής λίστας, εάν τα προτεινόμενα μέτρα, έχουν επίδραση στη λειτουργικότητα. Τα μέτρα βελτίωσης που μπορούν να αναλυθούν με τη βοήθεια του HCM 2000 παρουσιάζονται στον Πίνακα 2-1.

Πίνακας 2-1 Επίδραση των Μέτρων Βελτίωσης στη Λειτουργικότητα [1]

Μέτρα βελτίωσης		Τύπος Ισόπεδου Κόμβου	Επίδραση στη λειτουργικότητα:
Σηματοδότηση	Εγκατάσταση σηματοδότησης σε κόμβο χωρίς σηματοδότηση	Χωρίς σηματοδότηση	Ναι
Σήμανση	Πινακίδες ρυθμιστικές	Και οι δύο	Όχι
	Πινακίδες αναγγελίας κινδύνου		
Ανακατασκευή	Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής	Και οι δύο	Ναι
	Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής		
	Προσθήκη λωρίδας ευθείας κίνησης		
Διαγράμμιση	Γενική διαγράμμιση κόμβου	Και οι δύο	Όχι
Φωτισμός	Εγκατάσταση νέου φωτισμού	Και οι δύο	Όχι
	Αναβάθμιση υφιστάμενου φωτισμού		
Διοχευτική Διαρρύθμιση	Προσθήκη κατευθυντήριας νησίδας για δεξιές στροφές	Χωρίς σηματοδότηση	Ναι
	Προσθήκη χοανοειδούς πρόσβασης		
Διαχωριστική Νησίδα	Υπερυψωμένη νησίδα	Χωρίς σηματοδότηση	Ναι
	Λωρίδα αριστερής στροφής διπλής κατεύθυνσης (TWLTL ⁵)		

2.5.3 Εισαγωγή Δεδομένων

Το δεύτερο βήμα είναι η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων, τα οποία διαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες: Γεωμετρικά δεδομένα, κυκλοφοριακά δεδομένα, δεδομένα κυκλοφοριακού ελέγχου και μέτρα βελτίωσης. Οι τύποι των δεδομένων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 2-2.

⁵ Two-way left turn lane

Πίνακας 2-2 Εισαγωγή Δεδομένων [1]

Κατηγορία	Αντικείμενο	Τύπος κόμβου	Εξορισμού Τιμή
Κυκλοφοριακά Δεδομένα	Κυκλοφοριακός Φόρτος (ώρα αιχμής), οχ/ώρα	Και οι δύο	-
	Συντελεστής Ωρας Αιχμής (ΣΩΑ)		0,9
	Περίοδος ανάλυσης, ώρες		0,25
	Ποσοστό Βαρέων Οχημάτων (PHV), %		10%
Κυκλοφοριακός Έλεγχος	Τύπος ελέγχου	Και οι δύο	-
	Μέγιστη Διάρκεια Περιόδου, δλ	Σηματοδοτούμενος	120
	Ελάχιστη Διάρκεια Περιόδου, δλ		60
Γεωμετρικά Δεδομένα	Σχεδιασμός Λωρίδων	Και οι δύο	-
	Διοχετευτική Διαρρύθμιση	Χωρίς σηματοδότηση	-
	Χοανοειδής Πρόσβαση ⁶		-
	Διαχωριστική Νησίδα		-
	Τύπος της Περιοχής	Σηματοδοτούμενος	-
	Στάθμευση	Σηματοδοτούμενος	Όχι
Μέτρα Βελτίωσης	Πίνακας 3-1	Και οι δύο	-

2.5.4 Ισόπεδος Σηματοδοτούμενοι Κόμβοι & Ισόπεδοι Κόμβοι χωρίς Σηματοδότηση

Για τους ισόπεδους σηματοδοτούμενους κόμβους, υιοθετείται η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης (Κεφάλαιο 10, HCM 2000) και η αναλυτική μέθοδος υπολογισμού (Κεφάλαιο 16, HCM 2000). Στην πραγματικότητα, η διαδικασία ιεράρχησης χρησιμοποιεί μόνο τη μέθοδο γρήγορης εκτίμησης, διότι είναι ελάχιστα τα δεδομένα που απαιτούνται για αυτή τη διαδικασία. Όμως στην παρούσα εργασία, αποφασίστηκε να εφαρμοστεί και η αναλυτική διαδικασία, με σκοπό την παρουσίαση της. Έτσι, η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του διαγράμματος σηματορύθμισης (σε περίπτωση που δεν είναι γνωστό), που είναι πάντα δύσκολο να υπολογισθεί. Η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης αποτελείται από έξι βήματα: συγκέντρωση των δεδομένων εισαγωγής, έλεγχος μεταχείρισης της αριστερής στροφής, υπολογισμός του φόρτου των λωρίδων, εκτίμηση του διαγράμματος σηματορύθμισης, υπολογισμός του κρίσιμου λόγου v/c και υπολογισμός της μέσης καθυστέρησης ανά όχημα. Ωστόσο, όπως προαναφέρθηκε, για τον υπολογισμό της μέσης καθυστέρησης στάσης θα εφαρμοστεί η αναλυτική διαδικασία υπολογισμού. Η λεπτομερής περιγραφή και των δύο μεθόδων βρίσκεται στο HCM 2000 [2].

Η μέση καθυστέρηση στάσης για μία ομάδα λωρίδων υπολογίζεται από την Εξίσωση 2-3 [2].

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (2-3)$$

⁶ Flared Approach

όπου

d = καθυστέρησης στάσης ανά όχημα (δλ/οχ),

d_1 = ομοιόμορφη καθυστέρηση (δλ/οχ),

PF = συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού,

d_2 = αυξητική καθυστέρηση (δλ/οχ),

d_3 = καθυστέρηση λόγω αρχικής “ουράς” (δλ/οχ).

Η ομοιόμορφη καθυστέρηση υπολογίζεται με τη βοήθεια της Εξίσωσης 2-4 [2], υποθέτοντας ομοιόμορφες αφίξεις, σταθερή ροή και απουσία αρχικής “ουράς”.

$$d_1 = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (2-4)$$

όπου

C = διάρκεια περιόδου (δλ),

g = χρησιμοποιούμενος χρόνος πράσινης ένδειξης για ομάδα λωρίδων (δλ),

X = λόγος v/c ή βαθμός κορεσμού για ομάδα λωρίδων.

Η αυξητική καθυστέρηση, που αποτιμά την επίδραση των τυχαίων αφίξεων και των κορεσμένων “ουρών”, υπολογίζεται από την Εξίσωση 2-5 [2].

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right] \quad (2-5)$$

όπου

T = διάρκεια της περιόδου ανάλυσης (ώρες),

k = συντελεστής αυξητικής καθυστέρησης,

l = συντελεστής προσαρμογής για την ύπαρξη ανάντη σηματοδοτούμενου κόμβου

c = κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων (οχ/ώρα), και

X = λόγος v/c ή βαθμός κορεσμού.

Για τους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, ο υπολογισμός της κυκλοφοριακής ικανότητας και της στάθμης εξυπηρέτησης ενός κόμβου με STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού (TWSC⁷) ή ενός κόμβου με STOP σε όλες τις προσβάσεις (AWSC⁸), πραγματοποιείται βάσει της διαδικασίας του Κεφαλαίου 17 του HCM 2000. Κάθε τύπος ισόπεδου κόμβου χωρίς σηματοδότηση (TWSC, AWSC) αναλύεται με ξεχωριστή διαδικασία. Η εφαρμογή του επόμενου κεφαλαίου περιέχει μόνο κόμβους τύπου TWSC. Η αναλυτική περιγραφή και των δύο μεθόδων βρίσκεται στο HCM 2000 [2].

Για τους κόμβους TWSC, η μέση καθυστέρηση στάσης για οποιαδήποτε δευτερεύουσα κίνηση δίνεται από την Εξίσωση 2-6 [2].

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5 \quad (2-6)$$

όπου

v_x = ρυθμός ροής για την κίνηση x (οχ/ώρα),

$c_{m,x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα της κίνησης x (οχ/ώρα),

T = διάρκεια περιόδου ανάλυσης.

Η μέση καθυστέρηση που υπολογίζεται με τις παραπάνω εξισώσεις, και για τους σηματοδοτούμενους και για τους μη σηματοδοτούμενους κόμβους, αναφέρεται σε μία ομάδα λωρίδων. Εντούτοις, για την εφαρμογή της μεθοδολογίας ιεράρχησης απαιτείται η καθυστέρηση για όλο τον κόμβο. Κατά συνέπεια, υπολογίζεται η συνολική καθυστέρηση με τη βοήθεια των Εξισώσεων 2-7 και 2-8 [2].

$$d_A = \frac{\sum d_i v_i}{\sum v_i} \quad (2-7)$$

όπου

d_A = καθυστέρηση για την Πρόσβαση A (δλ/οχ),

d_i = καθυστέρηση για την ομάδα λωρίδων i (της Πρόσβασης A) (δλ/οχ),

v_i = ρυθμός ροής για την ομάδα λωρίδων i (οχ/ώρα).

⁷ Two-way stop-controlled

⁸ All-way stop-controlled

$$d_i = \frac{\sum d_A v_A}{\sum v_A} \quad (2-8)$$

όπου

d_i = καθυστέρηση ανά όχημα για όλο τον κόμβο (δλ/οχ),

d_A = καθυστέρηση για την Πρόσβαση A (δλ/οχ),

v_A = ρυθμός ροής για την Πρόσβαση A (οχ/ώρα).

2.5.5 Μείωση της Καθυστέρησης

Η μείωση της καθυστέρησης, το κριτήριο για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων βελτιώσεων στη λειτουργικότητα, ισούται με τη διαφορά της μέσης καθυστέρησης για όλο τον κόμβο (Εξ. 2-8) πριν την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων και της μέσης καθυστέρησης για όλο τον κόμβο μετά τις βελτιώσεις, δηλαδή [1]:

$$\Delta d = d_b - d_a \quad (2-9)$$

όπου

Δd = η μείωση της καθυστέρησης (δλ/οχ),

d_b = η μέση καθυστέρηση για όλο τον κόμβο πριν τις βελτιώσεις (δλ/οχ),

d_a = η μέση καθυστέρηση για όλο τον κόμβο μετά τις βελτιώσεις (δλ/οχ).

Τελικά, αφού υπολογιστούν η μείωση της καθυστέρησης (Δd) και η υφιστάμενη καθυστέρηση (d_b), ολοκληρώνεται η ανάλυση λειτουργικότητας.

2.6 Ιεράρχηση Πολλαπλών Επιπέδων (MLP)⁹

Μετά την ανάλυση ασφαλείας και λειτουργικότητας, πρέπει να συνδυαστούν οι δύο παράγοντες για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων βελτιώσεων διεξοδικά. Βάσει αυτού του ενιαίου κριτηρίου, παράγεται μία λίστα προτεραιότητας που περιέχει τις μελέτες αναβάθμισης των κόμβων. Για το συνδυασμό των παραγόντων της ασφαλείας και της λειτουργικότητας, αναπτύχθηκε η μέθοδος Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων, η ιδέα της οποίας παρουσιάζεται παρακάτω.

Αντιστοιχείται κάθε κριτήριο σε ένα επίπεδο (layer), σύμφωνα με τη σχετική σπουδαιότητα του συγκεκριμένου κριτηρίου με τα υπόλοιπα κριτήρια. Ανώτερο επίπεδο αντιπροσωπεύει μεγαλύτερη σπουδαιότητα και το πρώτο επίπεδο είναι και το

⁹ Multi-Layer Prioritizing

σημαντικότερο. Οι μελέτες αναβάθμισης των κόμβων ταξινομούνται βάσει του κριτηρίου του πρώτου επιπέδου και στη συνέχεια χωρίζονται σε ομάδες, ανάλογα με τη τιμή του κριτηρίου. Για να μπουν δύο μελέτες στην ίδια ομάδα, πρέπει η διαφορά μεταξύ των αντίστοιχων τιμών του πρώτου κριτηρίου να είναι αρκετά μικρή, ώστε αυτοί οι δύο κόμβοι να μπορούν να θεωρηθούν πανομοιότυποι. Στη συνέχεια, σε κάθε ομάδα, οι μελέτες ταξινομούνται και χωρίζονται σε υποομάδες, βάσει του κριτηρίου που αντιστοιχεί στο δεύτερο επίπεδο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το τελευταίο επίπεδο.

2.6.1 Η ιεράρχηση των Κριτηρίων

Στην περιγραφή της μεθόδου Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων, ένα πολύ σημαντικό βήμα είναι ο καθορισμός της προτεραιότητας των κριτηρίων. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία λαμβάνει υπόψη τρία κριτήρια: το λόγο οφέλους προς κόστος (B/C), τη μείωση της καθυστέρησης (Δd) και την υφιστάμενη καθυστέρηση (d_b). Το πρώτο σχετίζεται με την ασφάλεια, ενώ τα άλλα δύο με τη λειτουργικότητα.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις: (1) η αποτελεσματικότητα στην ασφάλεια είναι πιο σημαντική από την αποτελεσματικότητα στη λειτουργικότητα, και (2) η αποτελεσματικότητα στη λειτουργικότητα είναι πιο σημαντική. Στην πράξη, η σπουδαιότητα αυτή καθορίζεται βάσει εμπειρίας. Η μεθοδολογία εφοδιάζεται με δύο ακολουθίες κριτηρίων για τις δύο αντίστοιχες προσεγγίσεις.

Στην πρώτη προσέγγιση, η αποτελεσματικότητα στην ασφάλεια θεωρείται πιο σημαντική και η σειρά προτεραιότητας των κριτηρίων είναι B/C, μείωση της καθυστέρησης, υφιστάμενη καθυστέρηση. Στη δεύτερη προσέγγιση, η σειρά προτεραιότητας είναι μείωση της καθυστέρησης, B/C, υφιστάμενη καθυστέρηση.

2.6.2 Η Διαδικασία της Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων

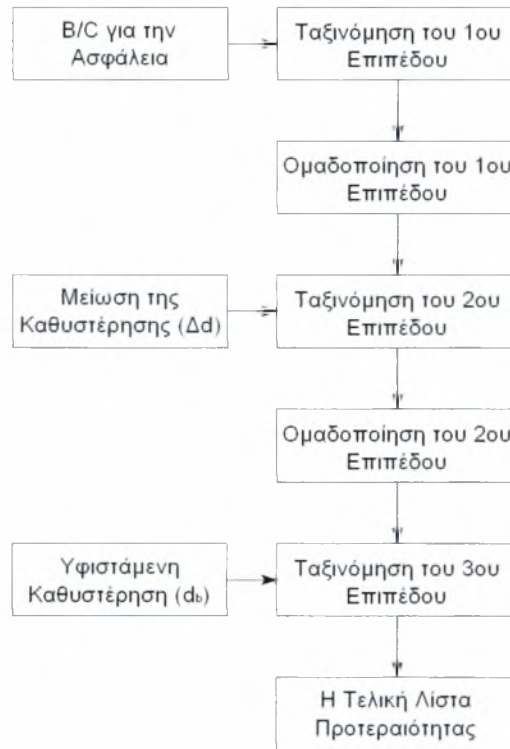
Η μέθοδος Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων λαμβάνει υπόψη τρία κριτήρια, και επομένως, η δομή της μεθόδου αυτής εμπεριέχει τρία επίπεδα. Για τις δύο σειρές προτεραιότητας των κριτηρίων έχουν σχεδιαστεί αντίστοιχα δύο διαδικασίες.

Η πρώτη διαδικασία, που θεωρεί ότι ο παράγοντας της ασφαλείας είναι πιο σημαντικός, φαίνεται στο Σχήμα 2-3.

Επίπεδο 1: Επιλέγεται το B/C, το οποίο έχει τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα, ως το κριτήριο του πρώτου επιπέδου.

Ταξινομούνται οι κόμβοι κατά φθίνουσα σειρά, βάσει του B/C (η πρώτη λίστα προτεραιότητας),

Ομαδοποιούνται οι κόμβοι, βάσει της ομοιότητας της τιμής του B/C.



Σχήμα 2-3 Διαδικασία της Μεθόδου Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων (προτεραιότητα ασφάλειας) [1]

Επίπεδο 2: Επιλέγεται η μείωση της καθυστέρησης (Δd), που είναι δεύτερη σε σπουδαιότητα, ως το κριτήριο του δεύτερου επιπέδου,

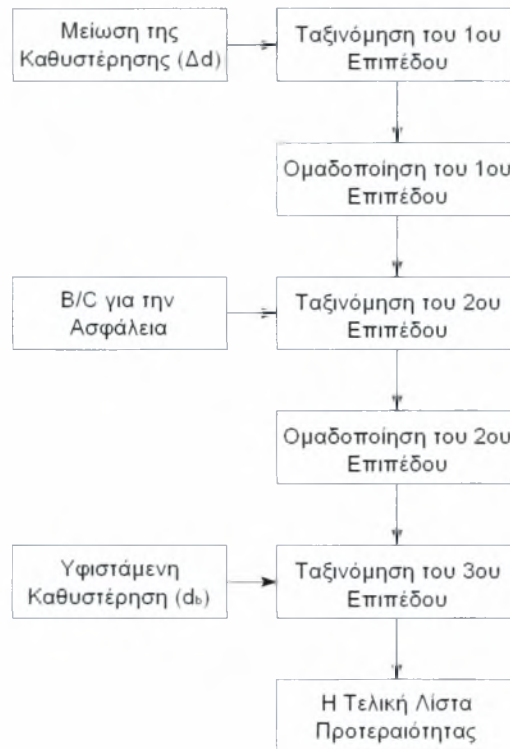
Ταξινομούνται οι κόμβοι σε κάθε ομάδα, κατά φθίνουσα σειρά, βάσει του Δd (η δεύτερη λίστα προτεραιότητας),

Χωρίζονται οι κόμβοι κάθε ομάδας σε υποομάδες, βάσει της ομοιότητας της τιμής του Δd .

Επίπεδο 3: Επιλέγεται η υφιστάμενη καθυστέρηση (d_b), που είναι τρίτη σε σπουδαιότητα ως το κριτήριο του τρίτου επιπέδου,

Ταξινομούνται οι υποψήφιοι κόμβοι σε κάθε υποομάδα, κατά φθίνουσα σειρά, βάσει του d_b (η τελική λίστα προτεραιότητας).

Αυτή η διεργασία, η οποία περιλαμβάνει τρία επίπεδα ταξινόμησης (ιεράρχηση) και δύο επίπεδα ομαδοποίησης, παράγει μία λίστα προτεραιότητας των μελετών βελτίωσης των κόμβων, βάσει της πρώτης προσέγγισης. Η διαδικασία για τη δεύτερη προσέγγιση δίνεται στο Σχήμα 2-4.



Σχήμα 2-4 Διαδικασία της Μεθόδου Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων (προτεραιότητα λειτουργικότητας) [1]

2.6.3 Ο Αλγόριθμος της Ομαδοποίησης

Η ομαδοποίηση (clustering) είναι μία διαδικασία κατά την οποία, βάσει ποσοτικοποιημένων δεδομένων, χωρίζονται σε ομάδες οι κόμβοι. Τα μέλη κάθε ομάδας έχουν παρόμοια τιμή για ένα συγκεκριμένο κριτήριο. Μία ομάδα (cluster) είναι ένα σύνολο κόμβων που είναι παρόμοιοι μεταξύ τους και ανόμοιοι με τους κόμβους που ανήκουν σε άλλες ομάδες. Το μέτρο αυτής της “ομοιότητας” ονομάζεται απόσταση (distance). Υπάρχουν δύο είδη απόστασης:

Η απόσταση δύο σημείων (κόμβοι) αποτελεί το μέτρο της ομοιότητας δύο κόμβων, για ένα συγκεκριμένο κριτήριο που μπορεί να είναι ο λόγος B/C, η μείωση της καθυστέρησης ή η υφιστάμενη καθυστέρηση. Ο ορισμός της απόστασης δύο κόμβων δίνεται στην Εξίσωση -10 [1].

$$d(i, j) = |x_j - x_i| \quad (2-10)$$

όπου

$d(i, j)$ = η απόσταση μεταξύ των κόμβων i και j ,

x_j, x_i = η τιμή του κριτηρίου x για τους κόμβους i, j .

Η απόσταση μεταξύ δύο ομάδων αποτελεί το μέτρο της ομοιότητας τους για ένα συγκεκριμένο κριτήριο ($B/C, \Delta d, d_b$). Στην παρούσα μελέτη, έχει υιοθετηθεί η έννοια της μέσης συνδετικής απόστασης που θεωρεί ότι η απόσταση μεταξύ δύο ομάδων είναι ίση με τη μέση απόσταση μεταξύ οποιουδήποτε μέλους της μίας ομάδας με οποιοδήποτε μέλος της άλλης ομάδας. Ο ορισμός της απόστασης δύο ομάδων δίνεται στην Εξίσωση 2-11 [1].

$$D(A, B) = \frac{1}{n_A \times n_B} \sum_{i \in A} \sum_{j \in B} d(i, j) \quad (2-11)$$

όπου

$D(A, B)$ = η απόσταση μεταξύ της ομάδας A και της ομάδας B,

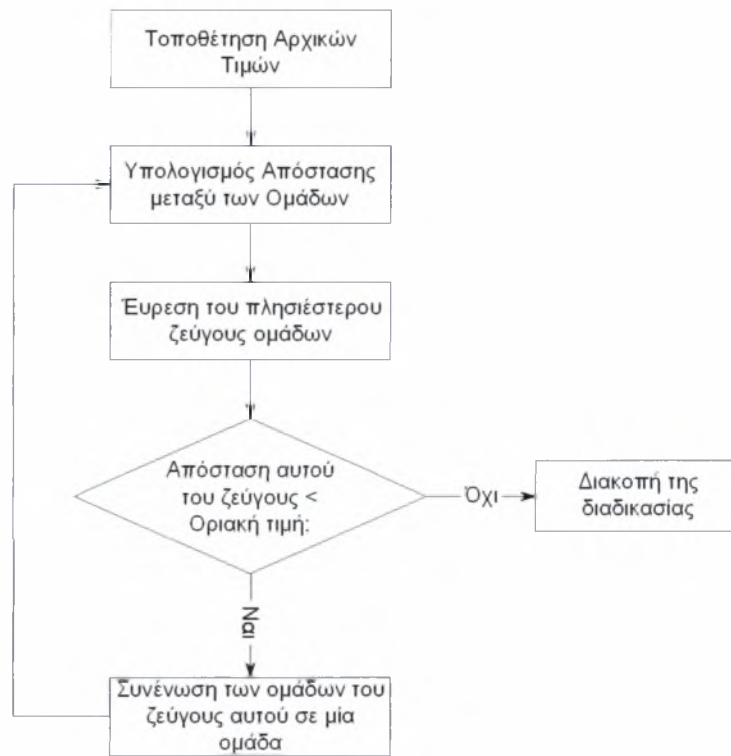
$d(i, j)$ = η απόσταση μεταξύ των κόμβων i και j ,

n_A, n_B = ο αριθμός των κόμβων στην ομάδα A και την ομάδα B αντίστοιχα.

Η διαδικασία του ιεραρχικού αλγόριθμου ομαδοποίησης, που υιοθετεί η μέθοδος Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων, είναι η εξής (Βλέπε Σχήμα 2-5):

- Βήμα 1^ο: Τοποθετείται κάθε κόμβος σε μία ομάδα, έτσι ώστε, αν υπάρχουν N κόμβοι στην προκαταρκτική λίστα, να δημιουργηθούν N ομάδες, δηλαδή κάθε ομάδα να περιέχει ένα μόνο κόμβο. Συνεπώς, η απόσταση (ομοιότητα) μεταξύ των ομάδων είναι ίση με την απόσταση μεταξύ των κόμβων που περιέχουν.
- Βήμα 2^ο: Βρίσκεται το πλησιέστερο (περισσότερο όμοιο) ζεύγος ομάδων και συνενώνεται σε μία ομάδα, έτσι ώστε να υπάρχει μία ομάδα λιγότερη.
- Βήμα 3^ο: Υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ της νέας ομάδας και κάθε μίας από τις παλιές.
- Βήμα 4^ο: Τα βήματα 2 και 3 επαναλαμβάνονται μέχρι η απόσταση του πλησιέστερου ζεύγους ομάδων να είναι ίση ή μεγαλύτερη από μία οριακή τιμή (threshold), ή όλοι οι κόμβοι να τοποθετηθούν σε μία μόνο ομάδα.

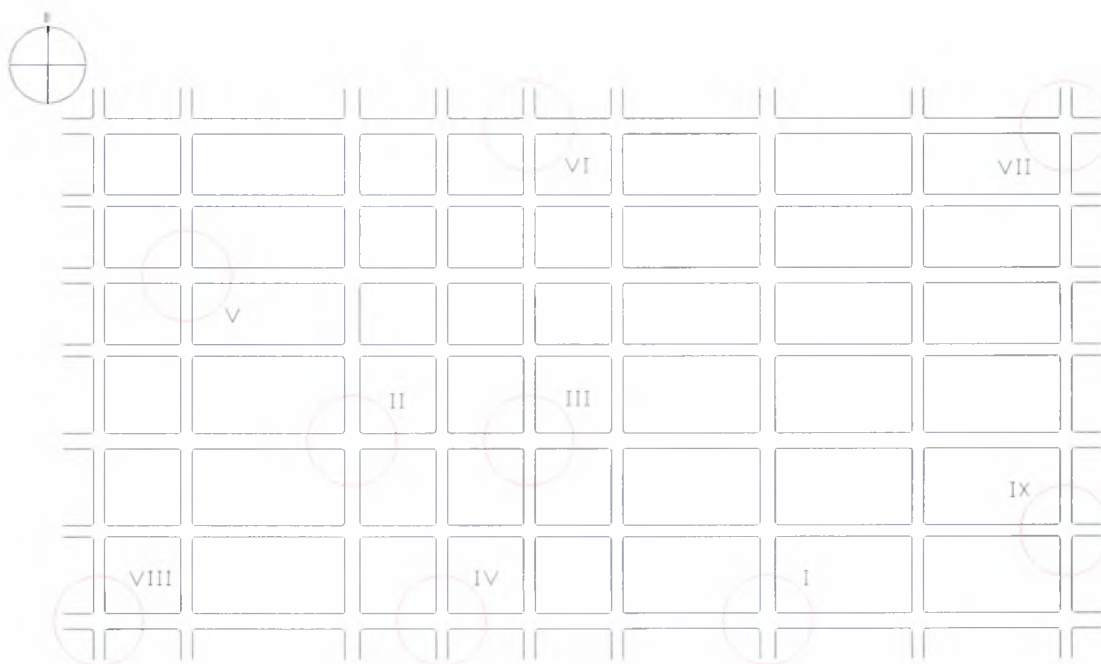
Η οριακή τιμή, το έναυσμα για να σταματήσει η επαναληπτική διαδικασία, αντανακλά τη σχετική σπουδαιότητα μεταξύ δύο κριτηρίων και καθορίζεται πάντα βάσει της υποκειμενικής κρίσης ειδημόνων.



Σχήμα 2-5 Διαδικασία Ιεραρχικού Αλγόριθμου Ομαδοποίησης [1]

3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, εφαρμόζεται η μεθοδολογία που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3 στο υποθετικό οδικό δίκτυο του Σχήματος 3-1, το οποίο αποτελεί τμήμα μίας κεντρικής εμπορικής περιοχής και διαμορφώθηκε για της ανάγκες της παρούσας εργασίας. Όπως φαίνεται στο σχήμα, έχουν επιλεγθεί εννέα ισόπεδοι κόμβοι, υποψήφιοι προς βελτίωση, στους οποίους θα εφαρμοστεί η διαδικασία ιεράρχησης. Από την επίλυση της διαδικασίας θα προκύψουν δύο λίστες προτεραιότητας, μία που δίνει προτεραιότητα στην ασφάλεια και μία που δίνει προτεραιότητα στη λειτουργικότητα.



Σχήμα 3-1 Κάτοψη υποθετικού τμήματος κεντρικής εμπορικής περιοχής , στην οποία θα εφαρμοστεί η μεθοδολογία

3.1 Αναγνώριση των Ισόπεδων Κόμβων της Προκαταρκτικής Λίστας

Η προκαταρκτική λίστα αποτελείται από εννέα ισόπεδους κόμβους, οι οποίοι έχουν σημειωθεί (κόκκινοι κύκλοι) και αριθμηθεί, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-1. Οι εννέα αυτοί κόμβοι διαμορφώθηκαν έτσι ώστε τα αντίστοιχα προτεινόμενα μέτρα να μπορούν να αναλυθούν βάσει του HCM 2000, το οποίο χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της ανάλυσης λειτουργικότητας. Η προκαταρκτική λίστα φαίνεται στον Πίνακα 3-1.

Πίνακας 3-1 Η Προκαταρκτική Λίστα

ΙΣΟΠΕΔΟΣ ΚΟΜΒΟΣ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΟΥ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ
No	Τύπος	
I	Με Σηματοδότηση	Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής και αλλαγή του διαγράμματος σηματορύθμισης
II	Με Σηματοδότηση	Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής
III	Χωρίς Σηματοδότηση	Εγκατάσταση σηματοδότησης
IV	Χωρίς Σηματοδότηση	Διοχευτική Διαρρύθμιση: Προσθήκη χοανοειδών προσβάσεων
V	Χωρίς Σηματοδότηση	Κατασκευή διαχωριστικής νησίδας (υπερυψωμένης)
VI	Με Σηματοδότηση	Εγκατάσταση φωτισμού
VII	Χωρίς Σηματοδότηση	Εγκατάσταση σηματοδότησης
VIII	Με Σηματοδότηση	Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής
IX	Χωρίς Σηματοδότηση	Εγκατάσταση φωτισμού

3.2 Διαμόρφωση των Δεδομένων

Επειδή το υπό μελέτη οδικό δίκτυο είναι υποθετικό, τα δεδομένα, που απαιτούνται για τη μελέτη του κάθε ισόπεδου κόμβου, έχουν υποτεθεί.

3.2.1 Δεδομένα για την Ανάλυση της Λειτουργικότητας

Τα δεδομένα που σχετίζονται με την ανάλυση λειτουργικότητας περιλαμβάνουν κυκλοφοριακούς φόρτους, τύπο κυκλοφοριακού ελέγχου και γεωμετρικές πληροφορίες. Η λεπτομερής περιγραφή των απαιτούμενων δεδομένων για την ανάλυση λειτουργικότητας δίνεται στον Πίνακα 2-2.

Έτσι λοιπόν, για τον καθένα από τους εννέα παραπάνω κόμβους υποτέθηκαν οι τρεις παρακάτω τύποι δεδομένων.

Γεωμετρικός σχεδιασμός: αριθμός λωρίδων, διοχευτική διαρρύθμιση, νησίδα, χοανοειδής πρόσβαση,

Κυκλοφοριακός έλεγχος: με σηματοδότηση ή χωρίς σηματοδότηση (TWSC, AWSC),

Κυκλοφοριακά δεδομένα: κυκλοφοριακός φόρτος ώρας αιχμής (τέσσερα σκέλη), ΣΩΑ, ποσοστό βαρέων οχημάτων

Ο κυκλοφοριακός φόρτος της ώρας αιχμής θεωρείται ότι είναι ίσος με το μέσο ωριαίο κυκλοφοριακό φόρτο από 6:00 έως 9:00 π.μ. Όλοι οι φόρτοι είναι σε ΜΕΑ. Οι μοτοσυκλέτες έχουν μετατραπεί σε επιβατικά αυτοκίνητα με πολλαπλασιασμό επί 1/3.

Τα παραπάνω δεδομένα για κάθε ισόπεδο κόμβο παρουσιάζονται στην ανάλυση λειτουργικότητας κάθε κόμβου.

3.2.2 Δεδομένα για την Ανάλυση Ασφαλείας

Για την ανάλυση ασφαλείας, είναι απαραίτητο το ιστορικό των ατυχημάτων για κάθε κόμβο. Επειδή, όπως προαναφέρθηκε, οι κόμβοι είναι υποθετικοί, για τον καθορισμό του αριθμού των ατυχημάτων σε κάθε κόμβο, χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο πρόβλεψης ατυχημάτων, το οποίο δίνει τον αριθμό των ατυχημάτων σε ένα ισόπεδο κόμβο συναρτήσει των κυκλοφορικών φόρτων και των γεωμετρικών στοιχείων του κόμβου. Τα συγκεκριμένα μοντέλα πρόβλεψης ατυχημάτων έχουν αναπτυχθεί στις Η.Π.Α. και ονομάζονται SPFs¹⁰ [5]. Περισσότερα στοιχεία για τα SPFs και ο τρόπος εφαρμογής τους παρατίθενται στο Παράρτημα Γ (Γ-2).

Ένα άλλο απαραίτητο δεδομένο για την εκτέλεση της ανάλυσης ασφαλείας είναι το κόστος των ατυχημάτων. Όπως προαναφέρθηκε στην Παράγραφο 2.4, το κόστος των ατυχημάτων διαφέρει ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας των ατυχημάτων. Τα κόστη των ατυχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εφαρμογή είναι τα εξής:

AC_1 - Θανατηφόρο ατύχημα ή ατύχημα με τραυματισμό: 83.000 €/ατύχημα

AC_2 - Ατύχημα με υλικές ζημιές μόνο: 1850 €/ατύχημα

Τα νούμερα αυτά αποτελούν τα πιο πρόσφατα δεδομένα του FHWA των Η.Π.Α [4]. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκαν αμερικάνικα δεδομένα είναι ότι τα SPFs καθώς και τα CRFs, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεση της ανάλυσης ασφαλείας, που χρησιμοποιήθηκαν είναι αμερικάνικης προελεύσεως, αφού δεν έχουν αναπτυχθεί τέτοιου είδους παράμετροι στην Ευρώπη. Άλλωστε, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν είναι η πιστή απεικόνιση της ελληνικής πραγματικότητας στο θέμα της οδικής ασφάλειας και της κυκλοφοριακής συμφόρησης, αλλά η παρουσίαση και αξιολόγηση της νέας διαδικασίας ιεράρχησης, βάσει κάποιων υποθετικών κόμβων, ώστε να εκτιμηθεί αν μπορεί στο μέλλον να προσαρμοστεί στα ελληνικά δεδομένα και να εφαρμοστεί στα οδικά δίκτυα της Ελλάδος.

Τέλος, για την κατανομή των ατυχημάτων ανάλογα με το επίπεδο σοβαρότητας του ατυχήματος (RF_s), η οποία χρειάζεται για τον υπολογισμό του οφέλους B , έχουν υιοθετηθεί, επίσης, οι τιμές που δίνει το FHWA και οι οποίες είναι οι εξής [4]:

- το ποσοστό των θανατηφόρων ατυχημάτων και των ατυχημάτων με τραυματισμούς είναι ίσο με 0,397 και
- το ποσοστό των ατυχημάτων με υλικές ζημιές μόνο είναι ίσο με 0,603.

¹⁰ Safety Performance Functions

3.3 Ανάλυση

Σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιείται η ανάλυση ασφαλείας και η ανάλυση λειτουργικότητας για κάθε ισόπεδο κόμβο της προκαταρκτικής λίστας, ώστε να αντληθούν τα κριτήρια που είναι απαραίτητα για τη διαδικασία της ιεράρχησης.

Οι συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στην παράγραφο αυτή είναι οι εξής:

ΠΑ – Προς Ανατολάς

ΠΔ – Προς Δυσμάς

ΠΒ – Προς Βορρά

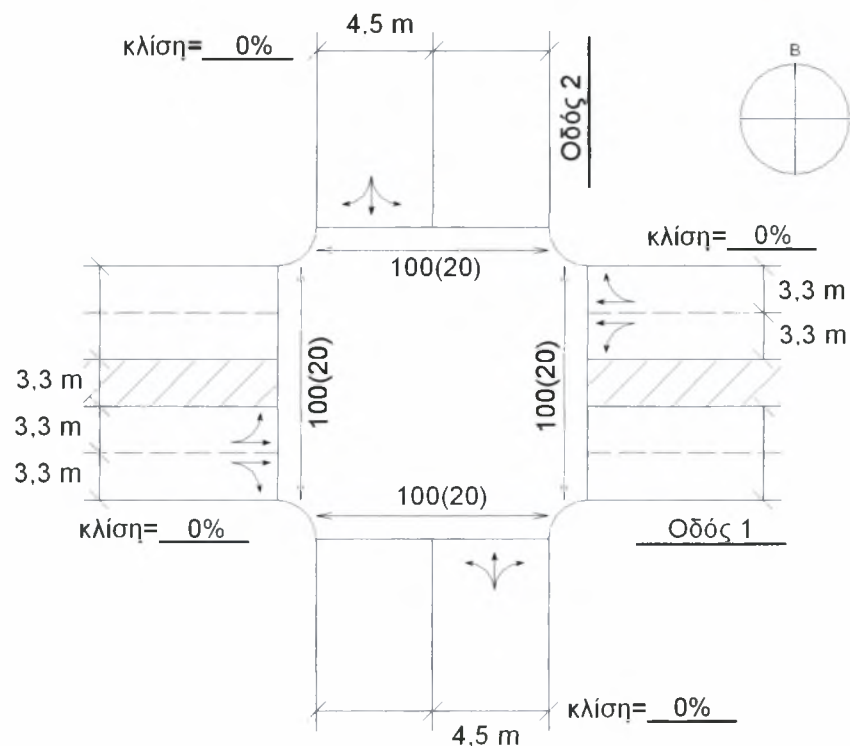
ΠΝ – Προς Νότο

ΑΡ – Αριστερή Στροφή

ΕΥ – Ευθεία κίνηση

ΔΕ – Δεξιά Στροφή

3.3.1 Ισόπεδος Κόμβος Ι



Σχήμα 3-2 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου Ι

Ο Ισόπεδος Κόμβος Ι είναι ένας ισόπεδος σηματοδοτούμενος κόμβος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-2. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.1.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Όπως προαναφέρθηκε, για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθούν τα SPFs. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, αφού ο κόμβος είναι σηματοδοτούμενος, γίνεται χρήση της Εξίσωσης Γ-3. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, η παρουσία ή μη προστατευόμενης φάσης αριστερής στροφής στις προσβάσεις της κύριας οδού, το ποσοστό των οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που εισέρχονται στον κόμβο από την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό, και ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις.

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-2. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-2 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου Ι

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	770	745	460	450
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	758		455	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	7019		4213	

Τα υπόλοιπα δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα 3-3

Πίνακας 3-3 Δεδομένα του Ισόπεδου Κόμβου Ι για την Εφαρμογή της Εξίσωσης Γ-3

Προστατευόμενη Φάση Αριστερής Στροφής στις Προσβάσεις της Κύριας Οδού	Ποσοστό Αριστερών Στροφών στη Δευτερεύουσα Οδό	Ποσοστό Βαρέων Οχημάτων που εισέρχονται στον Κόμβο	Αριθμός Παρόδων στην Κύρια Οδό σε Μήκος 76 m από τις Προσβάσεις
Όχι	0,083	0,06	-

Τελικά, η Εξίσωση Γ-3 έχει την εξής μορφή:

$$N_1 = \exp(-5,46 + 0,60 \ln 7019 + 0,20 \ln 4213 - 0,40(0) - 0,018(0,083) + 0,026(0,06)) = 4,59 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους.

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο Ι είναι ίσος με:

$$N_1 = 4,59 \text{ ατυχήματα/έτος.}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Οι βελτιώσεις που θα εφαρμοστούν είναι η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην ΠΑ πρόσβαση και η αλλαγή του διαγράμματος σηματοδότησης. Το CRF για προσθήκη λωρίδας αριστερής στροφής είναι ίσο με 18% και το CRF για βελτίωση του διαγράμματος σηματοδότησης είναι ίσο με 10% [3]. Για να υπολογιστεί η συνδυασμένη επίδραση των μέτρων βελτίωσης χρησιμοποιείται η Εξίσωση Γ-1:

$$CRF_e = 1 - (1 - CRF_1) \times (1 - CRF_2) = 1 - (1 - 0,18)(1 - 0,10) = 0,26$$

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω των βελτιώσεων υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \{[(4,59)(0,26)(0,397)(83000)] + [(4,59)(0,26)(0,603)(1850)]\} \times \frac{\{(1 + 0,04)^5 - 1\}}{\{(0,04)(1 + 0,04)^5\}} = 40655 \times 4,45 = 180915 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής των μέτρων βελτίωσης. Το κόστος κατασκευής μίας λωρίδας αριστερής στροφής, όταν υπάρχει κεντρική νησίδα η οποία θα ανασχηματιστεί, είναι ίσο με 70 €/m² (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες). Το πλάτος της λωρίδας θα είναι ίσο με 3,3m και το μήκος της ίσο με 50m, οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 70 \times 3,3 \times 50 = 11550 \text{ €}$$

Το κόστος αλλαγής του διαγράμματος σηματοδότησης θεωρείται αμελητέο, οπότε το τελικό κόστος των βελτιώσεων είναι ίσο με 11550 €.

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C, ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 180915/11550 = 15,66$$

3.3.1.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ ΠΑ και ΠΔ ΗV = 5%,
- √ ΠΒ και ΠΝ ΗV = 7%,
- √ ΣQΑ = 0,90,
- √ Διάγραμμα σηματορύθμισης 2 φάσεων,
- √ ΠΒ-ΠΝ χρόνος πράσινης ένδειξης = 36 δλ,
- √ ΠΑ-ΠΔ χρόνος πράσινης ένδειξης = 26 δλ,
- √ Χρόνος κίτρινης ένδειξης = 4 δλ,
- √ Κεντρική εμπορική περιοχή,
- √ Η Οδός 1 έχει 4 λωρίδες, δύο ανά κατεύθυνση,
- √ Η Οδός 2 έχει 2 λωρίδες, μία ανά κατεύθυνση,
- √ Δεν επιτρέπεται η στάθμευση,
- √ Αριθμός πεζών = 100 πεζ/ώρα σε όλες τις προσβ.,
- √ Αριθμός ποδηλ. = 20 ποδ/ώρα σε όλες τις προσβ.,
- √ Απολυμμένος χρόνος για κάθε φάση = 4δλ, και
- √ Επίπεδο πεδίο.

Σχόλια

- √ Έστω πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις,
- √ Έστω ροή κορεσμού μίας λωρίδας υπό ιδανικές συνθήκες = 1900 ΜΕΑ/ώρα/λρ,
- √ Έστω $E_T = 2,0$,
- √ Κανένα λεωφορείο, και
- √ Διάρκεια περιόδου = 70 δλ, με δοσμένους τους χρόνους πράσινης ένδειξης.

Βήματα

1. Πεζοί/περίοδο.	$100 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600\delta\lambda} * 70\delta\lambda = 1,944 \text{ πεζοί}$
2. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση Α-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27N_{ped}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{9,0}{1,22} + 0,27(1,944) = 11,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(1,944) = 17,2 \delta\lambda$
3. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 26 \delta\lambda$, που είναι $>11,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 36 \delta\lambda$, που είναι $>17,2 \delta\lambda$
4. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	<p>Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.</p> $P_{LT}(PIA) = \frac{110}{110 + 625 + 35} = 0,143$
5. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(PIA) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
6. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(PIA) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$
7. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
8. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	Κανένας ελιγμός στάθμευσης, $f_p = 1,000$
9. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβ. (Πίνακας Α-3).	Κανένα λεωφορείο, $f_{bb} = 1,000$
10. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$

11. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για τις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις, και $f_{LU} = 1,000$ για τις ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις.
12. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι αριστερές στροφές είναι επιτρεπόμενες. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων έχουν μία λωρίδα και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με μία λωρίδα.
13. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις είναι μίας λωρίδας οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,135 P_{RT}$ Στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
14. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
15. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
16. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑ}) = 1900 * 2 * 0,961 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 1,000 * 0,900 * 0,952 * 0,605 * 0,993 * 0,995 * 0,992 = 1767$ οχή/ώρα
17. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑ}) = 1765 (0,371) = 656$ οχή/ώρα
18. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑ}) = \frac{856}{656} = 1,304$
19. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Η ομάδα λωρίδων με τον υψηλότερο λόγο v/c κατά τη διάρκεια μίας φάσης, είναι η κρίσιμη ομάδα λωρίδων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι ΠΑ και ΠΝ ομάδες λωρ. είναι οι κρίσιμες στις Φάσεις 1 και 2 αντίστοιχα.
20. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΑ}) = \frac{856}{1767} = 0,484$ $v/s(\text{ΠΑ}) = \frac{500}{1556} = 0,321$
21. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,484 + 0,321 = 0,805$
22. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,805(70,0)}{70,0 - 8} = 0,909$
23. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑ}) = \frac{0,50(70,0) (1 - 0,371)^2}{1 - 0,371(1,0)} = 22,015$ δλ/οχή

24. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(\dots)}]$ $d_2(\text{ΠΑ}) = 900(0,25)[(1,304 - 1) + \sqrt{(\dots)}] = 147,804 \text{ δλ/οχ}$
25. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	PF(ΠΑ) = 0,926
26. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑ}) = 22,015(0,926) + 147,804 + 0 = 168,2 \text{ δλ/οχ}$
27. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_1 = \frac{(168,2 * 856) + (33,7 * 828) + (15,0 * 511) + (15,8 * 500)}{(856 + 828 + 511 + 500)}$ $= 69,6 \text{ δλ/οχ}$
28. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πίν. Α-1).	LOS(ΠΑ ομάδα λωρίδων) = F LOS(ΠΑ πρόσβαση) = F LOS κόμβου = E

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-4:

Πίνακας 3-4 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΠΡΙΝ" για τον Ισόπεδο Κόμβο Ι

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	1,304	0,874	0,597	0,624
Λόγος g/C	0,371	0,371	0,514	0,514
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	22,015	20,470	11,917	12,156
Συντελεστής PF	0,926	1,111	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	656	948	856	802
Συνελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	147,804	10,992	3,066	3,641
Καθυστέρηση ομάδας λωρ.	168,2	33,7	15,0	15,8
LOS ομάδας λωρίδων	F	C	B	B
Καθυστέρηση πρόσβασης	168,8	33,8	15,0	15,8
LOS πρόσβασης	F	C	B	B
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	69,6 δλ/οχ			
LOS κόμβου	E			

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

✓ Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην ΠΑ πρόσβαση,

✓ Νέο διάγραμμα σηματορύθμισης:

ΠΒ-ΠΝ χρόνος πράσινης ένδειξης = 27,3 δλ,

ΠΑ-ΠΔ χρόνος πράσινης ένδειξης = 24,7 δλ,

Διάρκεια περιόδου = 60 δλ.

→ Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα για τον κόμβο παραμένουν ίδια, και ο κόμβος αναλύεται ξανά βάσει των καινούριων δεδομένων.

Βήματα

1. Αρχικά, χρησιμοποιείται η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης για τον καθορισμό του νέου διαγράμματος σηματορύθμισης.	
2. Για κάθε πρόσβαση του κόμβου συμπληρώνεται το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Φόρτου Λωρίδων και καθορίζονται οι κρίσιμοι φόρτοι λωρίδας.	
3. Χρησιμοποιώντας τους υπολογισμένους κρίσιμους φόρτους λωρίδας, υπολογίζεται η διάρκεια της περιόδου ίση με 21,6 δλ (βλέπε το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστέρησης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης). Ωστόσο, χρησιμοποιούμε διάρκεια ίση με 60,0 δλ, αφού είναι η ελάχιστη τιμή που τέθηκε από τον αναλυτή. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι χρόνοι πράσινης ένδειξης για τις ΠΑ/ΠΔ και ΠΒ/ΠΝ φάσεις με τη βοήθεια του Φύλλου Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστέρησης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης. Για παράδειγμα, για τη Φάση 1:	
$g = (60 - 8) \left(\frac{414}{872} \right) + t_L = 24,7 + 4,0 = 28,7 \text{ δλ}$	
Αυτοί οι χρόνοι χρησιμοποιούνται σα δεδομένα για τα επόμενα βήματα.	
4. Οι χρόνοι για τις Φάσεις 1 και 2 είναι 28,7 δλ και 31,3 δλ αντίστοιχα. Αφού αφαιρεθεί ο χρόνος κίτρινης ένδειξης, οι χρησιμοποιούμενοι χρόνοι πρασίνου (ΧΧΠ) είναι 24,7 δλ και 27,3 δλ	
5. Πεζοί/περίοδο.	$100 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} * 60 \delta\lambda = 1.667 \text{ πεζοί}$
6. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση A-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{9,0}{1,22} + 0,27(1,667) = 11,0 \text{ δλ}$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(1,667) = 17,2 \text{ δλ}$
7. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 24,7 \text{ δλ}$, που είναι >11,0 δλ $G_p(2) = 27,3 \text{ δλ}$, που είναι >17,2 δλ
8. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων. $P_{LT}(ΠΑ) = 1,000$ (αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής)
9. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(ΠΑ) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
10. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(ΠΑ) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$

11. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
12. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	Κανένας ελιγμός στάθμευσης, $f_p = 1,000$
13. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβ. (Πίνακας Α-3).	Κανένα λεωφορείο, $f_{bb} = 1,000$
14. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
15. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 1,000$ για την αποκλειστική λωρίδα ΑΡ στην ΠΑ πρόσβαση και για τις ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις, και $f_{LU} = 0,952$ για τις υπόλοιπες ομάδες λωρίδων.
16. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι αριστερές στροφές είναι επιτρεπόμενες. Συνεπώς απαιτείται ειδική επεξεργασία. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων έχουν μία λωρίδα και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με μία λωρίδα.
17. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις είναι μίας λωρίδας οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,135 P_{RT}$ Στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
18. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
19. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
20. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑΑΡ}) = 1900 * 1 * 0,961 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 1,000 * 0,900 * 1,000 * 0,218 * 1,000 * 0,968 * 1,000 = 331 \text{ οχ/ώρα}$
21. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑΑΡ}) = 331 (0,412) = 136 \text{ οχ/ώρα}$
22. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑΑΡ}) = \frac{122}{136} = 0,895$
23. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Η ομάδα λωρίδων με τον υψηλότερο λόγο v/c κατά τη διάρκεια μίας φάσης, είναι η κρίσιμη ομάδα λωρίδων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι ΠΑΑΡ και ΠΝ ομάδες λωρ. είναι οι κρίσιμες στις Φάσεις 1 και 2 αντίστοιχα.
24. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΑΑΡ}) = \frac{122}{331} = 0,369$ $v/s(\text{ΠΝ}) = \frac{500}{1558} = 0,321$
25. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,369 + 0,321 = 0,690$

26. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,690(60,0)}{60,0 - 8} = 0,796$
27. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑΑΡ}) = \frac{0,50(60,0)(1 - 0,412)^2}{1 - 0,412(0,895)} = 16,446 \text{ δλ/οχ}$
28. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{ΠΑΑΡ}) = 900(0,25) \left[(0,895 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 53,111 \text{ δλ/οχ}$
29. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	PF(ΠΑ) = 0,882
30. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1 \text{PF} + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑΑΡ}) = 16,446(0,882) + 53,111 + 0 = 67,6 \text{ δλ/οχ}$
31. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_i = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_i = \frac{(22,1 * 855) + (22,6 * 828) + (17,7 * 511) + (18,9 * 500)}{(855 + 828 + 511 + 500)}$ $= 20,8 \text{ δλ/οχ}$
32. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πίν. Α-1).	LOS(ΠΑΑΡ) = E LOS(ΠΑ πρόσβαση) = C LOS κόμβου = C

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-5:

Πίνακας 3-5 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΜΕΤΑ" για τον Ισόπεδο Κόμβο Ι

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ		ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,895	0,607	0,766	0,677	0,705
Λόγος g/C	0,412	0,412	0,412	0,455	0,455
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	16,446	13,847	15,169	12,877	13,122
Συντελεστής PF	0,882	0,882	1,146	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	136	1207	1081	755	709
Συντελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	53,111	2,279	5,202	4,836	5,822
Καθυστέρηση ομάδας λωρ.	67,6	14,5	22,6	17,7	18,9
LOS ομάδας λωρίδων	E	B	C	B	B
Καθυστέρηση πρόσβασης	22,1		22,6	17,7	18,9
LOS πρόσβασης	C		C	B	B
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	20,8 δλ/οχ				
LOS κόμβου	C				

3.3.1.3 Συμπεράσματα

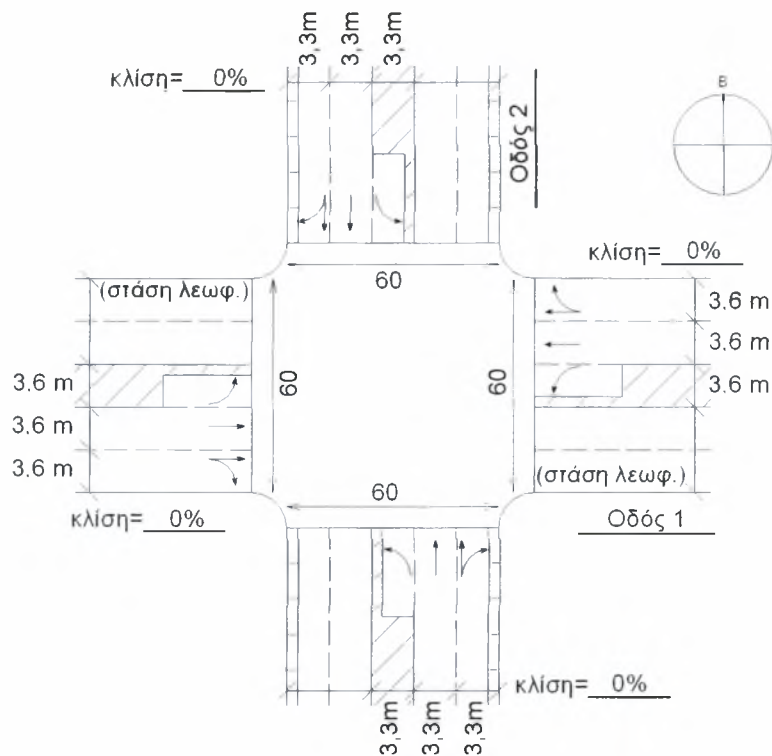
Η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην “κορεσμένη” ($X = 1,304$) ΠΑ πρόσβαση και η σωστή κατανομή του χρόνου πράσινης ένδειξης στις διάφορες φάσεις οδηγεί στην “ανακούφιση” της ΠΑ πρόσβασης και κατ’ επέκταση όλου του κόμβου.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΑ πρόσβαση, μετά τις παραπάνω βελτιώσεις, η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 168,2 σε 22,1 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε C.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 48,8 δλ/οχ (από 69,6 σε 20,8 δλ/οχ), ενώ η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από E σε C.

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 15,66, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 1,19 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.2 Ισόπεδος Κόμβος II



Σχήμα 3-3 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου II

Ο Ισόπεδος Κόμβος II είναι ένας ισόπεδος σηματοδοτούμενος κόμβος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-3. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.2.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Όπως και στον Ισόπεδο Κόμβο I, για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-3, αφού ο κόμβος είναι σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, η παρουσία ή μη προστατευόμενης φάσης αριστερής στροφής στις προσβάσεις της κύριας οδού, το ποσοστό των οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που εισέρχονται στον κόμβο από την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό, και ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις.

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-6. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-6 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου ΙΙ

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	1340	915	725	745
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	1128		735	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	10444		6806	

Τα υπόλοιπα δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα 3-7

Πίνακας 3-7 Δεδομένα του Ισόπεδου Κόμβου ΙΙ για την Εφαρμογή της Εξίσωσης Γ-3

Προστατευόμενη Φάση Αριστερής Στροφής στις Προσβάσεις της Κύριας Οδού	Ποσοστό Αριστερών Στροφών στη Δευτερεύουσα Οδό	Ποσοστό Βαρέων Οχημάτων που εισέρχονται στον Κόμβο	Αριθμός Παρόδων στην Κύρια Οδό σε Μήκος 76 m από τις Προσβάσεις
Ναι	0,096	0,05	-

Τελικά, η Εξίσωση Γ-3 έχει την εξής μορφή:

$$N_2 = \exp(-5,46 + 0,60 \ln 10444 + 0,20 \ln 6806 - 0,40(1) - 0,018(0,096) + 0,026(0,05)) = 4,29 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος, όμως, έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής στροφής και στις δύο προσβάσεις της κύριας οδού, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 0,67 (από Πίνακα Γ-1).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο ΙΙ είναι ίσος με:

$$N_2 = 4,29 \times 0,67 = 2,87 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής στην ΠΑ πρόσβαση. Το CRF για προσθήκη λωρίδας δεξιάς στροφής είναι ίσο με 18% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i

θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ (2,87)(0,18)(0,397)(83000) \right\} + \left\{ (2,87)(0,18)(0,603)(1850) \right\} \times \left\{ (1 + 0,04)^5 - 1 \right\} / \left\{ (0,04)(1 + 0,04)^5 \right\} = 17599 \times 4,45 = 78316 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος κατασκευής μίας λωρίδας δεξιάς στροφής είναι ίσο με 70 €/m² (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες). Το πλάτος της λωρίδας θα είναι ίσο με 3,3m και το μήκος της ίσο με 50m, οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 70 \times 3,3 \times 50 = 11550 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C , ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 78316/11550 = 6,78$$

3.3.2.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ ΠΑ και ΠΔ ΗV = 5%,
- √ ΠΒ και ΠΝ ΗV = 5%,
- √ ΣΩΑ = 0,90,
- √ Διάγραμμα σηματορύθμισης 3 φάσεων,
- √ Κεντρική εμποπτική περιοχή,
- √ Η Οδός 1 έχει 3 λωρ. ανά κατεύθυνση (η μία είναι αποκλειστική λωρίδα ΑΡ),
- √ Η Οδός 2 έχει 3 λωρ. ανά κατεύθυνση (η μία είναι αποκλειστική λωρίδα ΑΡ),
- √ ΠΒ & ΠΝ στάθμευση = 25 ελιγμοί/ώρα,
- √ ΠΑ & ΠΔ λεωφορεία = 5 λεωφορεία/ώρα,
- √ Αριθμός πεζών=60 πεζ/ώρα σε όλες τις προσβ.,
- √ Κανένα ποδήλατο,
- √ Απολυμμένος χρόνος για κάθε φάση = 4 δλ, και
- √ Επίπεδο πεδίο.

Σχόλια

- √ Έστω πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις,
- √ Έστω ροή κορεσμού μίας λωρίδας υπό ιδανικές συνθήκες = 1900 ΜΕΑ/ώρα/λρ,
- √ Έστω $E_T = 2,0$, και
- √ Διάρκεια περιόδου = 75 δλ, με δοσμένους τους χρόνους πράσινης ένδειξης.

Βήματα

1. Πεζοί/περίοδο.	$60 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} \times \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} \times 75 \delta\lambda = 1,25 \text{ πεζοί}$
2. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση Α-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27 (1,250) = 17,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{18,0}{1,22} + 0,27 (1,250) = 18,3 \delta\lambda$
3. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 32,3 \delta\lambda$, που είναι $>17,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 24,8 \delta\lambda$, που είναι $>18,3 \delta\lambda$
4. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	<p>Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.</p> <p>Το P_{LT} για αποκλειστικές λωρίδες είναι 1,000</p>
5. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,6) - 12}{30} = 0,994$
6. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$
7. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
8. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$ $f_p = 0,888$ για τις ομάδες λωρίδων ΕΥ/ΔΕ των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων

9. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_B}{3600}}{N}$ $f_{bb}=0,990$ για τις ομάδες λωρίδων ΕΥ/ΔΕ των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων
10. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
11. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για τις μοιραζόμενες λωρίδες και $f_{LU} = 1,000$ για τις αποκλειστικές λωρίδες.
12. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι αριστερές στροφές είναι προστατευόμενες+επιτρεπόμενες στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις και επιτρεπόμενες στις ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Όλες οι προσβάσεις έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες.
13. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Σε όλες τις προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής, οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$, όπου P_{RT} το ποσοστό των δεξιών στροφών στην ομάδα λωρίδων $f_{RT}(\text{ΠΑ}) = 1,0 - 0,150(0,370) = 0,945$
14. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
15. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
16. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = 1900 * 2 * 0,994 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 0,990 * 0,900 * 0,952 * 1,000 * 0,945 * 1,000 * 0,985 = 2838 \text{ οχ/ώρα}$
17. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = 2838 (0,431) = 1222 \text{ οχ/ώρα}$
18. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = \frac{1367}{1222} = 1,118$
19. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Κρίσιμες ομάδες λωρίδων: Φάση 1: ΠΑ προστατευόμενη αριστερή στροφή Φάση 2: ΠΑ ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή Φάση 3: ΠΝ ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή
20. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΑΑΡ}) = \frac{121}{1537} = 0,079$ $v/s(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = \frac{1367}{2838} = 0,482$ $v/s(\text{ΠΝΕΥΔΕ}) = \frac{761}{2602} = 0,292$
21. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,079 + 0,482 + 0,292 = 0,853$

22. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,853(75,0)}{75,0 - 12} = 1,015$
23. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{lg}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{lg}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = \frac{0,50(75,0)(1 - 0,431)^2}{1 - 0,431(1,0)} = 21,350 \text{ δλ/οχ}$
24. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = 900(0,25) \left[(1,118 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 64,748 \text{ δλ/οχ}$
25. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	PF(ΠΑ) = 1,000
26. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1 PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑΕΥΔΕ}) = 21,350(1,000) + 64,748 + 0 = 86,1\bar{0}\lambda/\text{o}\chi$
27. Καθυστέρηση πρόσβασης.	$d_A = \frac{\sum (d)(v)}{\sum v}$ $d_A(\text{ΠΑ}) = \frac{(14,3 * 122) + (86,1 * 1367)}{(122 + 1367)} = 80,2 \text{ δλ/οχ}$
28. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_1 = \frac{(80,2 * 1489) + (19,6 * 1017) + (37,9 * 806) + (36,9 * 828)}{(1489 + 1017 + 806 + 828)}$ $= 48,4 \text{ δλ/οχ}$
29. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πιν. Α-1).	LOS(ΠΑΕΥΔΕ) = F LOS(ΠΑ) = F LOS κόμβου = D

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-8:

Πίνακας 3-8 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΠΡΙΝ" για τον Ισόπεδο Κόμβο II

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ		ΠΔ		ΠΒ		ΠΝ	
	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,440	1,118	0,684	0,705	0,840	0,844	0,568	0,885
Λόγος g/C	0,563	0,431	0,563	0,431	0,331	0,331	0,331	0,331
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	9,316	21,350	15,663	17,456	23,243	23,299	20,684	23,736
Συντελεστής ΡF	1,000	1,000	0,652	0,857	1,000	1,000	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	277	1222	155	1292	106	850	118	860
Συνελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	5,015	64,748	21,786	3,252	51,768	9,997	18,315	12,884
Καθυστέρηση ομάδας λωρ. LOS ομάδας λωρίδων	14,3 B	86,1 F	32,0 C	18,2 B	75,0 E	33,3 C	39,0 D	36,6 D
Καθυστέρηση πρόσβασης LOS πρόσβασης	80,2 F		19,6 B		37,9 D		36,8 D	
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	48,4 δλ/οχ							
LOS κόμβου	D							

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

✓ Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής στην ΠΑ πρόσβαση.

→ Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα για τον κόμβο παραμένουν ίδια, και ο κόμβος αναλύεται ξανά βάσει των καινούριων δεδομένων.

Βήματα

1. Η πρόσθεση δεξιάς λωρίδας στην ΠΑ πρόσβαση δημιουργεί μία καινούρια ομαδοποίηση των κινήσεων, καθώς οι δεξιές στροφές αποτελούν πλέον μία ανεξάρτητη ομάδα λωρίδων. Έτσι, από δύο ομάδες λωρίδων που είχαμε πριν τη βελτίωση, τώρα έχουμε τρεις.	
2. Πεζοί/περίοδο.	$60 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} \times \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} \times 75 \delta\lambda = 1,25 \text{ πεζοί}$
3. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση A-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(1,250) = 17,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{21,3}{1,22} + 0,27(1,250) = 21,0 \delta\lambda$
4. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 32,3 \delta\lambda$, που είναι $>17,1 \delta\lambda$ $G_p(2) = 24,8 \delta\lambda$, που είναι $>21,0 \delta\lambda$
5. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	<p>Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.</p> <p>Το P_{LT} για αποκλειστικές λωρίδες είναι 1,000</p>
6. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑΔΕ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
7. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	$f_{iv} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{iv}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$
8. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. A-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
9. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας A-3).	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$ <p>$f_p = 0,888$ για τις ομάδες λωρίδων ΕΥ/ΔΕ των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων</p>
10. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβαση (Πίνακας A-3).	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_E}{3600}}{N}$ <p>$f_{bb} = 0,990$ για τις ομάδες λωρίδων ΕΥ/ΔΕ των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων</p>
11. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας A-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$

12. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για τις μοιραζόμενες λωρίδες και $f_{LU} = 1,000$ για τις αποκλειστικές λωρίδες.
13. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι αριστερές στροφές είναι προστατευόμενες+επιτρεπόμενες στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις και επιτρεπόμενες στις ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Όλες οι προσβάσεις έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες.
14. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Στην ΠΑ πρόσβαση υπάρχει αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στοψής, οπότε $f_{RT}(ΠΑΔΕ) = 0,85$ Στις υπόλοιπες προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής, οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$, όπου P_{RT} το ποσοστό των δεξιών στροφών στην ομάδα λωρίδων
15. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
16. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
17. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(ΠΑΔΕ) = 1900 * 1 * 0,961 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 0,990 * 0,900 * 1,000 * 1,000 * 0,850 * 1,000 * 0,958 = 1261$ οχήλ/ώρα
18. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s (g/C)$ $c(ΠΑΔΕ) = 1261 (0,431) = 543$ οχήλ/ώρα
19. Λόγος v/c.	$v/c(ΠΑΔΕ) = \frac{506}{543} = 0,932$
20. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Κρίσιμες ομάδες λωρίδων: Φάση 1: ΠΑ προστατευόμενη αριστερή στροφή Φάση 2: ΠΑ δεξιά στροφή Φάση 3: ΠΝ ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή
21. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(ΠΑΑΡ) = \frac{121}{1537} = 0,079$ $v/s(ΠΑΔΕ) = \frac{506}{1261} = 0,401$ $v/s(ΠΝΕΥΔΕ) = \frac{761}{2602} = 0,292$
22. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,079 + 0,401 + 0,292 = 0,772$
23. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,772(75,0)}{75,0 - 12} = 0,920$

24. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑΔΕ}) = \frac{0,50(75,0)(1 - 0,431)^2}{1 - 0,431(0,932)} = 20,290 \text{ δλ/οχ}$
25. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{ΠΑΔΕ}) = 900(0,25) \left[(0,932 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 24,981 \text{ δλ/οχ}$
26. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	PF(ΠΑ) = 1,000
27. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑΔΕ}) = 20,290(1,000) + 24,981 + 0 = 45,3 \text{ δλ/οχ}$
28. Καθυστέρηση πρόσβασης.	$d_A = \frac{\sum (d)(v)}{\sum v}$ $d_A(\text{ΠΑ}) = \frac{(14,3 * 122) + (19,5 * 861) + (45,3 * 506)}{(122 + 861 + 506)}$ $= 27,8 \text{ δλ/οχ}$
29. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_i = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_i = \frac{(27,8 * 1489) + (17,7 * 1017) + (37,9 * 806) + (36,8 * 828)}{(1489 + 1017 + 806 + 828)}$ $= 29,1 \text{ δλ/οχ}$
30. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πίν. Α-1).	LOS(ΠΑΔΕ) = D LOS(ΠΑ) = C LOS κόμβου = C

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-9:

Πίνακας 3-9 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΜΕΤΑ" για τον Ισόπεδο Κόμβο II

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ			ΠΔ		ΠΒ		ΠΝ	
	ΑΡ	ΕΥ	ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,441	0,655	0,932	0,491	0,705	0,838	0,844	0,568	0,885
Λόγος g/C	0,563	0,431	0,431	0,563	0,431	0,331	0,331	0,331	0,331
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	9,316	16,936	20,290	9,145	17,442	23,231	23,299	20,682	23,736
Συντελεστής ΡF	1,000	1,000	1,000	0,652	0,857	1,000	1,000	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	277	1314	543	216	1292	106	850	118	860
Συνελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	5,027	2,565	24,981	7,790	3,252	51,518	9,997	18,293	12,884
Καθυστέρηση ομάδας λωρ. LOS ομάδας λωρίδων	14,3 B	19,5 B	45,3 D	13,8 B	18,2 B	74,7 E	33,3 C	39,0 D	36,6 D
Καθυστέρηση πρόσβασης LOS πρόσβασης	27,8 C			17,7 B		37,9 D		36,8 D	
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο LOS κόμβου	29,1 δλ/οχ C								

3.3.2.3 Συμπεράσματα

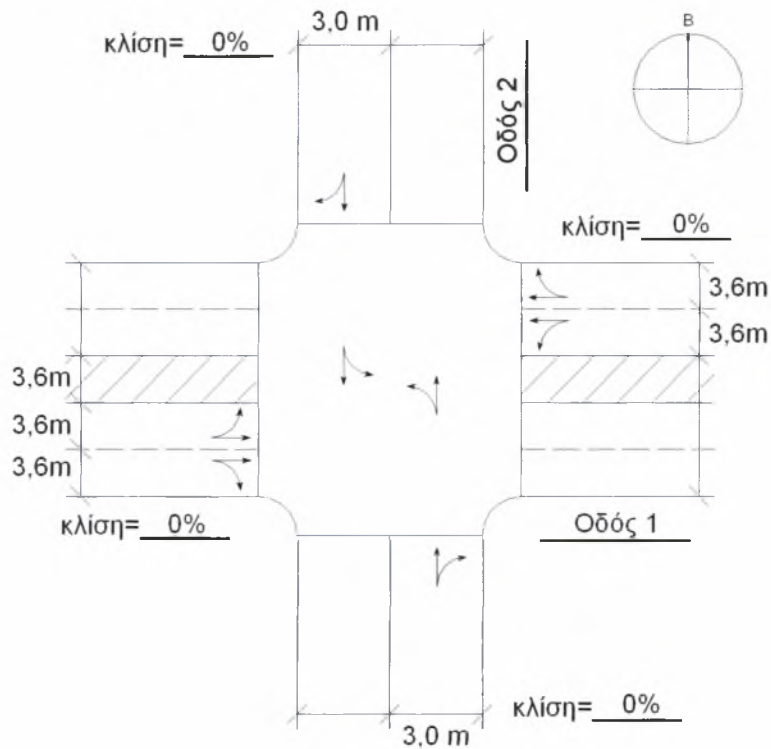
Η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας δεξιάς στροφής στην “κορεσμένη” (X της ομάδας λωρίδων $EY+\Delta E = 1,118$) ΠΑ πρόσβαση οδηγεί στη σωστότερη κατανομή της κυκλοφορίας στις λωρίδες της πρόσβασης, με αποτέλεσμα τη καλύτερη λειτουργία της πρόσβασης και όλου του κόμβου γενικότερα.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΑ πρόσβαση, μετά τη προσθήκη της λωρίδας, η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 80,2 σε 27,8 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε C.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 19,3 δλ/οχ (από 48,4 σε 29,1 δλ/οχ), ενώ η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από D σε C.

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 6,78, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,52 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.3 Ισόπεδος Κόμβος ΙΙΙ



Σχήμα 3-4 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου ΙΙΙ

Ο Ισόπεδος Κόμβος ΙΙΙ είναι ένας ισόπεδος κόμβος χωρίς σηματοδότηση (TWSC), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-4. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.3.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-4, αφού ο κόμβος είναι μη σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις και η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-10. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-10 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου ΙΙΙ

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	930	690	225	280
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	810		253	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	7500		2343	

Αναφορικά με τα υπόλοιπα δεδομένα, θεωρείται ότι δεν υπάρχει καμία πάροδος κατά μήκος της κύριας οδού και ότι η γωνία απόκλισης είναι ίση με 0.

Τελικά, η Εξίσωση Γ-4 έχει την εξής μορφή:

$$N_3 = \exp(-9,34 + 0,60 \ln 7500 + 0,61 \ln 2343) = 2,11 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους. Η ορατότητα, όμως, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, περιορίζεται και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου, αφού η περιοχή είναι κεντρική και υπάρχουν κτίρια δίπλα στις προσβάσεις του κόμβου. Οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 1,20 (βλέπε Παράρτημα Γ, Γ-2).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο ΙΙΙ είναι ίσος με:

$$N_3 = 2,11 \times 1,20 = 2,53 \text{ ατυχήματα/έτος.}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η εγκατάσταση σηματοδότησης. Το CRF για εγκατάσταση σηματοδότησης είναι ίσο με 28%[3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ (2,53)(0,28)(0,397)(83000) \right\} + \left\{ (2,53)(0,28)(0,603)(1850) \right\} \times \left\{ \frac{1 - (1 + 0,04)^{-5}}{0,04} \right\} = 24133 \times 4,45 = 107392 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος εγκατάστασης μίας τυπικής σηματοδότησης είναι ίσο με 70000 € (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες), οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 70000 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C, ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 107392 / 70000 = 1,53$$

3.3.3.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ Κύρια οδός τεσσάρων λωρίδων,
- √ Δευτερεύουσα οδός δύο λωρίδων,
- √ Επίπεδο πεδίο,
- √ STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού,
- √ 10% HV στις προσβ. της κύριας οδού,
- √ 5% HV στις προσβ. της δευτερ. οδού,

- √ Ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι και στις δύο κατευθύνσεις της κύριας οδού,
- √ "Αποθήκευση" στη νησίδα, χώρος για δύο οχήματα,
- √ 50 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,
- √ 60 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού, και
- √ Πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, "αποθήκευση" στη νησίδα, και ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,10) + 0 - 0 - 0 = 4,300 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,10) = 2,300 \text{ δλ}$
4. Επίδραση των ανάντη σηματοδοτούμενων κόμβων. Ποσοστό οχημάτων που φτάνουν κατά τη διάρκεια του πρασίνου, P (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-7). Χρόνος εκκένωσης (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις Β-7, Β-8, Β-9 και Β-10). Μέγιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,max}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-11). Ελάχιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,min}$. Διάρκεια περιόδου κατά την οποία ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος", $t_{p,i}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-12).	<p>Φύλλα 5α έως 5ε</p> $P = R_p \frac{g_{eff}}{C}$ $P = 1,00 \frac{32,3}{75,0} = 0,431$ <p>Για την Κίνηση 2</p> $g_q = g_{q1} + g_{q2}$ $g_{q1} = \frac{v_{prog} C (1 - P)}{s} = \frac{861(75)(1 - 0,431)}{3000} = 12,255$ $g_{q2} = \frac{v_{prog} C P g_{q1}}{s g_{eff} - v_{prog} C P} = \frac{861(75)(0,431)(12,255)}{3000(32,3) - 861(75)(0,431)} = 4,933$ $g_q = 12,255 + 4,933 = 17,188$ $v_{c,max} = sf [1 - (1 - F)^{g_q}]$ $v_{c,max} = 3000(0,833) [1 - (1 - 0,316)^{17,188}] = 2496 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,min} = 1000(2) = 2000$ $t_{p,i} = g_q - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{v_{c,min}}{sf} \right) \left(\frac{v_{c,max} - v_{prog} R_{pf}}{v_{c,min} - v_{prog} R_{pf}} \right) \right]}{\ln(1 - F)}$ $t_{p,2} = 17,188 - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{2000}{3000(0,833)} \right) \left(\frac{2496 - 861(1,00)(0,833)}{2000 - 861(1,00)(0,833)} \right) \right]}{\ln(1 - 0,316)} = 13,811$

<p>4. (συνέχεια) Ποσοστό χρόνου κατά το οποίο ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος". (χρησιμοποίησε την εξίσωση B-13).</p> <p>Δεσπόζουσα και δευτερεύουσα φάλαγγα (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-14 και B-15)</p> <p>Ρυθμός ροής διασταυρούμενης κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος" (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-18).</p> <p>Κυκλοφοριακή ικανότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος", $c_{r,x}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-1).</p> <p>Δυνατή κυκλοφοριακή ικανότητα, $c_{plat,x}$, λαμβάνοντας υπόψη τις φάλαγγες (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-19).</p>	$p_i = \frac{t_{p,T} + t_{p,L}}{C}$ $p_2 = \frac{13,811}{75} = 0,184$ $p_{dom} = \text{Max}(p_2, p_5)$ $p_{subo} = \text{Min}(p_2, p_5)$ $p_{dom} = p_2 = 0,184$ $p_{subo} = p_5 = 0,114$ $v_{c,u,x} = \frac{v_{c,x} - s(1-p)}{p_x}$ $v_{c,u,l} = \frac{660 - 3000(1 - 0,886)}{0,886} = 358 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{r,x} = v_{c,u,x} \frac{e^{-v_{c,u,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,u,x} t_{r,x}/3600}}$ $c_{r,l} = 358 \frac{e^{-358(4,300)/3600}}{1 - e^{-358(2,300)/3600}} = 1142 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{plat,x} = p_x c_{r,x}$ $c_{plat,1} = 0,886(1142) = 1011 \text{ οχ/ώρα}$
<p>5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΔΕ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από την κύρια οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.</p>	<p>Φύλλο 6 - Κίνηση 1</p> $c_{m,x} = c_{plat,x} f_x$ $c_{m,1} = 1011(0,999) = 1010 \text{ οχ/ώρα}$
<p>6. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΕΥ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από τη δευτερεύουσα οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση και τη διαδικασία αποδοχής κενού σε δύο φάσεις (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-22).</p>	<p>Φύλλα 7α και 7β - Κίνηση 8</p> <p>Μία Φάση</p> $c_{m,8} = 54(0,721) = 39 \text{ οχ/ώρα}$ <p>Δύο Φάσεις</p> $c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x}]$ $c_T = \frac{0,949}{1,640^{2+1} - 1} [1,640(1,640^2 - 1)...] = 170 \text{ οχ/ώρα}$
<p>7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.</p>	<p>Φύλλο 8</p> $c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$ $c_{SH} (\text{ΠΒ}) = \frac{50 + 128 + 72}{\frac{50}{63} + \frac{128}{170} + \frac{72}{820}} = 153 \text{ οχ/ώρα}$
<p>8. Αγνόησε το Φύλλο 9.</p>	<p>Απουσία χρονοειδών προσβάσεων στη δευτερεύουσα οδό</p>

<p>9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).</p>	$d = \frac{3600}{c_{m \times}} + 900T[...] + 5$ $d_{\text{ΠB}} = \frac{3600}{153} + 900(0,25)[...] + 5 = 364,8 \text{ δλ, LOS F}$
<p>10. Καθυστέρηση οχημάτων 1^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).</p>	$d_{\text{Ταξ1}} = \frac{(1 - p_{0,1}^*) d_{\text{MLT}} \left(\frac{v_{1,1}}{N} \right)}{v_{1,1} + v_{1,2}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,883)(8,9) \left(\frac{439}{2} \right)}{439} = 0,5 \text{ δλ/οχ}$
<p>11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).</p>	$d_{\Lambda} = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_{\Lambda} (\text{ΠA}) = \frac{(8,9)(78) + (0,5)(878)}{(78 + 878 + 78)} = 1,1 \text{ δλ/οχ}$
<p>12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).</p>	$d_l = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$ $d_l = \frac{(1,1)(1033) + (3,5)(767) + (364,8)(250) + (510,8)(311)}{(1033 + 767 + 250 + 311)} = 107,5 \text{ δλ/οχ}$

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

✓ Εγκατάσταση σηματοδότησης.

Τα Δεδομένα

✓ ΠΑ και ΠΔ ΗV = 10%,

✓ ΠΒ και ΠΝ ΗV = 5%,

✓ ΣQΑ = 0,90,

✓ Διάγραμμα σηματορύθμισης 3 φάσεων,

✓ Κεντρική εμπορική περιοχή,

✓ Επίπεδο πεδίο,

✓ Δεν επιτρέπεται η στάθμευση,

✓ Η Οδός 1 έχει 4 λωρίδες, δύο ανά κατεύθυνση,

✓ Η Οδός 2 έχει 2 λωρίδες, μία ανά κατεύθυνση,

✓ ΠΑ & ΠΔ λεωφορεία = 5 λεωφορεία/ώρα,

✓ 50 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,

✓ 60 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού,

✓ Κανένα ποδήλατο, και

✓ Απολυμμένος χρόνος για κάθε φάση = 4δλ.

Βήματα

1. Πεζοί/περίοδο.	<p>Προσβάσεις της κύριας οδού</p> $50 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600\delta\lambda} * 70\delta\lambda = 0,972 \text{ πεζοί}$ <p>Προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού</p> $60 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600\delta\lambda} * 70\delta\lambda = 1,167 \text{ πεζοί}$
2. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση A-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27N_{\text{peú}}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{6,0}{1,22} + 0,27(1,167) = 8,4 \delta\lambda$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{18,0}{1,22} + 0,27(0,972) = 18,2 \delta\lambda$
3. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 32,6 \delta\lambda$, που είναι $>8,4 \delta\lambda$ $G_p(2) = 18,2 \delta\lambda$, που είναι $=18,2 \delta\lambda$
4. Έλεγχος ομαδοποίησης κινήσεων.	<p>Επειδή στην ΠΔ πρόσβαση έχουμε μοιραζόμενη λωρίδα αριστερής στροφής και ο φόρτος που στρέφει αριστερά είναι υψηλός(150 οχ/ώρα) πρέπει να κάνουμε έλεγχο εάν η λωρίδα λειτουργεί σαν μοιραζόμενη λωρίδα ή σαν αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής ("εκ των πραγμάτων" λωρίδα αριστερής στροφής), για να καθορίσουμε τις ομάδες λωρίδων.</p> $v_{LE} = v_L * \frac{1800}{1400 - v_o}$ <p>όπου</p> <p>v_{LE} = ισοδύναμος ρυθμός ροής αριστερής στροφής (οχ/ώρα), v_L = πραγματικός ρυθμός ροής αριστερής στροφής (οχ/ώρα), και v_o = ρυθμός ροής της αντίθετης πρόσβασης (οχ/ώρα)</p> $v_{LE}(\text{ΠΔ}) = 167 * \frac{1800}{1400 - 1033} = 819 \text{ οχ/ώρα}$

4. (συνέχεια)	<p>Αν το v_{LE} είναι μεγαλύτερο ή ίσο με $(v_a - v_L)/(N-1)$ (όπου v_a ο συνολικός ρυθμός ροής της πρόσβασης, σε οχήματα, και N ο συνολικός αριθμός λωρίδων στην πρόσβαση) τότε η λωρίδα λειτουργεί σαν αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής ("εκ των πραγμάτων λωρίδα αριστερής στροφής") και αναλύεται σαν ξεχωριστή ομάδα λωρίδων. Ειδιάλλως, η λωρίδα λειτουργεί σαν μοιραζόμενη.</p> $(v_a - v_L)/(N-1) = (767 - 167)/(2-1) = 600 \rightarrow 819 > 600$ <p>Άρα η λωρίδα λειτουργεί σαν αποκλειστική λωρίδα αριστερής στροφής και αναλύεται σαν ξεχωριστή ομάδα λωρίδων.</p>
5. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	<p>Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.</p> $P_{LT}(\text{ΠΑ}) = \frac{70}{70 + 790 + 70} = 0,075$
6. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,6) - 12}{30} = 0,994$
7. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$\hat{f}_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%10(2,0 - 1)} = 0,909$
8. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
9. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	Κανένας ελιγμός στάθμευσης, $f_p = 1,000$
10. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_E}{3600}}{N}$ <p>$f_{bb}=0,990$ για την ΠΑ πρόσβαση και $f_{bb}=0,980$ για την ομάδα λωρίδων ΕΥ/ΔΕ της ΠΔ προσβάσης.</p>
11. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
12. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	<p>Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για την ΠΑ πρόσβαση και $f_{LU} = 1,000$ για τις υπόλοιπες ομάδες λωρίδων.</p>
13. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	<p>Η αριστερή στροφή στην ΠΔ πρόσβαση είναι προστατευόμενη+επιτρεπόμενη και επιτρεπόμενη στις υπόλοιπες προσβάσεις. Συνεπώς απαιτείται ειδική επεξεργασία. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων έχουν μία λωρίδα και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με μία λωρίδα.</p>

14. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις είναι μίας λωρίδας οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,135 P_{RT}$ Στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
15. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
16. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
17. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑ}) = 1900 * 2 * 0,994 * 0,909 * 1,000 * 1,000 * 0,990 * 0,900 * 0,952 * 0,827 * 0,989 * 0,998 * 0,995 = 2367 \text{ οχ/ώρα}$
18. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑ}) = 2367 (0,466) = 1102 \text{ οχ/ώρα}$
19. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑ}) = \frac{1033}{1102} = 0,937$
20. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Κρίσιμες ομάδες λωρίδων: Φάση 1: ΠΔ προστατευόμενη αριστερή στροφή Φάση 2: ΠΑ αριστερή στροφή + ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή Φάση 3: ΠΝ αριστερή στροφή + ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή
21. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΔΑΡ}) = \frac{151}{1468} = 0,103$ $v/s(\text{ΠΑ}) = \frac{1033}{2367} = 0,436$ $v/s(\text{ΠΝ}) = \frac{311}{1221} = 0,255$
22. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,103 + 0,436 + 0,255 = 0,794$
23. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,794(70,0)}{70,0 - 12} = 0,958$
24. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑ}) = \frac{0,50(70,0)(1 - 0,466)^2}{1 - 0,937(0,466)} = 17,728 \text{ δλ/οχ}$
25. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{ΠΑ}) = 900(0,25) \left[(0,937 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 15,660 \text{ δλ/οχ}$
26. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	$PF(\text{ΠΑ}) = 0,805$
27. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1 PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑ}) = 17,728(0,805) + 15,660 + 0 = 29,9 \text{ δλ/οχ}$

28. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_1 = \frac{(29,9)(1033) + (8,2)(767) + (42,5)(250) + (71,3)(311)}{(1033 + 767 + 250 + 311)}$ $= 29,7 \text{ δλ/οχ}$
29. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πιν. Α-1).	LOS(ΠΑ ομάδα λωρίδων) = C LOS(ΠΑ πρόσβαση) = C LOS κόμβου = C

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-11:

Πίνακας 3-11 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΜΕΤΑ" για τον Ισόπεδο Κόμβο III

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ	ΠΔ		ΠΒ	ΠΝ
	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,937	0,570	0,640	0,794	0,980
Λόγος g/C	0,466	0,626	0,626	0,260	0,260
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	17,728	7,633	8,179	24,152	25,716
Συντελεστής PF	0,805	0,480	0,480	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	1102	293	937	315	317
Συνελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	15,660	7,808	3,347	18,388	45,626
Καθυστέρηση ομάδας λωρ.	29,9	11,5	7,3	42,5	71,3
LOS ομάδας λωρίδων	C	A	A	D	E
Καθυστέρηση πρόσβασης	29,9	8,2		42,5	71,3
LOS πρόσβασης	C	A		D	E
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	29,7 δλ/οχ				
LOS κόμβου	C				

3.3.3.3 Συμπεράσματα

Ο Ισόπεδος Κόμβος ΙΙΙ ικανοποιεί τρεις από τις οκτώ προϋποθέσεις σηματοδότησης, που χρησιμοποιούνται στις Η.Π.Α και έχουν υιοθετηθεί και στην Ελλάδα, την προϋπόθεση ελάχιστου κυκλοφοριακού φόρτου, την προϋπόθεση διακοπής συνεχούς κυκλοφορίας και την προϋπόθεση συστήματος οδών. Οπότε, η εγκατάσταση σηματοδότησης δικαιολογείται επαρκώς.

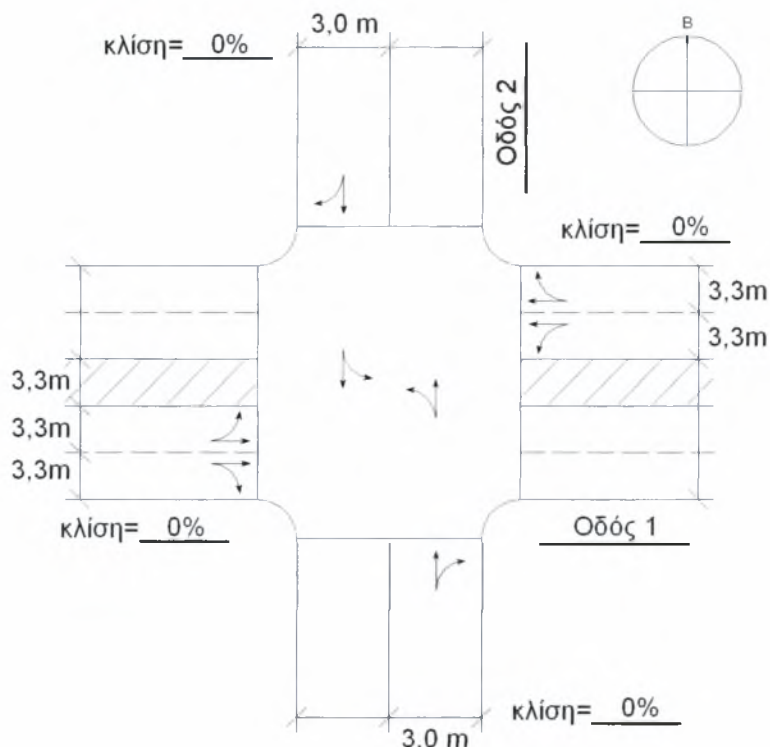
Η εγκατάσταση σηματοδότησης οδηγεί σε σημαντική μείωση της καθυστέρησης των κινήσεων της δευτερεύουσας οδού, οι οποίες χωρίς σηματοδότηση “δυσκολεύονται” να βρουν κενό στη ροή της κυκλοφορίας της κύριας οδού, και συνεπώς, σε μείωση της καθυστέρησης στάσης σε όλο τον κόμβο.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΒ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 364,8 σε 42,5 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε D, ενώ στην ΠΝ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 510,8 σε 71,3 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε E.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 77,8 δλ/οχ (από 107,5 σε 29,7 δλ/οχ).

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 1,53, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,71 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.4 Ισόπεδος Κόμβος IV



Σχήμα 3-5 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου IV

Ο Ισόπεδος Κόμβος IV είναι ένας ισόπεδος κόμβος χωρίς σηματοδότηση (TWSC), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-5. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.4.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Όπως και στον Ισόπεδο Κόμβο III, για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-4, αφού ο κόμβος είναι μη σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις και η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-12. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-12 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου IV

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	685	740	225	225
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	713		225	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	6602		2083	

Αναφορικά με τα υπόλοιπα δεδομένα, θεωρείται ότι δεν υπάρχει καμία πάροδος κατά μήκος της κύριας οδού και ότι η γωνία απόκλισης είναι ίση με 0.

Τελικά, η Εξίσωση Γ-4 έχει την εξής μορφή:

$$N_4 = \exp(-9,34 + 0,60 \ln 6602 + 0,61 \ln 2083) = 1,82 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους. Η ορατότητα, όμως, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, περιορίζεται και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου, αφού η περιοχή είναι κεντρική και υπάρχουν κτίρια δίπλα στις προσβάσεις του κόμβου. Οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 1,20 (βλέπε Παράρτημα Γ, Γ-2).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο IV είναι ίσος με:

$$N_4 = 1,82 \times 1,20 = 2,18 \text{ ατυχήματα/έτος.}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι βελτίωση του βαθμού διοχετευτικής διαρρύθμισης του κόμβου και πιο συγκεκριμένα μετατρέπονται οι “τυπικές” προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού σε χοανοειδείς. Το CRF για αυτή τη βελτίωση είναι ίσο με 15% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ \left[(2,18)(0,15)(0,397)(83000) \right] + \left[(2,18)(0,15)(0,603)(1850) \right] \right\} \times \left\{ \frac{(1 + 0,04)^5 - 1}{(0,04)(1 + 0,04)^5} \right\} = 11140 \times 4,45 = 49573 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος για την μετατροπή των προσβάσεων σε χοανοειδείς ανέρχεται σε 70 €/m² (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες). Η κάθε πρόσβαση της δευτερεύουσας οδού θα επεκταθεί κατά 10 m², οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 2 \times 10 \times 70 = 1400 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C, ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 49573/1400 = 35,41$$

3.3.4.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ Κύρια οδός τεσσάρων λωρίδων,
- √ Δευτερεύουσα οδός δύο λωρίδων,
- √ Επίπεδο πεδίο,
- √ STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού,
- √ 5% HV σε όλες τις προσβάσεις,

- √ Ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι και στις δύο κατευθύνσεις της κύριας οδού,
- √ "Αποθήκευση" στη νησίδα, χώρος για δύο οχήματα,
- √ 60 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,
- √ 100 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού, και
- √ Πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, "αποθήκευση" στη νησίδα, και ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,05) + 0 - 0 - 0 = 4,200 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,05) = 2,250 \text{ δλ}$
4. Επίδραση των ανάντη σηματοδοτούμενων κόμβων. Ποσοστό οχημάτων που φτάνουν κατά τη διάρκεια του πρασίνου, P (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-7). Χρόνος εκκένωσης (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις Β-7, Β-8, Β-9 και Β-10). Μέγιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,max}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-11). Ελάχιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,min}$. Διάρκεια περιόδου κατά την οποία ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος", $t_{p,i}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-12).	<p>Φύλλα 5α έως 5ε</p> $P = R_p \frac{g_{eff}}{C}$ $P = 1,00 \frac{30}{70} = 0,429$ <p>Για την Κίνηση 2</p> $g_q = g_{q1} + g_{q2}$ $g_{q1} = \frac{v_{prog} C (1 - P)}{s} = \frac{690(70)(1 - 0,429)}{2600} = 10,615$ $g_{q2} = \frac{v_{prog} C P g_{q1}}{s g_{eff} - v_{prog} C P} = \frac{690(70)(0,429)(10,615)}{2600(30) - 690(70)(0,429)} = 3,835$ $g_q = 10,615 + 3,835 = 14,450$ $v_{c,max} = sf[1 - (1 - F)^{g_q}]$ $v_{c,max} = 2600(0,907)[1 - (1 - 0,495)^{14,450}] = 2357 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,min} = 1000(2) = 2000$ $t_{p,i} = g_q - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{v_{c,min}}{sf} \right) \left(\frac{v_{c,max} - v_{prog} R_p f}{v_{c,min} - v_{prog} R_p f} \right) \right]}{\ln(1 - F)}$ $t_{p,2} = 14,450 - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{2000}{2600(0,907)} \right) \left(\frac{2357 - 690(1,00)(0,907)}{2000 - 690(1,00)(0,907)} \right) \right]}{\ln(1 - 0,495)} = 12,026$

<p>4. (συνέχεια) Ποσοστό χρόνου κατά το οποίο ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος". (χρησιμοποίησε την εξίσωση B-13).</p> <p>Δεσπόζουσα και δευτερεύουσα φάλαγγα (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-14 και B-15)</p> <p>Ρυθμός ροής διασταυρούμενης κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος" (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-18).</p> <p>Κυκλοφοριακή ικανότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος", $c_{r,x}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-1).</p> <p>Δυνατή κυκλοφοριακή ικανότητα, $c_{plat,x}$, λαμβάνοντας υπόψη τις φάλαγγες (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-19).</p>	$p_1 = \frac{t_{p,T} + t_{p,L}}{C}$ $p_2 = \frac{12,026}{70} = 0,172$ $p_{dom} = \text{Max}(p_2, p_5)$ $p_{subo} = \text{Min}(p_2, p_5)$ $p_{dom} = p_2 = 0,172$ $p_{subo} = p_5 = 0,153$ $v_{c,u,x} = \frac{v_{c,x} - s(1-p)}{p_x}$ $v_{c,u,1} = \frac{850 - 2600(1 - 0,847)}{0,847} = 533 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{r,x} = v_{c,u,x} \frac{e^{-v_{c,u,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,u,x} t_{r,x}/3600}}$ $c_{r,1} = 533 \frac{e^{-533(4,200/3600)}}{1 - e^{-533(2,250/3600)}} = 1010 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{plat,x} = p_x c_{r,x}$ $c_{plat,1} = 0,847(1010) = 855 \text{ οχ/ώρα}$
<p>5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΔΕ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από την κύρια οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.</p>	<p>Φύλλο 6 - Κίνηση 1</p> $c_{m,x} = c_{plat,x} f_x$ $c_{m,1} = 855(0,999) = 854 \text{ οχ/ώρα}$
<p>6. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΕΥ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από τη δευτερεύουσα οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση και τη διαδικασία αποδοχής κενού σε δύο φάσεις (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-22).</p>	<p>Φύλλα 7α και 7β - Κίνηση 8</p> <p>Μία Φάση</p> $c_{m,8} = 73(0,858) = 63 \text{ οχ/ώρα}$ <p>Δύο Φάσεις</p> $c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x}]$ $c_T = \frac{0,949}{1,567^{2+1} - 1} [1,567(1,567^2 - 1) \dots] = 225 \text{ οχ/ώρα}$
<p>7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.</p>	<p>Φύλλο 8</p> $c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$ $c_{SH} (\text{ΠΒ}) = \frac{28 + 172 + 50}{\frac{28}{201} + \frac{172}{225} + \frac{50}{788}} = 259 \text{ οχ/ώρα}$
<p>8. Αγνόησε το Φύλλο 9.</p>	<p>Απουσία χρονοσειδών προσβάσεων στη δευτερεύουσα οδό</p>

<p>9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).</p>	$d = \frac{3600}{c_{max}} + 900T[...] + 5$ $d_{ΠΕ} = \frac{3600}{259} + 900(0,25)[...] + 5 = 89,6 \text{ δλ, LOS F}$
<p>10. Καθυστέρηση οχημάτων 1^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).</p>	$d_{Tαξ,1} = \frac{(1 - p_{o,1})d_{MLLT} \left(\frac{v_{1,1}}{N} \right)}{v_{1,1} + v_{1,2}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,907)(9,5) \left(\frac{314}{2} \right)}{314} = 0,4 \text{ δλ/οχ}$
<p>11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).</p>	$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_A (\text{ΠΑ}) = \frac{(9,5)(56) + (0,4)(628)}{(56 + 628 + 78)} = 1,0 \text{ δλ/οχ}$
<p>12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).</p>	$d_1 = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$ $d_1 = \frac{(1,0)(761) + (1,2)(822) + (89,6)(250) + (77,4)(250)}{(761 + 822 + 250 + 250)} = 20,1 \text{ δλ/οχ}$

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

√ Μετατροπή των "τυπικών" προσβάσεων της δευτερεύουσας οδού σε χοανοειδείς (flared approaches) με $n=1$, δηλαδή ένα επιπλέον όχημα μπορεί να περιμένει στη γραμμή στάσης για ένα κενό στη ροή της κύριας οδού.

→ Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα για τον κόμβο παραμένουν ίδια, και ο κόμβος αναλύεται ξανά βάσει των καινούριων δεδομένων.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, χοανοειδείς προσβάσεις δευτερεύουσας οδού, "αποθήκευση" στη νησίδα, και ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,05) + 0 - 0 - 0 = 4,200 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,05) = 2,250 \text{ δλ}$
4. Επίδραση των ανάντη σηματοδοτούμενων κόμβων. Ποσοστό οχημάτων που φτάνουν κατά τη διάρκεια του πρασίνου, P (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-7). Χρόνος εκκένωσης (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις Β-7, Β-8, Β-9 και Β-10). Μέγιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,max}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-11). Ελάχιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,min}$. Διάρκεια περιόδου κατά την οποία ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος", $t_{p,i}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-12).	<p>Φύλλα 5α έως 5ε</p> $P = R_p \frac{g_{eff}}{C}$ $P = 1,00 \frac{30}{70} = 0,429$ <p>Για την Κίνηση 2</p> $g_q = g_{q1} + g_{q2}$ $g_{q1} = \frac{v_{prog} C (1 - P)}{s} = \frac{690(70)(1 - 0,429)}{2600} = 10,615$ $g_{q2} = \frac{v_{prog} C P g_{q1}}{s g_{eff} - v_{prog} C P} = \frac{690(70)(0,429)(10,615)}{2600(30) - 690(70)(0,429)} = 3,835$ $g_q = 10,615 + 3,835 = 14,450$ $v_{c,max} = sf[1 - (1 - F)^{g_q}]$ $v_{c,max} = 2600(0,907)[1 - (1 - 0,495)^{14,450}] = 2357 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,min} = 1000(2) = 2000$ $t_{p,i} = g_q - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{v_{c,min}}{sf} \right) \left(\frac{v_{c,max} - v_{prog} R_p f}{v_{c,min} - v_{prog} R_p f} \right) \right]}{\ln(1 - F)}$ $t_{p,2} = 14,450 - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{2000}{2600(0,907)} \right) \left(\frac{2357 - 690(1,00)(0,907)}{2000 - 690(1,00)(0,907)} \right) \right]}{\ln(1 - 0,495)} = 12,026$

<p>4. (συνέχεια) Ποσοστό χρόνου κατά το οποίο ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος". (χρησιμοποίησε την εξίσωση B-13).</p> <p>Δεσπόζουσα και δευτερεύουσα φάλαγγα (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-14 και B-15)</p> <p>Ρυθμός ροής διασταυρούμενης κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος" (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-18).</p> <p>Κυκλοφοριακή ικανότητα κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος", $c_{r,x}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-1).</p> <p>Δυνατή κυκλοφοριακή ικανότητα, $c_{plat,x}$, λαμβάνοντας υπόψη τις φάλαγγες (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-19).</p>	$p_i = \frac{t_{p,i} + t_{p,i}}{C}$ $p_2 = \frac{12,026}{70} = 0,172$ $p_{dom} = \text{Max}(p_2, p_5)$ $p_{subo} = \text{Min}(p_2, p_5)$ $p_{dom} = p_2 = 0,172$ $p_{subo} = p_5 = 0,153$ $v_{c,u,x} = \frac{v_{c,x} - s(1-p)}{p_x}$ $v_{c,u,1} = \frac{850 - 2600(1 - 0,847)}{0,847} = 533 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{r,x} = v_{c,u,x} \frac{e^{-v_{c,u,x} t_{c,x}/3600}}{1 - e^{-v_{c,u,x} t_{c,x}/3600}}$ $c_{r,1} = 533 \frac{e^{-533(4,200/3600)}}{1 - e^{-533(4,200/3600)}} = 1010 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{plat,x} = p_x c_{r,x}$ $c_{plat,1} = 0,847(1010) = 855 \text{ οχ/ώρα}$
<p>5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΔΕ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από την κύρια οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.</p>	<p>Φύλλο 6 - Κίνηση 1</p> $c_{m,x} = c_{plat,x} f_x$ $c_{m,1} = 855(0,999) = 854 \text{ οχ/ώρα}$
<p>6. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΕΥ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από τη δευτερεύουσα οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση και τη διαδικασία αποδοχής κενού σε δύο φάσεις (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-22).</p>	<p>Φύλλα 7α και 7β - Κίνηση 8</p> <p>Μία Φάση</p> $c_{m,8} = 73(0,858) = 63 \text{ οχ/ώρα}$ <p>Δύο Φάσεις</p> $c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x}]$ $c_T = \frac{0,949}{1,567^{2+1} - 1} [1,567(1,567^2 - 1) \dots] = 225 \text{ οχ/ώρα}$
<p>7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.</p>	<p>Φύλλο 8</p> $c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$ $c_{SH} (\text{ΠΒ}) = \frac{28 + 172 + 50}{\frac{28}{201} + \frac{172}{225} + \frac{50}{788}} = 259 \text{ οχ/ώρα}$

<p>8. Κυκλοφοριακή ικανότητα χοανοειδούς προσβάσεως (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις B-25 και B-27).</p>	<p>Φύλλο 9 - Κίνηση 7</p> $d = \frac{3600}{c_{max}} + 900T[...] + 5$ $d = \frac{3600}{201} + 900(0,25)[...] + 5 = 25,781 \delta\lambda$ $Q_{sep} = \frac{d_7 v_7}{3600} = \frac{(25,7)(28)}{3600} = 0,199$ $c_{act} = \left(\sum_1 c_{sep} - c_{SH} \right) \frac{n}{n_{Max}} + c_{SH}$ $c_{act} (ΠΒ) = (1214 - 259) \frac{1}{4} + 259 = 497 \text{ οχ/ώρα}$
<p>9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).</p>	$d = \frac{3600}{c_{max}} + 900T[...] + 5$ $d_{ΠΒ} = \frac{3600}{497} + 900(0,25)[...] + 5 = 19,3 \delta\lambda, LOSC$
<p>10. Καθυστέρηση οχημάτων 1^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).</p>	$d_{Tαξ\eta\iota} = \frac{(1 - p_{0,1}^*) d_{MLT} \left(\frac{v_{11}}{N} \right)}{v_{11} + v_{12}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,907)(9,5) \left(\frac{314}{2} \right)}{314} = 0,4 \delta\lambda/\text{οχ}$
<p>11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).</p>	$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_A (ΠΑ) = \frac{(9,5)(56) + (0,4)(628)}{(56 + 628 + 78)} = 1,0 \delta\lambda/\text{οχ}$
<p>12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).</p>	$d_I = \frac{d_{A1} v_{A1} + d_{A2} v_{A2} + d_{A3} v_{A3} + d_{A4} v_{A4}}{v_{A1} + v_{A2} + v_{A3} + v_{A4}}$ $d_I = \frac{(1,0)(761) + (1,2)(822) + (19,3)(250) + (16,6)(250)}{(761 + 822 + 250 + 250)} = 5,1 \delta\lambda/\text{οχ}$

3.3.4.3 Συμπεράσματα

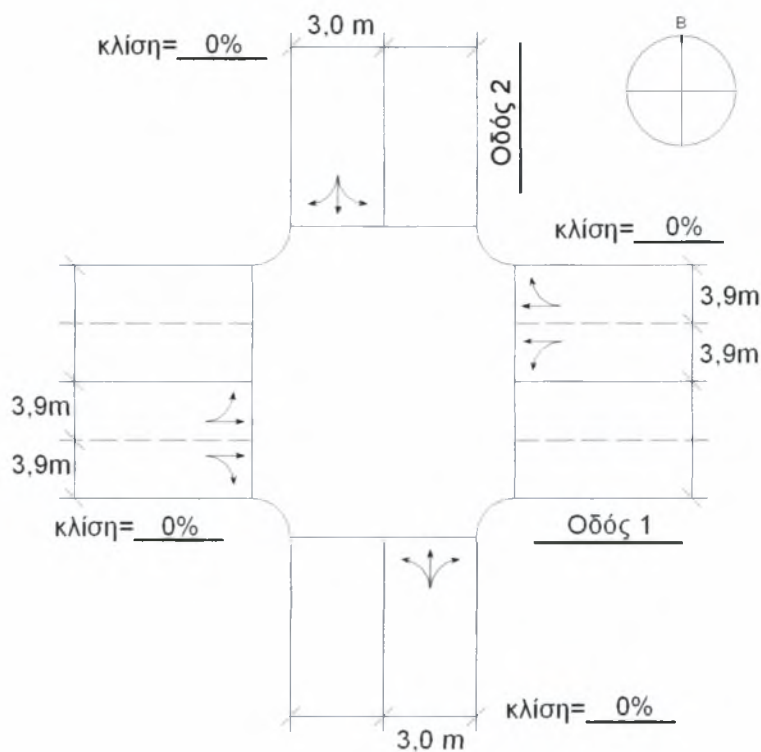
Η μετατροπή των προσβάσεων της δευτερεύουσας οδού σε χοανοειδείς οδηγεί σε σημαντική μείωση της καθυστέρησης των κινήσεων της δευτερεύουσας οδού και, κατά συνέπεια, σε μείωση της καθυστέρησης όλου του κόμβου. Αυτό συμβαίνει διότι πλέον μπορούν δύο οχήματα σε κάθε πρόσβαση της δευτερεύουσας οδού να χρησιμοποιούν το ίδιο κενό στη ροή της κύριας οδού.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΒ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 89,6 σε 19,3 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε C, ενώ στην ΠΝ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 77,4 σε 16,6 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε C.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 15,0 δλ/οχ (από 20,1 σε 5,1 δλ/οχ).

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 35,41, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,33 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.5 Ισόπεδος Κόμβος V



Σχήμα 3-6 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου V

Ο Ισόπεδος Κόμβος V είναι ένας ισόπεδος κόμβος χωρίς σηματοδότηση (TWSC), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-6. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.5.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Όπως και στους Ισόπεδους Κόμβους III και IV, για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-4, αφού ο κόμβος είναι μη σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις και η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-13. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-13 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου V

	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Πρόσβαση				
Φόρτος (οχ/ώρα)	350	480	195	240
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	415		218	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	3843		2019	

Αναφορικά με τα υπόλοιπα δεδομένα, θεωρείται ότι δεν υπάρχει καμία πάροδος κατά μήκος της κύριας οδού και ότι η γωνία απόκλισης είναι ίση με 0.

Τελικά, η Εξίσωση Γ-4 έχει την εξής μορφή:

$$N_5 = \exp(-9,34 + 0,60 \ln 3843 + 0,61 \ln 2019) = 1,29 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους. Η ορατότητα, όμως, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, περιορίζεται και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου, αφού η περιοχή είναι κεντρική και υπάρχουν κτίρια δίπλα στις προσβάσεις του κόμβου. Οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 1,20 (βλέπε Παράρτημα Γ, Γ-2).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο V είναι ίσος με:

$$N_5 = 1,29 \times 1,20 = 1,55 \text{ ατυχήματα/έτος}.$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η κατασκευή διαχωριστικής υπερυψωμένης νησίδας. Το CRF για αυτή τη βελτίωση είναι ίσο με 23% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ (1,55)(0,23)(0,397)(83000) \right\} + \left\{ (1,55)(0,23)(0,603)(1850) \right\} \times \left\{ \frac{1 - (1 + 0,04)^{-5}}{0,04} \right\} = 12145 \times 4,45 = 54045 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος κατασκευής διαχωριστικής υπερυψωμένης νησίδας ανέρχεται σε 50 €/m^2 (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες). Το πλάτος της νησίδας θα είναι ίσο με $2,4\text{m}$ και το μήκος της ίσο με 70m , οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 2,4 \times 70 \times 50 = 8400 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C , ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 54045 / 8400 = 6,43$$

3.3.5.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ Κύρια οδός τεσσάρων λωρίδων, √ 5% HV στις ΠΑ, ΠΒ, ΠΝ προσβάσεις,
- √ Δευτερεύουσα οδός δύο λωρίδων, √ 10% HV στην ΠΔ πρόσβαση,
- √ Επίπεδο πεδίο, √ 50 πεζοί/ώρα σε όλες τις προσβάσεις, και
- √ STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού, √ Πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, και δεδομένα για τον υπολογισμό καθυστέρησης των οχημάτων της κύριας οδού
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,05) + 0 - 0 - 0 = 4,200 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,05) = 2,250 \text{ δλ}$
4. Αγνόησε τα Φύλλα 5α έως 5ε.	Δεν υπάρχουν ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι σε απόσταση 400 μέτρων
5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.	$v_{c,9} = \frac{v_2}{N} + 0,5v_3 + v_{14} + v_{15}$ $v_{c,9} = 131 + 22 + 50 + 50 = 253 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x} t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x} t_{c,x} / 3600}}$ $c_{p,9} = 253 \times \frac{e^{-(253 \times 4,200) / 3600}}{1 - e^{-(253 \times 4,200) / 3600}} = 737 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{m,9} = c_{p,9} \times p_{p,9} = 737 (0,998) = 736 \text{ οχ/ώρα}$ $p_{o,1} = 1 - \frac{v_1}{c_{m,1}}$ $p_{o,9} = 1 - \frac{50}{736} = 0,932$
6. Αγνόησε τα Φύλλα 6α και 6β.	Δεν υπάρχει νησίδα
7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.	<p>Φύλλο 8 - Οι κινήσεις 7, 8 και 9 μοιράζονται την ίδια λωρίδα</p> $c_{SH} = \frac{\sum v_v}{\sum \left(\frac{v_v}{c_{m,v}} \right)}$ $c_{SH} (ΠΒ) = \frac{39 + 128 + 50}{\frac{39}{62} + \frac{128}{152} + \frac{50}{736}} = 141 \text{ οχ/ώρα}$

8. Αγνόησε το Φύλλο 9.	Απουσία χροανοειδών προσβάσεων στη δευτερεύουσα οδό
9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).	$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T[\dots] + 5$ $d_{\text{ΠΕ}} = \frac{3600}{141} + 900(0,25)[\dots] + 5 = 330,6 \text{ δλ, LOS F}$
10. Καθυστέρηση οχημάτων 1 ^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).	$d_{\text{Ταξή:1}} = \frac{(1 - p_{0,1}^*) d_{\text{MLLT}} \left(\frac{v_{1,1}}{N} \right)}{v_{1,1} + v_{1,2}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,910)(8,7) \left(\frac{131}{2} \right)}{131} = 0,4 \text{ δλ/οχ}$
11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).	$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_A (\text{ΠΑ}) = \frac{(8,7)(83) + (0,4)(261)}{(83 + 261 + 44)} = 2,1 \text{ δλ/οχ}$
12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).	$d_I = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$ $d_I = \frac{(2,1)(389) + (2,0)(533) + (330,6)(217) + (738,3)(267)}{(389 + 533 + 217 + 267)} = 192,4 \text{ δλ/οχ}$

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

√ Κατασκευή διαχωριστικής νησίδας στην κύρια οδό με χώρο "αποθήκευσης" $m=2$, δηλαδή 2 οχήματα μπορούν να περιμένουν ταυτόχρονα στη νησίδα για ένα κενό στη ροή της κυκλοφορίας της κύριας οδού.

→ Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα για τον κόμβο παραμένουν ίδια, και ο κόμβος αναλύεται ξανά βάσει των καινούριων δεδομένων.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, "αποθήκευση" στη νησίδα και δεδομένα για τον υπολογισμό καθυστέρησης των οχημάτων της κύριας οδού
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,05) + 0 - 0 - 0 = 4,200 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,05) = 2,250 \text{ δλ}$
4. Αγνόησε τα Φύλλα 5α έως 5ε.	Δεν υπάρχουν ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι σε απόσταση 400 μέτρων
5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.	$v_{c,y} = \frac{v_2}{N} + 0,5v_3 + v_{14} + v_{15}$ $v_{c,y} = 131 + 22 + 50 + 50 = 253 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x}t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x}t_{c,x} / 3600}}$ $c_{p,y} = 253 \times \frac{e^{-(253 \times 7,000) / 3600}}{1 - e^{-(253 \times 3,350) / 3600}} = 737 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{m,y} = c_{p,y} \times p_{p,y} = 737 (0,998) = 736 \text{ οχ/ώρα}$ $p_{o,1} = 1 - \frac{v_1}{c_{m,1}}$ $p_{o,y} = 1 - \frac{50}{736} = 0,932$
6. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΕΥ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από τη δευτερεύουσα οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση και τη διαδικασία αποδοχής κενού σε δύο φάσεις (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-22).	<p>Φύλλα 7α και 7β - Κίνηση 8</p> $v_{c,1,8} = 499 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,11,8} = 690 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,8} = 1189 \text{ οχ/ώρα}$ <p>Μία Φάση</p> $c_{m,8} = c_{p,8} f_8 = 182(0,835) = 152 \text{ οχ/ώρα}$ <p>Δύο Φάσεις</p> $c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x}]$ $c_T = \frac{0,949}{2,112^{2+1} - 1} [2,112(2,112^2 - 1)...] = 277 \text{ οχ/ώρα}$

7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.	<p>Φύλλο 8</p> $c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)}$ $c_{SH} (\text{ΠΒ}) = \frac{39 + 128 + 50}{\frac{39}{195} + \frac{128}{277} + \frac{50}{736}} = 297 \text{ οχήλ/ώρα}$
8. Αγνόησε το Φύλλο 9.	Απουσία χρονοειδών προσβάσεων στη δευτερεύουσα οδό
9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).	$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T[\dots] + 5$ $d_{\text{ΠΒ}} = \frac{3600}{297} + 900(0,25)[\dots] + 5 = 43,9 \text{ δλ/οχή, LOSE}$
10. Καθυστέρηση οχημάτων 1 ^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).	$d_{\text{Ταξή:1}} = \frac{(1 - p_{0,1}^*) d_{\text{MLLT}} \left(\frac{v_{1,1}}{N} \right)}{v_{1,1} + v_{1,2}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,910)(8,7) \left(\frac{131}{2} \right)}{131} = 0,4 \text{ δλ/οχή}$
11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).	$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_A (\text{ΠΑ}) = \frac{(8,7)(83) + (0,4)(261)}{(83 + 261 + 44)} = 2,1 \text{ δλ/οχή}$
12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).	$d_I = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$ $d_I = \frac{(2,1)(389) + (2,0)(533) + (43,9)(217) + (49,8)(267)}{(389 + 533 + 217 + 267)} = 17,6 \text{ δλ/οχή}$

3.3.5.3 Συμπεράσματα

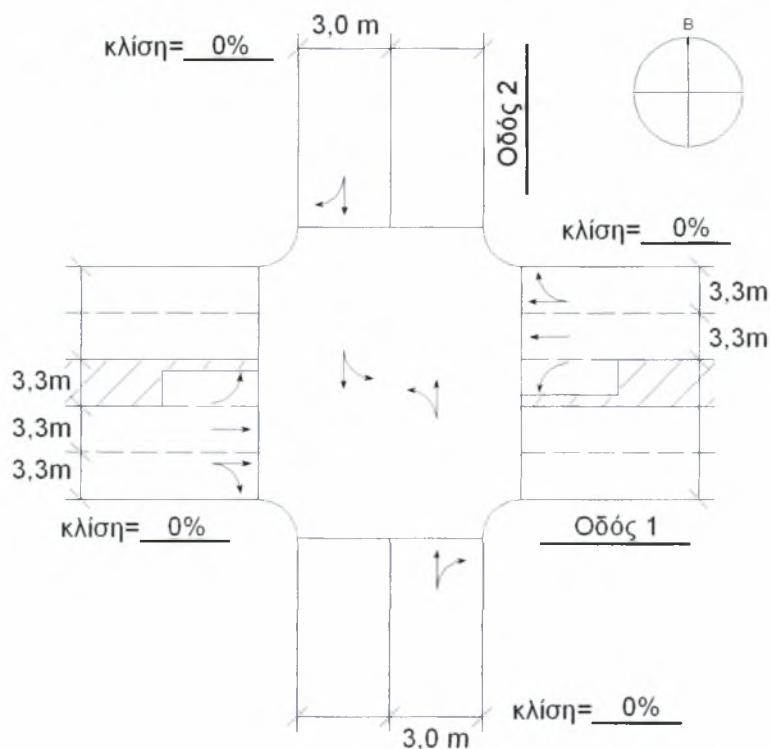
Η κατασκευή διαχωριστικής νησίδας στην κύρια οδό έχει ως αποτέλεσμα την αισθητή μείωση της καθυστέρησης των κινήσεων της δευτερεύουσας οδού και, κατ' επέκταση της καθυστέρησης όλου του κόμβου. Αυτό συμβαίνει διότι η ευθεία κίνηση και η αριστερή στροφή από τη δευτερεύουσα οδό μπορούν τώρα να πραγματοποιηθούν σε δύο φάσεις, με αποτέλεσμα την αύξηση της κυκλοφοριακής ικανότητας των κινήσεων αυτών.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΒ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 330,6 σε 43,9 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε E, ενώ στην ΠΝ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 738,3 σε 49,8 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από F σε E.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 174,8 δλ/οχ (από 192,4 σε 17,6 δλ/οχ).

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 6,43, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,36 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.6 Ισόπεδος Κόμβος VI



Σχήμα 3-7 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου VI

Ο Ισόπεδος Κόμβος VI είναι ένας ισόπεδος σηματοδοτούμενος κόμβος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-7.

3.3.6.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Όπως και στους Ισόπεδους Κόμβους I και II, για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-3, αφού ο κόμβος είναι σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, η παρουσία ή μη προστατευόμενης φάσης αριστερής στροφής στις προσβάσεις της κύριας οδού, το ποσοστό των οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που εισέρχονται στον κόμβο από την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό, και ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις.

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-14. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-14 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου VI

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	750	815	165	185
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	783		175	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	7250		1620	

Τα υπόλοιπα δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα 3-15

Πίνακας 3-15 Δεδομένα του Ισόπεδου Κόμβου VI για την Εφαρμογή της Εξ. Γ-3

Προστατευόμενη Φάση Αριστερής Στροφής στις Προσβάσεις της Κύριας Οδού	Ποσοστό Αριστερών Στροφών στη Δευτερεύουσα Οδό	Ποσοστό Βαρέων Οχημάτων που εισέρχονται στον Κόμβο	Αριθμός Παρόδων στην Κύρια Οδό σε Μήκος 76 m από τις Προσβάσεις
Όχι	0,184	0,08	-

Τελικά, η Εξίσωση Γ-3 έχει την εξής μορφή:

$$N_6 = \exp(-5,46 + 0,60 \ln 7250 + 0,20 \ln 1620 - 0,40(0) - 0,018(0,184) + 0,026(0,08)) = 3,86 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος, όμως, έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής στροφής και στις δύο προσβάσεις της κύριας οδού, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 0,67 (από Πίνακα Γ-1).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο VI είναι ίσος με:

$$N_6 = 3,86 \times 0,67 = 2,59 \text{ ατυχήματα/έτος.}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η εγκατάσταση φωτισμού. Το CRF για εγκατάσταση φωτισμού είναι ίσο με 30% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική

τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ (2,59)(0,30)(0,397)(83000) \right\} + \left\{ (2,59)(0,30)(0,603)(1850) \right\} \times \left\{ \frac{1 - (1 + 0,04)^{-5}}{0,04} \right\} = 26470 \times 4,45 = 117792 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος εγκατάστασης ενός τυπικού φωτισμού, σε ένα ισόπεδο κόμβο με κεντρική νησίδα και δύο λωρίδες ανά κατεύθυνση στην κύρια οδό, ανέρχεται σε 20000 € (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες), οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 20000 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C , ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 117792 / 20000 = 5,89$$

3.3.6.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

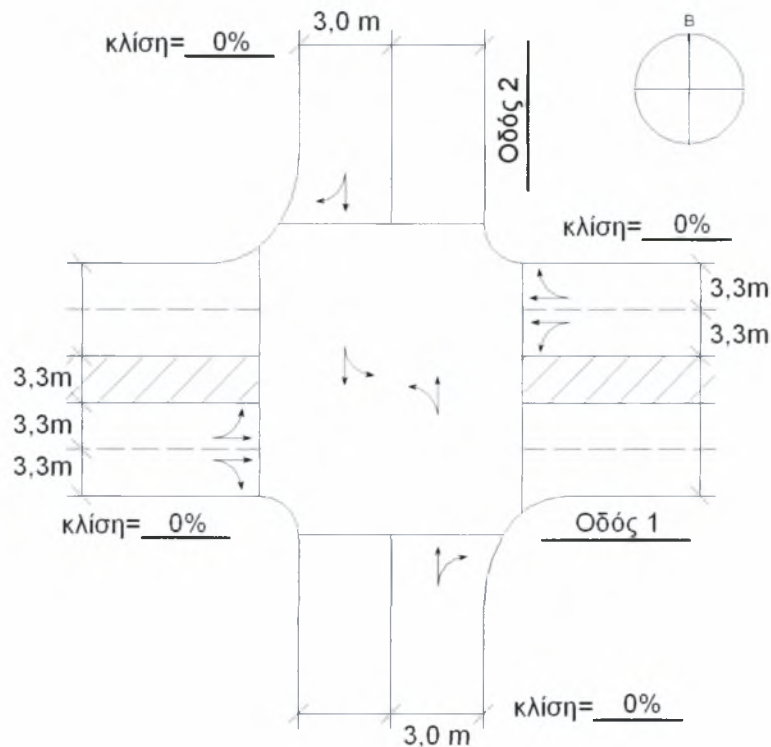
Η ανάλυση λειτουργικότητας δεν πραγματοποιήθηκε στον Ισόπεδο Κόμβο VI, διότι η εγκατάσταση φωτισμού δεν έχει καμία επίδραση στην καθυστέρηση στάσης και στη στάθμη εξυπηρέτησης, σύμφωνα με το HCM 2000, βάσει του οποίου εκτελείται η ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.6.3 Συμπεράσματα

Όπως προαναφέρθηκε, η εγκατάσταση φωτισμού δεν έχει καμία επίδραση στη λειτουργικότητα του κόμβου και αποτελεί καθαρά μέτρο βελτίωσης στον τομέα της ασφάλειας. Η εγκατάσταση φωτισμού εφαρμόζεται κυρίως όταν έχουμε μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων που συμβαίνουν τη νύχτα.

Έτσι, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 5,89, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,78 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.7 Ισόπεδος Κόμβος VII



Σχήμα 3-8 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου VII

Ο Ισόπεδος Κόμβος VII είναι ένας ισόπεδος κόμβος χωρίς σηματοδότηση (TWSC), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-8. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.7.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-4, αφού ο κόμβος είναι μη σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις και η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα.

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-16. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-16 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου VII

	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Πρόσβαση				
Φόρτος (οχ/ώρα)	560	425	150	175
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	493		163	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	4565		1509	

Αναφορικά με τα υπόλοιπα δεδομένα, θεωρείται ότι υπάρχουν τρεις πάροδοι κατά μήκος της κύριας οδού σε απόσταση 76 m από τις προσβάσεις, ενώ η γωνία απόκλισης είναι ίση με 0.

Τελικά, η Εξίσωση Γ-4 έχει την εξής μορφή:

$$N_7 = \exp(-9,34 + 0,60 \ln 4565 + 0,61 \ln 1509 + 0,13(3)) = 1,77 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους. Η ορατότητα, όμως, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, περιορίζεται και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου, αφού η περιοχή είναι κεντρική και υπάρχουν κτίρια δίπλα στις προσβάσεις του κόμβου. Οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 1,20 (βλέπε Παράρτημα Γ, Γ-2).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο VII είναι ίσος με:

$$N_7 = 1,77 \times 1,20 = 2,12 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η εγκατάσταση σηματοδότησης. Το CRF για εγκατάσταση σηματοδότησης είναι ίσο με 28% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \left\{ (2,12)(0,28)(0,397)(83000) \right\} + \left\{ (2,12)(0,28)(0,603)(1850) \right\} \times \left\{ (1 + 0,04)^5 - 1 \right\} / \left\{ (0,04)(1 + 0,04)^5 \right\} = 20222 \times 4,45 = 89988 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος εγκατάστασης μίας τυπικής σηματοδότησης είναι ίσο με 70000 € (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες), οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 70000 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C, ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 89988 / 70000 = 1,29$$

3.3.7.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- ✓ Κύρια οδός τεσσάρων λωρίδων,
- ✓ Δευτερεύουσα οδός δύο λωρίδων,
- ✓ Επίπεδο πεδίο,
- ✓ STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού,
- ✓ 10% HV στις προσβ. της κύριας οδού,
- ✓ 5% HV στις προσβ. της δευτερ. οδού,

- ✓ Ανάντη σηματοδοτούμενος κόμβος στη μία κατεύθυνση (ΠΑ) της κύριας οδού,
- ✓ "Αποθήκευση" στη νησίδα, χώρος για δύο οχήματα,
- ✓ 120 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,
- ✓ 70 πεζοί/ώρα στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού, και
- ✓ Πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις.

Βήματα

1. Εισαγωγή δεδομένων.	Φύλλα 1 και 2
1. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.	Φύλλο 3 - Περιγραφή λωρίδων, κλίση, κατευθυντήρια νησίδα για δεξιές στροφές, "αποθήκευση" στη νησίδα, και ανάντη σηματοδοτούμενοι κόμβοι
3. t_c και t_f (δλ) (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις 1 και 2 του Φύλλου 4 και τον Πίνακα Β-2).	$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} PHV + t_{c,G} G - t_{c,T} - t_{3,LT}$ $t_{c,1} = 4,1 + 2,0(0,10) + 0 - 0 - 0 = 4,300 \text{ δλ}$ $t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} PHV$ $t_{f,1} = 2,2 + 1,0(0,10) = 2,300 \text{ δλ}$
4. Επίδραση των ανάντη σηματοδοτούμενων κόμβων. Ποσοστό οχημάτων που φτάνουν κατά τη διάρκεια του πρασίνου, P (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-7). Χρόνος εκκένωσης (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις Β-7, Β-8, Β-9 και Β-10). Μέγιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,max}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-11). Ελάχιστος ρυθμός ροής φάλαγγας, $v_{c,min}$. Διάρκεια περιόδου κατά την οποία ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος", $t_{p,i}$ (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-12).	<p>Φύλλα 5α έως 5ε</p> $P = R_p \frac{g_{eff}}{C}$ $P = 1,33 \frac{34,7}{60,0} = 0,769$ <p>Για την Κίνηση 2</p> $g_q = g_{q1} + g_{q2}$ $g_{q1} = \frac{v_{prog} C (1 - P)}{s} = \frac{475(60)(1 - 0,769)}{2800} = 2,349$ $g_{q2} = \frac{v_{prog} C P g_{q1}}{s g_{eff} - v_{prog} C P} = \frac{475(60)(0,769)(2,349)}{2800(34,7) - 475(60)(0,769)} = 0,685$ $g_q = 2,349 + 0,685 = 3,034$ $v_{c,max} = sf[1 - (1 - F)^{g_q}]$ $v_{c,max} = 2800(0,763)[1 - (1 - 0,209)^{3,034}] = 1086 \text{ οχ/ώρα}$ $v_{c,min} = 1000(2) = 2000$ <p>Επειδή $v_{c,max} \leq v_{c,min}$</p> $t_{p,i} = 0$ <p>Συνεπώς, ο ανάντη σηματοδοτούμενος κόμβος δεν έχει καμία επίδραση στον υπό μελέτη κόμβο και επιλύουμε κανονικά, σαν να μην υπάρχει.</p>

<p>5. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση.</p>	$v_{c,y} = \frac{v_2}{N} + 0,5v_3 + v_{14} + v_{15}$ $v_{c,y} = 242 + 22 + 120 + 70 = 454 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x}t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x}t_{c,x} / 3600}}$ $c_{p,y} = 454 \times \frac{e^{-454 \times 7,000 / 3600}}{1 - e^{-454 \times 3,390 / 3600}} = 545 \text{ οχ/ώρα}$ $c_{m,y} = c_{p,y} \times p_{p,y} = 545(0,998) = 544 \text{ οχ/ώρα}$ $p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{c_{m,j}}$ $p_{0,9} = 1 - \frac{44}{544} = 0,919$
<p>6. Κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης, $c_{m,x}$, για τις ΕΥ από τη δευτερεύουσα οδό και τις ΑΡ από τη δευτερεύουσα οδό, λαμβάνοντας υπόψη την παρεμπόδιση και τη διαδικασία αποδοχής κενού σε δύο φάσεις (χρησιμοποίησε την Εξίσωση Β-22).</p>	<p>Φύλλα 7α και 7β - Κίνηση 8</p> <p>Μία Φάση $c_{m,8} = 141(0,841) = 119 \text{ οχ/ώρα}$</p> <p>Δύο Φάσεις</p> $c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x}]$ $c_T = \frac{0,949}{1,088^{2+1} - 1} [1,088(1,088^2 - 1) \dots] = 263 \text{ οχ/ώρα}$
<p>7. Κυκλοφοριακή ικανότητα μοιραζόμενης λωρίδας.</p>	<p>Φύλλο 8</p> $c_{SH} = \frac{\sum v_v}{\sum \left(\frac{v_v}{c_{m,v}} \right)}$ $c_{SH} (\text{ΠΒ}) = \frac{28 + 94 + 44}{\frac{28}{198} + \frac{94}{263} + \frac{44}{544}} = 287 \text{ οχ/ώρα}$
<p>8. Κυκλοφοριακή ικανότητα χοανοειδούς προσβάσεως (χρησιμοποίησε τις Εξισώσεις Β-25 και Β-27).</p>	<p>Φύλλο 9 - Κίνηση 7</p> $d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T[\dots] + 5$ $d = \frac{3600}{198} + 900(0,25)[\dots] + 5 = 26,126 \text{ δλ}$ $Q_{sep} = \frac{d_7 v_7}{3600} = \frac{(26,1)(28)}{3600} = 0,202$ $c_{act} = \left(\sum_i c_{sep} - c_{SH} \right) \frac{n}{n_{Max}} + c_{SH}$ $c_{act} (\text{ΠΒ}) = (1005 - 287) \frac{1}{2} + 287 = 646 \text{ οχ/ώρα}$

<p>9. Καθυστέρηση στάσης και στάθμη εξυπηρέτησης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-27 και τον Πίνακα B-1).</p>	$d = \frac{3600}{c_{max}} + 900T[...] + 5$ $d_{PB} = \frac{3600}{646} + 900(0,25)[...] + 5 = 12,5 \text{ δλ/οχ, LOS B}$
<p>10. Καθυστέρηση οχημάτων 1^{ης} Τάξης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-28).</p>	$d_{\text{Ταξ1}} = \frac{(1 - p_{0,1}^*) d_{MLLT} \left(\frac{v_{11}}{N} \right)}{v_{1,1} + v_{1,2}}$ $d_2 = \frac{(1 - 0,886)(8,9) \left(\frac{483}{2} \right)}{483} = 0,5 \text{ δλ/οχ}$
<p>11. Καθυστέρηση πρόσβασης (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-29).</p>	$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$ $d_A (\text{ΠΑ}) = \frac{(8,9)(94) + (0,5)(483)}{(94 + 483 + 44)} = 1,7 \text{ δλ/οχ}$
<p>12. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο (χρησιμοποίησε την Εξίσωση B-30).</p>	$d_1 = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$ $d_1 = \frac{(1,7)(622) + (1,6)(472) + (12,5)(167) + (12,9)(194)}{(622 + 472 + 167 + 194)} = 4,4 \text{ δλ/οχ}$

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

✓ Εγκατάσταση σηματοδότησης.

Τα Δεδομένα

✓ ΠΑ και ΠΔ HV = 10%,

✓ ΠΒ και ΠΝ HV = 5%,

✓ ΣΩΑ = 0,90,

✓ Διάγραμμα σηματορύθμισης 2 φάσεων,

✓ Κεντρική εμπορική περιοχή,

✓ Επίπεδο πεδίο,

✓ Δεν επιτρέπεται η στάθμευση,

✓ Η Οδός 1 έχει 4 λωρίδες, δύο ανά κατεύθυνση,

✓ Η Οδός 2 έχει 2 λωρίδες, μία ανά κατεύθυνση,

✓ Κανένα λεωφορείο,

✓ 120 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,

✓ 70 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού,

✓ Κανένα ποδήλατο, και

✓ Απολυμμένος χρόνος για κάθε φάση = 4δλ.

Βήματα

1. Αρχικά, χρησιμοποιείται η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης για τον καθορισμό του νέου διαγράμματος σηματορύθμισης.

2. Για κάθε πρόσβαση του κόμβου συμπληρώνεται το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Φόρτου Λωρίδων και καθορίζονται οι κρίσιμοι φόρτοι λωρίδας.

3. Χρησιμοποιώντας τους υπολογισμένους κρίσιμους φόρτους λωρίδας, υπολογίζεται η διάρκεια της περιόδου ίση με 12,1 δλ (βλέπε το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστέρησης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης). Ωστόσο, χρησιμοποιούμε διάρκεια ίση με 60,0 δλ, αφού είναι η ελάχιστη τιμή που τέθηκε από τον αναλυτή.

Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι χρόνοι πράσινης ένδειξης για τις ΠΑ/ΠΔ και ΠΒ/ΠΝ φάσεις με τη βοήθεια του Φύλλου Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστέρησης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης. Για παράδειγμα, για τη Φάση 1:

$$g = (60 - 8) \left(\frac{314}{470} \right) + 4 = 38,7 \text{ δλ}$$

Αυτοί οι χρόνοι χρησιμοποιούνται σα δεδομένα για τα επόμενα βήματα.

4. Οι χρόνοι για τις Φάσεις 1 και 2 είναι 38,7 δλ και 21,3 δλ αντίστοιχα. Αφού αφαιρεθεί ο χρόνος κίτρινης ένδειξης, οι χρησιμοποιούμενοι χρόνοι πρασίνου (ΧΧΠ) είναι 34,7 δλ και 17,3 δλ αντίστοιχα.

5. Πεζοί/περίοδο.

Προσβάσεις της κύριας οδού

$$120 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \text{ δλ}} * 60 \text{ δλ} = 2,000 \text{ πεζοί}$$

Προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού

$$70 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \text{ δλ}} * 60 \text{ δλ} = 1,167 \text{ πεζοί}$$

6. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση A-1).

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$$

$$G_p(1) = 3,2 + \frac{6,0}{1,22} + 0,27(1,167) = 8,4 \text{ δλ/οχ}$$

$$G_p(2) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(2,000) = 17,3 \text{ δλ/οχ}$$

7. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.

$G_p(1) = 34,7 \text{ δλ}$, που είναι $> 8,4 \text{ δλ}$

$G_p(2) = 17,3 \text{ δλ}$, που είναι $= 17,3 \text{ δλ}$

8. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων. $P_{LT}(\text{ΠΑ}) = \frac{85}{85 + 435 + 40} = 0,152$
9. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
10. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$\hat{i}_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%10(2,0 - 1)} = 0,909$
11. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
12. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	Κανένας ελιγμός στάθμευσης, $f_p = 1,000$
13. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	Κανένα λεωφορείο, $f_{pb} = 1,000$
14. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
15. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για τις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις και $f_{LU} = 1,000$ για τις ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις.
16. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι αριστερές στροφές είναι επιτρεπόμενες. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΑ και ΠΔ προσβάσεων έχουν περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες. Οι αντίθετες προσβάσεις των ΠΒ και ΠΝ προσβάσεων έχουν μία λωρίδα και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με μία λωρίδα.
17. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Οι ΠΒ και ΠΝ προσβάσεις είναι μίας λωρίδας οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,135 P_{RT}$ Στις ΠΑ και ΠΔ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
18. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
19. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
20. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑ}) = 1900 * 2 * 0,961 * 0,909 * 1,000 * 1,000 * 0,900 * 0,952 * 0,819 * 0,989 * 0,995 * 0,995 = 2282 \text{ οχ/ώρα}$
21. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑ}) = 2282 (0,578) = 1320 \text{ οχ/ώρα}$

22. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑ}) = \frac{622}{1320} = 0,471$
23. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Η ομάδα λωρίδων με τον υψηλότερο λόγο v/c κατά τη διάρκεια μίας φάσης, είναι η κρίσιμη ομάδα λωρίδων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οι ΠΑ και ΠΝ ομάδες λωρ. είναι οι κρίσιμες στις Φάσεις 1 και 2 αντίστοιχα.
24. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΑ}) = \frac{622}{2282} = 0,273$ $v/s(\text{ΠΝ}) = \frac{194}{1270} = 0,153$
25. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,273 + 0,153 = 0,425$
26. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{Y_c C}{C - L}$ $X_c = \frac{0,425(60,0)}{60,0 - 8} = 0,491$
27. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1 = \frac{0,50C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$ $d_1(\text{ΠΑ}) = \frac{0,50(60,0)(1 - 0,578)^2}{1 - 0,471(0,578)} = 7,331 \text{ δλ/οχ}$
28. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(\dots)} \right]$ $d_2(\text{ΠΑ}) = 900(0,25) \left[(0,471 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 1,208 \text{ δλ/οχ}$
29. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	$PF(\text{ΠΑ}) = 0,614$
30. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1 PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑ}) = 7,331(0,614) + 1,208 + 0 = 5,7 \text{ δλ/οχ}$
31. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{\sum (d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ $d_1 = \frac{(5,7)(622) + (7,6)(472) + (21,3)(167) + (23,4)(194)}{(622 + 472 + 167 + 194)}$ $= 10,4 \text{ δλ/οχ}$
32. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πιν. Α-1).	LOS(ΠΑ ομάδα λωρίδων) = A LOS(ΠΑ πρόσβαση) = A LOS κόμβου = B

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-17:

Πίνακας 3-17 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΜΕΤΑ" για τον Ισόπεδο Κόμβο VII

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,471	0,364	0,447	0,530
Λόγος g/C	0,578	0,578	0,288	0,288
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	7,331	6,766	14,455	17,948
Συντελεστής ΡF	0,614	1,000	1,000	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	1320	1298	373	366
Συνελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	1,208	0,791	3,841	5,408
Καθυστέρηση ομάδας λωρ.	5,7	7,6	21,3	23,4
LOS ομάδας λωρίδων	A	A	C	C
Καθυστέρηση πρόσβασης	5,7	7,6	21,3	23,4
LOS πρόσβασης	A,	A	C	C
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	10,4 δλ/οχ			
LOS κόμβου	B			

3.3.7.3 Συμπεράσματα

Ο Ισόπεδος Κόμβος VII ικανοποιεί τις ίδιες προϋποθέσεις σηματοδότησης με τον Ισόπεδο Κόμβο III, την προϋπόθεση, δηλαδή, ελάχιστου κυκλοφοριακού φόρτου, την προϋπόθεση διακοπής συνεχούς κυκλοφορίας και την προϋπόθεση συστήματος οδών. Οπότε, η εγκατάσταση σηματοδότησης στον Ισόπεδο Κόμβο VII δικαιολογείται επαρκώς.

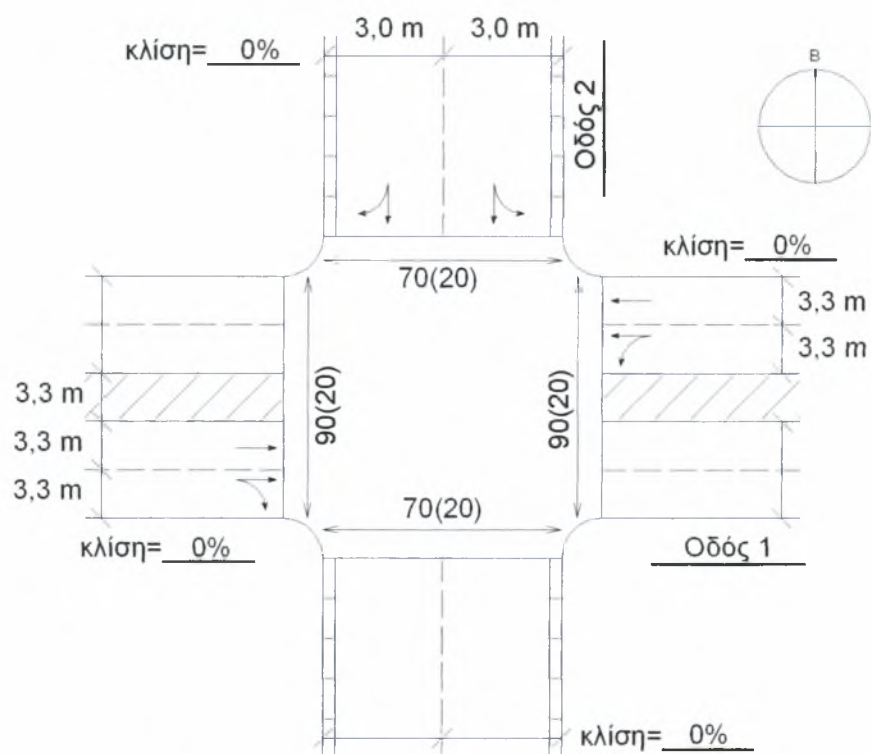
Η εγκατάσταση σηματοδότησης στο συγκεκριμένο κόμβο οδηγεί σε αύξηση της καθυστέρησης των κινήσεων σε όλες τις προσβάσεις, και συνεπώς, σε αύξηση της καθυστέρησης στάσης σε όλο τον κόμβο. Ο κόμβος, δηλαδή, λειτουργεί καλύτερα χωρίς σηματοδότηση, αλλά μπορεί ένα μέτρο βελτίωσης να εφαρμοστεί μόνο για λόγους ασφάλειας.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΒ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης αυξάνεται από 12,5 σε 21,3 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης “πέφτει” από Β σε C, ενώ στην ΠΝ πρόσβαση η καθυστέρηση στάσης αυξάνεται από 12,9 σε 23,4 δλ/οχ και η στάθμη εξυπηρέτησης πέφτει, επίσης, από Β σε C.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο αυξάνεται κατά 6,0 δλ/οχ (από 4,4 σε 10,4 δλ/οχ).

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 1,29, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,59 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.8 Ισόπεδος Κόμβος VIII



Σχήμα 3-9 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου VIII

Ο Ισόπεδος Κόμβος VIII είναι ένας ισόπεδος σηματοδοτούμενος κόμβος, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-9. Λεπτομερής περιγραφή των κυκλοφοριακών δεδομένων του κόμβου γίνεται παρακάτω, στην ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.8.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, αφού ο κόμβος είναι σηματοδοτούμενος, γίνεται χρήση της Εξίσωσης Γ-3. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, η παρουσία ή μη προστατευόμενης φάσης αριστερής στροφής στις προσβάσεις της κύριας οδού, το ποσοστό των οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά, το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που εισέρχονται στον κόμβο από την κύρια και τη δευτερεύουσα οδό, και ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις.

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-18. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-18 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου VIII

Πρόσβαση	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Φόρτος (οχ/ώρα)	760	995	-	805
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	878		805	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	8130		7454	

Τα υπόλοιπα δεδομένα φαίνονται στον Πίνακα 3-19

Πίνακας 3-19 Δεδομένα του Ισόπεδου Κόμβου VIII για την Εφαρμογή της Εξ. Γ-3

Προστατευόμενη Φάση Αριστερής Στροφής στις Προσβάσεις της Κύριας Οδού	Ποσοστό Αριστερών Στροφών στη Δευτερεύουσα Οδό	Ποσοστό Βαρέων Οχημάτων που εισέρχονται στον Κόμβο	Αριθμός Παρόδων στην Κύρια Οδό σε Μήκος 76 m από τις Προσβάσεις
Ναι	0,050	0,05	-

Τελικά, η Εξίσωση Γ-3 έχει την εξής μορφή:

$$N_8 = \exp(-5,46 + 0,60 \ln 8130 + 0,20 \ln 7454 - 0,40(1) - 0,018(0,050) + 0,026(0,05)) = 3,76 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους.

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο VIII είναι ίσος με:

$$N_8 = 3,76 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην ΠΔ πρόσβαση. Το CRF για προσθήκη λωρίδας αριστερής στροφής είναι ίσο με 18% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω των βελτιώσεων υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική

τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \{[(3,76)(0,18)(0,397)(83000)] + [(3,76)(0,18)(0,603)(1850)]\} \times \left\{ \frac{(1 + 0,04)^5 - 1}{(0,04)(1 + 0,04)^5} \right\} = 23056 \times 4,45 = 102599 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος κατασκευής μίας λωρίδας αριστερής στροφής, όταν υπάρχει κεντρική νησίδα η οποία θα ανασηματιστεί, είναι ίσο με 70 €/m^2 (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες). Το πλάτος της λωρίδας θα είναι ίσο με $3,3\text{m}$ και το μήκος της ίσο με 50m , οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 70 \times 3,3 \times 50 = 11550 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C , ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 102599/11550 = 8,88$$

3.3.8.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

ΠΡΙΝ

Τα Δεδομένα

- √ ΠΑ, ΠΔ και ΠΝ HV = 5%,
- √ ΣΩΑ = 0,90,
- √ Διάγραμμα σηματορύθμισης 3 φάσεων,
- √ Κεντρική εμπορική περιοχή,
- √ Επίπεδο πεδίο,
- √ ΠΝ στάθμευση = 30 ελιγμοί/ώρα,
- √ Η Οδός 1 έχει 4 λωρίδες, δύο ανά κατεύθυνση,
- √ Η Οδός 2 είναι ΠΝ μονόδρομος με δύο λωρίδες,
- √ 90 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της κύριας οδού,
- √ 70 πεζ/ώρα στις προσβάσεις της δευτερ. οδού,
- √ Κανένα ποδήλατο,
- √ Απολυμμένος χρόνος για κάθε φάση = 4δλ.

Σχόλια

- √ Έστω πλάτος διάβασης = 3,0 m για όλες τις προσβάσεις,
- √ Έστω ροή κορεσμού μίας λωρίδας υπό ιδανικές συνθήκες = 1900 ΜΕΑ/ώρα/λρ,
- √ Έστω $E_T = 2,0$,
- √ Κανένα λεωφορείο, και
- √ Διάρκεια περιόδου = 60 δλ, με δοσμένους τους χρόνους πράσινης ένδειξης.

Βήματα

1. Αρχικά, χρησιμοποιείται η μέθοδος γρήγορης εκτίμησης για τον καθορισμό του διαγράμματος σηματορύθμισης.	
2. Για κάθε πρόσβαση του κόμβου συμπληρώνεται το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Φόρτου Λωρίδων και καθορίζονται οι κρίσιμοι φόρτοι λωρίδας.	
3. Χρησιμοποιώντας τους υπολογισμένους κρίσιμους φόρτους λωρίδας, υπολογίζεται η διάρκεια της περιόδου ίση με 40,1 δλ (βλέπε το Φύλλο Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστερήσης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης). Ωστόσο, χρησιμοποιούμε διάρκεια ίση με 60,0 δλ, αφού είναι η ελάχιστη τιμή που τέθηκε από τον αναλυτή. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι χρόνοι πράσινης ένδειξης για τις ΠΑ/ΠΔ και ΠΒ/ΠΝ φάσεις με τη βοήθεια του Φύλλου Γρήγορης Εκτίμησης Καθυστερήσης Στάσης και Στάθμης Εξυπηρέτησης. Για παράδειγμα, για τη Φάση 1:	
$g = (60 - 12) \left(\frac{120}{978} \right) + 4 = 9,9 \text{ δλ/σχ}$	
Αυτοί οι χρόνοι χρησιμοποιούνται σα δεδομένα για τα επόμενα βήματα.	
4. Οι χρόνοι για τις Φάσεις 1, 2 και 3 είναι 9,9 δλ, 23,0 δλ και 27,1 δλ αντίστοιχα. Αφού αφαιρεθεί ο χρόνος κίτρινης ένδειξης, οι χρησιμοποιούμενοι χρόνοι πρασίνου (ΧΧΠ) είναι 5,9 δλ, 19,9 και 23,1 δλ αντίστοιχα.	
5. Πεζοί/περίοδο.	<p>Προσβάσεις της κύριας οδού</p> $90 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} * 60 \delta\lambda = 1,500$ <p>Προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού</p> $70 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} * 60 \delta\lambda = 1,167 \text{ πεζοί}$
6. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση A-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$ $G_p (1) = 3,2 + \frac{6}{1,22} + 0,27(1,167) = 8,4 \text{ δλ}$ $G_p (2) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(1,500) = 17,1 \text{ δλ}$

7. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 19,0$ δλ, που είναι $>8,4$ δλ $G_p(2) = 23,1$ δλ, που είναι $>17,1$ δλ
8. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.
9. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
10. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$
11. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
12. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	$f_r = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$ $f_p = 0,875$ για την ΠΝ πρόσβαση
13. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβ. (Πίνακας Α-3).	Κανένα λεωφορείο, $f_{bb} = 1,000$
14. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
15. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Αναφέρεται στον Πίνακα Α-2. Αυτός ο συντελεστής εφαρμόζεται για να ληφθούν υπόψη οι συνθήκες στη "χειρότερη" λωρίδα σε κάθε ομάδα λωρίδων. Αλλιώς, τα αποτελέσματα θα αντικατόπτριζαν το μέσο όρο όλων των λωρίδων. Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 0,952$ για όλες τις προσβάσεις.
16. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Στην ΠΔ πρόσβαση, οι αριστερές στροφές είναι προστατευόμενες+επιτρεπόμενες. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Η αντίθετη πρόσβαση της ΠΔ πρόσβασης έχει περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες.
17. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Στις ΠΑ και ΠΝ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
18. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
19. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
20. Ροή κορεσμού.	$S = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑ}) = 1900 * 2 * 0,961 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 1,000 * 0,900 * 0,952 * 1,000 * 0,985 * 1,000 * 0,991 = 2908$ οχ/ώρα
21. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s$ (g/C) $c(\text{ΠΑ}) = 2908 (0,317) = 921$ οχ/ώρα
22. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑ}) = \frac{844}{921} = 0,917$

23. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Κρίσιμες ομάδες λωρίδων: Φάση 1: ΠΔ αριστερή στροφή + ευθεία κίνηση Φάση 2: ΠΔ αριστερή στροφή + ευθεία κίνηση Φάση 3: ΠΝ αριστ. στρ. + ευθεία κίνηση + δεξιά στρ.
24. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\Pi\Delta) = \frac{1106}{2091} = 0,529$ $v/s(\Pi\text{N}) = \frac{894}{2455} = 0,364$
25. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$\gamma_c = 0,529 + 0,364 = 0,893$
26. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{0,893(60,0)}{60,0 - 12} = 1,116$
27. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1(\Pi\text{A}) = \frac{0,50(60,0)(1 - 0,317)^2}{1 - 0,917(0,317)} = 19,737 \delta\lambda/\sigma\chi$
28. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2(\Pi\text{A}) = 900(0,25)\left[(0,917 - 1) + \sqrt{(\dots)}\right] = 15,262 \delta\lambda/\sigma\chi$
29. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-5).	PF(ΠΑ) = 1,000
30. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1PF + d_2 + d_3$ $d(\Pi\text{A}) = 19,737(1,000) + 15,262 + 0 = 35,0 \delta\lambda/\sigma\chi$
31. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{(35,0 * 844) + (72,1 * 1106) + (36,6 * 894)}{(844 + 1106 + 894)}$ $= 50,0 \delta\lambda/\sigma\chi$
32. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πίν. Α-1).	LOS(ΠΑ ομάδα λωρίδων) = C LOS(ΠΑ πρόσβαση) = C LOS κόμβου = D

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-20:

Πίνακας 3-20 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΠΡΙΝ" για τον Ισόπεδο Κόμβο VIII

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ	ΠΔ	ΠΝ
	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ+ΕΥ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,917	1,098	0,946
Λόγος g/C	0,317	0,482	0,385
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	19,737	17,110	17,845
Συντελεστής PF	1,000	0,762	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	921	1007	945
Συντελεστής αυξητικής καθ. k	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	15,262	59,102	18,785
Καθυστέρηση ομάδας λωρ.	35,0	72,1	36,6
LOS ομάδας λωρίδων	C	E	D
Καθυστέρηση πρόσβασης	35,0	72,1	36,6
LOS πρόσβασης	C	E	D
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	50,0 δλ/σχ		
LOS κόμβου	D		

ΜΕΤΑ

Βελτιώσεις

✓ Προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην ΠΔ πρόσβαση,

→ Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα για τον κόμβο παραμένουν ίδια, και ο κόμβος αναλύεται ξανά βάσει των καινούριων δεδομένων.

Βήματα

1. Πεζοί/περίοδο.	<p>Προσβάσεις της κύριας οδού</p> $90 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} * 60 \delta\lambda = 1,500$ <p>Προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού</p> $70 \frac{\text{πεζοί}}{\text{ώρα}} * \frac{1 \text{ ώρα}}{3600 \delta\lambda} * 60 \delta\lambda = 1,167 \text{ πεζοί}$
2. Ελάχιστος απαιτούμενος ΧΧΠ για τους πεζούς (Εξίσωση Α-1).	$G_p = 3,2 + \frac{L}{1,22} + 0,27 N_{ped}$ $G_p(1) = 3,2 + \frac{6}{1,22} + 0,27(1,167) = 8,4 \delta\lambda$ $G_p(2) = 3,2 + \frac{16,5}{1,22} + 0,27(1,500) = 17,1 \delta\lambda$
3. Σύγκριση ελάχιστου απαιτούμενου ΧΧΠ για πεζούς με τον πραγματικό ΧΧΠ.	$G_p(1) = 19,0 \delta\lambda, \text{ που είναι } > 8,4 \delta\lambda$ $G_p(2) = 23,1 \delta\lambda, \text{ που είναι } > 17,1 \delta\lambda$
4. Ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών.	Τα ποσοστά αριστερών και δεξιών στροφών βρίσκονται διαιρώντας τους αντίστοιχους φόρτους με το συνολικό φόρτο της ομάδας λωρίδων.
5. Συντελεστής προσαρμογής για πλάτος λωρίδων (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$ $f_w(\text{ΠΑ}) = 1 + \frac{(3,281 \times 3,3) - 12}{30} = 0,961$
6. Συντελεστής προσαρμογής για βαρέα οχήματα (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ $f_{HV}(\text{ΠΑ}) = \frac{100}{100 + \%5(2,0 - 1)} = 0,952$
7. Συντελεστής προσαρμογής για κατά μήκος κλίση (Χρησιμοποίησε τον Πίν. Α-3).	0% κλίση, $f_g = 1,000$
8. Συντελεστής προσαρμογής για στάθμευση στην πρόσβαση (Πίνακας Α-3).	$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$ $f_p = 0,875 \text{ για την ΠΝ πρόσβαση}$
9. Συντελ. προσαρμογής για λεωφορεία που σταματούν στην πρόσβ. (Πίνακας Α-3).	Κανένα λεωφορείο, $f_{bb} = 1,000$
10. Συντελεστής προσαρμογής για τον τύπο της περιοχής (Πίνακας Α-3).	Για κεντρική εμπορική περιοχή, $f_a = 0,900$
11. Συντελεστής προσαρμογής για αξιοποίηση λωρίδας (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα Α-3).	Χρησιμοποίησε $f_{LU} = 1,000$ για την αποκλειστική λωρίδα ΑΡ στην ΠΔ πρόσβαση, και $f_{LU} = 0,952$ για τις υπόλοιπες ομάδες λωρίδων.

12. Συντελεστής προσαρμογής για αριστερές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	Στην ΠΔ πρόσβαση, οι αριστερές στροφές είναι προστατευόμενες+επιτρεπόμενες. Συνεπώς, απαιτείται ειδική επεξεργασία. Η αντίθετη πρόσβαση της ΠΔ πρόσβασης έχει περισσότερες από μία λωρίδες και θα χρησιμοποιηθεί το συμπληρωματικό φύλλο για προσβάσεις με περισσότερες από μία λωρίδες.
13. Συντελεστής προσαρμογής για δεξιές στροφές (Χρησιμοποίησε τον Πίνακα A-3).	Στις ΠΑ και ΠΝ προσβάσεις υπάρχει μοιραζόμενη λωρίδα δεξιάς στροφής οπότε: $f_{RT} = 1,0 - 0,150 P_{RT}$
14. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με αρ. στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
15. Συντελεστής προσαρμογής για πεζούς και ποδήλατα διασταυρ. με δεξιές στροφές.	Χρησιμοποιείται το συμπληρωματικό φύλλο για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων.
16. Ροή κορεσμού.	$s = s_o N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{LU} f_a f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$ $s(\text{ΠΑ}) = 1900 * 2 * 0,961 * 0,952 * 1,000 * 1,000 * 1,000 * 0,900 * 0,952 * 1,000 * 0,985 * 1,000 * 0,991 = 2908$ οχ/ώρα
17. Κυκλοφοριακή ικανότητα ομάδας λωρίδων.	$c = s \text{ (g/C)}$ $c(\text{ΠΑ}) = 2908 (0,317) = 921$ οχ/ώρα
18. Λόγος v/c.	$v/c(\text{ΠΑ}) = \frac{844}{921} = 0,917$
19. Καθορισμός της κρίσιμης ομάδας λωρίδων σε κάθε φάση.	Κρίσιμες ομάδες λωρίδων: Φάση 1: ΠΔ αριστερή στροφή Φάση 2: ΠΑ ευθεία κίνηση + δεξιά στροφή Φάση 3: ΠΝ αριστ. στρ. + ευθεία κίνηση + δεξιά στρ.
20. Λόγος φόρτου προς ροή κορεσμού των κρίσιμων ομάδων λωρίδων.	$v/s(\text{ΠΔΑΡ}) = \frac{133}{1486} = 0,090$ $v/s(\text{ΠΑ}) = \frac{844}{2908} = 0,290$ $v/s(\text{ΠΝ}) = \frac{894}{2455} = 0,364$
21. Άθροισμα λόγων v/s κρίσ. ομάδων λωρ.	$Y_c = 0,090 + 0,290 + 0,364 = 0,930$
22. Κρίσιμος λόγος φόρτου προς κυκλοφοριακή ικανότητα.	$X_c = \frac{0,744(60,0)}{60,0 - 12} = 0,930$
23. Ομοιόμορφη καθυστέρηση.	$d_1(\text{ΠΑ}) = \frac{0,50(60,0)(1 - 0,317)^2}{1 - 0,917(0,317)} = 19,737 \text{ δλ/οχ}$
24. Αυξητική καθυστέρηση.	$d_2(\text{ΠΑ}) = 900(0,25) \left[(0,917 - 1) + \sqrt{(\dots)} \right] = 15,262 \text{ δλ/οχ}$
25. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού (χρησιμοποίησε τον Πίν. A-5).	$PF(\text{ΠΑ}) = 1,000$
26. Καθυστέρηση ομάδας λωρίδων.	$d = d_1 PF + d_2 + d_3$ $d(\text{ΠΑ}) = 19,737(1,000) + 15,262 + 0 = 35,0 \text{ δλ/οχ}$
27. Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο.	$d_1 = \frac{(35,0 * 844) + (12,7 * 1106) + (36,6 * 894)}{(844 + 1106 + 894)}$ $= 26,9 \text{ δλ/οχ}$

28. Στάθμη εξυπηρέτησης ομάδας λωρίδων, πρόσβασης και κόμβου (Πιν. Α-1).	LOS(ΠΑ ομάδα λωρίδων) = C LOS(ΠΑ πρόσβαση) = C LOS κόμβου = C
--	---

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-21:

Πίνακας 3-21 Αποτελέσματα Ανάλυσης Λειτουργικότητας "ΜΕΤΑ" για τον Ισόπεδο Κόμβο VIII

Κατεύθυνση Ομάδα λωρίδων	ΠΑ	ΠΔ		ΠΝ
	ΕΥ+ΔΕ	ΑΡ	ΕΥ	ΑΡ+ΕΥ+ΔΕ
Λόγος v/c	0,917	0,606	0,677	0,946
Λόγος g/C	0,317	0,482	0,482	0,385
Ομοιόμορφη καθυστέρηση d ₁	19,737	10,963	11,964	17,845
Συντελεστής ΡF	1,000	0,762	0,762	1,000
Κυκλ. ικαν. ομάδας λωρίδων c	921	219	1435	945
Συνελεστής αυξητικής καθ. κ	0,5	0,5	0,5	0,5
Αυξητική καθυστέρηση d ₂	15,262	11,849	2,588	18,785
Καθυστέρηση ομάδας λωρ. LOS ομάδας λωρίδων	35,0 C	20,2 C	11,7 B	36,6 D
Καθυστέρηση πρόσβασης LOS πρόσβασης	35,0 C	12,7 B		36,6 D
Καθυστέρηση για όλο τον κόμβο	26,9 δλ/οχ			
LOS κόμβου	C			

3.3.8.3 Συμπεράσματα

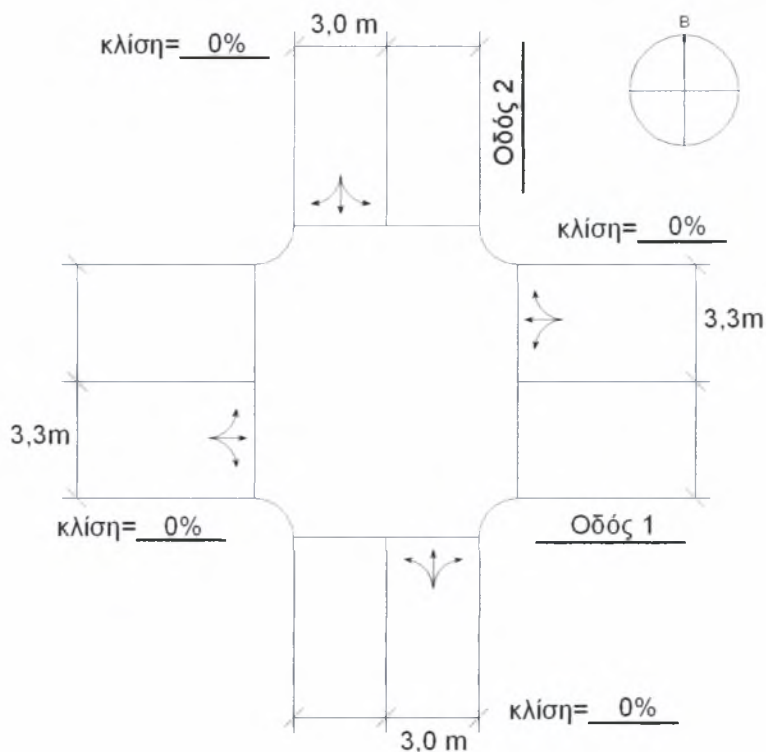
Η προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην “κορεσμένη” ($X = 1,098$) ΠΔ πρόσβαση έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της καθυστέρησης στην ΠΔ πρόσβαση και κατ’ επέκταση όλου του κόμβου.

Πιο αναλυτικά, στην ΠΔ πρόσβαση μετά την προσθήκη της λωρίδας, η καθυστέρηση στάσης μειώνεται από 72,1 σε 12,7 δλ/οχ, ενώ η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από E σε B.

Επίσης, η καθυστέρηση στάσης για όλο τον κόμβο μειώνεται κατά 23,1 δλ/οχ (από 50,0 σε 26,9 δλ/οχ), ενώ η στάθμη εξυπηρέτησης βελτιώνεται από D σε C.

Τέλος, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 8,88, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,68 ατυχήματα ανά έτος.

3.3.9 Ισόπεδος Κόμβος ΙΧ



Σχήμα 3-10 Κάτοψη Ισόπεδου Κόμβου ΙΧ

Ο Ισόπεδος Κόμβος ΙΧ είναι ένας ισόπεδος κόμβος χωρίς σηματοδότηση (TWSC), τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 3-10.

3.3.9.1 Ανάλυση Ασφαλείας

Βήματα

1. Πρώτα, πρέπει να υπολογιστεί ο αριθμός των ατυχημάτων. Για την εκτίμηση του αριθμού των ατυχημάτων θα χρησιμοποιηθεί η Εξίσωση Γ-4, αφού ο κόμβος είναι μη σηματοδοτούμενος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού, ο αριθμός των παρόδων στην κύρια οδό σε μήκος 76 m από τις προσβάσεις και η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα

Οι ΕΜΗΚ θα υπολογιστούν από τους κυκλοφοριακούς φόρτους του κόμβου κατά την ώρα αιχμής, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-22. Ο μέγιστος ωριαίος φόρτος είναι ίσος με το 10,8% της μέσης ημερήσιας κυκλοφορίας, οπότε η ΕΜΗΚ προκύπτει διαιρώντας το μέσο φόρτο των προσβάσεων κάθε οδού με 0,108.

Πίνακας 3-22 Υπολογισμός της ΕΜΗΚ της κύριας και της δευτερεύουσας οδού του Ισόπεδου Κόμβου ΙΧ

	Κύρια Οδός		Δευτερεύουσα Οδός	
	ΠΑ	ΠΔ	ΠΒ	ΠΝ
Πρόσβαση				
Φόρτος (οχ/ώρα)	285	360	165	180
Μέσος Φόρτος των Δύο Προσβάσεων (οχ/ώρα)	323		173	
ΕΜΗΚ (οχ/ημέρα)	2991		1602	

Αναφορικά με τα υπόλοιπα δεδομένα, θεωρείται ότι δεν υπάρχει καμία πάροδος κατά μήκος της κύριας οδού και ότι η γωνία απόκλισης είναι ίση με 0.

Τελικά, η Εξίσωση Γ-4 έχει την εξής μορφή:

$$N_9 = \exp(-9,34 + 0,60 \ln 2991 + 0,61 \ln 1602) = 0,96 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

Ο κόμβος δεν έχει αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής, οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων δεν χρειάζεται προσαρμογή για τους παραπάνω λόγους. Η ορατότητα, όμως, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των ατυχημάτων στους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση, περιορίζεται και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου, αφού η περιοχή είναι κεντρική και υπάρχουν κτίρια δίπλα στις προσβάσεις του κόμβου. Οπότε ο αριθμός των ατυχημάτων που προέκυψε από την παραπάνω εξίσωση πολλαπλασιάζεται με το αντίστοιχο AMF, το οποίο είναι ίσο με 1,20 (βλέπε Παράρτημα Γ, Γ-2).

Συνεπώς, ο τελικός αριθμός ατυχημάτων στον Ισόπεδο Κόμβο ΙΧ είναι ίσος με:

$$N_9 = 0,96 \times 1,20 = 1,15 \text{ ατυχήματα/έτος}$$

2. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός του οφέλους λόγω των βελτιώσεων. Η βελτίωση που θα εφαρμοστεί είναι η εγκατάσταση φωτισμού. Το CRF για εγκατάσταση φωτισμού είναι ίσο με 30% [3].

Το όφελος από την αναμενόμενη μείωση των ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης υπολογίζεται από τη Εξίσωση 2-1. Αναφορικά με το συντελεστή παρούσας αξίας, το i θεωρείται ίσο με 4% (εξορισμού τιμή) και το n ίσο με 5 χρόνια, που είναι μία τυπική τιμή για μεσοπρόθεσμο σχεδιασμό. Τα δεδομένα για το κόστος των ατυχημάτων (AC) και την κατανομή των ατυχημάτων (RF_s) δίνονται στην Παράγραφο 3.2.

Τελικά, το όφελος είναι ίσο με:

$$B = \{[(1,15)(0,30)(0,397)(83000)] + [(1,15)(0,30)(0,603)(1850)]\} \times \frac{1 - (1 + 0,04)^{-5}}{0,04} = 11753 \times 4,45 = 52301 \text{ €}$$

3. Το τρίτο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους κατασκευής του μέτρου βελτίωσης. Το κόστος εγκατάστασης ενός τυπικού φωτισμού, σε ένα ισόπεδο κόμβο με μία λωρίδα ανά κατεύθυνση στην κύρια οδό, ανέρχεται σε 13000 € (Στοιχεία από ελληνικές εργολαβίες), οπότε το κόστος κατασκευής είναι ίσο με:

$$C = 13000 \text{ €}$$

4. Τέλος, υπολογίζεται ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C, ο οποίος είναι ίσος με:

$$B/C = 52301/13000 = 4,02$$

3.3.9.2 Ανάλυση Λειτουργικότητας

Η ανάλυση λειτουργικότητας δεν πραγματοποιήθηκε στον Ισόπεδο Κόμβο ΙΧ, διότι η εγκατάσταση φωτισμού δεν έχει καμία επίδραση στην καθυστέρηση στάσης και στη στάθμη εξυπηρέτησης, σύμφωνα με το HCM 2000, βάσει του οποίου εκτελείται η ανάλυση λειτουργικότητας.

3.3.9.3 Συμπεράσματα

Όπως προαναφέρθηκε, η εγκατάσταση φωτισμού δεν έχει καμία επίδραση στη λειτουργικότητα του κόμβου και αποτελεί καθαρά μέτρο βελτίωσης στον τομέα της ασφάλειας. Η εγκατάσταση φωτισμού εφαρμόζεται κυρίως όταν έχουμε μεγάλο ποσοστό ατυχημάτων που συμβαίνουν τη νύχτα.

Έτσι, για την ασφάλεια ο λόγος B/C είναι ίσος με 4,02, ενώ τα ατυχήματα μειώνονται κατά 0,35 ατυχήματα ανά έτος.

3.4 Ιεράρχηση Πολλαπλών Επιπέδων

Όπως προαναφέρθηκε, πραγματοποιούνται, βάσει της μεθόδου Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων, δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους διαδικασίες ιεράρχησης: διαδικασία I – ο παράγοντας της ασφάλειας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της λειτουργικότητας, και διαδικασία II – ο παράγοντας της λειτουργικότητας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της ασφάλειας. Για κάθε διαδικασία, παράγονται τρεις λίστες προτεραιότητας, οι οποίες συγκρίνονται μεταξύ τους: η λίστα προτεραιότητας I (η οποία λαμβάνει υπόψη μόνο τον παράγοντα της ασφάλειας), η λίστα προτεραιότητας II (η οποία λαμβάνει υπόψη μόνο τον παράγοντα της λειτουργικότητας), και η λίστα προτεραιότητας III (η οποία λαμβάνει υπόψη και τους δύο παράγοντες). Τα απαραίτητα δεδομένα για την εκτέλεση των δύο διαδικασιών, περιλαμβάνουν τρία κριτήρια: B/C , d_b και Δd , τα οποία δίνονται στον Πίνακα 3-23.

Πίνακας 3-23 Εισαγωγή Δεδομένων για την Ιεράρχηση Πολλαπλών Επιπέδων

Ισόπεδος Κόμβος	B/C	d_b (δλ/σγ)	Δd (δλ/σγ)
I	15,66	69,6	48,8
II	6,78	48,4	19,3
III	1,53	107,5	77,8
IV	35,41	20,1	15,0
V	6,43	192,4	174,8
VI	5,89	0	0
VII	1,29	4,4	-6,0
VIII	8,88	50,0	23,1
IX	4,02	0	0

3.4.1 Διαδικασία I

Σε αυτή τη διαδικασία, η σειρά προτεραιότητας είναι $B/C \rightarrow \Delta d \rightarrow d_b$. Στο πρώτο επίπεδο, οι 9 ισόπεδοι κόμβοι ταξινομούνται και ομαδοποιούνται βάσει του B/C . Στο δεύτερο επίπεδο, οι κόμβοι μέσα σε κάθε νέα ομάδα που δημιουργήθηκε στο πρώτο επίπεδο, ταξινομούνται και ομαδοποιούνται ξανά βάσει του Δd . Τέλος, στο τρίτο επίπεδο, οι κόμβοι σε κάθε υποομάδα ταξινομούνται βάσει του d_b .

Στον Πίνακα 3-24α φαίνεται η ιεράρχηση του πρώτου επιπέδου, η οποία αποτελεί τη λίστα προτεραιότητας I. Η λίστα αυτή, όπως προαναφέρθηκε, λαμβάνει υπόψη μόνο τον παράγοντα της ασφάλειας και αποτελεί την υπάρχουσα μέθοδο ιεράρχησης βελτιώσεων ισόπεδων κόμβων στη Φλόριντα, στην οποία αναπτύχθηκε η νέα μεθοδολογία ιεράρχησης.

Στο Σχήμα 3-11, οι στήλες υποδεικνύουν τη τιμή του B/C για κάθε κόμβο. Από το γράφημα, βρίσκουμε δύο ομάδες, μέσα στις οποίες οι ισόπεδοι κόμβοι έχουν παρόμοια τιμή του B/C . Για παράδειγμα, η διαφορά της τιμής του B/C των ισόπεδων κόμβων II, V και VI είναι αρκετά μικρή (<οριακή τιμή) και η διαφορά μεταξύ των

κόμβων αυτών και των υπολοίπων είναι αρκετά μεγάλη (Ξοριακή τιμή), έτσι ώστε να τους τοποθετήσουμε σε μία ομάδα. Στον Πίνακα 3-24β πραγματοποιείται η ομαδοποίηση του πρώτου επιπέδου. Η οριακή τιμή του B/C για αυτή την εφαρμογή έχει οριστεί ίση με 1,8.

Στον Πίνακα 3-24γ και 3-24δ πραγματοποιούνται η ιεράρχηση και η ομαδοποίηση του δεύτερου επιπέδου αντίστοιχα. Στον Πίνακα 3-24γ, οι κόμβοι της ομάδας 4 ανακατατάσσονται βάσει του δεύτερου κριτηρίου, της μείωσης της καθυστέρησης. Στον Πίνακα 3-24δ, η οριακή τιμή για τη μείωση της καθυστέρησης έχει οριστεί ίση με 10 δλ/οχ. Παρατηρούμε ότι κανένας κόμβος μέσα στις ομάδες 4 και 6 δεν έχει παρόμοια τιμή (<οριακή τιμή) με κάποιον άλλον κόμβο της ομάδας του, οπότε ο κάθε κόμβος δημιουργεί μία υποομάδα από μόνος του.

Τέλος, στον Πίνακα 3-24ε πραγματοποιείται η ιεράρχηση του τρίτου επιπέδου, η οποία βασίζεται στην υφιστάμενη καθυστέρηση. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, επειδή δε δημιουργήθηκαν υποομάδες με περισσότερους από έναν κόμβο στην ομαδοποίηση του δεύτερου επιπέδου, η ιεράρχηση του τρίτου επιπέδου δεν αλλάζει τη σειρά προτεραιότητας των κόμβων. Η ιεράρχηση αυτή αποτελεί τη λίστα προτεραιότητας III, η οποία λαμβάνει υπόψη και τον παράγοντα της ασφάλειας και τον παράγοντα της λειτουργικότητας.

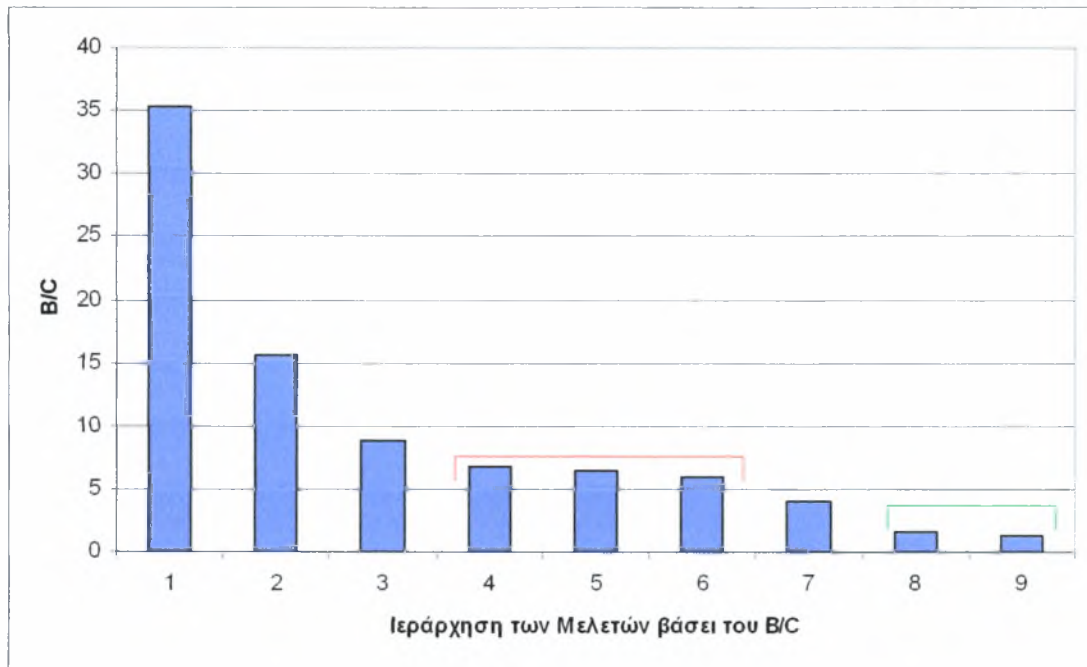
Η λίστα προτεραιότητας του πρώτου επιπέδου και η λίστα προτεραιότητας του τρίτου επιπέδου συγκρίνονται στο Σχήμα 3-12. Η διαφορά της τιμής του B/C για τους τρεις πρώτους κόμβους ήταν σημαντική, έτσι ώστε να διατηρήσουν τη θέση τους και στις δύο λίστες. Για αυτούς τους κόμβους, τα κριτήρια της λειτουργικότητας δε είχαν επιρροή στη διαδικασία. Αντιθέτως, παρατηρούμε ότι ο 4^{ος} (Ισόπεδος Κόμβος II) και ο 5^{ος} (Ισόπεδος Κόμβος V) κόμβος βάσει της πρώτης λίστας, έχουν ανταλλάξει θέσεις στη δεύτερη λίστα, εξαιτίας του παράγοντα της λειτουργικότητας. Αυτό συνέβη, διότι αν και έχουν παρόμοια τιμή του B/C (6,78 & 6,43), η διαφορά της τιμής του Δd είναι σημαντική (19,3 & 174,8). Αν έπρεπε να επιλέξουμε μεταξύ αυτών των δύο έναν ισόπεδο κόμβο προς βελτίωση, θα ήταν πιο συνετό να στηριχτούμε στον παράγοντα της λειτουργικότητας και να επιλέξουμε τον Ισόπεδο Κόμβο V.

Πίνακας 3-24α Η Ιεράρχηση του Πρώτου Επιπέδου (Διαδικασία I)

Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Ισόπεδος Κόμβος	B/C
1	IV	35,41
2	I	15,66
3	VIII	8,88
4	II	6,78
5	V	6,43
6	VI	5,89
7	IX	4,02
8	III	1,53
9	VII	1,29

Σχήμα 3-11 Η Ομαδοποίηση του Πρώτου Επιπέδου

Οριακή Τιμή: 1,8



Πίνακας 3-24β Η Ομαδοποίηση του Πρώτου Επιπέδου (Διαδικασία Ι)

Οριακή Τιμή: 1,8

Ομάδα (G_i)	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Ισόπεδος Κόμβος	B/C	Διαφορά ($G_i - G_{i+1}$)
1	1	IV	35,41	19,75
2	2	I	15,66	6,78
3	3	VIII	8,88	2,51
4	4	II	6,78	2,35
	5	V	6,43	
	6	VI	5,89	
5	7	IX	4,02	2,61
6	8	III	1,53	-
	9	VII	1,29	

Πίνακας 3-24γ Η Ιεράρχηση του Δεύτερου Επιπέδου (Διαδικασία Ι)

Ομάδα (G _i)	Ισόπεδος Κόμβος	B/C	Δd (δλ/οχ)	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 2 ^{ου} Επιπέδου
1	IV	35,41	15,0	1	1
2	I	15,66	48,8	2	2
3	VIII	8,88	23,1	3	3
4	V	6,43	174,8	5	4
	II	6,78	19,3	4	5
	VI	5,89	0	6	6
5	IX	4,02	0	7	7
6	III	1,53	77,8	8	8
	VII	1,29	-6,0	9	9

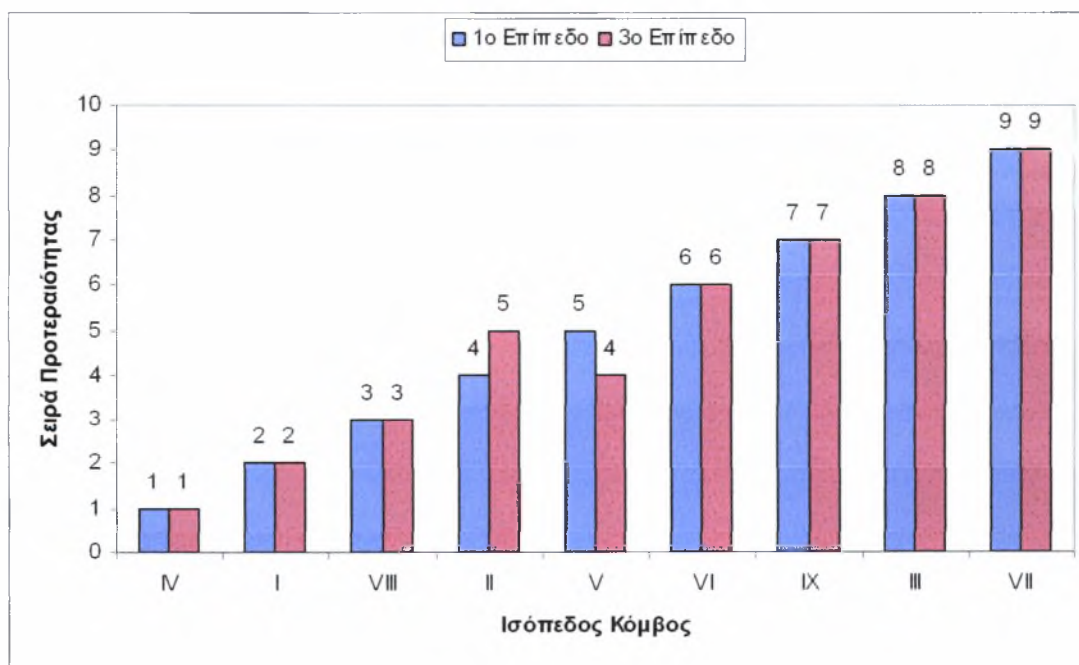
Πίνακας 3-24δ Η Ομαδοποίηση του Δεύτερου Επιπέδου (Διαδικασία Ι)

Οριακή Τιμή: 10 δλ/οχ

Ομάδα (G _i)	Υποομάδα (G _{i,j})	Ισόπεδος Κόμβος	Δd (δλ/οχ)	Διαφορά (G _{i,j} - G _{i,j+1})
1	1	IV	15,0	
2	2	I	48,8	
3	3	VIII	23,1	
4	4.1	V	174,8	155,5
	4.2	II	19,3	19,3
	4.3	VI	0	-
5	5	IX	0	
6	6.1	III	77,8	83,8
	6.2	VII	-6,0	-

Πίνακας 3-24ε Η Ιεράρχηση του Τρίτου Επιπέδου (Διαδικασία Ι)

Ομάδα	Υποομάδα	Ισόπεδος Κόμβος	B/C	d_b (δλ/οχ)	Δd (δλ/οχ)	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 2 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 3 ^{ου} Επιπέδου
1	1	IV	35,41	20,1	15,0	1	1	1
2	2	I	15,66	69,6	48,8	2	2	2
3	3	VIII	8,88	50,0	23,1	3	3	3
4	4.1	V	6,43	192,4	174,8	5	4	4
	4.2	II	6,78	48,4	19,3	4	5	5
	4.3	VI	5,89	0	0	6	6	6
5	5	IX	4,02	0	0	7	7	7
6	6.1	III	1,53	107,5	77,8	8	8	8
	6.2	VII	1,29	4,4	-6,0	9	9	9



Σχήμα 3-12 Σύγκριση των Λιστών Προτεραιότητας του Πρώτου και του Τρίτου Επιπέδου (Διαδικασία Ι)

3.4.2 Διαδικασία II

Μία άλλη σειρά προτεραιότητας είναι $\Delta d \rightarrow B/C \rightarrow d_b$. Στο πρώτο επίπεδο, οι 9 ισόπεδοι κόμβοι ταξινομούνται και ιεραρχούνται βάσει του Δd . Στο δεύτερο επίπεδο, οι κόμβοι μέσα σε κάθε νέα ομάδα που δημιουργήθηκε στο πρώτο επίπεδο, ταξινομούνται και ομαδοποιούνται ξανά βάσει του B/C . Τέλος, στο τρίτο επίπεδο, οι κόμβοι σε κάθε υποομάδα ταξινομούνται βάσει του d_b .

Στον Πίνακα 3-25α φαίνεται η ιεράρχηση του πρώτου επιπέδου, η οποία αποτελεί τη λίστα προτεραιότητας II, που λαμβάνει υπόψη μόνο τον παράγοντα της λειτουργικότητας. Στον Πίνακα 3-25β πραγματοποιείται η ομαδοποίηση του πρώτου επιπέδου βάσει της οριακής τιμής του Δd , η οποία σε αυτή την εφαρμογή έχει οριστεί ίση με 10 δλ/οχ.

Στον Πίνακα 3-25γ και 3-25δ πραγματοποιούνται η ιεράρχηση και η ομαδοποίηση του δεύτερου επιπέδου αντίστοιχα. Στον Πίνακα 3-25γ, οι κόμβοι της ομάδας 4 ανακατατάσσονται βάσει του δεύτερου κριτηρίου, του λόγου B/C . Στον Πίνακα 3-25δ, η οριακή τιμή για το λόγο B/C έχει οριστεί ίση με 1,8. Παρατηρούμε ότι κανένας κόμβος μέσα στις ομάδες 4 και 5 δεν έχει παρόμοια τιμή (<οριακή τιμή) με κάποιον άλλον κόμβο της ομάδας του, οπότε ο κάθε κόμβος δημιουργεί μία υποομάδα από μόνος του.

Τέλος, στον Πίνακα 3-25ε πραγματοποιείται η ιεράρχηση του τρίτου επιπέδου, η οποία βασίζεται στην υφιστάμενη καθυστέρηση. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, επειδή δε δημιουργήθηκαν υποομάδες με περισσότερους από έναν κόμβο στην ομαδοποίηση του δεύτερου επιπέδου, η ιεράρχηση του τρίτου επιπέδου δεν αλλάζει τη σειρά προτεραιότητας των κόμβων. Η ιεράρχηση αυτή αποτελεί τη λίστα προτεραιότητας III, η οποία λαμβάνει υπόψη και τον παράγοντα της ασφάλειας και τον παράγοντα της λειτουργικότητας.

Η λίστα προτεραιότητας του πρώτου επιπέδου και η λίστα προτεραιότητας του τρίτου επιπέδου συγκρίνονται στο Σχήμα 3-13. Η διαφορά της τιμής Δd για τους τρεις πρώτους κόμβους ήταν σημαντική, έτσι ώστε να διατηρήσουν τη θέση τους και στις δύο λίστες. Για αυτούς τους κόμβους, τα κριτήρια της ασφάλειας δε είχε καμία επιρροή στη διαδικασία. Αντιθέτως, παρατηρούμε ότι ο 4^{ος} (Ισόπεδος Κόμβος VII), ο 5^{ος} (Ισόπεδος Κόμβος II) και ο 6^{ος} κόμβος (Ισόπεδος Κόμβος IV) βάσει της πρώτης λίστας, έχουν αλλάξει θέσεις στη δεύτερη λίστα, εξαιτίας του παράγοντα της ασφάλειας. Αυτό συνέβη, διότι αν και έχουν παρόμοια τιμή του Δd (23,1, 19,3 & 15,0), η διαφορά της τιμής του B/C του Ισόπεδου Κόμβου IV με τους άλλους δύο είναι σημαντική (35,41 έναντι 8,88 & 6,78). Έτσι, στη λίστα προτεραιότητας III ο Ισόπεδος Κόμβος IV έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από τους άλλους 2 (VII & II).

Πίνακας 3-25α Η Ιεράρχηση του Πρώτου Επιπέδου (Διαδικασία II)

Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Ισόπεδος Κόμβος	Δd (δλ/οχ)
1	V	174,8
2	III	77,8
3	I	48,8
4	VIII	23,1
5	II	19,3
6	IV	15,0
7	VI	0
8	IX	0
9	VII	-6,0

Πίνακας 3-25β Η Ομαδοποίηση του Πρώτου Επιπέδου (Διαδικασία II)

Οριακή Τιμή: 10 δλ/οχ

Ομάδα (G_i)	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Ισόπεδος Κόμβος	Δd (δλ/οχ)	Διαφορά ($G_i - G_{i+1}$)
1	1	V	174,8	97
2	2	III	77,8	29
3	3	I	48,8	29,7
4	4	VIII	23,1	21,1
	5	II	19,3	
	6	IV	15,0	
5	7	VI	0	-
	8	IX	0	
	9	VII	-6,0	

Πίνακας 3-25γ Η Ιεράρχηση του Δεύτερου Επιπέδου (Διαδικασία II)

Ομάδα (G _i)	Ισόπεδος Κόμβος	Δd (δλ/οχ)	B/C	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 2 ^{ου} Επιπέδου
1	V	174,8	6,43	1	1
2	III	77,8	1,53	2	2
3	I	48,8	15,66	3	3
4	IV	15,0	35,41	6	4
	VIII	23,1	8,88	4	5
	II	19,3	6,78	5	6
5	VI	0	5,89	7	7
	IX	0	4,02	8	8
	VII	-6,0	1,29	9	9

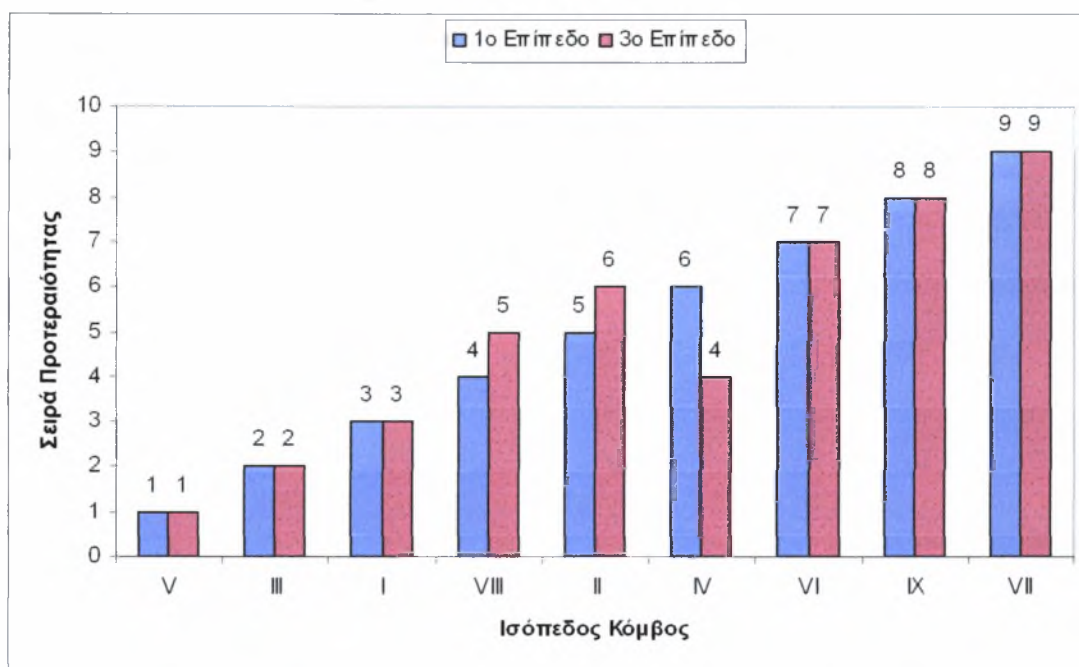
Πίνακας 3-25δ Η Ομαδοποίηση του Δεύτερου Επιπέδου (Διαδικασία II)

Οριακή Τιμή: 1,8

Ομάδα (G _i)	Υποομάδα (G _{ij})	Ισόπεδος Κόμβος	B/C	Διαφορά (G _{ij} - G _{ij+1})
1	1	V	6,43	
2	2	III	1,53	
3	3	I	15,66	
4	4.1	IV	35,41	26,53
	4.2	VIII	8,88	2,1
	4.3	II	6,78	-
5	5.1	VI	5,89	1,87
	5.2	IX	4,02	2,73
	5.3	VII	1,29	-

Πίνακας 3-25ε Η Ιεράρχηση του Τρίτου Επιπέδου (Διαδικασία II)

Ομάδα	Υποομάδα	Ισόπεδος Κόμβος	Δd ($\delta\lambda/\sigma\chi$)	B/C	d_b ($\delta\lambda/\sigma\chi$)	Η Ιεράρχηση του 1 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 2 ^{ου} Επιπέδου	Η Ιεράρχηση του 3 ^{ου} Επιπέδου
1	1	V	174,8	6,43	192,4	1	1	1
2	2	III	77,8	1,53	107,5	2	2	2
3	3	I	48,8	15,66	69,6	3	3	3
4	4.1	IV	15,0	35,41	20,1	6	4	4
	4.2	VIII	23,1	8,88	50,0	4	5	5
	4.3	II	19,3	6,78	48,4	5	6	6
5	5.1	VI	0	5,89	0	7	7	7
	5.2	IX	0	4,02	0	8	8	8
	5.3	VII	-6,0	1,29	4,4	9	9	9



Σχήμα 3-13 Σύγκριση των Λιστών Προτεραιότητας του Πρώτου και του Τρίτου Επιπέδου (Διαδικασία II)

3.4.3 Συμπεράσματα

Τελικά, από τη διαδικασία ιεράρχησης των προτεινόμενων βελτιώσεων, προκύπτουν δύο Λίστες Προτεραιότητας, μία που θεωρεί ότι ο παράγοντας της ασφάλειας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της λειτουργικότητας και μία που θεωρεί ότι ο παράγοντας της λειτουργικότητας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της ασφάλειας.

Αν θεωρηθεί ότι τα προβλεπόμενα κονδύλια επαρκούν για την εφαρμογή βελτιώσεων σε δύο ισόπεδους κόμβους, και ακολουθηθεί η Διαδικασία I, θα εφαρμοστούν μέτρα βελτίωσης στους Ισόπεδους Κόμβους IV (προσθήκη χοανοειδών προσβάσεων) και I (προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής και αλλαγή του διαγράμματος σηματοδότησης).

Αν όμως ακολουθηθεί η Διαδικασία II, θα εφαρμόσουμε μέτρα βελτίωσης στους Ισόπεδους Κόμβους V (κατασκευή διαχωριστικής νησίδας) και III (εγκατάσταση σηματοδότησης). Στην ουσία, πρέπει να γίνει επιλογή μεταξύ της ασφάλειας και της λειτουργικότητας και αυτό είναι κάτι που η διαδικασία ιεράρχησης το αφήνει στον αναλυτή. Η επιλογή, δηλαδή, της σειράς προτεραιότητας των κριτηρίων στηρίζεται στην υποκειμενική κρίση κάποιου ειδήμονα.

4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

4.1 Ανακεφαλαίωση

Στην Ελλάδα, πολλοί ισόπεδοι κόμβοι χρειάζονται βελτίωση για να εξαλειφθούν οι ελλείψεις στον τομέα της ασφάλειας και της λειτουργικότητας. Από τη στιγμή που τα διαθέσιμα κονδύλια είναι περιορισμένα, είναι αναγκαία η εφαρμογή κάποιας μεθόδου ιεράρχησης για να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων βελτιώσεων για ισόπεδους κόμβους, ώστε να γίνεται μία λογική επιλογή των ισόπεδων κόμβων προς βελτίωση σε ετήσια βάση. Υπάρχουν αρκετές μεθοδολογίες ιεράρχησης ισόπεδων κόμβων, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί επί το πλείστον στις Η.Π.Α. Ωστόσο, οι περισσότερες από αυτές βασίζονται αποκλειστικά σε κριτήρια ασφαλείας, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη την αποτελεσματικότητα που έχουν τα προτεινόμενα μέτρα πάνω στη λειτουργικότητα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, εξετάζεται μία νέα μέθοδος ιεράρχησης η οποία αναπτύχθηκε από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου της Νότιας Φλόριντας με την υποστήριξη της Διεύθυνσης Μεταφορών της Φλόριντας. Η νέα αυτή διαδικασία λαμβάνει υπόψη κατά την ιεράρχηση των κόμβων τόσο κριτήρια ασφαλείας όσο και κριτήρια λειτουργικότητας, παράγοντας μία πιο λογική λίστα προτεραιότητας των βελτιώσεων ισόπεδων κόμβων. Πρώτα, καθορίζεται η προκαταρκτική λίστα, η οποία περιέχει τους υποψήφιους κόμβους προς βελτίωση, που επιλέγονται βάσει του αριθμού των ατυχημάτων. Στη συνέχεια, εκτελείται η ανάλυση ασφαλείας και η ανάλυση λειτουργικότητας για να εκτιμηθεί ξεχωριστά η επίδραση των προτεινόμενων μέτρων στην ασφάλεια και στη λειτουργικότητα. Τρία κριτήρια αντλούνται σε αυτό το βήμα: ο λόγος B/C για την ασφάλεια, η μείωση της καθυστέρησης (Δd), και η υφιστάμενη καθυστέρηση (d_b). Έπειτα, χρησιμοποιείται η Μέθοδος Ιεράρχησης Πολλαπλών Επιπέδων (MLP) για να συνδυαστούν οι παράγοντες της ασφάλειας και της λειτουργικότητας. Η μέθοδος αυτή προσδίδει ένα κριτήριο σε κάθε επίπεδο, σύμφωνα με τη σχετική σπουδαιότητα του (υψηλότερο επίπεδο = μεγαλύτερη σπουδαιότητα). Οι ισόπεδοι κόμβοι ιεραρχούνται στο πρώτο επίπεδο και, στη συνέχεια, χωρίζονται σε ομάδες. Μέσα σε κάθε ομάδα, οι κόμβοι έχουν παρόμοια τιμή για το πρώτο κριτήριο. Στο δεύτερο επίπεδο, οι κόμβοι μέσα σε κάθε ομάδα ιεραρχούνται και χωρίζονται σε υποομάδες. Τέλος, στο τρίτο επίπεδο οι κόμβοι μέσα σε κάθε υποομάδα ιεραρχούνται και παράγεται η τελική λίστα προτεραιότητας, η οποία συνδυάζει τους παράγοντες της ασφάλειας και της λειτουργικότητας. Ένας ιεραρχικός αλγόριθμος ομαδοποίησης υιοθετείται για την πραγματοποίηση της ομαδοποίησης σε κάθε επίπεδο. Δύο σειρές προτεραιότητας των κριτηρίων μπορούν να επιλεγθούν στη μέθοδο MLP: στη Διαδικασία I η σειρά $B/C \rightarrow \Delta d \rightarrow d_b$, όπου ο παράγοντας της ασφάλειας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της λειτουργικότητας, και στη Διαδικασία II η σειρά $\Delta d \rightarrow B/C \rightarrow d_b$, όπου ο παράγοντας της λειτουργικότητας είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας από τον παράγοντα της ασφάλειας.

Μία εφαρμογή της διαδικασίας πραγματοποιήθηκε σε 9 ισόπεδους κόμβους ενός υποθετικού οδικού δικτύου, για να αποτιμηθεί η νέα διαδικασία ιεράρχησης. Τρεις κατηγορίες δεδομένων υποτέθηκαν για κάθε ισόπεδο κόμβο: φόρτος ώρας αιχμής, τύπος κυκλοφοριακού ελέγχου και γεωμετρικός σχεδιασμός. Ο λόγος οφέλους προς κόστος B/C υπολογίστηκε από την ανάλυση ασφαλείας, αφού πρώτα εκτιμήθηκε ο αριθμός των ατυχημάτων σε κάθε κόμβο με τη χρήση των SPFs. Η μείωση της

καθυστερήσης και η υφιστάμενη καθυστέρηση υπολογίστηκαν από την ανάλυση λειτουργικότητας με τη χρήση των μεθοδολογιών του HCM 2000. Τέλος, εφαρμόστηκε η μέθοδος MLP για τη δημιουργία των λιστών προτεραιότητας για τη σειρά προτεραιότητας I και II αντίστοιχα. Για κάθε σειρά, η λίστα προτεραιότητας του πρώτου επιπέδου και η λίστα προτεραιότητας του τρίτου επιπέδου συγκρίθηκαν για να αποτιμηθούν τα πλεονεκτήματα της νέας διαδικασίας.

4.2 Συμπεράσματα και Προτάσεις

Από την εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε στο Κεφάλαιο 3, διαπιστώθηκε καταρχήν ότι δεν είναι εύκολη η επιλογή των κατάλληλων μέτρων βελτίωσης, χωρίς την εφαρμογή κάποιας διαδικασίας ιεράρχησης. Όση εμπειρία και να διαθέτουν οι συγκοινωνιολόγοι μηχανικοί, που αναλαμβάνουν την επιλογή μέτρων βελτίωσης ισόπεδων κόμβων, μία ποσοτικοποιημένη διαδικασία, όπως αυτή η διαδικασία ιεράρχησης, είναι πολύ χρήσιμη, ειδικά όταν είναι μεγάλος ο αριθμός των ισόπεδων κόμβων προς βελτίωση και των πιθανών μέτρων βελτίωσης.

Αναφορικά με τη συγκεκριμένη διαδικασία ιεράρχησης, διαπιστώθηκε ότι γίνεται εύκολα κατανοητή, είναι εύχρηστη και γρήγορη στην εφαρμογή της.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της είναι το γεγονός ότι χρησιμοποιεί κριτήρια ασφάλειας και κριτήρια λειτουργικότητας, τα οποία συνδυάζει, ώστε να πραγματοποιήσει μία διεξοδική ιεράρχηση.

Επίσης, παρατηρώντας τη δομή της διαδικασίας, διαπιστώνεται ότι αυτή μπορεί να αλλαχτεί, προσθέτοντας κάποιο άλλο κριτήριο, το οποίο μπορεί να είναι σημαντικό για τα ελληνικά δεδομένα, ή αφαιρώντας κάποιο κριτήριο, το οποίο μπορεί να μην μας ενδιαφέρει. Ακόμα, μπορεί να αλλαχτεί η σειρά προτεραιότητας των κριτηρίων.

Τέλος, παρότι η διαδικασία ιεράρχησης είναι μία ποσοτικοποιημένη διαδικασία, η οποία βασίζεται σε αντικειμενικά κριτήρια, είναι απαραίτητη η υποκειμενική κρίση κάποιου ειδήμονα για τον καθορισμό της οριακής τιμής των κριτηρίων, που απαιτείται για την ομαδοποίηση των ισόπεδων κόμβων, και την επιλογή της σειράς των κριτηρίων.

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή της παραπάνω διαδικασίας ιεράρχησης θα αποδειχτεί πολύ χρήσιμη, καθώς υπάρχουν πολλά προβλήματα στους ισόπεδους κόμβους των αστικών κέντρων και τα διαθέσιμα κονδύλια για την εφαρμογή βελτιώσεων είναι αρκετά περιορισμένα. Όμως, πρώτα θα πρέπει η πολιτεία να αναπτύξει τα δικά της CRFs, πραγματοποιώντας εκτενή μελέτη στους ισόπεδους κόμβους που βρίσκονται στον ελλαδικό χώρο, τα οποία θα βοηθήσουν στην εκτέλεση της ανάλυσης ασφαλείας, η οποία είναι απαραίτητη για την εφαρμογή της νέας διαδικασίας ιεράρχησης, η οποιασδήποτε άλλης διαδικασίας ιεράρχησης. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που η νέα διαδικασία ιεράρχησης εφαρμόστηκε σε ένα υποθετικό οδικό δίκτυο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Lu και Z. Wang. *Development of a Procedure for Prioritizing Intersections for Improvements Considering Safety and Operational Factors*. Τεχνική Έκθεση, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο της Νότιας Φλόριντας. 2005
2. *Highway Capacity Manual* (2000) Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
3. *Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to Improve the Development of District Safety Improvement Projects*. Τεχνική Έκθεση, Florida Department of Transportation. 2005
4. *White Paper for Module3-Economic Appraisal and Priority Ranking*, www.safetyanalyst.org, Federal Highway Administration.
5. Section 3. Base Models & Section 4. Accident Modification Factors, www.tfhrc.gov/safety/pubs/99207/04.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

Εξίσωση A-1

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{S_p} + \left(0,82 \frac{N_{ped}}{W_E} \right) \text{ για } W_E > 3 \text{ m}$$

$$G_p = 3,2 + \frac{L}{S_p} + (0,27N_{ped}) \text{ για } W_E \leq 3 \text{ m}$$

όπου

G_p = ελάχιστος χρόνος πράσινης ένδειξης (δλ),

L = μήκος διάβασης (m),

S_p = μέση ταχύτητα πεζών (m/sec), (εξορισμού τιμή: $S_p = 1,22$ m/s),

W_E = χρησιμοποιούμενο πλάτος διάβασης (m),

3,2 = χρόνος εκκίνησης πεζών (δλ), και

N_{ped} = αριθμός διασταυρούμενων πεζών ανά περίοδο (πεζοί)

Πίνακας A-1. Κριτήρια στάθμης εξυπηρέτησης για σηματοδοτούμενους κόμβους

Στάθμη Εξυπηρέτησης	Μέση Καθυστέρηση Στάσης ανά Όχημα (δλ)
A	≤10
B	>10 - 20
C	>20 - 35
D	>35 - 55
E	>55 - 80
F	>80

Πίνακας A-2. Εξορισμού συντελεστές προσαρμογής για την αξιοποίηση των λωρίδων

Κινήσεις Ομάδας Λωρίδων	Αριθμός Λωρίδων στην Ομάδα Λωρίδων	Κίνηση στη Λωρίδα με το Μεγαλύτερο Φόρτο (%)	Συντελ. Προσαρ. για Αξιοποίηση Λωρ. (f_{LU})
Ευθεία ή μοιραζόμενη	1	100,0	1,000
	2	52,5	0,952
	3 ^a	36,7	0,908
Αποκλειστική αριστερή στροφή	1	100,0	1,000
	2 ^a	51,5	0,971
Αποκλειστική δεξιά στροφή	1	100,0	1,000
	2 ^a	56,5	0,885

Σημείωση:

a. Αν η ομάδα λωρίδων έχει περισσότερες λωρίδες απ'αυτές του πίνακα, τότε προτείνεται να γίνουν επί τόπου μετρήσεις για τον υπολογισμό του f_{LU} ή χρήση του μικρότερου f_{LU} που φαίνεται στον πίνακα για τον τύπο της ομάδας λωρίδων.

Πίνακας Α-3. Συντελεστές προσαρμογής για την ροή κορεσμού

Συντελεστής	Τύπος	Καθορισμός μεταβλητών	Σημειώσεις
Πλάτος λωρίδας	$f_w = 1 + \frac{(3,281W - 12)}{30}$	W = πλάτος λωρίδας (μέτρα)	W ≥ 2,4 m Αν W > 4,8 m, θεωρούνται δύο λωρίδες
Βαρέα οχήματα	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	%HV = % βαρέα οχήματα για φόρτο ομάδας λωρίδων	E _T = 2,0 ΜΕΑ/HV
Κατά μήκος κλίση	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G = % κλίση πρόσβασης ομάδας λωρίδων	-6 ≤ %G ≤ +10 Αρνητική κλίση θεωρείται η κατωφέρεια
Στάθμευση	$f_r = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$	N = αριθμός λωρίδων στην ομάδα λωρίδων N _m = αριθμός ελιγμών στάθμευσης ανά ώρα	0 ≤ N _m ≤ 180 f _p ≥ 0,050 Χωρίς στάθμευση f _p = 1,000
Παρεμπόδιση λόγω λεωφορείων	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_B}{3600}}{N}$	N = αριθμός λωρίδων στην ομάδα λωρίδων N _B = αριθμός λεωφορείων που σταματούν ανά ώρα	0 ≤ N _B ≤ 250 f _{bb} ≥ 0,050
Τύπος της περιοχής	f _a = 0,900 για κεντρ. εμπορ. περ. f _a = 1,000 για λοιπές περιοχές		
Αξιοποίηση λωρίδας	f _{LU} = v _g / (v _{g1} N)	v _g = ρυθμός ροής χωρίς προσαρμ. της ομάδας λωρ., v _{g1} = ρυθμός ροής χωρίς προσαρμ. της λωρ. με το μεγαλύτερο φόρτο της ομάδας λωρ., οχ/ώρα N = αριθμός λωρίδων στην ομάδα λωρίδων	
Αριστερές στροφές	Προστατευόμενη φάση Αποκλειστική λωρίδα: f _{LT} = 0,95 Μοιραζόμενη λωρίδα: $f_{LT} = \frac{1}{1,0 + 0,05P_{LT}}$	P _{LT} = ποσοστό αριστερών στροφών στην ομάδα λωρίδων	Στην περίπτωση επιτρεπ. φάσης, ο συντελ. υπολογίζεται με τη βοήθεια των συμπληρωματικών φύλλων για επιτρεπόμενες ΑΡ.
Δεξιές στροφές	Αποκλειστική λωρίδα: f _{RT} = 0,85 Μοιραζόμενη λωρίδα: f _{RT} = 1,0 - (0,15)P _{RT} Μία λωρίδα στην πρόσβαση: f _{RT} = 1,0 - (0,135)P _{RT}	P _{RT} = ποσοστό δεξιών στροφών στην ομάδα λωρίδων	f _{RT} ≥ 0,050
Παρεμπόδιση λόγω πεζών και ποδηλάτων	Προσαρμογή ΑΡ: f _{Lpb} = 1,0 - P _{LT} (1 - A _{pbT})(1 - P _{LTA}) Προσαρμογή ΔΕ: f _{Rpb} = 1,0 - P _{RT} (1 - A _{pbT})(1 - P _{RTA})	P _{LT} = ποσοστό αριστερών στροφών στην ομάδα λωρίδων A _{pbT} = προσαρμογή λόγω επιτρεπόμενης φάσης P _{LTA} = ποσοστό ΑΡ που χρησιμοποιούν την προστ. φάση P _{RT} = ποσοστό δεξιών στροφών στην ομάδα λωρίδων P _{RTA} = ποσοστό ΔΕ που χρησιμοποιούν την προστ. φάση	Ο συντελεστής υπολογίζεται με τη βοήθεια του συμπληρωματικού φύλλου για την επίδραση πεζών και ποδηλάτων πάνω σε επιτρεπόμενες αριστερές και δεξιές στροφές.

Πίνακας A-4. Συσχέτιση μεταξύ τύπου αφίξεως και συντελεστή φάλαγγας (R_p)

Τύπος Αφίξεως	Διακύμανση του Συντελεστή Φάλαγγας (R_p)	Εξ ορισμού Τιμή (R_p)	Ποιότητα Προόδου
1	$\leq 0,50$	0,333	Πολύ φτωχή
2	$>0,50 - 0,85$	0,667	Δυσμενής
3	$>0,85 - 1,15$	1,000	Τυχαίες αφίξεις
4	$>1,15 - 1,50$	1,333	Ευνοϊκή
5	$>1,50 - 2,00$	1,667	Πολύ ευνοϊκή
6	$>2,00$	2,000	Εξαιρετική

Πίνακας A-5. Συντελεστής προσαρμογής λόγω συντονισμού PF, για τον υπολογισμό της ομοιόμορφης καθυστέρησης

Λόγος ΧΧΠ προς διάρκεια περιόδου (g/C)	Τύπος Αφίξεων					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
f_{PA}	1,00	0,93	1,00	1,15	1,00	1,00
Εξ ορισμού R_p	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

Πίνακας A-6. Συντελεστής ισοδυναμίας οχημάτων που κινούνται ευθεία, E_{L1} , για επιτρεπόμενες αριστερές στροφές

Τύπος Λωρίδας Αριστερής Στροφής	Ενεργός Ρυθμός Ροής της Αντίθετης Πρόσβασης, $v_{oe} = v_o/f_{LUD}$						
	1	200	400	600	800	1000	1200
Μοιραζόμενη	1,4	1,7	2,1	2,5	3,1	3,7	4,5
Αποκλειστική	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,3	4,0

Πίνακας A-7. Τιμές του συντελεστή k για την επίδραση του τύπου σηματοδότησης

Χρονικό Διάστημα Επιμήκυνσης ανά Όχημα (δλ)	Βαθμός Κορεσμού (X)					
	$\leq 0,50$	0,60	0,70	0,80	0,90	$\geq 1,0$
$\leq 2,0$	0,04	0,13	0,22	0,32	0,41	0,50
2,5	0,08	0,16	0,25	0,33	0,42	0,50
3,0	0,11	0,19	0,27	0,34	0,42	0,50
3,5	0,13	0,20	0,28	0,35	0,43	0,50
4,0	0,15	0,22	0,29	0,36	0,43	0,50
4,5	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50
5	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45	0,50
Σηματοδότηση σταθερού χρόνου	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Πίνακας Α-8. Υπολογισμός συντελεστή προσαρμογής για αριστερή στροφή από μοιραζόμενη λωρίδα

Επιτρεπόμενη Αριστερή Στροφή	
Ομάδα λωρίδων με 2 ή περισσότερες λωρίδες:	Υπόκειται σε μία ελάχιστη τιμή που εφαρμόζεται για πολύ χαμηλούς φόρτους αριστερής στροφής, όταν κάποιες περιόδους δε θα έχουν καμία αριστερή στροφή:
$f_{DL} = \frac{(N_{TH} - 1) + e^{\left[\frac{-N_{TH} V_L E_{LI}}{600} \right]}}{N_{TH}}$	$f_{DL(min)} = \frac{(N_{TH} - 1) + e^{\left[\frac{-V_L C_{max}}{3600} \right]}}{N_{TH}}$

Ομάδα λωρίδων με μόνο μία λωρίδα για όλες τις κινήσεις:

$$f_{DL} = e^{\left[-0,02(E_{LI} + 10P_{LT}) \frac{V_L C_{max}}{3600} \right]}$$

Προστατευόμενη+Επιτρεπόμενη Αριστερή Στροφή

Αν $V_o < 1220$

Αν $V_o \geq 1220$

$$f_{DL} = \frac{1}{1 + \left(\frac{P_{LT}(235 + 0,435V_o)}{1400 - V_o} \right)}$$

$$f_{DL} = \frac{1}{1 + 4,525P_{LT}}$$

Πίνακας Α-9. Σύνοψη προγραμμάτων φάσεων σηματοδότησης για τη μέθοδο γρήγορ. εκτίμησης

Πρόγραμμα Φάσεων	Αριθμός Φάσης	Απολυμ. χρόνος (δλ)	Ανατολή-Δύση		Βορράς-Νότος	
			Κωδικός Κίνησης	Κρίσιμος Φόρτος	Κωδικός Κίνησης	Κρίσιμος Φόρτος
1	1	4	ΠΑΠΔΕΥ	Max(ΠΑΕΥ, ΠΑΑΡ, ΠΔΕΥ, ΠΔΑΡ)	ΠΒΠΝΕΥ	Max(ΠΒΕΥ, ΠΒΑΡ, ΠΝΕΥ, ΠΝΑΡ)
2a	1	4	ΠΔΕΥΑΡ	ΠΔΑΡ	ΠΝΕΥΑΡ	ΠΝΑΡ
	2	4	ΠΑΠΔΕΥ	Max(ΠΔΕΥ-ΠΔΑΡ, ΠΑΕΥ)	ΠΒΠΝΕΥ	Max(ΠΝΕΥ-ΠΝΑΡ, ΠΒΕΥ)
2b	1	4	ΠΑΕΥΑΡ	ΠΑΑΡ	ΠΒΕΥΑΡ	ΠΒΑΡ
	2	4	ΠΑΠΔΕΥ	Max(ΠΑΕΥ-ΠΑΑΡ, ΠΔΕΥ)	ΠΒΠΝΕΥ	Max(ΠΒΕΥ-ΠΒΑΡ, ΠΝΕΥ)
3a	1	4	ΠΑΠΔΑΡ	ΠΔΑΡ	ΠΒΠΝΑΡ	ΠΝΑΡ
	2	0	ΠΑΕΥΑΡ	ΠΑΑΡ-ΠΔΑΡ	ΠΒΕΥΑΡ	ΠΒΑΡ-ΠΝΑΡ
	3	4	ΠΑΠΔΕΥ	Max(ΠΔΕΥ, ΠΑΕΥ-(ΠΑΑΡ-ΠΔΑΡ))	ΠΒΠΝΕΥ	Max(ΠΝΕΥ, ΠΒΕΥ-(ΠΒΑΡ-ΠΝΑΡ))
3b	1	4	ΠΑΠΔΑΡ	ΠΑΑΡ	ΠΒΠΝΑΡ	ΠΒΑΡ
	2	0	ΠΔΕΥΑΡ	ΠΔΑΡ-ΠΑΑΡ	ΠΝΕΥΑΡ	ΠΝΑΡ-ΠΒΑΡ
	3	4	ΠΑΠΔΕΥ	Max(ΠΑΕΥ, ΠΔΕΥ-(ΠΔΑΡ-ΠΑΑΡ))	ΠΒΠΝΕΥ	Max(ΠΒΕΥ, ΠΝΕΥ-(ΠΝΑΡ-ΠΒΑΡ))
4	1	4	ΠΑΕΥΑΡ	Max(ΠΑΕΥ, ΠΑΑΡ)	ΠΒΕΥΑΡ	Max(ΠΒΕΥ, ΠΒΑΡ)
	2	4	ΠΔΕΥΑΡ	Max(ΠΔΕΥ, ΠΔΑΡ)	ΠΝΕΥΑΡ	Max(ΠΝΕΥ, ΠΝΑΡ)

Πίνακας Α-10. Κριτήρια κατάστασης κόμβου για ανάλυση σχεδιασμού σηματοδοτ. κόμβου

Κρίσιμος Λόγος v/c (X_{cm})	Συσχετισμός με την Κυκλοφοριακή Ικανότητα
$X_{cm} \leq 0,85$	Κάτω από την κυκλοφοριακή ικανότητα
$> 0,85 - 0,95$	Κοντά στην κυκλοφοριακή ικανότητα
$> 0,95 - 1,00$	Στην κυκλοφοριακή ικανότητα
$X_{cm} > 1,00$	Πάνω από την κυκλοφοριακή ικανότητα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΗ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΜΕΝΩΝ ΚΟΜΒΩΝ

Εξίσωση Β-1

$$c_{p,x} = v_{c,x} \frac{e^{-v_{c,x} t_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-v_{c,x} t_{c,x} / 3600}}$$

όπου

$c_{p,x}$ = δυνατή κυκλοφοριακή ικανότητα της δευτερεύουσας κίνησης x (οχή/ώρα),
 $v_{c,x}$ = ρυθμός ροής διασταυρούμενης κυκλοφορίας με την κίνηση x (οχή/ώρα),
 $t_{c,x}$ = κρίσιμο διάστημα (δηλ. ο ελάχιστος χρόνος που επιτρέπει είσοδο στο κύριο κυκλοφοριακό ρεύμα ενός οχήματος της δευτερεύουσας οδού) για την κίνηση x (δλ), και
 $t_{f,x}$ = χρόνος εξακολούθησης (δηλ. ο χρόνος μεταξύ της εκκίνησης ενός οχήματος της δευτερεύουσας οδού και της εκκίνησης του επόμενου, χρησιμοποιώντας το ίδιο κενό στη ροή της κύριας οδού) για την κίνηση x (δλ)

Εξίσωση Β-2

$$p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{c_{m,j}}$$

όπου $j = 1, 4$ (αριστερές στροφές κύριας οδού της 2^{ης} Τάξης)

Εξίσωση Β-3

$$p' = 0,65 p'' - \frac{p''}{p'' + 3} + 0,6 \sqrt{p''}$$

όπου

p' = προσαρμογή στο συντέλεστη παρεμπόδισης λόγω των αριστερών στροφών από τη κύρια οδό και της ευθείας κίνησης από τη δευτερεύουσα οδό,
 $p'' = (p_{0,j})(p_{0,k})$,
 $p_{0,j}$ = η πιθανότητα υπάρξης κατάστασης χωρίς "ουρά" για την εμπλεκόμενη με τις αριστερές στροφές της κύριας οδού κυκλοφορία, και
 $p_{0,k}$ = η πιθανότητα υπάρξης κατάστασης χωρίς "ουρά" για την εμπλεκόμενη με τις ευθείες κινήσεις της δευτερεύουσας οδού κυκλοφορία

Εξίσωση B-4

$$f_{pb} = \frac{(v_x) \left(\frac{w}{S_p} \right)}{3600}$$

όπου

f_{pb} = συντελεστής παρεμπόδισης κυκλοφορίας λόγω πεζών, το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο μία λωρίδα σε μία πρόσβαση είναι "μπλοκαρισμένη" κατά τη διάρκεια 1 ώρας
 v_x = αριθμός ομάδων πεζών, όπου x η Κίνηση 13, 14, 15, ή 16, όπως περιγράφεται στην εξίσωση B-33 ($v_x = N_p$),

w = πλάτος λωρίδας (m), και

S_p = μέση ταχύτητα πεζών (m/sec), (εξ ορισμού τιμή: $S_p = 1,22$ m/s)

Εξίσωση B-5

$$p_{p,x} = 1 - f_{pb}$$

όπου

$p_{p,x}$ = ο συντελεστής παρεμπόδισης λόγω πεζών για την κίνηση πεζών x

f_{pb} = συντελεστής παρεμπόδισης κυκλοφορίας λόγω πεζών, το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο μία λωρίδα σε μία πρόσβαση είναι "μπλοκαρισμένη" κατά τη διάρκεια 1 ώρας

Εξίσωση B-6

$$p_{0,j}^* = 1 - \frac{1 - p_{0,j}}{1 - \left(\frac{v_{i1}}{s_{i1}} + \frac{v_{i2}}{s_{i2}} \right)}$$

όπου

$p_{0,j}$ = η πιθανότητα υπάρξης κατάστασης χωρίς "ουρά" για την κίνηση j, υποθέτωντας την ύπαρξη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής στην κύρια οδό,

j = 1, 4 (κυκλοφοριακά ρεύματα αριστερής στροφής κύριας οδού),

i1 = 2, 5 (κυκλοφοριακά ρεύματα ευθείας κίνησης κύριας οδού),

i2 = 3, 6 (κυκλοφοριακά ρεύματα δεξιάς στροφής κύριας οδού),

s_{i1} = ροή κορεσμού για τα κυκλοφοριακά ρεύματα ευθείας κίνησης κύριας οδού (οχ/ώρα) (αυτή η παραμετρος μπορεί να υπολογισθεί στο πεδίο μετρήσεων),

s_{i2} = ροή κορεσμού για τα κυκλοφοριακά ρεύματα δεξιάς στροφής κύριας οδού (οχ/ώρα) (αυτή η παραμετρος μπορεί να υπολογισθεί στο πεδίο μετρήσεων),

v_{i1} = ρυθμός ροής κυκλοφοριακών ρευμάτων ευθείας κίνησης κύριας οδού (οχ/ώρα), και

v_{i2} = ρυθμός ροής κυκλοφοριακών ρευμάτων δεξιάς στροφής κύριας οδού (ίσος με 0 αν παρέχεται αποκλειστική λωρίδα δεξιάς στροφής) (οχ/ώρα)

Εξίσωση B-7

$$P = R_p (g_{\text{eff}}/C), \quad P \leq 1,0$$

όπου R_p είναι συνάρτηση του τύπου άφιξης (Πίνακας A-4)

Εξίσωση B-8

$$g_{q1} = \frac{v_{\text{prog}} C(1-P)}{s}$$

όπου v_{prog} είναι είτε το $v_{T,\text{prog}}$ είτε το $v_{L,\text{prot}}$ και s είναι η ροή κορεσμού της ευθείας κίνησης ή της αριστερής στροφής του ανάντη σηματοδοτούμενου κόμβου

Εξίσωση B-9

$$g_{q2} = \frac{v_{\text{prog}} C P g_{q1}}{s g_{\text{eff}} - v_{\text{prog}} C P}$$

όπου v_{prog} είναι είτε το $v_{T,\text{prog}}$ είτε το $v_{L,\text{prot}}$

Εξίσωση B-10

$$g_q = g_{q1} + g_{q2}$$

όπου το g_q είναι μικρότερο ή ίσο με το g_{eff}

Εξίσωση B-11

$$v_{c,\text{max}} = sf[1-(1-F)^{g_q}]$$

$$v_{c,\text{min}} = 3600N/t_c$$

Εξίσωση B-12

Αν $v_{c,\min} < sf$ και $v_{c,\max} \geq v_{c,\min}$ και $v_{c,\max} \geq v_{\text{prog}}R_{pf}$, τότε

$$t_{p,i} = g_q - \frac{\ln \left[\left(1 - \frac{v_{c,\min}}{sf} \right) \left(\frac{v_{c,\max} - v_{\text{prog}}R_{pf}}{v_{c,\min} - v_{\text{prog}}R_{pf}} \right) \right]}{\ln(1 - F)}$$

Αν $v_{c,\min} \geq sf$ ή $v_{c,\max} \leq v_{c,\min}$, τότε

$$t_{p,i} = 0$$

Αν $v_{c,\min} < sf$ και $v_{c,\max} \geq v_{c,\min}$ και $v_{\text{prog}}R_{pf} \geq v_{c,\min}$, τότε

$$t_{p,i} = C \left(\frac{v_{\text{prog}}}{v_{c,\min}} \right)$$

Το i είναι ίσο με T για την περίοδο που είναι "μπλοκαρισμένος" ο κόμβος εξαιτίας της φάλαγγας που δημιουργείται από την ευθεία κίνηση του ανάντη σηματοδοτούμενου κόμβου, και ίσο με L για την περίοδο που είναι "μπλοκαρισμένος" εξαιτίας της φάλαγγας που δημιουργείται από την αριστερή στροφής του ανάντη σηματοδοτούμενου κόμβου.

Εξίσωση B-13

$$p_i = \frac{t_{p,T} + t_{p,L}}{C}$$

Το i υποδηλώνει είτε την Κίνηση 2, είτε την Κίνηση 5.

Εξίσωση B-14

$$p_{\text{dom}} = \text{Max}(p_2, p_5)$$

Το p_{dom} είναι η δεσπόζουσα φάλαγγα.

Εξίσωση B-15

$$p_{\text{subo}} = \text{Min}(p_2, p_5)$$

Το p_{subo} είναι η δευτερεύουσα φάλαγγα.

Εξίσωση B-16

$$p_{\text{dom}} + (p_{\text{subo}}/2) \leq 1$$

Αμα ισχύει η παραπάνω σχέση, τότε έχουμε αβίαστες συνθήκες.

Εξίσωση B-17

$$p_{\text{dom}} + (p_{\text{subo}}/2) > 1$$

Αμα ισχύει η παραπάνω σχέση, τότε έχουμε καταναγκαστικές συνθήκες.

Εξίσωση B-18

Αν $v_{c,x} > s(1-p_x)$, τότε

$$v_{c,u,x} = \frac{v_{c,x} - s(1-p)}{p_x}$$

όπου

$v_{c,x}$ = ρυθμός ροής της συνολικής διασταυρούμενης κυκλοφορίας με την κίνηση x, όπως αυτός καθορίζεται από τον Πίνακα B-5

s = ροή κορεσμού της κύριας κίνησης, η οποία αποτελεί τη διασταυρούμενη κυκλοφορία με την κίνηση x, κατά τη διάρκεια της περιόδου που ο κόμβος είναι "μπλοκαρισμένος", και

p_x = ποσοστό του χρόνου, κατά το οποίο η υπό μελέτη κίνηση x είναι "μπλοκαρισμένη" από τη φάλαγγα της κύριας οδού, όπως καθορίζεται από τον Πίνακα B-4

Ειδάλλως, $v_{c,u,x} = 0$

Εξίσωση B-19

$$C_{\text{plat},x} = p_x C_{r,x}$$

όπου

$C_{\text{plat},x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα για την κίνηση x, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση των φαλαγγών που προέρχονται από τους ανάντη σηματοδοτούμενους κόμβους,

p_x = ποσοστό του χρόνου, κατά το οποίο η υπό μελέτη κίνηση x είναι "μπλοκαρισμένη" από τη φάλαγγα της κύριας οδού, και

$C_{r,x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα για την κίνηση x, υποθέτωντας τυχαίες αφίξεις κατά τη διάρκεια που ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος", χρησιμοποιώντας το διασταυρούμενο φόρτο $v_{c,u,x}$ και την εξίσωση B-1

Εξισώσεις B-20 & B-21

$$a = 1 - 0,32e^{-1,3\sqrt{m}} \quad \text{για } m > 0$$

$$y = \frac{c_I - c_{m,x}}{c_{II} - v_L - c_{m,x}}$$

όπου

m = αριθμός θέσεων "αποθήκευσης" στη νησίδα,

c_I = κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης για τη διαδικασία της Φάσης I (οχ/ώρα),

c_{II} = κυκλοφοριακή ικανότητα κίνησης για τη διαδικασία της Φάσης II (οχ/ώρα),

v_L = ρυθμός ροής αριστερής στροφής κύριας οδού, είτε V_1 (για τις κινήσεις 7 & 8), είτε V_4 (για τις κινήσεις 10 & 11) (οχ/ώρα), και

$c_{m,x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα της υπό μελέτη κίνησης, λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό διασταυρούμενο φόρτο και για τις δύο φάσεις της διαδικασίας αποδοχής κενού σε 2 φάσεις

Εξίσωση B-22

Για $y \neq 1$

$$c_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} \left[y(y^m - 1)(c_{II} - v_L) + (y - 1)c_{m,x} \right]$$

Για $y = 1$

$$c_T = \frac{a}{m + 1} \left[m(c_{II} - v_L) + c_{m,x} \right]$$

Εξίσωση B-23

$$Q_{sep} = \frac{d_{sep} V_{sep}}{3600}$$

όπου

Q_{sep} = μέσο μήκος "ουράς" για την κίνηση, θεωρώντας τη λωρίδα ως αποκλειστική για την υπό μελέτη κίνηση (οχ),

d_{sep} = καθυστέρηση στάσης για την κίνηση, θεωρώντας τη λωρίδα ως αποκλειστική για την υπό μελέτη κίνηση (δλ), και

V_{sep} = ρυθμός ροής για την κίνηση (οχ/ώρα)

Εξίσωση B-24

$$n_{Max} = \text{Max}_i \text{ στρογγυλοποιημένο}(Q_{sep,i} + 1)$$

όπου

Q_{sep} = μέσο μήκος "ουράς" για την κίνηση, θεωρώντας τη λωρίδα ως αποκλειστική για την υπό μελέτη κίνηση (οχ),

n_{Max} = μήκος της περιοχής "αποθήκευσης", ώστε η πρόσβαση να λειτουργεί σαν να διαθέτει ξεχωριστές λωρίδες για κάθε κίνηση

Εξίσωση B-25

Αν $n \leq n_{Max}$

$$c_{act} = \left(\sum_i c_{sep} - c_{SH} \right) \frac{n}{n_{Max}} + c_{SH}$$

Αν $n > n_{Max}$

$$c_{act} = \sum_i c_{sep}$$

όπου

c_{act} = πραγματική κυκλοφοριακή ικανότητα της χοανοειδούς πρόσβασης (οχ/ώρα),

c_{sep} = κυκλοφοριακή ικανότητα της πρόσβασης, αν για κάθε κίνηση υπήρχε ξεχωριστή λωρίδα (οχ/ώρα),

c_{SH} = κυκλοφοριακή ικανότητα της λωρίδας, όταν όλη η κυκλοφορία είναι σε μία λωρίδα (οχ/ώρα), και

n = πραγματική περιοχή αποθήκευσης

Εξίσωση B-26

$$Q_{95} \approx 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{150T}} \right] \left(\frac{c_{m,x}}{3600} \right)$$

όπου

Q_{95} = μήκος "ουράς" (οχ),

v_x = ρυθμός ροής για την κίνηση x (οχ/ώρα),

$c_{m,x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα για την κίνηση x (οχ/ώρα), και

T = διάρκεια περιόδου ανάλυσης (ώρες) ($T = 0,25$ για περίοδο ανάλυσης 15 λεπτών)

Εξίσωση B-27

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{450 T}} \right] + 5$$

όπου

v_x = ρυθμός ροής για την κίνηση x (οχ/ώρα),

$c_{m,x}$ = κυκλοφοριακή ικανότητα για την κίνηση x (οχ/ώρα), και

T = διάρκεια περιόδου ανάλυσης (ώρες) (T = 0,25 για περίοδο ανάλυσης 15 λεπτών)

Εξίσωση B-28

Για N > 1

$$d_{\text{Τάξης1}} = \frac{(1 - p_{0,j}^*) d_{\text{MLT}} \left(\frac{v_{11}}{N} \right)}{v_{11} + v_{12}}$$

Για N = 1

$$d_{\text{Τάξης1}} = (1 - p_{0,j}^*) d_{\text{MLT}}$$

όπου

$d_{\text{Τάξης1}}$ = καθυστέρηση των οχημάτων 1^{ης} Τάξης (δλ/οχ),

N = αριθμός λωρίδων ευθείας κίνησης ανά κατεύθυνση στην κύρια οδό,

$p_{0,j}^*$ = ποσοστό οχημάτων 1^{ης} Τάξης, που δεν είναι "μπλοκαρισμένα" (δλ/οχ),

v_{11} = αριθμός οχημάτων της κύριας οδού που κινούνται ευθεία στη μοιραζόμενη λωρίδα (οχ/ώρα), και

v_{12} = αριθμός οχημάτων της κύριας οδού που στρέφουν δεξιά στη μοιραζόμενη λωρίδα (οχ/ώρα)

Εξίσωση B-29

$$d_A = \frac{d_r v_r + d_t v_t + d_l v_l}{v_r + v_t + v_l}$$

όπου

d_A = καθυστέρηση στάσης στην πρόσβαση (δλ/οχ),

d_r, d_t, d_l = καθυστέρηση στάσης για τη δεξιά στροφή, την ευθεία κίνηση και την αριστερή στροφή, αντίστοιχα (δλ/οχ), και

v_r, v_t, v_l = φόρτος ή ρυθμός ροής της δεξιά στροφή, της ευθείας κίνησης και της αριστερής στροφής, αντίστοιχα (οχ/ώρα).

Εξίσωση B-30

$$d_I = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}}$$

όπου

$d_{A,x}$ = καθυστέρηση στάσης στην πρόσβαση x (δλ/οχ), και

$v_{A,x}$ = φόρτος ή ρυθμός ροής στην πρόσβαση x (οχ/ώρα).

Εξίσωση B-31

$$t_{cp} = \frac{L}{S_p} + t_s$$

όπου

t_{cp} = κρίσιμο διάστημα για ένα πεζό (δλ),

S_p = μέση ταχύτητα πεζών (m/sec), (εξ ορισμού τιμή: $S_p = 1,22$ m/s)

L = μήκος διάβασης (m), και

t_s = χρόνος εκκίνησης πεζών (δλ), (εξ ορισμού τιμή: $t_s = 3,2$ δλ).

Εξίσωση B-32

$$N_e = \frac{v_p e^{v_p t_{cp}} + v e^{-v t_{cp}}}{(v_p + v) e^{(v_p - v) t_{cp}}}$$

όπου

- N_c = μέγεθος μίας τυπικής φάλαγγας πεζών που διασχίζει την πρόσβαση (πεζοί),
- v_p = ρυθμός ροής πεζών (πεζοί/δλ),
- v = ρυθμός ροής οχημάτων της πρόσβασης που διασχίζουν οι πεζοί (οχ/δλ), και
- t_{cp} = κρίσιμο διάστημα για ένα πεζό (δλ).

Εξίσωση B-33

$$N_p = \text{INT} \left[\frac{8,0(N_c - 1)}{3,281 W_E} \right] + 1$$

όπου

- N_p = χωρική κατανομή πεζών (πεζοί),
- N_c = μέγεθος μίας τυπικής φάλαγγας πεζών που διασχίζει την πρόσβαση (πεζοί),
- W_E = χρησιμοποιούμενο πλάτος διάβασης (m),
- INT = στρογγυλοποίηση ενός αριθμού προς τα κάτω στον πλησιέστερο ακέραιο.

Πίνακας Β-1. Κριτήρια στάθμης εξυπηρέτησης για μη σηματοδοτούμενους κόμβους με STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού

Στάθμη Εξυπηρέτησης	Μέση Καθυστέρηση Στάσης ανά Όχημα (δλ)
A	0 - 10
B	>10 - 15
C	>15 - 25
D	>25 - 35
E	>35 - 50
F	>50

Πίνακας Β-2. Κρίσιμο διάστημα και χρόνος εξακολούθησης υπό ιδανικές συνθήκες για μη σηματοδοτούμενους κόμβους με STOP στις προσβάσεις της δευτερεύουσας οδού

Κίνηση Οχήματος	Κρίσιμο Διάστημα υπό Ιδανικές Συνθήκες, $t_{c,base}$ (δλ)		Χρόνος Εξακολούθησης υπό Ιδανικές Συνθήκες, $t_{f,base}$ (δλ)
	Κύρια Οδός με 2 Λωρίδες	Κύρια Οδός με 4 Λωρίδες	
Αριστερή στροφή από κύρια οδό	4,1	4,1	2,2
Δεξιά στροφή από δευτερεύουσα	6,2	6,9	3,3
Ευθεία κίνηση στη δευτερεύουσα	6,5	6,5	4,0
Αριστ. στροφή από δευτερεύουσα	7,1	7,5	3,5

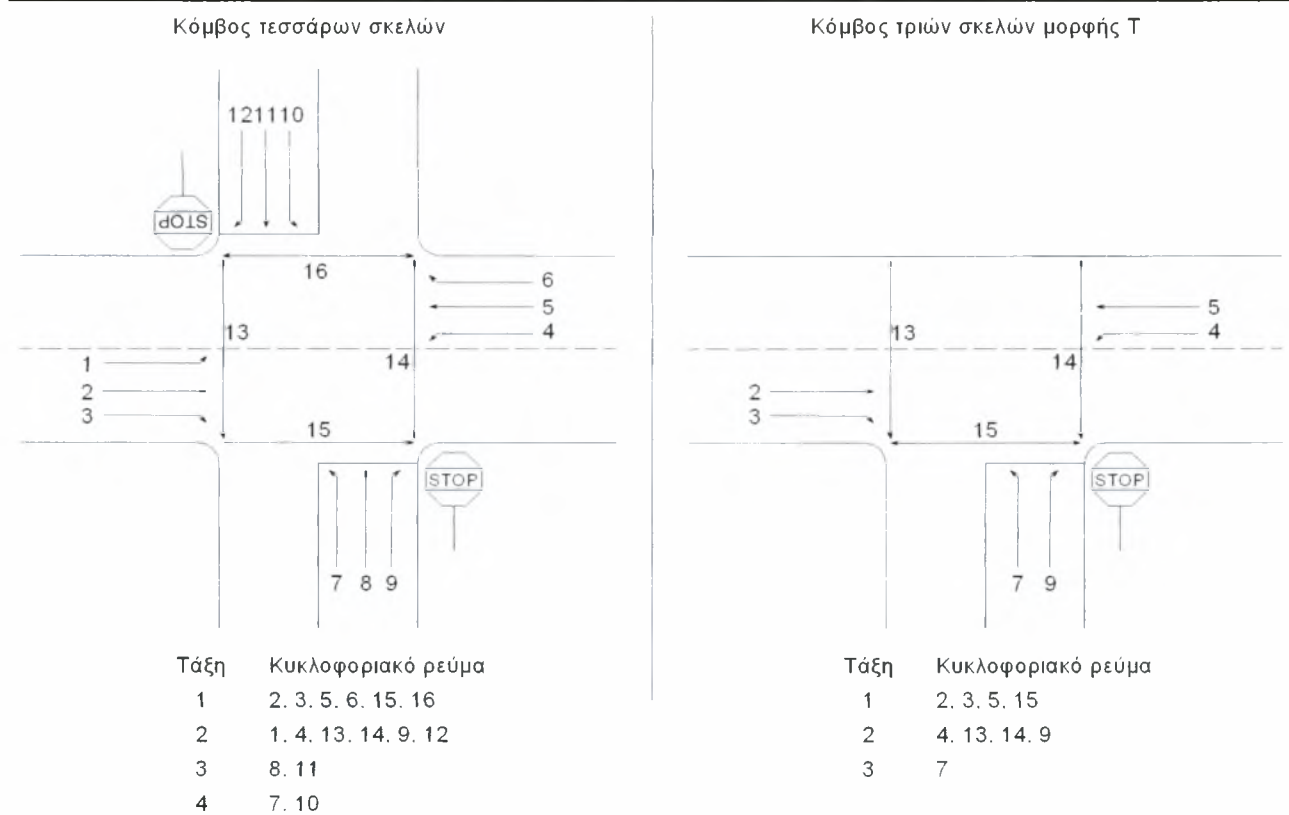
Πίνακας Β-3. Συντελεστής διασποράς φάλαγγας

Τύπος Νησίδα	Συντελεστής α		
	2 λωρίδες ΕΥ	4 λωρίδες ΕΥ	6 λωρίδες ΕΥ
Χωρίς νησίδα	0,55	0,50	0,40
Υπερυψωμένο κράσπεδο	0,45	0,40	0,35
TWLT	0,40	0,35	0,30

Πίνακας Β-4. Ποσοστό της περιόδου ανάλυσης κατά το οποίο ο κόμβος δεν είναι "μπλοκαρισμένος" για κάθε δευτερεύουσα κίνηση (μέση κατάσταση)

Ποσοστό για κάθε Κίνηση, ρ_x	Αβίαστες Συνθήκες	Καταναγκαστικές Συνθήκες
ρ_1	$1 - \rho_5$	$1 - \rho_5$
ρ_4	$1 - \rho_2$	$1 - \rho_2$
ρ_7	$1 - (\rho_{dom} + \rho_{subo}/2)$	0
ρ_8	$1 - (\rho_{dom} + \rho_{subo}/2)$	0
ρ_9	$1 - \rho_2$	$1 - \rho_2$
ρ_{10}	$1 - (\rho_{dom} + \rho_{subo}/2)$	0
ρ_{11}	$1 - (\rho_{dom} + \rho_{subo}/2)$	0
ρ_{12}	$1 - \rho_5$	$1 - \rho_5$

Πίνακας Β-5. Καθορισμός και υπολογισμός των διασταυρούμενων φόρτων



Υπό Μελέτη Κίνηση		Ρυθμός Ροής Διασταυρούμενης Κυκλοφορίας	
Αριστερή Στροφή Κύριας Οδού	1		$v_{c,1} = v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$
	4		$v_{c,4} = v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Δεξιά Στροφή Δευτερεύουσας Οδού	9		$v_{c,9} = v_2/N^{[b]} + 0,5v_3^{[c]} + v_{14} + v_{15}$
	12		$v_{c,12} = v_5/N^{[b]} + 0,5v_6^{[c]} + v_{13} + v_{16}$
Ευθεία Κίνηση Δευτερεύουσας Οδού	8	Φάση 1	$v_{c,l,8} = 2v_1 + v_2 + 0,5v_3^{[c]} + v_{15}$
		Φάση 2	$v_{c,ll,8} = 2v_4 + v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$
	11	Φάση 1	$v_{c,l,11} = 2v_4 + v_5 + 0,5v_6^{[c]} + v_{16}$
		Φάση 2	$v_{c,ll,11} = 2v_1 + v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Αριστερή Στροφή Δευτερεύουσας Οδού	7	Φάση 1	$v_{c,l,7} = 2v_1 + v_2 + 0,5v_3^{[c]} + v_{15}$
		Φάση 2	$v_{c,ll,7} = 2v_4 + v_5/N + 0,5v_6^{[d]} + 0,5v_{12}^{[e, \eta]} + 0,5v_{11} + v_{13}$
	10	Φάση 1	$v_{c,l,10} = 2v_4 + v_5 + 0,5v_6^{[c]} + v_{16}$
		Φάση 2	$v_{c,ll,10} = 2v_1 + v_2/N + 0,5v_3^{[d]} + 0,5v_9^{[e, \eta]} + 0,5v_8 + v_{14}$

[a] Αν το κυκλοφοριακό ρεύμα της κύριας οδού που στρέφει δεξιά διαχωρίζεται με κατευθυντήρια νησίδα και πρέπει να "συμμορφωθεί" με STOP ή με τριγωνικό σήμα παραχώρησης της προτεραιότητας, τότε το v_6 και το v_3 δεν χρειάζεται να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς.

[b] Αν υπάρχουν περισσότερες από μία λωρίδες στην κύρια οδό, ο ρυθμός ροής στη δεξιά λωρίδα είναι ίσος με v_2/N ή v_5/N , όπου N ο αριθμός των λωρίδων ευθείας κίνησης.

[c] Αν υπάρχει λωρίδα δεξιάς στροφής στην κύρια οδό, το v_3 ή το v_6 δεν χρειάζεται να συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς.

[d] Παρέλειψε τη δεξιά στροφή v_3 για την Υπό Μελέτη Κίνηση 10, ή το v_6 για την Υπό Μελέτη Κίνηση 7, αν η κύρια οδός έχει περισσότερες από μία λωρίδες ανά κατεύθυνση.

[e] Αν το κυκλοφοριακό ρεύμα της δευτερεύουσας οδού που στρέφει δεξιά διαχωρίζεται με κατευθυντήρια νησίδα και πρέπει να "συμμορφωθεί" με STOP ή με τριγωνικό σήμα παραχώρησης της προτεραιότητας, τότε το v_9 και το v_{12} δεν χρειάζεται να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς.

[f] Παρέλειψε το v_9 και το v_{12} για κόμβους με περισσότερες από μία λωρίδες ανά κατεύθυνση, ή χρησιμοποίησε τη μισή τους τιμή αν η πρόσβαση της δευτερεύουσας οδού είναι χανοειδής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Γ.1 Συντελεστές Μείωσης Ατυχημάτων (CRFs)

Ο Συντελεστής Μείωσης Ατυχημάτων (CRF) είναι μία σταθερά που αναπαριστά το ποσοστό της μείωσης των ατυχημάτων λόγω μίας βελτίωσης ασφαλείας (π.χ. προσθήκη αποκλειστικής λωρίδας αριστερής στροφής) σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία ή κατά μήκος ενός συγκεκριμένου τμήματος μίας οδού. Οι τιμές των CRFs κυμαίνονται συνήθως από 0,10 έως 0,90. Μεγαλύτεροι CRFs υποδηλώνουν σημαντικότερη μείωση ατυχημάτων λόγω της βελτίωσης. Για να κατανοηθεί καλύτερα η φύση των CRFs, θεωρήστε ένα τμήμα μίας οδού με συχνότητα ατυχημάτων ίση με 3,0 ατυχήματα/έτος. Μία βελτίωση πραγματοποιείται στο τμήμα αυτό και, μετά το πέρασμα κάποιας περιόδου, μία νέα αποτίμηση δείχνει ότι η βελτίωση είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της συχνότητας ατυχημάτων σε 2,0 ατυχήματα/έτος. Το CRF για τη συγκεκριμένη βελτίωση ισούται με 0,33 (= [3,0 – 2,0]/3,0), αντιπροσωπεύοντας μια μείωση ατυχημάτων ίση με 33%.

Συχνά εφαρμόζονται περισσότερες από μία βελτιώσεις σε ένα τμήμα μίας οδού ή σε έναν ισόπεδο κόμβο, όπως συμβαίνει στον Ισόπεδο Κόμβο 1 της εφαρμογής του Κεφαλαίου 3. Για να υπολογιστεί η συνδυασμένη επίδραση των μέτρων βελτίωσης χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση.

$$CRF_c = 1 - (1 - CRF_1) \times (1 - CRF_2) \times (1 - CRF_3) \times \dots \times (1 - CRF_n) \quad (\Gamma-1)$$

όπου

$$CRF_c = \text{ενιαίο CRF για τα } n \text{ μέτρα βελτίωσης.}$$

Στις Η.Π.Α, αρκετές πολιτείες έχουν αναπτύξει δικά τους CRFs πραγματοποιώντας μελέτες “Πριν” και “Μετά” στα οδικά τους δίκτυα. Ορισμένες πολιτείες έχουν υιοθετήσει τα CRFs άλλων πολιτειών ή έχουν αντλήσει CRFs από σχετική βιβλιογραφία. Τα CRFs που χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή του Κεφαλαίου 3 αποτελούν ένα μέσο όρο των CRFs που χρησιμοποιούνται στις διάφορες πολιτείες των Η.Π.Α [3].

Σε αντιστοιχία με τα CRFs, υπάρχουν τα AMFs¹¹, οι συντελεστές μεταβολής ατυχημάτων, οι οποίοι πολλαπλασιαζόμενοι με το συνολικό αριθμό των ατυχημάτων δίνουν τον αριθμό των ατυχημάτων μετά την εφαρμογή της βελτίωσης. Η σχέση, δηλαδή, που συνδέει τα CRFs με τα AMFs είναι η εξής:

$$AMF = 1 - CRF \quad (\Gamma-2)$$

¹¹ Accident Modification Factors

Γ.2 SPFs, Μοντέλα Πρόβλεψης Ατυχημάτων

Τα SPFs είναι εξισώσεις που συναρτήσκει των κυκλοφοριακών φόρτων και των γεωμετρικών στοιχείων προβλέπουν τον αριθμό των ατυχημάτων σε ένα τμήμα μίας οδού ή σε ένα ισόπεδο κόμβο. Η παρούσα διπλωματική εργασία υιοθετεί τα SPFs που έχει αναπτύξει το FHWA [5] για ισόπεδους σηματοδοτούμενους κόμβους τεσσάρων σκελών και για ισόπεδους κόμβους τεσσάρων σκελών χωρίς σηματοδότηση (TWSC).

Για ισόπεδους σηματοδοτούμενους κόμβους τεσσάρων σκελών χρησιμοποιείται το παρακάτω μοντέλο [5]:

$$N_j = \exp(-5,46 + 0,60 \ln EMHK_1 + 0,20 \ln EMHK_2 - 0,40 PROT LT - 0,018 PCTLEFT_2 + 0,026 PTRUCK + 0,041 ND_1) \quad (\Gamma-3)$$

όπου

$EMHK_1$ = η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία της κύριας οδού (οχ/ήμέρα)

$EMHK_2$ = ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία της δευτερεύουσας οδού (οχ/ήμέρα)

$PROT LT$ = παρουσία προστατευόμενης φάσης αριστερής στροφής σε μία ή και στις δύο προσβάσεις της κύριας οδού, = 1 εάν υπάρχει, = 0 εάν δεν υπάρχει,

$PCTLEFT_2$ = ποσοστό οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά,

$PTRUCK$ = ποσοστό βαρέων οχημάτων (οχήματα με περισσότερους από τέσσερις τροχούς) στην κύρια και τη δευτερεύουσα οδό συνολικά,

ND_1 = αριθμός παρόδων σε μήκος 76 m από τον κόμβο για τις προσβάσεις της κύριας οδού.

Αν η $EMHK$ μεταξύ των προσβάσεων της κύριας οδού ή μεταξύ των προσβάσεων της δευτερεύουσας οδού διαφέρει, τότε υπολογίζεται και χρησιμοποιείται στην Εξίσωση Γ-3 ο μέσος όρος τους.

Οι ιδανικές συνθήκες για τις υπόλοιπες παραμέτρους της Εξίσωσης Γ-3 είναι οι εξής:

- Δεν υπάρχει προστατευόμενη φάση αριστερής στροφής σε καμία από τις προσβάσεις της κύριας οδού,
- Το ποσοστό των οχημάτων της δευτερεύουσας οδού που στρέφουν αριστερά είναι ίσο με 28,4%,

- Το ποσοστό των βαρέων οχημάτων που εισέρχονται στον κόμβο είναι ίσο με 9,0%, και
- Δεν υπάρχει καμία πάροδος σε μήκος 76 μέτρων από τις προσβάσεις της κύριας οδού.

Για ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση τεσσάρων σκελών (TWSC) χρησιμοποιείται το παρακάτω μοντέλο [5]:

$$N_j = \exp(-9,34 + 0,60 \ln EMHK_1 + 0,61 \ln EMHK_2 + 0,13 ND_1 - 0,0054 SKEW_4) \quad (\Gamma-4)$$

όπου

$EMHK_1$ = η ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία της κύριας οδού (οχ/ήμέρα)

$EMHK_2$ = ετήσια μέση ημερήσια κυκλοφορία της δευτερεύουσας οδού (οχ/ήμέρα)

ND_1 = αριθμός παρόδων σε μήκος 76 m από τον κόμβο για τις προσβάσεις της κύριας οδού,

$SKEW_4$ = η απόκλιση (σε μοίρες) από την ορθή γωνία (90°), της γωνίας που σχηματίζει η κύρια οδός με τη δευτερεύουσα .

Όπως και στους σηματοδοτούμενους κόμβους, εάν η EMHK μεταξύ των προσβάσεων της κύριας οδού ή μεταξύ των προσβάσεων της δευτερεύουσας οδού διαφέρει, τότε υπολογίζεται και χρησιμοποιείται στην Εξίσωση Γ-4 ο μέσος όρος τους.

Οι ιδανικές συνθήκες για τις υπόλοιπες παραμέτρους της Εξίσωσης Γ-4 είναι οι εξής:

- Δεν υπάρχουν καμία πάροδος σε μήκος 76 μέτρων από τις προσβάσεις της κύριας οδού,
- Η γωνία που σχηματίζει η κύρια με τη δευτερεύουσα οδό είναι ορθή (90°).

Εκτός από τις παραμέτρους που περιέχουν οι Εξισώσεις Γ-3 και Γ-4 και οι οποίες επηρεάζουν τον αριθμό των ατυχημάτων σε ένα ισόπεδο κόμβο, υπάρχουν και ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά ενός κόμβου που επηρεάζουν τον αριθμό των ατυχημάτων στον κόμβο αυτό. Αυτά είναι οι αποκλειστικές λωρίδες αριστερής στροφής, οι αποκλειστικές λωρίδες δεξιάς στροφής και η ορατότητα.

Οι Εξισώσεις Γ-3 και Γ-4 είναι σχεδιασμένες βάσει της θεώρησης ότι δεν υπάρχουν αποκλειστικές λωρίδες αριστερής ή δεξιάς στροφής στον κόμβο και ότι υπάρχει επαρκής ορατότητα κατά μήκος της κύριας οδού και στα τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου. Εάν κάποια από τις παραπάνω συνθήκες δεν ισχύει σε ένα ισόπεδο κόμβο, στον οποίο εφαρμόζουμε ένα SPF, τότε πολλαπλασιάζουμε τον ετήσιο αριθμό ατυχημάτων που προκύπτει από το μοντέλο με το αντίστοιχο AMF.

Τα AMFs που χρησιμοποιούνται για την ύπαρξη λωρίδας αριστερής στροφής φαίνονται στον Πίνακα Γ-1.

Πίνακας Γ-1 AMFs για την ύπαρξη λωρίδων αριστερής στροφής στις προσβάσεις της κύριας οδού [5]

Τύπος ισόπεδου κόμβου	Τύπος κυκλοφοριακού ελέγχου	Αριθμός προσβάσεων της κύριας οδού, στις οποίες υπάρχουν λωρίδες αριστερής στροφής	
		Μία πρόσβαση	Και οι δύο προσβάσεις
Ισόπεδος κόμβος τριών σκελών	Πινακίδες STOP	0,78	-
	Σηματοδότηση	0,85	-
Ισόπεδος κόμβος τεσσάρων σκελών	Πινακίδες STOP	0,76	0,58
	Σηματοδότηση	0,82	0,67

Έτσι, για παράδειγμα, εάν έχουμε υπολογίσει τον αριθμό των ατυχημάτων σε έναν ισόπεδο κόμβο τεσσάρων σκελών με σηματοδότηση, ο οποίος έχει λωρίδα αριστερής στροφής σε μία από τις προσβάσεις της κύριας οδού, ο αριθμός των ατυχημάτων που υπολογίστηκε βάσει του αντίστοιχου SPF πολλαπλασιάζεται με 0,82 και το νούμερο που προκύπτει αποτελεί τον τελικό ετήσιο αριθμό ατυχημάτων στον κόμβο αυτό

Αναφορικά με τις λωρίδες δεξιάς στροφής, ισχύουν τα εξής: Το AMF για την ύπαρξη λωρίδας δεξιάς στροφής σε ισόπεδο κόμβο TWSC είναι ίσο με 0,95 για λωρίδα δεξιάς στροφής στη μία πρόσβαση της κύριας οδού, και ίσο με 0,90 για λωρίδες δεξιάς στροφής και στις δύο προσβάσεις της κύριας οδού. Ομοίως, για ισόπεδους κόμβους με σηματοδότηση, το AMF για την ύπαρξη λωρίδας δεξιάς στροφής είναι ίσο με 0,975 για λωρίδα δεξιάς στροφής στη μία πρόσβαση της κύριας οδού, και ίσο με 0,95 για λωρίδες δεξιάς στροφής και στις δύο προσβάσεις της κύριας οδού.

Τέλος, η ύπαρξη ή μη επαρκούς ορατότητας επηρεάζει μόνο τους ισόπεδους κόμβους χωρίς σηματοδότηση (TWSC) και τα αντίστοιχα AMFs είναι τα παρακάτω:

- 1,05 εάν η ορατότητα περιορίζεται σε ένα τεταρτημόριο του κόμβου,
- 1,10 εάν η ορατότητα περιορίζεται σε δύο τεταρτημόρια του κόμβου,
- 1,15 εάν η ορατότητα περιορίζεται σε τρία τεταρτημόρια του κόμβου,
- 1,20 εάν η ορατότητα περιορίζεται σε τέσσερα τεταρτημόρια του κόμβου.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085959